



МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ
ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ им. В.В. ДОКУЧАЕВА»
КУРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Министерство науки и высшего
образования Российской Федерации
ФГБНУ «КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*Сборник докладов
XVI Международной научно-практической конференции
Курского отделения МОО
«Общество почвоведов имени В.В. Докучаева»,*

г. Курск, 28-29 апреля 2021 г.

Курск – 2021

Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов XVI международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева. г. Курск, 28-29 апреля 2021г. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2021. – 515 с.

В сборнике докладов конференции приведены результаты научных исследований по актуальным проблемам почвоведения, экологии и земледелия регионов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья: Беларуси, Молдовы, Азербайджана, Казахстана. Показано значение почвенных ресурсов в стратегии устойчивого развития АПК. Рассмотрены экологические аспекты сохранения и регулирования плодородия почв. Освещены вопросы трансформации органического вещества в пахотных почвах и пути его регулирования. Дано агроэкологическое обоснование применения новых видов органических удобрений. Представлены современные подходы и результаты экологической оценки и мониторинга почв, исследований изменения агрохимических, агрофизических свойств, питательного режима, биологической активности почв под воздействием различных факторов. Обсуждена проблема загрязнения почв и продукции растениеводства тяжелыми металлами. Большое внимание уделено информационным технологиям и цифровизации адаптивно-ландшафтного земледелия. Рассмотрены основы противоэрозионной мелиорации в адаптивно-ландшафтном земледелии, защита почв от эрозии, предотвращение деградации почв, рациональное использование почвенных ресурсов. Показана роль великого русского ученого В.В. Докучаева в основании генетического почвоведения, заложении основ рационального землепользования, экологии и учения о биосфере.

Сборник представляет интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов ВУЗов, ССУЗов сельскохозяйственного и биологического профиля, работников АПК и специалистов хозяйств всех форм собственности. Сборник включает 128 докладов. Доклады даются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Н.П. Масютенко, профессор, доктор сельскохозяйственных наук;

Г.М. Дериглазова, доктор сельскохозяйственных наук;

Г.П. Глазунов, кандидат сельскохозяйственных наук.

Ответственные за выпуск:

Г.М. Дериглазова, доктор сельскохозяйственных наук;

Г.П. Глазунов, кандидат сельскохозяйственных наук.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов**

ISBN-_____

© ФГБНУ «Курский федеральный аграрный
научный центр», 2021

УДК 631.4 (092)

**К 175-ЛЕТИЮ В.В. ДОКУЧАЕВА – ОСНОВАТЕЛЯ
ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

Масютенко Н.П.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» –
ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,
ул. Карла Маркса, 70б, Курск, Российская Федерация
E-mail: vninp@mail.ru



175 лет назад 1 марта 1846 года в России родился Василий Васильевич Докучаев, основоположник генетического почвоведения и географии почв, профессор Санкт-Петербургского университета (1884-1897), председатель Почвенной комиссии Вольного экономического общества (1888-1898), руководитель Особой экспедиции по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России (1892-1898), директор Ново-Александровского института сельского хозяйства и лесоводства (1892-1895).

В.В. Докучаев является значимой фигурой для всех почвоведов мира. Будучи профессором минералогии и геологии Санкт-Петербургского университета, он своими трудами заложил научные основы почвоведения как одного из направлений естествознания. Он был первым ученым, который рассматривал почву как естественное тело, имеющее свой собственный генезис и свою собственную историю развития.

В.В. Докучаев выдвинул идею о том, что географическое разнообразие почв может быть объяснено не только геологическими факторами (почвообразующая порода), но и климатическими и топографическими, а также временем, необходимым для почвообразования. Он доказал, что живые организмы составляют неотъемлемую часть почвы. Используя эти идеи в качестве основы, он создал первую почвенную классификацию, открыл основные законы происхождения и географического распределения почв.

В.В. Докучаев родился в селе Милуково Смоленской губернии в семье священника. Учился в уездном духовном училище в городе Вязьме, затем поступил в Смоленскую семинарию. Прежде чем начать свою научную карьеру, В.В. Докучаев поступает в Санкт-Петербургскую духовную академию. Однако бросает ее через три недели и практически сразу переходит на физико-математический факультет Императорского Санкт-Петербургского Университета,

который и закончил в 1871 году. После окончания университета остался в нем работать – сначала хранителем коллекции минералов, затем доцентом, профессором минералогии. До конца семидесятых годов XIX века основная научная деятельность В.В. Докучаева была связана с четвертичными отложениями и речными долинами Восточной Европы.

С середины семидесятых годов Василий Васильевич все больше и больше занимается именно почвами. В 1874 году им был сделан первый научный доклад по почвоведению на заседании Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей – «О подзоле Смоленской губернии». В летние месяцы с 1877 по 1881 год В.В. Докучаев изучает черноземную зону Европейской России. Знания, полученные им во время этих экспедиций, отражены в его докторской диссертации под названием «Русский чернозем» – самой известной работы, где он разработал классическую формулу, описывающую пять факторов почвообразования.

В 1877 году В.В. Докучаевым был представлен доклад для Вольного экономического общества о русском черноземе; а в 1879 году – пояснительная записка к почвенной карте Европейской России. В 1883 году вышла большая обзорная статья Докучаева «Русский чернозем». В 1882-1887 годах Докучаев руководил оценкой земель Нижегородской губернии, организованной по инициативе губернского земства, в 1888-1894 годах – аналогичной работой в Полтавской губернии. В 1892 году вышла одна из самых известных работ Докучаева – книга «Наши степи прежде и теперь».

В мае 1892 года по инициативе Докучаева, поддержанной Министерством государственных имуществ, была организована Особая экспедиция по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России, она же – Степная экспедиция. Работы экспедиции велись с самого начала на трех участках: в Каменной степи (ныне – Воронежская область, Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева) с дополнительными исследованиями в Хреновском бору и Шиповом лесу, на Старобельском (ныне – Луганская область) и Великоанадольском (ныне – Донецкая область) участках.

Умер Василий Васильевич Докучаев в Санкт-Петербурге после долгой тяжелой болезни 26 октября (8 ноября по новому стилю) 1903 года.

Василий Васильевич Докучаев (01.03.1846-08.11.1903) – великий русский ученый естествоиспытатель, основоположник генетического почвоведения

- создал науку о почве – почвоведение,
- впервые установил, что почва – это самостоятельное природное тело, качественно отличающееся от всех иных тел природы,
- доказал, что неотъемлемую часть почвы составляют живые организмы,
- открыл основные закономерности происхождения и географического расположения почв,
- разработал учение о природных и почвенных зонах, открыл закон горизонтальной зональности и высотной поясности почв,
- сформулировал закон о факторах почвообразования,

- установил принцип строения почвенного профиля,
- разработал новые методы исследования почв и основы их классификации и картографии,
- заложил основы экологии,
- основы учения о биосфере,
- впервые разработал и внедрил в практику систему устойчивого землепользования,
- с 1869 по 1900 год опубликовал 281 печатную работу, 4 карты, был редактором 57 книг и 7 карт,
- создал научную школу. Блестящая плеяда его учеников, внесла крупный вклад в различные отрасли естествознания.

Докучаевская парадигма естествознания эволюционно изменила методологии практически всех наук XX века. Многие из идей В.В. Докучаева актуальны и не потеряли своей значимости в современном мире.

Библиографический список

1. Крупеников И.А. История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней). М.: Наука, 1981. 327с.
2. Почвоведение в 2-х частях. Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч.1. Почва и почвообразование. М.: Высшая школа, 1988. 400с.
3. Материалы Центрального почвенного музея В.В. Докучаева. // <http://soil-museum.ru/en>. Лесной форум Гринпис /Сообщение: 175 лет назад родился Василий Васильевич Докучаев// <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?f=9&t=25412>

УДК 631/635; 574; 502/504

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОХРАНЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Трофимов И.А.^{1,3}, Трофимова Л.С.¹, Яковлева Е.П.¹, Рыбальский Н.Г.²,
Снакин В.В.², Емельянов А.В.³, Скрипникова Е.В.³, Горбунов А.С.⁴,
Быковская О.П.⁴

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Лобня,

E-mail: viktrofi@mail.ru

² ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,

E-mail: nia_priroda@mail.ru, snakin@mail.ru

³ ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов,

E-mail: emelyanovav@yandex.ru

⁴ ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, факультет географии, геоэкологии и туризма, Воронеж,

E-mail: gorbunov.ol@mail.ru

Резюме. В основу сохранения и регулирования плодородия почв Центрального Черноземья положены идеи системного подхода к изучению природы, управлению сельскохозяйственными землями, агроэкосистемами, агроландшафтами и комплексному воздействию на

природу В.В. Докучаева.

Ключевые слова: плодородие почв, идеи В.В. Докучаева, системный подход, управление.

Summary. The conservation and regulation of soil fertility in the Central Chernozem region is based on the ideas of a systematic approach to the study of nature, the management of agricultural lands, agroecosystems, agricultural landscapes, and the complex impact on nature of V. V. Dokuchaev.

Key words: soil fertility, ideas of V. V. Dokuchaev, system approach, management.

В результате межведомственной и междисциплинарной интеграции многих ученых разных направлений под руководством В.В. Докучаева 130 лет назад создана уникальная модель степного агроландшафта. В результате системного подхода и взаимодействия с Природой сохранено продуктивное долголетие сельскохозяйственных земель и агроландшафтов, сохранена наша земля для настоящих и будущих поколений.

В.В. Докучаев известен всему миру своими трудами, в которых он развивает системный подход к изучению природы и комплексному воздействию на природу в процессе рационального природопользования в сельском хозяйстве [1-3].

В.Р. Вильямс, развивая идеи В.В. Докучаева, заложил основы биологического почвоведения, учения о луговодстве и луговедении, многолетних травах и микроорганизмах, организации структуры сельскохозяйственных территорий (агроландшафтах), необходимых для сохранения плодородия почв и земель (агрогеосистем и агроландшафтов) [4].

На основе учения В.В. Докучаева возникли русские научные школы физической географии, ландшафтоведения, геоботаники, ботанической географии, геоморфологии и др. Глубочайшее влияние он оказал на развитие агрономической науки и агроландшафтоведения, зеркалом которого, по В.В. Докучаеву, является почва.

Идеи В.В. Докучаева положены в основу современных представлений о методах рационального природопользования в Центральном Черноземье в целях сохранения и регулирования плодородия почв для обеспечения продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов, получения высоких и устойчивых урожаев [5-8].

Установлена важнейшая роль многолетних луговых трав в накоплении гумуса, формировании агрономически ценной структуры и в целом плодородия почв. Многолетним травам и лугам придается огромное значение в создании продуктивного и устойчивого сельскохозяйственного производства.

Значение и функции многолетних трав и травяных экосистем в биосфере, агроландшафтах, сельском хозяйстве очень значительны. Луга и культура многолетних трав обеспечивают аккумуляцию солнечной энергии и накопление биомассы в биосфере и агроландшафтах, накопление углерода и накопление гумуса, многообразие и биоразнообразие экосистем, их флоры и фауны. Они обладают большой устойчивостью к внешней среде, изменению климата и погоды, соединяют в себе экономику, экологию и эстетику сельского хозяйства.

Проблемы деградации сельскохозяйственных земель юга России,

снижения плодородия почв, следствием которого является снижение урожайности сельскохозяйственных культур, увеличение затрат на сельскохозяйственное производство перестали быть региональной проблемой. Они приобрели всероссийские масштабы и дошли уже до Президента Российской Федерации.

Президент России В.В. Путин 9 июня 2020 г. провел рабочую встречу с губернатором Ростовской области В.Ю. Голубевым в которой обозначил проблемы сохранения плодородия почв: «Вы сказали про мясо, но там есть вопросы и к земледелию. Например, есть проблема снижения плодородности почв в регионе. Вы об этом знаете? Дело не только в климате либо в каких-то природных явлениях, дело ещё и в структуре севооборота, дело в использовании удобрений, соответствующей техники и так далее. Это ещё, на взгляд некоторых экспертов, рукотворный результат. Это соответствующие лесопосадки, если они есть или если их нет, которые защищают урожай и так далее. Так что здесь целый комплекс вопросов, которыми нужно заниматься» [9].

С целью обеспечения национальных интересов России, рационального природопользования, сохранения и воспроизводства плодородия почв, развития продуктивного и устойчивого сельского хозяйства в настоящее время на основе межведомственной и междисциплинарной интеграции необходимо решать целый комплекс проблем, изучать и управлять разными объектами и экосистемами. Это многолетние травы и микроорганизмы, гены и геномы, травяные агроэкосистемы, фитоценозы и биоценозы, луга и пастбища, полевые земли и агроландшафты.

Библиографический список

1. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. М.: Сельхозгиз, 1953. 152 с.
2. Докучаев В.В. Избранные сочинения / Ред. С. С. Соболев. М.: Сельхозгиз, 1954. – 708 с.
3. Они открывали Землю! Докучаев В.В. [Электронный ресурс]. URL: <http://i.geo-site.ru/> (дата обращения 10.03.2021).
4. Они открывали Землю! Вильямс В.Р. [Электронный ресурс]. URL: <http://i.geo-site.ru/> (дата обращения 10.03.2021).
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 г.» / Н.Г. Рыбальский, Е.В. Муравьева, В.В. Снакин, И.А. Трофимов и др. / М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. – 760 с.
6. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. – № 9. – С. 1130-1139.
7. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. М.: РАН, 2018. – 132 с.
8. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Емельянов А.В., Скрипникова Е.В. От экологического образования к экологии будущего / От экологического образования к экологии будущего. Сборник материалов и докладов VI Всероссийской научно-практической конференции по экологическому образованию. Москва, 30 октября–01 ноября 2019 г. / Под общей ред. В.А. Грачева. М.: Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, 2020. – С. 1424-1431.
9. Стенограмма встречи Владимира Путина с Василием Голубевым 9 июня 2020 года [Электронный ресурс]. URL: <http://prezident.org/tekst/stenogramma-vstrechi-vladimira-putina-s-vasiliem-golubevym-09-06-2020.html>. (дата обращения 15.03.2021).

УДК631.44:631.47.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИКИ АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОЧВЕННЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ В БЕЛАРУСИ

Азарёнок Т.Н.

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск

E-mail: soil@tut.by

Резюме. Представлены методические аспекты диагностики антропогенно-преобразованных почв на основании, морфологического описания репрезентативных почвенных профилей (с фото), статистических диагностических параметров их состава и свойств при проведении почвенного обследования рабочих участков сельскохозяйственных земель республики в М 1:10000.

Ключевые слова: почвенное обследование, сельскохозяйственные земли, антропогенно-преобразованные почвы, морфологический профиль, параметры свойств.

Summary. Methodological aspects of diagnostics of anthropogenic-transformed soils are presented on the basis of morphological description of representative soil profiles (with photos), statistical diagnostic parameters of their composition and properties when conducting a soil survey of working areas of agricultural land in the republic in M 1:10000.

Key words: soil survey (M 1:10000), agricultural land, anthropogenic-transformed soils, morphological profile, property parameters.

Введение. Почвы – важнейший компонент агроэкосистемы. С ростом антропогенных нагрузок на почвы, искусственными средствами воздействия изменяются направленность и темпы почвообразовательных процессов, их диагностические признаки, происходит образование новых для территории землепользований почвенных таксонов, различающихся строением почвенного профиля, свойствами, производительной способностью от исходных аналогов. Информацию об актуальном состоянии плодородия почв можно получить на основании полевых обследований, базирующихся на данных комплексной диагностики почв, включающей идентификацию классификационного положения почвы на основании морфологических признаков слагающих ее генетических горизонтов (в полевых условиях) и результатов лабораторных исследований, характеризующих их состав, свойства. Исследования антропогенных изменений в почвах – это способ контроля и получения важнейшей информации об их экологическом состоянии для оценки направленности эволюции почв и разработке мероприятий, обеспечивающих сохранение плодородия почв пахотных земель.

Результаты исследований. Опыт проводимых в республике работ по крупномасштабному почвенному картографированию (М 1:10000) показывает, что почвенный покров сельскохозяйственных земель подвергается существенным преобразованиям. Под влиянием антропогенного фактора происходит частичное или полное изменение генетического профиля почв, в результате чего формируются новые почвенные объекты – антропогенно-преобразованные почвы. Объективное отображение почвенного покрова сельскохозяйственных земель напрямую зависит от уровня владения практическими навыками

полевой диагностики и обработки полученных сведений в камеральных условиях. Именно полевой этап является наиболее трудоемким и основополагающим для накопления первичной (исходной) информации для проведения землеоценочных работ, включает идентификацию классификационного положения почвы в полевых условиях на основании морфологических признаков слагающих ее генетических горизонтов и результатов лабораторных исследований, характеризующих их состав, свойства. Сложность и специфичность полевого обследования антропогенно-преобразованных почв на сельскохозяйственных землях республики обусловлена необходимостью принятия оперативных решений по отображению почвенных контуров на планово-картографической основе в полевых условиях более 100 почвенных разновидностей различного генезиса, гранулометрического состава, строения почвообразующих и постилающих пород, несущих различную степень антропогенной трансформации морфологических, физико-химических и агрохимических свойств, формирование которых происходило под воздействием антропогенных факторов почвообразования с образованием новых почвенных таксонов, ранее не встречавшихся на обследуемой территории. И от того, насколько специалист владеет знаниями и практическими навыками полевой диагностики почв, умениями интерпретировать аналитические данные свойств почв, напрямую зависит качество почвенной карты, ее объективность, а, следовательно, и объективность землеоценочных работ.

Для повышения объективности диагностики этих почв в полевых условиях, определения площадей для размещения сельскохозяйственных культур, предъявляющих различные требования к агроэкологическому состоянию почв, необходимы комплексные количественные данные, характеризующие свойства этих почв. Такие сведения на данный момент носят разрозненный характер, что создает объективные трудности в диагностике антропогенно-преобразованных почв для последующей оценки их агроэкологического состояния. Поэтому нами были проведены исследования современного агроэкологического состояния наиболее распространенных в почвенном покрове разновидностей антропогенно-преобразованных почв сельскохозяйственных земель республики (рис., фото 1-5) и разработаны количественные параметры их диагностики, основанные на актуальных аналитических данных их строения, состава и свойств (фото 6), с использованием сравнительно-аналитического метода, метода рядов антропогенных изменений почв. Аналитические исследования выполнены по общепринятым методикам в лаборатории РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Статистическую обработку данных проводили с помощью «Пакета анализа» Microsoft Excel.

Для диагностики антропогенно-преобразованных почв в полевых условиях усовершенствована индексировка типодиагностических горизонтов, впервые нами предложены полные морфологические описания репрезентативных почвенных профилей, проведена агроэкологическая оценка состава и свойств для 27 почвенных разновидностей антропогенно-преобразованных почв, получивших наибольшее распространение в составе сельскохозяйствен-

ных земель республики, разработаны статистические диагностические параметры их свойств. Пример такого описания предложен на фото 7.

Разрез 5-20 заложен на пахотных землях ОАО «Рапс» Минского района, близ д. Дубинки	Разрез 3-19 заложен на пахотных землях ОАО «Новополесский» Солигорского района Минской области	Разрез 7-20 заложен на улучшенных луговых землях ОАО «Рапс» Минского района, близ д. Дубинки	Разрез 8-20 заложен на улучшенных луговых землях ОАО «Рапс» Минского района, близ д. Дубинки	Разрез 5М-11 заложен на пахотных землях ОАО «Новополесский» Солигорского района Минской области
				
Фото 1 Агроторфяная-поверхностно-перемешанная на осоково-тростниковых торфах, подстилаемых легкими суглинками с глубины 0,79 м	Фото 2 Дегроторфяная минеральная остаточно-торфяная темно-серая (с содержанием ОВ 20,0-10,1 %), подстилаемая рыхлыми песками с глубины 0,27 м	Фото 3 Агроторфяная смешанно-слоистая торфяно-глеевая, подстилаемых легкими суглинками с глубины 0,43 м	Фото 4 Сильнодеформированная (антропогенно-перемешанная) остаточно-оглеенная связно-супесчаная, подстилаемая рыхлыми песками с глубины 0,64 м	Фото 5 Агроторфяно-минерально-глеевая, подстилаемая рыхлыми песками с глубины 0,58 м

Рисунок – Видовое разнообразие антропогенно-преобразованных почв сельскохозяйственных земель Беларуси (фрагмент)

1	Область	Район	Хозяйство	Почвенн	Координ	Разрез	Горизон	Мощнос	Верхняя	Нижняя	Фото пр	Отбор обр	Н	Н	S	T	V	гумус	азот обш	P2O5	K2O	CaO	CaO/L40M
2	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	32	0	32		5-15	4,46	38,5	35,2	73,7	47,76	21,34	1,1	228	259	610,44	436,03
3	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	32	0	32		5-15	4,43	45,5	32	77,5	41,29	22,05	1,14	241	278	625,78	446,99
4	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	32	0	32		5-15	4,42	38,5	32	70,5	45,39	20,38	1,13	252	249	631,79	451,28
5	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	32	0	32		15-25	4,61	38,5	34,8	73,3	47,48	21,42	1,04	315	184	668,75	477,68
6	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	32	0	32		15-25	4,6	35	34,4	69,4	49,57	21,71	1,07	284	157	606,78	433,41
7	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	32	0	32		15-25	4,58	35	33,6	68,6	48,98	20,67	0,91	293	157	1094,22	781,59
8	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	T1	31	32	63		35-45	4,16	54,5	60	114,5	52,40		2,49	93	230	1083,22	773,73
9	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	T1	31	32	63		35-45	4,16	80,5	61,2	141,7	43,19		2,5	39	230	1086,49	776,06
10	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	T1	31	32	63		35-45	4,23	80,5	57,2	137,7	41,54		2,56	34	193	724,38	517,41
11	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	T2	16	63	79		55-65	4,74	24,5	32	56,5	56,64		0,79	33	82	820,32	585,94
12	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	T2	16	63	79		55-65	4,72	24,5	32	56,5	56,64		0,85	163	74	802,37	573,12
13	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	T2	16	63	79		55-65	4,73	24,5	34	58,5	58,12		0,83	164	67	678,76	484,83
14	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	G	26	79	105		85-95	4,48	2,63	12,8	15,43	82,96	0,71	0,03	281	713	270,44	193,17
15	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	G	26	79	105		85-95	4,49	2,45	12	14,45	83,04		0,05	305,3	689	265,31	189,51
16	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	G	26	79	105		85-95	4,51	2,63	12,6	15,23	82,73	0,88	0,05	313,5	678	367,04	262,17
17	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	19	0	19		5-15	4,44	42	36,4	78,4	46,43	20,41	1,24	160	586	662,89	473,49
18	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	19	0	19		5-15	4,4	38,5	33,6	72,1	46,60	21,92	1,21	316	666	662,86	473,47
19	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	19	0	19		5-15	4,28	42	33,2	75,2	44,15	20,19	1,2	301	631	714,27	510,19
20	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'63.9"	5-20	РТС	19	0	19		5-15	4,43	56	49,2	105,2	46,77	24,29	1,87	298	563	999,43	713,88
21	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'65.3"	6-20	РТС	19	0	19		5-15	4,31	59,5	48	107,5	44,65	25,1	1,96	196	541	1030,13	735,81
22	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'65.3"	6-20	РТС	19	0	19		5-15	4,29	56	43,2	99,2	43,55	26,91	1,8	179	541	988,36	705,97
23	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'65.3"	6-20	T1	11	19	30		20-30	4,78	31,5	45,2	76,7	58,93		1,07	188	67	1047,57	748,26
24	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'65.3"	6-20	T1	11	19	30		20-30	4,79	35	61,6	96,6	63,77		1,09	244	67	971,76	694,11
25	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'65.3"	6-20	T1	11	19	30		20-30	4,77	35	49,6	84,6	58,63		0,47	220	59	1081,17	772,26
26	Минская	Минский	ОАО "Рапс"	Агроторф	53°66'65.3"	6-20	T2	14	30	44		30-40	4,23	63	42	105	40,00		1,54	69	175	945,44	675,31

Фото 6 – Фрагмент базы данных «Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси» Почвенной информационной системы Беларуси (ПИСБ)

Разрез 3-19 заложен на пашне ОАО «Новополесский» Солигорского района Минской области (52°61'10,1" с.ш., 27°39'15,3" в.д., h = 132,3 м). Посевы озимой тритикале. Водное питание – атмосферно-грунтовое.

Фото разреза	Почвенный горизонт, см	Описание горизонта
	<u>ART₀</u> 0-27	– антропогенно-преобразованный остаточно-торфяной горизонт черновато-бурого цвета (4/10G), в верхней части густо пронизан корнями растений, припашки нижележащего горизонта, бесструктурный, единично ржаво-охристые пятна, свежий, уплотнен, смесь рыхлого песка с остатками сильноразложившегося торфа, переход резкий, неровный;
	<u>B_{1g}</u> 27-64	– иллювиальный остаточно-оглеенный горизонт, буровато-желтого цвета (2,5Y 7/6), в верхней части затеки и пятна органики, бесструктурный, обилие ржаво-охристых прожилок, обилие включений среднеразложившихся волокон тростника, свежий, уплотнен, переход постепенный, древнеаллювиальный песок рыхлый;
	<u>B_{2Dg}</u> 64-85	– иллювиальный остаточно-оглеенный горизонт переходный к подстилающей породе желтовато-сизого цвета (2,5Y 6/6), бесструктурный, обилие включений среднеразложившихся волокон тростника, сырой, уплотнен, древнеаллювиальный песок рыхлый.
Фото 7 – Почва: дегроторфяная минеральная остаточно-торфяная темно-серая (с содержанием ОВ 20,0-10,1 %), подстилаемая с глубины 0,27 м рыхлыми песками		

Так для дегроторфяных минеральных остаточно-оглеенных почв, подстилаемых песками, характерная мощность типодиагностического агроторфяного горизонта (ART₀), представляющего собой смесь торфа и подстилающей минеральной породы связнопесчаного гранулометрического состава с остаточным содержанием органического вещества (ОВ) 5,1-20,0 %, составляет 29-40 см, нижележащего иллювиального оглеенного (B_{1g}) – 33-41 см, переходного к материнской породе горизонта (B_{2Dg}) – 31-38 см. Показатели кислотности (рН в KCl) слабокислые как в агроторфяно-минеральном горизонте (5,0-5,4), так и в иллювиальном горизонте – (5,2-5,5), в переходном горизонте – составляют 5,1-5,4; гидролитическая кислотность (Hr⁺) изменяется от 1,8-8,4 смоль (+)·кг⁻¹ в горизонте ART₀ до 1,2-3,4 смоль (+)·кг⁻¹ в горизонте B_{2Dg}; сумма поглощенных оснований снижается с 7,7-21,3 до 0,8-3,6 смоль (+)·кг⁻¹, емкость поглощения – с 1,3-28,4 до 1,5-15,5 смоль (+)·кг в аналогичных горизонтах (табл.).

Таблица – Статистические диагностические параметры свойств деградоторфяных минеральных остаточно-торфяных почв Беларуси

Показатель	Горизонт, глубина отбора образца, см	рН в KCl	Hr ⁺	S	T	V	P ₂ O ₅	K ₂ O
			смоль (+) · кг ⁻¹			%	мг/кг	
<u>Min-max</u> M±m	APT ₀ 5-15	<u>4,8-5,8</u> 5,0-5,4	<u>0,2-14,2</u> 1,8-8,4	<u>0,7-21,3</u> 7,7-21,3	<u>0,9-28,4</u> 9,5-28,4	<u>60,0-91,2</u> 60,9-89,9	<u>12-510</u> 34-325	<u>22-310</u> 22-289
I _{t0,5}		5,3-5,4	6,1-6,2	11,4-11,6	16,3-16,5	70,0-70,3	258-259	270-272
n		974	438	419	419	419	935	935
<u>Min-max</u> M±m	B _{1g} 35-45	<u>4,5-5,7</u> 5,2-5,4	<u>0,2-5,8</u> 1,5-5,3	<u>0,8-6,7</u> 5,4-6,2	<u>1,2-18,9</u> 6,9-12,3	<u>62,1-92,3</u> 63,0-88,2	<u>18-420</u> 25-320	<u>18-389</u> 24-365
I _{t0,5}		5,2-5,3	3,9-4,0	5,9-6,1	9,8-10,1	60,2-60,4	132-133	164-165
n		974	438	419	419	419	935	935
<u>Min-max</u> M±m	B _{2Dg} 70-80	<u>4,5-5,6</u> 5,1-5,3	<u>0,4-5,5</u> 1,2-3,4	<u>0,8-3,6</u> 0,8-3,6	<u>1,5-15,5</u> 5,6-9,8	<u>61,0-93,6</u> 61,0-85,0	<u>10-410</u> 17-185	<u>10-295</u> 12-220
I _{t0,5}		5,1-5,2	2,1-2,2	3,2-3,3	5,3-5,5	60,4-62,3	75-76	87-88
n		974	438	419	419	419	935	935

Min-max – минимальные и максимальные значения;

M±m – диапазон отклонения среднеарифметического значения;

I_{t0,5} – доверительный интервал;

n – объем выборки

Содержание подвижного фосфора снижается с «очень низкого» – «среднего» уровня в горизонте APT₀ (34-325 мг/кг) до «очень низкого» (17-185 мг/кг) в горизонте B_{2Dg}; содержание подвижного калия соответствует «очень низкому» и «низкому» уровню (22-289-12-220 мг/кг), содержание ОВ составляет 10,1-18,5 %, нитрифицирующая способность (N-NO₃) – 121-200 мг/кг. Агроэкологическое состояние почв неблагоприятно для возделывания озимой и яровой пшеницы, кормового люпина, льна, рапса, сахарной свеклы, клевера и люцерны.

УДК 631.45

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕЕСТР ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Азарёнок Т.Н.¹, Матыченкова О.В.¹, Матыченков Д.В.¹, Шульгина С.В.²,
Дыдышко С.В.¹.

¹РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск

²Национальная академия наук Беларуси, г. Минск

E-mail: soil@tut.by

Резюме. Изложены результаты работы по созданию Электронного реестра почв Беларуси – специализированного информационно-справочного ресурса, предназначенного для научного обеспечения рационального землепользования и охраны почв республики, эффективного возделывания сельскохозяйственных культур, развития цифрового информационного пространства в области агропочвоведения.

Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, специализированный информационно-справочный ресурс, база данных почвенных профилей, тематические каталоги, почвенный паспорт плодородия, картограммы.

Summary. The results of the work on the creation of the Electronic Register of Soils of Belarus – a specialized information and reference resource designed for scientific support of rational land use and soil protection of the republic, effective cultivation of agricultural crops, and the development of a digital information space in the field of agro-soil science are presented.

Key words: agricultural land, specialized information and reference resource, database of soil profiles, thematic catalogs, soil fertility passport, cartograms.

Введение. Республика Беларусь характеризуется высокой степенью изученности почв сельскохозяйственных земель. На протяжении многих десятилетий в республике проводится масштабная научно-исследовательская работа по изучению состава, свойств, плодородия почвенных ресурсов (проведено 14 туров почвенно-агрохимических обследований, 3 тура почвенно-картографических обследований и 2 тура корректировочных работ, 5 туров землеоценочных работ и др.). Накопленный объем разрозненной описательной, аналитической, статистической, картографической информации, характеризующей компонентный состав почвенного покрова сельскохозяйственных земель республики, нуждался в упорядочении и структуризации для обеспечения научно-исследовательских работ, практического решения вопросов рационального землепользования, оптимизации землепользования, ресурсосберегающего производства растениеводческой продукции, сохранения и повышения плодородия почв. Поэтому в 2019-2020 гг. в Институте почвоведения и агрохимии впервые в республике проведены исследования по разработке методических основ создания специализированного информационно-справочного ресурса – Электронного реестра почв Беларуси.

Результаты исследования. Согласно законодательству Республики Беларусь почва и почвенный покров являются объектом правовых отношений, компонентом окружающей среды, земельных ресурсов, и служат основным средством сельскохозяйственного производства, объектом хозяйствования, учета и контроля. Электронный реестр почв Беларуси создан как составная часть Почвенной Информационной Системы Беларуси (ПИСБ) на 1-м уровне обобщения (республиканском) на основе накопленной информации картографического, описательного и аналитического характера: почвенных карт выполненных традиционным способом (М 1: 200 000; М 1: 600 000; М 1:1 250 000) и электронных почвенных карт; фондовых материалов Института почвоведения и агрохимии, РУП «Белгослес» и др.; результатов научно-исследовательских работ и почвенно-агрохимического крупномасштабного картографирования, дополнительных научных материалов (о климате, почвообразующих породах, рельефе, растительности, хозяйственном использовании и др.). В соответствии с этим его структурными элементами являются **семантическая (атрибутивная) часть** (рис. 1).

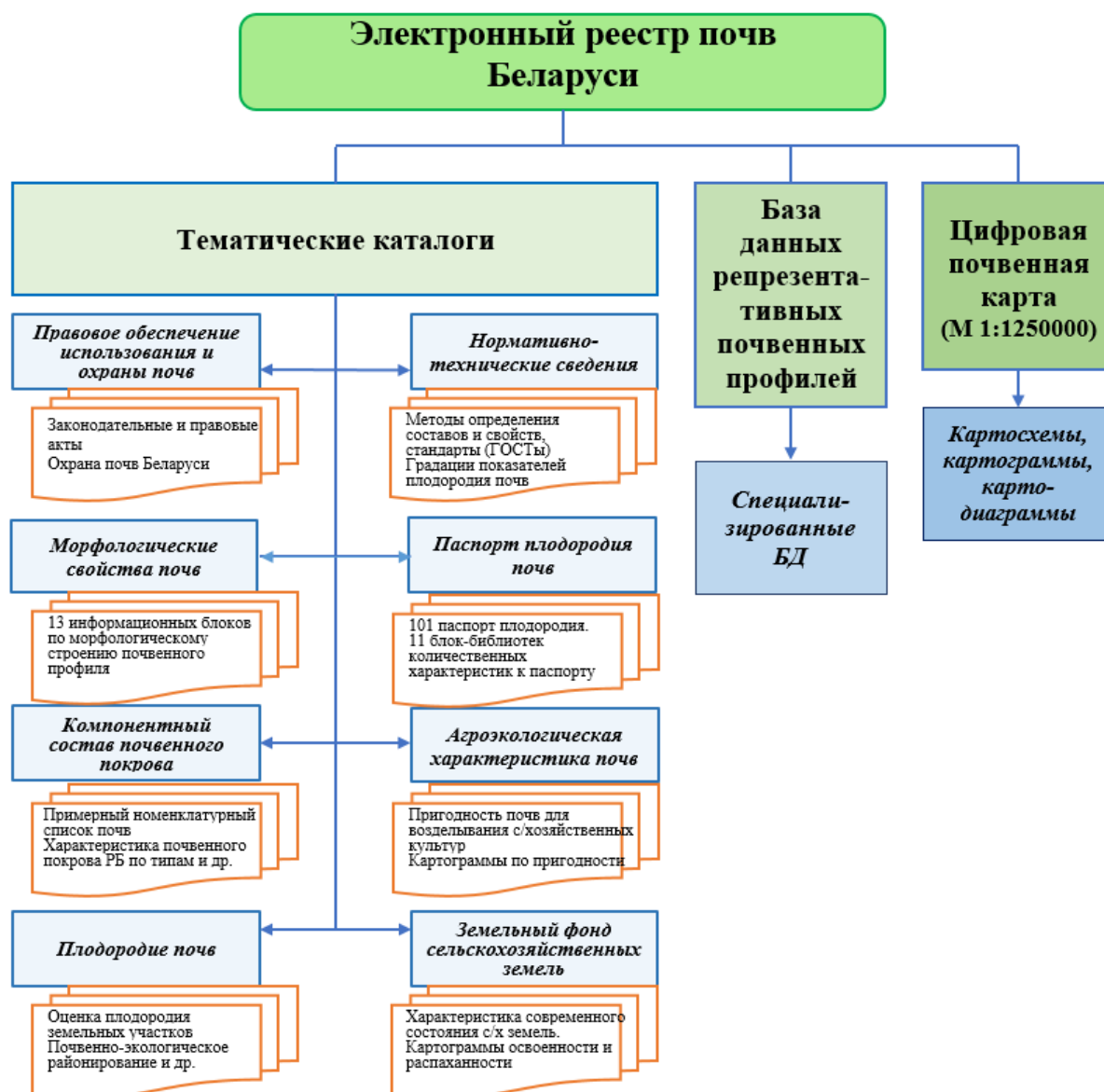


Рисунок 1 – Структура и содержание Электронного реестра почв Беларуси

Пространственной основой Электронного реестра почв Беларуси явилась электронная почвенная карта Беларуси (М 1:1 250 000), состоящая из 523 полигонов (почвенных выделов). Атрибутивная база данных каждого полигона содержит таксономическую принадлежность доминирующей и сопутствующей почв. Легенда почвенной карты (семантическое представление) содержит таксономическую принадлежность доминирующей, сопутствующей и ассоциированной почв согласно классификации почв, исходя из занимаемой ими площади в почвенных выделах.

Атрибутивная часть реестра почв – это база данных репрезентативных почвенных разрезов и тематические каталоги. **База данных репрезентативных почвенных разрезов** содержит количественные и качественные данные о 75 репрезентативных почвенных профилях по 130 показателям (пространственно-географическая характеристика, агроклиматические условия, морфолого-генетические особенности, гранулометрический состав, характеристика торфяной залежи, водно-физические свойства, вещественный состав,

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AE	AF	A
	ID	Soil-ecological district	Oblast	Region	Plant	Noz	N_Profil	Year	Date	BD_Profil	Longitude	Latitude	Altitude	Soil_Kod_2003	Soil_WKB_2006	Photo_file	Pare...			
2	№№ паспортов почв	Описание почв	Источники информации, способ проведения аналитических исследований.	Идентификатор	Почвенно-экологический район	Область	Район	Форма представления (СПК, комплекс)	Название предприятия	Номер разреза	Год закладки разреза	Дата закладки (число, месяц, год)	Комплексная характеристика почвы (наименование)	Долгота (с. ш.)	Широта (с. ш.)	Высота над уровнем моря (м)	Классификационное положение почвы (на уровне равновесия) согласно	Классификационное положение почвы в WKB (2006)	Фотографии почв в разрезе	Почвенный анализ (по требованию заказчика)
3		Тип сектор	текстовый	числовой	текстовый	текстовый	текстовый	текст	текстовый	числов	число	дата	координаты	координаты	числов	текстовый	текстовый	ссылка	текст	
4		1	сектор	Монография	006.3.04.18.0	Брянская	Могилевская	СПК	Парикская	-1.09	2009	13.10	-1.09				Rendic		водн	
5		1	сектор	Монография	006.3.04.18.0	Брянская	Могилевская	СПК	Парикская	-1.09	2009	13.10	-1.09				Rendic		водн	
6		1	сектор	Монография	006.3.04.18.0	Брянская	Могилевская	СПК	Парикская	-1.09	2009	13.10	-1.09				Rendic		водн	
7		1	сектор	Монография	006.3.04.18.0	Брянская	Могилевская	СПК	Парикская	-1.09	2009	13.10	-1.09				Rendic		водн	
26		7	сектор	Монография	053.2.05.17.1	Полоцко-	Витебская	Полоцкий УП	П-С	17-12	2012	01.10	17-12	28°56'20.0"	55°26'44.0"	149.6	дерново-	Umbic	озер	
27		7	сектор	Монография	053.2.05.17.1	Полоцко-	Витебская	Полоцкий УП	П-С	17-12	2012	01.10	17-12	28°56'20.0"	55°26'44.0"	149.6	дерново-	Umbic	озер	
28		7	сектор	Монография	053.2.05.17.1	Полоцко-	Витебская	Полоцкий УП	П-С	17-12	2012	01.10	17-12	28°56'20.0"	55°26'44.0"	149.6	дерново-	Umbic	озер	
29		7	сектор	Монография	053.2.05.17.1	Полоцко-	Витебская	Полоцкий УП	П-С	17-12	2012	01.10	17-12	28°56'20.0"	55°26'44.0"	149.6	дерново-	Umbic	озер	
40		10	сектор	диссертация	027.4.04.01.1	Оршанско-	Могилевская	Мстиславский СПК	Знамя	13-17	2017	10.05	13-17	31°20'29.6"	54°00'28.6"	194.0	дерново-палево-	Umbic	лесос	
41		10	сектор	диссертация	027.4.04.01.1	Оршанско-	Могилевская	Мстиславский СПК	Знамя	13-17	2017	10.05	13-17	31°20'29.6"	54°00'28.6"	194.0	дерново-палево-	Umbic	лесос	
42		10	сектор	диссертация	027.4.04.01.1	Оршанско-	Могилевская	Мстиславский СПК	Знамя	13-17	2017	10.05	13-17	31°20'29.6"	54°00'28.6"	194.0	дерново-палево-	Umbic	лесос	
43		10	сектор	диссертация	027.4.04.01.1	Оршанско-	Могилевская	Мстиславский СПК	Знамя	13-17	2017	10.05	13-17	31°20'29.6"	54°00'28.6"	194.0	дерново-палево-	Umbic	лесос	
44		10	сектор	диссертация	027.4.04.01.1	Оршанско-	Могилевская	Мстиславский СПК	Знамя	13-17	2017	10.05	13-17	31°20'29.6"	54°00'28.6"	194.0	дерново-палево-	Umbic	лесос	
63		15	сектор	Монография	037.1.04.01.1	Браславско-	Витебская	Городокский ИП	Детское сел.	20C-15	2015	8.10	20C-15	29°50'06.0"	55°39'7.0"	199.3	дерново-	Haplic	мор	
64		15	сектор	Монография	037.1.04.01.1	Браславско-	Витебская	Городокский ИП	Детское сел.	20C-15	2015	8.10	20C-15	29°50'06.0"	55°39'7.0"	199.3	дерново-	Haplic	мор	
65		15	сектор	Монография	037.1.04.01.1	Браславско-	Витебская	Городокский ИП	Детское сел.	20C-15	2015	8.10	20C-15	29°50'06.0"	55°39'7.0"	199.3	дерново-	Haplic	мор	
275		64	сектор	Монография	099.3.06.08.3	Малоритско-	Минская	Солигорский ОАО	Старобинск	37-17	2017	21.09	37-17	52°24'53.508"	52°45'18.234"	145.9	дерново-	Umbic	водн	
276		64	сектор	Монография	099.3.06.08.3	Малоритско-	Минская	Солигорский ОАО	Старобинск	37-17	2017	21.09	37-17	52°24'53.508"	52°45'18.234"	145.9	дерново-	Umbic	водн	

Восемь тематических каталогов включают 139 соподчиненных информационных блоков, содержащих систематизированные научные сведения текстового, цифрового и графического формата об агроэкологическом состоянии почвенных ресурсов республики, а также информацию справочного характера (блоки-библиотеки к паспорту (цифровые и текстовые данные)).

Земельный фонд сельскохозяйственных земель – Характеристика современного состояния сельскохозяйственных земель (текстовая информация); картограммы освоенности и распаханности сельскохозяйственных земель республики (графическая информация).

Морфологические свойства почв – Строение почвенного профиля и номенклатура генетических горизонтов; мощность почвы и отдельных ее горизонтов; цвет почвы и характер окраски почвы; гранулометрический состав

почв; структура почвы; тип гумуса почв и др. (текстовая и графическая информация).

Компонентный состав почвенного покрова – Примерный номенклатурный список почв (текстовая информация); характеристика почв сельскохозяйственных земель по типовой принадлежности (текстовая, цифровая, графическая информация); характеристика почв сельскохозяйственных земель по степени увлажнения (текстовая, цифровая, графическая информация); характеристика почв сельскохозяйственных земель по гранулометрическому составу (текстовая, цифровая, графическая информация).

Плодородие почв – Оценка плодородия земельных участков (текстовая информация); балл плодородия пахотных и сельскохозяйственных земель (цифровая и графическая информация); резервы повышения плодородия почв (текстовая и цифровая информация); нормативный чистый доход сельскохозяйственных земель Беларуси (текстовая, цифровая и графическая информация); почвенно-экологическое районирование.

Агроэкологическая характеристика почв – Пригодность почв республики для возделывания сельскохозяйственных культур (текстовая и цифровая информация); картограммы пригодности почв для возделывания сельскохозяйственных культур, зоны специализации сельскохозяйственного производства (графическая информация).

Паспорт плодородия почв содержит качественные и количественные показатели, характеризующие эколого-генетическое разнообразие, уровень плодородия, производительную способность почв сельскохозяйственных земель на конкретный момент времени в виде таблицы, содержащей атрибутивную и графическую (фото разреза и скриншот пространственного расположения места закладки разреза) информацию. К каждому паспорту привязан ссылка на отдельную страницу ЭРПБ, содержащую готовую аналитическую количественную и качественную выборку данных по 11 блок-библиотекам и электронной базы данных. В настоящее время создан 101 паспорт плодородия почвы.

Для повышения информативности электронного реестра были созданы **специализированные почвенные базы данных** по отдельным характеристикам почвенного покрова республики (база данных распределения почв по типам почвообразования, степени увлажнения и гранулометрическому составу, база данных сельскохозяйственной освоенности земель и качества почв республики).

Комбинирование инвентаризированной пространственной и атрибутивной информации с применением средств ГИС позволили на данном уровне обобщения получить 24 выходных формы для информационных блоков ЭРПБ, картосхемы, картодиаграммы, картограммы (рис. 3-4) различных качественных и количественных характеристик почвенного покрова республики и относительно административно-территориального деления.

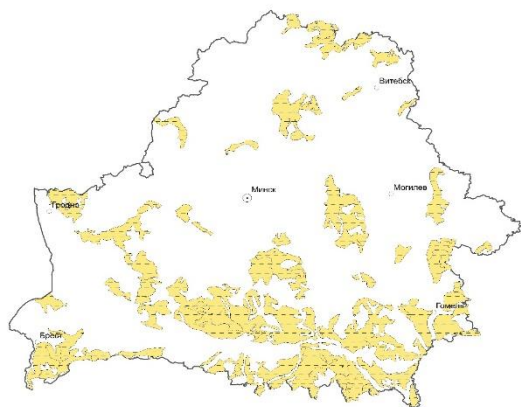


Рисунок 3 – Картосхема распространения дерново-подзолистых заболоченных (глееватых и глеевых) почв, сформированных на песках



Рисунок 4 – Картограмма плодородия почв пахотных земель Беларуси (в баллах) по административным районам

Заключение. Впервые в республике создан Электронный реестр почв Беларуси (ЭРПБ) – специализированная научная информационно-справочная система о почвенно-земельном фонде Республики Беларусь, структура которого представлена цифровой почвенной картой Республики Беларусь (М 1:1 250 000), базой данных (75 репрезентативных почвенных профилей), тематическими каталогами (8), включающими 139 информационных блоков и 101 паспорт плодородия наиболее распространенных почв сельскохозяйственных земель республики, 24 разноцелевые картосхемы, картограммы. ЭРПБ является источником информации для решения вопросов рационального землепользования, эффективного возделывания сельскохозяйственных культур с учетом их агроэкологического состояния для защиты от деградации.

УДК 631.416.14

АЗОТНЫЙ РЕЖИМ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Азаров А.В.

Белгородский «ФАНЦ РАН», г. Белгород

E-mail: laboratoria.plodorodya@yandex.ru

Резюме. Представлены результаты исследований по содержанию в почве аммонийного и нитратного азота в среднем за 2017-2019 годы, имеющих специфические климатические условия. Наблюдения велись на объектах землепользования с различной антропогенной нагрузкой.

Ключевые слова: чернозем типичный, севообороты, способы основной обработки почвы, уровни удобренности, аммонийный и нитратный азот в почве.

Summary. The results of studies on the content of ammonium and nitrate nitrogen in the soil in the growing season of 2019, which have specific climatic conditions, are presented. Observations were carried out at land-use objects with different anthropogenic load

Key words: *typical chernozem, crop rotation, methods of basic soil cultivation, fertilization levels, ammonium and nitrate nitrogen in the soil.*

Введение. Изменения показателей почвенного плодородия, в зависимости интенсивности применения удобрений, четко проявляются при проведении длительных полевых опытов с удобрениями [1-3]. Установлено, что систематическое применение удобрений может вызвать значительные изменения в количественном и качественном составе органического вещества почв, в содержании отдельных элементов минерального питания растений, в формах их соединений и показателей физико-химических свойств почв [4].

Под влиянием минеральных удобрений в пахотном слое почвы, увеличивается содержание подвижных форм азота, фосфора и калия, что обеспечивает рост естественной продуктивности почв и увеличение урожайности культур [5-6].

Погодные условия влияют на эффективность удобрений и доступность растениям питательных элементов. Дефицит влаги в почве ограничивает усвоение фосфора зерновыми культурами в большей степени, нежели азота, из-за чего нарушается нормальное соотношение между этими элементами в растениях, обостряется потребность в фосфорных удобрениях. В условиях достаточного увлажнения, сильнее выражено азотное голодание посевов и возрастает положительное действие азота удобрений [7-8].

Содержание питательных веществ, находящихся в пахотном горизонте почвы в подвижной форме, изменяется в процессе вегетации культур. Изменчивость в содержании нитратного азота объясняется высокой подвижностью его в почве, способностью к миграции по профилю почвы и накоплению в нижележащих горизонтах, даже за пределами корнеобитаемого слоя для ряда культур [9-10].

Условия и методика проведения исследований. Длительный многофакторный полевой опыт, заложен в 1987 году по полной факториальной схеме $3 \times 3 \times 3 \times 3$, включающей 81 вариант и 3 повторения. При закладке опыта использовали методом расщеплённых делянок с систематическим расположением вариантов внутри повторений. Общая площадь делянки составляет 120 м² при соотношении длины и ширины сторон 30×4 м. Всего под опытом занято 22,5 га [3, 11-13].

Объектами исследований служат; естественный фитоценоз (целина – опушка леса), участок производственного посева сахарной свеклы с умеренным уровнем обеспеченности удобрениями, который рассчитан на простое воспроизводство плодородия почвы, и 16 вариантов многофакторного полевого опыта с двух типов пятипольных севооборотов (зернотравянопропашной, зернопропашной), двух способов основной обработки почвы (вспашка и минимальная), и четырех уровней внесения удобрений – без удобрений, минеральные, органические удобрения и их сочетание.

Чередование культур в зернотравянопропашном: сахарная свекла, ячмень + эспарцет, эспарцет 1-го года пользования, эспарцет 2-го года пользования,

озимая пшеница. В зернопропашном севообороте: сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос, горох, озимая пшеница. Отбор почвенных образцов для агрохимических, физико-химических и микробиологических свойств почвы осуществлялся в фазу смыкания листьев сахарной свеклы в междурядьях. Необходимо отметить, что на момент отбора проб сумма эффективных температур воздуха составила 452,2°C, количество выпавших осадков 12,5 мм, а гидротермический коэффициент опустился до 0,28 единиц.

Погодные условия за время проведения длительного полевого опыта учитывали на метеопосту, установленном на опытном поле «Белгородского ФАНЦ РАН».

Результаты исследований. Запасы минерального азота во многом зависят от климатических условий вегетационного периода, особенно ко времени максимального потребления биофильных элементов растениями сахарной свеклы в фазу смыкания листьев в междурядьях. Так, в 2017 и 2019 гг. содержание аммиачного азота по слоям почвы на целине колебалось в пределах 1,65-3,02 мг/кг, на вариантах многофакторного полевого опыта от 1,06 до 3,22 мг/кг в 2018 году эти показатели возросли до 7,95-11,86 мг/кг по отмеченным выше объектам землепользования

Положительное влияние климатического фактора на биологическую активность почвы просматривается при анализе содержания в почве нитратного азота по годам исследования. Если 2017 и 2019 гг. количество нитратного азота в почве на целине было равно, по слоям 0-10, 10-20 и 20-30 см 1,95; 3,03; 1,9 мг/кг и 5,7; 17,7; 7,3 мг/кг, то в 2018 г. содержание его увеличилось до 41,2; 17,2 и 16,8 мг/кг. На участке производственного посева сахарной свеклы содержание нитратов в почве по сопоставляемым годам возросло с 13,8-21,7 до 41,2 мг/кг, 4,94-5,2 мг/кг до 37,4 мг/кг и с 5,47-4,90 мг/кг до 23,4 мг/кг. Подобная ситуация складывается и по вариантам многофакторного полевого опыта.

В таблицах 1-4 представлены средние данные за три года по содержанию аммиачного и нитратного азота в почве на изучаемых объектах землепользования.

На естественном фитоценозе содержание в почве аммиачного азота колебалось по слоям дернового горизонта от 2,89 до 3,53 мг/кг почвы с превышением его количества в слое 10-20 см.

Таблица 1 – Содержание аммонийного азота в почве на целине и в производственном посеве, средние данные за 2017-2019 гг., мг/кг

Слой почвы	Целина (естественный фитоценоз)	Производственный посев сахарной свеклы (навоз 40 т/га, N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)
0-10	35,3	3,30
10-20	4,48	2,38
20-30	2,89	2,60

Таблица 2 – Содержание аммонийного азота в почве длительного многофакторного полевого опыта, средние данные за 2017-2019 гг., мг/кг

Вариант	Слой почвы	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		вспашка	минимальная обработка	вспашка	минимальная обработка
Без удобрений	0-10	3,47	3,75	2,99	3,52
	10-20	4,08	4,27	1,50	3,40
	20-30	2,82	4,20	2,58	3,13
N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	0-10	5,53	9,44	5,32	3,25
	10-20	3,92	7,14	3,61	3,21
	20-30	4,28	5,54	4,08	3,04
80т/га навоза	0-10	3,84	3,84	1,95	3,09
	10-20	3,81	3,85	3,11	33,9
	20-30	3,34	4,03	1,64	2,09
80т/га навоза + N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	0-10	4,58	4,54	3,61	3,69
	10-20	5,05	3,96	3,73	3,22
	20-30	2,94	2,67	1,72	2,20

На участке производственного посева сахарной свеклы, ровно как и на вариантах многофакторного полевого опыта основное количество аммиачного азота в почве было сосредоточено в верхнем слое пахотного горизонта (0-10 см).

Наличие аммиачного азота в почве на контрольных вариантах многофакторного полевого опыта находилось в зависимости от типа севооборота и способа основной обработки почвы. На вспашке содержание аммиачного азота повышалось в зернотравянопропашном севообороте, а при минимальной обработке – в зернопропашном. Причину возникновения данной закономерности на наш взгляд следует искать в источниках поступления свежего органического вещества в почву после уборки предшественника сахарной свеклы, когда надземная масса эспарцета отчуждалась с поля, а гороховая солома измельчалась во время уборки и заделывалась в почву.

Таблица 3 – Содержание нитратного азота в почве на целине и в производственном посеве, средние данные за 2017-2019 гг., мг/кг

Слой почвы	Целина (естественный фитоценоз)	Производственный посев сахарной свеклы (навоз 40 т/га, N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)
0-10	16,3	25,6
10-20	12,6	15,8
20-30	8,7	11,3

Таблица 4 – Содержание нитратного азота в почве длительного многофакторного полевого опыта, средние данные за 2017-2019 гг., мг/кг

Вариант	Слой почвы	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		вспашка	минимальная обработка	вспашка	минимальная обработка
Без удобрений	0-10	11,0	14,3	9,9	9,6
	10-20	9,56	10,0	9,6	10,5
	20-30	5,48	6,5	9,4	5,5
N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	0-10	24,63	71,9	23,2	32,4
	10-20	20,8	29,1	9,8	16,6
	20-30	14,74	12,1	7,9	11,7
80т/га навоза	0-10	16,27	17,3	13,1	9,0
	10-20	12,61	15,0	9,4	13,9
	20-30	7,9	6,4	11,8	3,5
80т/га навоза + N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	0-10	23,2	37,9	29,7	22,1
	10-20	18,3	8,5	12,8	14,4
	20-30	6,9	5,9	9,2	8,3

На вариантах при внесении высоких доз удобрений содержание аммиачного азота повышается, особенно в верхних слоях пахотного горизонта.

На варианте с внесением навоза (80 т/га) наблюдается та же закономерность, что и на вариантах без внесения удобрений; относительно высокое содержание аммиачного азота в верхнем слое почвы на вспашке в зернотравянопропашном севообороте и повышение его концентрации так же отмечалось при проведении минимальной обработки почвы в зернопропашном.

Количество нитратного азота в почве кратно превышает содержание его аммиачной формы, что наиболее наглядно проявляется на вариантах с применением высоких доз удобрений (табл. 3-4).

В естественном фитоценозе наблюдается повышение концентрации нитратного азота в слое почвы 0-10 см до 16,3 мг/кг. Содержание нитратов в глубинных слоях почвы ниже, чем в верхнем слое, что свидетельствует об отсутствии их миграции вниз по почвенному профилю целины.

По остальным вариантам агроценоза (производственный посев сахарной свеклы и вариантах многофакторного опыта) основная масса нитратов в почве сосредоточена в верхнем слое пахотного горизонта.

При пересчете суммы минерального азота в почве (NH₄ + NO₃) в пахотном горизонте 0-30 см в кг/га установлено, что его запасы на целине составляют 48,5 кг/га, на производственном участке сахарной свеклы – 60,9 кг/га. На варианте без внесения удобрений в зернотравянопропашном севообороте на вспашке – 36,8 кг/га, при минимальной обработке – 40,0 кг/га, при минеральной системе удобрений – 73,9 и 101,8 кг/га, внесении навоза – 47,8 и 50,4 кг/га, при совместном внесении – 61,0 и 63,5 кг/га. В зернопропашном севообороте запасы нитратов в пахотном горизонте были равны на варианте без внесения удобрений на вспашке составляли 22,9 кг/га, на минимальной – 22,5 кг/га, при

минеральной системы удобрений – 47,6 и 64,6 кг/га, при внесении навоза – 20,0 и 20,3, при совместное внесении – 25,0 и 32,8 кг/га.

Заключение. Запасы минерального азота в почве на всех объектах землепользования локализованы в верхних слоях почвы миграции нитратов в верхний слой пахотного горизонта с восходящими потоками влаги, активно испаряющегося с поверхности почвы. При органической системе удобрения запасы минерального азота в пахотном горизонте почвы находятся на уровне варианта без применения удобрений, что свидетельствует о расходе почвенного азота на минерализацию свежего органического вещества навоза и пожнивно-корневых остатков в ущерб оптимизации пищевого режима сахарной свеклы.

Библиографический список

1. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. – Белгород: «Отчий край», 2013. – 371 с.
2. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. – Белгород: изд-во «Отчий край», 2014. – 112 с.
3. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Цыгуткин А.С., Логвинов И.В. Влияние способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в чернозёме типичном // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – №5. – С. 7-12.
4. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования – Москва; Российская академия наук, 2019. – 328 с.
5. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Логвинов И.В. Плодосменный севооборот – основной фактор сохранения и повышения плодородия почвы в Белгородской области // Земледелие. – 2014. – №2. – С. 11-14.
6. Тютюнов С.И., Навольнева Е.В., Соловиченко В.Д., Ступаков А.Г. Влияние пищевого режима и органического вещества на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы // Агрохимический вестник. – 2016. – №5. – С. 23-27.
7. Никитишин В.И. оптимизация минерального питания растений и баланс веществ в условиях интенсивного применения удобрений на типичных черноземах и серых лесных почвах // Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. доктора биологических наук. – М.: 1984. – 40 с.
8. Иванова Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с.
9. Кореньков Д.А. Агрохимия азотных удобрений. – М.: Наука, 1976. – 223 с.
10. Иванова Т.И., Цыгуткин А.С., Костина Л.П. Изучение влияния доз и сроков внесения азотных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы на основе постановки опыта по факториальной схеме 1/8 (4x4x4x4) // Агрохимия. – 1999. – №4. – С. 56-60.
11. Агрохимический словарь. Термины и определения. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.
12. Каторгин Д.И. Методические основы изучения в длительном полевом опыте севооборотов, обработки почвы, минеральных и органических удобрений и их влияния на плодородие почвы и величину урожая сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых учёных, посвящённых 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» г. Белгород 15-17 сентября 2020 г. – С. 583-588.
13. Азаров А.В. Заселённость аппликационного целлюлозосодержащего материала почвенными сапрофитными микроорганизмами на объектах землепользования с различной интенсивностью сельскохозяйственного использования чернозёма типичного // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всероссийской научно-практической конференции с

международным участием и Всероссийской школы молодых учёных, посвящённых 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» г. Белгород 15-17 сентября 2020 г. – С. 549-554.

УДК 634.1/.7

ВЛИЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Адымханов Л.К.¹, Батукаев М.С.^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», г. Грозный

²ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства», г. Грозный

E-mail: batukaevmalik@mail.ru

Резюме. Удобрения способствовали улучшению плодородия почвы и повышению урожайности плодов яблони. У сорта Флорина прибавки от доз удобрений изменялись в пределах 3,5-20,8 ц/га. При этом наибольшее увеличение урожая давали удобрения в дозах $N_{120}P_{120}K_{120}$ и $N_{180}P_{180}K_{180}$, а у сорта Гренни Смит прибавки от доз удобрений составили 18,3-60,2 ц/га. Наибольшая урожайность плодов в условиях данного опыта наблюдалась у сорта Гренни Смит при внесении дозы минеральных удобрений $N_{120}P_{120}K_{120}$ и $N_{180}P_{180}K_{180}$.

Ключевые слова: почвы, яблоня, сорт, удобрения, урожайность.

UDC 634.1/.7

INFLUENCE OF SOIL FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF APPLE IN THE CONDITIONS OF THE CHERCHEN REPUBLIC

Adymkhanov L.K.¹, Batukaev M.S.^{1,2}

¹FSBEI HE «Chechen State University», Grozny

²FGBNU «Chechen Research Institute of Agriculture», Grozny

E-mail: batukaevmalik@mail.ru

Summary. Fertilizers contributed to the improvement of soil fertility and increased yield of apple fruits. In the Florina variety, the increments from fertilizer doses varied from 3.5 to 20.8 c / ha. In this case, the greatest increase in yield was given by fertilizers in doses of $N_{120}P_{120}K_{120}$ and $N_{180}P_{180}K_{180}$, and in Grenny Smith, the increments from fertilizer doses were 18.3-60.2 c / ha. The highest fruit yield under the conditions of this experiment was observed in the Grennie Smith variety when applying a dose of mineral fertilizers $N_{120}P_{120}K_{120}$ and $N_{180}P_{180}K_{180}$.

Key words: apple tree, variety, fruit, fertilizer, yield.

Почвенные условия района проведения исследований. На сравнительно небольшой территории Республики насчитывается около двадцати типов почв, образующих при своем сочетании порою очень сложный рисунок (рис. 1). Распределение их подчиняется таким географическим закономерностям, как широтная, предгорная и высотная поясность (зональность), провинциальность, комплексность, инверсионность.

Сложность физико-географических условий республики проявилась и в формировании подтипов, родов, видов и разновидностей в пределах каждого из перечисленных почвенных типов [2].

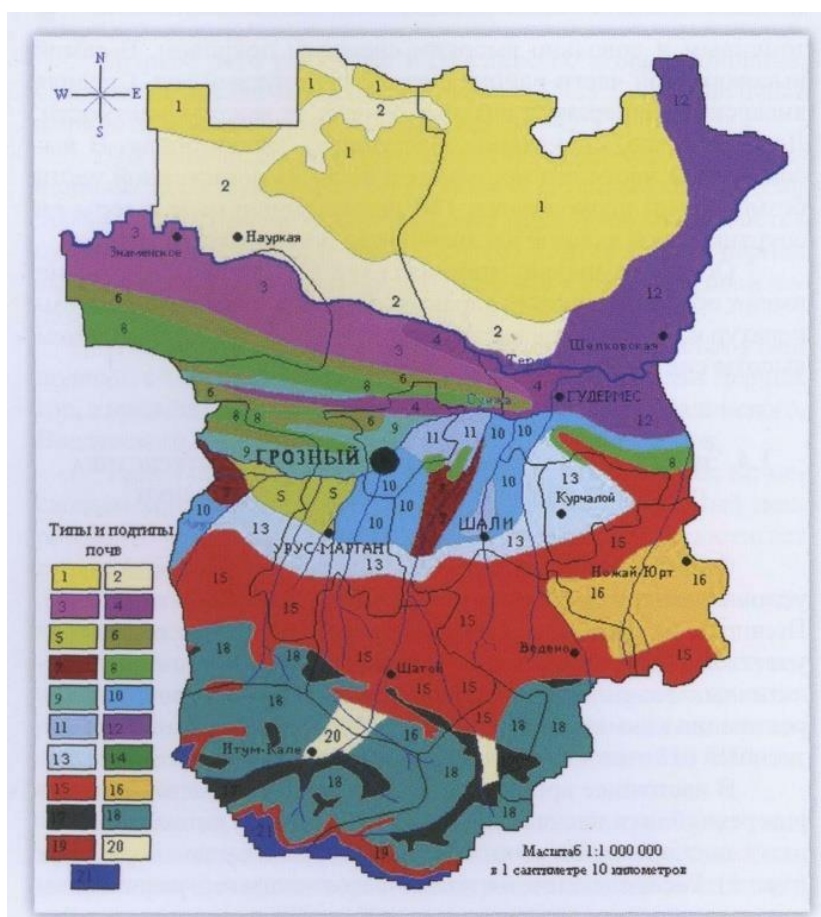


Рисунок 1 – Карта почв Чеченской Республики

ФГУ САС «Чеченская» было проведено рекогносцировочное почвенное обследование опытного участка площадью 10 га в госхозе «Центорой» Курчалоевского района под закладку пальметного сада.

Землепользование хозяйства входит в IV-ю горнолесную зону с преобладанием бурых лесных почв. Почвы, расположенные на исследуемом участке, слабо ненасыщенные, остаточно-карбонатные, вскипание слабое, смытые, тяжело-суглинистые. Условия залегания по рельефу – покатые, сильно-покатые склоны различных экспозиций. Почвообразующие породы – карбонатные суглинки.

При обследовании участка было заложено 10 полужам глубиной до 1 метра, отобрано 30 образцов почвы. В результате полевого и лабораторного изучения почв, распространенных на исследуемом участке, было установлено, что на опытном участке распространены бурые лесные почвы различной степени смытости, тяжелого мехсостава. Мощность гумусового горизонта колеблется от 40 до 70 см. почвы малогумусные, содержание гумуса колеблется от 2,0 до 3,5 %.

При изучении морфологических признаков почв плотных горизонтов обнаружено не было. Почвы незасоленные, глубина вскипания от 10 % соляной кислоты колеблется от 25 до 70 см.

Реакция почвенного раствора (pH) колеблется от среднекислой (pH 4,6) до

слабокислой (рН 5,1-5,5) и нейтральной (рН 6,7-7,3). Грунтовые воды расположены глубоко.

На глубине распространения основной массы питающих корней плодового дерева (40-60 см) почвы участка средне обеспечены подвижным фосфором и обменным калием.

Независимо от предпосадочной обработки в посадочные ямы необходимо вносить по 15-20 кг перегноя, 2 кг простого суперфосфата, 1,2 кг калийной соли, 10 кг дефеката для создания оптимальных условий питания саженцев 2-3 года.

Схема опыта:

1. Контроль 1. Ренет Симиренко + N₆₀P₆₀K₆₀.
2. Контроль 2. Ренет Симиренко + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.
3. Контроль 3. Ренет Симиренко + N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀.
4. Гренни Смит + N₆₀P₆₀K₆₀.
5. Гренни Смит + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.
6. Гренни Смит + N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀.
7. Флорина + N₆₀P₆₀K₆₀.
8. Флорина + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.
9. Флорина + N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀.

Удобрения во всех вариантах вносились согласно схеме опыта. Применялись двойной суперфосфат и сульфат калия; вносились они осенью под основную обработку почвы. Аммиачная селитра вносилась весной в конце апреля перед вегетационным поливом. Удобрения вносили НРУ – 0,5.

Таблица – Распределение минеральных удобрений по срокам внесения в вариантах опыта

Варианты	Годовая норма минеральных удобрений			Под основную обработку			В подкормку
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅	N
1, 4, 7	60	60	60	—	60	60	60
2, 5, 8	120	120	120	—	120	120	120
3, 6, 9	180	180	180	—	180	180	180

До начала опытов проведено почвенно-агрохимическое обследование участка согласно методическим указаниям. Для общей характеристики почвы были заложены разрезы до глубины залегания материнской породы в начале, середине и в конце участка.

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка дана на основании морфологического описания разрезов и анализа почвенных образцов, проведенных в аккредитованной испытательной лаборатории Федерального государственного учреждения Станции агрохимической службы «Чеченская».

Целью исследований является повышение продуктивности интенсивных насаждений яблони на основе регулирования минерального питания перспективных сортов в условиях Чеченской Республики. Определить наиболее продуктивное и эффективное сочетание элементов минерального питания в

удобрении.

Результаты исследований. Изучение количества цветков в соцветиях на разных плодовых веточках и однолетних ветвях показало, что среднее количество их по сортам не имеет различий, не установили и взаимосвязи между количеством цветков в соцветии и типом плодоношения этих сортов.

Больше 15 % завязи к 5 июню сбросил сорт Гренни Смит. После 6 июля сбрасывание завязи у этих сортов замедлилось. Сорта Ренет Симиренко и Флорина к первому учету сбросили завязи от 2,7 до 9,8 %.

Ко времени съема у них сохранилось от 1,8 до 7,3 % плодов. Сравнительно мало сбросили завязи от 15 до 11 % ко времени первого учета сорт Гренни Смит. И в последующие учеты у них отмечали постепенное сбрасывание завязи. Эти сорта характеризуются медленным сбрасыванием завязи вплоть до полного формирования плодов.

Изучение массы плодов яблони показало, что сорт Гренни Смит имеет очень крупные плоды. Так почти 200 граммов весят плоды при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ и $N_{180}P_{180}K_{180}$. Средней величиной плода характеризуется сорт Ренет Симиренко и сорт Флорина, которые имеет плоды ниже средней величины.

Средняя масса плода по вариантам опыта имела существенные различия при сравнении доз удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$ и $N_{180}P_{180}K_{180}$.

При варианте, где вносили удобрения из расчета $N_{120}P_{120}K_{120}$, плоды были крупнее, чем в аналогичном варианте с удобрением $N_{60}P_{60}K_{60}$. Указанные дозы минеральных удобрений ($N_{120}P_{120}K_{120}$) были оптимальными и оказали наиболее благоприятное влияние на урожай плодов и их размер.

Анализируя среднюю урожайность плодов с гектара можно видеть, что существенно выше стандарта сорт Гренни Смит, имеющий из всех изучаемых сортов самую высокую урожайность. Существенно уступают стандарту сорт Флорина и несущественно отличаются от Гренни Смит и Ренет Симиренко. Почти так же по группам подразделяются сорта при анализе максимальной урожайности с гектара.

Удобрения способствовали повышению урожайности плодов. У сорта Флорина прибавки от доз удобрений изменялись в пределах 3,5-20,8 ц/га. При этом наибольшее увеличение урожая давали удобрения в дозах $N_{120}P_{120}K_{120}$ и $N_{180}P_{180}K_{180}$, а у сорта Гренни Смит прибавки от доз удобрений составили 18,3-60,2 ц/га.

Таким образом, полученные данные показали, что урожайность яблони зависит от сортовых особенностей и от доз минеральных удобрений.

Наибольшая урожайность плодов в условиях данного опыта наблюдалась у сорта Гренни Смит при внесении дозы минеральных удобрений $N_{120}P_{120}K_{120}$ и $N_{180}P_{180}K_{180}$.

Внесение минеральных удобрений оказало положительное влияние на увеличение в плодах яблони сухих веществ, общего сахара, аскорбиновой кислоты. При оценке качества плодов, особенно выращиваемых в интенсивной культуре, нельзя упускать из виду, что применение высоких доз азотных удобрений может вызвать накопление нитратов и других продуктов азотного

обмена, которые в повышенных концентрациях являются вредными для человеческого организма.

В нашем опыте под влиянием доз минеральных удобрений нитратный азот в плодах варьировал от 29,3 до 30,0 мг, что значительно меньше, чем предельно допустимая доза (50-60 мг/кг сырой массы).

Выводы.

1. Применение удобрений в интенсивном яблоневом саду способствовало увеличению массы плодов. По средней массе плодов выделен контрольный сорт яблони Ренет Симиренко (от 167 до 180 г), максимальную массу имел сорт Гренни Смит (200 г) в 2017 году при внесении $N_{180}P_{180}K_{180}$.

2. Удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ в условиях Чеченской Республики на бурой лесной почве для интенсивных сортов при схеме посадки 3,75х1,5 м в период плодоношения являются оптимальными. При этом урожайность у сорта Гренни Смит составила 292,9 ц/га, а внесение минеральных удобрений в дозе $N_{180}P_{180}K_{180}$ увеличивало урожай до 311,2 ц/га.

3. Оценка по комплексу показателей товарных качеств свежих плодов показала, что по одномерности плодов отличается Флорина (95 %); высшего сорта больше также у Флорины (94 %); падалицы у Гренни Смит (20%). По совокупности химико-технологических показателей наиболее приспособлен к природным условиям Чеченской Республики сорт Флорина (сухие вещества, сахара, кислоты, витамин С). Повышенным содержанием аскорбиновой кислоты отличался сорт Ренет Симиренко (3,35 мг%). Применение минеральных удобрений в дозах $N_{120}P_{120}K_{120}$ не снижало содержание сахаров, аскорбиновой кислоты в плодах яблони сортов Флорина и Гренни Смит.

Библиографический список

1. Батукаев А.А., Курбанов С.С. Повышение продуктивности сортов яблони при оптимизации питания в условиях ЧР / монография. Изд-во ЧГУ, Грозный, 2014. – 127с.
2. Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Эдельгериев А.С-Х., Байраков И.А., Борзаев Р.Б., Кузьмина А.А. Ресурсный потенциал земель Чеченской республики для возделывания плодовых культур. - Краснодар-Грозный: СКЗНИИСИВ, 2011. – 160с.
3. Козак Н.В. Изменение агрохимических свойств темно-серой лесной легкосуглинистой почвы под влиянием длительного применения минеральных удобрений в яблоневом саду //Агрохимия. – 1995. – № 12. – С. 22-31.

УДК 631.4

ФАКТОРЫ ВЫЗЫВАЮЩИЕ ЭРОЗИЮ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ И МЕРЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ

Аличаев М.М.¹, Султанова М.Г.¹

¹ФГБНУ «ФАНЦ РД», РФ, г. Махачкала,

E-mail: mezluma2017@mail.ru

Резюме. Изложены теоретические и практические основы воспроизводства плодородия почв. В зональном аспекте рассматривается состояние почвенного покрова, сложившегося в результате многолетнего воздействия на почвы и рекомендации по сохранению её плодородия.

Ключевые слова: почва, плодородие, удобрения, эрозия, склон, обработка.

Summary. *The theoretical and practical bases of soil fertility reproduction are described. In the zonal aspect, the state of the soil cover formed as a result of long-term impact on the soil and recommendations for the preservation of its fertility are considered.*

Key words: *soil, fertility, fertilizers, erosion, slope, processing.*

Северный Кавказ по сочетанию природно-климатических условий и своему биоресурсному потенциалу представляет собой классическую арену взаимодействия гор и равнин [2]. В этом отношении Дагестан по праву называется «лабораторией» почв.

В условиях гор процессы формирования и разрушения почв обусловлены главным образом различиями радиационного, водно-теплового и воздушного режима почв.

Главным фактором глубоко затрагивающий все процессы в горных ландшафтах, в том числе и почвенных, выступает климатический фактор. По данным [1] общая площадь почв подверженных эрозии в горах и предгорьях Дагестана составляет 2663,1 тыс. га, а потенциально эрозионно-опасных земель достигает почти 95% из этой площади.

Эрозия почв здесь вызывается в основном стоком дождевых и ливневых вод и имеет далеко не одинаковый характер проявления в зависимости от рельефа местности, экспозиции склонов, проективного покрытия растительностью и конечно же хозяйственной деятельностью человека.

По мере продвижения с Юга на Север годовая сумма осадков возрастает от 400-550 мм до 450-600 мм, из которых в среднем 24% теряется на поверхностный сток. Причем небольшая доля осадков (37%) участвует в формировании стока.

Однако фактическое состояние развития процессов эрозии почв не соответствует характеру географического распределения осадков и стока, что связано, прежде всего, с морфометрией поверхности и особенно защищенностью почвенного покрова растительностью.

Неправильная эксплуатация склоновых земель и несоблюдение агротехники богарного почвозащитного земледелия ускорили развитие эрозионных процессов, особенно на пашне. Пахотные земельные угодья, подверженные эрозии, потеряли до 10-15 см плодородного слоя почвы. На таких почвах в фермерских хозяйствах ежегодно недополучают по 4-5 ц/га зерна и кормов.

Нашими исследованиями установлено что, объем многолетней эрозии на пастбищных землях, в среднем составляет в юго-восточном предгорье 760 м³/га, против 520 м³/га в центральном и 294 м³/га в северо-западном.

В связи с этим в горно-земледельческих районах возрастает роль агротехнических приемов регулирования поверхностного стока, предотвращения смыва, восстановления и повышения плодородия эродированных почв.

Результаты многолетних научных исследований показывают, что проведение отвальной вспашки и посева зерновых культур поперек склонов с крутизной до 4° сокращает сток на 200 м³/га.

Эффективными агроприемами при возделывании озимых после колосовых предшественников на склонах круче 5° являются безотвальная (30-32см) и

комбинированная (20-22 см) обработки. В центральных предгорьях на эродированных каштановых почвах безотвальная обработка позволяет уменьшить смыв почвы в 1,5 раза, повысить урожай озимой пшеницы на 2,2 ц/га. Комбинированная обработка (отвально-безотвальная) на бурых лесных остепненных почвах в более увлажненных районах северо-западных предгорий способствует пополнению запасов почвенной влаги в метровом слое на 140-200 м³/га и повышению урожая озимой пшеницы на 2,2-3,1 ц/га.

Для посева озимых более эффективной является комплексная обработка почвы – полосная отвальная вспашка (30-32 см) шириной 2,8 м через 20 м плюс двукратное дискование (12-14 см), что способствовало снижению жидкого стока на 20%, смыва почвы – на 43% и прибавке урожая в 2,5-3,7 ц/га (16-18%) по сравнению с отвальной вспашкой.

Лучшими агротехническими приемами зяблевой обработки являются комбинированно-ступенчатая (20-22) и (30-32) см и комбинированная обработка (30-32 см). На фоне указанных обработок эрозионные процессы прекращаются полностью в осенний и сокращаются на 56-70% в весенне-летний периоды. Содержание влаги в метровом слое почвы возрастает на 5-10 мм, а урожай зерна на 4-5 ц/га.

В деле охраны почв от эрозии решающее влияние оказывают также почвозащитные свойства растительности. Так, эффективным приемом повышения плодородия эродированных почв на горных склонах является залужение их путем посева эрозионно-устойчивых злаково-бобовых травосмесей с применением удобрений, что обеспечивает сокращение смыва в 2,2- 2,5 раза.

Известно, что плодородие почв тесно связано с их биологической активностью. Индикаторами последней могут служить как численность микрофлоры, так и интенсивность ряда микробиологических процессов. Следовательно, мероприятия по увеличению биологической активности почвы являются эффективными и для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из эффективных средств повышения плодородия эродированных почв является использование органических и минеральных удобрений. В исследованиях [3] внесение NP в дозах 40 и 80 кг д.в. увеличивает их общую биогенность сумма аммонификаторов, актиномицетов и грибов соответственно на 6,8 млн./г почвы. Однако дальнейшее увеличение дозы NP до 120 кг. д.в. снижает биогенность почвы на 2,8 млн./г по сравнению с N₈₀P₈₀.

Повышению биологической активности почв способствует внесение органических удобрений в сочетании с минеральными. Так, внесение N₆₀P₈₀K₃₀ плюс навоз 30 т/га увеличивает содержание аммонификаторов в почве в 1,7 раз, а при внесении 60 т/га содержание их увеличивается почти в два раза, азотобактера – в 2,2-2,5; СО₂ – продуцирующей способность почвы в 2,5 и 3 раза, урожай озимой пшеницы в 2 и 2,5 раза соответственно по сравнению с контролем. Результаты исследований подтверждают, что эродированные почвы в первую очередь нуждаются во внесении органики.

В противоэрозионном отношении наиболее эффективным приемом оказалось культурное задернение (райграс пастбищный), затем черезрядный посев

сидератов (озимая рожь), на третьем месте – односторонняя обработка между-рядий поперек склона.

Анализ содержания почвенной влаги показал, что наибольшей степени иссушают почву сидераты. Влажность почвы в 80-сантиметровом слое на варианте без орошения на 5,6% ниже, чем при содержании почвы под черным паром.

Таким образом, эффективное использование земель на основе дифференцированного применения комплекса почвозащитных мероприятий является важным условием охраны и повышения плодородия почв.

Библиографический список

1. Баламирзоев М.А. Эффективное использование предгорных земель. – Махачкала, Даг.кн.изд, 1982. – 96 с.
2. Герасимов И.П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. Изд. «Наука». Москва, 1976. – 298 с.
3. Магомедов К.К., Джабраилов Д.У. Плодородие эродированных почв предгорий Дагестана. Земельные и растительные ресурсы Дагестана. – Том 2. – Махачкала, 1975. – с.21-28.

УДК 631.45:(633.16+661,847+661.848)

ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ ZN И CD В ПОЧВЕННОМ РАСТВОРЕ ДЕРНОВО-ПОЗДОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯЧМЕНЯ

Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Крыленкин Д.В., Фригидов Р.А.,
Санжаров А.И., Корнеев Ю.Н.

Всероссийский НИИ Радиологии и Агроэкологии, г Обнинск
E-mail: cornblum@mail.ru

Резюме. Предложен формальный подход для описания динамики содержания Zn и Cd в почвенном растворе. Концентрации Zn и Cd в почвенном растворе уменьшаются со временем в соответствии с обратной экспоненциальной зависимостью.

Ключевые слова: агроэкология, миграция, тяжелые металлы, моделирование, свойства почв

Важнейшую роль в переносе веществ в почве выполняет почвенный раствор, и содержание в нем элементов в свою очередь имеет большое влияние на то какая в итоге сложится ситуация. Для оценки вклада почвенного раствора на поступление токсичных элементов в корни растения, а также влияния концентрации их химических аналогов на их содержание в почвенном растворе, и как следствие миграцию, в качестве противодействия было проведено исследование влияния изначальных концентраций Cd и Zn в почве при выращивании ячменя на динамику их концентрации в почвенном растворе.

Эксперимент проводился в пяти вариантах разных концентраций внесения цинка и кадмия – $Cd_{10}Zn_0$, $Cd_{10}Zn_{50}$, $Cd_{10}Zn_{100}$, $Cd_{10}Zn_{150}$. Квазиравновесные почвенные растворы были получены с помощью центрифугирования в соответствии с методикой, описанной в работе [1]. В извлеченных почвенных растворах определяли pH, содержание Zn, Cd, микро- и макроэлементов.

Концентрацию Zn и Cd в анализируемых растворах определяли методом ICP-OES на приборе Liberty II фирмы “Varian”.

В течение вегетационного периода из почвенных сосудов сразу после высаживания пророщенных семян ячменя (на 1-е сутки после внесения Zn и Cd в почву), а также, соответственно, на 12-е, 18-е, 23-е, 34-е, 40-е, 58-е и 80-е сутки после внесения тяжелых металлов в почву, извлекали квазиравновесные почвенные растворы методом центрифугирования. Установлено, что уменьшение концентрации Zn в почвенном растворе в зависимости от времени можно удовлетворительно описать экспоненциальными уравнениями (за исключением вариантов Zn₀), (Рис 1): Снижение концентрации Zn в почвенных растворах, отобранных из сосудов с вегетирующими растениями, связано как с истощением запаса водорастворимых форм Zn в почве в результате непрерывного поглощения корнями растений, не компенсируемого десорбцией Zn из почвенного поглощающего комплекса (ППК) в почвенный раствор, так и с процессами возможной трансформации подвижных (доступных растениям) форм нахождения металла в малоподвижные («фиксации» Zn).

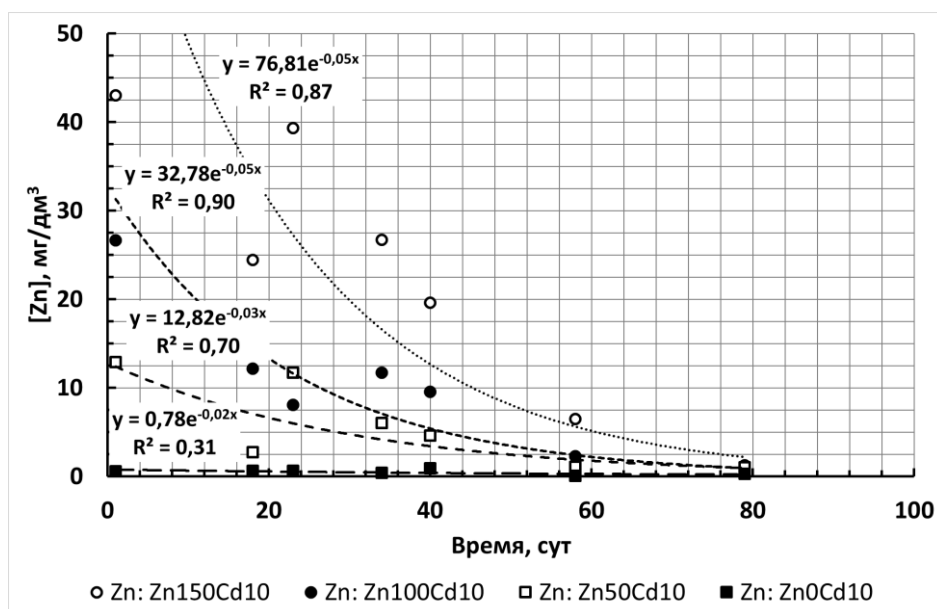


Рисунок 1 – Динамика концентрации Zn в центрифужных почвенных растворах в зависимости от времени для разных вариантов

$$[Zn]_{\text{почв.раствор}} = 0,98 \times \exp(-0,02 \times t), R^2=0,39 \text{ (вариант Zn}_0\text{Cd}_0\text{);}$$

$$[Zn]_{\text{почв.раствор}} = 0,78 \times \exp(-0,02 \times t), R^2=0,31 \text{ (вариант Zn}_0\text{Cd}_{10}\text{);}$$

$$[Zn]_{\text{почв.раствор}} = 12,82 \times \exp(-0,03 \times t), R^2=0,70 \text{ (вариант Zn}_{50}\text{Cd}_{10}\text{);}$$

$$[Zn]_{\text{почв.раствор}} = 32,78 \times \exp(-0,05 \times t), R^2=0,90 \text{ (вариант Zn}_{100}\text{Cd}_{10}\text{);}$$

$$[Zn]_{\text{почв.раствор}} = 76,81 \times \exp(-0,05 \times t), R^2=0,87 \text{ (вариант Zn}_{150}\text{Cd}_{10}\text{).}$$

Установлено, что уменьшение концентрации Cd в почвенном растворе в зависимости от времени можно удовлетворительно описать следующими уравнениями (рисунок 2):

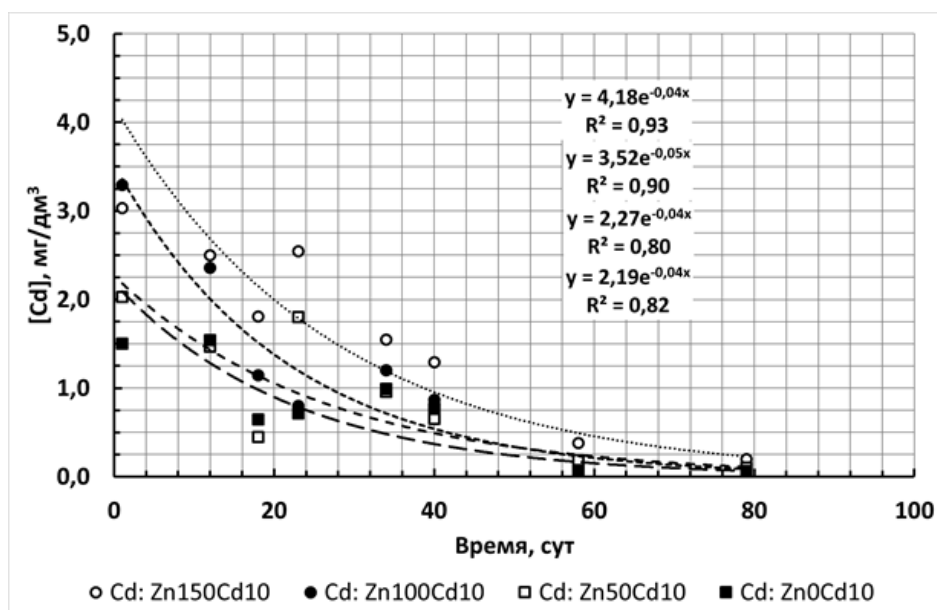


Рисунок 2 – Динамика концентрации Cd в центрифужных почвенных растворах в зависимости от времени для разных вариантов

$[Zn]_{\text{почв.р-р}} = f(t)$ отсутствует (вариант Zn_0Cd_0 , рисунок 2). Средняя концентрация Cd в почвенных растворах, отобранных в разное время, составила 0.10 мг/дм^3 ;

$[Cd]_{\text{почв.раствор}} = 2.19 \times \exp(-0.04 \times t)$, $R^2 = 0.82$ (вариант Zn_0Cd_{10});

$[Cd]_{\text{почв.раствор}} = 2.27 \times \exp(-0.03 \times t)$, $R^2 = 0.80$ (вариант $Zn_{50}Cd_{10}$);

$[Cd]_{\text{почв.раствор}} = 3.52 \times \exp(-0.05 \times t)$, $R^2 = 0.90$ (вариант $Zn_{100}Cd_{10}$);

$[Cd]_{\text{почв.раствор}} = 4.18 \times \exp(-0.04 \times t)$, $R^2 = 0.93$ (вариант $Zn_{150}Cd_{10}$).

Снижение концентрации Cd в почвенных растворах, отобранных из сосудов с вегетирующими растениями, связано с теми же причинами, что и для Zn. Для всех вариантов опыта (за исключением варианта Cd_0) установлено, что концентрации Cd в почвенном растворе уменьшались со временем в соответствии с обратной экспоненциальной зависимостью вследствие процесса истощения запаса водорастворимых форм Cd в почве в результате непрерывного поглощения корнями растений. Для исключений вышеуказанный тренд выявить не удалось из-за высокой вариабельности экспериментальных данных.

Таким образом, установлено, что для всех вариантов опыта (за исключением вариантов Zn_0) концентрации Zn в почвенном растворе уменьшались со временем в соответствии с обратной экспоненциальной зависимостью вследствие процесса истощения запаса водорастворимых форм Zn в почве в результате непрерывного поглощения корнями растений. Для вариантов Zn_0 вышеуказанный тренд выявить не удалось (R^2 : 0.31, 0.39) из-за высокой вариабельности экспериментальных данных по концентрациям Zn в центрифужных почвенных растворах.

Библиографический список

1. Исследование миграционной способности Zn в системе дерново-подзолистая почва – кормовые бобы в условиях вегетационного опыта /В.С. Анисимов, Л.М. Фригидова, Ю.Н. Корнеев [и др.] //Агрохимия. 2019. № 3. С. 72-84.

НАКОПЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ ZN И CD В ЯЧМЕНЕ

Анисимова Л.Н., Анисимов В.С., Крыленкин Д.В., Санжаров А.И.,

Фригидов Р.А., Дикарев Д.В., Саруханов А.В.

E-mail: cornblum@mail.ru

Резюме. Для определения закономерностей транслокации цинка и кадмия в ячмене был проведен вегетационный эксперимент с пятью вариантами сочетаний концентраций Zn и Cd. Установлены биометрические параметры растений, содержание Zn и Cd в корнях и надземной части, а также их транслокационное отношение.

Ключевые слова: транслокационное отношение, экология, сельское хозяйство, биомасса, тяжелые металлы.

Изучение характера транслокации Zn и Cd в ячмене проводилось в условиях вегетационного опыта в пяти вариантах разных концентраций внесения – $Cd_{10}Zn_0$, $Cd_{10}Zn_0$, $Cd_{10}Zn_{50}$, $Cd_{10}Zn_{100}$, $Cd_{10}Zn_{150}$. Перед посевом в дерново-подзолистую почву вносили цинк и кадмий в виде водных раствора нитрата. Затем аналогичным образом добавляли питательные элементы в виде водных растворов солей (NH_4NO_3 , KH_2PO_4 , K_2SO_4) из расчета N_{200} , P_{100} и K_{100} . Контролем служил вариант с NPK Zn_0Cd_0 .

После уборки растений на 80-е сутки эксперимента были определены морфометрические показатели: длина растений, масса корней и надземной части, определено содержание Cd и Zn в зеленой массе и в корнях ячменя. Концентрацию Zn и Cd в растениях, содержание подвижных форм и валовое количество элементов в почвах определяли в соответствии с методикой [1], а также с помощью ее модификаций. [2].

Прирост надземной биомассы растений описывали с помощью логистической (S-образной) функции [3-4]:

$$M(t) = \frac{M_{\max}}{1 + \frac{M_{\max}}{M_0} \times \exp(-\mu \times t)} \quad (1)$$

где $M_{\max}$ – максимальная возможная масса 1 растения, г, M_0 – начальная масса 1 растения (расчетная величина), г, μ – удельная скорость прироста биомассы растения, сут^{-1} , t – время, сут.

Содержание Zn и Cd в растениях увеличивается в ходе онтогенеза. При этом зависимость изменения концентраций Zn в вегетативных органах растений от времени носит асимптотический характер, приближаясь к максимальному значению $[Zn]_{\max, \text{раст}}$, характерному для каждой концентрации Zn в почве и вида растения. Подобная зависимость может быть описана уравнением:

$$[Zn]_{\text{раст}} = [Zn]_{\max, \text{раст}} \times [1 - \exp(-\beta \times t)] \quad (2)$$

где $[Zn]_{\text{раст}}$ – концентрация Zn в растении, мг/кг; β – константа накопления металла, сут^{-1} ; t – время.

Значения параметров уравнений (1), (2): $M_{\max}$, M_0 , μ , $[Zn]_{\max, \text{раст}}$ и β подбираются чаще всего с использованием модуля «Поиск решения» программы

Excel. При этом применялся алгоритм последовательных итераций, использующий минимизацию ошибки $E = \sum [K_c(\text{расч}) - K_c(\text{измерен})]^2$.

Были установлены параметры логистических кривых $M_{\max}$ (г) M_0 (г), μ (сут^{-1}) для исследуемой дерново-подзолистой почвы при различных дозах внесенных Zn и Cd (таблица 1)

Таблица 1 – Значения параметров логистических кривых описывающих изменение сырой надземной биомассы ячменя (в пересчете на 1 растение), выращенного до фазы молочной спелости

Вариант	$M_{\max}$ максимальная возможная масса 1 растения, г	M_0 начальная масса 1 растения (расчетная величина), г	μ удельная скорость прироста биомассы растения, сут^{-1}
Cd_0Zn_0	5,0	0,250	0,126
$\text{Cd}_{10}\text{Zn}_0$	5,20	0,250	0,090
$\text{Cd}_{10}\text{Zn}_{50}$	5,00	0,250	0,080
$\text{Cd}_{10}\text{Zn}_{100}$	4,60	0,250	0,080
Cd Приблизительно после 50-х суток вегетации для варианта Zn_0Cd_0 и 75-х суток вегетации для остальных вариантов опыта положительной динамики изменения биомассы не отмечалось (Рисунок 1) $_{10}\text{Zn}_{150}$	5,23	0,250	0,073

Приблизительно после 50-х суток вегетации для варианта Zn_0Cd_0 и 75-х суток вегетации для остальных вариантов опыта положительной динамики изменения биомассы не отмечалось (Рис. 1) Концентрационная зависимость между содержанием Cd в почве и надземных частях ячменя присутствует только для вариантов с внесением металла в почву и без внесения (табл. 2). Внесение возрастающих количеств Zn в остальных вариантах опыта при неизменном количестве (дозе) внесенного Cd не влияет на содержание последнего в надземных частях растений.

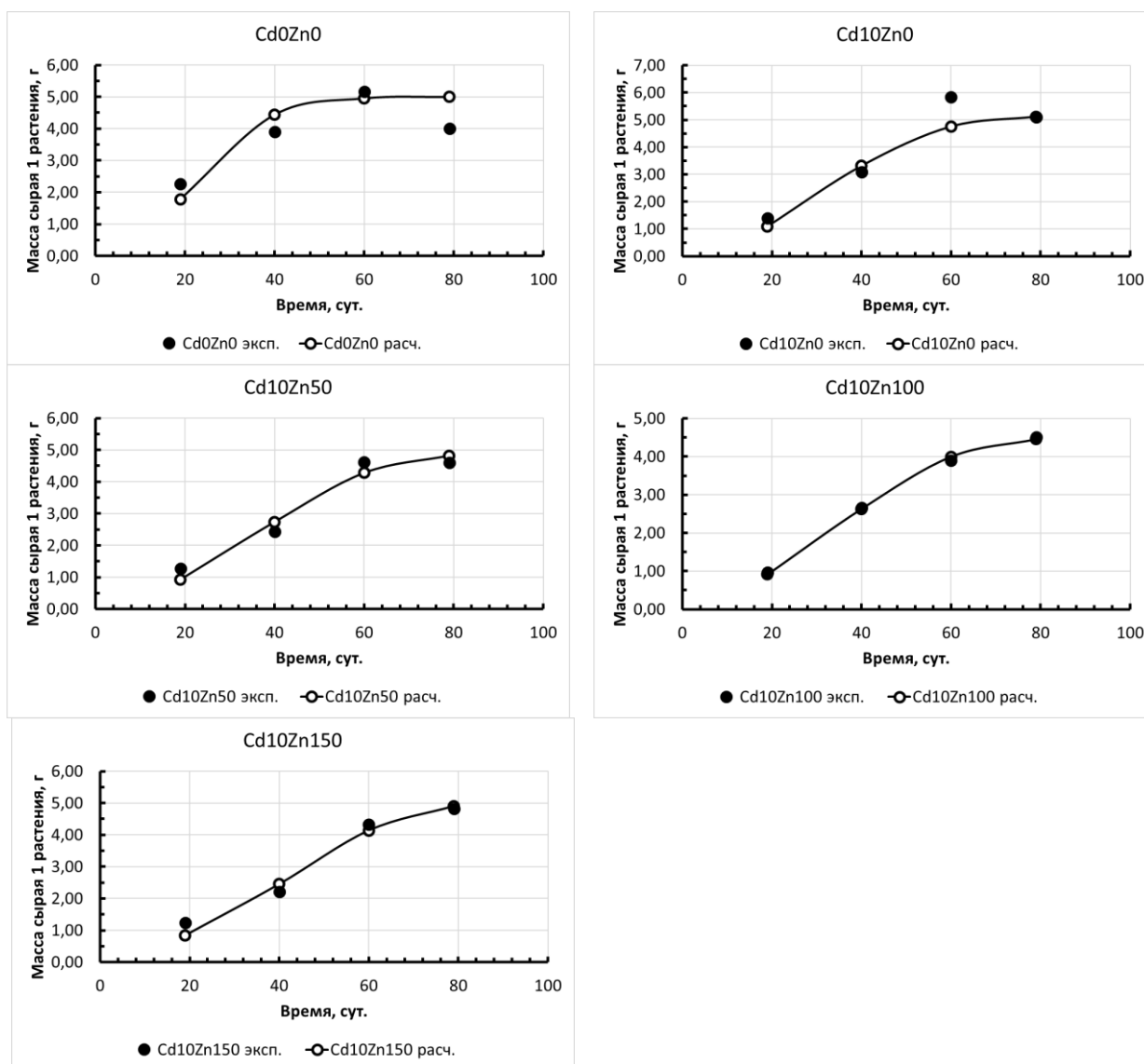


Рис. 1 – Динамика изменения надземной биомассы ячменя, выращенного до фазы молочной спелости: в пересчете на 1 растение, г×раст⁻¹ (срокам учета растений: 18, 40, 60, 80 сут.)

В то же время, внесение в почву возрастающих количеств Zn при одинаковой дозе внесенного Cd (10 мг/кг) привело к увеличению накопления первого в надземных частях растений в соответствии с линейной зависимостью: $[Zn]_{\text{раст.}} = 4.88 \times [Zn]_{\text{поч.}} - 192.95$. (рис.2). Достоверных различий в накоплении Zn надземными частями растений при дополнительном внесении в почву Cd для варианта Cd₁₀Zn₀ по сравнению с контрольным вариантом Cd₀Zn₀ не обнаружено. (Табл.2.)

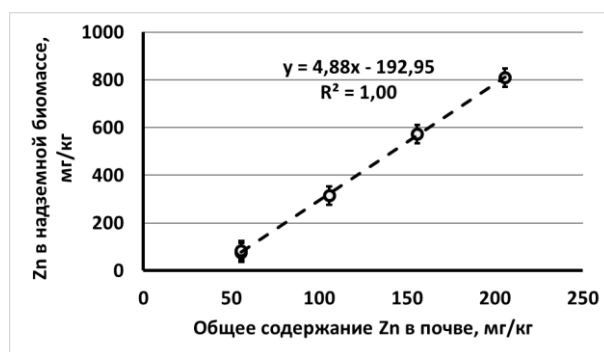


Рисунок 2 – Зависимость между концентрацией Zn в почве и содержанием металла в надземных частях растений (средние значения по срокам учета растений: 18, 40, 60, 80 сут.)

Таблица 2 – Содержание Zn и Cd в почвах и различных частях ячменя (возраст 80 суток)

Вариант (надз. часть/ корни)	Доза Zn	Доза Cd	Концентрация элементов в сухой биомассе растений, мг/кг					
			Zn	(Zn н.ч./ корни) / (Zn сим- пласт/ апопласт)	Zn, ммоль/л кг сух. корней	Cd	(Cd н.ч./ корни)/ (Cd сим- пласт/ апопласт)	Cd, ммоль/л кг сух. корней
Cd ₀ Zn ₀	55,7	0,4	100,4	0,38/0,38	2,95	0,89	0,06/0,86	0,07
корни			265,7			14,77		
Cd ₁₀ Zn ₀	55,7	10,4	84,9	0,55/1,13	1,11	25,8	0,04/0,48	3,69
корни			154,4			616,4		
Cd ₁₀ Zn ₅₀	105,7	10,4	391,8	0,19/1,13	15,10	27,8	0,11/0,37	1,65
корни			2102,7			252,6		
Cd ₁₀ Zn ₁₀₀	155,7	10,4	604,0	0,19/0,54	31,05	25,0	0,13/0,20	1,48
корни			3131,8			199,7		
Cd ₁₀ Zn ₁₅₀	205,7	10,4	830,5	0,19/0,31	50,34	26,8	0,14/0,11	1,51
корни			4318,6			188,3		

Таким образом, было установлено, что изменение биомассы ячменя в вариантах опыта хорошо аппроксимируется логистическими кривыми. Внесение кадмия в дерново-подзолистую почву до субкритической концентрации (10 мг/кг) приводит к «замаскированному» фитотоксическому эффекту: уменьшению скорости созревания ячменя; накопление Zn в корнях возрастает при увеличении общего количества, в котором он вносится в почву при неизменной дозе одновременного внесения Cd (10 мг/кг) в соответствии с линейной зависимостью: $[Zn]_{\text{раст.}} = 4.88 \times [Zn]_{\text{поч.}} - 192.95$. Достоверных различий в накоплении Zn в надземных частях растений при внесении в почву Cd по сравнению с контрольным вариантом Cd₀Zn₀ выявить не удалось; транслокационное отношение $TO_{Cd} = (Cd_{\text{надз. части}}/Cd_{\text{корни}})$ увеличивается по мере повышения дозы Zn, внесенного в почву одновременно с кадмием. При этом общее содержание кадмия в надземных частях ячменя фактически не изменяется, в вариантах опыта с внесением Cd, варьируя в диапазоне 20-45 мг/кг сухой массы. Однако, с увеличением количества (дозы) внесенного цинка существенно снижается

концентрация кадмия в корнях; TO_{Zn} в различных частях растений (надземной и корнях) достоверно не изменяется по мере повышения дозы Zn, внесенного в почву одновременно с кадмием с 50 до 150 мг/кг. Подобно Cd, содержание цинка в корнях достоверно увеличивается до фазы цветения (60 сут.), а затем снижается.

Библиографический список

1. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (изд. 2-е, перераб. и дополненное). М.: ЦИНАО. 1992. 61 с.
2. Оценка миграционной способности Zn в системе почва-растение / В.С. Анисимов, Л.Н. Анисимова, Л.М. Фригидова [и др.] // Почвоведение. 2018. № 4. С. 427-438.
3. Исследование миграционной способности Zn в системе дерново-подзолистая почва – кормовые бобы в условиях вегетационного опыта / В.С. Анисимов, Л.М. Фригидова, Ю.Н. Корнеев [и др.] // Агрохимия. 2019. № 3. С. 72-84.
4. Оценка скорости нарастания биомассы сельскохозяйственных культур / С.Е. Витковская, В.Ф. Дричко, О.В. Хофман // Доклады РАСХН. 2014. №1. С. 50-53.

УДК: 631.58

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Артемьева Е.А.

ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, с. Подвязые

Рязанская область, Рязанский район,

E-mail: podvyaze@bk.ru

Резюме. Приведены результаты проведенных исследований последствий известкования на показатели плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы сорта Даная, в результате проведенного однократного за ротацию севооборота известкования и насыщения его зернобобовыми культурами

Abstract: The results of the studies conducted after the use of lime on soil fertility and yield of winter wheat of the Danai, variety as a result of a single-out rotation of the crop rotation of lime and saturation of its legumes

Ключевые слова: плодородие почвы, гумус, мелиорация, урожайность

Уменьшение деградации почв и повышение их качества является основой экологической интенсификации агротехнологий. Поддержание продуктивности растений через оптимальные резервы питательных веществ в почве, способность ее сохранять влагу и благоприятную структуру для роста корней является теми свойствами, которые влияют на ее экологию.

Почвенное плодородие, являясь главнейшим природным богатством, зависит от сложной системы факторов, которые изучают многие ученые [1, 2, 3, 4, 5].

Цель исследований – оценить влияние химического мелиоранта при повторном внесении на плодородие почвы, продуктивность культур в севообороте в условиях Рязанской области.

Объектами исследований являлись темно-серая лесная почва, озимая пшеница Даная.

Методика исследований. Исследования выполняли в отделе сортовых

агротехнологий в семеноводстве на полях ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ на темно-серой лесной почве тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Полевые опыты проведены в шестипольном зернотравянопропашном севообороте в двухфакторном опыте: фактор А – удобрения (NPK)₀ и (NPK)₉₀, фактор В – последствие извести. Повторность четырехкратная.

Результаты научных исследований

На озимой пшенице отмечена высокая эффективность последствия внесения извести и минеральных удобрений, что повлияло на изменение показателей рН_{сол} и Нг гидролитической кислотности в оптимальную сторону.

Таблица 1 – Влияние последствия внесения доломитовой муки на кислотность почвы в слое 0-30 см (рН_{сол} и Нг мг·экв/100 г почвы)

Система удобрений и известкования		Исх. 2017 г.	рН _{сол}		Исх. 2017 г.	Нг	
			2020 г.	± ед.		2020 г.	± ед.
Без удобрений	–	4,98	5,11	–	3,90	3,72	–
	СаСО ₃	5,36	5,58	+ 0,22	2,95	2,49	– 0,46
С удобрениями	–	4,71	4,73	–	5,05	5,18	–
	СаСО ₃	5,23	5,64	+ 0,41	3,25	2,64	– 0,61
НСП" изв		0,31	0,15			0,78	
НСП уд		0,20	0,13			0,42	

Величина рН_{сол} в пахотном слое почвы 0-30 см увеличилась при внесении 8,8 т/га извести на фоне применения минеральных удобрений на 0,41 единицу и составила 5,64 единицы.

Величина гидролитической кислотности (Нг, мг·экв/100 г. почвы) на фоне (NPK₉₀) и внесения того же количества СаСО₃ снизилась от исходного 3,25 до 2,64 мг·экв/100 г почвы или снижение на – 0,61 единиц, на варианте без удобрений – 0,46(таблица 1).

Применение мелиоранта оказало положительное влияние на содержание общего гумуса, который имел тенденцию к увеличению в варианте без удобрений на 0,035 % к исходному значению 2017 г., в варианте с минеральными удобрениями на 0,189 %. В варианте с минеральными удобрениями без СаСО₃ прибавка гумуса составила 0,043 % к исходному значению 2017 г.

Исследованиями установлено, что мелиорант способствовал изменению содержания доступных форм азота в почве. Содержание нитратного азота в варианте с внесением СаСО₃ по фону минеральных удобрений и без них, но с внесением СаСО₃ достоверно выше, в варианте с удобрениями – 11,3 мг/кг, чем без удобрений – 9,23 мг/кг.

Содержание обменного аммония в профиле почвы опыта изменялось в гораздо меньшей степени. Лишь в варианте с внесением (NPK₉₀) и доломитовой мукой уровень обменного аммония в слое 0-30 см достиг 2,25 мг/кг почвы. В варианте без удобрений и без СаСО₃ существенно снизился, достигнув уровня 1,28 мг/кг почвы.

Под влиянием известкования меняется содержание подвижных форм калия и фосфора. Среднее содержание подвижного фосфора на фоне без

удобрений по CaCO_3 составило – 16,4 мг/100 г почвы. В варианте по фону минеральных удобрений наблюдается наибольшее увеличение от CaCO_3 – 31,7 мг/100 г почвы, что составляет на 4,8 мг/100 г почвы больше, чем без извести. Увеличение подвижного фосфора (P_2O_5) по отношению к исходному состоянию, определенному в 2017 году (20,27 мг/100 г почвы) составило 11,43 мг/100 г почвы.

Известкование способствовало улучшению калийного режима. Так, в варианте с удобрениями показатель обменного калия составляет 15,20 мг/100 г почвы, что превышает на 2,2 мг/100 г почвы исходный показатель, определенный в 2017 г (13,0 мг/100 г почвы). В варианте без применения удобрений в накоплении K_2O различий не установлено (мг·экв/100 г почвы).

Положительное влияние отмечено так же на увеличение содержания в почве кальция и магния, содержание которых достоверно выше: кальция при применении минеральных удобрений на 0,27 мг·экв/100 г почвы, магния на 1,21 мг·экв/100 г почвы.

Внесение доломитовой муки увеличивало содержание суммы поглощенных оснований в варианте без удобрений с внесением доломитовой муки из расчета 6,9 т/га составил – 26,7 мг·экв/100 г почвы и на варианте 8,8 т/га CaCO_3 с минеральными удобрениями – 27 мг·экв/100 г почвы CaCO_3 почвы против исходного состояния соответственно 20,0 – 18,5 мг·экв/100 г почвы.

Применение мелиоранта повышает содержание водопрочных агрегатов в слое почвы 0-30 см в варианте без удобрений с 42,1 % до 44,2 %, в варианте с удобрением до 46,92 %.

Действие доломитовой муки способствует улучшению физических свойств почвы. Твердость почвы при определении в фазу молочной спелости несколько меньше с внесением извести, как по фону с $(\text{NPK})_{90}$ – 223,6-251,1 Н/см², чем без внесения CaCO_3 – 302,0-276,5 Н/см².

Наблюдения за динамикой объемной массы почвы показали, что плотность сложения почвы с внесением CaCO_3 меньше и составляет – 1,333 г/см³ в варианте без удобрений и 1,328 г/см³ в варианте с внесением удобрений, чем без мелиоранта – 1,346 г/см³ в варианте без $(\text{NPK})_{90}$, 1,343 – в варианте с $(\text{NPK})_{90}$.

Биологическая активность почвы, определяемая методом «аппликации» по разложению в ней льняной ткани в год исследований варьировала от 13,1 % в варианте без удобрений и без извести, до 31,0 % на интенсивном фоне с CaCO_3 .

Наиболее интенсивно эмиссия CO_2 происходила на варианте систематического применения минеральных удобрений и доломитовой муки – 446,7 мг CO_2 /м²·ч. Показатель эмиссии в варианте без удобрений и CaCO_3 составил – 346,6 мг CO_2 /м²·ч.

Внесение доломитовой муки способствовало увеличению урожайности озимой пшеницы на 10 % в варианте без удобрений и 20 % в варианте с удобрениями (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние повторного внесения доломитовой муки и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы сорта Даная, т/га

Система удобрений и известкования		Урожайность, т/га	± к контролю	
			т/га	%
Без удобрений	–	5,75	–	–
	CaCO ₃	6,15	0,4	10
С удобрениями	–	6,49	–	–
	CaCO ₃	7,89	1,4	20
НСР' _{уд}		0,16		
НСР'' _{изв}		0,14		

Под влиянием повторного известкования улучшается качество озимой пшеницы, наблюдается тенденция к увеличению содержания в зерне азота, фосфора, калия. С применением CaCO₃ изменяется содержание азота в зерне с 2,16 до 2,22 %, калия – с 0,56 до 0,63 %, фосфора: с 0,43 до 0,47 %.

По результатам исследований 2020 года последствие применения известкования в 2017 году способствовало изменению показателей плодородия почвы и урожайности озимой пшеницы в севообороте различной интенсификации с насыщением зернобобовыми культурами.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. – 2018. – №3. – С.3-8.
2. Сычев В.Г., Шафран С.А. О балансе питательных веществ в земледелии России // Плодородие. – 2017. – № 1. – С.1.
3. Иванов А.Л. Инновационные приоритеты в развитии земледелия в России // Плодородие. – 2011. – № 4(61). – С.2.
4. Попов П.Д. Научно-техническое обеспечение воспроизводства почвенного плодородия // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2020. – № 3. – С. 14.
5. Милащенко Н.З., Трушкин С.В. К проблеме освоения инновационных технологий // Плодородие. – 2011. – №3. – С. 50-52.

УДК 631.459.2

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ РАМОНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Атанова Е.А.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: atanova_1997@bk.ru

Резюме. Представлены результаты исследования ферментативной активности чернозема выщелоченного в разных условиях залегания по рельефу: водораздел – склон (нижняя, средняя и верхняя части) Рамонского района Воронежской области. Была изучена активность ферментов каталазы, уреазы, фосфатазы, полифенолоксидазы и пероксидазы под влиянием степени смывости.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, ферментативная активность, ферменты, эрозия, свойства, почва, почвообразующие породы, рельеф, каталаза, фосфатаза.

Summary. The article presents the results of a study of the enzymatic activity of leached chernozem in different conditions of occurrence along the relief: watershed - slope (lower, middle and upper

parts) of the Ramonsky district of the Voronezh region. The activity of the enzyme's catalase, urease, phosphatase, polyphenol oxidase and peroxidase was studied under the influence of the degree of washout.

Key words: leached chernozem, enzymatic activity, enzymes, washout, properties, soil, parent rocks, relief, catalase, urease, phosphatase.

Эрозия почв является одним из важнейших факторов уничтожения почвенного покрова и наиболее распространенной из всех видов почвенной деградации.

С целью изучения влияния степени смывости на ферментативную активность были исследованы черноземы выщелоченные, расположенные на территории землепользования ФГУП им. А.Л. Мазлумова в Рамонском районе Воронежской области на водораздельном участке и на разных элементах слабопологого склона юго-западной экспозиции. На указанной территории была заложена почвенная катена представленная четырьмя полнопрофильными разрезами, вскрывающими почвообразующую породу, три из которых расположены на разных частях склона (верхняя, средняя и нижней части). Один разрез был заложен на водоразделе и представлен не смытым черноземом выщелоченным. В заложенных разрезах были отобраны 24 почвенный образца десятисантиметровыми слоями через каждые десять сантиметров до почвообразующей породы. Основные химические и физико-химические свойства определялись по общепринятым методикам [5].

Почвы, расположенные в различных частях склона, подвержены действию эрозии. Чернозем выщелоченный, залегающий в нижней части склона в меньшей степени отличается от водораздела, так как в нем отмечается небольшой намыв продуктов почвообразования. В слое 0-10 см почва содержит 4,84% гумуса. Вниз с глубиной содержание гумуса постепенно уменьшается до 0,57%, то есть в нижней части склона практически такое же, как и на водораздельном участке. При поверхностном смыве наблюдалась зависимость по уменьшению мощности гумусового профиля. В средней части склона в результате эрозии почва смыта на 40 см, а в верхней части - на 32 см. Таким образом, гумусовый профиль почв верхней и средней частей склона подвержен существенной эрозионной деградации.

Для исследуемых почв характерно изменение реакции среды в зависимости от положения на склоне. В почве средней части склона, в результате плоскостного смыва верхней части профиля происходит подтягивание карбонатных новообразований к поверхности, следствием этого являются более низкие значения гидролитической кислотности.

Почва водораздельного участка характеризуется высокой степенью насыщенности основаниями (90%). В составе почвенно-поглощающего комплекса преобладает обменный кальций (29,4 ммоль (экв)/100 г), на долю обменного магния приходится 5,3 ммоль (экв)/100 г. В слабо и среднесмытых разновидностях количество обменного кальция и магния составляет соответственно 22,3-23,7 и 4,6-4,8 ммоль (экв)/100 г. Ввиду подтягивания к дневной поверхности карбонатных новообразований в эродированных черноземах возрастает

степень насыщенности обменными основаниями (до 96%). В целом содержание обменных катионов в рассматриваемых почвах прямо зависит от профильного распределения гумуса, в связи с чем, в эродированных черноземах этот показатель меньше по сравнению с не смытыми аналогами. В нижней части склона чернозем выщелоченный имеет примерно такие же показатели состояния почвенно-поглощающего комплекса, как и у почвы водораздельного участка.

Ферментативная активность хорошо коррелирует с основными почвенными характеристиками: содержанием гумуса, обменной кислотностью, емкостью поглощения и др. Поэтому было выбрано несколько ферментов, которые активизируют процессы трансформации и накопления биогенных элементов в почвах [4].

Активность каталазы в верхнем слое изучаемых черноземов выщелоченных составляет 3,5 мл O_2 1 мин/1 г почвы. Вниз по почвенному профилю содержание резко снижается и уже в слое 80-90 см равняется нулю. В слабосмытых разновидностях черноземов содержание каталазы в слое 0-10 см, составляет 2,2 мл O_2 1 мин/1 г почвы. В нижней части почвенного профиля начиная с 80-90 см активность каталазы так же отсутствует, как и на водоразделе. Наиболее сильные различия в содержании фермента по сравнению с почвой водораздела отмечены в черноземе выщелоченном среднесмытом, где рассматриваемый показатель намного меньше не смытой разновидности и составляет 2 мл O_2 1 мин/1 г почвы. На глубине 100-110 см содержание каталазы составляет 0,2 мл O_2 1 мин/1 г почвы.

Чернозем выщелоченный, залегающий в нижней части склона в меньшей степени отличается от водораздельного аналога, так как в нем отмечается небольшой намыв продуктов почвообразования, приносимых поверхностным стоком с вышележащих участков исследуемого склона.

Из этого следует, что фермент каталаза накапливается преимущественно в верхних горизонтах за счет наличия корневой системы и обилия микроорганизмов. На водоразделе и в нижней части склона она более благоприятна, чем в верхней и нижней частях склона, что свидетельствует о лучших биологических свойствах. Чем выше активность каталазы, тем более благоприятные условия складываются для образования гумуса, и наоборот, чем больше содержание гумуса, тем большее количество молекул фермента способно собираться на поверхности [1].

На водораздельном участке фосфатазная активность в верхнем горизонте, составляет 0,36 мг P_2O_5 1 г/1 час. Вниз по почвенному профилю содержание постепенно снижается и в слое 100-110 см составляет 0,18 мг P_2O_5 1 г/1 час. В слабосмытом черноземе, выщелоченная активность фосфатазы в слое 0-10 см составляет 0,32 мг P_2O_5 1 г/1 час. В нижней части почвенного профиля – 0,12 мг P_2O_5 1 г/1 час. Наиболее сильные различия в содержании фермента по сравнению с почвой водораздела отмечены в черноземе выщелоченном среднесмытом (средняя часть склона), где рассматриваемый показатель намного меньше не смытой разновидности и составляет 0,24 мг P_2O_5 1 г/1 час, с глубинной

активность фермента снижается до 0,13 мг P_2O_5 1 г/1 час. Активность фосфатазы в почве, залегающий в нижней части склона повторяет динамику на водоразделе, однако показатели ее несколько ниже, в среднем на 28%.

Уреазная активность является наиболее устойчивым показателем, который практически не подвержен влиянию эрозийных процессов. Стоит отметить, что в верхнем десяти сантиметровом слое чернозема, выщелоченного на водоразделе уреазная активность, является максимальной и составляет 0,14 мг NH_3 в 1 г почвы за 24 часа. По склону же на всех его частях наблюдалось равномерное снижение вниз по профилю.

В черноземе выщелоченном водораздельного участка соотношение полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПО) в слое 0-10 см, составляет 1,01 мг/ч. Вниз по профилю, на глубине 20-30 см оно снижается до 0,30 мг/ч и остается практически неизменным до 110 см. В верхней, средней и нижней частях склона чернозема выщелоченного, коэффициент гумификации в слое 0-10 см, колеблется от 0,31 до 0,38 мг. В нижней части почвенного профиля в слое 100-110 см варьирует от 0,09 до 0,18. Здесь видны наиболее сильные различия в соотношении ферментов по сравнению с почвой водораздела.

Таким образом, коэффициент гумификации, рассчитанный по соотношению активности ферментов ПФО и ПО показывает, что накопление гумусовых веществ идет только на водораздельном участке, не подверженном эрозии, в то время как во всех почвах по склону он значительно ниже единицы, а значит здесь преобладали процессы дегумификации.

Таким образом, развитие эрозийных процессов оказывает существенное влияние на ферментативную активность черноземов выщелоченных. Каталаза накапливается преимущественно в верхних горизонтах за счет наличия корневой системы и обилия микроорганизмов. Фосфатаза больше всего активна на водораздельном участке. Так же можно отметить, что фосфатазная активность почвы в большей степени зависит от содержания гумуса. Показатель активности ферментов ПФО, свидетельствующей о процессах гумификации и пероксидазы ПО, являющейся показателем интенсивности процессов минерализации гумуса является особенно важным и показывает, что накопление гумусовых веществ идет только на водораздельном участке. В целом различные экологические условия, складывающиеся на различных элементах ландшафта, определяют условия развития биологических ферментативных процессов, участвующих в формировании плодородия почвы.

Библиографический список

1. Крамарева Т.Н. Ферментативная активность почв при различных антропогенных воздействиях / Т.Н. Крамарева. – Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Воронеж: ВГУ, 2003. – 24 с.
2. Орлов Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М.: МГУ, 1985. – 375 с.;
3. Соколова Т.А. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе / Т. А. Соколова, И. И. Толпешта. – Тула: Гриф и К, 2012. – 124 с.;
4. Щеглов Д.И. Биохимия почв / Д.И. Щеглов, Н.В. Безлер, И.В. Черепухина. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2018. – С. 6-13;
5. Щеглов Д.И. Основы химического анализа почв / А.И. Громовик, Н.С. Горбунова. –

УДК 631.11 «324»

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

Афонченко Н.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ»

E-mail: afninas@mail.ru

Резюме. В статье приводятся исследования по изучению структуры урожая озимой пшеницы в склоновом агроландшафте. Исследованиями было установлено, что показатели структуры урожая озимой пшеницы изменяются в зависимости от экспозиции склона, уклона в градусах, запасов продуктивной влаги, прогреваемости склона.

Ключевые слова: урожай, озимая пшеница, склон, агроландшафт.

Summary. The article presents research on the structure of the winter wheat crop. Studies have found that the indicators of the structure of the winter wheat crop vary depending on the exposure of the slope, the slope in degrees, the reserves of productive moisture, the warming up of the slope.

Key words: crop, winter wheat, slope, agricultural landscape.

Проблемы повышения производства качественной продукции и сохранения почвенного плодородия были и остаются актуальными. Продуктивность культур формируется под воздействием комплекса факторов: погодных условий, физико-химических, биологических, агротехнических и ряда других факторов [1]. Поскольку сельскохозяйственные отрасли, потребляя природные ресурсы, существенно влияют на окружающую среду, то экологический эффект следует оценивать с позиций сохранения и повышения продуктивности агроландшафтов [2]. Почвы занимают важнейшее место в структурно-функциональной организации систем земледелия и представляют наиболее сложные биологические системы, поэтому выявление закономерностей формирования и изменения совокупности параметров, определяющих их агрономические качества, являются основой разработки долговременных и эффективных приемов за состоянием почвенных ресурсов. Урожайность, физические свойства почвы, а также ее обеспеченность питательными элементами могут значительно варьировать даже в пределах одного угодья [3, 4]. Особенно такое варьирование наблюдается в верхних частях почвенного горизонта. Неоднородность почвенного покрова создает значительные проблемы в процессе ведения сельскохозяйственного производства, недооценка которых приводит к снижению плодородия и, как следствие, недобору урожая возделываемых культур. Сохранение плодородия почв является стратегической задачей для оптимизации и устойчивого функционирования агроландшафтов в решении их продуктивности, устойчивости, биоразнообразия и предотвращения деградации почвы. Физическое состояние почв оказывает непосредственное воздействие на продуктивность культур [5]. Природные факторы, такие как характер рельефа и местоположение оказывает большое влияние на растения и растительные сообщества в целом. В зависимости от рельефа изменяется количество поступающего

тепла, влаги, света, которые в свою очередь оказывают непосредственное влияние на рост и развитие растений. Разница температур на поверхности почв на различных экспозициях может достигать 90°C (27-360°C) с выраженной тенденцией к понижению при движении вниз по профилю [6]. От экспозиции склона зависит уровень солнечной радиации, скорость ветра. Приход солнечной радиации на склонах северной и южной экспозиций сильно отличаются в результате разного угла падения солнечных лучей, и это способствует различию всего комплекса микроклимата [7, 8].

Методы исследования. Исследования проводились на экспериментальном полигоне по агроэкологической оценке почв на производственном участке с куполообразной формой рельефа (86 га, п. Панино, Медвенский район Курской области). Полигон расположен на Среднерусской возвышенности на высоте 190-217 м над уровнем моря (рисунок 1). Разница высотных отметок достигает 29,5 м. Рельеф полигона типично эрозионный, с выраженной волнистостью, особенно в нижних частях склонов. Средний уклон составляет 2,230. Почвы – чернозем типичный и выщелоченный различной степени смытости и намытости на лёссовидных суглинках. Характер комплексности почвенного покрова меняется от вершины вниз по склону. Учет урожая озимой пшеницы (сорт Синтетик) выполняли методом отбора снопов в 4-х кратной повторности (50х50см), урожайность рассчитывали путем пересчета (на 14% влажность зерна) на 1 гектар. Структурный анализ урожая озимой пшеницы проводили по методике Государственного сортоиспытания. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом при температуре 1050 С.

Результаты исследований. В таблице 1 представлена структура урожая в зависимости от рельефа изучаемого участка. Наибольшая высота растений озимой пшеницы на изучаемом участке составляла 61,0 см (юго-западная экспозиция), а наименьшая 44,0 см (юго-западная экспозиция). Средняя высота растений озимой пшеницы на участке составила 52,7 см, Варьирование составило 27,9 %. На склоне северо-западной экспозиции высота растений озимой пшеницы в среднем была выше, чем на других экспозициях и составляла 57,4 см. Наименьшей она была на склоне восточной экспозиции и составляла 47,8 см, Длина колоса растений составляла 6,0-6,8см. Количество зерен в колосе насчитывалось от 26 до 32 штук. Масса снопа, масса соломы и масса зерна наибольшими были на склоне северной экспозиции. Эти показатели на склоне северной экспозиции увеличивались сверху вниз по профилю и в самой нижней точке (уклон 40) составляли 1012 г, 484г и 528 г. На склоне южной экспозиции эти показатели уменьшались с увеличением уклона и при уклоне 3,670 были наименьшими (803, 391,0 и 412,0 г). Одной из причин изменения структуры урожая на северной и южной экспозиции оказалась – разная крутизна, прогреваемость склонов [7]. На склонах других экспозиций эти показатели изменялись независимо по-разному. Масса 1000 зерен колебалась от 34,1 до 39,4 г, среднее значение – 36,9 г. На северной экспозиции масса 1000 зерен увеличивалась вниз по склону и наибольшей отмечалась в нижней части – 38,4 г при уклоне равном 40. На склоне южной экспозиции масса 1000 зерен уменьшалась

сверху вниз по склону (38,8-34,1г). В среднем наибольшая масса 1000 зерен отмечалась на склоне восточной экспозиции и составляла 38,5 г, а наименьшей она была на склоне юго-западной экспозиции. Натура зерна колебалась от 738

Таблица 1 – Влияние рельефа на структуру урожая озимой пшеницы

№ точки	Экспозиция	Угол уклона в 0	Высота растений, см	Длина колоса, см	К-во зерен в колосе	Масса снопа, г	Масса соломы, г	Масса зерна, г
O 15	плакор	0.045	52,4	6,6	29	718	359	359
Q 17	плакор	0.31	47,0	6,1	27	803	357	446
S 19	плакор	0.44	50,5	6,3	28	895	402	493
S 15	плакор	0.68	50,4	7,1	31	940	432	507
Q 13	плакор	0.83	60,5	6,6	30	977	459	518,
	средняя	0,46	52,2	6,5	29	867	402	465
O11	северная	1,76	55,1	6,6	31	911	422	489
G 11	северная	3,79	57,1	6,2	32	1041	506	535
W 7	северная	4,0	55,4	5,6	23	1084	523	561
	средняя	3,2	55,9	6,1	29	1012	484	528
S 19	южная	0,44	50,5	6,3	28	895	402	493
M 17	южная	1,71	55,6	6,2	29	870	442	427
K 19	южная	3,67	47,8	5,6	22	645	330	314
	средняя	1,94	51,2	6,0	26	803	391	412
W 15	восточная	1,88	48,5	6,5	30	799	404	395
W 19	восточная	2,13	44,2	6,3	29	800	347	453
K 15	западная	0,98	55,6	6,2	30	860	425	435
O 7	западная	1,73	55,7	6,3	24	830,	420	404
G 15	западная	2,83	55,3	7,2	32	980	462	517
E 13	западная	2,86	59,5	6,7	25	726	376	350
S 11	С-В	1,95	51,2	6,7	31	1055	512	543
S 7	С-В	2,51	56,7	7,3	38	843	389	454
W 11	С-В	2,54	49,8	6,6	30	820	391	429
U 9	С-В	2,85	52,3	6,3	27	817	397	450
Z 15	С-В	3,06	51,4	6,6	34	903	394	509
M 13	С-З	1,39	54,8	6,6	30	712	259	453
O 3	С-З	2,24	57,9	6,3	24	1006	564	503
K 7	С-З	4,15	58,3	7,3	36	1061	519	542
K 11	С-З	4,51	58,5	6,5	27	951	477	474
U 21	Ю-В	1,14	47,8	6,8	31	841	373	468
Q 17	Ю-З	0,31	47,0	6,1	27	803	357	446
I 9	Ю-З	1,26	61,0	6,9	28	1044	543	502
S 23	Ю-З	1,57	44,0	5,6	24	792	396	397
O 19	Ю-З	2,62	45,3	6,4	32	714	312	402
G 19	Ю -З	2,66	54,9	4,7	19	915	449	465
C 15	Ю-З	2,79	48,7	4,4	17	814	414	400
O 21	Ю-З	4,46	55,7	8,0	36	946	458	488
Примечание: С-В – северо-восточная, С-З – северо-западная, Ю-В – юго-восточная, Ю-З – юго-западная экспозиции)								

до 797 г при среднем значении 771 г. Величина урожая озимой пшеницы составляла 34,9-62,3 ц в пересчете на гектар при среднем значении 50,8 ц в пересчете на гектар.

Наибольшая величина урожая озимой пшеницы отмечалась на склоне северной экспозиции и в среднем составляла 58,7 ц в пересчете на гектар. На северной экспозиции урожайность возрастала вниз по склону и составляла 62,3 ц в пересчете на гектар. На склоне южной экспозиции в среднем величина урожая была наименьшей (45,7 ц) и уменьшалась сверху вниз по склону. Так при уклоне 0,440 она составляла 54,8 ц в пересчете на гектар, при уклоне 1,710 она составляла 47,5 ц в пересчете на гектар, а при уклоне равном 3,670 урожай озимой пшеницы составлял 34,9 ц в пересчете на гектар.

Запасы продуктивной влаги в период уборки озимой пшеницы содержались в основном в 0-50 см слое почвы и наибольшими были на склоне северной экспозиции и составляли 79,4 мм. На склоне южной экспозиции запасы влаги были наименьшими и составляли 39,8 мм и оценивались как очень плохие. Далее от 50 см и до 0-100 см слоя почвы доступной влаги в период уборки озимой пшеницы не наблюдалось. Коэффициент вариации показателей запасов продуктивной влаги составлял 15,09, оценивающийся как средний.

Вывод: показатели структуры урожая озимой пшеницы на участке куполообразной формы на склонах северной экспозиции увеличивались сверху вниз по профилю, а на южной экспозиций – наоборот, уменьшались сверху вниз по профилю. На других экспозициях показатели структуры урожая озимой пшеницы изменялись по-разному.

Библиографический список

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – С.53-78.
2. Гостев, А.В. Влияние предшественников озимой пшеницы на накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы / А.В. Гостев // Актуальные проблемы почвоведения, земледелия, экологии Сб. докладов научн.-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева», г. Курск 24-25 апреля 2019, Курск. – 2019 – С.99-103
3. Мамонтов, В.Г. Изменение структурного состояния чернозема типичного Курской области под влиянием бессменных пара и озимой пшеницы / В.Г. Мамонтов, Р.Ф. Байбеков, В.И. Лазарев, С.А. Юдин, С.А. Цветков, Е.Б. Таллер // Земледелие. – 2019. – № 1. – С. 7-10.
4. Масютенко, Н.П./ Содержание микроэлементов в черноземе типичном в зависимости от степени его эродированности // Н.П. Масютенко, А.И. Санжаров, Г.П. Глазунов, А.В. Кузнецов, Н.В. Афонченко. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 С 40-44.
5. Чуян, О.Г. База данных для регулирования физико-химических свойств кислотных почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (для Центрального Черноземья) / О.Г. Чуян, – Курск ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012.–78 с.– ISBN 978-5-905622-18-2.2.
6. Русанов А.М. Влияние процессов эрозии на свойства почв и почвенный покров склонов подзоны южных черноземов Оренбуржья. Автореф. дисс. к.с.-х.н. – М.: Наука, 1987. – 18 с.
7. Захарова А.Ф. Радиационный режим северных и южных склонов в зависимости от географической широты. // Уч. Зап. ЛГУ, 1959. – 269с.
8. Ларионов А.Г. Влияние крутизны склонов на впитывание воды в почву. // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во АН СССР, 1972. – С. 142.

УДК 631.8:631.582:631.445.4

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБИЛЬНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И УДОБРЕНИЙ

Балабанова Н.Ф.¹, Воронкова Н.А.^{1,2}

¹ФГБНУ «Омский АНЦ», Омск

E-mail: natascha.balabanowa@mail.ru

²Омский государственный политехнический университет, Омск

E-mail: voronkova.67@bk.ru

Резюме. В длительном стационарном опыте на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири установлено, что при систематическом применении минеральных удобрений и соломы, а также включении в севооборот многолетних бобовых трав (50% люцерны) стабилизируется содержание гумуса и повышается резерв лабильного органического вещества в почве. Установлена зависимость величины урожайности яровой пшеницы от содержания лабильного органического вещества в почве.

Summary. In long-term stationary experiment on the meadow black soils of the southern forest-steppe of Western Siberia is established that the systematic using of mineral fertilizers and straw, as well as including in the rotation of perennial leguminous grasses (50% alfalfa) stabilized humus content and increased reserve labile organic matter in the soil. The dependence of the spring wheat yield from the content of labile organic matter in the soil was detected.

Ключевые слова: минеральные удобрения, солома, гумус, лабильное органическое вещество, лугово-черноземная почва, урожайность.

В изучении гумусного режима почв в настоящее время используются различные методы, особый интерес представляют подходы, позволяющие в пределах одного типа почвы выявить наиболее агрономически ценные составляющие гумуса. По мнению ряда авторов [1-4] наиболее целесообразный подход к выявлению этого критерия гумуса является разделение органических соединений почвы на две группы: консервативных и лабильных соединений.

Лабильное (легкоразлагаемое) органическое вещество (ЛОВ) представляет собой часть органического вещества почвы, сравнительно легко подвергающуюся разложению почвенными микроорганизмами. К ЛОВ обычно относят свежие и полуразложившиеся растительные и животные остатки (морт-масса), свободные и непрочно связанные с минеральной частью почвы соединения гумуса (подвижный гумус). Ценность растительной массы, как и любых других органических удобрений, заключается в улучшении минерального питания растений, а также водно-физических, физико-химических, биологических и технологических свойств почвы [4, 5].

Исследования с целью установить влияние предшественников (чистый пар и люцерна), длительного применения минеральных удобрений и соломы на содержание ЛОВ в почве проводились в стационарных опытах, заложенных в 1986, 1987 годах на основе шестипольного зернотравяного и пятипольного зернопарового севооборотов в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Чередование культур в зернопаровом севообороте: пар чистый, пшеница, соя, пшеница, ячмень. В зернотравяном севообороте: многолетние травы (люцерна) 3-х лет использования, пшеница, пшеница, овес. Севообороты развернуты во

времени и в пространстве. Исследования в зернопаровом севообороте проводили в двух вариантах (без удобрений и внесения соломы). Повторность четырёхкратная.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 6,68-6,75 % (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) 101-120 мг/кг и 250-320 мг/кг почвы соответственно, рН₁ почвенного раствора – 6,7.

Высевали районированный сорт яровой пшеницы в оптимальные сроки. Агротехника в опыте общепринятая для зоны.

Почвенные образцы отбирали весной из слоя почвы 0-25см в восьмикратной повторности из двух не смежных повторений опыта. Образцы анализировали на содержание общего углерода (по Тюрину в модификации Никитина), подвижного углерода (по Пономаревой и Плотниковой) и углерода мортмассы.

Исследованиями установлено, что содержание общего углерода в почве варьировало в пределах 3,90-4,08% и в большей степени зависело от применения удобрений, чем от предшественника (таблица). Наибольшее количество общего углерода (4,08%) было зафиксировано на фоне комплексного внесения минеральных удобрений и соломы (N₁₅P₂₃, N₁₅P₂₃+солома). Содержание углерода мортмассы по предшественнику пласт многолетних трав (люцерна) было на 35-32 % выше, чем в аналогичных вариантах в зернопаровом севообороте. Использование соломы увеличивает содержание углерода в мортмассе в среднем на 162 мг/кг или 24%. Максимальное его количество –1262 мг/кг получено при сочетании внесения азотно-фосфорных удобрений с соломой.

Таблица- Содержание различных фракций органического вещества в почве, (2009-2018 гг.)

Вариант	C _{общ.} , %	C _{щел.} , МГ/КГ	C _{щел} в % от C _{общ.}	C _{морт.} , МГ/КГ	C _{морт.} в % от C _{общ.}
Предшественник – люцерна 3-го года жизни					
Контроль	3,90	5196	13,3	679	1,74
Солома	3,91	5130	13,1	841	2,15
N ₁₀ P ₁₇	4,00	5721	14,3	960	2,40
N ₁₀ P ₁₇ +солома	4,00	6093	15,2	1152	2,88
N ₁₅ P ₂₃	4,08	5843	14,3	1095	2,68
N ₁₅ P ₂₃ +солома	4,08	6163	15,1	1262	3,09
НСР ₀₅	0,10	771	—	446	—
Предшественник – чистый пар					
0	3,85	4723	12,3	502	1,32
Солома	3,90	4953	12,7	636	1,66
НСР ₀₅	0,13	59,5	—	11,7	—

Наибольшее содержание углерода подвижного гумуса (C_{щел.}) в почве было зафиксировано на минеральном фоне в сочетании с соломой – 6163 мг/кг, что на 19% выше, чем на фоне без удобрений. Внесение соломы не оказывает

существенного влияния на количество свободных гумусовых кислот в почве. Увеличение фракции подвижного углерода в почве, по мнению М.М. Кононовой означает увеличение поступления «доступного гумуса», способствующее дополнительному поступлению питательных веществ и созданию оптимальных условий для увеличения продуктивности яровой пшеницы.

Зависимость урожайности пшеницы от содержания фракций органического вещества в слое почвы 0-25 см оценивалась на уровне высокой и описывалась уравнением прямолинейной регрессии (рисунок).

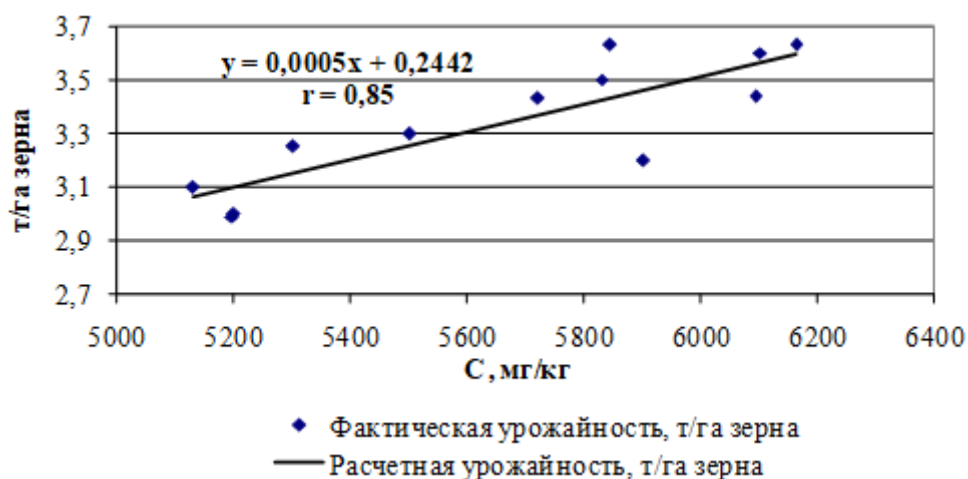


Рисунок – Зависимость урожайности зерна яровой пшеницы (Y, т/га зерна) от содержания подвижного гумуса в почве (X, мг/кг) (2009-2018 гг.)

В результате исследований установлено, что в составе общего углерода чернозема выщелоченного доля подвижного гумуса (на контроле) составила 13,3% , углерода мортмассы 1,74%. С увеличением дозы минеральных удобрений отмечается положительный тренд количества свободных гумусовых кислот в составе общего углерода почве. Наиболее значимое действие соломы отразилось на показателе содержания углерода мортмассы, особенно в сочетании с минеральными удобрениями.

Таким образом, применение минеральных и органических удобрений на выщелоченном черноземе способствует накоплению лабильного органического вещества, что в конечном итоге обеспечивает сохранение гумусового статуса почвы и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Мамонтов М.Г., Афанасьев Р.А., Радионова Л.П., Быканова О.М. К вопросу о лабильном органическом веществе почв // Плодородие. 2008. № 2. – С. 20-22.
2. Ганжара Н.Ф., Байбеков Р.Ф., Борисов Б.А., Надежкин С.М. Оптимизация содержания лабильного органического вещества в почвах лесостепи Поволжья // Плодородие. 2010. №5. – С. 15-16.
3. Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А. Влияние длительного применения в зернотравяном севообороте на содержание лабильного органического вещества в лугово-черноземной почве // Агрохимия. 2015. №1. – С. 16-22.
4. Шарков И.Н. Плодородие в свете современных представлений об органическом веществе почвы // Агрохимические свойства почв и приёмы их регулирования: сб. науч. тр. Новосибирск, 2009. – С. 60-72.

5. Voronkova, N. A. The state of soil fertility during long-term use of fertilizers in agrocenosis / N. A. Voronkova, N. F. Balabanova, E. Yu. Tyumentseva// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 315 (5), no. 052064

УДК 551.4:634.958

РАЗВИТИЕ ОСНОВ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ МЕЛИОРАЦИИ А.С. КОЗМЕНКО В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Барабанов А.Т.¹, Панов В.И.²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»,
г. Волгоград,

E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

² Поволжская агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФНЦ
агроэкологии РАН, г. Самара,
E-mail: aglos163@mail.ru

Резюме. Основой системы адаптивно-ландшафтного земледелия является создание агролесомелиоративного экологического каркаса на основе противоэрозионной организации территории, классификации ее с учетом агроэкологических условий, определение характера использования земель, создания защитных лесных насаждений, определения структуры посевов, севооборотов и др.

Ключевые слова: эрозия почв, деградация земель, почвозащитная организация территории, система противоэрозионных мероприятий, агролесомелиоративный экологический каркас.

Summary. The basis of the adaptive landscape farming system is the creation of an agroforestry ecological framework based on the anti-erosion organization of the territory, its classification taking into account agroecological conditions, determining the nature of land use, creating protective forest stands, determining the structure of crops, crop rotations, etc.

Key words: soil erosion, land degradation, soil protection organization of the territory, system of anti-erosion measures, agroforestry ecological framework

За многомиллионный период развития Земли и её ландшафтной сферы в результате разнообразных и сложных процессов эволюционной самоорганизации произошло формирование материков и океанов, на суше шли грандиозные процессы рельефообразования. На рыхлом эрозионном рельефе образовались устойчивые и биопродуктивные природно-зональные биогеоценозы и катенно-бассейновые биоэколандшафты. Они надёжно защищали этот рельеф от ускоренного разрушения эрозией. Сельскохозяйственная деятельность способствовала развитию современной эрозии почв. Она существенно изменила их состояние, нарушила противоэрозионную защиту почвы, изменила водный баланс, привела к снижению их плодородия, к большим потерям влаги в результате сноса-переноса и сублимации снега, поверхностного стока, физического испарения, что в свою очередь, обусловило снижение биопродуктивности, урожая сельхозкультур и нестабильности земледелия [1, 2, 9].

Эрозия почв происходит под воздействием неурегулированного стока воды в результате нерациональной антропогенной деятельности. Эта проблема сложная и до конца нерешённая. Решение ее связано с недостаточной разработанностью теории эрозиоведения, как методологии экологического эрозионно-

безопасного аграрного природопользования.

Деградация и опустынивание сельскохозяйственных земель в России обусловлены в основном нерациональной деятельностью человека. Приоритетной целью современной системы земледелия является получить больше сельскохозяйственной продукции, а защита почв от деградации и опустынивания отодвигается на второй план. Сотни лет считалось, что вначале нужно взять от земли все, что возможно, а уж потом заботиться о ней. Интенсификация земледелия за счет насыщения его ресурсами (техникой, удобрениями и др.), повышает продуктивность сельхозкультур ценой потерь плодородия почв вследствие эрозии, дефляции и дегумификации [2]. Применяемая сейчас система земледелия не имеет необходимой почвозащитной направленности.

Впервые В. В. Докучаев обратил внимание на необходимость комплексного подхода к ведению сельского хозяйства для борьбы засухой [3]. Эта его идея, по сути, является квинтэссенцией того, что в настоящее время называется системным подходом в исследовании конкретного объекта и идеологией выработки адаптированных к местным условиям систем ведения сельского хозяйства, по В.В.Докучаеву на широкое использование разных способов «упорядочения водного хозяйства в степях России» [3].

Для целей борьбы с эрозией почв, адаптивно-ландшафтный подход (в то время он назывался «комплексным»), впервые в начале XX в. предложил профессор А.С. Козменко – первый отечественный ученый, положивший начало систематическому исследованию эрозионно-гидрологического процесса и разработке системы мер по его регулированию [4]. Он создал направление в эрозионной науке и противоэрозионной мелиорации, получившее признание в нашей стране и за рубежом как школа Козменко, особенностью которой является выделение древней и современной эрозии, оригинальная теория рельефообразования, принцип регулирования стока и эрозии на всей территории водосбора от водораздела до тальвега, выделение особых эрозионных фондов.

Им также впервые разработаны основы противоэрозионной мелиорации и создана стройная, целостная система противоэрозионных мероприятий, включающая организационно-хозяйственные, лесомелиоративные, агротехнические, лугомелиоративные, гидротехнические и другие мероприятия. Она была осуществлена на Новосильской опытно-овражной станции (ныне Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции), и показала высокий почвозащитный эффект. Теперь это называется адаптивно-ландшафтная система земледелия, ведущую роль в которой играет противоэрозионное адаптивно-ландшафтное обустройство территории и создание агролесомелиоративного экологического каркаса [1, 2, 4].

Совокупность этих идей, принципов и противоэрозионных мероприятий в той или иной степени присутствует сейчас в любых исследованиях при разработке систем адаптивно-ландшафтного земледелия. Последователями этого направления являлись известные ученые: Г.А. Харитонов, И.Д. Брауде, Т.Ф. Антропов. Идеи А.С. Козменко поддерживались И.П. Герасимовым, Н.И. Маккаевым, С.И. Сильвестровым, Д.Л. Армандом, М.Н. Заславским, М.И.

Львовичем, А.Н. Каштановым, Е.С. Павловским, Г.И. Швебсом, Н.И. Бобровицкой, Н.П. Калиниченко и другими учеными.

В последующем это направление наиболее полно разрабатывалось во ВНИАЛМИ – Г.П. Сурмачем, Е.А. Гаршиневым, А.Т. Барабановым, В.И. Пановым, В.П. Борцом, А.И. Петелько, Н.Е. Новиковым и др. Эрозионники ВНИАЛМИ (ныне ФНЦ агроэкологии РАН), являются последователями и продолжателями идей школы А.С. Козменко. На рисунке приведена новая схема классификации древней суходольно-речной склоново-бассейновой самоорганизации равнинного рельефа и его современного антропогенного эрозионного преобразования [1, 10]. Она дополнялась новыми приемами и мероприятиями; уточнялись критерии и параметры их применения, характер использования

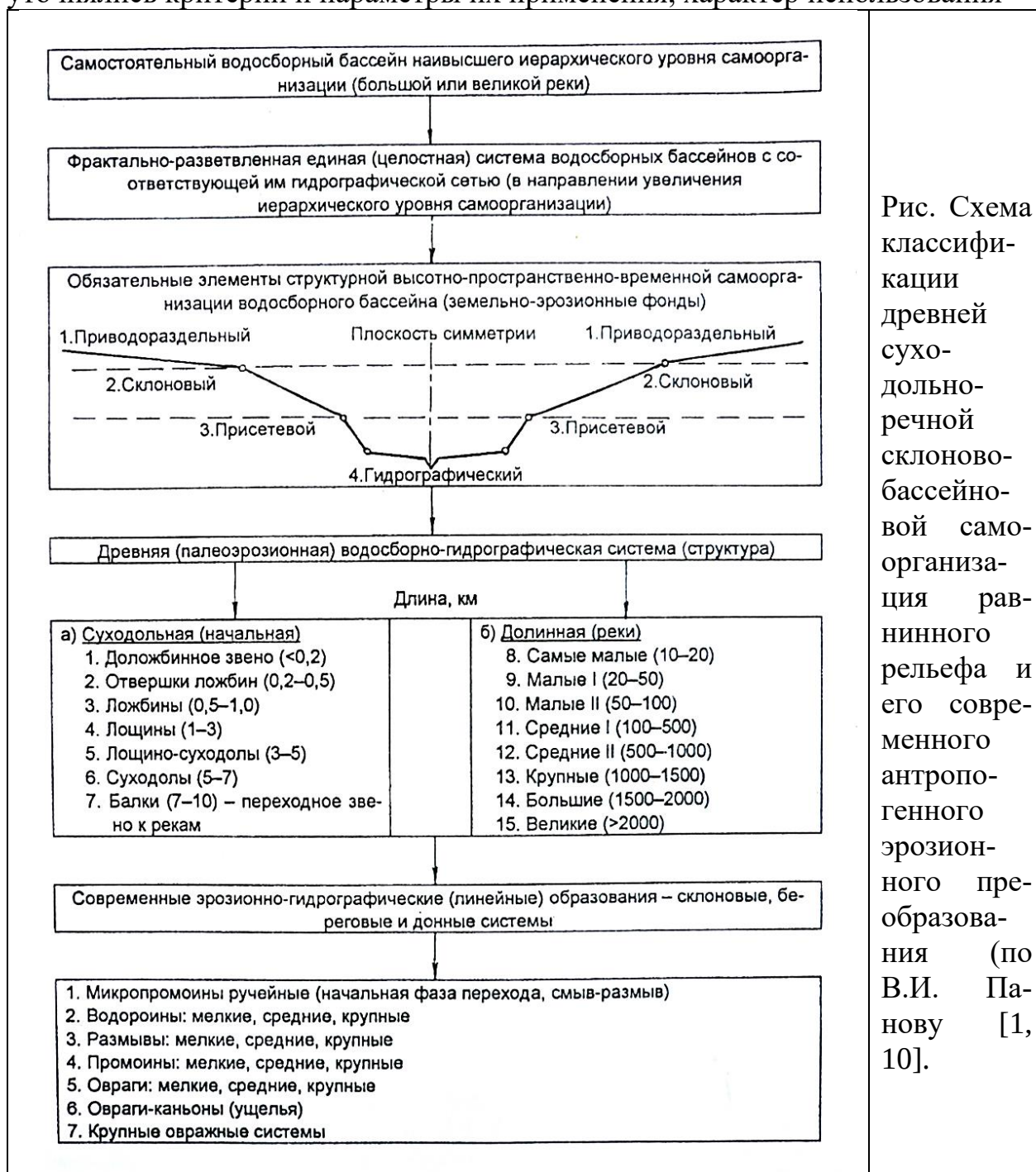


Рис. Схема классификации древней суходольно-речной склоново-бассейновой самоорганизации равнинного рельефа и его современного антропогенного эрозионного преобразования (по В.И. Панову [1, 10].

сельскохозяйственных земель; создавалась теоретическая база для автоматизированного проектирования системы управления эрозионно-гидрологическим процессом на расчетной основе. Разрабатывались и другие вопросы на основе противоэрозионной мелиорации, созданной А.С. Козменко. Они были отмечены Премией Правительства Российской Федерации [1].

Для решения проблемы защиты почв от деградации необходим адаптивно-ландшафтный подход к разработке систем земледелия [6]. Для этого нужно пересмотреть их идеологию. На первое место необходимо ставить природоохранный принцип природопользования. Адаптивно-ландшафтный принцип предполагает неистощительный характер использования земли, предотвращающий деградацию почв, растительности, животного мира и в целом среды обитания человека [6]. Основными элементами адаптивно-ландшафтной системы земледелия является почвозащитная организация землепользования и создание агролесомелиоративного экологического каркаса, которые предусматривают: классификацию земель по характеру их использования; выделение на водосборах севооборотных массивов; определение схем севооборотов, размещения полей; определение места стокорегулирующих лесополос на местности; назначение агротехнологий, гидротехнических и лугомелиоративных мероприятий. Для определения характера их использования учитываются закономерности эрозионно-гидрологических процессов, степень смытости почв, требовательность сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их почвозащитная роль и другие критерии [7]. Учитывая это, земли на приводораздельных склонах крутизной меньше $2-3^{\circ}$ необходимо использовать в зернопаропропашных севооборотах, а присетевые земли отводить под севообороты с многолетними травами, яровыми культурами сплошного посева, которые обладают высокой почвозащитной способностью и малотребовательны к условиям произрастания. Овражно-балочные земли отводятся под луг и лес, под пруды и водохранилища на местном стоке.

Одновременно с противоэрозионной организацией территории предусматривается создание агролесомелиоративного экологического каркаса из защитных лесных насаждений. Важнейшим вопросом при этом является способ их размещения на водосборах. В настоящее время он трактуется неоднозначно. Способы размещения противоэрозионных лесных полос на склонах, по мере развития защитного лесоразведения, изменялись и совершенствовались. Практически во всех инструктивных документах, всегда рекомендовалось ветроломные лесополосы размещать поперек господствующих вредоносных ветров на плоских водоразделах и склонах некоторой предельной крутизны – обычно от $3-4^{\circ}$ до 1° , а потом стали размещать стокорегулирующие лесополосы только с учетом рельефа.

Кроме того, необходимо иметь в виду, что важным аргументом при размещении стокорегулирующих лесополос с учетом рельефа территории, а не направления ветра, служит тот факт, что сток талых вод формируется на склонах любой крутизны [8-10]. Если глубина промерзания почвы более 50 см и она сильно увлажнена, то сток формируется независимо от крутизны склона

[8]. Эти выводы очень важны при решении вопроса о размещении лесополос в районах совместного проявления эрозии и вредоносных ветров. В таких районах лесополосы необходимо размещать, ориентируясь на рельеф местности. Вывод о целесообразности размещения лесополос с учетом рельефа в районах с незначительной выраженностью преобладания направлений вредоносных ветров свидетельствует о том, что их ветроломная эффективность будет примерно одинаковой почти по всем направлениям. Это очень важно, так как обеспечивает оптимальное сочетание ветроломной, стокорегулирующей и противозерозионной функций лесополос.

Библиографический список

1. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов / Кочетов И.С., Барабанов А.Т., Гаршинёв Е.А. и др. – Волгоград: «ВНИАЛМИ», 1999. – 84 с.
2. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года / К.Н. Кулик [и др.]. ВНИАЛМИ, – Волгоград, 2008. – 34 с.
3. Докучаев В. В. Сочинения: в 9 т. – Т. 6: Преобразование природы степей. Наши степи прежде и теперь. – М. – Л.: АН СССР, 1951. – С. 11-102.
4. Козменко А.С. Основы противозерозионной мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 423с.
5. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / А.Л. Иванов [и др.]. 2009. – Волгоград: ИПК Волгоградской ГСХА «Нива». – 304с.
6. Кулик К.Н., Барабанов А.Т., Гаршинев Е.А., Рулев А.С. Концепция адаптивно-ландшафтного обустройства территории Волгоградской области/ Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2004. – № 1. – С.53-55
7. Барабанов А.Т., Кулик А.В. Гордиенко О.А. Научное обоснование выбора критериев и параметров для проектирования и оценки эффективности мероприятий и приемов управления эрозионно-гидрологическим процессом. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. – 100 с.
8. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.
9. Панов В.И. Синергетическое эрозиоландшафтоведение (теория и практика самоорганизации гидрологических и эрозионных процессов, рельефа и ландшафтов). // Матер. научно-практ. Конф., Волгоград, 17- 19 октября 2011г. – С. 231-240.
10. Панов В.И. Ландшафтный лесной кластер в ландшафтно-синергетическом экологическом агроприродопользовании в засушливом степном поясе России / В.И.Панов // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 2. – С.4-12.

УДК 631.51:631:411.2:633.11:633.63

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ, УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

Боронтов О.К., Косякин П.А., Мерзликина Д.С., Манаенкова Е.Н.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», г. Воронеж

E-mail: kosyakinp@mail.ru

Резюме. В многолетнем стационарном опыте установлено, что лучший азотный режим почвы складывался при безотвальной системе основной обработки, фосфорный и калийный – при разнотравной отвальной обработке. Большая урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы наблюдалась при комбинированной обработке.

Summary. In a long-term stationary experiment, it was established that the best nitrogen regime of the soil was formed with a dump-free system of basic processing, phosphorus and potash - with a mid-depth moldboard processing. A large yield of winter wheat and sugar beet was observed with combined processing.

Ключевые слова. Обработка почвы, питательный режим, озимая пшеница, сахарная свёкла, чернозём выщелоченный.

Интенсивное использование почвы приводит к ухудшению её агрофизических свойств, влагообеспеченности посевов, уровня минерального питания, и в целом, плодородия почвы и продуктивности культур [1]. Воспроизводство почвенного плодородия и повышение урожайности – основная задача развития современных систем земледелия [2, 3]. Одним из важных ресурсов сохранения и повышения плодородия почв в целом, и улучшение питательного режима почв, в частности, остаётся совершенствование способов её механической обработки [4, 5].

Цель наших исследований – разработать наиболее эффективную систему основной обработки почвы в севообороте, обеспечивающую оптимизацию питательного режима чернозёма выщелоченного и повышение урожайности озимой пшеницы и сахарной свёклы.

Исследования проведены в 2018-2020 годах во ВНИИСС им. А.Л. Мазлунова, в стационарном опыте, заложенном в 1985 году. Почва – чернозём выщелоченный с содержанием гумуса в пахотном слое 5,2-5,7 %.

Работу проводили в звене 9-типольного плодосменного севооборота: чёрный пар, озимая пшеница, сахарная свёкла. Изучали 4 системы основной обработки почвы: отвальная разноглубинная – вспашка пара на глубину 25-27 см и под сахарную свёклу на глубину 30-32 см; отвальная обычная – в том числе, вспашка под сахарную свёклу на глубину 20-22 см; безотвальная – в том числе безотвальная (плоскорезная) обработка пара на глубину 20-22 см, под сахарную свёклу – на 30-32 см; комбинированная – под пар и сахарную свёклу идентично варианту с отвальной разноглубинной обработкой, а под остальные культуры – идентично варианту с плоскорезной обработкой.

Исследования проведены на удобренном фоне, где вносили $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади.

Системы обработки почвы и культуры севооборота оказали влияние на накопление нитратного азота в свежих образцах. Так, в среднем за вегетацию, его количество в пахотном слое (14 мг/кг) определено при безотвальной обработке почвы в посевах озимой пшеницы. Меньшее его количество (9 мг/кг) определено при разноглубинной отвальной обработке. В посевах сахарной свёклы содержание нитратов от обработки почвы не изменялось.

Наибольшее содержание нитратов после компостирования составило при безотвальной обработке почвы в посевах озимой пшеницы – 24 мг/кг, в посевах сахарной свёклы – 34 мг/кг. Самые низкие показатели нитрификации установлены при обычной отвальной обработке: в посевах озимой пшеницы – 20 мг/кг, в посевах сахарной свёклы – 31 мг/кг.

Содержание подвижного фосфора и обменного калия максимально

увеличивалось при разноглубинной отвальной обработке почвы в севообороте, и снижалось при комбинированной обработке. Так, при разноглубинной отвальной обработке содержание подвижного фосфора в посевах озимой пшеницы составило 133 мг/кг, сахарной свёклы – 122 мг/кг. Содержание обменного калия 138 и 130 мг/кг соответственно. Минимальные значения элементов определены при комбинированной обработке почвы.

Урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы составила при комбинированной обработке 4,4 и 38,1 т/га, что на 3-30 % выше, чем при других обработках почвы.

Таким образом, лучший азотный режим почвы складывался при безотвальной системе обработки почвы, а фосфорный и калийный – при разноглубинной отвальной обработке. Большая урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы определена при комбинированной системе основной обработки почвы.

Библиографический список

1. Щербаков А.П. Агроэкологическое состояние чернозёмов ЦЧО / А.П. Щербаков, И.И. Васенев. – Курск. – ВНИИЗПЭ. – 1996. – 326 с.
2. Куницын Н.А. Изменение плодородия чернозёма выщелоченного и урожайности зерновых культур при длительном применении удобрений в севообороте с сахарной свёклой в ЦЧР / Н.А. Куницын, О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина // Сахарная свёкла. – 2021. – № 1. – С. 30-34.
3. Никульников И.М. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от агротехники в зерносвекловичном севообороте / И.М. Никульников, О.К. Боронтов, В.В. Ситникова, В.Е. Полухин // Зерновые культуры. – 1998. – № 1. – С. 9-10.
4. Турусов В.И. Эффективность систем обработки почвы и средств интенсификации при возделывании озимой пшеницы в условиях ЦЧЗ / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, Н.В. Дронова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 7. – С. 68-70.
5. Боронтов О.К. Влияние основной обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства почвы при возделывании сахарной свёклы / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова // Земледелие. – 2019. – № 2. – С. 33-35.

УДК 631.416.8

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ЯЧМЕНЯ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ ЦИНКОМ

Васильев Д.В.

ФГБНУ ВНИИРАЭ, Обнинск.

E-mail: treworqwert@mail.ru

Резюме. Исследование показало, что высокие концентрации Zn в почве способны увеличивать частоту цитогенетических нарушений в корневой меристеме проростков семенного потомства ячменя. Небольшие концентрации металла в почве, способны увеличивать всхожесть семенного потомства. Токсическая опасность цинка определяется свойством почвы. Наибольшее влияние на показатели качества семян Zn оказывает на дерново-подзолистых почвах.

Ключевые слова: цитогенетика, нитрат цинка, ячмень, качество семян.

Summary. The study showed that high concentrations of Zn in the soil can increase the frequency of cytogenetic disturbances in the root meristem of barley seedlings. Small concentrations in the soil are able to increase the germination of seed offspring. The toxicity of zinc is determined by the

property of the soil. Zn has the greatest influence on the quality indicators of seeds on sod-podzolic soils.

Key words: *cytogenetics, zinc nitrate, barley, seed quality.*

Жизнеспособность популяций в значительной мере определяется их способностью к размножению. Обильное жизнеспособное потомство особенно важно в условиях стресса, которым часто для растений является загрязнение почв тяжелыми металлами и что уже стало одной из главных причин снижения качества зерновой продукции в сельском хозяйстве [1, 2, 3]. Данная работа посвящена оценке влияния на растения одного из наиболее распространенных среди тяжелых металлов загрязнителей окружающей среды – цинка. Этот металл, является веществом 1-го класса по своей опасности [4]. Достигая токсичных концентраций, Zn отрицательно влияет на рост и развитие растений, объемы и качество получаемых урожаев, но и недостаток Zn как важного для растений микроэлемента ведет к угнетению процессов углеводного и белкового обмена, синтеза ДНК, РНК, хлорофилла, формирования и развития генеративных органов растений [5, 6].

Основная цель данной работы – оценка влияния на семенное потомство ячменя разных концентраций цинка на разных типах почв.

Материалы и методы. Изучалась всхожесть, и аномалии митоза в клетках апикальной меристемы проростков семенного потомства ячменя (*Hordeum vulgare* L., сорт «Зазерский 85») полученного в вегетационном эксперименте на трех типах почв с разной степенью загрязнения цинком:

- 1) воздушно сухая супесчаная окультуренная дерново-подзолистая почва – 25 50 100 150 и 250 мг/кг;
- 2) воздушно сухой типичный тяжелосуглинистый чернозем – 50, 100, 250, 500 и 750 мг/кг;
- 3) воздушно сухая болотная низинная торфяная почва – 250, 500 и 1000 мг/кг.

Семена проращивали в термостате (21° С) в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой. В процессе прорастания на 7 сутки после замачивания определяли всхожесть семян. Проростки длиной 1-1,5 см фиксировали в ацето-алкоголе. Давленные препараты окрашивали ацетоорсеином. В препаратах подсчитывали количество делящихся клеток и количество клеток с митотическими аномалиями (в среднем для каждого варианта анализировалось 3-6 тысяч анна-телофаз). При анализе спектра нарушений выявлены хроматидные (одиночные), хромосомные (двойные) мосты и фрагменты, мультиполярные митозы, хромосомные отставания.

Методами вариационной статистики в программе MS Excel проводилась статистическая обработка результатов исследования.

Результаты. В результате проведенного исследования было установлено, что энергия прорастания семян ячменя, полученных от растений, выросших на почвах загрязненных нитратом цинка, с увеличением концентрации Zn во всех исследованных почвах имеет тенденцию к снижению ($r = 0,51-0,59$). Однако в то же время низкая концентрация металла (25-250 мг / кг сухого воздуха в

почве) способна повысить всхожесть семян (рис. 1).

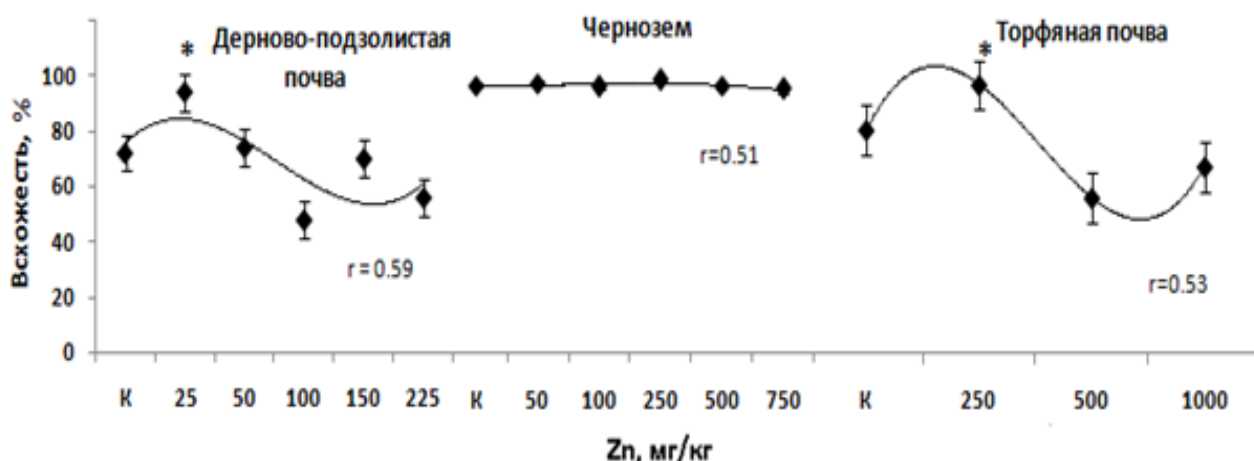


Рисунок 1 – Всхожесть семян ячменя

Примечание: * – отличие статистически значимо

Увеличение всхожести семян ячменя, выросшего на почвах имеющих низкий уровень загрязнения можно объяснить тем, что Zn в малых концентрациях нужен для метаболизма растений, а токсичным он становится, только если его содержание превышает уровень критичный для растений [6]. У полученных на дерново-подзолистой почве семян всхожесть изменяется при значительно меньшем содержании Zn, чем на торфяной почве. Это обусловлено высокой биологической доступностью Zn благодаря повышенной кислотности, малому содержанию гумуса и небольшому объему катионного обмена у дерново-подзолистой почвы.

Анализ частоты цитогенетических нарушений выявил рост числа хромосомных aberrаций у потомства растений, выросших на дерново-подзолистой почве и черноземе. При этом статистически значимое увеличение частоты хромосомных нарушений у семян, полученных на дерново-подзолистых почвах, также как и снижение всхожести, происходит при меньшем содержании металла в почве, чем у семян, полученных на черноземе (рис. 2).

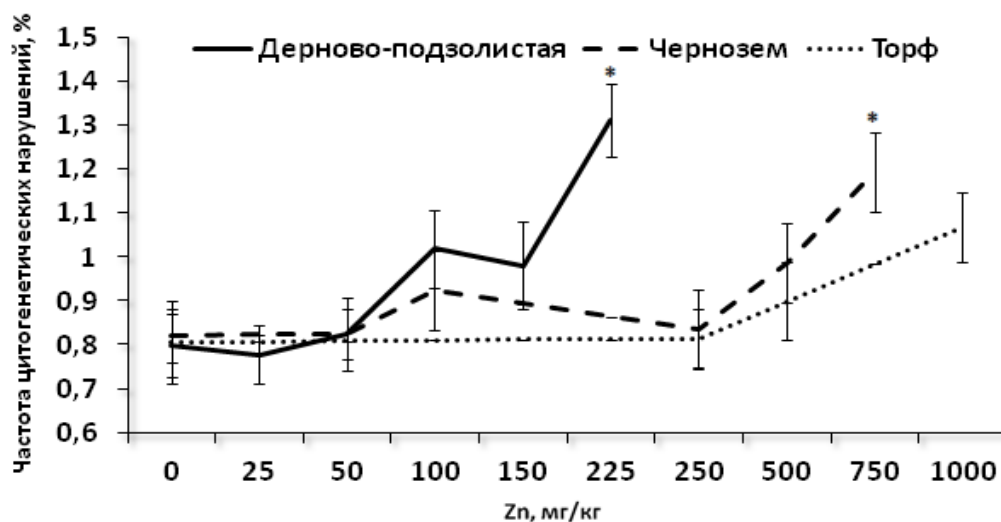


Рисунок 2 – Частота цитогенетических нарушений. * – отличие статистически значимо

Результаты проведенного исследования показали, что невысокие концентрации нитрата цинка в почве для семенного потомства ячменя не токсичны и могут способствовать их большей всхожести. Высокие концентрации Zn наоборот, оказывают мутагенное воздействие на семенное потомство ячменя. Для семян ячменя на дерново-подзолистых почвах являются токсичными меньшие концентрации Zn, чем на черноземе или торфяной почве.

Библиографический список

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. / Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1991. 151с.
2. Villiers F., Ducruix C., Hugouvieux V. et al. Investigating the plant response to cadmium exposure by proteomic and metabolomic approaches // Proteomics. 2011. V. 11. P. 1650–1663.
3. Wood J. M. Diologicalcicles for toxic elements in the invironment // Science 1974. Vol. 183. P. 1049-1059.
4. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана почв. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Ростехрегулирование. Москва, 2003. С. 1-5.
5. Munzuroglu O. Geckil H. Effects of metals on seed germination, root elongation and coleoptile and hypocotyl growth in Triticumaestivum and Cucumissativus // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2002. V. 43. P. 203-213.
6. Siedlecka, A., Some aspects of interactions between heavy metals and plant mineral nutrients. Acta Soc. Bot. Pol., 1995., V. 64, P. 65-272.

УДК 631.871:633.11

МЕДЬ В МИНЕРАЛЬНОМ ПИТАНИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Волкова В.А.¹, Воронкова Н.А.^{1,2}

¹ФГБНУ «Омский АНЦ», Омск

E-mail: volkovaVA1989@yandex.ru

²Омский государственный технический университет, Омск

E-mail: voronkova.67@bk.ru

Резюме. Исследованиями установлено, что при низкой обеспеченности (0,09-0,11 мг/кг) подвижной медью в почве целесообразно применять медьсодержащие удобрения. Максимальная урожайность яровой пшеницы (3,37 т/га) получена от предпосевной обработки семян раствором комплексоната меди (Cu ЭДТА) в концентрации 0,25% на фоне внесения азотно-фосфорных минеральных удобрений, прибавка урожайности зерна составила 18%.

Summary. It was in studies revealing that at a low mobile copper level (0.09-0.11 mg/kg) in the soil, it is advisable to use copper-containing fertilizers. The maximum spring wheat yield (3.37 t/ha) was obtained from pre-sowing seed treatment with a solution of chelated copper form (Cu EDTA) at a concentration of 0.25% through the nitrogen-phosphorus fertilization, the the grain yield raise was 18%.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, медь, хелатные микроудобрения, предпосевная обработка, урожайность.

Медь является одним из важных микроэлементов-биофилов, определяющих продуктивность зерновых культур в агроценозах. Она входит в состав ряда ферментов, влияет на метоболизм углеводов, азотистых веществ, повышает интенсивность дыхания [1-3]. В настоящее время к перспективным биологически активным соединениям, по мнению многих ученых, относят

комплексонаты металлов, которые имеют преимущества перед нормальными солями: они не токсичны, растворимы в воде, устойчивы в широком диапазоне значений pH, сочетаются с различными пестицидами [4, 5].

Несмотря на то, что имеется довольно много работ, посвященных изучению влияния микроудобрений на продуктивность культур, сведения об эффективности комплексонатов металлов в условиях Западно-Сибирского региона немногочисленны и носят несистематический характер. В этой связи целью исследования было изучение влияния различных концентраций растворов медных микроудобрений для предпосевной обработки семян (ПОС) на физиолого-биохимические и продукционные процессы яровой мягкой пшеницы.

Исследования проводились в 2017-19 гг. в длительном стационарном полевом опыте лаборатории агрохимии и защиты растений ФГБНУ «Омский АНЦ» в южной лесостепной зоне в пятипольном зернопаровом севообороте (пар-пшеница-соя-пшеница-ячмень). Объекты исследования – яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*) сорта Омская 36; Cu ЭДТА; CuSO₄. Опыт заложен на двух фонах: без внесения удобрений и внесение удобрений в дозе N₁₈P₄₂ д. в. на 1 га севооборотной площади. Схема ПОС: 1. Контроль (без предпосевной обработки); 2. Раствор CuSO₄ в концентрации 0,02%; 3. Раствор Cu ЭДТА в концентрации 0,02%; 4. Раствор CuSO₄ в концентрации 0,25%; 5. Раствор Cu ЭДТА в концентрации 0,25%. Концентрации растворов выбраны с учетом результатов проведенных лабораторных опытов и рекомендаций других авторов [1-6]. Расчет концентрации растворов произведен на элемент (Cu). ПОС проводили перед посевом путем смачивания семян с последующим просушиванием. Расход рабочего раствора 70 л/т семян. Общая площадь делянок 32 м², размещение – систематическое, повторность – 4-х кратная. Посев и учет урожая проводили в оптимальные сроки. В качестве минеральных удобрений вносили весной до посева локально сеялкой Наа (азот – 34%), АФ (фосфор – 52%; азот – 12%). Содержание кислоторастворимых форм меди в пахотном слое почвы определяли в соответствии с РД 52.18.191-89, подвижных форм – РД 52.18.289-90. Содержание меди в растительных образцах – в соответствии с ГОСТ 30692–2000. Конечное определение элемента проводили на ААС Varian 140.

В результате исследования было установлено, что содержание до посева культуры как валовых форм меди, так и подвижных не зависело от применения удобрений. Валовое количество меди на фоне без удобрений составило 18,9 мг/кг и 16,3 мг/кг (при $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$) – на удобренном фоне; доступное: 0,11 и 0,09 мг/кг соответственно (обеспеченность – низкая).

В основной продукции пшеницы распределение меди было неравномерным: ее концентрация в зерне больше, чем в соломе. Определяющее значение в формировании состава зерна принадлежало минеральным удобрениям. Содержание меди в зерне в варианте без удобрений за годы исследований варьировало от 3,89 до 5,14 мг/кг. На фоне без применения удобрений ПОС повышала содержание меди в зерне на 5-25% в сравнении с контрольным вариантом (4,12 мг/кг возд.-сухого вещества). Максимальное содержание меди в зерне на естественном фоне обнаруживается при ПОС раствором Cu ЭДТА (0,25%) и

составляет 5,14 мг/кг возд.-сухого вещества, повышая содержание меди на 25%. Внесение азотно-фосфорных удобрений снижало содержание меди в зерне и ПОС уменьшало его дополнительно на 11-32% в сравнении с контролем (3,21 мг/кг возд.-сухого вещества). Причиной этому, возможно, являлся «эффект разбавления». Аналогичные тенденции прослеживаются и в изменении состава соломы.

Интегральным показателем эффективности любых агротехнологических приемов является урожайность (таблица).

Таблица – Влияние медных микроудобрений на урожайность яровой пшеницы

Вариант	Урожайность, т/га		Прибавка в урожайности от ПОС, %	
	Без удобрений	N ₁₈ P ₄₂	Без удобрений	N ₁₈ P ₄₂
Контроль	2,45	2,87	—	—
CuSO ₄ (0,02%)	2,54	3,10	4	8
Cu ЭДТА (0,02%)	2,58	3,21	5	12
CuSO ₄ (0,25%)	2,57	3,14	5	9
Cu ЭДТА (0,25%)	2,70	3,81	10	18
НСР ₀₅	0,17			

Прибавка урожайности от ПОС растворами CuSO₄ варьировала от 0,09 до 0,69 т/га в зависимости от концентрации раствора и фонов удобрённости. В то время, как действие Cu ЭДТА было эффективнее: прибавка урожайности была 0,13-0,92 т/га. Разница между урожайностью в вариантах ПОС растворами CuSO₄ и Cu ЭДТА в концентрации 0,02% находилась в пределах НСР₀₅, что говорит о незначительном преимуществе формы соединения в концентрации 0,02%. Максимальная урожайность (3,37 т/га) получена в варианте ПОС Cu ЭДТА (0,25%) на удобренном фоне: общая прибавка от совместного применения медного микроудобрения и макроудобрений составила 38%.

Таким образом, действие медных микроудобрений на продуктивность яровой мягкой пшеницы проявлялось при оптимальном питании макроэлементами и низкой обеспеченности доступных форм меди в почве (ААБ, рН=4,8). На фоне без удобрений ПОС повышала содержание меди в зерне пшеницы на 5-25%, а при внесении макроудобрений – снижала на 11-32%. Экспериментально доказана эффективность ПОС пшеницы раствором, содержащим ионы меди в концентрации 0,02% независимо от формы соединения. Действие концентрации 0,25% было эффективнее при обработке семян комплексонатом Cu ЭДТА: максимальная урожайность (3,37 т/га) получена на фоне внесения макроудобрений, чистая прибавка от ПОС составила 18%.

Библиографический список

1. Гейгер Е.Ю., Варламова Л.Д., Семенов В.В. Погодина Ю.В., Сиротина Ю.А. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования // Агрохимический вестник. – 2017. – №2 – С. 29-32.
2. Пахомова В.М., Даминова А.И., Гайсин И.А. Теоретическое и практическое обоснование защитных свойств полифункциональных хелатных микроудобрений марки ЖУСС // Агрохимический вестник. – 2017. – № 1. – С. 44-47.
3. Гайсин И.А., Муртазин М.Г. Хелатные микроудобрения (ЖУСС) на посевах яровой пшеницы // Агрохимический вестник. – 2006. – №4. – С. 2-4.
4. Сентемов В.В., Копысова Е.В. Микроудобрения: эффективность минеральных солей и координационных соединений при повышении урожайности и качества зерновых культур // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №3(32). – С. 49-50.
5. Волкова В.А., Цыганова Н.А., Воронкова Н.А., Дороненко В.Д. Оценка влияния предпосевной обработки хелатами и стимуляторами роста на начальный период онтогенеза яровой мягкой пшеницы. В сборнике научных статей: Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири. – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – С. 49-55.
6. Volkova V.A., Tsyganova N.A., Voronkova N.A., Tyumentseva E.Yu., Voronkova M.N. Growth-stimulating role of chelates and organic acids. doi:10.1088/1755-1315/421/6/062027 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 421 (2020) 062027. AGRITECH-II-2019

УДК 631.459.2.57

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА РАБОТУ БУРА-ПРОБООТБОРНИКА

Вытовтов В.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: v.a.vitovtov@mail.ru

Резюме. В статье проанализировано влияние влажности почвы на изменение плотности почвы, получаемое при формировании искусственных почвенных образцов для работы с применением почвенного бура-пробоотборника. В результате проведенных экспериментов не установлено значительного влияния влажности почвы на работу бура-пробоотборника в диапазоне влажностей от 12 до 18%.

Ключевые слова: влажность почвы, плотность сложения почвы, почвенный бур-пробоотборник.

Плотность сложения и влажность почвы – это основные ее физические свойства. В естественных условиях плотность сложения почвы колеблется в пределах от 0,8 до 2 г/см³ [1]. Однако в условиях сельскохозяйственного производства существует оптимальный диапазон, находящийся внутри указанных крайних значений. От их величин зависит скорость развития корней возделываемых культур, а как следствие и их урожайность.

Для определения плотности сложения почвы широкое распространение получил метод с использованием тонких металлических цилиндрических колец, известного объема – буриков Н.А. Качинского [1]. При этом методе кольца забивают в подготовленную почву, извлекают их и обрезают излишки ее с верхнего и нижнего краев. Затем почву извлекают из металлических колец, сушат и взвешивают ее в лабораторных условиях. При определении плотности в

слоях, превышающих пахотный горизонт, в ней выкапывают углубления, на боковых стенках которых на требуемых глубинах забивают вышеуказанные металлические цилиндрические кольца. Это наряду с повышенной трудоемкостью приводит к частичному уничтожению возделываемых культур на поверхности поля. Поэтому возникла необходимость в разработке способа и устройства для менее затратного отбора проб почвы для определения ее плотности и влажности в полевых условиях с минимальным повреждением возделываемых растений.

Для решения поставленной задачи сотрудниками ФГБНУ «Курский ФАНЦ» был разработан и изготовлен бур-пробоотборник [2] для отбора почвенных образцов с нарушенной структурой с диаметром разъемного стакана 71 мм и с шагом отбора проб по глубине в 50 мм (рис. 1). На данную разработку в 2018 и в 2020 годах были получены патенты на изобретения [2, 3].

Бур-пробоотборник состоит из цилиндрической штанги, с одной стороны которой закреплен шатун с приводной рукояткой и удерживающей втулкой, а с другой на регулируемом резьбовом соединении – цилиндрический разъемный стакан с крышкой и резцами.



Рисунок 1 – Бур-пробоотборник

На цилиндрической штанге дополнительно выполнены кольцевые проточки с заданным интервалом (в нашем случае – 50 мм) для установки ограничительного узла, который состоит из втулки, диска и трех пружинных фиксаторов с шариками, расположенных в одной плоскости под углами в 120 градусов друг к другу.

В комплект бура-пробоотборника так же входит треугольная опорная площадка с жестко закрепленной вертикальной трубой, угловыми болтовыми зажимами со штырями и с фиксируемой направляющей гильзой, установленной в центральном отверстии. А на верхнем конце вертикальной трубы с разных сторон установлены механизмы перемещения и визуального наблюдения за перемещением ограничительного узла с сигнальным роликом.

Перед работой с буром-пробоотборником первоначально выставляют цилиндрический стакан на резьбовом окончании цилиндрической штанги в такое положение, чтобы при нахождении ограничительного узла на нижней кольцевой проточке, момент касания ограничительного узла сигнального ролика совпадал с формированием ножами стакана стартового нулевого конуса. Для этого, на месте, предназначенном для взятия проб, устанавливают и фиксируют треугольную опорную площадку. Стакан бура-пробоотборника устанавливают в направляющую гильзу, удерживая его за центрирующую ручку в вертикальном положении, и несколько раз вращают за рукоятку, закрепленную на кривошипе в обратную сторону. Разъемный цилиндрический стакан центрируется в направляющей гильзе, резцами раздвигает почву, формируя стартовый нулевой конус, и слегка опускаясь касается сигнального ролика, который начинает вращаться.

При необходимости, отпустив контргайки, накручивая или скручивая стакан с резьбового наконечника штанги, мы добиваемся требуемого совпадения. Затем, нажимая ногой на нажимную скобу механизма перемещения, поднимаем ограничительный узел на следующую кольцевую проточку. Вращая цилиндрическую штангу с ограничительным узлом в рабочем направлении, резцы стакана измельчают почву и подают ее в его внутреннюю полость. Бур, вращаясь, постепенно перемещается вниз на заданное расстояние (50 мм) до касания диском ограничительного узла сигнального ролика, который начинает вращаться, что легко визуально контролируется.

Цилиндрический стакан достают из направляющей гильзы, раскрывают и извлекают из него набранную почву. Затем стакан закрывают, опускают в направляющую гильзу и перемещают ограничительный узел на следующую кольцевую проточку. Далее с вращением бур заглубляется до очередного касания с диском сигнального ролика. Так, поочередно отбирают почвенные пробы до необходимой глубины. Затем высушивают пробы для определения влажности почвы. Зная их сухой вес и объем, выбранный буром-пробоотборником, определяют плотность сложения почвы.

При проведении полевых работ с буром-пробоотборником возникла необходимость в изучении влияния влажности на его рабочие характеристики. Так как в полевых условиях почва неоднородная по плотности и влажности, то

работу проводили в лабораторных условиях.

Из чернозема типичного, отобранного из пахотного слоя на опытном поле КМЗ, были подготовлены эталонные искусственные почвенные образцы (рис. 1) с разной влажностью почвы.

Для этого использовали пластмассовые цилиндры со съёмными алюминиевыми доньями с внутренним диаметром 104 мм и высотой в 180 мм. Такая высота позволила формировать стартовый конус и брать по три пробы почвы из каждого цилиндра. Предварительно просеянную почву с влажностью: 12,65%, 13,79%, 15,18%, 15,91% и 17,35% порциями по 100 г добавляли в цилиндры, выравнивали и уплотняли ее с одинаковым усилием самоустанавливающимся поршнем с мягкой резиновой рабочей поверхностью. Прессовальная установка, используемая для получения эталонных искусственных почвенных образцов, представлена на рисунке 2.

При заданном усилии прессования в 600 Н и площади поршня в 85 см², получили давление поршня на почву в 70,6 кПа. Таким образом, были получено 10 искусственных почвенных образцов с пятью вариантами влажности. Зная точный объем пластмассовых цилиндров и их вес, первоначально определили плотность сложения сырой почвы в каждом отдельном цилиндре. Определив влажность почвы в цилиндрах, пересчитали плотность и получили значения в диапазоне от 1,15 до 1,19 г/см³, что представлено пунктирной линией графика на рис. 3.



Рисунок 2 – Прессовальная установка



Рисунок 3 – Плотность сложения почвы при разной влажности в цилиндре и при отборе буром-пробоотборником

Затем поочередно установили цилиндры на специальную подставку (рис. 1) и закрепили над ними треугольную площадку таким образом, чтобы центра окружностей цилиндров и направляющей гильзы совпадали. Установив штангу бура в вертикальное положение, стакан бура в направляющую гильзу, а ограничительный узел на нижнюю нулевую проточку сделали буром несколько вращений до начала вращения сигнального ролика для формирования стартового нулевого конуса. Затем переместили упорный узел на следующие кольцевые проточки через 5 см. и вращали бур в рабочем направлении до начала движения сигнального ролика. Высыпали из стакана почву и взвесили ее. Итак, по три раза в каждом из цилиндров.

На этом этапе была взята почва для определения ее влажности термовесовым способом. Зная влажность и вес почвенных проб, определили средний объем, которой берет данный бур для одной пробы для каждой повторности. Затем определили средний объем бура для всех повторностей, пересчитали плотность, полученную для каждой повторности, и получили вторую сплошную кривую на рис.3.

Анализируя графики, полученные на рис. 3 можно сделать вывод, что плотность почвы, полученная разными методами, отличается несущественно, т.е. максимальные отклонения значений находятся в пределах погрешности определения и составляют менее 1,5%.

А влажность почвы в рабочем диапазоне от 12 до 18% незначительно влияет на работу бура-пробоотборника. Однако при слишком сухой почве искусственные почвенные образцы формируются сыпучими, т.е. с внутренних стенок формируемого почвенного цилиндра резами легко скалываются дополнительная почва, которая стаканом извлекается при взятии проб. А при слишком влажной почве процесс заполнения стакана так же незначительно увеличивается, но при этом усложняется работа бура вследствие забивания его липкой почвой при значительном увеличении усилия для его вращения.

Библиографический список

1. Шейн Е.В. Курс физики почв, М.: МГУ, 2005. – 432 с.
2. Пат. на изобретение 2657555 Рос. Федерации: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-проборборник / Вытовтов В.А., Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Салимгареева О.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2016152784; заявл. 30.12.2016, опубл. 14.06.2018, бюл. № 17.
3. Пат. на изобретение 2732907 Рос. Федерации: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-проборборник / Вытовтов В.А., Прущик А.В., Глазунов Г.П.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2019145230; заявл. 25.12.2019, опубл. 12.11.2020, бюл. № 32.

УДК 631.452 : 631.51

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ, ГЛУБИНЫ И СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ

Гармашов В.М.

ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»

п/о Институт им. Докучаева, Таловский р-н, Воронежская обл., 397463,

Российская Федерация

E-mail: niish 1c@mail.ru

Резюме. Исследованиями установлено, что механическая обработка почвы существенно не влияет на изменение валового содержания основных элементов питания в черноземе обыкновенном. Наибольший эффект от удобрений в поддержании валовых запасов азота, фосфора и калия в условиях юго-востока ЦЧР достигается при отвальной обработке чернозема обыкновенного на глубину 20-25 см.

Ключевые слова: способы обработки почвы, валовой азот, фосфор, калий, чернозем обыкновенный.

Summary. Studies have found that mechanical tillage does not significantly affect the change in the gross content of basic nutrients in ordinary chernozem. The greatest effect of fertilizers in maintaining gross reserves of nitrogen, phosphorus and potassium in the southeast of the CCR is achieved during the dumping treatment of ordinary chernozem to a depth of 20-25 cm.

В условиях интенсивного сельскохозяйственного использования почв, в последние десятилетия в ряде регионов страны, в том числе, и в ЦЧР наметилась тенденция к снижению общего уровня плодородия [3, 6, 8, 10]. Поэтому при постоянно возрастающем уровне техногенной нагрузки на почву, важны исследования по изменению показателей потенциального плодородия.

Учитывая, что показатели потенциального плодородия – это относительно стабильные почвенные характеристики выявить их изменения под воздействием агротехнических приемов, и особенно способов обработки почвы возможно только в условиях многолетних стационарных опытов, рассматривая длительные интервалы времени [1, 4, 7]. В связи с этим полученные в многолетнем стационарном опыте данные по изучению изменения агрохимических свойств имеют наибольший интерес и ценность, так как позволяют выявить направленность изменения плодородия чернозема обыкновенного под влиянием различных способов и глубины обработки и их сочетаний с минеральными удобрениями.

Одной из характеристик потенциального плодородия почв является

валовое содержание в них основных элементов минерального питания азота, фосфора и калия. Черноземные почвы хорошо обеспечены валовыми макроэлементами, в них содержится: 0,2-0,5% азота, 0,1-0,3% фосфора, 2,0-2,5% калия [5].

Азот в почве содержится в основном в форме сложных органических веществ, преобладающая часть фосфора входит в труднорастворимые соединения и органические вещества, а преобладающая часть калия – в нерастворимые алюмосиликатные минералы [11].

Важнейшим показателем потенциального плодородия и агроэкологического состояния почвы является валовое содержание в ней основных элементов минерального питания: азота, фосфора и калия.

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР в длительном стационарном опыте по изучению различных приемов обработки почвы было проведено изучение изменения валового содержания азота, фосфора и калия под воздействием различных способов обработки почвы после двух ротаций десятипольного зернопропашного севооборота.

Исследования показали, что по окончании двух ротаций зернопропашного севооборота содержание общего азота в черноземе обыкновенном мало отличалось по различным обработкам почвы и находилось в пределах от 0,263% до 0,272% при безотвальных обработках и от 0,259 до 0,268% по отвальным обработкам, при значении на контроле – ежегодной вспашке на глубину 20-22 см 0,265% и $НСП_{05}=0,01\%$ (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние различных способов и глубины основной обработки почвы на изменение общих запасов азота, фосфора и калия в черноземе обыкновенном в слое 0-40 см, %

Способ обработки и глубина	Фон	Общий азот	Общий фосфор	Общий калий
Вспашка на 20-22 см (контроль)	без удобрений	0,265	0,163	1,74
	(NPK) ₆₀	0,285	0,180	1,78
Вспашка на 25-27 см	без удобрений	0,268	0,165	1,73
	(NPK) ₆₀	0,287	0,182	1,80
Вспашка на 30-32 см	без удобрений	0,261	0,162	1,74
	(NPK) ₆₀	0,274	0,180	1,78
Вспашка на 35-37 см	без удобрений	0,259	0,170	1,72
	(NPK) ₆₀	0,283	0,186	1,78
Плоскорезная разнотравнобобовая	без удобрений	0,263	0,166	1,72
	(NPK) ₆₀	0,284	0,177	1,78
Безотвальная на 25-27 см	без удобрений	0,272	0,166	1,74
	(NPK) ₆₀	0,294	0,176	1,79
НСП ₀₅ частных эффектов	обработка	0,01	0,01	0,03
	удобрение	0,01	0,01	0,02

Аналогичная закономерность во влиянии различных способов обработки почвы на содержание общего азота в черноземе обыкновенном отмечается и при применении минеральных удобрений. Необходимо отметить, что

применение минеральных удобрений обеспечивает более рациональное использование почвенного азота. Содержание валового азота в целом по опыту на удобренном фоне было на 7,2% выше, чем на неудобренном.

Исследованиями установлено, что различные способы и глубина основной обработки почвы не оказывают существенного влияния на изменение валовых запасов общего азота в черноземе обыкновенном.

Внесение минеральных удобрений способствовало более рациональному использованию почвенного азота. Содержание валового азота в целом по опыту на удобренном фоне было на 7,2% выше, чем на неудобренном. Эффективность удобрений в воспроизводстве валового азота в почве существенно не изменялась в зависимости от способа обработки.

Способы обработки почвы не оказывают существенного влияния на изменение содержания валового фосфора в слое 0-40 см чернозема обыкновенного. Его содержание после двух ротаций севооборота находилось в пределах от 0,162% при ежегодной вспашке на глубину 30-32 см до 0,166% при безотвальной обработке почвы.

Ежегодное внесение удобрений способствовало более рациональному использованию почвенных запасов фосфора и поддержанию его содержания на более высоком уровне. На удобренном фоне содержание валового фосфора в 0-40 см слое чернозема обыкновенного было выше на 9,2%.

Наибольший эффект от внесения фосфорных удобрений был при обработках почвы с оборотом пласта на различную глубину: 0,016-0,018% (8-9% в относительных единицах), наименьший – 0,011-0,010% при безотвальных обработках (увеличение на 5-6%).

В пахотном слое черноземов запасы калия в 2-4 раза выше запасов азота и в 13-16 раз – фосфора. Валовое содержание калия колеблется от 1,5 до 2,6% к массе почвы. Количество обменного калия составляет – 1-3% от валового [9].

Результаты исследований показывают, что различные способы и глубина обработки почвы не оказали существенного влияния на изменение содержания валовых запасов калия в слое 0-40 см чернозема обыкновенного.

После двух ротаций севооборота содержание общего калия по различным обработкам почвы находилось практически на одном уровне, различия между обработками не превышали 1,6% (в относительных единицах).

Как показывают результаты исследований содержание валового калия в слое почвы 0-40 см под воздействием различных способов обработки почвы мало изменяется. Ежегодное внесение минеральных удобрений привело к достоверному повышению содержания валового калия во всех изучаемых слоях и в целом по слою 0-40 см, независимо от способов обработки почвы.

Исследованиями установлено, что механическая обработка почвы существенно не влияет на изменение валового содержания основных элементов питания в черноземе обыкновенном. Наибольший эффект от удобрений в поддержании валовых запасов азота, фосфора и калия в условиях юго-востока ЦЧР достигается при отвальной системе обработки почвы на глубину 20-22 и 25-27 см.

Библиографический список

1. Азизов, З.М. Влияние систем удобрения и обработки почвы на плодородие чернозема южного и продуктивность сельскохозяйственных культур / З.М. Азизов // Агрохимия. – 2005. – № 5. – С. 34-44.
2. Азизов, З.М. Основная обработка почвы в адаптивно-ландшафтной системе земледелия / З.М. Азизов, Г.В. Шубитидзе // Материалы международной научно-практической конференции / Эрозия почв: Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства. Ульяновск, 2009. – С. 63-67.
3. Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов / П.Г. Акулов. – М.: Колос, 1992. – 223 с.
4. Гармашов, В.М. Изменение свойств чернозема обыкновенного при различных способах обработки почвы / В.М. Гармашов, В.И. Турусов, С.А. Гаврилова // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 17-19.
5. Ключковский В.М. Агрохимия / В.М. Ключковский, А.В. Петербургский. – М.: Колос, 1967. – 123 с.
6. Лукин, С.В. Изменение кислотности почв Белгородской области в процессе сельскохозяйственного использования / С.В. Лукин, П.М. Авраменко // Агрохимия. – 2006. – № 12. – С. 11-15.
7. Пронько, В.В. Фосфатный режим чернозема южного при длительном применении минеральных удобрений в засушливой зоне Поволжья / В.В. Пронько, М.П. Чуб, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова, Д.Ю. Журавлев // Плодородие. – 2018. – № 4. – С. 33-36.
8. Рудай, И.Д. Агроэкологические проблемы повышения плодородия почв / И.Д. Рудай. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 255 с.
9. Сычев, В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В.Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 2003. – 228 с.
10. Щербаков, А.П. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / А.П. Щербаков, И.И. Васенев. – Курск, 1996. – 326 с.
11. Юркин, С.Н. Баланс азота, фосфора и калия в условиях интенсификации земледелия / С.Н. Юркин. – М., 1975 – 107 с.

УДК 631.51:631.41:633.11

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПИЩЕВОЙ РЕЖИМ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Гармашов В.М., Крячкова М.П.

ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Центрально-Черноземной полосы им В.В. Докучаева,

Россия, Воронежская область, Каменная Степь

E-mail: niish 1c@mail.ru

Резюме. В статье представлены результаты исследований пищевого режима почвы под посевами озимой пшеницы. Наилучшие результаты при изучении азотно-калийного режима почвы в течении вегетации озимой пшеницы были получены при отвальной обработке почвы в севообороте и дисковании на глубину 6-8 см. Максимальное содержание подвижного фосфора в почве отмечено при комбинированной обработке, поверхностная и нулевая обработки привели к снижению подвижного фосфора в слое 0-40 см на 1,1-11,9%, на фоне с применением удобрений – на 2,2-6,5%.

Summary. The article presents the results of studies of the nutritional regime of the soil under winter wheat crops. The best results in the study of the nitrogen-potassium regime of the soil during the growing season of winter wheat were obtained with dump tillage in crop rotation and disking

to a depth of 6-8 cm. The maximum content of mobile phosphorus in the soil was observed during combined treatment, surface and zero treatment led to a decrease in mobile phosphorus in the layer of 0-40 cm by 1.1-11.9%, against the background with the use of fertilizers – by 2.2-6.5%.

Ключевые слова: способы обработки почвы, севооборот, озимая пшеница, элементы питания, чернозем обыкновенный.

Важную роль в регулировании пищевого режима почвы играют способы основной обработки почвы. Они улучшают строение пахотного слоя и повышают биологическую активность почвы. Все это, несомненно, отражается на почвенном питании растений и их урожае [2,4].

Обеспеченность почв элементами минерального питания является одним из важнейших показателей плодородия и факторов, определяющих продуктивность возделываемых культур [1]. Использование минеральных удобрений позволяет пополнять почвенные запасы питательных веществ, обеспечивать увеличение урожайности как основной, так и побочной продукции [3].

Полевые исследования проводились в стационарном опыте ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в 2019-2020гг. Объектом исследований является чернозем обыкновенный среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый с благоприятными физико-химическими и агрохимическими показателями, со следующей агрохимической характеристикой (таблица 1).

Способы обработки почвы изучались на удобренном $N_{60}P_{60}K_{60}$ и неудобренном фонах.

Таблица 1—Агрохимические показатели почвы опытного участка

Слой почвы, см	Гумус, %	Общий азот, %	Общий фосфор, %	Общий калий, %	Азот гидролизуемый, мг/кг	Сумма поглощенных оснований, мг/100 г почвы	Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы	pH солевое
0-10	6,69	0,409	0,212	1,85	63,3	62,81	0,78	6,88
10-20	6,52	0,314	0,207	1,82	60,2	66,10	0,55	7,02
20-30	6,22	0,314	0,205	1,89	60,2	70,40	0,39	7,07
0-30	6,48	0,346	0,208	1,85	61,2	66,44	0,57	6,99

Схема стационарного опыта включала следующие варианты обработки почвы:

1) отвальная система обработки почвы в севообороте (вспашка на глубину 20–22 см, под озимую пшеницу дисковое лушение на глубину 6-8 см) –контроль;

2) комбинированная система обработки почвы в севообороте (четыре вспашки на глубину 20-22 см, две безотвальные на глубину 20-22 см, две поверхностные на глубину 6-8 см);

3) минимальная система обработки почвы в севообороте (безотвальная обработка на 6-8 см - КПЭ-3,8);

4) нулевая обработка почвы по технологии No-till.

На 1 и 2 вариантах обработки в севообороте под озимую пшеницу применялось дисковое лушение на 6-8 см.

Различные способы поверхностной обработки почвы под озимые в различных системах обработки почвы в севообороте оказывали влияние на средневегетационное содержание нитратного азота в почве (таблица 2). В среднем за вегетационный период содержание нитратного азота в слое почвы 0-20 см в отвальной системе обработки почвы в севообороте и дисковании на глубину 6-8 см под озимые составило 17,7, на фоне с применением удобрений -18,7 мг/кг абс. сухой почвы.

Комбинированная система обработки почвы привела к снижению содержания нитратного азота на фоне без удобрений на 3,4%. При поверхностной и нулевой системах основной обработки почвы в севообороте и, соответственно таких же обработках почвы под озимую пшеницу, отмечается снижение обеспеченности почвы нитратными формами азота до 14,7 и 11,6 мг/кг абс. сухой почвы или на 16,9 и 34,4 %, соответственно. На фоне с применением удобрений до 18,1 и 15,7 мг/кг абс. сухой почвы, при значении на контроле - 18,7 мг/кг абс. сухой почвы. В слое 0 - 40 см приемы минимализации обработки почвы снижали содержание нитратного азота на 12,8% и 35,3%. На фоне с применением удобрений эта закономерность сохраняется, но применение удобрений снижает разницу в обеспеченности почвы нитратным азотом при различных обработках. В почве залежи содержание нитратного азота было почти в два раза меньше, чем в обрабатываемой почве.

Таблица 2 – Пищевой режим под посевами озимой пшеницы при различных приемах основной обработки почвы в среднем за вегетацию, 2020 г.

Слой почвы, см	Фон	Обработка почвы				Залежь
		отвальная на глубину 20-22 см, под озимую пшеницу дискование на 6- 8 см	комбинирован- ная, под ози- мую пшеницу дискование на 6-8 см	поверхностная на 6-8 см, под озимую пше- ницу КПЭ-3,8 6-8 см	нулевая	
NO ₃ , мг/кг абс. сух.почвы						
0-20	б/уд	17,7	17,1	14,7	11,6	10,6
	уд.	18,7	20,9	18,1	15,7	
0-40	б/уд	16,4	14,8	14,3	10,6	10,1
	уд.	17,1	19,2	17,3	12,9	
P ₂ O ₅ , мг/100 г абс. сух.почвы						
0-20	б/уд	11,0	11,5	10,8	9,1	3,4
	уд.	10,9	13,2	10,4	10,9	
0-40	б/уд	9,2	9,3	9,1	8,1	3,9
	уд.	9,2	10,8	8,6	9,0	
K ₂ O, мг/100 г абс. сух.почвы						
0-20	б/уд	9,5	8,8	7,3	8,0	4,1
	уд.	9,2	8,7	8,3	7,9	
0-40	б/уд	7,0	6,3	7,0	5,8	3,1
	уд.	6,8	6,5	6,3	5,8	

Примечание: б/уд. – без удобрений, уд. – N₆₀P₆₀K₆₀

Средневегетационное содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см по озимой пшенице было несколько выше при комбинированной обработке почвы и составляло 11,5 мг/100 г абс. сухой почвы, при значении на контроле 11,0 мг/100 г почвы. Поверхностная и нулевая обработки снижали содержание подвижного фосфора до 10,8 и 9,1 мг/100 г абс. сухой почвы. Аналогичная закономерность прослеживается и на фоне с применением удобрений. В слое 0-40 см на фоне без удобрений содержание подвижного фосфора было практически одинаковым, лишь при нулевой обработке прослеживается тенденция снижения содержания подвижного фосфора, а на фоне с применением удобрений несколько выше было при комбинированной обработке.

Содержание обменного калия в слое почвы 0-20 см имело тенденцию к снижению при минимализации обработки почвы, и наименьшее количество было при поверхностной безотвальной системе обработки почвы в севообороте КПЭ-3,8 на глубину 6-8 см – 7,3 мг/100 г почвы что ниже, чем на контроле на 23,1%. (таблица 2). На фоне с применением удобрений максимальное содержание K_2O было при отвальной системе обработки почвы и дисковании на глубину 6-8 см под озимую пшеницу – 9,2 мг/100 г абс. сух. почвы. Поверхностная и нулевая обработки почвы способствовали снижению содержания обменного калия в черноземе обыкновенном под озимой пшеницей. Такая же закономерность прослеживается и в слое 0-40 см

Таким образом, наилучшие результаты при изучении азотно-калийного режима почвы в течении вегетации озимой пшеницы были получены при отвальной обработке почвы в севообороте и дисковании на глубину 6-8 см. Максимальное содержание подвижного фосфора в почве было отмечено при комбинированной обработке, поверхностная и нулевая обработки привели к снижению подвижного фосфора в слое 0-40 см на 1,1-11,9%, на фоне с применением удобрений – на 2,2-6,5%.

Библиографический список

1. Кузина Е.В. Влияние способов основной обработки почвы в сочетании с удобрениями на содержание основных элементов минерального питания //Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 3. – С. 66-70.
2. Немцов С.Н. Почвозащитная система обработки почвы и ее значение в современных условиях //Сб. докл. науч- практ. конф. «Интенсификация ресурсосбережение и охрана почвы в адаптивно ландшафтных системах земледелия» Изд-во Курск. ГНУВНИИЗ и ЗПЭ. – 2008. – С. 115-119.
3. Турусов В.И., Новичихин А.М., Гармашов В.М., Богатых О.А., Чеканышкин А.С., Беспалов В.А., Пискарева Л.А. «Рекомендации по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия черноземов ЦЧЗ» / Каменная Степь. – 2019. – С. 9.
4. Шабаетов А.И., Жолинский Н.М., Цветков М.С., Янина С.М. Агроэкологические особенности технологий возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья //Доклады РАСХИ. – 2011. – №6. – С. 23-28.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОПТИМИЗАЦИЮ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г.

Институт семеноводства и агротехнологий –

филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения

«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

(ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Россия, 390502, Рязанская область, Рязанский район,

с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1

E-mail: podvyaze@bk.ru

Резюме: Приведены результаты исследований по влиянию способов обработки почвы оподзоленного чернозема на изменение биологической активности почвы. Обобщены результаты ранее проведенных исследований в длительном опыте. В статье показано стимулирующее воздействие различных систем обработки почвы, системы защиты растений на изменение микробиологических процессов за третью ротацию севооборота.

Ключевые слова: системы обработки почвы, оподзоленный чернозем, параметры плодородия, биологическая активность, продуктивность.

Введение. Большое значение для почвенного плодородия имеют сообщества связанных с биологической минерализацией органического вещества аэробных целлюлозных микроорганизмов, от которых зависят биологические свойства почвы. Они обеспечивают разложение органических соединений с образованием для растений питательных веществ [9].

В Нечерноземной зоне России слабым звеном на пути к интенсивному земледелию было и остается низкое естественное плодородие почв, и главная задача в современных условиях – задействовать внутренние резервы для обеспечения растений питательными элементами [1, 12].

Наряду с основными агрохимическими и водно-физическими показателями плодородия почв, меняется и их общая биологическая активность, которая обусловлена, в основном, деятельностью почвенной микрофлоры [7, 8], определяющей масштабы и направление биохимических превращений растительных остатков, органических удобрений и гумуса почвы [2, 6].

Представление о действии применения удобрений и обработки почвы на энергию разрушения растительного материала дает метод учета биологической активности почвы по разложению естественного источника целлюлозы – льняного волокна, метод «аппликаций» [11].

Для создания оптимальных условий формирования урожайности сельскохозяйственных культур ведущими факторами являются: система основной обработки почвы, гумусное состояние, накопление плодородия почвы (питательных веществ).

Цель наших исследований – изучение влияния способов обработки почвы на биологическую активность почвы и продуктивность культур звена севооборота.

При проведении длительных стационарных опытов использовали разнообразный комплексный подход, который позволил накопить обширный материал и с большей достоверностью понять процессы накопления и расходования органического вещества почвы, направленные в сторону сохранения почвенного плодородия, улучшения биологической активности, формирования высокой продуктивности сельскохозяйственных культур [3, 4].

Данные обстоятельства определяют научную новизну, которая состоит в том, что впервые в регионе на оподзоленном черноземе проводили длительные исследования по изучению приемов основной обработки почвы при использовании органических и минеральных удобрений.

Методика. Исследования проводили в длительном полевом стационарном опыте, заложенном в 1993 году ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в восьмипольном севообороте, представленном в таблице 1.

За контроль принята вспашка на 20 см. Площадь деланки 90 м². Повторность – 4-кратная. Объектом исследований является почва опытного участка – оподзоленный чернозем, которая характеризуется следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: общий гумус (по Тюрину) – 3,67 %, подвижный фосфор Р₂О₅ (по Кирсанову) – 15,7 мг /100г почвы, обменный калий

Таблица 1 – Схема опыта

Культуры севооборота	Системы обработки почвы				
	отвальная	минимальная	комбинированная		плоскорезная
			ПЧ-2,5	двухъярусный плуг	
Клевер 1 г.п.		–	–	–	–
Озимая пшеница	В-20	Л-16	Л-16	Л-16	Л-16
Кукуруза	В-20	Л-16 + ПЧ-2,5 – 27 см	В-27 + ПЧ-2,5 – 30 см	В-30 двухъярусный плуг	Д-10 + П-20
Ячмень + многолетние травы	В-20	Л-16	Л-16	Л-16	Д-10 + П-20
Многолетние травы 1 г.п.	–	–	–	–	–
Многолетние травы 2 г.п.	–	–	–	–	–
Озимая пшеница(вместо озимой ржи)	В-20	Л-16 + ПЧ-2,5 – 27 см	В-27 + ПЧ-2,5 – 30 см	В-30 двухъярусный плуг	Л-16
Ячмень + клевер	В-20	Л-16	Л-16	Л-16	Д-10 + П-20

К₂О – 12,4 мг/100 г почвы, рН_{сол.}–5,53, Н_г –1,64 мг-экв/100 г почвы.

Исследования проводили на фоне применения минеральных удобрений – (NPK)₉₀. Навоз в севообороте вносили 50,0 т/га под кукурузу и 30 т/га под озимую пшеницу (7 культура севооборота-вместо озимой ржи).

В статье представлены данные за третью ротацию культуры звена севооборота зерновых культур: озимая пшеница, ячмень+клевер.

В опыте на ½ площади деланки каждого варианта системы обработки в

посевах озимой пшеницы применяли гербицид Диален-супер – 0,8 л/га, на ячмене+клевер – Гербитокс в дозе 1,2 л/га.

Биологическую активность пахотного слоя (0-30 см) определяли в образцах почвы, отобранных на изучаемых культурах в конце 3-й ротации севооборота на двух несмежных повторностях методом аппликаций [10].

Интенсивность выделения диоксида углерода из почвы определялась по В. И. Штатнову.

Погодные условия за время проведения исследований отличались большим разнообразием, как по влагообеспеченности, так и по температурному режиму.

Результаты и обсуждение. Различные способы обработки почвы, система защиты растений в севообороте обусловили значительные изменения основных параметров плодородия почвы, изменяли направленность агрохимических, биохимических процессов плодородия почвы после трех ротаций.

Содержание гумуса в экспериментальных исследованиях в опыте зависело от систем обработки почвы. Отмеченные системы обеспечивали положительный баланс гумуса (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние обработок почвы на содержание общего гумуса, % в почве 0-30 см.

Содержание гумуса (общий по Тюрину), %	Система обработки почвы				
	1. отваль- ная вспашка	2. мини- мальная	3. комбинированная		5. с плоскоре- зом
			С 27+ЧП-2,5	с 2-х ярусным плугом на 30 см	
Исходное (1993 г.)	3,70	3,64	3,62	3,61	3,66
2017 г.	3,87	3,82	3,96	3,99	3,87
±	+0,17	+0,18	+0,34	+0,38	+0,21

Чем больше в почве гумуса, тем более энергично в ней протекают микробиологические и биохимические процессы. Лучшая сохранность гумуса в пахотном слое 0-30 см по окончании III ротации отмечена при применении периодически проводимой глубокой вспашки, одновременно с рыхлением чизелем – 2,5 до 30 см и по последствию 2-х ярусной обработки почвы (варианты №3 и №4). Прирост гумуса больше исходного значения на +0,34 – +0,38 % соответственно.

Содержание общего гумуса по обработкам почвы в III ротации увеличилось по сравнению с исходным на 0,17-0,38 % и достигло 3,82-3,99%.

Повышение содержания гумуса в слое 0-30 см отмечено по 2-х ярусной обработке (на 0,38% больше исходного значения), на однотипной вспашке на 20 см, плоскорезной показатель достигает – 3,87%, по минимальной обработке – 3,82%.

Выявлено, что органическое вещество в большей мере определяет питательный режим почв, оказывая на него прямое влияние, как источник элемента питания и положительно действует на биологическую активность почвы (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние способов обработки почвы на биологическую активность оподзоленного чернозема в слое 0-30 см и выделение диоксида углерода в третьей ротации севооборота (2017 г.).

Культура	Система защиты	Системы обработки почвы									
		1.отвальная В-20 (контроль)		2. минимальная		Комбинированная					
						3. В-27+ЧП - 2,5 на 30 см		4. 2-хярусным плугом на 30 см		5. с плоскорезом	
		1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2
Озимая пшеница 2-я культура севооборота	—	15,6	215	12,8	274,5	22,4	324,4	23,7	336,9	10,6	273
	защ.	17,0	203,7	15,75	288,0	23,9	332,8	27,4	340,6	14,1	286,2
Ячмень + клевер 3-я культура севооборота	—	36,8	228	45,9	270,8	44,9	277,8	53,0	298,2	30,15	216
	защ.	36,7	236,2	46,0	276,9	46,1	289,6	55,5	309,7	33,8	255,4

* % – биологическая активность (метод льняных полотен);

** CO₂ – выделение диоксида углерода (мг/м²·час)

Анализ полученных данных показал, что интенсивность разложения по культурам звена севооборота в пахотном слое за третью ротацию и по системам обработки почвы была различной.

Биологическая активность почвы под посевами озимой пшеницы в пахотном слое варьировала от 10,6 до 23,7% без средств защиты растений и 14,1-27,4 % с защитой (табл. 2). Наибольшая интенсивность распада льняного полотна в пахотном слое 0-30 см наблюдалась при оборачивании пласта почвы на глубину 30 см двухъярусным плугом ПЯ-3-35 (4 вариант) 23,7-27,4 %.

Остальные варианты системы обработки почвы по показателю биологической активности почвы занимали промежуточное положение.

Установлено, что длительная замена отвальной обработки на безотвальную, поверхностную, минимальную из-за пересыхания плодородного верхнего слоя, резко снижает доступность питательных элементов для растений. В результате чего на 2-ой культуре звена севооборота, озимой пшенице биологическая активность почвы проходила менее интенсивно по плоскорезной (5 вариант) и минимальной обработке (2 вариант).

При возделывании ячменя + клевер наибольшее усиление биологической активности (по разложению льняного полотна) почвы отмечено также по глубоким обработкам – 46,1% (3 вариант), 55,5% (4 вариант) с применением защиты растений, без защиты соответственно 44,9-53,0%.

Длительное отсутствие механического воздействия на почву ухудшает условия аэрации, что приводит к пониженной биологической активности почвы по плоскорезной обработке – на озимой пшенице на 5% меньше контроля (В-20), на ячмене – на 6,55% соответственно, что также указывает на снижение интенсивности минерализации органического вещества и вполне

согласуется с содержанием гумуса на этих обработках.

Дополнительно к выше рассмотренным параметрам, определяли эмиссию диоксида углерода (CO_2) в почве, которая является объективным тестом эффективного плодородия почвы и отражает прежде всего темпы разложения органического вещества (таблица 3).

Под озимой пшеницей установлена самая высокая активность выделения диоксида углерода (CO_2) также по периодически проводимым глубоким обработкам В-27 + ЧП-2,5 на 30 см (3 вариант) и (4 вариант) вспашка 2-х ярусным плугом на 30 см.

По сравнению с контрольным вариантом эмиссия диоксида углерода больше по последствию В-27 + ЧП-2,5 (3 и 4 вариант) на 109,4-121,9 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ без защиты растений и на 129,1-136,9 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ с защитой. Это значит, что в этот период наиболее активной жизнедеятельности растений, минерализация органических веществ в почве происходит наиболее интенсивно по глубоким обработкам.

Проведенные учеты по выделению углекислого газа под посевами ячменя + клевер в 2017 году показывают, что меньшей интенсивностью дыхания характеризовался вариант с отвальной вспашкой (контроль) – 230,2 $\text{CO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ с защитой и 228 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ без защиты и плоскорезной обработкой (5 вариант) – 255,4 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ с защитой и 216 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ без защиты.

Применение переменной разноглубинной отвальной обработки почвы, заделка в почву свежего органического вещества (ПКО + солома – 169,7 ц/га) положительно сказалось на продуктивности озимой пшеницы. Наибольшая продуктивность озимой пшеницы в среднем за годы исследований отмечена по системе комбинированной обработки почвы с защитой растений – 91,3 ц. к.ед и без защиты – 88,8 ц.к.ед с учетом соломы, ячменя достоверно выше также по последствию глубоких вспашек (3 и 4 варианты) – 75,6-79,0 ц.к.ед.

Выводы: Исследования по оценке биологической активности показывают, что разноглубинные обработки улучшают условия протекания биологических процессов в слое почвы 0-30 см, повышают продуктивность культур в севообороте по сравнению с контролем.

Наибольшая биологическая активность почвы (распада льняного полотна) в пахотном слое 0-30 см формируется при оборачивании пласта почвы на глубину 30 см двухъярусным плугом ПЯ-3-35 (4 вариант) – 23,7-27,4 %. В этом варианте наиболее высокая активность по выделению CO_2 – 340,6 мг/м² на озимой пшенице, что выше на 136,9 мг $\text{CO}_2/\text{м}^2$ или на 67 %, чем в контроле.

Таким образом, при комбинированной разноглубинной обработке создаются благоприятные условия для накопления гумуса в почве в сравнении с отвальной.

Библиографический список

1. Аканова Н.И. Эффективные решения повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур // Плодородие. – 2020. – № 2 – С. 29-30.
2. Ветрова С.В. Влияние технологий различной интенсивности на урожайность ячменя в условиях Тамбовской области // Владимирский земледелец. – 2017. – № 3 (81) – С. 21-22.
3. Гладышева О.В. и др. Влияние разных по интенсивности приемов основной обработки

оподзоленного чернозема на состояние плодородия и продуктивность культур // Аграрная наука. – 2020. – № 7-8. – С. 99-102.

4. Гладышева О.В. и др. Элементы технологии воспроизводства почвенного плодородия // Аграрная наука. – 2019. – №7-8. – С.44-45.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов – М.: Колос, 1973. – 416 с.

6. Завьялова, Н.Е. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы / Н.Е. Завьялова, А.И. Косолапов, В.Р. Ямалтдинова // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 21-23.

7. Зинченко, М.К. Действие различных систем удобрения на интенсивность биологических процессов в серой лесной почве / М.К. Зинченко. Л.Г. Стоянова // Владимирский земледелец. – 2014. – № 2-3 (68-69). – С. 19-24.

8. Ильясов М.М., Яппаров А.Х., Дегтярева И.А. Биологическая активность при ресурсосберегающих системах основной обработки выщелочного чернозема // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 49-50.

9. Матюк Н.С., Шевченко В.А., Соловьев А.М., Полин В.Д. Активность микроорганизмов дерново-подзолистой почвы в различных агроэкосистемах // Плодородие. – 2020. – № 2. – С. 61-62.

10. Мишустин, Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность / Е.Н. Мишустин – М.: Колос, 1972. – 148 с.

11. Рублюк М.В., Иванов Д.А., Карасева О.В. Влияние компоста многоцелевого назначения на биологическую активность почвы в осушаемых ландшафтах // Плодородие. – 2020. – № 2 – С. 50-51

12. Хусайнов Х.А., Тунтаев А.В., Муртазалиев М.С., Муртазалиев С.М Плодородие почвы в зависимости от приемов ее обработки и внесения органических удобрений на черноземе типичном в Чеченской республике // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 24-25.

УДК 631.4:631.95

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Глазунов Г.П.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,

ул. Карла Маркса, 70б, Курск, Российская Федерация

E-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru

Резюме. Рассмотрены вопросы морфометрического анализа рельефа на основе ГИС-технологий. В среде ГИС на основе методов цифрового моделирования рельефа проведен морфометрический анализ его характеристик. Проведена оценка потенциала использования сельскохозяйственных угодий на основе которой разработан подход к агроэкологической оценке земель, на основе геоморфологической дифференциации ландшафта.

Ключевые слова: агроландшафт, адаптивно-ландшафтные системы земледелия, агроэкологическая оценка земель, ГИС-технологии, уклон, экспозиция склона.

Введение. Природные ресурсы являются основой жизни человечества. Глобальное сельскохозяйственное развитие в большей степени ориентировано на рост производительности, чем на рациональное использование ресурсов в то время как рациональное природопользование направлено на обеспечение условий существования человечества и получение материальных благ, на максимальное использование каждого природного территориального комплекса,

на предотвращение или максимальное снижение возможных вредных последствий процессов производства или других видов человеческой деятельности.

В настоящее время перед учёными стоит задача разработки новых прорывных технологий, направленных на формирование современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе цифровых и ГИС-технологий, включающих наукоемкие агротехнологии высокой интенсивности и экологической безопасности направленных на производство заданных количества и качества продукции [1, 2].

Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия должно начинаться с агроэкологической оценки земель, которая предполагает получение достоверных данных об их качестве. Имеющиеся подходы анализа не отвечают современным требованиям и зачастую носят субъективный характер. Применение ГИС-технологий формирует информационную основу для ландшафтно-экологического анализа территории хозяйства. Их использование при агроэкологической типизации земель позволяет значительно сократить время на проведение оценки, а также получать пространственную информацию об агроландшафтах и количественно оценивать распределение данных в пределах рабочих участков [3, 4].

Цель исследования: путем анализа характеристик рельефа в среде ГИС и использования балльных оценок для его основных показателей, определить потенциал использования пахотных угодий на примере сельскохозяйственного производственного кооператива «Русь», расположенного в Советском районе Курской области.

Материал и методика исследования. Исследования проводились на базе лаборатории агрохимии и ГИС ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» с использованием системного, картографического, статистического, сравнительно-аналитического методов анализа, ГИС-технологий на основе современных методик с использованием программных средств Microsoft Office, MapInfo и Surfer. Применение ГИС-технологий проводилось с использованием разработок отечественных, зарубежных авторов и авторского подхода [1, 2, 5].

Для проведения исследования была выбрана территория сельскохозяйственного производственного кооператива (СПК) «Русь», Советского района Курской области. Территория СПК «Русь» характеризуется пологоволнистым типом рельефа, где площадь пашни, расположенной на склонах до 3°, составляет 96,2 % и является пригодной для возделывания большинства сельскохозяйственных культур региона. Эрозионные процессы наиболее развиты на участках, непосредственно примыкающих к надпойменной террасе реки Грайворонка. Современные контуры угодий СПК были уточнены с помощью GPS-приемника и космического снимка на территорию хозяйства. Далее, для того чтобы провести анализ рельефа, в программе MapInfo была построена цифровая модель рельефа (ЦМР) хозяйства путем оцифровки горизонталей топографической карты масштаба 1:10 000.

Результаты исследования. Рельеф земной поверхности в районе СПК

«Русь» – равнинный. На основании данных радарной интерферометрии проекта Агентства по исследованию космического пространства США (NASA USA) Shuttle Radar Topographic Mission были рассчитаны картосхемы общих средних уклонов земной поверхности. Результаты расчета картировали и представили в виде карты крутизны (рис. 1) и экспозиции (рис. 2) склонов.

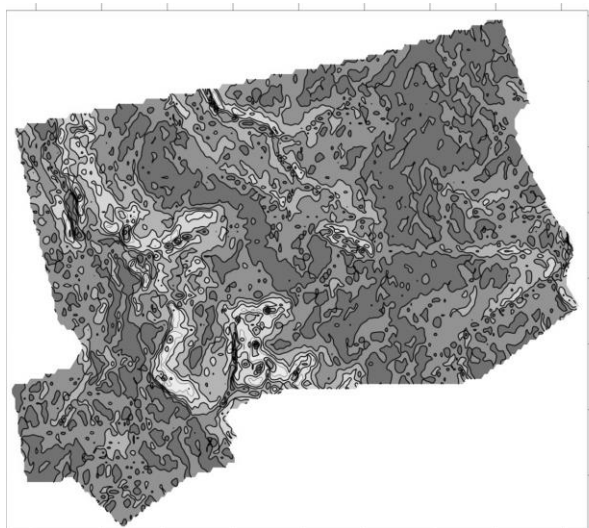


Рисунок 1 – Карта крутизны склонов, рассчитанная по ЦМР дискретизацией 3 угловые секунды

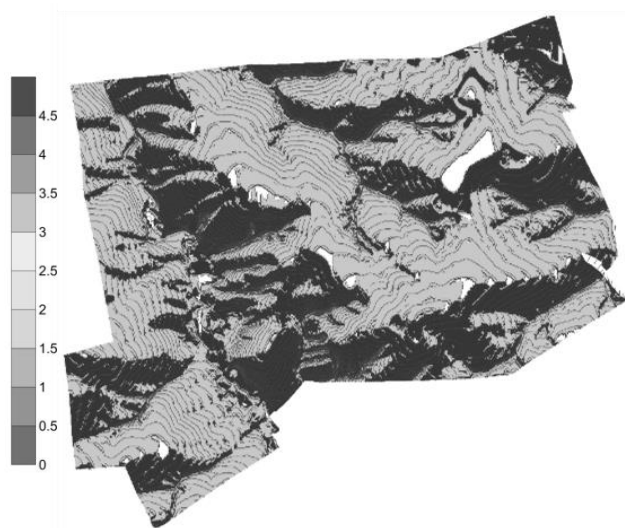


Рисунок 2 – Карта экспозиций склонов СПК «Русь»
(светло-серый цвет - северная экспозиция, тёмно-серый – южная)

Экспозиция склонов влияет на качество и степень благоприятности угодий двояко: склоны северной экспозиции менее подвержены эрозии, но это не компенсирует огромных энергетических потерь относительно южной.

Морфологическое устройство склонов существенно влияет на интенсивность стока талых и ливневых вод. Согласно процессам линейной эрозии более подвержены конвергентные и выпуклые склоны поскольку они являются поверхностями формирования потоковых систем атмосферного стока. Эрозионная опасность выпуклых склонов в 1,25-1,5 раза возрастает по отношению к прямым, вогнутые склоны, наоборот, снижают этот показатель на 25-50% [1, 6].

Нами была оценена степень плановой кривизны поверхности и морфологии профилей конкретных склонов. На основании геодезических данных и авторских рекогносцировочных наблюдений построены детальные схемы, характеризующие расчленение поверхности территории СПК «Русь».

На рисунке 3 белыми линиями отмечены крупные ложбины стока, которые проходят процесс формирования в качестве молодых эрозионных форм – промоин и, впоследствии, оврагов.

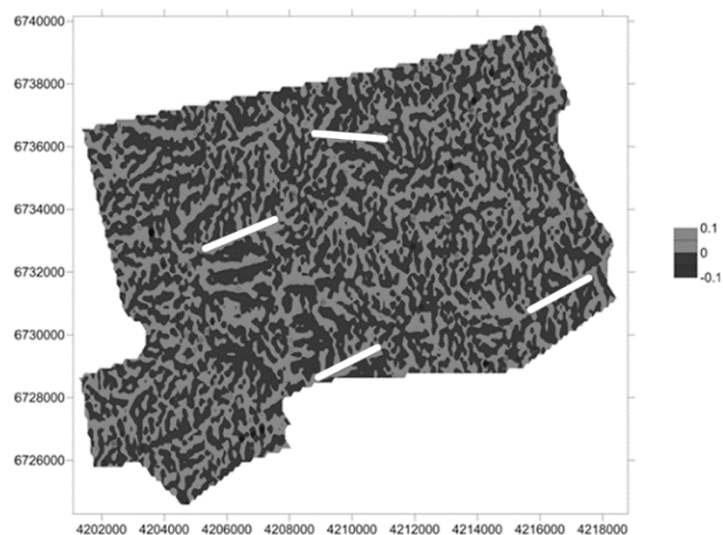


Рисунок 3 – Плановая кривизна поверхности:
Положительные значения – конвергентные склоны (светло-серый цвет),
отрицательные значения – дивергентные склоны (темно-серый цвет),
— крупные ложбины стока.

На интенсивность развития верхних звеньев эрозионных цепей существенное влияние оказывает характер профиля склона (рис. 4). На выпуклых склонах широкого распространения овраги достигают максимальной глубины и современной интенсивности вреза. Метрические характеристики здесь, как и в случае с конвергентными и дивергентными потоками, определяют энергетические характеристики эрозионных процессов.

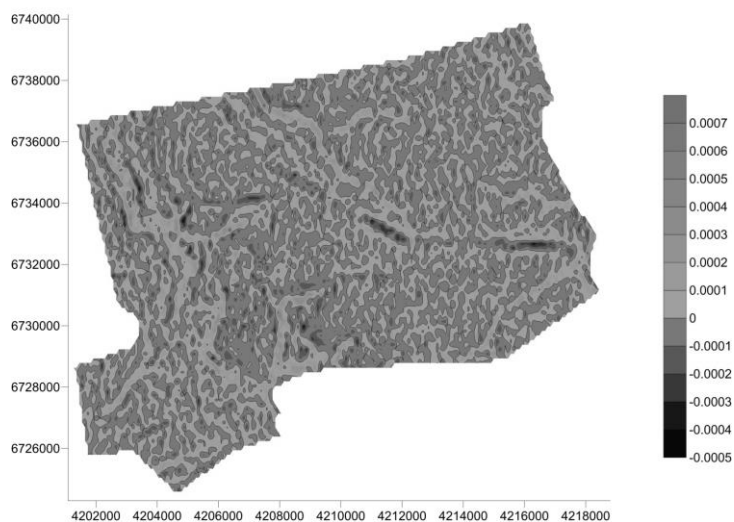


Рисунок 4 – Характер кривой линии профиля склона.

Оттенки темно-серого – выпуклые склоны, оттенки светло-серого – вогнутые склоны.

На основе полученных данных в результате выполненной синтетической балльной оценки была построена электронная карта балльной оценки качества сельскохозяйственных угодий (рис. 5).

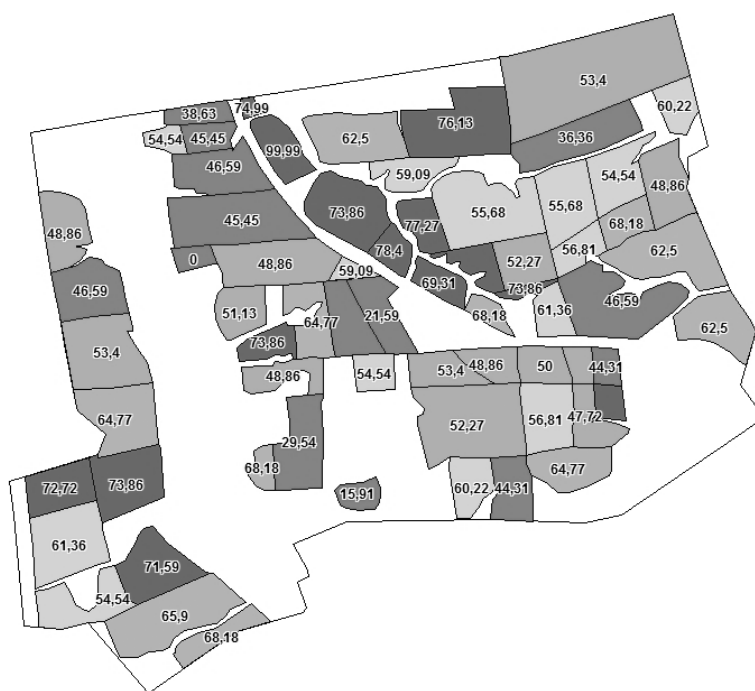


Рисунок 5 – Бальная оценка качества сельскохозяйственных угодий СПК «Русь» в зависимости от рельефа территории.

Следует отметить, что более выгодные экологические условия для произрастания сельскохозяйственных культур отмечаются на пологих склонах южной экспозиции. Пологие склоны практически не подвержены ни линейной, ни плоскостной эрозии, хорошо дренируемы и получают значительно большее количество солнечной энергии, чем склоны теневых экспозиций. По показателям уклона поля отличны в незначительной степени, а дифференциация агроэкологических параметров полей по балльной оценке, главным образом, зависит от экспозиции.

Выводы. Таким образом, проведена количественная оценка благоприятности рельефа для ведения сельскохозяйственного производства. В среде ГИС создана серия электронных карт, отражающих основные показатели рельефа исследуемой территории и совокупную балльную оценку по исследуемым показателям для каждого поля. Результаты оценки показали, что наиболее благоприятны факторы рельефа для произрастания сельскохозяйственных культур на пологих склонах южной экспозиции. В применяемой балльной оценке наиболее значимым фактором оказалась экспозиция склона, а не его уклон.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – М.: «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Методика проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко, А.С. Акименко и др. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 85 с.
3. Колбовский Е.Ю. Рельеф в геоинформационных системах: от традиционных карт к моделям ГИС / Е.Ю. Колбовский, М.В. Пасхина, П.Н. Брагин // Ярославский педагогический вестник, 2010. – Т. 3. – № 4. – С. 140-147.
4. Бутвиловский В.В. Рельеф и почвы как основа выделения и изучения ландшафтов / В.В.

Бутвиловский // Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2015. – № 3. – С. 10-15.

5. Адаптивно-ландшафтная система земледелия СПК «Русь» Советского района Курской области / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко, А.С. Акименко и др. – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. – 92 с.

6. Герасименко В.П., Кумани М.В. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 200 – 105 с.

УДК 631.427.2:633.11:631.582

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ В СЕВООБОРОТАХ С РАЗНЫМ НАСЫЩЕНИЕМ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ¹

Говорова О.В.

ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр
им. В.В. Докучаева», Россия, Воронежская область, Каменная Степь

E-mail: niishc@mail.ru

Резюме. В статье представлены результаты исследований по изменению структуры микробного ценоза чернозема обыкновенного в севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами под озимой пшеницей.

Ключевые слова: биологическая активность почвы, микроорганизмы, озимая пшеница.

Свойства и плодородие почвы определяются протекающими в ней биологическими процессами, ведущая роль в которых принадлежит растениям и микроорганизмам.

Значимым показателем направленности биологических процессов в почве является структура микробного ценоза. Количество микроорганизмов тесно связано с возделываемыми в севообороте культурами и их чередованием [1].

Выращиваемые в севообороте культуры играют большую роль в формировании и изменении микробиоценозов, так как растения в виде корневых и пожнивных остатков, а также продуктов их преобразования служат источником питания и энергии для микроорганизмов.

Увеличение механической нагрузки при обработке почвы, чередование культур и использование ее естественного плодородия отражается на продуктивности возделываемых культур. Особенно это актуально при возделывании озимой пшеницы, которая относится к числу наиболее агрономически ценных и высокоурожайных зерновых культур. Микроорганизмы принимают участие в сложных биохимических процессах и в поддержании почвенного плодородия. Они быстро реагируют на изменение условий среды, поэтому изучение структуры микробного ценоза может служить важнейшим показателем направленности различных процессов, протекающих в почве [2].

Скорость процессов минерализации растительных остатков, состав образующихся при этом органических и минеральных соединений, а также биологические свойства почвы зависят от химического состава поступающего в нее

¹ *Работа выполняется под руководством академика РАН Турусова В.И.

материала [3].

Почвенные микроорганизмы являются одним из основных компонентов биоценозов, поэтому изучение структуры микробного ценоза имеет большое значение при разработке научных основ севооборотов.

Накопление микроорганизмов в почве в значительной степени зависит от наличия определенной части органических веществ, а именно той, которая легко используется как источник питания. Это свежие растительные остатки и продукты их первичного распада [4].

Численность различных физиологических групп почвенных микроорганизмов свидетельствует о текущем состоянии данной почвы, т.е. о наличии в ней больших или меньших запасов подвижных органических и ряда минеральных соединений, энергии, протекающих в почве микробиологических процессах [3].

Микроорганизмы – более изученная группа почвенной микрофлоры, они характеризуются многочисленностью и высокой активностью. Микроорганизмы в биоценозах минерализуют органические остатки, замыкая биологические циклы экосистем. Основными деструкторами органических отмерших остатков являются микроорганизмы [5].

Методика. Наши исследования проводились в многолетнем стационарном опыте лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов ФГБНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, среднemosный тяжелосуглинистого гранулометрического состава, с благоприятными физико-химическими и агрохимическими показателями.

Структуру микробного ценоза определяли в почве под озимой пшеницей путем посева почвенной суспензии на агаризованные питательные среды.

Результаты и обсуждение. Влага – решающий фактор для развития микроорганизмов почвы, как и всякой экосистемы на Земле. Однако почвенная микрофлора более устойчива к засухе, так как в микропорах почвы может сохраняться остаточное количество воды, поддерживающей ее жизнедеятельность. Об этом говорит высокое содержание азотобактера в сезон этого года на всех вариантах опыта. Этот свободноживущий азотофиксатор в своем метаболизме нуждается в большом количестве легкодоступного органического вещества почвы. По этому признаку можно говорить о наличии благоприятных почвенных условий в данном опыте.

Значение коэффициента минерализации было достаточно контрастным по вариантам опыта. Этот показатель был выше на варианте с 56%-м насыщением – 3,45, здесь же наблюдалось и максимальное количество микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота – 19,43. Содержание актиномицетов повышалось с применением минеральных удобрений (табл.1).

Таблица 1 – Структура микробного ценоза почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от насыщения севооборотов зерновыми культурами в 2020 г.

Насыщение зерновыми	Млн. клеток в 1г абс. сухой почвы				Тыс. клеток в 1г. абс. сухой почвы			Колоний в 50г. абс. сухой почвы	КАА/МПА
	МПА	КАА	актино-мицеты	минерализаторы гумуса	грибы	клетчатковые	нитрификаторы	азотобактер	
70%	7,27	15,01	2,39	16,81	29,96	45,28	0,35	493	2,06
56%	5,63	19,43	2,54	17,40	32,28	35,97	0,41	531	3,45
84%	5,3	15,77	2,53	15,65	39,68	42,63	0,55	595	2,97
70%+ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,47	16,89	2,88	17,02	41,58	45,95	0,44	486	2,24
100%	6,06	17,17	2,78	17,37	25,68	62,7	0,45	552	2,83
100%+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,45	17,95	2,77	15,74	29,52	65,04	0,46	446	2,40
70%	5,99	15,13	3,02	15,41	33,43	42,45	0,49	556	2,52

На этом же варианте было выше количество минерализаторов гумуса. Микроскопические грибы активно реагировали на внесение минеральных удобрений, их количество 41,58 тыс. на варианте с 70% насыщением+ N₆₀P₆₀K₆₀; минеральные удобрения также стимулировали активность клетчатковых. Их количество составило 65,04. Это объясняется тем, что данные микроорганизмы для своей деятельности нуждаются в большом количестве минерального азота.

В целом микрофлора почвы на вариантах опыта даже в условиях дефицита влаги была достаточно активна, что говорит о благоприятном сочетании культур и агротехнических приемов, применяемых в данном стационаре, которые позволяют в определенной мере нивелировать недостаток влаги в почве.

Библиографический список

1. Рымарь В.Т. Теоретические и практические основы полевых севооборотов на черноземных почвах / Рымарь В.Т., Свиридов А.К., Черенков В.В. – Каменная Степь – 2000 – 214с.
2. Турусов В.И. Дронова Н.В. Структура микробного ценоза под озимой пшеницей в зависимости от предшественника. // Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства. Сборник научных докладов всероссийской школы молодых ученых и специалистов. Каменная степь, 2012. – С. 84-85.
3. Мамилов А.Ш. Влияние трудногидролизующих источников углерода на динамику микробной биомассы и дыхание почвы / А.Ш. Мамилов, Ш.З. Мамилов, Д.Г. Звягинцев // Вестн. Моск. Ун-та. – 1999. – №1. – С.51-54.
4. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения.-М.: АН СССР, 1958 – 463с.
5. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; Под ред. В.А. Черникова А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

631.416.8+632.12:631.524.84;546.56

ФОРМИРОВАНИЕ БИОМАССЫ КОРМОВЫХ БОБОВ В ХОДЕ ОНТОГЕНЕЗА И НАКОПЛЕНИЕ МЕДИ В ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ

Гончарова Л.И., Цыгвинцев П.Н., Рачкова В.М.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии, г. Обнинск

E-mail: rirae70@gmail.com; <http://www.rirae.ru>

Резюме. В вегетационном опыте установлено, что характер закономерностей формирования надземной и корневой массы кормовых бобов зависит от возрастных особенностей растений и от уровней загрязнения почвы медью. Поступление ионов меди из почвы в органы растений носило дозозависимый характер и соответствовало аккумулятивному типу поглощения. Превышение ПДК элемента для кормов в надземной и корневой биомассе обусловлено недостатком валовых форм металла и сортовой спецификой данного генотипа по отношению к меди

Ключевые слова: кормовые бобы, биомасса, динамика накопления меди

Среди техногенных факторов для аграрных экосистем серьезной проблемой является загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) [1]. Медь – важнейший, необходимый для растений, биофильный микроэлемент, но в повышенных концентрациях оказывает токсическое действие, приводящие к различным метаболическим изменениям [2], повреждению тканей и снижению продуктивности как диких [3], так и культурных растений [2, 4]. В работе [5] показано, что межвидовые различия накопления меди в системе растение-почва могут достигать 9-кратных значений. В литературных сведениях о распределении ТМ по органам растений одни исследователи указывают на большую аккумуляцию ТМ в надземных органах [3], другие – в корнях [6]. Эффективность действия ТМ на растения зависит от степени окультуренности почв и от возрастных особенностей растений [7].

Зернобобовым культурам в растениеводстве уделяется особое внимание. Благодаря своим биологическим свойствам они выполняют важную роль в решении белковой проблемы в кормопроизводстве, а также способствуют улучшению плодородия почв [8]. Высокая эффективность бобовых в севооборотах позволяет сократить внесение азотных минеральных удобрений под основные культуры на 15-20 %. К сожалению, в литературе недостаточно сведений о влиянии меди в широком диапазоне концентраций на продуктивность и накопление металла в органах растений кормовых бобов, что и явилось целью данной работы.

Объект исследования – кормовые бобы (*Faba vulgaris* M.), сорт Янтарные. Вегетационный опыт проводили на дерново-подзолистой почве в сосудах емкостью 5 литров, по 7 растений, повторность трехкратная. Фоновое содержание меди в почве – 3,22 мг/кг, что служило контролем. Cu добавляли в почву в виде водных растворов азотнокислой соли $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в следующих концентрациях, мг/кг: 50, 100, 150, 200. Одновременно вносили питательные элементы из расчета $\text{N}_{200}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$ мг/кг по действующему веществу. Через 50, 70 и 100 суток

от посева (стадии – цветение, образование зеленых бобов и созревание стручков) определяли сухую надземную и корневую массу и накопление Cu в этих органах растений. Содержание Cu определяли атомно-абсорбционным методом на спектрометре SpectrAA 250 Plus фирмы «Varian» (Австралия-США) в соответствии с [9]. Растительные пробы минерализовали сухим озолением по ГОСТ 26657-85. Данные на рисунках и в таблице представлены в виде средних значений и их стандартных ошибок. Достоверность различий вариантов опыта установлена на основе *t*-теста для средних.

Установлено, что на 50-е сутки от посева (период цветения) при дозах Cu 50-100 мг/кг почвы достоверных отличий от контроля по надземной биомассе не наблюдалось. С повышением уровня загрязнения почвы до Cu 150-200 мг/кг отмечено увеличение биомассы в среднем в 1,3 раза ($p < 0,001$) (рис. 1). К моменту образования зеленых бобов (70-е сутки вегетации) при концентрации Cu 100 мг/кг почвы наблюдалось максимальное нарастание биомассы, превысившее контроль в 2 раза ($p < 0,001$) и несколько меньше – в 1,3 раза – при дозе Cu 200 мг/кг. В период созревания стручков (100-е сутки) нарастание биомассы кормовых бобов ослабевало и различия в вариантах по сравнению с контролем уменьшались. Так, при дозах Cu 50 и 150 мг/кг надземная биомасса превышала контроль в среднем в 1,1 раза ($p < 0,05$), а при концентрациях Cu 100 и 200 мг/кг, напротив, была ниже контроля в среднем в 1,2 раза ($p < 0,01$) (рис.1). Следовательно, характер закономерностей формирования биомассы кормовых бобов зависел как от возрастных особенностей, так и от уровней загрязнения почвы медью.

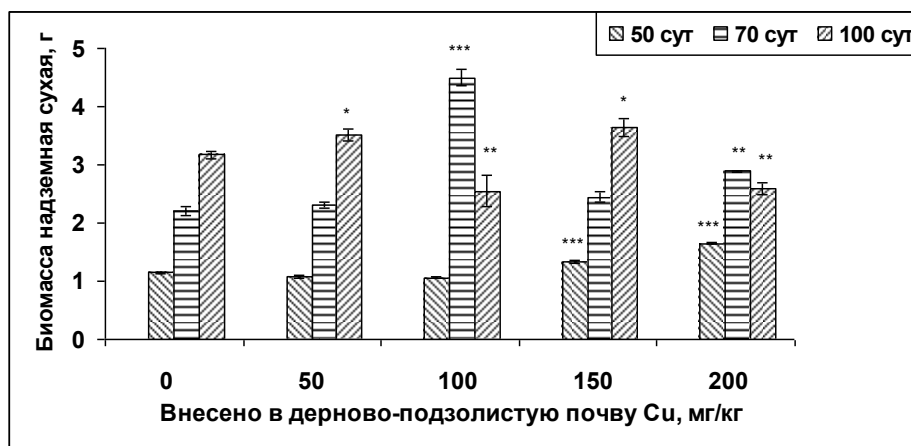


Рисунок 1 – Влияние меди на формирование надземной массы бобов

Аналогичные закономерности наблюдались по массе корней. На 50-е сутки от посева в диапазоне доз Cu 50-100 мг/кг почвы выявлена тенденция снижения массы корней, а при Cu 150-200 мг/кг, напротив, отмечено их увеличение в среднем в 1,9 раза ($p < 0,001$) (рис. 2). На 70-е сутки вегетации при концентрации Cu 100 мг/кг почвы у бобов выявлено наибольшее превышение над контролем массы корней – в 2,5 раза ($p < 0,001$) и несколько меньшее – в среднем в 1,1 раза – в диапазоне доз Cu 150-200 мг/кг. При созревании стручков (100 суток) отмечено повышение массы корней в 1,2 раза ($p < 0,05$) при дозах Cu 50 и 150 мг/кг почвы, в остальных вариантах отклонений от контроля не

наблюдалось (рис. 2).

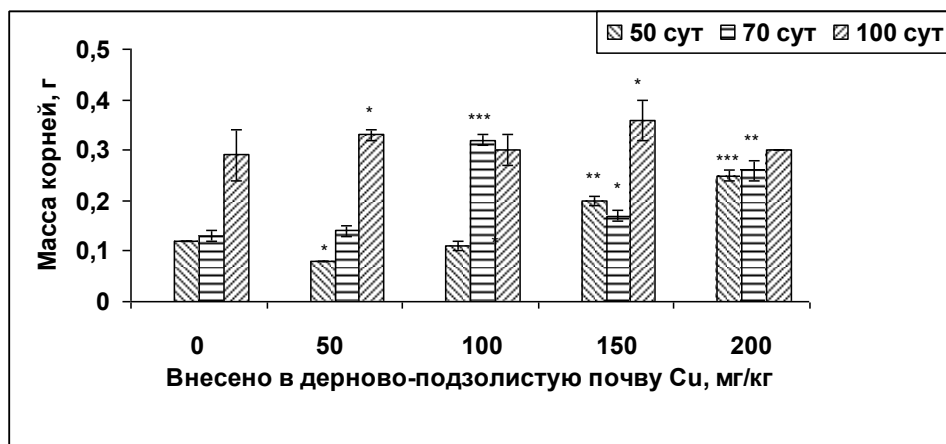


Рисунок 2 – Влияние меди на сухую массу корней кормовых бобов

Поступление меди в органы растений кормовых бобов сорта Янтарные соответствовало аккумулятивному типу накопления [5] (табл.).

На 50-е сутки (фаза цветение), начиная с концентрации Cu 50 мг/кг, происходило интенсивное поступление меди в органы растений, обусловленное недостатком валовых форм металла и сортовой спецификой данного генотипа по отношению к Cu. На стадии образования зеленых бобов при дозах Cu 100-150 мг/кг содержание металла в надземной биомассе превысило ПДК элемента для кормов [10] в среднем 1,1 раза, а при созревании стручков превышение достигло максимального значения – в 2,3 раза – при дозе Cu 200 мг/кг (табл.) Выявлена дозовая зависимость поступления меди в корневую часть, независимо от возраста растений. При этом, накопление меди в корнях во всех вариантах существенно превышало ПДК – от 2,0 до 10 раз элемента для кормов, начиная с концентрации Cu 50 мг/кг почвы и выше (табл.). Отмеченные закономерности обусловлены барьерными функциями корневой системы растений, ограничивающими поступление токсиканта в надземные органы на пути миграции вредных ионов из почвы в растения [2-3, 5], вследствие чего превышения ПДК металла в зерне бобов не наблюдалось.

Таблица – Содержание Cu в органах растений кормовых бобов, мг/кг

Внесено Cu, мг/кг	Цветение – 50 суток		Образование бобов – 70 суток		Созревание стручков – 100 суток		
	фитомасса	корни	фитомасса	корни	фитомасса	корни	зерно
Фон–3,2	5,6±0,1	6,0±0,1	6,4±0,1	5,2±0,1	5,5±0,1	4,3±0,1	8,1± 0,1
50	12,1±0,1	67,0±0,1	22,0±0,2	60,5± 0,1	15,5±0,1	58,5± 0,1	22,6± 0,1
100	20,8±0,2	118,0±0,1	34,8±0,2	132,5±0,1	20,6±0,2	74,0± 0,1	24,0± 0,2
150	22,2±0,3	169,0±0,1	31,8±0,5	152,0±0,1	36,2±0,1	189,5±0,1	22,9± 0,1
200	16,8±0,3	187,0±0,1	26,8±0,2	281,0±0,1	67,9±0,2	301,0±0,1	25,2± 0,3

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что характер закономерностей формирования надземной и корневой биомассы кормовых бобов в ходе вегетации зависел как от возраста растений, так и от уровня загрязнения почвы медью. Было отмечено как стимулирующее, так и угнетающее действие металла на биомассу. Наибольшие стимулирующие эффекты

по ростовым показателям выявлены в фазе образования зеленых бобов. Поступление ионов меди из почвы в органы растений носило дозозависимый характер и соответствовало аккумулятивному типу поглощения. Превышение ПДК элемента для кормов в надземной биомассе в 1,1 раза, наблюдаемое на 70-е сутки при дозах Cu 100-150 мг/кг почвы, и в 1,2 и 2,3 раза, соответственно, при дозах Cu 150 и 200 мг/кг – в фазе созревания стручков, обусловлено недостатком валовых форм металла и сортовой спецификой данного генотипа по отношению к меди. Интенсивное накопление меди в корнях растений в течение исследуемых периодов, превышающее более, чем в 2,0 и 10 раз ПДК элемента для кормов, связано с работой барьерных функций корневой системы.

Библиографический список

1. Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И.Санжаровой, к.б.н. П.Н. Цыгвинцева. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019. – 398 с.
2. Демидчик В.В., Соколик А.И., Юрин В.М. Токсичность избытка меди и толерантность к нему растений // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121. – № 5. – С. 511-525.
3. Поздняк С.С. Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова // Вестник Томского ГУ. Биология. – 2011. – №1 (13). – С. 123-135.
4. Minkina T.M., Motuzova G.V. Mandzhieva S.S. Nazarenko O.G. Ecological resistance of the soil-plant system to contamination by heavy metals // Journal of Geochemical Exploration. – 2012. – Vol. 123. – P. 33-40.
5. Baker A.J.M. Accumulators and excluders – Strategies in the response of plants to heavy metals // Journal of Plant Nutrition. – 1981. – Vol. 3. – P. 643-654.
6. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.
7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе: почва-растение. – Новосибирск: СО РАН, 2012. – 220 с.
8. Вишнякова М.А. Генофонд зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биологизации и экологизации растениеводства // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 3. – С. 3-23.
9. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Изд. 2-е. М.: ЦИНАО, 1992. – 62 с.
10. Временный максимально – допустимый уровень – МДУ содержания некоторых хим. элементов и госсипола в кормах для с/х животных и кормовых добавках. – М., 1987, 128. 4/281-6 от 15.04. – 1987 г.

УДК 631.445.4:631.423(470.324)

СОДЕРЖАНИЕ ОБМЕННОГО НИКЕЛЯ В ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ И ТИПИЧНЫХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Гоптарев А.В.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: goptarev.ant0on@mail.ru

Резюме. Приведены результаты исследований химического состава и физико-химических свойств черноземов выщелоченных Рамонского района и типичных Хохольского района Воронежской области. Исследовано содержание обменного никеля в черноземах, его профильное распределение. Показана взаимосвязь обменного никеля с органическим веществом в исследуемых почвах.

Ключевые слова: черноземы, выщелоченные черноземы, типичные черноземы, никель, обменные соединения никеля.

Summary. The results of studies of the chemical composition and physico-chemical properties of leached chernozems of the Ramonsky district and typical Khokholsky district of the Voronezh Region are presented. The content of exchangeable nickel in chernozems and its profile distribution are studied. The relationship between the exchange of nickel and organic matter in the studied soils is shown.

Key words: chernozems, leached chernozems, typical chernozems, nickel, nickel exchange compounds.

Изучение содержания обменной формы Ni является важным вопросом, поскольку Ni легко извлекается растениями из почвы. Элемент является незаменимым компонентом уреазы, стимулирует процессы нитрификации и минерализации соединений N. Металл имеет прямое отношение к биосинтезу биологически активных соединений [1]. Наряду с этим отмечается и отрицательная роль Ni, при избыточном содержании он проявляется себя как токсикант: отмечаются поражения листового аппарата некротического и хлоротического происхождения; наблюдается отрицательный геотропизм листьев, поскольку происходит нарушение водного баланса растений. При высоком содержании Ni в растительных организмах на уровне клеток отмечается сбой митоза и цитокинеза, нарушение в работе ядра и ДНК. Следовательно, целесообразно проводить регулярный мониторинг почв, чтобы не допустить превышение ПДК данного элемента. Поэтому целью данной работы является исследование профильного распределения обменных соединений Ni в черноземах выщелоченных Рамонского района и типичных Хохольского района Воронежской области, а также дать общую агроэкологическую оценку изучаемых почв.

С целью изучения современного состояния черноземов были исследованы черноземы выщелоченные, расположенные в пределах Рамонского района Воронежской области, и типичные Хохольского района Воронежской области. На территории исследования заложены почвенные разрезы, на пахотных и залежных участках. Из них были отобраны почвенные образцы через каждые 10 см до глубины 120 см. В почвенных образцах определялись содержание углерода органических соединений (содержание гумуса), pH водной суспензии, гидролитическую кислотность, содержание обменных катионов кальция и магния [5]. Обменные соединения Ni определялись в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) pH 4,8

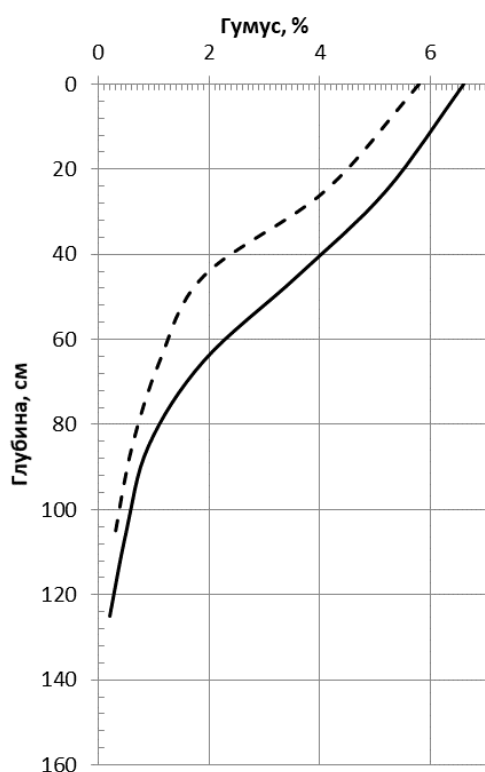
Данные по содержанию органического вещества показывают: максимальное содержание гумуса отмечается в верхнем 0-10 см слое черноземов типичных и составляет 6,6 %, далее в порядке уменьшения следуют выщелоченные черноземы с содержанием гумуса 5,8-6,0%. Вниз по почвенному профилю происходит постепенное снижение процентного содержания гумуса до минимальных значений в почвообразующих породах – 0,2%. В почвообразующих породах отсутствуют биологические процессы, ведущие к формированию органического вещества.

Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах исследуемых почв

близкая к нейтральной и колеблется в пределах от 6,2 до 7,0 единиц. Далее вниз по профилю показатель pH постепенно увеличивается, достигая в породе своего максимального значения 8,5. Известно, что почвообразующие породы объектов исследования обогащены карбонатом кальция. Гидролитическая кислотность зависит от значений pH, постепенно уменьшается с глубиной. На уровне залегания карбонатов – исчезает полностью. Так в черноземах типичных гидролитическая кислотность в верхнем слое 0-10 см имеет среднее значение 1,5 ммоль(экв)/100г почвы, в выщелоченных черноземах – 2,1 ммоль(экв)/100г почвы.

Наибольшее содержание обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} отмечается в верхнем 0-10 см слое исследуемых почв – 42,0-45,4 ммоль(экв)/100г почвы, поскольку они прочно связаны с гуминовыми кислотами, этим объясняется и тот факт, что вниз по профилю происходит постепенное снижение количества обменных катионов до 31,7-31,9 ммоль(экв)/100г почвы как в типичных, так и в выщелоченных черноземах.

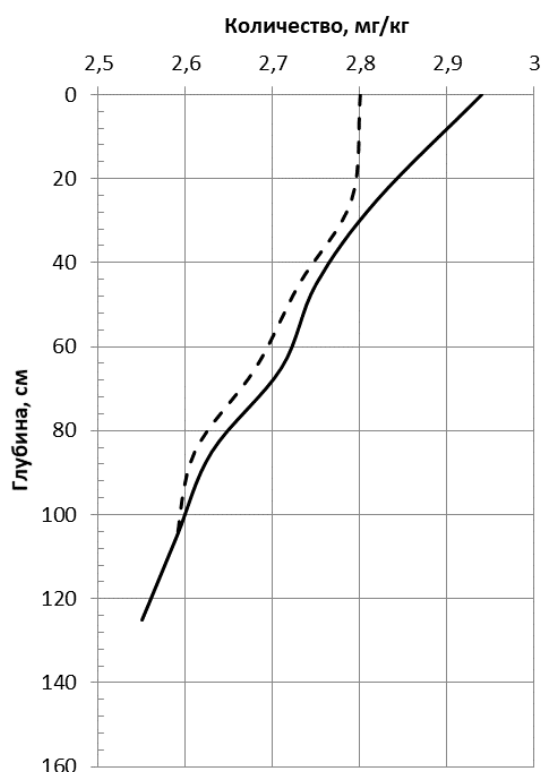
Обменные соединения Ni, согласно полученным данным, в максимальном количестве содержатся в 0-10 см слое черноземов и в среднем составляет 2,8 мг/кг. Вниз по профилю всех исследуемых почв происходит постепенное снижение элемента (рис. 2) аналогично распределению гумуса с минимумом со-



— чернозем
типичный
- - - чернозем
выщелоченный

1

Рисунок 1 – Процентное содержание гумуса в почвах



— чернозем типичный
- - - чернозем
выщелоченный

Рисунок 2 – Распределение обменных соединений Ni в исследуемых почвах

держания в почвообразующих породах. Ni активно сорбируется гуминовыми кислотами органического вещества почв черноземного ряда [3, 4]. В сорбционном процессе металлов (в том числе Ni) гумусом участвуют карбоксильные и фенольные группы, которые входят в состав органического вещества. Процесс осуществляется с помощью замещения водородного катиона никелем. В результате образуются хелаты, в молекуле которых Ni расположен в анионной части органического вещества. Коэффициент корреляции между распределением гумуса и обменными соединениями Ni в исследуемых почвах $r = 0,93$. Это свидетельствует о сильной прямой связи, и подтверждает биогенность никеля. В нижней части профиля никель содержится в слаборастворимой форме, входит в состав силикатов и алюмосиликатов, а также прочно сорбирован илистой фракцией.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что в почвах черноземного ряда прослеживается сходство в химических и физико-химических свойствах. Выщелоченные и типичные черноземы отличаются благоприятными физическими, химическими и физико-химическими свойствами. Максимальное содержание гумуса отмечается в верхнем слое черноземов. Вниз по почвенному профилю всех исследуемых почв происходит постепенное снижение содержания гумуса и достигает минимальных значений в почвообразующей породе. Для изучаемых почв характерна нейтральная и слабокислая реакцию почвенного раствора в верхнем слое, вниз по профилю происходит постепенное подщелачивание, благодаря влиянию карбонатной почвообразующей породы. Гидролитическая кислотность исследуемых почв постепенно уменьшается вниз по профилю. Наибольшее содержание обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} отмечается в верхнем слое исследуемых почв. Поскольку они прочно связаны с гуминовыми кислотами, этим объясняется и тот факт, что вниз по профилю происходит постепенное снижение количества обменных катионов.

Для обменных соединений никеля характерна биогенная аккумуляция в верхней части гумусового горизонта. Металл связывается гуминовыми кислотами в труднорастворимые хелатные и комплексно-гетерополярные соединения. Характерно постепенное снижение концентрации никеля вниз по почвенному профилю до глубины залегания почвообразующей породы. Обнаружена тесная корреляционная зависимость в профильном распределении элемента и гумуса. В анализируемых подтипах чернозема содержание обменных соединений никеля не превышает ПДК Ni = 4 мг/кг [2], что свидетельствует об отсутствии загрязнения обменным Ni.

Библиографический список

1. Андреева И.В., Говорина В.В., Виноградова С.Б., Ягодин Б.А. Никель в растениях // Агрохимия. – 2001. – № 3. – С. 82-94.
2. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. – М: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2009. – 95 с.
3. Горбунова Н.С. Формы соединений марганца, меди, цинка, никеля, свинца и кадмия в черноземах Центрально-черноземного региона // Дисс. на соискание уч. ст. к. б. н. – Воронеж: ВГУ, 2005. – 201 с.

4. Крамарева Т.Н., Горбунова Н.С., Громовик А.И., Куликова Е.В. Биогеохимия никеля при орошении // Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10. – №3(39). – С. 124-133.
5. Щеглов Д.И., Громовик А.И., Горбунова Н.С. Основы химического анализа почв. – Воронеж: ВГУ, 2019. – 332 с.

УДК 631.432:633.34:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОЧВЫ СОРТАМИ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Грицина В.Г.¹, Котлярова Е.Г.²

ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет

имени В. Я. Горина, Белгород

¹E-mail: vitalii-gricina@mail.ru

²E-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

Резюме. Изучено влияние различных сочетаний компоста соломопометного (20 т/га), аммиачной селитры (30 кг/га N) и микроудобрения Азосол 36 Экстра (2 раза по 2 л/га) на запасы продуктивной влаги и эффективность их потребления посевами раннеспелого и среднеспелого сортов сои в юго-западной части Центрального Черноземья.

Ключевые слова: соя, сорт, органические и минеральные удобрения, запасы продуктивной влаги, водопотребление.

Summary. The influence of various combinations of straw-litter compost (20 t/ha), ammonium nitrate (30 kg/ha N) and microfertilizer Azosol 36 Extra (2 times 2 l/ha) on the productive moisture reserves and the efficiency of water consumption by crops of the early-and mid-ripening soybean varieties in the southwestern part of the Central Chernozem region was studied.

Key words: soybean, variety, organic and mineral fertilizers, productive moisture reserves, water consumption.

Введение. Значение сои как ценной пищевой, кормовой и технической культуры трудно переоценить. Производство сои в мире за последние 30 лет увеличилось в 4,5 раза и достигло почти 400 млн. т [1]. В производстве масличных культур сое принадлежит доминирующая доля – 61% [2]. В Белгородской области посевные площади сои увеличились в 5 раз в течение последнего десятилетия, занимая 2-3 место в России с лучшей урожайностью – 2,4 т/га (по данным росстата).

Сформировавшись как культурное растение в районах муссонного климата, соя весьма требовательна к условиям увлажнения [3]. Потери урожая сои вследствие совокупного влияния недостатка влаги и доступных элементов питания составляют от 13 до 39% [4]. Расширение ареала возделывания сои в южные регионы с неустойчивой, а часто и недостаточной обеспеченностью влагой требует выведения засухоустойчивых и скороспелых сортов, с одной стороны, и, с другой стороны, разработки агроприемов, способствующих улучшению водного режима в посевах сои.

Система удобрения является одним из наиболее эффективных регуляторов продукционного процесса, поскольку определяет уровень обеспеченности растений элементами питания и воспроизводство потенциального плодородия, в том числе агрофизических свойств, во многом обуславливающих уровень влагообеспеченности растений [5]. Значение органических удобрений на основе

птичьего помета для плодородия почвы не вызывает сомнений [6-8]. В наших исследованиях установлено положительное влияние таких удобрений на продуктивность сои [9]. Во многих экспериментах показано положительное влияние макро-, микроудобрений и их сочетаний на урожай и качество семян сои. Предпосевное внесение аммиачной селитры обусловлено ее значением как «стартового» удобрения для развития растений сои и запуска азотфиксации [10, 11]. Характерные особенности органических, минеральных и микроэлементных удобрений могли бы успешно дополнять друг друга, оптимизируя водный режим и продукционный процесс сортов сои разных групп спелости.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились на базе УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина в 2014-2016 гг. в зерновом севообороте: соя – озимая пшеница – гречиха – просо. Почва опытного участка – чернозем типичный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 5.1%; рН_{сол.} = 6.0; содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 125-167 и 128-133 мг/кг почвы.

Двухфакторный опыт по схеме 2 x 8. Фактор А (сорт): Ланцетная (раннеспелый) и Белгородская 48 (среднеспелый). Оригинатором сортов сои является Белгородский ГАУ. Фактор В (удобрение): 1. Контроль – без применения удобрений; 2. Компост соломопометный (далее компост); 3. Компост + Аммиачная селитра (Naa); 4. Компост + Naa + Азосол; 5. Компост + Азосол; 6. Naa + Азосол; 7. Naa; 8. Азосол. Компост (20 т/га) вносили осенью под основную обработку дисковой бороной БДТ-5,4 на глубину 10-12 см. Аммиачную селитру в дозе 30 кг д.в./га вносили весной под предпосевную культивацию. Обработка микроудобрением Азосол 36 Экстра в дозе 2 л/га проводилась 2 раза по вегетации в фазы третьего тройчатого листа и бутонизации. Общая площадь делянок составляла 37 м², учетная площадь – 25 м², повторность трехкратная, размещение делянок систематическое методом организованных повторений.

Критический для сои период активного наращивания листостебельной массы и начала цветения в Белгородской области конец июня и начало июля. В 2014 и 2015 годах гидротермические условия этого времени года были более благоприятными для культуры, в 2016 году наблюдалась жаркая погода с существенным недостатком влаги, что отразилось на уровне урожайности.

Результаты и обсуждение. В среднем запасы продуктивной влаги в период посева не зависели от сортовой принадлежности сои, что вполне закономерно, тогда как фактор удобрения оказал влияние на данный показатель. Наименьшее количество продуктивной влаги в почве отмечалось в вариантах без удобрений и при применении минеральных удобрений 133-135 мм/га (рис. 1). Внесение компоста приводило к увеличению содержания влаги в почве более 138 мм/га. Однако статистически значимым превышение отмечалось только при самостоятельном внесении компоста – на 9,3 мм/га (НСР₀₅=5,6 мм/га) по сравнению с контролем.

Следует отметить, что применение удобрений, а именно внесение компоста, имело определяющую долю влияния на запасы продуктивной влаги в вегетационный период – 29,3%, что сравнимо с влиянием погодных условий (31,5%).

Это подчеркивает положительное значение органических удобрений в накопление и сохранении влаги осенне-зимнего периода.

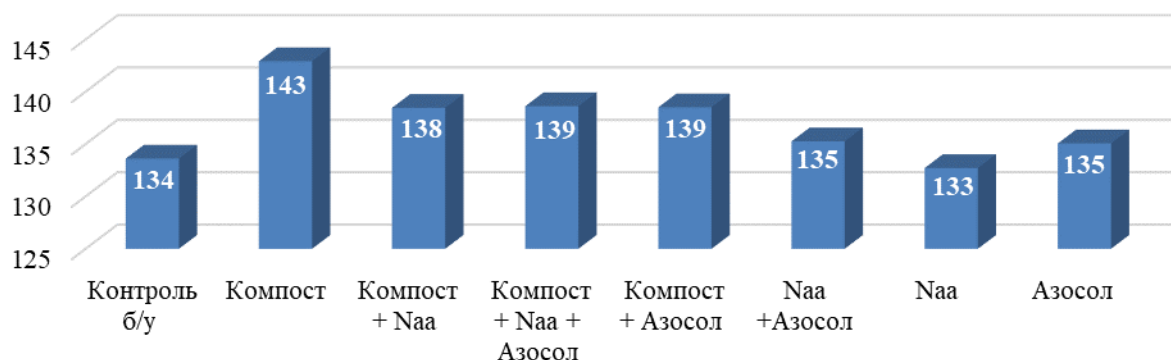


Рисунок 1 – Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в период посева, мм/га (2014-2016 гг.)

К уборке сои наблюдалось заметное снижение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы – в среднем на 89 мм/га (рис. 2). В этот период установлено влияние сортовых различий посевов сои на изменчивость содержания влаги в почве, доля которого составила 9,1%. Достоверно ниже на 4,6 мм/га ($НСР_{05}=3,9$ мм/га) они были в среднем по сорту Белгородская 48. Статистически значимым в этот период было и влияние удобрений, которое сохранилось к уборке на высоком уровне – 26,1%.

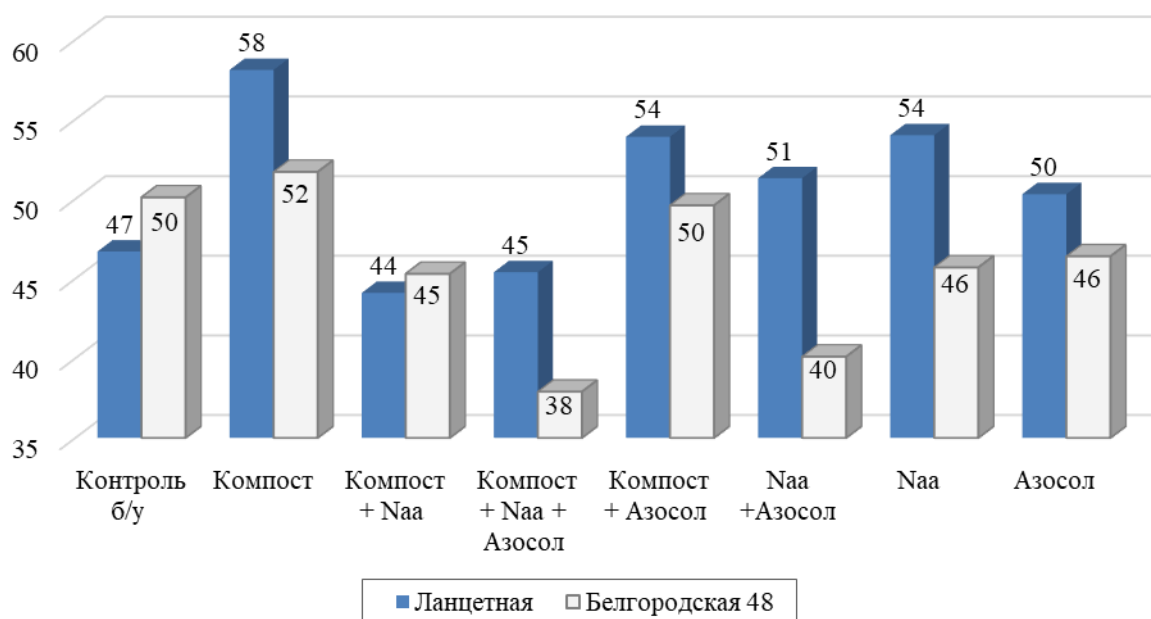


Рисунок 2 – Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в период уборки, мм/га (2014-2016 гг.)

Наибольшее содержание продуктивной влаги, также как и в период посева культуры, отмечалось в варианте применения компоста – 55 мм/га в среднем. Несколько ниже (52 мм/га) в варианте сочетания компоста и подкормки Азосол. По сравнению с этими вариантами достоверно меньше на 10-13 мм/га продуктивной влаги содержалось в почве при применении трехкомпонентного удобрения. Значимая разница наблюдается также между вариантами внесения

компоста и применения аммиачной селитры в сочетании с компостом или Азосолом – 9-10 мм/га. В целом при применении аммиачной селитры в двух- и трехкомпонентных удобрениях уменьшение запасов продуктивной влаги в период роста и развития культуры было наибольшим от 90 до 97 мм/га. Можно предположить, что при применении аммиачной селитры в сочетании с органическим удобрением и подкормкой на формирование урожая сои требуется большее количество влаги.

Влияние удобрений на запасы влаги в почве в этот период под посевами сои было неодинаковым и зависело от ее сортовой принадлежности. В случае сорта сои Ланцетная положительное влияние компоста на запасы влаги сохранялось к уборке. Как тенденцию можно отметить, что на вариантах совместного использования компоста и аммиачной селитры запасы влаги незначительно снижались по сравнению с контролем, а в случае использования минеральных удобрений были выше. На посевах сои сорта Белгородская 48 применение удобрений как правило приводило к снижению запасов влаги в почве. В варианте «компост + аммиачная селитра + Азосол» содержание влаги было минимальным в целом по опыту – 40 мм/га.

Установлено, что посевы среднеспелого сорта Белгородская 48 использовали влагу экономичнее, в среднем на 24 м³/т (рис. 3).

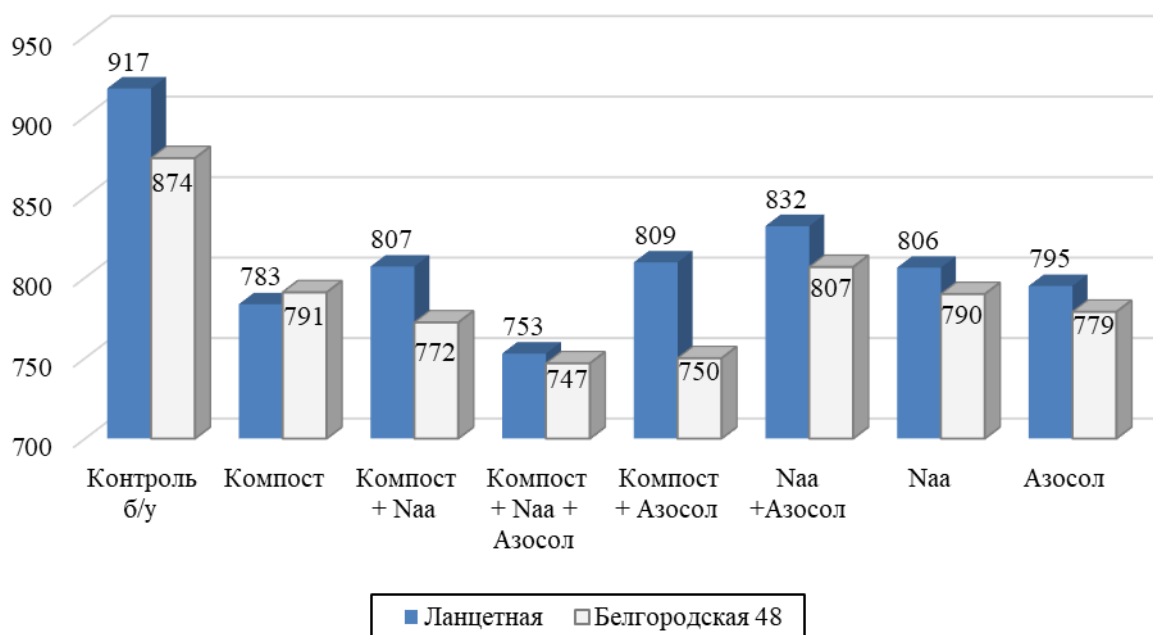


Рисунок 3 – Коэффициент водопотребления в среднем за 2014-2016 гг., м³/т

Удобрения положительно влияли на эффективность водопотребления посевами сои. При их применении коэффициент водопотребления снижался на 8-18%. Причем удобрения способствовали более экономному расходу влаги посевами раннеспелого сорта, на котором снижение величины коэффициента составило в среднем 120, тогда как на среднеспелом – 98 м³/т. Максимальное снижение затрат влаги на единицу урожая отмечалось при применении трехкомпонентного удобрения и на сорте Ланцетная, и на сорте Белгородская 48, соответственно 165 и 124 м³/т. В целом применение органического удобрения

благоприятно сказывалось на эффективности использования влаги. Положительный эффект усиливался при насыщении уровня удобрённости.

Библиографический список

1. Z. Shea, W.M. Singer, B. Zhang. Soybean Production, Versatility, and Improvement / Z. Shea, W.M. Singer, B. Zhang // In book: Legume Crops, 2020. – Pp. 1–22 (2020) doi: 10.5772/intechopen.91778
2. World Oilseed Production [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/267271/worldwide-oilseed-production-since-2008/>
3. Щелко, Л.Г. Засухоустойчивость коллекционных образцов сои Китайского генцентра и Дальнего Востока / Л.Г. Щелко, Н.Н. Кожушко // Сб. научн. тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1985. – С. 27-37.
4. Почвенно-экологические и агротехнологические особенности выращивания сои на черноземах в Краснодарском крае / Г.С. Куст [и др.] // Доклады по экологическому почвоведению. – 2008. – Т. 2 – № 9. – С. 1-527.
5. Turyansky, A.V. Research of development trends in the field of soil fertility restoration / A.V. Turyansky, E.G. Kotlyarova, S.D. Litsukov, A.I. Titovskaya, A.V. Akinchin // Ecology, Environment and Conservation Paper. – 2018. – № 24 (3). – pp. 1048-1052.
6. Котлярова, Е.Г. Регулирование водного режима в посевах подсолнечника на северных склонах Среднерусской возвышенности / Е.Г. Котлярова, М.Н. Рязанов // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2019. – № 2. – С. 31-37.
7. Рязанов, М.Н. Структура и водопрочность почвенных агрегатов чернозема типичного под подсолнечником в ландшафтных условиях ЦЧР / М.Н. Рязанов, Е.Г. Котлярова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 2 (22). – С. 181-192.
8. Litsukov, S.D. Agrochemical Substantiation of the Inclusion of Bird Droppings under Grain Maize at Different Tillage In Terms of the South - Western Part of the Central Black Earth Region / S.D. Litsukov, A.F. Glukhovchenko, E.G. Kotlyarova, A.I. Titovskaya, A.V. Akinchin // Bioscience Biotechnology Research Communications. - 2019. - Special Issue Vol 12 (5). – Pp. 152-160.
9. Kotlyarova, E. G. Productivity and economic efficiency of soybean varieties cultivation upon application of organic and mineral fertilizers / E.G. Kotlyarova, V.G. Gritsina // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 9. – № 2S. – 1582-1602.
10. Гадимов, А.Г. Стартовые дозы азота и симбиоз сои с клубеньковыми бактериями / А.Г. Гадимов // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2010. – № 4. – С. 44-47.
11. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation of soy nodule bacteria after preservation / R. Juraeva [et al.] // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. – 2020. – № 21(61-62). – pp. 72-79.

УДК 631.481

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОВОГО ПРОФИЛЯ ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Громовик А.И., Махфуз Х.

ФГБУ ВО «Воронежской государственной университет», Воронеж

E-mail: agrom.ps@mail.ru

Резюме. Рассмотрены генетические особенности профильного распределения гумуса в черноземах Центрального Черноземья в зависимости от гранулометрического состава почв. Выявлены существенные подтиповые различия в характере кривых распределения гумуса черноземов.

Ключевые слова: черноземы, Центральное Черноземье, гумус, гранулометрический состав, типы строения гумусового профиля.

Summary. The genetic features of the profile distribution of humus in chernozems of the Central

Chernozem region are considered, depending on the granulometric composition of soils. Revealed significant subtype differences in the nature of the distribution curves of humus in chernozems.

Key words: *chernozems, Central Chernozem region, humus, particle size distribution, types of structure of the humus profile.*

В Центральном Черноземье почвы сформировались на разных почвообразующих породах, отличающихся литологическим и гранулометрическим составом. Среди них преобладают материнские породы лёссовой формации, представленные в основном покровными суглинками и глинами [6]. С запада на восток типичные лёссы сменяются лёссовидными суглинками, а затем – покровными лёссовидными глинами. Также на рассматриваемой территории часто встречаются неогеновые глины, а в южной части ЦЧР нередко встречаются продукты разрушения мела. Также распространение получили почвообразующие породы водно-ледникового, древнеаллювиального и современного аллювиального происхождения. Как правило, они имеют песчаный и супесчаный гранулометрический состав, часто с суглинистыми и глинистыми прослойками [2].

Вопрос о зависимости содержания гумуса от гранулометрического состава почв по сей день находится под пристальным вниманием ученых [1, 3-5]. В опубликованных работах приводится характеристика гумуса почв, сформированных на разных почвообразующих породах, однако авторы не рассматривают детально типы строения гумусовых профилей в зависимости от гранулометрического состава почв. В связи с этим в своих исследованиях на основе обобщения большого массива собственных и архивных данных кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами Воронежского государственного университета были проанализированы гумусовые профили разных подтипов пахотных черноземов в зависимости от их гранулометрического состава.

Неоднородность и многообразие почвообразующих пород по литологии и гранулометрическому составу Центрального Черноземья отражаются в строении гумусовых профилей черноземов и характере профильного распределения гумуса в них (рис. 1).

Внутри рассмотренных подтипов с уменьшением содержания физической глины снижается уровень гумусированности почв от глинистых до супесчаных разновидностей почв, в этом же направлении укорачивается мощность гумусового профиля (А+АВ). Это связано с тем, что по мере облегчения гранулометрического состава почв уменьшается количество тяжелых фракций (в частности ила, фракции $<0,001$ мм) которые в большей степени способны закреплять и накапливать органическое вещество ввиду особенностей их минералогического состава. Минералогический состав тяжелых фракций способствует образованию органоминеральных комплексов. С уменьшением размеров ЭПЧ содержание в них гумусовых веществ возрастает [9]. Многие исследователи отмечают ведущую роль в формировании гумусности почв фракции физической глины (ЭПЧ $<0,01$ мм), по мере увеличения содержания которой происходит повышение гумусированности почв [7, 8, 10].

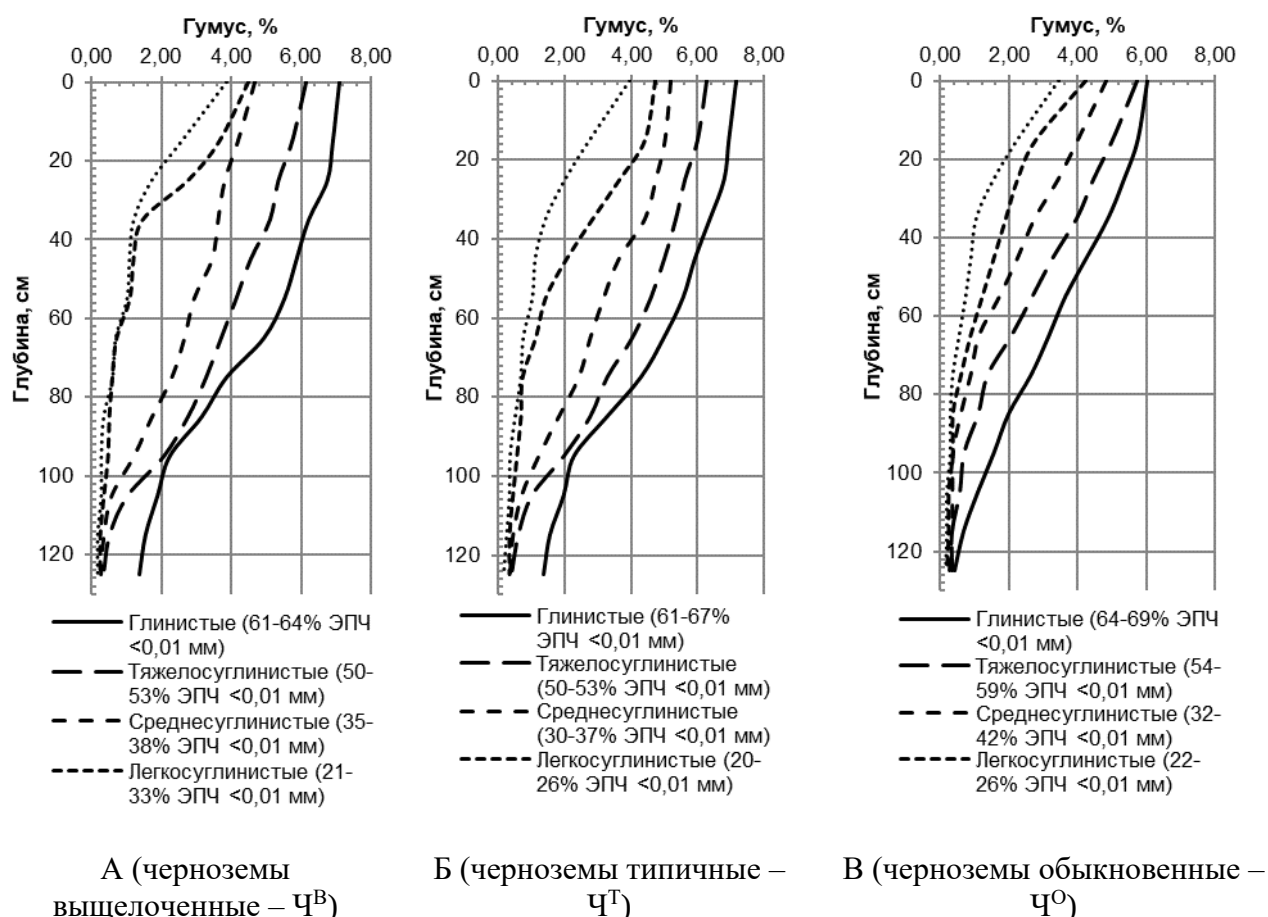


Рисунок 1 – Профильное распределение гумуса в черноземах разного гранулометрического состава

Отмеченные закономерности отражаются на профильном распределении гумуса в черноземах. Общим является аккумулятивный тип профильного распределения гумуса. Детальный анализ кривых вскрывает существенные различия у почв разного гранулометрического состава.

В черноземах выщелоченных и типичных, имеющих глинистый и тяжело-суглинистый гранулометрический состав тип профильного распределения гумуса прогрессивно-аккумулятивный. Прогрессивность лучше всего себя проявляет в черноземах типичных. В среднесуглинистых разновидностях, распределение гумуса носит равномерно-аккумулятивный тип. У типичных черноземов он даже в верхней части профиля приобретает слабые черты прогрессивности. В легкосуглинистых и супесчаных черноземах выщелоченных тип распределения гумуса в верхней части профиля регрессивно-аккумулятивный, а в нижней он сменяется на равномерно-аккумулятивный. У типичных черноземов легкосуглинистого и супесчаного гранулометрического состава кривая распределения гумуса носит соответственно равномерно- и регрессивно-аккумулятивный характер. Общей чертой в распределении гумуса для легкосуглинистых и супесчаных черноземов выщелоченных и типичных является то, что начиная со второго полуметра снижение гумуса с глубиной идет по равномерно-аккумулятивному типу, при этом скорость снижения гумуса с глубиной незначительная (кривые практически перпендикулярны оси ОХ), хотя содержание гумуса здесь

крайне низкое. По нашему мнению, это обусловлено мобилизацией гумусовых веществ в связи с усилением их миграционной способности в легких по гранулометрическому составу почвах. Так как минералы легких фракций не способны должным образом закреплять новообразованные гумусовые вещества в органоминеральных комплексах, и поэтому они с нисходящими токами влаги перемещаются вниз по профилю.

У обыкновенных черноземов глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава тип профильного распределения гумуса равномерно-аккумулятивный, в почвах среднесуглинистых - он приобретает слабые черты регрессивности. В легкосуглинистых и супесчаных разновидностях тип распределения гумуса отличается от выщелоченных и типичных черноземов - он регрессивно-аккумулятивный. Главным отличием здесь является то, что в них не наблюдается снижения скорости уменьшения количества гумуса с глубиной во втором полуметре почвы. По-видимому, это связано с недостатком влаги и непромывным типом водного режима в подзоне черноземов обыкновенных. В результате этого новообразованные гумусовые вещества не способны к миграции как в случае выщелоченных и типичных черноземов. Кроме того, близкое залегание карбонатов блокируют мобилизацию и миграцию гумусовых веществ, следствием чего является более резкая скорость снижения гумуса с глубиной.

Библиографический список

1. Ахтырцев Б.П. Гумус подтипов Среднерусских черноземов разного гранулометрического состава / Б.П. Ахтырцев, Е.В. Ефанова // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 803-811.
2. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров Среднерусского Черноземья / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев. – Москва: изд-во Наука, 1993. – 222 с.
3. Оконешникова М.В. Гумусное состояние мерзлотных палевых осолоделых почв Центральной Якутии разного гранулометрического состава / М.В. Оконешникова // Вестник СВФУ. – 2019. – № 4 (72). – С. 34-45.
4. Орлов Д.С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, Н.И. Суханова. – Москва: изд-во «Наука», 1996. – 256 с.
5. Рыжова И.М. Гумусное состояние черноземов Приволжской лесостепи, сформированных на разных почвообразующих породах / И.М. Рыжова, О.В. Чернова, Т.М. Силева и др. // Почвоведение. – 2003. – № 12. – С. 1431-1439.
6. Чижилов П.Н. Карта почвообразующих пород Европейской части СССР (Пояснительный текст) / П.Н. Чижилов. – Москва, 1968. – 39 с.
7. Chefetz B. Structural characterization of humic acids in particle-size fraction an agricultural soil / B. Chefetz, J. Tarchitzky, A.P. Deshmukh etc. // Soil Sci. Soc. Am. J. 2002. – V. 66. – № 1. – P. 129-141.
8. Laird D.A. Nature of clayhumic complexes in an agricultural soil: chemical, biochemical and spectroscopic analysis / D.A. Laird, D.A. Martens, W.L. Kingery // Soil Sci. Soc. Amer. J. – 2001. – V. 65. – № 5. – P. 1413-1418.
9. Schulten H.R New insights into organic-mineral particles: composition, properties and models of molecular structure / H.R. Schulten, P. Leinweber // Biology Fertility Soils. – 2000. – V.30. – P. 399-432.
10. Tarchitzky J. Properties and distribution of humic substances and inorganic structurestabilizing components in particle-size fractions of cultivated Mediterranean soils / J. Tarchitzky, P.G. Hatcher, J. Chen // Soil Sci. – 2000. – V. 165. – № 4. – P. 328-342.

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКО ОКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Гузова Н.С.

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Минск

E-mail: snatali15388@mail.ru

Резюме. В статье представлены данные по урожайности зерна и накоплению меди, марганца и цинка растениями озимой пшеницы, при применении некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве.

Ключевые слова: медь, марганец, цинк, озимая пшеница, микроудобрения, некорневая подкормка, зерно, солома.

Summary. The article presents data on grain yield and the accumulation of copper, manganese and zinc by winter wheat plants, when foliar dressing with ADOB microfertilizers is applied on soddy-podzoly highly cultured light-lay soil.

Key words: copper, manganese, zinc, winter wheat, microfertilizers, foliar feeding, grain, straw.

Успешное решение задач по повышению урожайности и качества продукции зерновых культур обуславливает необходимость создания оптимальных условий их питания всеми необходимыми элементами, в том числе и микроэлементами [1]. На дерново-подзолистых почвах наиболее значимыми микроэлементами для зерновых культур являются медь, марганец и цинк [2]. Медь в Беларуси является одним из дефицитных элементов питания. Этим часто объясняется недобор урожая и недостаточное содержание меди в растительных кормах [3]. Марганец является жизненно необходимым элементом для животных и человека. Он уменьшает содержание растворимых форм азота в растении, что способствует повышению урожайности [4]. Цинк участвует в процессе оплодотворения и развития зародыша, повышает содержание белка и клейковины в зерне [5].

Цель исследований – изучить влияние микроудобрений АДОБ на урожайность зерна и накопление меди, марганца и цинка растениями озимой пшеницы.

Полевой опыт с озимой пшеницей Сукцес проводили в 2016-2018 гг. на опытном поле РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве. Во время закладки полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH в KCl – 6,6, содержание гумуса – 2,4%, P₂O₅ – 590, K₂O – 408, Cu_{подв.} – 2,77, Mn_{обм.} – 1,73 Zn_{подв.} – 3,87 мг/кг почвы. Общая площадь одной делянки составляла 25 м², учетная – 18 м². Повторность вариантов в полевом опыте четырехкратная. Метод размещения вариантов в повторении случайный (рэндомизированный). Норма высева озимой пшеницы – 4,5 млн всхожих семян на гектар. Предшественник – озимый рапс. Исследования проводили в соответствии с методикой полевых опытов [6]. Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для Республики Беларусь [7].

Схема опыта развернута на двух фонах внесения минеральных удобрений. Дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160} (70+35+55) – фон 1, дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160} (70+35+55), фосфорных – P_{30} и калийных – K_{60} (35% выноса фосфора и калия с планируемой урожайностью 80 ц/га) – фон 2. Фосфорные удобрения (аммонизированный суперфосфат) и калийные удобрения (хлористый калий) применяли согласно схеме в основное внесение. Подкормки азотом проводили в 3 срока: первая – весной в начале активной вегетации – N_{70} (КАС), вторая – в стадию первого узла – N_{35} (карбамид), третья – в стадию появления флагового листа – N_{55} (карбамид).

Некорневые подкормки озимой пшеницы различными марками микроудобрений АДОБ проводили в стадию первого узла и стадию появления флагового листа. В качестве микроудобрений использовали жидкие удобрения, содержащие микроэлементы в хелатной форме – АДОБ Cu IDHA (Cu–6,14%), АДОБ Mn IDHA (Mn–15,26%) и АДОБ Zn IDHA (Zn–6,16%). Доза микроудобрений в одну некорневую подкормку составляла 50 г/га д.в.

В среднем за три года исследований наиболее существенные прибавки урожайности зерна получены при проведении двукратной некорневой подкормки на фоне N_{160} (фон 1). Так, наиболее высокие прибавки урожая зерна были отмечены при внесении АДОБ Cu+АДОБ Mn, АДОБ Cu и АДОБ Mn (4,7–5,4 ц/га). Тройное сочетание микроэлементов АДОБ Cu+АДОБ Mn+АДОБ Zn позволило повысить урожайность на 4,1 ц/га по сравнению с фоновым вариантом. Прибавки от некорневых подкормок АДОБ Zn, АДОБ Cu+АДОБ Zn и АДОБ Mn+АДОБ Zn находились примерно на одном уровне и составили 3,7–3,8 ц/га.

На фоне $N_{160}P_{30}K_{60}$ (фон 2) следует отметить варианты с использованием АДОБ Cu+АДОБ Mn, АДОБ Cu и АДОБ Mn, где также получены более существенные прибавки урожая по сравнению с фоновым вариантом (4,3–5,2 ц/га). Применение остальных микроэлементов и их сочетание при проведении двукратной некорневой подкормки повысило урожайность зерна озимой пшеницы на 3,2–3,8 ц/га (табл. 1).

Исследования химического состава зерна и соломы озимой пшеницы показали, что содержание меди, марганца и цинка изменялось в зависимости от фона минерального питания и применяемых микроудобрений АДОБ.

Следует отметить, что на фоне $N_{160}P_{30}K_{60}$ содержание меди в зерне было несколько выше, чем на фоне N_{160} (рис. 1). Самое высокое содержание меди в зерне отмечено при применении микроудобрения АДОБ Cu. На первом фоне данный показатель составил 3,4 мг/кг, на втором фоне – 3,6 мг/кг сухой массы.

Таблица 1 – Влияние микроудобрений АДОБ на урожайность зерна озимой пшеницы (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га
Контроль без удобрений	40,4	—
N ₁₆₀ – фон 1	64,9	—
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05}	69,7	4,8
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05}	69,6	4,7
Фон 1 + АДОБ Zn _{0,05}	68,7	3,8
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} +АДОБ Mn _{0,05}	70,3	5,4
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} +АДОБ Zn _{0,05}	68,6	3,7
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05} +АДОБ Zn _{0,05}	68,6	3,7
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} +АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	69,0	4,1
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	67,1	—
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05}	72,3	5,2
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05}	71,4	4,3
Фон 2 + АДОБ Zn _{0,05}	70,6	3,5
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} +АДОБ Mn _{0,05}	71,5	4,4
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} +АДОБ Zn _{0,05}	70,9	3,8
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05} +АДОБ Zn _{0,05}	70,3	3,2
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} +АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	70,7	3,6
НСР ₀₅	3,0	

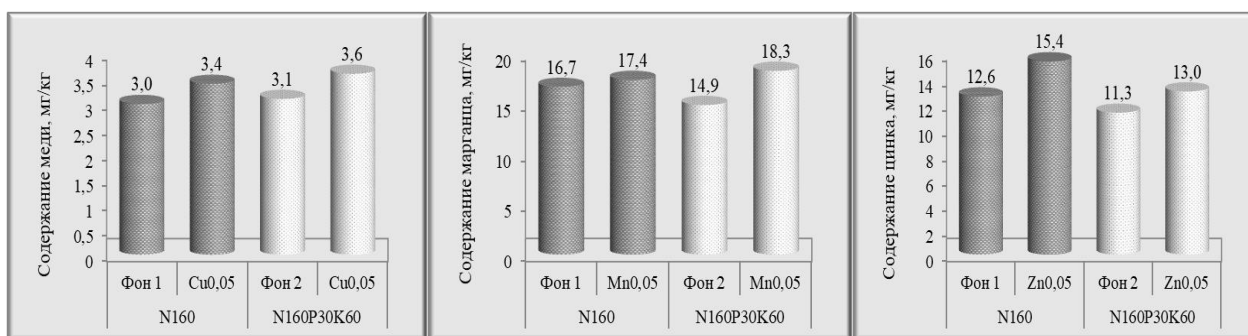


Рисунок 1 – Влияние микроудобрений АДОБ на содержание меди, марганца и цинка в зерне озимой пшеницы (среднее 2016-2018 гг.)

Наиболее высокое накопление марганца в зерне отмечается при некорневых подкормках озимой пшеницы микроудобрением АДОБ Mn. Содержание марганца в зерне на фоне 1 составило 17,4 мг/кг, на фоне 2 – 18,3 мг/кг сухой массы.

Максимальное накопление цинка в зерне отмечено при внесении микроудобрения АДОБ Zn на двух фонах внесения минеральных удобрений. Так, на первом фоне содержание цинка в зерне составило 15,4 мг/кг, на втором фоне – 13,0 мг/кг сухой массы.

Внесение микроудобрения АДОБ Cu в некорневые подкормки озимой пшеницы способствовали накоплению меди в соломе до 1,8 мг/кг на фоне N₁₆₀

и до 2,0 мг/кг на фоне N₁₆₀P₃₀K₆₀ (рис. 2).

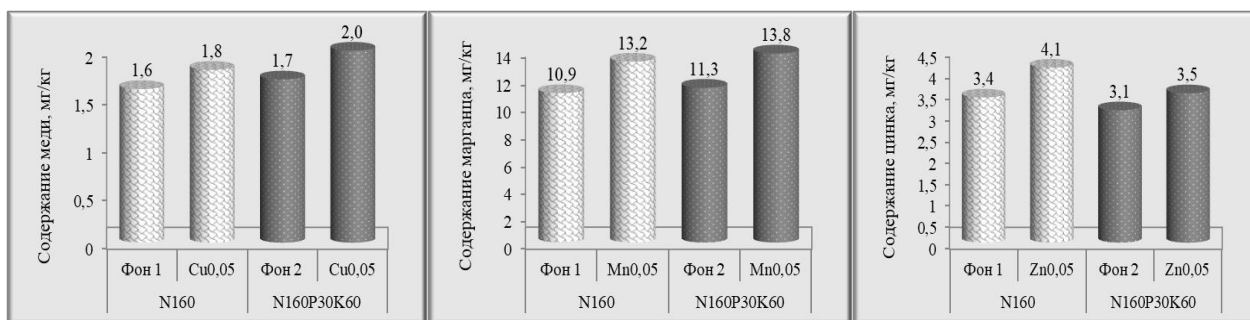


Рисунок 2 – Влияние микроудобрений АДОБ на содержание меди, марганца и цинка в соломе озимой пшеницы (среднее 2016-2018 гг.)

Наиболее высокое накопление марганца соломе следует отметить при некорневых подкормках озимой пшеницы микроудобрением АДОБ Mn. На первом фоне данный показатель составил 13,2 мг/кг, на втором фоне – 13,8 мг/кг сухой массы.

Максимальное накопление цинка в соломе отмечено при внесении микроудобрения АДОБ Zn. На фоне N₁₆₀ содержание цинка составило 4,1 мг/кг, на фоне N₁₆₀P₃₀K₆₀ – 3,5 мг/кг.

Таким образом, на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве при внесении под озимую пшеницу азотных удобрений в дозе N₁₆₀ некорневая подкормка растений микроудобрениями АДОБ Cu и АДОБ Mn повышает урожайность зерна на 4,7-5,4 ц/га. Отмечается незначительное накопление меди, марганца и цинка в зерне и соломе при внесении в некорневую подкормку озимой пшеницы медных, марганцевых и цинковых удобрений АДОБ.

Библиографический список

1. Аристархов, А.Н. Приоритеты применения различных видов, способов и доз микроудобрений под озимые и яровые сорта пшеницы в основных природно-сельскохозяйственных зонах России / А.Н. Аристархов, Н.Н. Бушуев, К.Г. Сафонова // *Агрохимия*. – 2012. – № 9. – С. 26-40.
2. Возделывание зерновых культур / Д. Шпаар [и др.]. – М.: Аграрная наука, ИК «Родник», 1998. – 334 с.
3. Ковалевич, З.С. Медь: значение и применение в земледелии / З.С. Ковалевич // *Наше сельское хозяйство*. – 2014. – № 9 (89). – С. 78-82.
4. Ковалевский, А.А. Биогеохимия растений / А.А. Ковалевский; отв. ред. В.М. Корсунов. – Новосибирск: Наука, 1991. – 288 с.
5. Ермохин, Ю.И. Взаимосвязи в питании растений: монография / Ю.И. Ермохин, А.В. Синдирева. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2015. – 200 с.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.

ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЫ ОТ ЕЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПЛОТНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Гюлалыев Ч.Г.

Институт Географии им. акад. Г.А.Алиева

НАН Азербайджана, г.Баку.

E-mail: ch_gulaliyev@yahoo.com

Резюме. В статье рассматриваются вопросы зависимости удельной электропроводимости от влажности, плотности и температуры некоторых почв Азербайджанской республики. Экспериментальных исследований показали, что зависимость удельной электропроводимости почвы от ее удельной поверхности, плотности и температуры имеет линейно растущий характер. Знания этих характеристики может быть использовано при изучении, разработке и практическом использовании электрического метода почвенной влагометрии.

Ключевые слова: почва, удельная электропроводимость, влажность, температура, плотность.

Summary. The article deals with the issues of the dependence of specific electrical conductivity on moisture, density and temperature of some soils of the Republic of Azerbaijan.

Experimental studies have shown that the dependence of the specific electrical conductivity of the soil on its specific surface area, density and temperature has a linearly increasing character. Knowledge of these characteristics can be used in the study, development and practical use of the electric method of soil moisture measurement.

Key words: soil, electrical conductivity, moisture, temperature, density. soil, electrical conductivity, moisture, temperature, density.

На сегодняшний день основным методом производства растениеводческой продукции в мировом земледелии признано точное (координатное) земледелие [7, 5]. Однако в последние годы крупные и малые производители начали использовать растущий потенциал в этом направлении. Внедрение точного земледелия начинается со сбора данных. Поэтому требуется всестороннее изучения таких ценных агрономических параметров, как удельная поверхность, объемный вес и другие базовые свойства почв.

Важная роль сейчас отводится, с одной стороны физическим факторам, определяющим жизнедеятельность растений и плодородие почвы, с другой стороны оптимальным способам их определения. К таким физическим факторам наряду с другими можно отнести электрофизические свойства почв [1, 4].

Поэтому, в практике почвоведения и смежных с ним наук, часто появляется необходимость исследования электрофизических свойств в зависимости от множества факторов, определяющих состояние почвенного покрова, ее удельной поверхности и многих других важных характеристик. Совместное изучение различных электрофизических свойств одних и тех же типов почв в одних и тех же условиях пока проведено недостаточно, и в литературе такие данные почти отсутствуют, особенно, для осушаемого и орошаемого земледелия. Поэтому данной работы являются показателями возможности взаимосвязи между удельной электропроводимостью (σ) почвы от удельной поверхности (S_0), плотности (ρ) и температуры (T) почв.

Объекты и методика исследований. Исследования проводили в юго-восточной части Большого Кавказа и в южной части полосы предгорий и невысоких гор Ленкоранской обл., на горно-черноземных, горно-каштановых, каштановых, коричневых, лугово-сероземных, сероземных, сероземно-луговых почвах, желтоземах и солончаках [2, 4].

Изученные почвы весьма значительно различаются по гранулометрическому составу. Содержание физических глины варьирует в пределах 37-84%, т.е. изменяется более чем в 2 раза. Такие большие различия в содержании частиц разных размеров являются существенным фактором, влияющим на величину удельной поверхности почв, а также на электрофизические характеристики.

Удельной электропроводимости определялась с помощью измерителя полных проводимостей типа Л2-7 на частотах 0,4 МГц и 10 МГц по разработанной ранее методике. С помощью Л2-7 измеряется емкость конденсатора с измерительной ячейки, заполняемой образцом почвы при заданной влажности и плотности [4, 6]. Измерительная ячейка представляет собой цилиндрический коаксиальный конденсатор, снабженный термостатирующим устройством. Вакуумная емкость конденсатора определена расчетным способом.

Использованные в работе водно-физические параметры определяли по известным в почвоведении методам в большом диапазоне влажностей (от ГВ до ППВ).

Удельная поверхность почв определена методом Кутилика по результатам механического анализа и геометрического подсчета [3].

Результаты и их обсуждение. Исследуемые почвы сильно дифференцированы по гранулометрическому составу и поэтому их удельные поверхности тоже разные. Мы провели анализ влияния этого фактора на изучаемые удельные поверхности почвы. Этот агрономически ценный параметр возрастает прямо пропорционально степени раздробленности или дисперсности почвы. С увеличением дисперсности увеличивается и поверхностная энергии вещества, определяющая такие явления как поглощение минеральных зольных элементов, паров, газов, перемещение воды и воздуха, а также ряд других физических и технологических свойств почвы. Естественно, от степени дисперсности почвы зависят ее водные, воздушные, тепловые и физико-механические свойства. На основе полученного экспериментального материала построены зависимости удельной электропроводимости от удельной поверхности почвы (Рис. 1).

На рис. 1, показана зависимость удельной электропроводимости (σ) от удельной поверхности исследуемых почв при влажности $W=16\%$, плотности $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$, температуре $T = 21^\circ\text{C}$ и частотах электрического тока $f = 0,4 \text{ МГц}$ и $f = 10 \text{ МГц}$. Как видно, зависимость удельной электропроводимости от удельной поверхности графически аппроксимируются прямыми линиями, угол наклона связан с частотой электрического поля, а также зависит от влажности, температуры, вязкости воды, подвижности ионов и д.р. Полученная линейность объясняется прямо пропорциональной зависимостью поляризуемости от

квадрата расстояния переноса ионов.

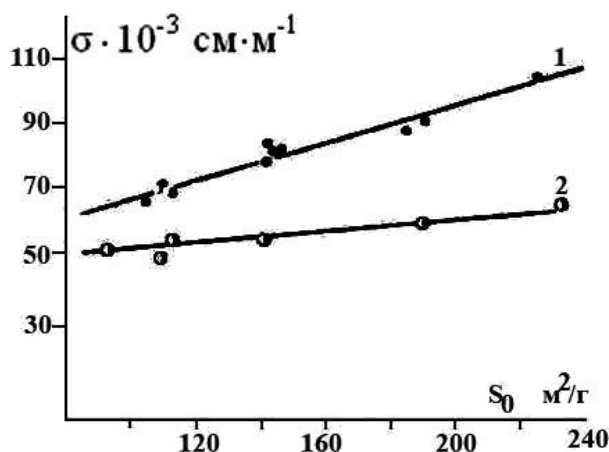


Рисунок 1 – Зависимость удельной электропроводности от удельной поверхности почв при влажности 16%, плотность 1,4 г/см³, 21 °С температур. 1. $f = 0,4$ МГц; 2. $f = 10$ МГц.

Экспериментальным путем получена зависимость удельной электропроводности от плотности. Эта зависимость демонстрируется на рис. 2 для разных влажностей и частот электромагнитного поля на примере сероземно-луговой, лугово-сероземной и пойменно-луговой почвы при температуре 21 °С.

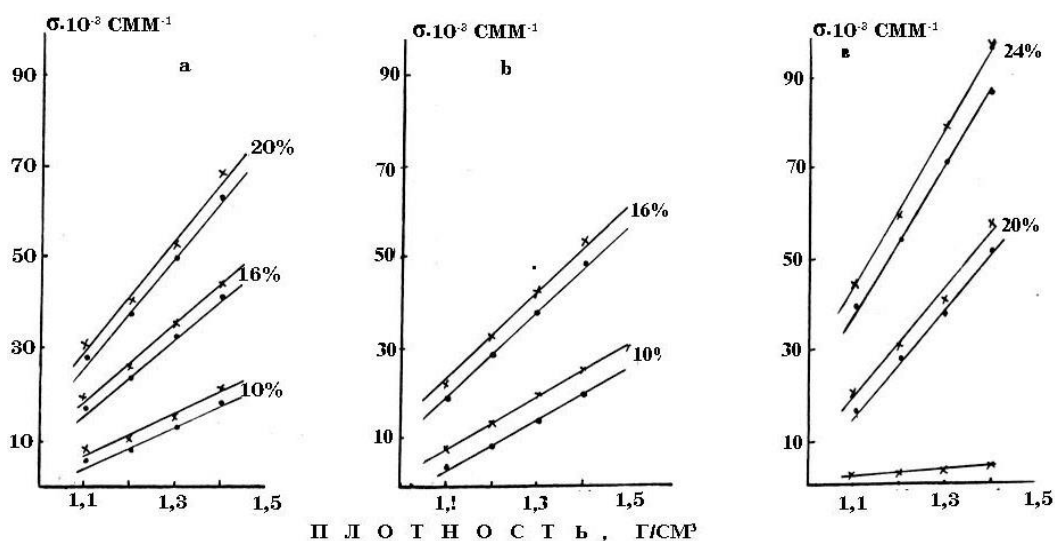


Рисунок 2 – Зависимость удельной электропроводности от плотности при различных влажностях почвы.

а – лугово-сероземный, б – сероземно-луговой, в – пойменно-луговые, при частоте электромагнитного поля • – 0,4 МГц и х – 10,0 МГц.

Из рис.2 видно, что связь между удельной электропроводностью от плотности при неизменяющихся значениях влажности, температуры и частоты электрического тока, почти линейно возрастает в пределах исследуемых плотностей почвы. Видно, что влияние плотности почвы в основном сказывается на увеличении численного значения ее электропроводности.

Такое поведение σ в зависимости от плотности объясняется тем, что при

уплотнении почвенных образцов вытесняется воздух, уменьшается порозность, уменьшается длина пути, преодолеваемого ионами, сближаются почвенные частицы и смыкаются окружающие их водные пленки. Почвенные поры все более заполняются водой, увеличивается объемная влажность, следовательно увеличивается растворимость некоторых минеральных соединений почвы и улучшаются условия прохождения электрического тока. Все это наряду с ростом плотности создает условия для возрастания электрофизических характеристик почвы. К тому же, уплотнение в некоторых пределах влажности, обуславливает и характер контакта электродов с почвой.

Нами также исследовано влияние температуры на удельную электропроводимость почвы при различных влажностях (W , %) (от воздушного-сухого состояния до предельно-полевой влагоемкости) и частотах электрического поля (от 0,4 до 10 МГц). Общие свойства для всех исследуемых почв рассмотрим на примере пойменно-луговой и сероземно-луговой почв. Для примера на рис. 3. показана зависимость удельной электропроводимости сероземно-луговой, пойменно-луговой почв от температуры при плотности равном $1,3-1,4 \text{ г/см}^3$. Температурные характеристики снимались в диапазоне температур от 5°C до 40°C .

Температурным характеристикам соответствуют влажности (в порядке сверху вниз на рисунке: 1, 2, 3, 4 соответственно 24%, 16%, 8%, 4% влажности) и частоты (в порядке: сверху вниз на рисунке: 1, 2, 3, 4 соответственно 10 МГц, 6 МГц, 2 МГц и 0,4 МГц) рис. 3а. Как видно, из рис. 3 с ростом температуры удельная электропроводимость пропорционально возрастает.

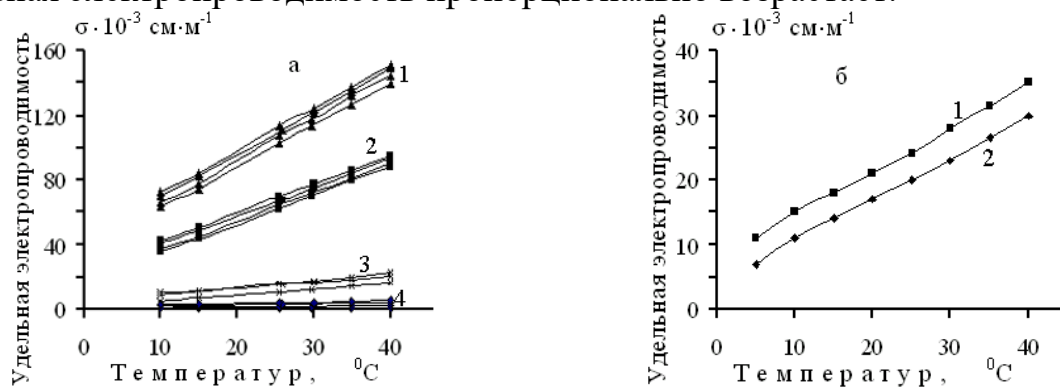


Рисунок 3 – Зависимость электропроводимости почвы от температуры.

а. пойменно-луговой почв 1, 2, 4 (глубина, 0-22 см), 3 – (глубина, 41-52см) объяснение в тексте, б. сероземно-луговой. 1 – 10 МГц, 2 – 0,4 МГц, влажность 16%

Теоретически так и должно быть, так как во влажной почве, как и в электролите, повышение температуры должно способствовать росту ее удельной электропроводимости. При этом влияние температуры на удельную электропроводимость сказывается сильнее при высоких частотах, большом влагосодержании и повышенной дисперсности почв. Удельная электропроводимость в области температур от 5 до 40 линейно возрастает с повышением температуры почвы и частотой электрического поля при фиксированной плотности ($\rho = 1,3-1,4 \text{ г/см}^3$).

Заключение. Таким образом, комплексное исследование зависимости

удельной электропроводности почвы от ее удельной поверхности, плотность и температуры дает основание сделать следующий вывод, что перечисленные факторы непосредственно влияют на формирование значений удельной электропроводности почв. Поэтому их учет необходим при исследованиях электрофизических параметров и при разработке и практическом использовании электрического метода почвенной влагометрии.

Библиографический список

1. Герайзаде А.П., Троицкий Н.Б., Гюлалыев Ч.Г. О зависимости между электро- и теплофизическими характеристиками почв // Академия наук СССР Почвоведение, М., 1987 – № 3. – С. 43-47.
2. Гюлалыев Ч.Г. Диэлектрическая проницаемость и гранулометрический состав почвы // Сб. док. Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию со дня основания ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии 9-11 сентября 2020 года С. 235-238.
3. Мичурин Б.Н., Лытаев И.А., 1967. Водоудерживающая способность дисперсных систем. Сб. трудов по агроном. физике. – Л.: Вып. 14. – С. 55-67.
4. Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. Электрические свойства некоторых почв. Москва-Баку, 2004. – 240 с.
5. Поздняков А.И., Елисеев П.И., Поздняков Л.А. Электрофизический подход к оценке некоторых элементов окультуренности и плодородия легких почв гумидной зоны // Почвоведение, издательство Наука (М.). – № 7. – С. 832-842
6. Троицкий Н.Б., Герайзаде А.П., Гюлалыев Ч.Г. Связь электро- и теплофизических характеристик с удельной поверхностью почвы в аспекте многопараметрической влагометрии // Сб. Гидрофизические функции и влагометрия почв. Л., 1987. – С. 63-65
7. Труфляк Е.В. Основные элементы системы точного земледелия / Е.В. Труфляк. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 39с.

УДК: 631.46:631.445.4

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Двойных В.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: viktoria.dvoinyh@yandex.ru

Резюме. Показатели биологической активности почвы необходимы для характеристики ее как биологической системы и оценки степени ее изменения под влиянием антропогенного воздействия, в особенности повреждения токсикантами и техногенными перезагрузками.

Ключевые слова: биологическая активность почвы, микрофлора, микроорганизмы, дыхание почвы, бактерии, грибы, углекислый газ, органическое вещество.

Summary. Indicators of the biological activity of the soil are necessary to characterize it as a biological system and to assess the degree of its change under the influence of anthropogenic impact, especially damage by toxicants and man-made reloads.

Key words: soil biological activity, microflora, microorganisms, soil respiration, bacteria, fungi, carbon dioxide, organic matter.

Биологическая активность является одним из важнейших компонентов плодородия почвы. Даже незначительные изменения температурного и водного режимов приводят к резким скачкам микробиологической активности почвы, что неминуемо влечет за собой изменение пищевого режима почв. Как

следствие всего этого, происходит изменение продуктивности пашни [1].

Биологическая активность почвы определяется протекающими в ней биологическими процессами, в которых активную роль играют корневые системы древесных, кустарниковых и травянистых растений, почвенные, животные и микроорганизмы. Роль последних особенно велика, т.к. они принимают самое активное участие в разложении органических остатков, изменении химических свойств и преобразовании минерального состава почвы.

Длительное выращивание полевых культур на одних и тех же участках оказывают одностороннее влияние на активность биологических процессов и приводит к формированию специфических микробных ассоциаций. Под культурами сплошного посева активизируются процессы разложения органического вещества растительных остатков. Под пропашными культурами активизируются процессы деструкции органического вещества самой почвы. Уменьшить возможность одностороннего влияния культур на биологическую активность почв можно путем чередования их в научно обоснованных севооборотах, внесения минеральных и органических удобрений [2].

Биологическая активность почвы обуславливается деятельностью живых организмов, находящихся в ней. Их биомасса в пахотном слое почвы на 1 га может достигать 10 тонн.

Состав микрофлоры:

- растительные микроорганизмы: бактерии, грибы, водоросли;
- животные организмы: жгутиковые, черви;
- моллюски и членистоногие, паукообразные и насекомые.

Роль микрофлоры:

1. Почвенные организмы разрушают отмершие остатки растений и животных.

2. Некоторые микроорганизмы (клубеньковые бактерии, свободноживущие азотфиксаторы) фиксируют атмосферный азот.

3. Почвенные микроорганизмы выделяют в процессе жизнедеятельности физиологически активные вещества, способствующие переводу элементов питания в легкоусвояемые формы.

4. Почвенная фауна способствует тщательному перемешиванию органической и минеральной частей почвы, созданию водопрочной структуры.

Следует отметить, что наличие в почве грибов, актиномицетов – это признак низкого ее плодородия и окультуренности.

Количественный и качественный состав микроорганизмов очень сильно варьирует в зависимости от многих факторов внешней среды и вида почвы. О состоянии биологической активности почвы можно судить по численности и соотношению видов микроскопических грибов [3].

Вследствие биохимических превращений в почве происходят важнейшие процессы детоксикации ксенобиотиков, ее самоочищения. Решающую роль в этих процессах играют ассоциации почвенных микроорганизмов, функционирующих как единое целое благодаря взаимосвязанным метаболическим реакциям.

Для определения биологической активности почвы под посевами сои 2020 г на базовых точках заложены льняные полотна в трехкратной повторности в два срока (25 мая - 9 июля и 9 июля - 20 августа 2020г). Измерялась температура пахотного слоя. Для измерения температуры поверхности почвы использовали почвенный термометр – щуп АМ6 (на глубину 3-40 см). Выявлено, что несколько большая целлюлозолитическая активность была в первом сроке, но большие различия наблюдались во второй половине лета (таблица, рисунок).

Разложение	Среднее	Минимум	Максим.	Ст.откл.	V%
РТ1, %	46,8	7,8	82,2	19,5	41,7
ИРТ1	0,014	0,002	0,027	0,007	46,2
РТ2, %	38,2	7,1	83,1	20,7	54,1
ИРТ2	0,013	0,002	0,028	0,007	56,6

Степень разложения ткани широко используется как показатель биологической активности почвы и позволяет судить о наличии в ней минерального азота и мобилизационных возможностях почвы в отношении этого элемента.

Рисунок – Картограмма средней интенсивности разложения тканей на территории полигона

Максимальная интенсивность разложения тканей за весенне – летний период наблюдалась на южном склоне.

К биологическим показателям плодородия относятся:

- наличие органического вещества;
- биологическая активность почвы;
- фитосанитарное состояние почвы.

Органическое вещество является важнейшей составной частью почв и содержится в следующих формах:

- живых организмах, обитающих в почве и на ее поверхности;
- в отмерших телах растений, животных и микроорганизмов;
- в виде внесенных в почву органических удобрений;
- в виде продуктов жизнедеятельности микроорганизмов;
- в виде гумуса.

Основная часть органического вещества в почве содержится в виде гумуса, содержание которого может колебаться в зависимости от типа почв от 1 до 10-12%. В дерново-подзолистых почвах республики – 1-3%.

Значение органического вещества:

- является основным источником азота (в гумусе содержится 99% азота почвы)
- является основным источником энергии для почвенных микроорганизмов.
- при разложении органического вещества выделяются в виде растворенных минеральных соединений, включая и микроэлементы.
- органические кислоты способствуют переводу недоступных растениям соединений P, Mg и Ca в доступные формы.
- от содержания органического вещества в почве зависят физико-химические свойства почвы (ёмкость поглощения, степень насыщенности основаниями, буферная способность, влагоёмкость, связность, структура, строение пахотного слоя и др.).

Основные источники пополнения органического вещества:

- корневые и пожнивные (поукосные) остатки растений.
- вносимые органические удобрения (зелёные удобрения).

Количество остатков зависит также от характера использования культуры, применяемой агротехники, метеорологических условий и урожая. Наряду с накоплением под с/х культурами происходит разрушение органического вещества. По интенсивности процесса разложения и массе разложившегося органического вещества с/х культуры располагаются в следующей последовательности:

Пропашные – зерновые – лён – однолетние травы – многолетние травы.

В результате соотношения этих процессов (накопление и разложение) в почве может увеличиваться или уменьшаться содержание органического вещества.

Основным источником органического вещества является внесение

органических удобрений. В результате увеличивается содержание гумуса, улучшаются физико-химические свойства особенно легких почв.

Интенсивность дыхания почвы является показателем ее биологической активности. Как в естественных, так и в культурных ценозах наблюдается положительная корреляционная связь между интенсивностью дыхания почвы и ее плодородием [4].

Известно, что выделяемый корнями углекислый газ является мощным фактором изменения рН среды. Кислотность почвы также усиливается при обмене веществ почвенных организмов, выделяющих CO_2 в почвенный раствор [5].

Сравнительно простой прием, позволяющий оценить суммарную активность почвенных организмов, разлагающих органическое вещество и выделяющих CO_2 , состоит в определении так называемого дыхания почвы, или эмиссии почвой CO_2 . Однако надо помнить, что этот показатель очень динамичен и меняется не только по сезонам года, но и в течение суток (суточная динамика), а также с изменением погодных условий.

На дыхание почвы большое влияние оказывает поступление в нее различных органических материалов, удобрений и пестицидов. К органическим материалам прежде всего следует отнести опад растений, их послеуборочные остатки и различные органические удобрения (навоз, торф, компосты и др.). Как правило, внесение в почву перечисленных материалов резко усиливает выделение CO_2 из почвы [6].

В биодиагностике почв большое значение имеет определение почвенного дыхания как интегрального показателя работы всей биоты. Интенсивность выделения углекислоты дает достоверную информацию о напряженности биохимических процессов, о направленности трансформации органического вещества, а также позволяет судить о самоочищающей способности антропогенно нарушенных почв. Определение углекислоты методом титрования – быстрый и достаточно простой метод исследования биологических свойств почв. Разница в мл H_2SO_4 , пошедшей на титрование контроля и опыта, дает количество углекислоты, выделенной дышащим материалом.

Библиографический список

1. Панников, В.Д. Почва, удобрения, климат, урожай / В.Д. Панников, В.Г. Миняев. – М.: Агропромиздат, 1983. – 325 с.
1. 2. Кудеяров В.Н, Хакимов Ф.И., Деева Н.Ф., Ильина А.А., Кузнецова Т.В., Тимченко А.В. Оценка дыхания почв России. – Почвоведение. – 1995. – № 1. – С 33-42.
2. 3. Сабо Е.Д. Кормилицына О.В. Биологическая активность дерново-подзолистых суглинистых почв и методы их микробиологической характеристики.
3. 4. Кудеяров В.Н, Хакимов Ф.И., Деева Н.Ф., Ильина А.А., Кузнецова Т.В., Тимченко А.В. Оценка дыхания почв России. – Почвоведение. – 1995. – № 1. – С 33-42.
4. Иванов, В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов / В.П. Иванов. – М.: Наука, 1973. – 294 с.
5. Иванникова Л.А. Эмиссия CO_2 из почвы при поступлении в нее различных органических материалов // Дыхание почвы. НЦБИ РАН. Пушчено, 1993. – С 52-58.

УДК 631.521.54:631.524.84:631.415.1

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ В АГРОЛАНДШАФТЕ ЦЧЗ

Дериглазова Г.М.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия

E-mail: g_deriglazova@mail.ru

Резюме. В статье анализируются исследования по изучению влияния кислотности почвы на урожайность ярового ячменя в склоновом агроландшафте на черноземной почве Курской области в течение 6 ротаций зернопаропропашного севооборота.

Ключевые слова: кислотность почвы, агроландшафт, склон северной экспозиции, водораздел, склон южной экспозиции, урожайность ячменя.

Summary. The article analyzes the research on the influence of soil acidity on the yield of spring barley in the sloping agricultural landscape on the chernozem soil of the Kursk region during 6 rotations of grain-fallow crop rotation.

Реакция среды в почве – один из основных показателей уровня плодородия почв для сельскохозяйственных культур, так как она является своего рода интегральным показателем целого комплекса свойств почв, который формирует урожай. Установлено, что кислая среда нарушает углеводный и белковый обмен в растениях. Отрицательное влияние кислой среды на ферментативный аппарат клеток приводит к замедлению и приостановлению процессов синтеза в растениях [1, 2].

Увеличению кислотности в черноземах связано с обеднением пахотного и подпахотного горизонтов подвижными формами кальция в результате их вымывания, выноса с сельскохозяйственной продукцией и расхода на нейтрализацию физиологически кислых минеральных удобрений [3]. Подкисление почв происходит по ряду причин. Во-первых, это связано с выносом кальция с урожаем, так как он является одним из основных элементов питания. Потеря этого элемента может происходить и за счет промывания почвенного профиля. Одним из факторов подкисления почв является выпадение кислотных осадков, образующихся в результате выбросов в атмосферу оксидов серы и окислов азота. Но самая основная причина подкисления черноземных почв связана с применением физиологически кислых удобрений [4].

Оптимальный интервал pH в почвах для культурных растений в сильной степени зависит от доступности элементов питания и растворимости токсикантов [5,6]. При улучшении минерального питания в оптимальных физических условиях урожайность существенно увеличивается, а оптимальный вариант значений pH смещается в более кислую сторону. Оптимальная реакция почв не является строго фиксированной величиной, она зависит от уровня питания, а также от наличия тех или иных ионов в питательном растворе. Кроме того, большое влияние оказывают агрохимические, биологические свойства почвы и ее водно-воздушный режим [7].

Исследования по оценке влияния кислотности почвы на урожайность ярового ячменя проводились в зернопаропропашном севообороте (черный пар –

озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень) в склоновом агроландшафте в ОПХ «Курского ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район) на протяжении 6 ротаций севооборота. Опыт был заложен в 1983 году на водораздельном плато и прилегающих к нему склонах северной и южной экспозиции, длинной 300 и 200 метров и крутизной от 3 до 7°. Размер делянок – 200 м² на склоне северной экспозиции (5х40) и 100 м² на водораздельном плато и склоне южной экспозиции (5х20). Почва опытного участка представлена черноземом типичным.

Результаты исследований. Исследованиями установлено, что на склоне северной экспозиции почва была слабокислой и близкой к нейтральной (табл. 1). Это объясняется климатическими особенностями склона – глубокое промачивание почвы весной приводит к вымыванию карбонатов кальция, что сопровождается подкислением пахотного слоя почвы.

Систематическое внесение в течение 20 лет на склоне северной экспозиции N₇₀P₇₅K₈₀ кг/га в год понижало рН солевое на 0,2 единицы, повышало гидролитическую кислотность с 4,43 до 5,70 мг-экв./100 г почвы, при этом степень насыщения ППК почвы обменными основаниями снижалась с 85,6 % до 81,6 %.

На водораздельном плато рН почвенного раствора уже было несколько меньше и варьировало от слабокислой до нейтральной реакции.

Таблица 1 – Характеристика уровня кислотности почвы в агроландшафте (среднее за 6 ротаций)

Показатели	Вариант	Экспозиция склона		
		Северный склон	Водораздел	Южный склон
рН	контроль	5,6	6,0	7,3
	N ₃₅ P ₃₇ K ₄₀	5,6	5,9	7,3
	N ₇₀ P ₇₅ K ₈₀	5,4	5,8	7,3
Нг	контроль	4,17	3,45	0,57
	N ₃₅ P ₃₇ K ₄₀	4,07	3,51	0,57
	N ₇₀ P ₇₅ K ₈₀	4,64	4,35	0,56
S(Ca+Mg)	контроль	27,9	30,0	36,2
	N ₃₅ P ₃₇ K ₄₀	29,5	29,7	37,2
	N ₇₀ P ₇₅ K ₈₀	27,8	29,9	37,4

На склоне южной экспозиции, где наблюдалось некоторое иссушение почвы и вовлечение в пахотный слой нижележащих горизонтов почвенного профиля более обогащенного карбонатами, кислотность почвы снижалась и даже переходила к слабощелочной.

Сельскохозяйственные растения по отношению к почвенной кислотности можно разделить на несколько групп [8, 9, 10]. Яровой ячмень относится ко второй группе культур, которая отличается умеренной чувствительностью к кислотности почв, хорошей отзывчивостью на известкование.

Отрицательная зависимость урожайности исследуемой культуры от рН почвенного раствора, отмечалась на водораздельном пространстве (коэффициент корреляции $r = -0,94$) и склоне северной экспозиции. Это можно объяснить тем, что с увеличением внесения удобрений (мы обрабатывали 9 вариантную схему опыта с внесение удобрений) почва подкислялась, а урожайность

увеличивалась.

Урожайность же ячменя на слабощелочной почве южного склона практически не изменялась от данного показателя (рис. 1).

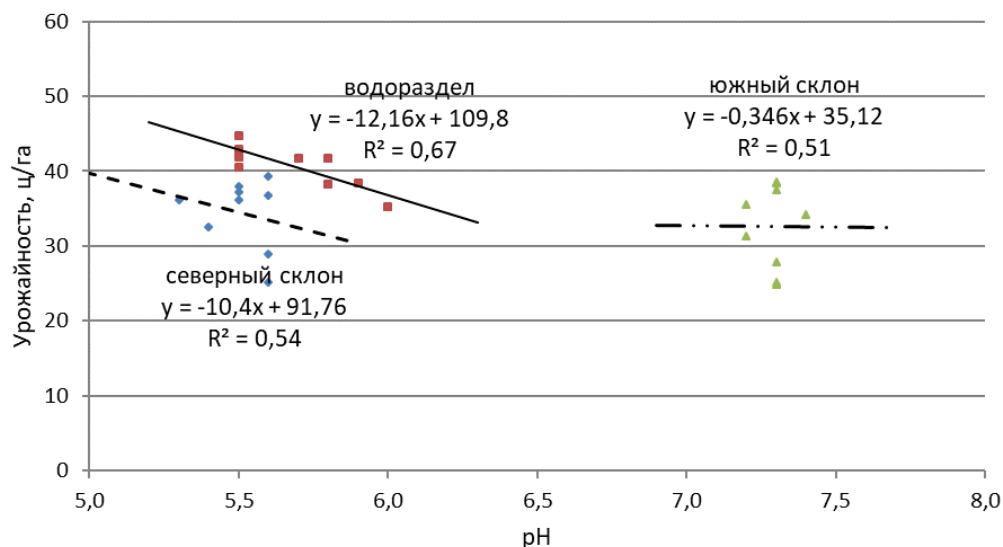


Рисунок 1 – Зависимость урожайности ячменя от pH почвы в агроландшафте

Так как гидролитическая кислотность тесно коррелирует с pH почвенного раствора, то она изменялась, так же, как и pH.

Сумма обменных оснований в среднем была выше на склоне южной экспозиции и снижалась при продвижении к северному склону. Так, на склоне южной экспозиции она составляла 36,9 мг.экв/ 100 г почвы, на водораздельном пространстве – 29,9 мг.экв/100 г почвы, а на северном склоне – 28,4 мг.экв/100 г почвы. Влияния суммы обменных оснований на изменение урожайности ярового ячменя не было выявлено.

Библиографический список

1. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. М.: Россельхозиздат, 1981. – 184 с
2. Авдонин Н.С. Почва, растение, белок / Н.С. Авдонин//Агрохимия. 1975. – № 9. – С. 3-13.
3. Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Шумаков А.В., Дудкин И.В., Гуреев И.И. Технология возделывания ярового ячменя в курской области, Курск, 2011. – С 75
4. Дериглазова Г.М. Изменение кислотности черноземных почв в агроландшафте ЦЧР// Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО "Общество почвоведов имени В.В. Докучаева «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия». – Курск, 2018. – С. 135-139.
5. Строганова М.Н. Специфика склонового почвообразования в лесных биогеоценозах / М.Н. Строганова, С.Я. Трофимов // Общие проблемы биогеоценологии Тез. докл. 2 Всерос. совещ. – М., 1986, – т. 1. – С. 261-262.
6. Чуян Г.А. Трансформация агрохимических показателей почвы под влиянием рельефа, эрозии и удобрений / Г.А. Чуян, С.И. Чуян // Агроэкологические принципы земледелия. – М.: Колос, 1993. – С.175-184.
7. Трофимов И.Т., Ступина Л.А. Отношение сельскохозяйственных культур к почвенной кислотности и повышение их продуктивности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2006. – № 2 (22). – С. 20-24.

8. Каличкин В.К. Агроэкологические основы мелиорации кислых почв Западно-Сибирской равнины / В.К. Каличкин. Новосибирск: СибНИИЗХим, 1998. – 240 с.
9. . Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. М.: Изд-во АН СССР, 1945. – 199 с.
10. Мещеряков А.И. Влияние кислотности и Al на рост растений / А.И. Мещеряков // Тр. ВИАУ 17. – 1937. – Т. 16. – 166 с.

УДК 631.82

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

Дериглазова Г.М.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия

E-mail: g_deriglazova@mail.ru

Резюме. В статье анализируются исследования по изучению влияния физико-химических свойств черноземной почвы на продуктивность ярового ячменя в Курской области в течение 6 ротаций зернопаропропашного севооборота.

Ключевые слова: агроландшафт, склон северной экспозиции, водораздел, склон южной экспозиции, урожайность ячменя, гумус, фосфатный и калийный режим.

Summary. The article analyzes the research on the influence of the physico-chemical properties of chernozem soil on the productivity of spring barley in the Kursk region during 6 rotations of grain-fallow crop rotation.

Мало найдется таких почв, как чернозем, о котором было столько сказано и написано. Занимая 7 % территории бывшего Советского Союза, они давали 80 % всей земледельческой продукции страны.

Агрохимические свойства почв, располагающихся на разных элементах мезорельефа, могут заметно различаться под влиянием неодинаковых экологических, климатических, микробиологических и других условий [1, 2, 3]. Различия агроэкологических условий в агроландшафте обуславливают такую степень дифференциации показателей плодородия почвы по его элементам, которую нельзя не учитывать при выращивании зерна ячменя высокого качества.

Значение общего содержания гумуса как важнейшего фактора плодородия раскрыто в научной литературе достаточно полно. В агроландшафтах Центрально-Черноземной зоны на черноземах типичных и выщелоченных повышение содержания гумуса в диапазоне 3,5-6,5% сопровождается линейным повышением урожайности зерновых культур [4]. Н.Ф. Ганжара и В.И. Кирюшин [5] полагают, что коррелятивные связи не позволяют раскрыть причинно-следственные. По их мнению, «...содержание гумуса и урожай могут находиться в тесной корреляционной связи, поскольку они зависят от тех же факторов и имеют одинаковую направленность изменений». По данным [6], влияние гумуса на урожайность проявляется только в вариантах без применения минеральных удобрений

Содержание азота в почве является важнейшим показателем её потенциального плодородия. Необходимо отметить, что гумус почвы и азотный режим устанавливает интенсивность и устремленность почвенных процессов формирующих другие режимы и свойства почв [7]. С развитием водной эрозии на

склоновых землях идет медленное разрушение верхнего высокоплодородного слоя почвы, в котором аккумулярована основная масса гумуса.

Получение высоких и устойчивых урожаев ячменя тесно связано с потреблением питательных веществ. Из зерновых культур он наиболее требователен к элементам питания. При этом очень важно, чтобы растения были обеспечены в полной мере доступными элементами с самого начала их развития [8, 9].

Исследования по оценке влияния физико-химических свойств черноземной почвы на урожайность ярового ячменя проводились в зернопаропропашном севообороте (черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень) в склоновом агроландшафте в ОПХ «Курского ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район) на протяжении 6 ротаций севооборота. Опыт был заложен в 1983 году на водораздельном плато и прилегающих к нему склонах северной и южной экспозиции, длиной 300 и 200 метров и крутизной от 3 до 7°. Размер делянок – 200 м² на склоне северной экспозиции (5х40) и 100 м² на водораздельном плато и склоне южной экспозиции (5х20). Почва опытного участка представлена черноземом типичным.

Анализ содержания гумуса в пахотном слое почвы показал, что после шестой ротации зернопаропропашного севооборота, наибольшее его количество отмечалось на водораздельном плато – 5,54 %, несколько меньшее на северном склоне – 5,47 %, и меньше всего в почве южной экспозиции – 5,13 %. Уменьшение гумуса на южном склоне шло по всему профилю почвы и связано это не только с более интенсивным проявлением водной эрозии, но так же, с активно протекающими процессами его минерализации, на которые решающее влияние оказали: повышенный тепловой режим и более низкий режим влагообеспеченности. Так, по данным Г.А. Чуяна (1994) [10], численность микроорганизмов способных разлагать гумус на склоне южной экспозиции составляло 132-145% к водоразделу, а на склоне северной экспозиции 65-79%. На склоне северной экспозиции эрозионные процессы менее выражены, почва обладает лучшей водопроницаемостью, а мощность гумусированных слоёв равна мощности аналогичных почв на водоразделе [10, 11].

Распределение содержания щелочногидролизуемого азота в агроландшафте очень похоже на содержание гумуса. Поэтому наибольшее его количество было отмечено на водораздельном плато, чуть меньшее – на склоне северной экспозиции (табл. 1).

Изменение содержания подвижных форм фосфора и калия на различных элементах эрозионного рельефа в основном зависят от степени эродированности почвы, от агрохимических свойств нижележащих генетических горизонтов и от объема применяемых удобрений. Вместе с тем содержание подвижного фосфора – показатель весьма динамичный и зависит от многих факторов (антропогенные воздействия, сезонные колебания) часто в большей степени, чем от генетических особенностей почвы [12].

Таблица 1 – Содержание питательных элементов в почве по элементам агроландшафта (среднее за 6 ротаций севооборота)

Вариант	Показатели				
	N щ.г.	N-NO ₃	N-NO ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
	мг/100 г почвы				
Северная экспозиция					
Контроль	17,37	0,35	1,31	10,3	9,4
N ₃₅ P ₃₇ K ₄₀	17,30	0,50	1,09	14,5	10,0
N ₇₀ P ₇₅ K ₈₀	17,70	0,72	1,51	14,5	12,2
Водораздельное плато					
Контроль	18,74	0,46	1,45	16,3	11,3
N ₃₅ P ₃₇ K ₄₀	18,22	0,53	1,26	17,9	10,9
N ₇₀ P ₇₅ K ₈₀	19,36	0,44	1,82	21,5	12,1
Южная экспозиция					
Контроль	16,10	0,50	1,26	17,7	12,4
N ₃₅ P ₃₇ K ₄₀	15,34	0,49	1,13	16,2	11,8
N ₇₀ P ₇₅ K ₈₀	14,85	0,49	1,09	18,1	13,5

По результатам исследования после прохождения шести ротаций севооборота содержание подвижного фосфора в варианте без удобрений на северном склоне было на 7,4 мг/100 г почвы ниже, чем в почве южного склона и на 6,0 мг/100 г почвы водораздельного участка. Под действием возрастающих доз минеральных удобрений его уровень по сравнению с контролем без удобрений возрос на северном склоне от среднего до повышенного (на 40,8 %), на водораздельном плато от высокого до очень высокого (на 31,9 %).

Таким образом, насыщение севооборота возрастающими дозами минеральных удобрений способствовало на северном склоне и водоразделе увеличению содержания в почве подвижного фосфора от среднего до очень высокого уровня, а на склоне южного направления поддерживало на высоком уровне.

С увеличением содержания фосфора в почве урожайность зерна ячменя достоверно повышалась на водоразделе и склоне северной экспозиции. Уравнения регрессии в данном случае выглядели следующим образом:

водораздельное плато

$$y = 0,79x + 23,64, R^2 = 0,65;$$

северный склон

$$y = 0,90x + 22,52, R^2 = 0,8, \text{ где}$$

y – урожайность ячменя, ц/га;

x – содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы.

Как следует из агрохимических свойств пахотного горизонта черноземных почв приведенных в таблице 1 наибольшее количество подвижного калия, в среднем по вариантам опыта, содержится в слабосмытых почвах южного склона, что выше водораздела и северной экспозиции соответственно на 1,3 и 1,6 мг/100 г почвы. Необходимо отметить, что длительное применение в севообороте минеральных удобрений увеличивало содержание подвижного калия на 0,8 мг/100 г почвы (водораздел), 1,2 мг/100 г почвы (южный склон) и на

1,8 мг/100 г почвы (северный склон), что положительно сказалось на величине урожайности ярового ячменя (увеличивало урожайность на всех склонах на примерно одинаковую величину) (рис. 1).

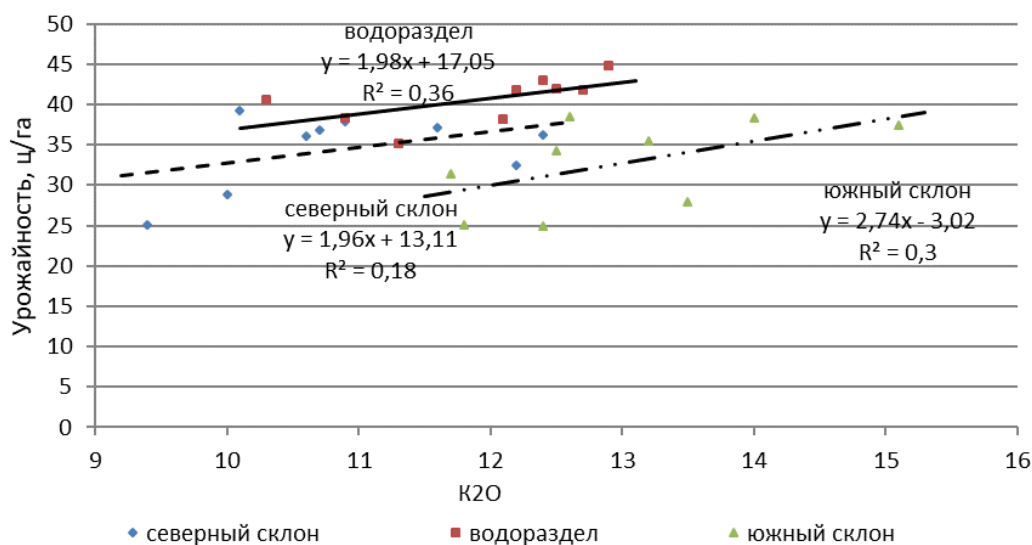


Рисунок 1 – Зависимость урожайности ячменя от содержания калия в почве в агроландшафте

В целом варьирование агрохимических свойств чернозема типичного по различным экспозициям агроландшафта не отмечалось столь существенно, чтобы внести значительные различия в продуктивность ячменя и его качественных показателей.

Несомненно, что в этом случае очень трудно оценить влияние самой экспозиции от влияния уровня плодородия почвы, а конечный результат является итогом комплексного действия факторов.

Библиографический список

1. Строганова, М.Н. Специфика склонового почвообразования в лесных биогеоценозах / М.Н. Строганова, С.Я. Трофимов // Общие проблемы биогеоценологии Тез. докл. 2 Всерос. совещ. – М., 1986, – т. 1. – С. 261-262.
2. Каштанов А.Н. Развитие исследования по эрозии и охране почв / А.Н. Каштанов, Л.Л. Шишов, М.С. Кузнецов // Сб. докл. конф. Экологическая оптимизация земледелия, 14-16 сентября 2004 г., Курск. – С.11-20.
3. Чуян Г.А. Трансформация агрохимических показателей почвы под влиянием рельефа, эрозии и удобрений / Г.А. Чуян, С.И. Чуян // Агроэкологические принципы земледелия. – М.: Колос, 1993. – С.175-184.
4. Проценко, Е.П. Влияние обеспеченности элементами минерального питания на продуктивность зерновых культур в агроландшафтах Центрально-Черноземной зоны / Е.П. Проценко, О.Г. Чуян, Л.Н. Караулова // Почвы – национальное достояние России: мат-лы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. – Новосибирск, 2004. – Кн. 2. – С. 97.
5. Ганжара, Н.Ф. Критерии оптимизации режима органического вещества и гумусового состояния почв / Н.Ф. Ганжара, В.И. Кирюшин // Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – С. 69-76.
6. Ганжара, Н.Ф. Легкоразлагаемые органические вещества почв / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, М.А. Флоринский // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – №1. – С. 53-55.
7. Муха В.Д. Почвообразовательный процесс и окультуривание почв. – Харьков: Изд-во ХСХИ, 1979. – 48 с.

8. Беляков, И.И. Ячмень в интенсивном земледелии / И.И. Беляков. – М.: Росагропромиздат, 1990 – 176 с.
9. Зерновые культуры / Д. Шпаар [и др.] – Минск: ФУАинформ, 2000 – 421 с.
10. Чуян, Г.А. Научные основы регулирования плодородия типичных черноземов на склоновых землях (в условиях Центрально-Черноземной зоны) // Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук в форме науч. докл. / Г.А. Чуян – Курск, 1994. – 57 с.
11. Чуян, Г.А. Почвенно – агрохимические аспекты ландшафтно – экологического земледелия / Г.А. Чуян. // Проблемы ландшафтного земледелия: доклады науч.- практ. конф. – Курск, 1997. – С. 133-141.
12. Чуян, Г.А. Изменение фосфатного режима типичного чернозема под влиянием эрозии и систематического применения удобрений. / Г.А. Чуян, В.В. Ермаков, С.И. Чуян // Агрохимия. – 1986. – № 9. – С. 41-47.

УДК 631.51

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРОХА

Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В.

Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70 б,

Курск, 305021

E-mail: kurskfarc@mail.ru

Резюме. Проведена энергетическая и экономическая оценка возделывания гороха с использованием различных систем основной обработки почвы. Установлено, что наиболее энергетически затратной является система включающая вспашку, а наименее затратной – прямой посев. Лучшие экономические показатели получены при возделывании гороха по вспашке, а худшие – по поверхностной обработке почвы.

Ключевые слова: горох, основная обработка почвы, затраты энергии, рентабельность.

Summary. Energy and economic assessment of peas cultivation using various systems of primary tillage was carried out. It was found out that the most energy-intensive was the system that included plowing, and direct sowing was the least intensive one. The best economic indicators were obtained in the cultivation of peas with plowing, and the worst ones with surface tillage.

Key words: peas, primary tillage, energy expenditures, profitability.

Введение. В условиях возрастающей энергоемкости сельскохозяйственного производства и ростом цен на энергоносители, необходимо энергетически и экономически обоснованное ведение хозяйственной деятельности [1, 2]. Дифференцированный подход к использованию энергозатрат при производстве сельскохозяйственной продукции способствует экономии не только финансовых ресурсов, но и предотвращению негативных процессов, связанных с нерациональным распределением энергетических ресурсов агроэкосистемы. Энергозатраты определяют и экономическую эффективность сельскохозяйственного производства [3]. Одним из наиболее энергетически и экономически затратных агроприемов является основная обработка почвы [4].

Целью работы была энергетическая и экономическая оценка не только отдельных приемов основной обработки почвы, а в целом системы возделывания гороха, в которой использовались изучаемые приемы обработки.

Условия, материалы и методы. Исследования проведены в полевом

стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2019-2020 гг. в четырехпольном севообороте. Севооборот развёрнут в пространстве всеми четырьмя полями, со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта (20-22 см); комбинированная обработка (дискование 8-10 см + чизель 20-22 см); поверхностная обработка (дискование) до 8 см; прямой посев (No-till). Вариант No-till осуществлялся без какой-либо обработки почвы, сеялкой прямого посева Дон 114. Приемы обработки почвы применялись систематически с 2015 г. для каждого варианта.

Варианты в полевом опыте размещались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100), повторность трехкратная. Исследования проведены во второй ротации севооборота на горохе сорта Кадет.

Результаты и обсуждение. Для энергетической оценки систем обработки почвы использовался показатель затрат совокупной энергии, идущих на производство зерна гороха [5]. Для этого были оценены затраты энергии по всем основным технологическим операциям возделывания гороха (табл. 1).

Таблица 1 – Технологические операции при различных системах возделывания гороха

Технологическая операция	Система обработки почвы			
	Вспашка	Комбини- рованная	Поверх- ностная	Прямой посев
Весеннее боронование	+	+	+	-
Предпосевная культивация	+	+	+	-
Посев	+	+	+	+
Обработка гербицидами	+	+	+	+
Уборка	+	+	+	+
Лущение стерни	+	+	+	—
Вспашка	+	—	—	—
Поверхностная обработка	—	+	+	—
Чизельная обработка	—	+	-	—
Обработка гербицидами	—	—	—	+

В результате энергетической оценки изучаемых систем возделывания гороха установлено, что в системе, где в качестве способа основной обработки почвы использовалась вспашка, отмечаются наиболее высокие затраты энергии на работу тракторов – 358,8 МДж/га, что в 1,13 раза выше, чем при использовании комбинированной обработки, в 1,49 раза, чем при поверхностной обработке и в 3,91 раза, чем при прямом посеве (табл. 2).

По затратами энергии, на работу сельхозмашин, наиболее затратной была система, включающая комбинированную обработку почвы, за счет

дополнительной чизельной обработки, а наименее затратным был прямой посев.

Также наибольшие затраты энергии с основными энергоносителями (дизельное топливо) были при системе, включающую вспашку – 2506,2 МДж/га, что в 1,20 раза выше, чем при использовании комбинированной обработки, в 1,43 раза, чем при поверхностной обработке, и в 3,02 раза, чем при прямом посеве.

Таблица 2 – Затраты энергии при различных системах основной обработки почвы, МДж/га

Статья затрат совокупной энергии	Система обработки почвы			
	Вспашка	Комбинированная	Поверхностная	Прямой посев
Тракторы	358,8	317,7	240,4	91,7
Сельхозмашины	827,2	899,2	819,9	808,5
Живой труд	284,8	266,5	233,1	170,5
Энергоносители	2506,2	2080,1	1753,8	829,3
Гербициды	316,3	316,3	316,3	711,7
Итого:	4293,3	3879,8	3363,5	2611,7

Энергозатраты на применение гербицидов были самыми высокими при прямом посеве – 711,7 МДж/га, что в 2,25 раза выше, чем при других системах возделывания гороха. Это связано с применением гербицидов сплошного действия в качестве химической основной обработки для снижения уровня засоренности.

Таблица 3 – Энергетическая эффективность возделывания гороха

Показатель	Система обработки почвы			
	Вспашка	Комбинированная	Поверхностная	Прямой посев
Затраты энергии на систему обработки, МДж/га	4293	3880	3364	2612
Получено энергии с основной продукцией, МДж/га	38918	30604	28304	29896
Приращение валовой энергии, МДж/га	34625	26724	24940	27284
Энергетический коэффициент	9,06	7,88	8,41	11,44

При подсчете совокупных затрат энергии по каждой системе основной обработки почвы наиболее затратной является система, включающая вспашку, а наименее затратной – прямой посев. Затраты энергии при системе, включающей вспашку – 4293,3 МДж/га, были в 1,10 раза выше, чем при использовании комбинированной обработки, в 1,27 раза, чем при поверхностной обработке и в 1,64 раза, чем при прямом посеве.

При расчете энергетической эффективности систем возделывания гороха наибольшее количество энергии в основной продукции получено при системе,

включающей вспашку, за счет наибольшей урожайности в этом варианте (табл. 3). Несмотря на самые высокие затраты энергии при использовании вспашки, здесь отмечается наибольшее приращение валовой энергии.

Самый высокий энергетический коэффициент получен при прямом посеве, за счет минимальных затрат энергии на данную систему обработки.

При оценке экономической эффективности лучшие показатели получены при возделывании гороха в системе, включающей в себя вспашку. Так, величина условно чистого дохода здесь составила 17988 руб./га, себестоимость 1 т зерна – 7824 руб., уровень рентабельности – 104,5%. Возделывание гороха в системе с комбинированной обработкой обеспечивало получение 12061 руб./га условно чистого дохода, при себестоимости 1 т зерна равной 9028 руб. и уровне рентабельности – 77,2%, а по поверхностной обработке – 10905 руб./га, 9353 руб./т, 72,9%, соответственно (табл. 4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность различных систем возделывания гороха

Способ основной обработки почвы	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Себестоимость, руб./т	Чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %
Вспашка	2,20	35200	17212	7824	17988	104,5
Комбинированная	1,73	27680	15619	9028	12061	77,2
Поверхностная	1,60	25600	14965	9353	10905	72,9
Прямой посев (No-till)	1,69	27040	14325	8476	12715	88,7

Возделывание гороха по системе прямого посева (No-till) хотя и не превышала вариант со вспашкой по уровню дохода и рентабельности, однако снижало производственные затраты на 6,1%, по сравнению с комбинированной обработкой и на 9,4% с поверхностной обработкой. Также при прямом посеве возрасстал чистый доход на 654 руб. и 1810 руб., себестоимость на 11,5% и 15,8% по сравнению с комбинированной и поверхностной обработками соответственно. Наименее доходной и рентабельной была система, включающая поверхностную обработку почвы.

Закключение. Таким образом, при возделывании гороха наиболее энергетически затратной является система включающая вспашку, а наименее затратной – прямой посев. При прямом посеве отмечается наиболее высокий энергетический коэффициент за счет наименьших затрат энергии при данной системе обработки. Лучшие экономические показатели получены при возделывании гороха по вспашке, а худшие – по поверхностной обработке почвы.

Библиографический список.

1. Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Карабутов А.П. Влияние вида севооборота, способов основной обработки почвы и удобрений на энергетические показатели возделывания сахарной свеклы в юго-западной части ЦЧР // Земледелие. – 2019. – №1. – С. 18-21.

2. Соловиченко В.Д., Никитин В.В., Карабутов А.П., Навольнева Е.В. Влияние способа основной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха // Земледелие. – 2018. – №5. – С. 20-23.
3. Дридигер В.К., Невечеря А.Ф., Токарев И.Д., Вайцеховская С.С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. – 2017. – №3. – 16-19.
4. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 3-6.
5. Кирюшин В.И., Дридигер В.К., Власенко А.Н. и др. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева. – М.: Изд-во МБА, 2019. – 136 с.

УДК 631.4

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИЙ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ В ПРОЦЕССЕ АГРОГЕНЕЗА

Дыдышко С.В., Азарёнок Т.Н.

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

E-mail: siarheidyshka@mail.ru, soil@tut.by

Резюме. Представлены особенности перераспределения и динамики важнейших фракций гранулометрического состава (физической глины, средней и мелкой пыли, ила) дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв пахотных земель Беларуси по сравнению с их естественными аналогами.

Ключевые слова: гранулометрический состав, физическая глина, пыль средняя и мелкая, ил.

Summary. The features of redistribution and dynamics of the most important fractions of the granulometric composition (physical clay, medium and fine dust, silt) of soddy-pale-podzolic light loamy soils of arable lands of Belarus in comparison with their natural counterparts are presented.

Key words: particle size distribution, physical clay, medium and fine dust, silt.

Введение. Одной из важнейших характеристик почв, оказывающей влияние на свойства и питательный режим, характер, направленность и скорость почвообразовательных процессов, формирование почвенного плодородия в условиях Беларуси является гранулометрический состав, особенно его важная фракция – физическая глина, включающая илистую фракцию, отвечающую за содержание и качество органического вещества, емкость поглощения, состав поглощенных оснований, плодородие почв и их агроэкологический потенциал для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур.

Гранулометрический состав принадлежит к числу консервативных генетических характеристик почв и в природных условиях его преобразование протекает достаточно медленно относительно изменений других свойств, однако хозяйственная деятельность может значительно ускорить ход его преобразования. В настоящее время имеются публикации, в которых авторы констатируют изменение гранулометрического состава верхней части профиля почв пахотных земель, при этом высказывается мнение о возможности как обеднения пахотного горизонта илистой составляющей [1, 2, 3], так и обогащения [4, 5] в результате длительного использования почв в сельскохозяйственном

производстве. Существует также мнение ученых о том, что в дерново-подзолистых почвах существенного изменения гранулометрического состава не происходит [6, 7].

Несмотря на противоречивые в научных публикациях данные, большинство исследователей констатируют изменения консервативной характеристики почвы под влиянием агрогенного фактора, обнаружить которые и оценить их направленность возможно при условии наличия «нулевой точки отсчета», а именно, естественных эталонных почв. Поэтому исследования по изучению гранулометрического состава являются актуальными и относятся к числу наиболее важных, так как эта почвенная характеристика непосредственно влияет на другие свойства почв и их производительную способность: выявлены корреляционные зависимости между содержанием физической глины и урожайностью сельскохозяйственных культур ($r = 0,42-0,99$, Н.И. Смян, Г.С. Цытрон, А.К. Магил, С.Г. Муралев) и содержанием гумуса ($r = 0,55$, Н.И. Смян, Г.С. Цытрон) в дерново-подзолистых почвах.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследований выбраны естественные (почвы под лесом), принятые в качестве «нулевой точки отсчета», и пахотные дерново-палево-подзолистые почвы, сформировавшиеся на мощных лессовидных легких суглинках, занимающих 14 % пахотных земель республики и являющихся одними из самых плодородных (балл бонитета 72,3).

Лабораторные исследования по определению гранулометрического состава проведены методом «пипетки» по Н.А. Качинскому (ГОСТ 12536-2014) [8]. Баланс фракций физической глины, средней и мелкой пыли, ила (относительного процента потери (-) и накопления (+) фракций по отношению к их содержанию в почвообразующей породе) рассчитывали по формуле Б.Г. Розанова [7]:

$$\frac{A_{in} - A_{io}}{A_{io}} \times 100,$$

где, A_{in} – процентное содержание фракций физической глины, средней и мелкой пыли, ила в n-ном горизонте; A_{io} – процентное содержание физической глины, средней и мелкой пыли, ила в почвообразующей породе.

Результаты исследования. Анализ гранулометрического состава позволил установить, что в исследуемых почвах под лесом и их пахотных аналогах преобладает фракция крупной пыли: ее максимальное содержание отмечается в горизонтах В₁ и В₃С – 65,4 и 62,7 %, а минимальное – в горизонтах А₂ и А_п – 56,0 и 59,1 % соответственно (табл. 1).

По содержанию физической глины и ила наблюдается дифференциация по профилю: в лесных и в пахотных почвах максимальное накопление физической глины (25,8 % и 25,4 %) и ила (17,8 % и 16,2 %) отмечается в горизонте В_{2t}, а минимальное содержание физической глины (19,5 % и 20,3 %) и ила (7,8 % и 7,6 %) – в горизонте А₂. По содержанию средней и мелкой пыли наблюдаются различия: в естественных почвах наибольшее их содержание отмечено в горизонте А₁(А₂) – 12,6 %, а наименьшее – в горизонте В₁ – 7,8 %; в окультуренных

почвах максимальное содержание наблюдается в горизонте A_n – 14,0 %, а минимальное – в горизонте B_{2t} – 9,1 %.

Таблица 1 – Гранулометрический состав дерново-палево-подзолистых почв, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках

Генетический горизонт, глубина отбора образца, см	Размер фракций (мм) и их количество в % на абсолютно сухую почву								
	Хрящ (>3)	Гравий (3-1)	Песок			Пыль крупная (0,05-0,01)	Физическая глина (менее 0,01)	в т.ч.	
			крупный (1-0,5)	средний (0,5-0,25)	мелкий (0,25-0,05)			пыль средняя и мелкая (0,01-0,001)	ил (менее 0,001)
Почвы под лесом (n = 19)									
A ₁ (A ₂), 2-20	–	0,5	1,3	1,1	19,3±8,9	57,9±9,7	21,5±1,4	12,6±2,8	9,0±2,8
A ₂ , 20-30	–	–	–	0,6	23,7±5,6	56,0±4,4	19,5±1,6	11,7±3,5	7,8±2,2
B ₁ , 30-50	–	–	–	0,6	10,4±11,5	65,4±12,2	24,2±2,3	7,8±3,4	16,4±4,6
B _{2t} , 60-80	–	–	1,0	0,6	14,4±10,0	59,7±12,0	25,4±3,2	8,0±1,6	17,4±3,1
B ₃ C, 85-105	–	–	1,0	0,6	14,5±10,6	62,2±11,0	23,5±4,3	10,5±3,1	13,0±2,4
Окультуренные почвы (n = 62)									
A _n , 5-25	0,1	0,6	1,4	0,5	17,7±6,6	59,1±7,1	22,2±1,7	14,0±2,3	8,2±2,5
A ₂ , 30-40	1,8	2,3	2,6	0,5	18,5±5,8	59,8±7,3	20,3±2,3	12,7±2,2	7,6±1,6
A ₂ B ₁ , 45-55	–	–	0,2	0,2	16,9±3,8	60,4±4,0	22,4±2,3	11,5±2,3	10,9±3,5
B _{2t} , 60-85	0,5	3,1	3,6	0,5	13,8±7,8	59,3±8,8	25,4±3,2	9,1±2,1	16,2±3,8
B ₃ C, 95-110	–	2,2	3,2	0,2	13,9±8,3	62,7±10,1	23,0±4,7	9,3±2,5	13,7±3,6

Вовлечение почв в длительное сельскохозяйственное использование вызывает изменения наиболее ценной составляющей гранулометрического состава, определяющей плодородие почв – количественного содержания фракций физической глины (средней и мелкой пыли, и ила) и их соотношения. С использованием метода баланса установлено распределение данных фракций относительно их содержания в почвообразующей породе и выявлено, что в естественных почвах по содержанию физической глины отрицательный баланс отмечается по всему профилю с минимальными потерями в горизонте B_{2t} – -1,2 % и наибольшими – в элювиальном горизонте A_2 – -24,1 %; по содержанию средней и мелкой пыли положительный баланс характерен для верхней части профиля на глубине 2–30 см с наибольшим накоплением в горизонте $A_1(A_2)$ – +14,5 % и наибольшими потерями в горизонте B_1 – -29,1 %, причем с увеличением глубины потери средней и мелкой пыли снижаются; по содержанию ила положительный баланс наблюдается только в горизонтах B_1 и B_{2t} – +11,6 и +18,4 % соответственно, а наибольшие потери характерны для горизонта A_2 – -46,9 %, что свидетельствует о четкой дифференциации профиля по илу (табл. 2).

Таблица 2 – Баланс фракций физической глины дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв, %

Генетический горизонт	Глубина отбора образца, см	Физическая глина	Пыль средняя и мелкая	Ил
Почвы под лесом				
A ₁ (A ₂)	2-20	-16,3	+14,5	-38,8
A ₂	20-30	-24,1	+6,4	-46,9
B ₁	30-50	-5,8	-29,1	+11,6
B _{2t}	60-80	-1,2	-27,3	+18,4
B ₃ C	85-105	-8,6	-4,5	-11,6
C	120-130	25,7	11,0	14,7
Окультуренные почвы				
A _п	5-25	-22,9	+29,6	-54,7
A ₂	30-40	-29,5	+17,6	-58,0
A ₂ B ₁	45-55	-22,2	+6,5	-39,8
B _{2t}	60-85	-11,8	-15,7	-10,5
B ₃ C	95-110	-20,1	-13,9	-24,3
C	120-130	28,8	10,8	18,1

В окультуренных почвах по содержанию фракций физической глины и ила наблюдается отрицательный баланс по всему профилю с наибольшими потерями частиц в горизонте A₂ – -29,5 % и -58,0 % и уменьшением отрицательных значений с глубиной до минимальных в горизонте B_{2t} – -11,8 % и -10,5 % соответственно, где содержание данных фракций наибольшее; по содержанию средней и мелкой пыли отмечаются разнонаправленные изменения: положительный баланс характерен для верхней части профиля с наибольшим накоплением пылеватых фракций в горизонте A_п – +29,6 % и отрицательный баланс в нижней части профиля с наибольшими потерями в текстурном горизонте B_{2t} – -15,7 %, причем с увеличением глубины потери пыли снижаются.

Таким образом, получены среднестатистические количественные данные гранулометрического состава, отражающие содержание и динамику наиболее ценных фракций (физической глины: пыли и ила) в пахотных и лесных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: наибольшее содержание физической глины и ила отмечается в горизонтах B_{2t} – 25,4 % и 16,2 % в пахотных почвах против 25,8 % и 17,8 % в лесных, а наименьшее – в элювиальных горизонтах A₂ – 20,3 и 7,6 % против 19,5 и 7,8 % соответственно; наибольшее содержание средней и мелкой пыли отмечается в горизонтах A_п и A₁(A₂) – 14,0 % против 12,6 %, а наименьшее в горизонтах B_{2t} и B₁ – 9,1 и 7,8 % соответственно.

Методом баланса установлено, что по содержанию физической глины отмечается отрицательный баланс по всему профилю с минимальными потерями в горизонте B_{2t}: -11,8 % в пахотных почвах против -1,2 % в лесных и максимальными – в горизонтах A₂ – -29,5 против -24,1 % соответственно. По содержанию средней и мелкой пыли в пахотных и лесных почвах положительный

баланс наблюдается на глубине 5–55 см и 2–30 см, причем с возрастанием глубины накопление пыли снижается с +29,6 % в горизонте $A_{\text{п}}$ до +6,5 % в горизонте A_2B_1 и с +14,5 % в горизонте $A_1(A_2)$ до +6,4 % в горизонте A_2 соответственно, и отрицательный баланс на глубине 60–110 см и 30–105 см, причем с возрастанием глубины потери пыли снижаются с -15,7 % в горизонте B_{2t} до -13,9 % в горизонте B_3C и с -29,1 % в горизонте B_1 до -4,5 % в горизонте B_3C соответственно. По содержанию ила отмечается отрицательный баланс по всему профилю пахотных почв с минимальными потерями в горизонте B_{2t} : -10,5 % против +18,4 % в лесных (баланс положительный) и наибольшими потерями в элювиальных горизонтах A_2 – -58,0 и -46,9 % соответственно.

В целом установлено, что для почв пахотных земель характерна отрицательная динамика фракции физической глины и наблюдается изменение ее качественного состояния по сравнению с естественными аналогами: в горизонтах $A_{\text{п}}$ и A_2 возрастает положительная динамика пыли и отрицательная ила по сравнению с горизонтами $A_1(A_2)$ и A_2 ; в горизонтах A_2B_1 и B_{2t} снижается, а в B_3C возрастает отрицательная динамика пыли и ила по сравнению с горизонтами B_1 , B_{2t} и B_3C лесных почв соответственно.

Библиографический список

1. Канев, В.В. Трансформация свойств подзолистых почв подзоны средней тайги при освоении и окультуривании / В.В. Канев, В.В. Мокиев // Почвоведение. – 2008. – № 3. – С. 349-359.
2. Караваева, Н.А. Агрогенные почвы, условия среды, свойства и процессы / Н.А. Караваева // Почвоведение. – 2005. – № 12. – С. 1518-1529.
3. Самофалова, И.А. Изменения стабильного свойства почвы (гранулометрического состава) в результате длительного применения различных систем удобрения / И.А. Самофалова / Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России: материалы междунар. науч. конф. / под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2011. – С. 97-99.
4. Горбачева, Е.В. Агроземы культурные и их качественная оценка: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Е.В. Горбачева; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2012. – 21 с.
5. Иванов, И.А. Изменение свойств подзолистых и дерново-подзолистых почв на песчаных породах при окультуривании / И.А. Иванов, А.И. Иванов, Н.А. Цыганова // Почвоведение. – 2004. – № 4. – С. 487-499.
6. Пироговская, Г.В. Влияние различных систем удобрения на изменение минеральной части дерново-подзолистой песчаной почвы / Г.В. Пироговская, С.Д. Астапова, А.Ф. Санько // Почвоведение. – 2004. – № 1. – С. 92-103.
7. Розанов, Б.Г. Генетическая морфология почв / Б.Г. Розанов. – Москва: Изд-во Московского ун-та, 1975. – 293 с.
8. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: ГОСТ 12536–2014. – Введ. 05.12.2014. – М: Стандартинформ, 2019. – 23 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ГЛАВНОГО КОЛОСА АДАПТИРОВАННЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Евдокименкова М.И., Михайленко И.И., Кувшинова А.А.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»

308001, Россия, г. Белгород, ул. Октябрьская, д. 58

E-mail: marinazaharova27082007@mail.ru

Резюме. Рассмотрены главные параметры колоса по результатам структурного анализа, составляющие урожайность озимой пшеницы. Выявлена зависимость показателей колоса от ГТК на основе рассчитанных значений коэффициентов корреляции в разных агроэкологических условиях.

Ключевые слова: озимая пшеница, колос, засуха, урожайность, масса главного колоса.

Summary. The main parameters of the ear according to the results of structural analysis, which make up the yield of winter wheat, are considered. The dependence of the ear indicators on the SCC was revealed on the basis of the calculated values of the correlation coefficients in different agroecological conditions.

В последние годы внимание многих учёных приковано к проблеме меняющегося климата. Современные изменения привели к тому, что рост температуры воздуха летом не компенсируется соответствующим ростом осадков, что делает вероятным возникновение засушливых явлений, которые влияют на урожайность сельскохозяйственных культур и водообеспечение, что для нашего региона является весьма критичным [1].

Важнейшим направлением экологизации земледелия является целенаправленный отбор сортов сельскохозяйственных культур, максимально адаптированных к различным орографическим условиям агроландшафтов [2]. Цель данного исследования: проследить за изменением основных параметров главного колоса адаптированных сортов озимой пшеницы в зависимости от показателя ГТК в различных агроэкологических условиях.

В опыте участвовали адаптированные сорта озимой мягкой пшеницы, районированные в Центрально-Черноземном регионе Везёлка и Ариадна, которые обладают определёнными генетическими возможностями.

Полевые исследования проводили в пределах ландшафтно-полевого опыта, развёрнутого на плакоре и прямом склоне южной экспозиции. Склон был разделён на две микрзоны – крутизной 1-3° и крутизной 3-5°. Повторность опыта шестикратная. Каждая повторность состоит из 5 делянок. Площадь одной делянки 10 м². Минеральные удобрения вносили в соответствии со схемой опыта: 1) NPK, 2) без удобрений. Озимую пшеницу выращивали по общепринятой технологии [3]. Исследования вели с 2013 по 2019 годы.

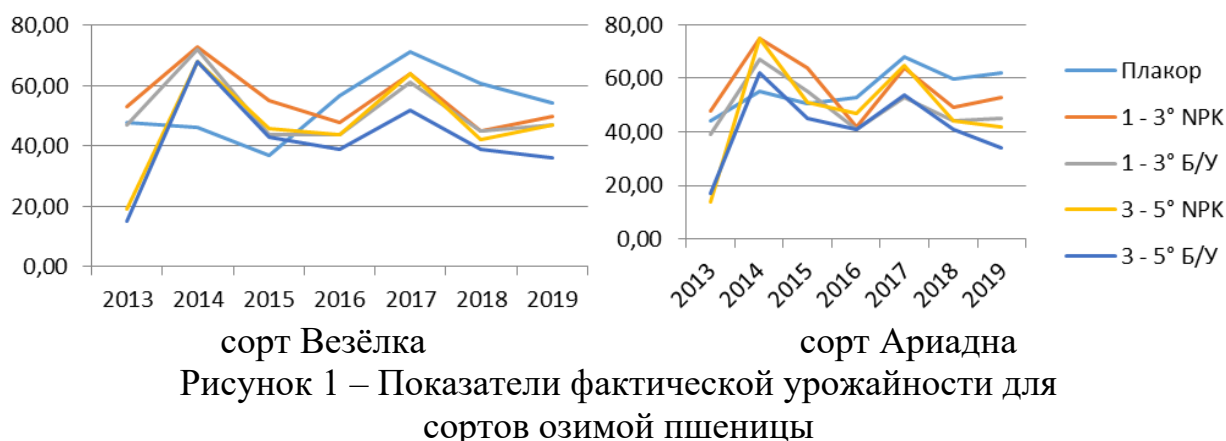
В последнее время наблюдается учащение повторяющейся засухи, что негативно отражается на урожайности озимой пшеницы [1]. В Таблице 1 приведён расчёт показателя увлажнения – ГТК Селянинова Г. Т. [4]. Расчёт поправок к сумме температур >10° и коэффициенту увлажнения на склонах различной крутизны и экспозиции проводили по формуле Карманова И. И. [5].

Таблица 1 – Результаты показателя ГТК в пределах различных типов мезорельефа за годы исследования

Годы	Плакоро	Склон 1-3°	Склон 3-5°
2013	0,57	0,56	0,54
2014	0,96	0,93	0,91
2015	0,56	0,55	0,53
2016	0,94	0,91	0,89
2017	0,68	0,66	0,64
2018	1,19	1,15	1,13
2019	0,51	0,50	0,48

Анализируя данные ГТК из года в год, выявляется тенденция непостоянства климата. Во все годы исследования наблюдалось недостаточное увлажнение, и через каждый год была засуха. При засушливых погодных условиях влияние мезорельефа на продуктивность зерновых культур проявляется сильнее, чем при избытке влаги [6].

Урожайность сельскохозяйственных культур является конечным и наиболее существенным критерием оценки того или иного адаптированного сорта озимой пшеницы. Рассмотрим параметры урожайности сортов озимой пшеницы на рисунке 1.



На графике видно, что на территории склонов изменение урожайности сорта Везёлка происходит в одинаковом направлении, в микроразнообразиях показатели возрастают. На плакоре большой разброс значений, здесь урожайность варьирует от 37 до 71 ц/га, но в целом за годы исследований график выглядит прямолинейным.

У сорта Ариадна более сжатая вариабельность линий урожайности, на плакоре мы видим положительную динамику, с течением времени ломаная кривая стремится вверх.

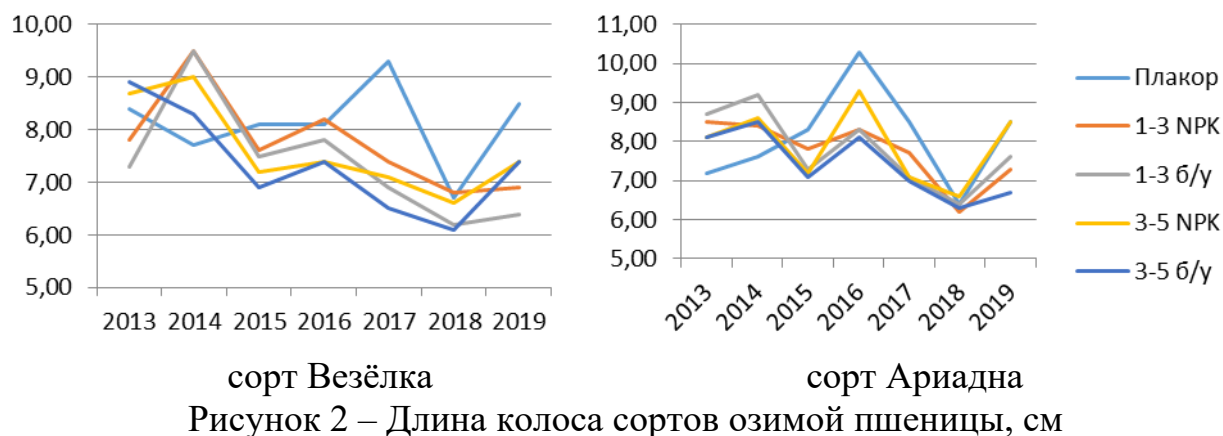
Характер линий урожайности для данных сортов на обоих склоновых вариантах за прошедшие 7 лет стремится вниз, не зависимо от использования удобрений. Несомненно, минеральные удобрения оказывают положительное действие на урожайность, но их эффективность зависит от климатических показателей конкретного года. Учитывая увеличение засушливых лет можно

отметить общее снижение урожайности.

Несмотря на то, что в 2018 г. ГТК составил 1,19, урожайность в этом году у обоих исследуемых сортов падает и это можно объяснить погодными условиями, сложившимися в вегетационный период. В июле 2018 г. выпадение осадков превысило среднееголетнее значение в 3,5 раза, что негативно отразилось на всех растениях, привело к прорастанию зерна в колосе и снижению урожайности сортов.

Продуктивность растений обуславливается различным сочетанием количественных признаков, которые в свою очередь являются результатом сложного взаимодействия генотипа и условий внешней среды [7]. При исследовании сортов озимой пшеницы на урожайность рассмотрим детально структурные элементы, из которых складывается их продуктивность, а именно строение колоса, как изменяются его параметры при сложившихся условиях потепления климата и недостаточного увлажнения.

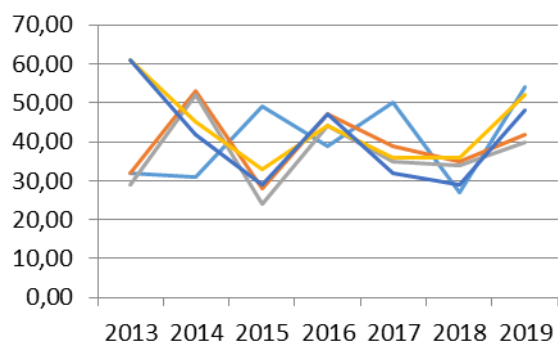
На рисунке 2 изображена длина колоса сортов Везёлка и Ариадна соответственно.



На плакоре длина главного колоса у обоих сортов в среднем составляет 8 см и динамика изменения графика прямолинейная. На участке склонов просматривается тенденция сокращения длины колоса. Так в микрозоне 3-5° колос укорачивается на 1 см относительно показателя на плакоре. Между сортами существенной разницы среди значений данного параметра не выявлено.

По результатам расчёта коэффициентов корреляции выявлена зависимость длины колоса от показателя ГТК для сорта Везёлка в 2017 и 2019 гг. $r = 0,9$, для Ариадны $r = 0,8$ был в 2016 и 2017 гг. На графиках это видно по вариативности значений.

На рисунке 3 представлен график изменения числа зёрен главного колоса для сорта Везёлка, корреляционная зависимость от ГТК была высокой в 2015, 2017 и 2019 гг. от 0,8 до 1. В 2016 г. значения данного параметра были примерно одинаковыми во всех микрозонах выращивания пшеницы, но коэффициент корреляции был отрицательным $r = -0,8$. В целом график развивается стабильно горизонтально, на склонах наблюдается незначительное снижение числа зёрен главного колоса.



сорт Везёлка

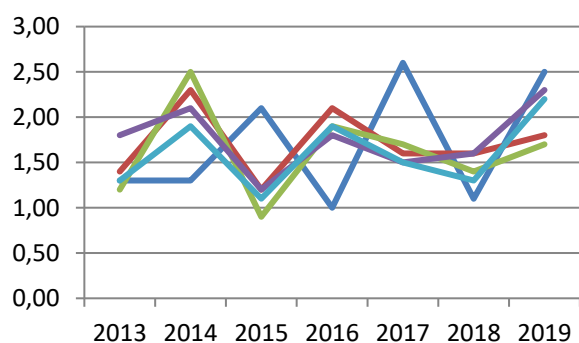


сорт Ариадна

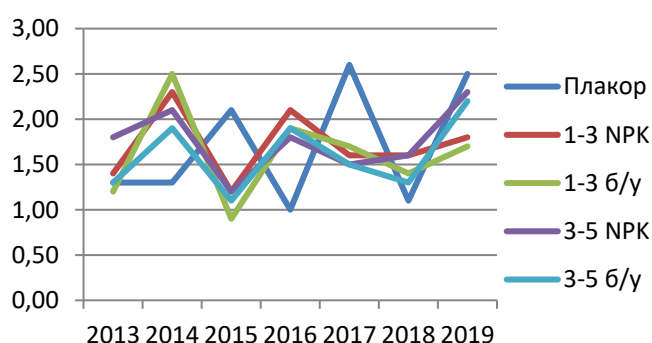
Рисунок 3 – Число зёрен главного колоса, шт.

Очень большой диапазон значений по числу зёрен в колосе у Ариадны на плакоре 22-59 шт, на склонах линии графика направлены по одной траектории, отличаясь только по уровню значений.

Корреляционная зависимость числа зёрен главного колоса от ГТК у сорта Ариадна была высокой в период 2015-2017 гг. $r = 0,9$ и в 2019 г $r = 0,6$. В микрозонах 1-3° и 3-5° значения этого параметра как и у Везёлки сокращаются.



сорт Везёлка



сорт Ариадна

Рисунок 4 – Масса зерна главного колоса для, г

Для Везёлки корреляционная зависимость массы зёрен главного колоса от значений ГТК была положительной в 2015, 2017 и 2019 гг. $r = 0,9$ и отрицательной в 2014, 2016 и 2018 гг. $r = -0,9$. График значений данного показателя развивается горизонтально (рис. 4).

У Ариадны тоже наблюдается высокая положительная корреляционная зависимость в 2015 и 2017 гг. $r = 0,9$, в 2016 и 2019 гг связь уже слабее $r = 0,5$, а в 2013, 2014 и 2018 уже отрицательная корреляция $r = -0,8$. Если сравнивать с Везёлкой, то масса зерна у них равнозначна и составляет 1,6 г с колоса, график также развивается горизонтально.

Таким образом, анализируя данные ГТК и рассчитанные показатели коэффициентов корреляции, можно увидеть зависимость основных параметров колоса от погодных условий начиная с 2015 г. Высокая положительная связь характерна в годы вегетации с низким значением ГТК, т.е. в условиях засухи. На плакоре адаптированные сорта озимой пшеницы ведут себя более стабильно, как и в микрозоне 1-3° NPK, внесение удобрений создают условия схожие с плакором. На участке склона 3-5° и 1-3° без удобрений значения параметров

колоса снижаются. В целом за годы исследования колос не претерпевает сильных изменений, только уменьшилась длина колоса до 1 см, на плакоре на урожайности это не отразилось, а на территории склонов на графиках виден спад урожайности.

Библиографический список

1. Новикова Е.П., Григорьев Г.Н., Вагурин И.Ю., Чумейкина А.С. Вариации гидротермического режима в Черноземье за последние 30 лет на фоне глобального изменения климата. Научные ведомости БелГУ: Серия Естественные науки, 2017. – №11 (260). – Вып. 39. – С. 105-113.
2. И.И. Михайленко, Л.Г. Смирнова, К.В. Дорохин, А.В. Гринева Экологическое земледелие – основа возделывания сортов озимой пшеницы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных «Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия». Белгород 2020 г. – С. 619-623.
3. Смирнова Л.Г., Михайленко И.И., Кувшинова А.А. Влияние фактора мезорельефа на динамику основных элементов питания в чернозёмах // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сборник докладов научно-практической конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – С. 181-184.
4. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. Мировой агроклиматический справочник. – Л.-М., 1937. – С. 245-247.
5. Иванов Д.А., Тюлин В.А. Практикум по введению в агроландшафтоведение. – Москва-Тверь: Чудо, 2003. – 48 с.
6. А.А. Шпедт, В.К. Пурлаур Влияние мезорельефа на урожайность и качество зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета №5 (43), 2008. С. 18-22.
7. В.И. Ковтун, Л.Н. Ковтун Озернёность, масса зерна колоса и масса 1000 зёрен в повышении урожайности озимой мягкой пшеницы. Агрономия и лесное хозяйство. ФГБНУ Ставропольский НИИСХ. 2015. С. 27-29.

УДК 631.422

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ГЛУБОКОПРОФИЛЬНЫХ СКЛОНОВЫХ ПОЧВ ПРЕДГОРИЙ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА ПОД ПОСАДКУ ФУНДУКА

Егоров В.П.¹ Чернов А.В.²

¹ФГБУ ГЦАС «Ставропольский», г. Михайловск

²ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ», г. Ставрополь

¹E-mail: ptr@stavhim.ru

²E-mail: Chernoval.2000@mail.ru

Резюме. Возделывание орехоплодных культур, в частности фундука, являются перспективным направлением в развитие садоводства в южных регионах страны. Изучение, оценка почв и вовлечение новых территорий под эту культуру является одной из важных задач, которая стоит перед почвоведомы, работающими в этой сфере.

Ключевые слова: фундук, орехоплодные культуры, верховодка, глубокопрофильные почвы, плотные породы

В настоящее время развитию садоводства в России уделяется большое

внимание. На Северном Кавказе в целом и Ставропольском крае в частности, в виду достаточно благоприятных почвенно-климатических условий количество площадей занятых под многолетние насаждения увеличиваются ежегодно. В последние годы сельхозпроизводители стали проявлять интерес и к орехоплодным культурам, которые в нашем регионе практически не культивировались, в особенности фундук.

На Ставрополье наибольшие площади заняты под полевыми культурами, в особенности озимой пшеницей, которые достаточно прибыльны и на замену их другими угодьями собственники идут неохотно. Земельные участки, которые сейчас можно использовать под посадку многолетних насаждений часто представляют собой земли, в той или иной степени не пригодные или мало пригодные под пашню, так как представляют собой склоны, часто каменистые. По данным исследователей (Вальков и др., 2008) фундук растение достаточно неприхотливое, и он может культивироваться и на почвах малоценных для других культур [1]. Использование смытых, скелетных и даже недоразвитых почв на склонах является рациональным решением при отсутствии участков с более качественным почвенным покровом. Одной из задач почвоведов является оценка таких почв по их пригодности к посадке фундука исходя из особенностей территории.

Территория исследований находится в нижней части северного склона хребта, на предгорных аллювиальных равнинах с долинно-балочным расчленением и представляет собой волнистую предгорную равнину, которая, в большей мере, состоит из платообразных повышений на водоразделах второго порядка – ручьёв и балок. В формировании сложной поверхности территории участвуют эрозионные процессы, которые постоянно её меняют.

Согласно схеме агроклиматического районирования Ставропольского края, территория исследования расположена в V агроклиматическом районе с гидротермическим коэффициентом ГТК=1,1-1,3 в зоне достаточного увлажнения. Для климата характерно умеренное увлажнение, тёплое, сухое лето, умеренная зима, нерезкие переходы времён года и длительный вегетационный период.

Сложный рельеф и разнообразие почвообразующих пород на исследованном участке обусловило формирование разнообразного почвенного покрова, который представлен чернозёмами горными и типичными, выщелоченными, не солонцеватыми и остаточно-солонцеватыми, не засоленными и слабосолончаковыми, слабосолончаковыми, слабоглубокосолончаковыми, мощными, среднemocными, маломощными, недоразвитыми, на отдельных участках глубокопрофильными, среднегумусными, малогумусными, слабогумусированными, на склонах слабосмытыми и слабо размываемыми, на покатых склонах сильносмытыми, на элювии известняков и песчаников сильнощебенчатыми с легкоглинистым гранулометрическим составом.

Площадь исследования составила 230 га, где заложено 23 почвенных разрезав глубиной 90-200 см, проведено морфологическое описание профиля,

отобраны образцы по генетическим горизонтам. В образцах почвы определялись следующие показатели: $pH_{\text{вод}}$, плотный остаток, полная водная вытяжка, обменный Ca, Mg, Na, органическое вещество, подвижный фосфор (P_2O_5), обменный калий (K_2O), CO_2 , карбонаты, гранулометрический состав.

При исследовании на всей территории было выявлено 39,6 га глубокопрофильных почв. Укороченности профиля способствовали почвообразующие породы - делювиальные скелетные суглинки и глины подстилаемые плотными породами (мергельями). Плотные породы вскрывались с глубины 90-110 см, мощность гумусовых горизонтов А+В составила 40-62 см, при мощности горизонта А в пределах 30-47 см. Прослойки щебня вскрываются в горизонтах В и ВС. Содержание органического вещества в горизонте А 4,04-6,7%, В 1,78-2,8%. Водородный показатель в гумусовых горизонтах составил от нейтральных ($pH=6,6$) до щелочных ($pH=8,6$). Вскипание от 10% соляной кислоты в пределах 61-105 см. Почвы не солонцеватые, содержание обменного натрия в иллювиальном горизонте 1,4-1,6%, обменного магния 5,4-12,8%. Почвы до породы не засоленные, плотный остаток по профилю составил 0,019-0,068%. Породы от незасоленных 0,046-0,049%, до слабозасоленных 0,122%. Плотность почвы по профилю в пределах 1,14-1,24 г/см³. Гранулометрический состав – легкоглинистый, содержание физической глины в гумусовых горизонтах 60,07-68,69%, ниже по профилю 61,75-64,91%, преобладает фракция ила (менее 0,001 мм) – 32,38-40,43%.

Полученные данные сопоставлялись с показателями оптимума, экономического допустимого минимума и максимума почвенных характеристик под посадку фундука [1]. Анализ полученных результатов показал, что по содержанию органического вещества, карбонатов кальция, обменного натрия, водорастворимых солей, а так же мощности корнеобитаемой толщи почвы относятся к оптимальным. По содержанию физической глины, величине pH не превышают экологического максимума, а по плотности экологического минимума. Качественная характеристика исследуемых глубокопрофильных почв допускает посадку фундука.

Как указывалось выше почвы подстилаются плотными породами (мергельями), которые водонепроницаемые и способны формировать верховодку. Фундук плохо переносит избыточное увлажнение почвы и близкое залегание к поверхности грунтовых вод, может негативно сказаться на его росте и развитии. Нами был изучен режим формирования верховодки во время осенних ливневых дождей. Так после начала выпадения осадков за короткий период времени над плотными породами формировались грунтовые воды с мощностью водоносного слоя до 50 см. Грунтовые воды пресные, минерализация 358 мг/л, тип вод – хлоридные с повышенным содержанием гидрокарбонатов, собственно кальциевые, $pH=7,1$ ед, содержание токсичных солей 1,5 ммоль/л. После прекращения осадков в течение суток верховодка полностью сходила, чему способствовали склоновый характер территории и наличие щебня в профиле почвы, что улучшило дренированность, то есть

грунтовые воды текущие. Грунтовая вода с низкой минерализацией не приводила к засолению профиля и формированию капиллярной каймы. По данным авторов (Неговелов, Вальков, 1985) текущие воды с невысокой минерализацией активно участвуют в питании и снабжении растений водой [2].

Таким образом глубокопрофильные склоновые почвы предгорий Северного Кавказа пригодны под посадку фундука. Качественные показатели профиля почвы в большей мере оптимальны и не превышают экологические допустимые максимумы и минимумы. Формирование верховодки кратковременны и не влияют негативно на свойства почв. При мощности рухляковой толщи почвы в пределах 1 м фундук лучше возделывать на орошении, так как гидрогеологический режим таких почв может быть не устойчив, ввиду стока грунтовых вод и как следствие формируются небольшие запасы влаги в толще почвы.

Библиографический список

1. Вальков В.Ф., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Кузнецов Р.В. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 416 с.
2. Неговелов С.Ф., Вальков В.Ф., Почвы и сады. М.: Изд-во Ростовского университета, 1985. – 192 с.

УДК 631.47

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСА minNDTI ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Ермолаев Н.Р.¹, Юдин С.А.¹, Белобров В.П.¹

Айдиев А.Я.², Ильин Б.С.²

¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: n.r.ermolaev94@gmail.com

²Курский федеральный аграрный научный центр, Курск

Резюме. В материалах описан опыт использования мультитемпореального спектрального индекса minNDTI для дешифрирования растительных остатков на примере многолетнего полевого опыта по изучению влияния систем обработки на типичные черноземы в зерновом севообороте в г. Курск. При помощи платформы Google earth engine (GEE) были обработаны и проанализированы космические снимки системы Landsat-8 и получены данные minNDTI за 3 года в период с 2017 по 2020. В результате статистического анализа были установлены достоверные различия между выборками из вариантов вспашка и прямой посев.

Ключевые слова: Прямой посев, дистанционное зондирование, растительные остатки, почвосберегающие системы земледелия

Summary. The research describe the experience of using the multi-temporal spectral index minNDTI for determination crop residues using the example of many years of field experiment to study the effect of tillage systems in Kursk. Using the GEE platform, satellite images of the Landsat-8 system were processed and analyzed and minNDTI data were obtained for 4 years from 2017 to 2020. As a result of statistical analysis, significant differences were established between the samples with direct seeding and conventional preparation

Key words: no-till, remote sensing, crop residues, conservation tillage

Наряду с повышением продуктивности производства, перед современной сельскохозяйственной наукой стоит задача разработки технологий и методов, направленных на снижение антропогенной нагрузки на природные компоненты. На сегодняшний день во многих регионах России и мира в сельскохозяйственную практику активно внедряются энергосберегающие системы земледелия, такие как прямой посев (в зарубежной литературе *no-till*). На основании многолетних исследований влияния данной системы обработки на почвы можно говорить, что она способствует замедлению деградиационных процессов и приводит к восстановлению почвенного плодородия [1, 5, 7, 9, 15]. Наряду с полным отсутствием механической обработки почвы, особенностью прямого посева является сохранение растительных остатков, защищающих поверхность почв от эрозии и создающих благоприятные условия для роста и развития растений. При правильном соблюдении технологии почва всегда покрыта слоем растительных остатков, что создает характерный морфологический признак прямого посева, который возможно оценивать аэрокосмическими методами. Исходя из этой особенности возникает задача разработки методов дешифрирования растительных остатков на качественном и количественном уровнях. В ряде работ зарубежных авторов [3, 4, 6, 13] говорится о возможности использования спектральных индексов для решения данной задачи. Исследования показывают высокую корреляцию значений индексов с полевыми данными о количестве и состоянии растительных остатков на поверхностях полей, где применяется технология *no-till*. Целью данного исследования является оценка возможности использования мультивременного спектрального индекса *minNDTI* для дешифрирования растительных остатков на поверхности почвы.

В качестве объекта были выбраны опытные поля Курского НИИ АПП (п. Черемушки, Курского района, 51° 37' 46" с.ш.; 36° 15' 40" в.д.), на которых ведется производственный опыт по изучению систем обработки. Начиная с 2013 г. было заложено четыре поля (по одному полю в год), каждое площадью 2,4 га. Относительно большой размер делянок (100х60 м) был обоснован производственной направленностью эксперимента по обработкам, учитывающим проход техники и размеры агрегатов, а также необходимостью максимально отразить состав почвенного покрова и вариабельность почвенных свойств. Размер делянок позволил использовать для данного исследования снимки системы Landsat 8 с пространственным разрешением 30 метров. На делянках изучается влияние 4-х систем обработки (вспашка, комбинированная обработка, минимальная – поверхностная обработка, без обработки – прямой посев) на свойства и продуктивность чернозема типичного (WRB 2006 *Voronich Chernozems Pachic*) – в четырехпольном зерновом севообороте [14].

На сегодняшний день одним из методов дешифрирования объектов на основании данных дистанционного зондирования является использование различных спектральных индексов [8]. Суть использования спектральных индексов заключается в применении каналов ДЗЗ в различных диапазонах электромагнитного спектра в математических преобразованиях. На данный момент разработан ряд спектральных индексов для определения растительных

остатков на поверхности почвы [3, 10]. Физический смысл данных индексов заключается в разных по отражательной способности свойствах лигнина и целлюлозы содержащихся в растительных остатках и открытой поверхности почвы в диапазоне около 2100 нм [2]. Наиболее часто используемый для выделения растительных остатков является индекс NDTI. Существенным плюсом использования данного индекса является возможность использования для его расчетов бесплатных космических снимков систем Sentinel и Landsat.

$$NDTI = \frac{B6 - B7}{B6 + B7}$$

Формула NDTI для системы Landsat 8, где B6 – канал в диапазоне 1.566-1.651мк, B7 – канал в диапазоне 2.107-2.294

В работах Baojuan Zheng [11-13] используется модификация данного индекса – minNDTI. Идея данного подхода заключается в построении мультивременного ряда данных NDTI и дальнейшем отборе минимальных значений каждого пикселя в единый композит minNDTI (рис. 1).

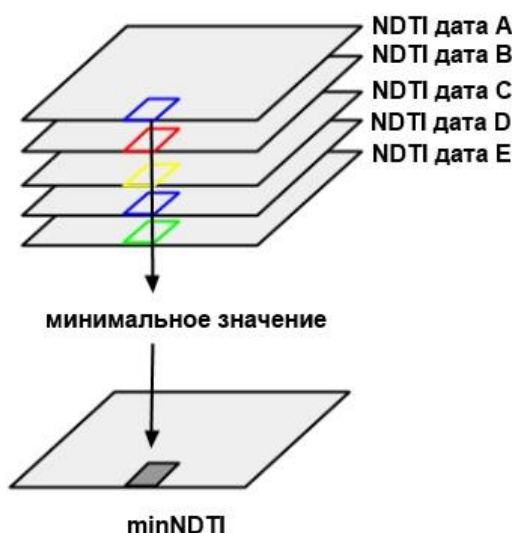


Рисунок 1 – Построение мультивременного minNDTI

Подбор космических снимков и их дальнейшая обработка проводились при помощи сервиса GEE. Извлечение данных, статистическая обработка, визуализация осуществлялась в jupyter notebook с использованием таких библиотек как геетар, pandas, numpy и scipy.

В ходе проведенной работы были подобраны мультиспектральные изображения Landsat-8 во временном промежутке с апреля по октябрь за 2017-2020й годы. Сервис GEE позволяет работать с предварительно атмосферно откорректированными изображениями. Следующим этапом обработки снимков, было построение масок облаков и теней облаков, для исключения их из изображений, построение NDTI для каждой сцены и дальнейшее выделение minNDTI за каждый год. Далее из каждого композита minNDTI извлекались значения в пределах интересующих нас областей (делянки с традиционной обработкой и no-till), проводился расчет основных описательных статистик, проверка нормальности

распределения выборочных данных и статистических гипотез о различии значений minNDTI у технологий-

В 2017 году по культурам горох, ячмень и озимая пшеница наблюдаются различия, подтверждаемые статистическими тестами, с р-уровнями значимости 0.001, 0.03 и 0.04 соответственно (значение $\alpha = 0.05$). Для кукурузы различия не достоверны, однако значения среднего и медианы при прямом посеве выше чем у традиционной обработки, что говорит об определенном тренде (рис. 2). За 2018 год значения minNDTI не извлекались по причине низкого качества космических снимков. В 2019 и 2020 х годах почти во всех вариантах опыта наблюдаются статистически достоверные различия, кроме варианта ячмень в 2019 году и озимая пшеница в 2020. Об этом можно судить по графикам, средним и медианальным значениям (ячмень 2019 год среднее и медиана прямой посев – 0.117 и 0.118 традиционная технология – 0.089 и 0.090 , озимая пшеница 2020 прямой посев 0.081 и 0.094 , традиционная технология 0.055 и 0.061) и данным minNDTI, которые выше (рис.2).

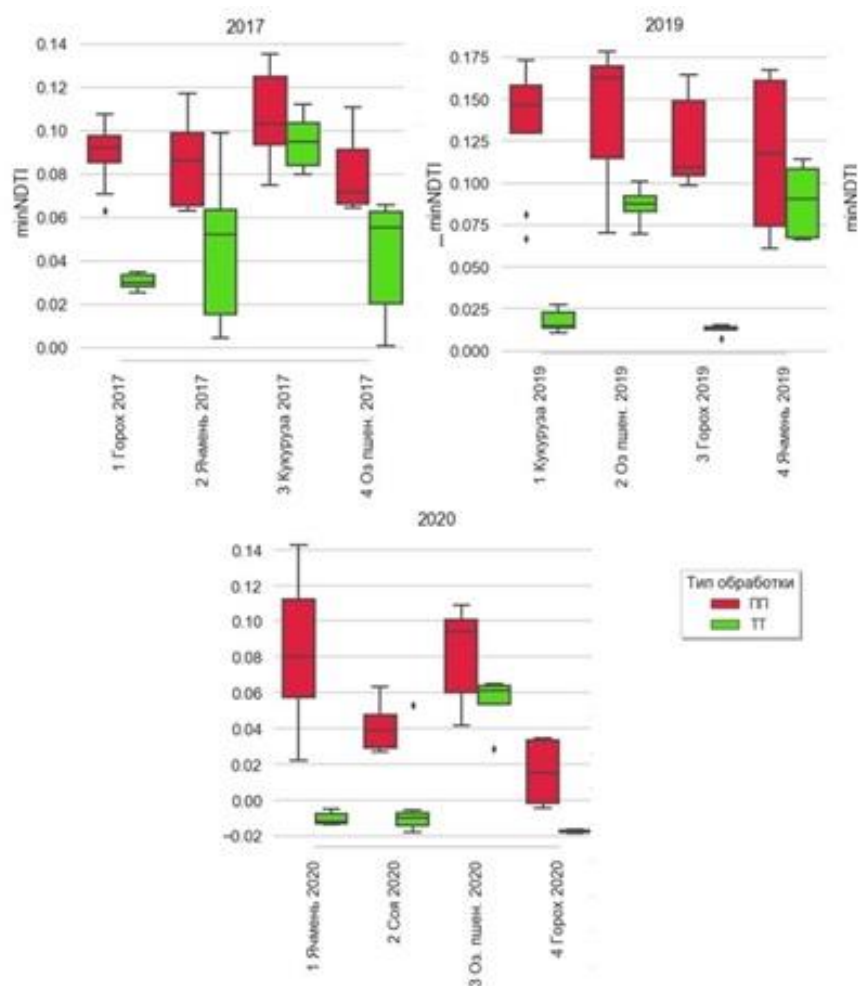


Рисунок 2 – Распределение значений minNDTI с 2017 по 2020 годы

Проведенные исследования показали, что мультитременный спектральный индекс minNDTI довольно надежный и доступный инструмент для дешифрирования растительных остатков, сохраняемых на поверхности почвы при прямом посеве. Были установлены статистически достоверные различия между

значениями данного индекса при использовании no-till и традиционной системы обработки почвы для различных культур в динамике за 4 года. Значения minNDTI в большинстве вариантов опыта на прямом посеве выше чем при традиционной обработке, что в дальнейшем позволит использовать значения данного индекса для дешифрирования различных технологий обработки и контроля эффективности использования растительных остатков в системе прямого посева. Кроме этого, интерес представляет изучение взаимосвязей объема растительных остатков и значений minNDTI для дальнейшей оценки растительных остатков на количественном уровне.

Библиографический список

1. Baker C.J. [и др.]. No-tillage seeding in conservation agriculture: Second edition / C.J. Baker, K.E. Saxton, W.R. Ritchie, W.C.T. Chamen, D.C. Reicosky [и др.], 2006. 1-326 с.
2. Daughtry C. S. T. [и др.]. Remote sensing of crop residue cover and soil tillage intensity // Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5: Water Pollution. 2006. № 1-2 (91). С. 101-108.
3. Eskandari I., Navid H., Rangzan K. Evaluating spectral indices for determining conservation and conventional tillage systems in a vetch-wheat rotation // International Soil and Water Conservation Research. 2016. № 2 (4). С. 93-98.
4. Hively W. D. [и др.]. Mapping crop residue and tillage intensity using WorldView-3 satellite shortwave infrared residue indices // Remote Sensing. 2018. № 10 (10). С. 1657.
5. Hobbs P.R., Sayre K., Gupta R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2008. № 1491 (363). С. 543-555.
6. Jin X. [и др.]. Estimation of maize residue cover using Landsat-8 OLI image spectral information and textural features // Remote Sensing. 2015. № 11 (7). С. 14559-14575.
7. Kassam A. [и др.]. Global spread of Conservation Agriculture // Field Actions Science Report. 2015. (8).
8. Metternicht G. Land Use and Spatial Planning / G. Metternicht, Cham: Springer International Publishing, 2018. 191-220 с.
9. Montgomery D.R. Soil erosion and agricultural sustainability // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2007. № 104 (33). С. 13268-13272.
10. Sullivan D.G. [и др.]. Evaluation of Multispectral Data for Rapid Assessment of Wheat Straw Residue Cover // Soil Science Society of America Journal. 2004. № 6 (68). С. 2007-2013.
11. Zheng B. [и др.]. Multitemporal remote sensing of crop residue cover and tillage practices: A validation of the minNDTI strategy in the United States // Journal of Soil and Water Conservation. 2013. № 2 (68). С. 120-131.
12. Zheng B. [и др.]. Remote sensing of crop residue and tillage practices: Present capabilities and future prospects // Soil and Tillage Research. 2014. (138). С. 26-34.
13. Zheng B., Campbell J.B., Beurs K.M. de Remote sensing of crop residue cover using multi-temporal Landsat imagery // Remote Sensing of Environment. 2012. (117). С. 177-183.
14. Белобров В.П. [и др.]. К вопросу о требованиях к выбору и оценке территории для проведения многолетнего научно – производственного опыта // Новости науки в АПК. 2018. (1 (10)). С. 19-27.
15. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Г.С. Влияние растительных остатков на накопление влаги и популяцию дождевых червей при возделывании полевых культур по технологии no-till // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, центральной Азии и Сибири. 2018. С. 134-139.

УДК 631.416.1:631.82:631.445.4 (470.4)

**ДИНАМИКА ЗАПАСОВ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В
ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ СТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ ПРИ
ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Журавлев Д.Ю., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Пронько В.В.

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

E-mail: dmitry_zhuravlev80@mail.ru

Резюме. В длительном стационарном опыте с минеральными удобрениями на черноземе южном в Саратовской области изучается содержание азота почвы. За 48 лет наблюдений установлено, что динамика валового азота полностью повторяет колебания запасов органического вещества почвы. На трансформацию основных фракций минерального азота большое влияние оказывают минеральные удобрения.

Ключевые слова: чернозем южный, Поволжье, азот почвы, минеральные удобрения, стационарный опыт.

Summary. In a long-term stationary experiment with mineral fertilizers on Southern Chernozem in the Saratov region, the nitrogen content of the soil is studied. Over 48 years of observations, it has been established that the dynamics of total nitrogen completely repeats the fluctuations in the reserves of soil organic matter. The transformation of the main fractions of mineral nitrogen is greatly influenced by mineral fertilizers.

Keywords: Southern Chernozem, Volga region, soil nitrogen, mineral fertilizers, stationary experiment.

В длительном стационарном опыте, который был заложен в Саратовской области на черноземе южном в 1969-1971 гг., проводятся постоянные наблюдения за азотным режимом почвы. Определяются его валовые запасы и формы минерального азота. Образцы почв отбираются послойно (через 20 см) на глубину 100 см по завершении каждой ротации шестипольного зернопарового севооборота. К 2018 г. на опыте выполнено восемь ротаций. Чередование культур севооборота: пар чистый – озимая пшеница – яровая мягкая пшеница – просо – ячмень – овес.

Подробное изложение методики постановки опытов и проводимых исследований, а также полученные результаты нами опубликованы ранее [1-5].

Цель настоящей работы – изучить влияние длительного применения минеральных удобрений на запасы валового азота в слое почвы 0-40 см и структуру азотистых соединений чернозема южного. Такой подход обусловлен тем, что запасы и динамика соединений азота в почве формируется не только в результате внесения удобрений и выноса с урожаем, но и вследствие процессов гидролиза, нитрификации, денитрификации и миграции в глубокие слои почвы [6].

Содержание общего азота в слое 0-40 см в начале опыта составляло в среднем 0,23 %. Через 12 лет, к концу второй ротации, его запасы на неудобренном контроле в верхнем слое снизились на 1,12 т/га (0,01 т/га в год). На удобренных участках потери азота в слое 0-20 см (0,01-0,02 т/га в год) мало отличались от контроля (рис. 1).

К концу четвертой ротации интенсивность потерь азота на контроле возросла и составила 0,02 т/га в год. На вариантах с дозами удобрений N₁₅P₁₃K₈ и

$N_{34}P_{18}K_{13}$ на 1 га севооборотной площади среднегодовые потери не превышали 0,004-0,006 т/га. По времени это совпало со стабилизацией запасов гумуса на соответствующих вариантах, что обусловлено изменением гидротермических режимов в осенне-весенний период. На вариантах со среднегодовыми дозами азота $N_{38}P_{13}K_8$ и $N_{54}P_{17}K_7$ потери азота остались на уровне контроля (0,016 и 0,024 т/га в год).

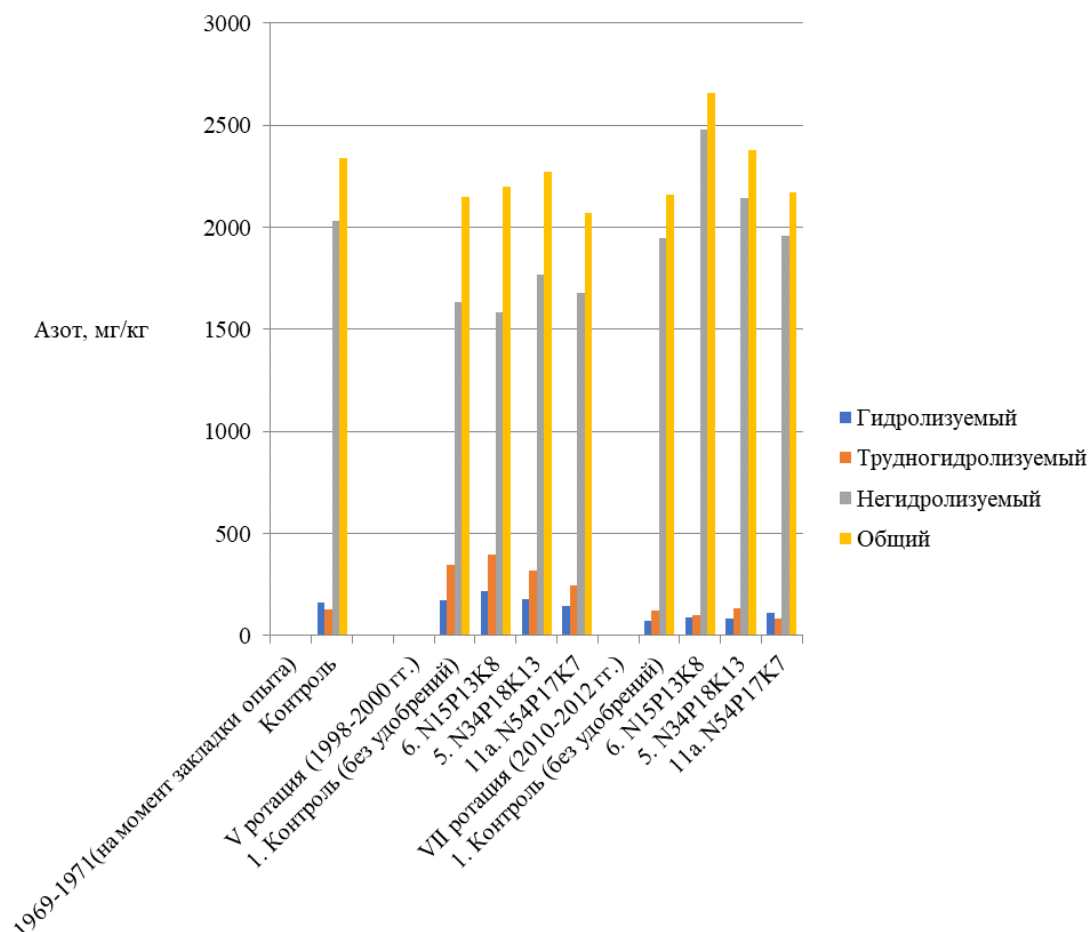


Рисунок 1 – Фракционный состав азота чернозема южного в длительном опыте

На вариантах с дозами удобрений $N_{15}P_{13}K_8$ и $N_{34}P_{18}K_{13}$, а также на контроле к концу восьмой ротации потери азота резко возросли (до 0,02 т/га в год). Систематическое внесение $N_{38}P_{13}K_8$ привело к накоплению в почве остаточных азотистых веществ. В результате снижение запасов азота в верхнем 20-сантиметровом слое почвы на этом варианте замедлилось. По сравнению с контролем потери оказались на 254 кг/га меньше, чем в неудобренной почве.

Внесение максимальной дозы (N_{54}) снизило интенсивность минерализации соединений азота за последние две ротации до 0,008 т/га в год. Однако общие его потери оказались выше по сравнению с вариантом N_{38} на 142 кг/га. Таким образом, за весь период наблюдений потери валового азота имели место на всех разноудобренных вариантах. Внесение на 1 га севооборотной площади N_{35} минимизировали эти потери азота на протяжении всех ротаций.

Таким образом, основные потери валового азота почвы в слое 0-40 см

отмечались в течение первых пяти ротаций севооборота как на контроле, так и в удобренной почве.

Несмотря на потери валового азота (вынос с урожаем, иммобилизация почвенной микрофлорой, денитрификация) на протяжении восьми ротаций зернопарового севооборота содержание нитратного азота перед посевом зерновых культур было достаточно стабильным. В удобренной почве оно колебалось в пределах 6,4-8,5 мг/кг, а в удобренных вариантах – от 8,5 до 15,4 мг/кг почвы.

Помимо изучения валовых запасов азота в стационарном опыте за восемь ротаций определялось также количество минерального азота. Эти соединения являются источниками питания для растений. Степень доступности азотистых солей почвы устанавливали по интенсивности их гидролиза растворами серной кислоты в разных концентрациях при нагревании. Для растений доступной является легкогидролизуемая фракция, извлекаемая из почвы раствором 0,5Н Н₂SO₄. Установлено, что от общего содержания азота в черноземе южном порядка 2340-2160 мг/кг почвы на долю легкогидролизуемых соединений приходится в среднем 7-8% (140-170 мг/кг). При этом выявили закономерность, что при систематическом внесении азотных и фосфорных удобрений количество легкогидролизуемого азота понижается до 70-80 мг/кг (3-5% от общих запасов).

Максимальное количество минерального азота в черноземе южном относится к негидролизуемой фракции (рис. 1). Это те азотсодержащие соединения, которые извлекаются 5Н раствором Н₂SO₄ при нагревании. Их количество составляет 2030-1950 мг/кг почвы (85-90 % от общего содержания). За 48 лет наблюдений выявлена устойчивая тенденция к накоплению негидролизуемой фракции при систематическом внесении минеральных удобрений.

Заключение. Содержание валового азота и его отдельных фракций в черноземе южном изменялось по ротациям севооборота. Это обусловлено варьированием гидротермических условий в слое почвы 0-40 см. Общей тенденцией за 48 лет наблюдений является то, что количество валового азота (независимо от степени удобренности почвы) постоянно снижается. Максимальные его потери отмечались на удобренном контроле и при внесении N₅₄ на 1 га севооборотной площади. В целом в пахотном слое чернозема южного фракция легкогидролизуемого азота составляла 7,0-8,1 %, трудногидролизуемого – 9,6-12,1 %, негидролизуемого – 80,9-82,3 % от его валового содержания.

Библиографический список

1. Чуб М.П., Потатурина Н.В., Пронько В.В., Сайфуллина Л.Б. Влияние применения удобрений на азотный режим чернозема южного // Агрохимия. – 2005. – № 10. – с. 5-12.
2. Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Климова Н.Ф., Романенков В.А. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах степной зоны Саратовского Поволжья в условиях аридного климата // Бюлл. Геосети опытов с удобрениями. Вып. 15. – М.: ВНИИА, 2014. – 56 с.
3. Сайфуллина Л.Б., Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. Изменение содержания общего углерода и азота в черноземе южном при длительном применении удобрений // Плодородие. – 2016. – №4. – С. 19-23.
4. Чуб М.П., Сайфуллина Л.Б., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. фракционный состав азота на черноземе южном в условиях длительного применения минеральных удобрений // Плодородие. – 2017. – №5. – С. 13-15.

5. Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. Длительный стационарный опыт в степном Поволжье: результаты исследований в восьмой ротации зернопарового севооборота / Мат-лы Всеросс. координац. совещания научн. учреждений – участников Географ. сети опытов с удобр. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 86-91.
6. Ганжара Н.Ф., Мироненко С.Ю., Родионова Л.П. легкоразлагаемое органическое вещество как источник гумуса и минерального азота // Известия ТСХА. – 2001. – вып. 6. – С. 69-80.

УДК 631.86:631.459

ПРИРОДООХРАННАЯ РОЛЬ ПРОСТЕЙШИХ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ РУБЕЖЕЙ

Зарудная Т.Я.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: zarudnaya.t.yu@mail.ru

Резюме. Роль противоэрозионных комплексов в задержании биогенных веществ на склонах, валов-террас и валов-канал в лесных полосах. Концентрация этих веществ в талом стоке, задержанном этими гидротехническими сооружениями.

Ключевые слова: сток талых вод, биогенные вещества, валы-террасы, валы-каналы.

Эрозия почв отличается большой масштабностью громадными площадями, на которых происходит смыв различной интенсивности. Это главный процесс ведущий к истощению почвенного покрова на обрабатываемых землях. Особенностью эрозионных процессов является то, что многие химические и биогенные вещества концентрируются в верхней части пахотного слоя. Почвы теряют плодородие в связи с выносом органического вещества, минеральных элементов питания растений со стоком воды и наносов.

На территории ЦЧО среднегодовые эрозионные потери валовых форм азота, фосфора и калия с жидким и твердым стоком составляют соответственно 8,7, 4,5 и 50 кг/га, возрастая в многоводные годы до 13-26, 7-15 и 77-170 кг/га. Как известно, большая часть продуктов эрозии впитывается и переотлагается на нижних нераспаханных участках склонов, на днищах ложбин и балок.

В улучшении и сохранении качества природных вод важное место занимают лесные насаждения. Они задерживают поверхностный сток и продукты эрозионной деятельности.

Установлено, что лесная полоса без гидротехнического усиления сократила вынос биогенных веществ за пределы поля на 30%, а с валом-канавой – на 70%.

В настоящее время ученые занимаются разработкой экологически сбалансированных систем земледелия на ландшафтной основе, которые позволяли бы как можно меньше негативно влиять на окружающую природную среду.

Одним из таких объектов является опыт по контурно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ». На основе которого и изучали наличие и концентрацию биогенных веществ, вынесенных с весенним стоком, задержанных в канаве лесных полос, в прудках валов-террас и в прудах замыкающего створа.

Немаловажную экологическую роль в охране окружающей территории играют противоэрозионные сооружения. В статье рассматриваются данные по стоку с озимой пшеницы в один из многолетних годов.

В таблице 1 представлены гидрологические показатели изучаемого года наблюдений.

Таблица 1 – Основные гидрологические показатели

Варианты	Гидрологические показатели				
	Общие запасы воды в снеге, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Суммарный вынос биогенов, кг/га	% от контроля
1 Контроль	142	120	0,84	5,67	100
2. ЛП через 216 м	147	29	0,23	1,74	31
3. ЛП через 216 м +ВТ	145	34	0,20	2,36	42

На контрольном варианте сток достиг 10%-обеспеченности, это 120 мм с единицы площади. На вариантах с противоэрозионными приемами это в 3 и 4 раза меньше. Соответственно и суммарный вынос биогенных веществ уменьшился на 60-70%.

Таким образом, потери питательных веществ на прямую зависят от объемов стока.

В таблице 2 рассмотрены средние концентрации биогенных веществ в воде за период стока с различных вариантов опыта.

Таблица 2 – Средняя концентрация биогенных веществ, вынесенных с весенним стоком талых вод

Вариант	Средняя концентрация, мг/л					Суммарная ионная концентрация, мг/л
	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca+Mg	
1 Контроль	0,82	1,42	1,00	2,37	0,46	6,07
2. ЛП через 216 м	0,53	1,68	1,35	2,72	0,46	6,76
3. ЛП через 216 м +ВТ	0,57	1,55	1,46	3,69	0,62	7,87

На варианте, более насыщенном противоэрозионными сооружениями, суммарная концентрация биогенных веществ выше. Это объясняется интенсивностью таяния снега и объемами стока талых вод.

На контрольном варианте процесс снеготаяния происходит с большей интенсивностью и объем талого стока в несколько раз больше, чем на защищенных вариантах.

На этом фоне рассмотрим работу валов-террас, которые расположены в межполосном пространстве. Они выполняют природоохранную роль окружающей территории. Примером их воздействия являются данные о содержании биогенных веществ в прудках валов-террас (таблица 3).

Концентрация биогенных веществ в прудках валов-террас на склонах разной экспозиции была примерно одного порядка. Общая суммарная ионная концентрация составляла 5-7 мг/л.

Таблица 3 – Концентрация биогенных веществ в прудках валов-террас

Вариант	Средняя концентрация, мг/л					Суммарная ионная концентрация, мг/л
	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca+Mg	
1 ВТ-3, север	0,43	1,96	1,01	2,63	0,33	6,36
2. ВТ-3, запад	0,35	1,37	0,97	2,33	0,52	5,54
3. ВТ-3, юг	0,29	1,25	0,90	2,47	0,47	5,38

При интенсивном снеготаянии талая вода накапливалась в канавах, это еще один рубеж задержания стока (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание биогенных веществ в валах-канавых лесных полос

Вариант	Время определения	Средняя концентрация, мг/л					Суммарная ионная концентрация, мг/л
		N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca+Mg	
ВК юг	Начало стока	0,77	0,27	1,65	7,10	–	9,79
	Конец стока	2,31	0,18	1,30	8,00	1,2	13,00
ВК запад	Начало стока	1,59	1,45	3,03	2,80	–	8,87
	Конец стока	3,36	0,26	8,14	5,00	1,08	17,84
ВК север	Начало стока	0,39	0,09	0,70	3,40	0,54	5,12
	Конец стока	1,64	0,09	0,60	5,00	0,8	8,12

Рассматривая таблицу 4, можно сказать, что в начале снеготаяния концентрация ионов биогенных веществ не велика. Самая высокая концентрация на склонах южной экспозиции 9,79 мг/л. Так как это солнцезащитный склон, на котором происходит быстрое снеготаяние. Склон северной экспозиции отличается медленным снеготаянием и более продолжительным, на нем концентрация биогенных веществ самая низкая 5,12 мг/л в начале и 8,12 мг/л – в конце стока. Значительно отличается нейтральная западная экспозиция, она занимает среднюю позицию по интенсивности снеготаяния поэтому в конце стока в канавах этой экспозиции самая высокая концентрация биогенных веществ.

Как уже говорилось ранее в замыкающем створе этих водосборов находятся пруды приемники, обслуживающие варианты с противоэрозионной организацией территории и контроль.

Содержание аммиачного азота увеличивается к концу стока и в 1,5 раза больше в пруду контрольного варианта. По другим химическим элементам наблюдается снижение концентрации к концу стока до 6-11 мг/л.

Отмечено, что суммарный вынос биогенных веществ зависит напрямую от объема стока. Это говорит об высокой эффективности гидротехнических сооружений, а создание лесных полос с валами-канавами является кардинальным решением проблемы перевода поверхностного стока во внутрипочвенный.

Библиографический список

1. Литвин Л.Ф., Кирюхина З.П. Почвенно-эрозионная миграция биогенов и загрязнение поверхностных вод / Эрозия почв и русловые процессы. М., 2004. – вып. 14. – С. 34-35.
2. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Аккумуляция простейшими гидротехническими сооружениями биогенных веществ во время весеннего стока / Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей Международной научно-практической конференции. Курск: ЮЗГУ, 2018. – С. 188-191.

3. Демидов В.В., Мушаева Т.И. Миграция химических веществ в период весеннего снеготаяния на территории аграрного ландшафта // Агрохимия. – 2016. – № 7. – С. 66-71.
4. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 24-28.

УДК 631.466:631.445.4: 631.871

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ГРУПП ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Захарова Е.М.¹, Горбунова Н.С.¹, Черепухина И.В.^{1,2}

¹ Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: katyusha.zakharova.98@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, Воронеж

E-mail: icherepukhina@gmail.com

Резюме. Доказано, что использование соломы зерновых культур совместно с применением минерального удобрения, микромицета и дополнительных компонентов в зернопропашном севообороте способствует ускоренному росту разложения органического вещества, а также увеличению количества некоторых групп чувствительных микроорганизмов.

Ключевые слова: аммонификаторы, иммобилизаторы, диазотрофы, зимогенная микрофлора, актинобактерии, целлюлозолитики.

Summary. It is proved that the use of straw crops in high-quality fertilizer together with the use of fertilizers, micromycetes and other nutrients in grain-tilled crop rotation accelerated growth of organic matter, as well as an increase in the number of some sensitive microorganisms.

Key words: ammonifiers, immobilizers, diazotrophs, zymogenic microflora, actinobacteria, cellulosolytic microorganism.

Почва, в виду своих особенностей, является крупнейшим хранилищем микробиологического разнообразия. Круговорот веществ, а также процессы минерализации биогенетических химических элементов происходят с непосредственным участием микроорганизмов. Сложная реорганизация, предопределённая специализацией функций микроорганизмов, происходит в микробиологическом сообществе почвы при внесении соломы в почву. При её включении в почву происходит иммобилизация азота. Кроме того, солома – самое доступное органическое удобрение. Ещё в XIX веке английский учёный Дэйви говорит об эффективности применения соломы в качестве удобрения. Позднее такими учёными как И.Е. Каширский, А.А. Калужский, Д.А. Сабанин и другими были проведены успешные опыты по применению соломы в данном аспекте [5]. Поэтому цель исследования – изучить влияние внесения соломы на состав микробиома почвы, а также активность микроорганизмов при воздействии различных компонентов, вносимых совместно с соломой.

Для изучения активности микроорганизмов черноземов выщелоченных были отобраны почвенные образцы с глубин 0-15 см и 15-30 см полевого опыта ВНИИСС им. Мазлумова (Воронежская область, Рамонский район). Аналитические работы проводились в лабораториях эколого-микробиологических

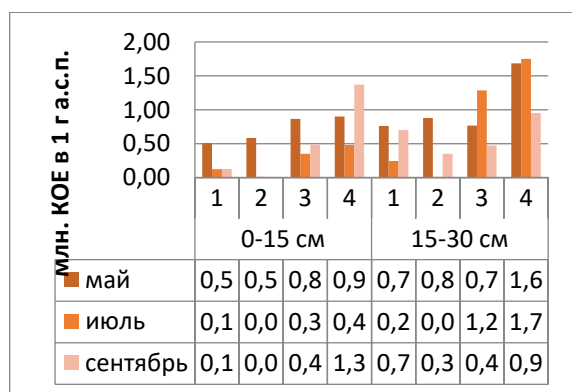
исследований ВНИИСС и в лабораториях кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами ВГУ. Изучение химических и физико-химических показателей почв проводили по общепринятым методикам. Динамика микробного сообщества исследовалась с применением метода высева почвенной суспензии на элективные питательные среды.

В исследуемом чернозёме выщелоченном малогумусном среднемощном тяжелосуглинистом на покровных карбонатных лёсовидных суглинках отмечается реакция почвенного раствора от 6,2 до 6,4. Более кислые показатели $pH_{\text{водн}} = 6,18$ и $pH_{\text{водн}} = 6,27$ отмечаются в контрольных образцах. Показатели более близкие к нейтральной реакции почвенного раствора отмечаются при совместном внесении соломы с удобрением. Ранее установлено, что pH в большой степени коррелирует с содержанием микроорганизмов, но эта зависимость далеко не линейна и различается даже для разных таксонов бактерий. Показатели гидrolитической кислотности в слое 0-15 см были более низкими (от 4,76 до 4,73 ммоль (экв)/100 г), чем в слое 15-30 см (от 5,43 до 5,56 ммоль (экв)/100 г). Внесение дополнительных компонентов постепенно увеличивало показатель гидrolитической кислотности, в контрольном образце наблюдается самый низкий показатель, при внесении соломы с азотом, ПК и микромицетом отмечается самый высокий показатель. Процентное содержание гумуса почвы менялось от 4,84 до 4,98 % в контроле. При внесении соломы, а также соломы с добавлением азота его содержание оставалась на прежнем уровне. Только при дополнительном внесении целлюлозолитического микромицета содержание гумуса несколько увеличивалось до 5,09 на глубине 0-15 см и 5,03 – в слое 15-30 см. Эти показатели свидетельствуют о преобладании гумификационных процессов при таком способе заправки соломы в почву.

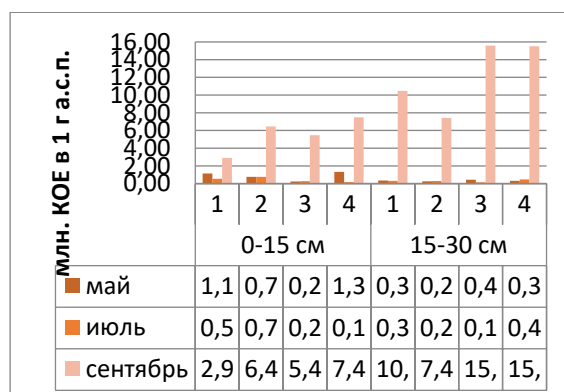
Обильное увеличение размножения фиксаторов молекулярного азота было связано с внесением органического вещества вместе с соломой. Изучение ди-азототрофных микроорганизмов показало положительное влияние заправки соломы, особенно при её совместном внесении с азотсодержащим удобрением и микромицетом, количество увеличивалось от 0,35 до 0,95 млн. КОЕ в слое 0-15 см и от 0,76 до 0,88 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. – в слое 15-30 см в 1 г а.с.п. (рис. 1а).

С развитием в почве ди-азототрофов, а также со скоростью разложения соломы связана численность аммонификаторов [1, 10]. Результаты исследований показали, что внесение соломы незначительно снизило содержание аммонифицирующих бактерий. Их численность снижалась от 1,15 до 0,77 млн. КОЕ в 1 г а.с.п., что связано с процессами трансформации соломы, в ходе которых в почве появляется некоторое количество азотсодержащих органических соединений (рис. 1б).

Кроме того, об активности процессов минерализации можно судить по содержанию в почве микроорганизмов – иммобилизаторов. В результате иммобилизации азот становится труднодоступен растениям [7]. Результаты показали, что чистая солома несколько сокращала количество иммобилизаторов в почве, а её внесение с совместным применением азотных удобрений увеличивало с 8,63 до 15,96 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. (рис. 2а).

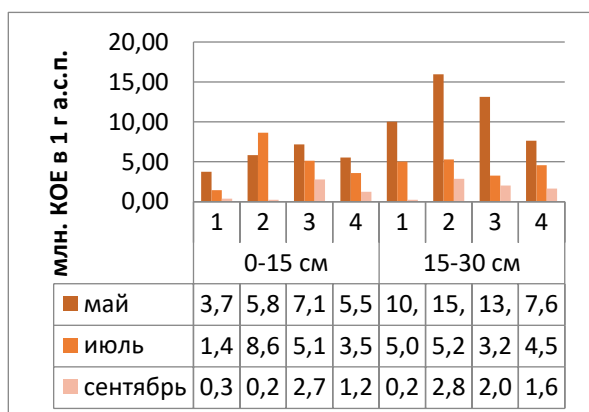


а)

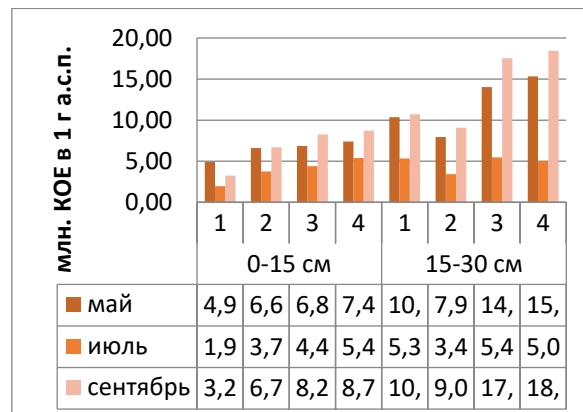


б)

Рисунок 1 – Динамика численности а) diaзотрофов б) аммонификаторов в почве, млн. КОЕ в 1 г а.с.п.

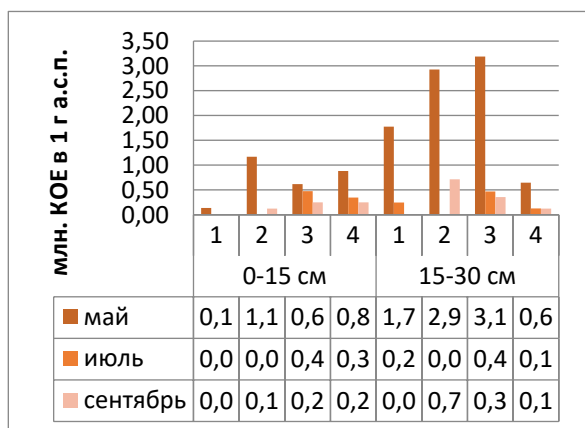


а)

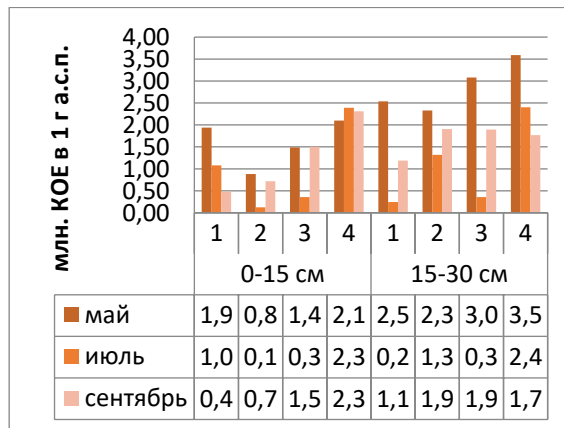


б)

Рисунок 2 – Динамика численности а) иммобилизаторов б) зимогенной микрофлоры в почве, млн. КОЕ в 1 г а.с.п.



а)



б)

Рисунок 3 – Динамика численности а) актинобактерий, б) целлюлозолитических микроорганизмов в почве, млн. КОЕ в 1 г а.с.п.

Чувствительным индикатором изменения почвенных процессов при формировании гумусовых веществ является зимогенная микрофлора [2, 4]. Она участвует в трансформации органического вещества почвы. Микроорганизмы дают основу, из которой происходит образование молекул гумуса и ферментов, катализирующих синтез молекул.

Данные проведённых анализов показали положительное влияние соломы

с дополнительными добавками на развитие зимогенной микрофлоры [10]. Солома повысила содержание микроорганизмов до 6,61 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. При добавлении азотного удобрения и целлюлозолитического микромицета их количество увеличилось до 6,70 и до 18,45 млн. КОЕ в 1 г а.с.п., соответственно (рис. 2б).

Группа актинобактерий играет немаловажную роль в минерализационных процессах и в синтезе гумусовых веществ [6]. При запарке соломы с микромицетом в почве наблюдалось увеличение микроорганизмов от 0,62 до 0,88 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. в слое 0-15. Бурное развитие этих микроорганизмов говорит о наличии глубоких процессов минерализации, а кроме этого они обладают уникальным свойством – образование антибиотиков (рис. 3а).

Отдельного внимания требуют микроорганизмы, разрушающие целлюлозу. Целлюлозолитики – её главнейшие разрушители [3, 8]. Наблюдения показали: чтобы увеличить их содержание необходимо дополнительное внесение азотного удобрения. Количество микроорганизмов данной группы в чернозёме не большое. Запарка чистой соломы практически не повлияла на их содержание, а вот дополнительное внесение микромицета значительно увеличило количество целлюлозолитических микроорганизмов от 0,25 до 2,40 млн. КОЕ в 1 г а.с.п (3б).

Долгосрочное использование чернозема выщелоченного в сельском хозяйстве приводит к постепенному уменьшению содержания органического вещества, в результате чего изучаемые черноземы диагностируются как малогумусные. В целом, свойства исследуемого чернозёма выщелоченного говорят о благоприятных условиях для его использования в сельском хозяйстве. Почва имеет допустимые показатели pH, гидролитической кислотности. Кроме того, об этом свидетельствуют происходящие процессы гумификации в почве. Внесенные дополнительные компоненты с соломой также влияют на содержание и активность микроорганизмов в почве, их внесение, например, азотного удобрения необходимо, т.к. в соломе широкое соотношение C:N, что затрудняет ее разложение. Дополнительное внесение целлюлозолитического микромицета с дополнительными компонентами способствует его закреплению на субстрате и активному разложению [9]. Также штамм микромицета, являющийся адаптированным к местным условиям и при низкой влажности способен проявлять активность даже через несколько лет после внесения соломы.

Библиографический список

1. Безлер Н.В., Колесникова М.В. Использование соломы озимой пшеницы в качестве удобрения // Сахарная свёкла. – 2009. – №7. – С. 20-26.
2. Годунов И.Б., Дубовик И.Б., Мотузок Т.П. Использование соломы в качестве удобрения. – Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1981. – 64 с.
3. Девятова Т.А., Сыромятникова Ю.Д., Шумилова Я.В. Некоторые аспекты утилизации соломы // Черноземы России: экологическое состояние и современные процессы: материалы Всероссийской конференции, посвященной 70-летию кафедры почвоведения и агрохимии Воронежского государственного. – Воронеж: ВГУ, 2006. – С. 38-48.
4. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – Москва: МГУ, 2005. – 445 с.

5. Колесникова М.В., Безлер Н.В., Агапов Б.Л. Формирование плодородия чернозёма выщелоченного при интродукции аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета и дополнительных компонентов при запашке соломы озимой пшеницы // *Агрохимия*. – 2014. – №8 – С. 17-25.
6. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. – М.: МГУ, 2001. – 688 с.
7. Русакова И.В., Еськов А.И. Оценка влияния длительного применения соломы на воспроизводство органического вещества дерново-подзолистой почвы // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2011. – №5. – С. 28-31.
8. Черепухина И.В., Безлер Н.В. Микробиологические и биохимические процессы в чернозёме выщелоченном при запашке соломы ячменя с целлюлозолитическим микромицетом. – Воронеж: ВГУ, 2017. – 174 с.
9. Чернов Т.И. Метагеномный анализ прокариотных сообществ профилей почв европейской части России. – М.: МГУ, 2015. – 111 с.
10. Чирак Е.Л. Динамика микробного сообщества типичного чернозёма при биodeградации целлюлозы и соломы ячменя // *Почвоведение*. – 2017. – №3. – С. 588-596.

УДК 631.458

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛАМИ В АНТИЧНЫХ И СОВРЕМЕННЫХ РАЙОНАХ ВИНОГРАДАРСТВА КРЫМА²

Зеленская Е.Я.

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, Белгород

E-mail: zelenskaya@bsu.edu.ru

Резюме. Проведена оценка почв в современных и античных районах виноградарства Крыма с целью определения концентраций тяжелых металлов. Установлено, что на территории современных виноградников наблюдается превышение 4 химических элементов (Pb, Ni, Cu, Cr), которые могут негативно сказываться на качестве продукции.

Ключевые слова: геохимия почв, тяжелые металлы, виноградные почвы, античные виноградники, современные виноградники, Крымский полуостров

Summary. Soils were assessed in modern and antique vineyards of Crimea in order to determine the concentrations of heavy metals. It has been established that in the territory of modern vineyards there is an excess of 4 chemical elements (Pb, Ni, Cu, Cr), which can adversely affect the quality of products.

Key words: soil geochemistry, heavy metals in the soil, grape soils, antique vineyards, modern vineyards, Crimean Peninsula.

Развитие виноградарства и виноделия на Крымском полуострове отмечено еще с античных времен. Первые виноградники датируются V-IV вв. до н.э. на территории Херсонеса (район Севастополя) и Боспора (Керченский п-ов) [1]. Античные земледельцы занимались производством, поставками вина в близлежащие округа (хоры). Херсонесские агрономы хорошо изучили природные условия для выращивания винограда на Гераклеийском п-ве, создав организованное землеустройство и агротехнологию, основанную на плантажной обработке, что позволяло создавать благоприятные ампелозэкологические условия для развития отрасли. Эти традиции развиваются и поныне. На сегодняшний

² Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90081.

день в Крыму производится 80 тыс. т винограда. Но этого недостаточно. Для повышения конкурентоспособности необходимо повышать эффективность использования земельных ресурсов. Поэтому правительство РФ поставило задачу перед виноградарями Крыма увеличить площадь виноградников и улучшить качество производимой продукции. Для решения поставленной задачи необходимо уделить особое внимание одному из главных природных факторов – почве, особенно тем видам, которые могут обеспечить высококачественный винный материал.

Районом нашего исследования были выбраны земельные участки Крымского полуострова, которые отводились под виноградарство в различное время. Объекты размещались на дальней Херсонесской хоре, земли которой обеспечивали трудовыми ресурсами жители поселений в Северо-Западном Крыму в античное время (Калос Лимен, Ойрат, Ортли и Мамай-Тюп) [3, 4]. Также виноградники были обнаружены на Керченском п-ве вблизи п. Октябрьское и на м. Казантип. Для исследования почв под современными виноградниками были выбраны территории винодельни «Массандра» (г. Ялта), на Керченском п-ве и в окрестностях Севастополя (Таблица). Содержание химических

Таблица – Содержание химических элементов в виноградных почвах основных регионов Крыма

Элементы и оксиды	Античные виноградники						Современные виноградники			V
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
P ₂ O ₅	0,23	0,17	0,26	0,20	0,50	0,18	0,18	0,10	0,16	72
Pb	13,7	11,8	10,6	18,9	15,6	26,6	47,9	21,4	46,5	66
Co	8,41	6,35	2,64	6,63	7,06	7,30	7,17	16,37	21,57	64
CaO	27,5	25,4	30,8	25,7	23,7	15,8	4,2	3,7	2,5	59
Cu	14,5	23,4	14,3	15,4	28,5	47,9	55,1	55,5	64,6	54
V	52,2	58,8	46,6	60,1	47,4	77,9	112,4	87,6	144,1	46
Zn	62,3	65,1	79,6	66,3	70,0	88,8	101,6	61,8	166,5	45
Fe	1,92	1,99	1,64	1,98	2,19	3,17	5,66	3,19	4,43	39
SiO ₂	25,8	30,3	22,4	28,9	21,5	30,3	52,5	40,9	43,3	38
TiO ₂	0,45	0,49	0,39	0,45	0,43	0,54	0,64	0,84	0,97	37
Al ₂ O ₃	7,1	7,9	6,9	7,7	6,9	10,0	12,1	9,9	17,4	37
Ni	32,2	33,3	24,6	31,9	34,6	51,8	65,7	54,0	68,4	34
K ₂ O	1,42	1,22	1,32	1,50	1,18	1,45	2,22	1,33	2,52	33
MgO	2,75	2,04	2,31	3,24	2,68	2,34	1,49	1,14	1,32	33
As	4,62	8,74	8,11	6,41	8,38	7,85	11,95	7,76	12,85	32
MnO	0,07	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,13	0,13	0,11	23
Cr	75,1	72,6	69,2	74,4	80,5	80,9	83,8	100,3	113,4	20

1 – Ойрат, 2 – Ортли, 3 – Мамай-Тюп, 4 – Калос Лимен, 5 – Казантип и п. Октябрьское (Керченский п-ов), 6 – Херсонес, 7 – Севастополь, 8 – п. Останино (Керченский п-ов), 9 – виноградники «Массандры» (г. Ялта)

элементов представлено ранжированным списком в зависимости от величины коэффициента вариации, что отражает степень межрегиональных вариаций элементов.

В почвенных образцах были определены концентрации 17 химических

элементов и оксидов с помощью метода рентгеноспектрального флуоресцентного анализа на приборе Спектроскан Мах-GV. Для определения наиболее информативных из них, был рассчитан коэффициент вариации (V) по формуле – $V = \sigma / x_{cp} * 100\%$. Для анализа были использованы две градации: $<33\%$ (выборка является однородной) и $>33\%$ (выборка является неоднородной). Классификационное сходство объектов определяли путем интерпретации результатов кластерного анализа (метод Уорда, Евклидова дистанция, значения нормированы по среднеквадратическому отклонению) на основании 14 отобранных химических элементов (рис. 1).

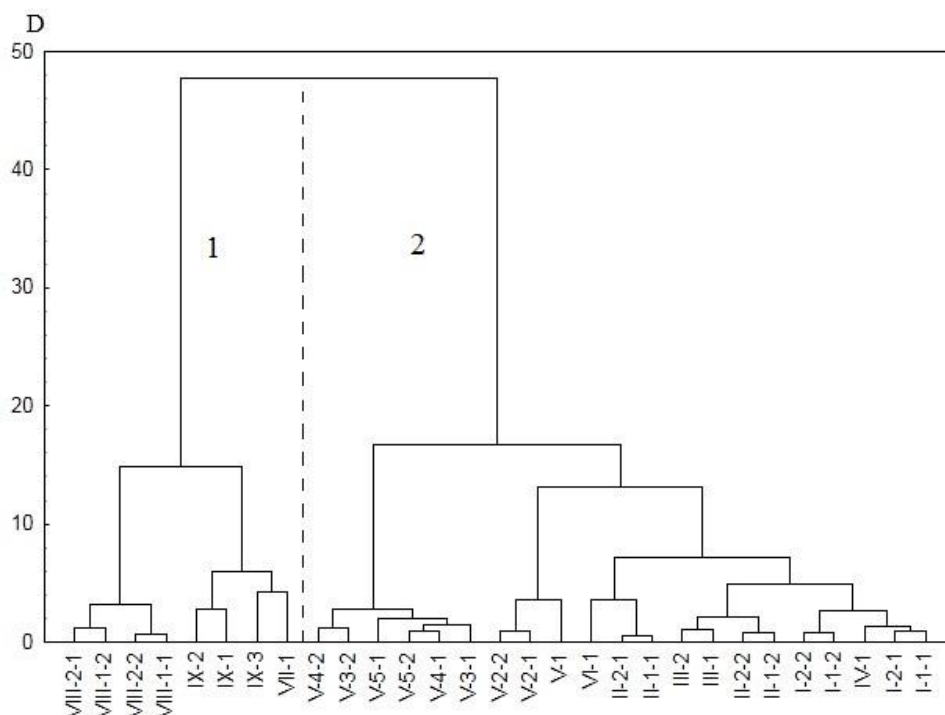


Рисунок 1 – Дендрограмма классификации почв Крымского полуострова под:
1 – современными виноградниками; 2 – античными виноградниками.

Наиболее значительные межрегиональные различия в содержании химических элементов в виноградных почвах отмечены для P_2O_5 , Pb, Co, CaO, Cu, V, Zn. Наименьшие различия из определяемых химических элементов показали MnO, As, Cr ($V < 33\%$).

Анализ полученных результатов показал, что по геохимическому составу почвы в современных виноградниках значительно отличаются от оставленных с античного времени. Сравнительный анализ концентраций химических элементов в виноградных почвах на постантичных залежах и на современных виноградниках показал, что наибольшие различия между ними определяются содержанием восьми тяжелых металлов. Учет величин предельно допустимых концентраций в почве [2] позволил продемонстрировать различия в степени их загрязнения тяжелыми металлами (рис. 2).

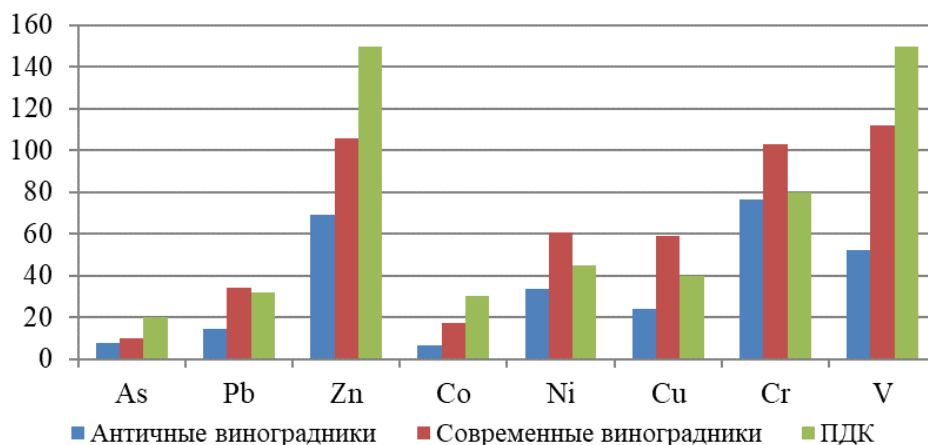


Рисунок 2 – Сопоставление содержания тяжелых металлов в виноградных почвах с величинами предельно допустимых концентраций.

Чтобы узнать общую картину загрязнения современных виноградников, необходимо провести оценку потенциально антропогенного загрязнения почв, которая определяется по формуле:

$$Z_s = \sum K_k - \log_2 n,$$

где K_k – коэффициент концентрации, рассчитанный относительно ориентировочно фоновых концентраций; n – число учитываемых элементов. Самый большой показатель составил 8,96 на территории виноградников «Массандра». Эта территория по классификации относится уже к слабо загрязненной ($Z_s=8-16$). На остальных территориях показатели составляют <8 , что означает допустимое загрязнение почв.

Полученные результаты показывают, что содержание в почве Pb, Ni, Cu, Cr уже на данном этапе начинает превышать допустимые нормы. Накопление Cu связано с использованием «медного купороса» для обработки самих кустов винограда, т.к. он оседает на поверхности почвы, а при разложении опада, распахивании или раскорчевке может проникнуть вглубь почвенного профиля. Накопление Ni и Cr происходит из-за применения удобрений, которые используют для получения лучшего урожая. Pb накапливается в почве из-за обработки сорной травы гербицидами. Поэтому, для получения более качественной продукции необходимо сократить применение гербицидов, что при длительном использовании может привести к еще большему загрязнению почвы.

Библиографический список

1. Винокуров Н.И. Виноградарство и виноделие античных государств Северного Причерноморья. Симферополь-Керчь: ИД «АДЕФ-Украина», 2007. – 456 с.
2. Кирилюк В.П. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы. Ch: Pontos, 2006. – 156 с.
3. Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Зеленская Е.Я. Биогеохимические аспекты плодородия почв в древнеземледельческих районах Крыма // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 14-18. <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10051>
4. Lisetskii F.; Zelenskaya E.; Rodionova M. Geochemical Features of Fallow Land in Ancient Plots in the Chora of Chersonesos // Geosciences. – 2018. – Vol. 8. – Is. 11. – P. 410. <https://doi.org/10.3390/geosciences8110410>

ГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЧВЕННОЙ ЦИФРОВОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

Зинчук Е.Г.

ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург

E-mail: zinchuk-e@yandex.ru

Резюме. Графическое отображение информации СУБД MS Access на примере полигона опытной станции.

Ключевые слова: СУБД MS Access, дерново-подзолистые почвы, реляционная база данных.

Представление данных – заключительная часть информационной работы. Создавая и применяя для обработки информации СУБД MS Access, возможны построения некоторых типов диаграмм, схем, разрезов. Разрез Прибыtkовo1 на опытной станции МОС был построен на основе базы данных агрофизического состояния почв [1]. Используя графическую программу, возможно схематичное отображение необходимых делянок, схем опытов и полей, осуществляя информационное обеспечение агроэкосистем и удобство пространственного представления данных для интерпретации результатов картографирования и объяснения механизмов дифференциации почвенного покрова конкретной территории [2].

При проведении исследований физических свойств почвы на полигоне точного земледелия Меньковской опытной станции Агрофизического института с преобладанием дерново-подзолистых супесчаных почв была разработана и заполнена экспериментальными данными реляционная база данных, включающая в себя результаты экспериментальных исследований [3]. Используя её, было составлено графическое изображение поля №1 - полигона точного земледелия, где необходим объективный контроль и анализ почвенно-ландшафтных связей (рис.1). Как основа брался оцифрованный бумажный ориги-

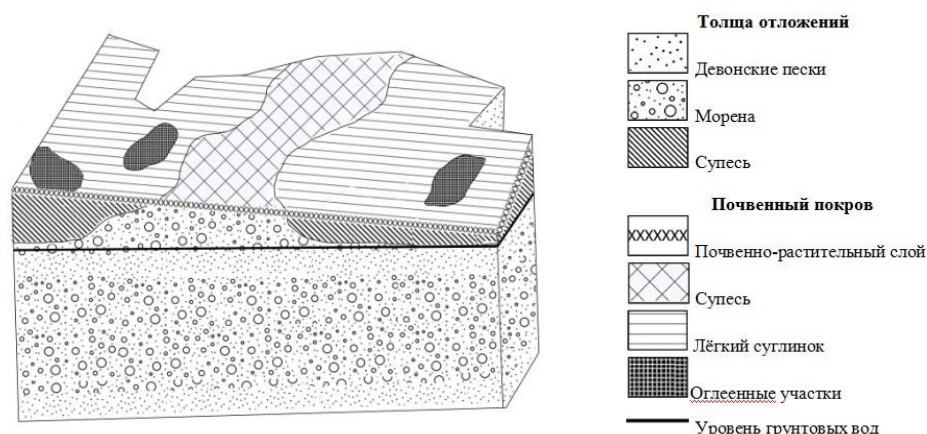


Рисунок 1 – Графическое изображение поля №1 МОС.

нал, цифровая карта, материалы и точечные полевые данные проведенных почвенных обследований. Сельскохозяйственные угодья расположены на пересечении нескольких крупных литологических ареалов Ленинградской области: с

севера располагаются остаточные карбонатные и карбонатные породы ордовикского плато. С запада – ареал четвертичных валунных суглинков, с востока – ареал кембрийских глин. С юга расположен небольшой литологический ареал поверхностного залегания девонских песков.

Работа нацелена на решение ряда практических задач по землеустройству Меньковского филиала ГНУ АФИ эколого-ландшафтного комплекса землепользования «Меньково».

Библиографический список

1. Моисеев К.Г., Гончаров В.Д., Маглыш Е.Г. 2009. База данных агрофизического состояния дерново-подзолистых супесчаных почв ГНУ Меньковская опытная станция Агрофизического научно-исследовательского института (ГНУ МОС АФИ) и опытных полей ГНУ Псковского Научно-исследовательского института сельского хозяйства (ГНУ ПНИИСХ). Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2009620582. Дата регистрации 10 декабря 2009 года.
2. Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г. 2014. Крупномасштабная почвенная карта меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии. Агрофизика 3(15). – С. 8-17.
3. Зинчук Е.Г., Моисеев К.Г., Бойцова Л.В. 2013. Электронные базы данных: хранение и анализ агрофизической информации // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Научно-практическая конференция Курского отделения МОО. Курск, 21- 25 декабря 2013. – С. 70-72.

УДК 631.34:631.559

ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ДИНАМИКИ И ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ УРОЖАЙНОСТИ СОИ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ

Золотухин А.Н.

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии –
структурное подразделение ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: alipijj@rambler.ru

Резюме. В статье рассматривается влияние группы агроклиматических факторов на уровень урожайности сои в ЦЧР.

Ключевые слова: климатическая обусловленность, динамика, урожайность сои, Центрально-Черноземный регион.

Summary. The article examines the influence of a group of agroclimatic factors on the level of soybean productivity in the Central Black Earth Region.

Key words: climatic condition, dynamics, soybean productivity, Central Black Earth Region.

Введение. В настоящее время соя – одна из важнейших сельскохозяйственных культур. В мировом масштабе соя по значимости сопоставима с пшеницей, рисом и кукурузой. Объясняется это потрясающей универсальностью этой культуры, из которой получают самые разнообразные типы пищевой продукции и сырья.

В России начали возделывать сою в больших объемах относительно недавно – в 2010 г. посевные площади увеличились почти 1,5 раза относительно 2009 г. [1]. И хотя наибольшие посевные площади под культуру принадлежат Дальнему Востоку, лидерами по урожайности являются области ЦЧР. (за 2020

г. Белгородская область – 21,3 ц/га, Курская – 20,8 ц/га (больше только Калининградская область – 28,3 ц/га)) [2]. Внутри ЦЧР также наблюдается значительная дифференциация урожайности рассматриваемой культуры.

На динамику и территориальные различия урожайности оказывают влияние различные факторы: климатические характеристики территории, агрохимические свойства почв, технологические особенности ведения хозяйства. Поэтому урожайность нельзя объяснить влиянием одного определенного параметра, а стоит учитывать их совокупность для управления плодородием почв и рационального использования земельных ресурсов.

Цель работы заключается в анализе связи динамики и территориальных различий урожайности сои с климатическими и агротехническими факторами в ЦЧР.

Материалы и методы. Как правило, значимыми климатическими показателями выступают: сумма активных температур (САТ), рассчитанные по декадам (для сои взяты в расчет дни со среднесуточной температурой ≥ 15 °C), а также сумма осадков за этот же активный период вегетации. Для анализа использованы данные по продуктивности сои федеральной службы государственной статистики – Росстат [1], количеству вносимых удобрений [1], агроклиматическим факторам – архивы погоды [3,4] ЦЧР. (таблица 1).

Таблица 1 – Факторы, влияющие на урожайность сои

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Ср.зн	V%
Белгородская область										
Ур.ц/га	18	19	14	19	25	17	25	23	20±1	7
САТ ≥ 15	3115	2503	2483	2659	2140	2395	2680	2642	2577±106	4
Ос САТ	241	79	225	88	377	296	469	111	236±53	23
ГТК	0,77	0,32	0,91	0,33	1,76	1,24	1,75	0,42	0,94±0,22	23,96
НРКкг дв/га	75	71	68	72	77	81	81	82	76±2	3
Воронежская область										
Ур.ц/га	14	12	10	16	16	14	18	20	15±1	8
САТ ≥ 15	2810	2504	2528	2647	2188	2489	2737	2596	2562±71	3
Ос САТ	109	220	154	178	131	225	179	228	178±17	10
ГТК	0,39	0,88	0,61	0,67	0,60	0,90	0,65	0,88	0,70±0,07	9,71
НРКкг дв/га	41	43	43	47	50	56	58	60	50±3	6
Курская область										
Ур.ц/га	15	18	14	17	24	19	23	22	19±1	8
САТ ≥ 15	2736	2427	2158	2549	2082	1962	2650	2411	2372±105	4
Ос САТ	299	206	105	272	362	161	257	138	225±33	15
ГТК	1,09	0,85	0,49	1,07	1,74	0,82	0,97	0,57	0,95±0,15	15,34
НРКкг дв/га	71	67	74	82	101	112	114	120	93±8	9
Липецкая область										
Ур.ц/га	14	12	10	16	16	14	18	20	15±1	8
САТ ≥ 15	2810	2504	2528	2647	2188	2489	2737	2596	2562±71	3
Ос САТ	109	220	154	178	131	225	179	228	178±17	10
ГТК	0,39	0,88	0,61	0,67	0,60	0,90	0,65	0,88	0,70±0,07	9,71
НРКкг дв/га	89	73	76	88	91	96	95	106	89±4	5
Тамбовская область										
Ур.ц/га	15	14	9	19	18	15	17	19	16±1	8
САТ ≥ 15	2567	2398	2127	2189	2097	1883	2590	2430	2285±94	4
Ос САТ	308	141	85	196	243	188	139	153	182±26	14
ГТК	1,20	0,59	0,40	0,90	1,16	1,00	0,54	0,63	0,80±0,11	14,27
НРКкг дв/га	45	46	47	53	62	67	63	67	56±4	6

С помощью этих показателей рассчитан гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК) Г.Т. Селянинова.

Вносимые удобрения учитывались не под конкретную культуру, а с расчетом на всю посевную площадь. Так или иначе, все вносимые элементы участвуют в круговороте почвенных веществ и обмене между с.-х. культурами в процессе севооборота. Для оценки степени влияния группы факторов на урожайность использованы пакеты ПО STATGRAPHICS Plus 5.0, IBM SPSS Statistics v. 26.0.

Результаты и обсуждение. В центрально-черноземных районах России, в большинстве случаев, климатические условия обуславливают 40-50% общей амплитуды колебаний урожайности с.-х. культур [5].

Динамика урожайности сои в ЦЧР за период 1996-2019 гг. имеет положительный тренд (рисунок 1).

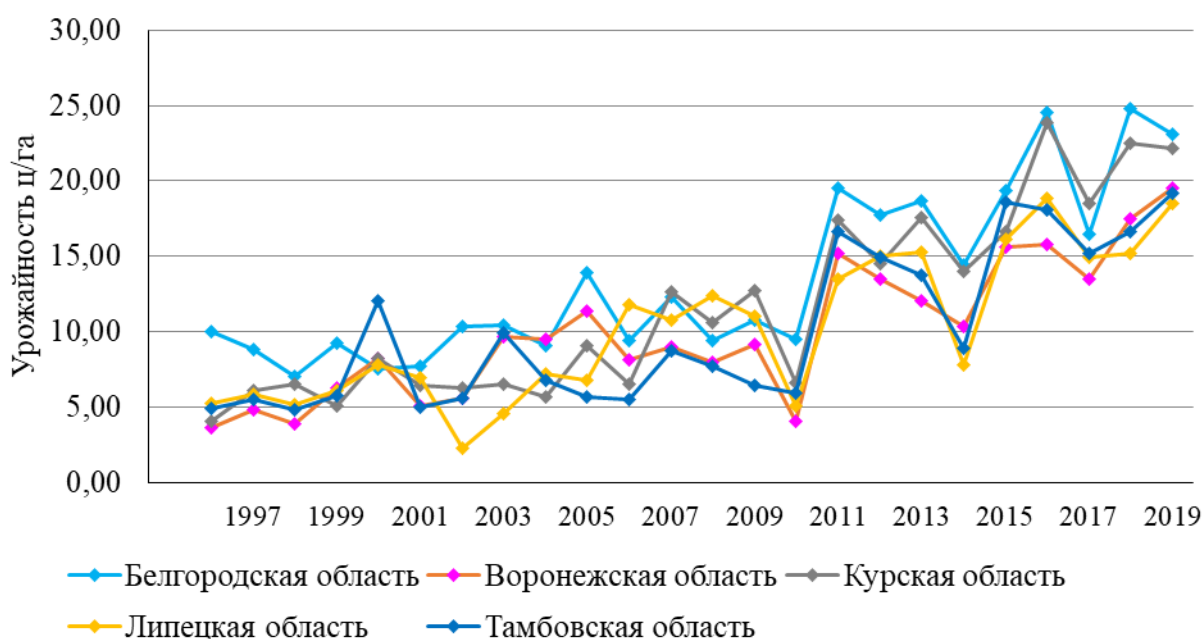


Рисунок 1 – Урожайность сои в ЦЧР 1996-2019 гг.

В долгосрочной динамике график зависимости урожайности от ГТК за длительный период (средне областные 1996-2019 гг.) имеет параболический куполообразный вид ($y = -8,48 + 0,4298 \cdot \text{Col}_1 + 15,626 \cdot \text{Col}_2 - 5,147 \cdot \text{Col}_2^2 + 0,0449 \cdot \text{Col}_3$; где Col_1 – номер ряда, соответствующий году; Col_2 – ГТК; Col_3 – NPK), $R^2=0,73$; $F=76,3$; $p<0,0001$. Экстремумом является значение ГТК=1,52 ($\text{ГТК}_{\max}=15,62/2 \cdot 5,14$).

Поскольку существует высокая прямая корреляция между ГТК и ОсСАТ ($R=0,929$) в модель стоит включать только одну из этих переменных.

Уравнение модели с ОсСАТ (1996-2019 гг.) имеет следующий вид: $y = -2,58 + 0,4204 \cdot \text{Col}_1 + 0,016995 \cdot \text{Col}_2 + 0,041621 \cdot \text{Col}_3$; где Col_1 – номер ряда, соответствующий году; Col_2 – ОсСАТ; Col_3 – NPK, ($R^2=0,72$, $F=93,7$, $p<0,0001$).

В длительной динамике уровня урожайности сои в ЦЧР важнейшее значение ($R=0,848 \dots 0,859$) имеют: агротехника (в т.ч. сортообновление) > климат

(ГТК, ОсСАТ) > насыщение пашни минеральными удобрениями.

Применительно к периоду 2012-2019 гг. урожайность сои в ЦЧР имеет положительный агротехнологический тренд 0,68 ц/га в год. В динамике этого периода значимыми факторами также являются 1) номер ряда, соответствующий году (Nr); 2) $\text{Ос\_САТ} \geq 15$; 3) Насыщение пашни NPK кг д.в/га. ($y = -6,899 + 0,6823 \cdot \text{Nr} + 0,01536 \cdot \text{ОсСАТ} + 0,0509 \cdot \text{NPK}$; $R=0,716$; $F=12,6$, $p<0,0001$).

Количество вносимых удобрений имеет линейный временной положительный тренд в рамках всего ЦЧР, что, отчасти, обосновывает динамику урожайности, но не может в той же мере объяснить территориальные различия. При рассмотрении территориальных различий в рамках ЦЧР взяты в расчет все перечисленные выше факторы (средние показатели за 2012-2019 гг.).

По сумме активных температур ($\text{САТ} \geq 15$) области ЦЧР можно выстроить в следующий ряд по возрастанию: Липецкая < Тамбовская < Курская < Воронежская < Белгородская. По ГТК: Воронежская < Липецкая < Тамбовская < Белгородская < Курская.

С применением пошагового метода определен ведущий фактор – ОсСАТ ($p=0,001$; $R^2=0,975$). (таблица 2)

Таблица 2 – Введенные/отброшенные переменные

Введенные переменные	Отброшенные переменные	Метод
ОсСАТ ($p=0,001$; $R^2=0,975$)	САТ, Fert	Пошаговый (критерий: Вероятность F для включения $\leq ,050$, Вероятность F для исключения $\geq ,100$).

Исходя из этого, климатически активные осадки наиболее хорошо аппроксимируют территориальные различия урожайности сои по областям ЦЧР.

Выводы.

1. В длительной динамике уровня урожайности сои в ЦЧР ведущее значение имеют: агротехника (в т. ч. сортообновление), климат (ГТК, ОсСАТ) и насыщение пашни минеральными удобрениями ($R=0,848...0,859$).

2 Территориальные различия урожайности обусловлены группой агроклиматических факторов, поэтому выделение из них наиболее значимых для конкретных территорий и с.-х. культур позволяет установить приоритетные направления с.-х. мероприятий с целью наиболее полной реализации почвенного и биоклиматического потенциала территории.

3. Количество вносимых удобрений в ЦЧР имеет линейный положительный тренд, однако, биологическая активность вносимых веществ проявляется только в совокупности с достаточным увлажнением почвы. Поэтому именно осадки при $T \geq 15^\circ\text{C}$ наиболее точно **объясняют различия по уровню урожайности сои в ЦЧР**. Таким образом, осадки за активный период вегетации стали наиболее значимым показателем вариации урожайности сои по областям ЦЧР ($p=0,001$; $R^2=0,975$).

Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13226> дата обращения 28.12.2020
2. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации» в 2020 году (предварительные данные) [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/6a5nAbSj/cx_29-20.rar дата обращения 28.12.2020
3. Архив погоды (в_Белгороде; в_Воронеже; в_Курске в_Липецке, в_Тамбове) [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Курске,_Поповке (дата обращения 05.02.2021).
4. Погода и климат. Архив погоды: (=34214 Белгород; =34123 Воронеж; =34009 Курск; =27930 Липецк; =27947 Тамбов), Россия [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=34214> – (дата обращения 03.02.2021).
5. Лосев А. П., Журина Л.Л. Агрометеорология. – М., 2001. – 297 с.

УДК 004.4, 004.94, 004.942

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ^{137}Cs ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И КОРМОПРОИЗВОДСТВА

Иванов В.В., Титов И.Е., Спиридонов С.И.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск

E-mail: 45518@inbox.ru

Резюме. На основе разработанных радиоэкологических моделей создано мобильное приложение, предназначенное для работы на устройствах с установленной операционной системой Android. Приложение позволяет решать задачи, связанные с прогнозированием накопления ^{137}Cs в продукции растениеводства и кормопроизводства, получаемой на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях.

Ключевые слова: мобильное приложение, радиоактивное загрязнение, сельскохозяйственные земли, продукция растениеводства, продукция кормопроизводства, санитарно-гигиенические нормативы.

Summary. Based on the developed radioecological models, a mobile application designed to work on devices with the Android operating system installed has been created. The application allows you to solve problems related to the prediction of the accumulation of ^{137}Cs in crop and feed production products obtained on radioactively contaminated agricultural land.

Key words: mobile application, radioactive contamination, agricultural land, crop production, feed production, sanitary and hygienic standards.

Значительную площадь на радиоактивно загрязненных ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС территориях занимают сельскохозяйственные угодья. Так, в России земли сельскохозяйственного назначения с плотностью по ^{137}Cs выше 37 кБк/м² (1 Ки/км²) составляли более 2 млн. га, а наиболее высокие уровни загрязнения почвы данным радионуклидом (свыше 1480 кБк/м²) были зафиксированы в юго-западных районах Брянской области [1]. Несмотря на то, что после аварии на ЧАЭС прошло 35 лет, до настоящего времени в ряде районов Брянской области площадь радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий составляет 352 тыс. га и часть производимой на них

агропродукции не соответствует установленным радиологическим нормативам [2].

Ведение агропроизводства в условиях широкомасштабного радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель и поиск эффективных путей снижения содержания радионуклидов в агропродукции требуют разработки и совершенствования методов радиоэкологического прогнозирования. Расчетными инструментами, позволяющими оценить возможность производства продукции растениеводства и кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях, являются математические модели, реализованные в виде программных средств.

В последние десятилетия происходит интенсивное развитие информационных технологий, к которым относятся совокупности методов и средств, используемых для сбора, хранения, обработки и распространения информации. Один из качественных скачков – разработка и применение мобильных устройств, позволяющих осуществлять обработку, хранение данных и их передачу в беспроводном режиме. Основные преимущества указанных технологий – мобильность пользователей, обусловленная переносимостью устройств и относительно высокая вычислительная мощность на небольших устройствах с возможностью постоянного доступа к приложению.

В результате синтеза разработанных ранее статистических моделей и параметрического обеспечения [3, 4] на языке B4A было создано мобильное приложение **PlantCs**, позволяющее выполнять радиоэкологическое прогнозирование в автономном режиме, то есть в любом месте и без доступа к глобальным или локальным сетевым ресурсам. Приложение **PlantCs**, предназначено для работы на мобильных устройствах с установленной операционной системой Android.

Поскольку базовым языком расчетных модулей приложения является *javascript*, то разработанный код может выступать также в качестве web-приложения, которое будучи установленным на сервере локальной или глобальной сети может быть доступно для произвольного устройства, обладающего доступом к сети интернет.

Приложение **PlantCs** состоит из следующих трех блоков:

1. **PlantLimit** – оценка времени автореабилитации сельскохозяйственных угодий, по истечении которого достигаются заданные риски превышения норматива содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства и кормопроизводства;
2. **PlantRescue** – прогнозирование риска превышения нормативов содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства и кормопроизводства на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных землях;
3. **PlantRevive** – вероятностная оценка предельных уровней загрязнения сельскохозяйственных земель ^{137}Cs для получения безопасной продукции растениеводства и кормопроизводства.

Первый блок **PlantLimit** мобильного приложения **PlantCs** предназначен для расчета периода времени, необходимого для естественной очистки

загрязненной территории. Полагается, что по истечении этого периода за счет распада ^{137}Cs загрязнение территории снизится до уровня, при котором будет возможно производить сельскохозяйственную продукцию с заданной величиной риска превышения норматива.

Второй блок **PlantRescue** мобильного приложения **PlantCs**, предназначен для получения прогноза о степени загрязненности ^{137}Cs продукции растениеводства и кормопроизводства, планируемой для выращивания на территории, подвергшейся радиоактивным выпадениям. Риск превышения норматива численно равен доле продукции, загрязненность которой превышает предельно допустимый уровень, установленный законодательно.

Третий блок **PlantRevive** мобильного приложения **PlantCs**, предназначен для получения прогноза о предельной степени загрязненности участка ^{137}Cs , которая позволяет производить безопасную продукцию растениеводства и кормопроизводства заданного вида. Уровень безопасности характеризуется заданным значением риска превышения норматива. Риск численно равен доле продукции, загрязненность которой превышает предельно допустимую, установленную нормативами.

Все три блока мобильного приложения **PlantCs** имеют интуитивно понятный интерфейс, обладают встроенной библиотекой со статистиками коэффициента миграции ^{137}Cs в системе «почва-растение» для основных видов продукции растениеводства и кормопроизводства, а также почв разного механического состава, которые приводятся в рекомендациях МАГАТЭ [5]. В качестве иллюстрации на рис. 1 представлен интерфейс для блока **PlantLimit**. Встроенная библиотека также включает в себя значения нормативов содержания ^{137}Cs в продукцию растениеводства и кормопроизводства [6, 7].

Для автоматической установки некоторой части исходной информации пользователь может путем выбора из выпадающих списков задать вид продукции растениеводства и кормопроизводства, а также характеристику механического состава почвы.

Мобильное приложение **PlantCs** можно использовать для любого вида сельскохозяйственной продукции, зная значения статистик коэффициента накопления ^{137}Cs , подчиняющегося логнормальному закону распределения $LN(\mu_k, \sigma_k^2)$ [8], и величину норматива загрязнения продукции ^{137}Cs .

В качестве результата выбора пользователя в поля редактирования автоматически подставляются величина удельного веса почвы, глубина загрязнения почвы радионуклидом цезия (по умолчанию - 0.2 м), значения статистик коэффициента накопления (μ_k, σ_k^2) , а также величина норматива.

В приложении исходные данные о загрязненности территории ^{137}Cs можно внести в двух различных режимах ввода данных – **Мониторинг/Статистика**, которые переключаются и отмечены соответствующей режиму надписью кнопки, причем **Мониторинг** – режим по умолчанию. При переключении режима **Мониторинг** надпись кнопки меняется на **Статистика**.

В режиме **Мониторинг** в полях ввода подраздела **Мониторинг загрязнения территории** можно указать величину среднего значения (математическое

ожидание) и стандартного отклонения (квадратный корень из величины дисперсии) загрязненности почвы, которые обычно приводятся в виде результатов мониторинга.

В режиме **Статистика** в полях ввода подраздела **Статистика распределения загрязнения** следует указать значения соответствующих коэффициентов, которые могут быть получены из анализа распределения логнормального распределения $LN(\mu_s, \sigma_s^2)$ загрязнения территории.

Исходные данные:	
Вид продукции:	Зерно злаков
Условия производства	
Механический состав почвы:	Гесок
Удельный вес почвы (г/кв.см):	1.52
Толщина корнеобитаемого слоя (м):	0.2
Загрязненность территории Cs-137	
Мониторинг загрязнения территории:	
Среднее значение (кБк/кв.м):	216.9
Стандартное отклонение (кБк/кв.м):	206.7
Статистики распределения загрязнения:	
Коэффициент логнормального распределения μ (кБк/кв.м):	5.058
Коэффициент логнормального распределения σ (кБк/кв.м):	0.802
Статистики коэффициента накопления	
Среднее геометрическое (GM):	0.039
Геометрическое стандартное отклонение (GSD):	3.3
Норматив загрязненности продукции СанПиН (Бк/кг):	60
Риск превышения СанПиН норматива в продукции (%):	10

Рисунок 1 – Внешний вид интерфейса блока **PlantLimit** мобильного приложения **PlantCs**

Разработанное мобильное приложение представляет собой «пилотную версию» программных средств, которые могут быть установлены на мобильные устройства (планшеты, смартфоны) для решения задач, связанных с радиоэкологической оценкой территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению. В рамках дальнейшего развития этого направления возможно создание web-приложений, интегрирующих сложные модели и алгоритмы для поддержки принятия решений по реабилитации загрязненных сельскохозяйственных земель.

Библиографический список

1. Панов А.В. Современное состояние и прогноз загрязнения Cs-137 сельскохозяйственных угодий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС / Панов А.В., Санжарова Н.И., Шубина О.А., Гордиенко Е.В. [и др.]. // Радиация и риск. – 2017. – Том 26. – № 3. – С.66-74.
2. Панов А.В. Радиоэкологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате

- аварии на Чернобыльской АЭС / Панов А.В., Прудников П.В., Титов И.Е., Кречетников В.В. [и др.]. // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12. – № 1. – С.25-35.
3. Спиридонов С.И. Вероятностная оценка накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и допустимых уровней радиоактивного загрязнения почв / С.И. Спиридонов, В.В. Иванов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. – Т. 53. – №1. – С. 95-103
4. Иванов В.В., Спиридонов С.И. (2019). Статистическое прогнозирование накопления радионуклидов в растениях. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2593433>
5. Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments // Vienna: International Atomic Energy Agency, 2009 – 625 p.
6. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. // М.: ФГУП «ИнтерСЭН», 2002. – 168 с.
7. Ветеринарные правила обеспечения радиационной безопасности животных и продукции животного происхождения. Государственная система ветеринарного нормирования Российской Федерации. Радиационная безопасность. // М.: Минсельхозпрод России, 2001. – 55 с.
8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных – N 2016620790 от 15.06.2016 «Единый реестр радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель России и Беларуси

УДК 502.3/.7

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Ильина А.А., Проценко Е.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный университет», город Курск
E-mail: Anna.ilina.96@ya.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр», город Курск
(ФГБНУ «Курский ФАНЦ»)
E-mail: kurskfarc@mail.ru

Резюме. Изучение влияния антропогенной деятельности на особо охраняемые природные территории. Биологическое разнообразие – это главный ресурс и ценность природы. Сохранение биологического разнообразия в форме особо охраняемых территорий является главной целью предотвращения экологической катастрофы.

Ключевые слова: особо охраняемые территории, биоразнообразие, человек, памятник природы, устойчивое развитие.

Summary. Study of the impact of anthropogenic activities on specially protected natural areas. Biological diversity is the main resource and value of nature. Conservation of biological diversity in the form of specially protected areas is the main goal of preventing an ecological catastrophe.

Key words: protected areas, biodiversity, human, natural monument, sustainable development.

В современном мире проблема экологического кризиса является одной из самых основных и актуальных. Основой данной проблемы является загрязнение окружающей среды, глобальное изменение климата, антропогенные нагрузки. Одной из главных причин этого кризиса является разрушение биоразнообразия.

В настоящее время антропогенные воздействия на природные биоценозы постоянно возрастают, что существенно влияет на биоразнообразие, на состояние природных биоценозов и их способности сохранять жизнеспособность. Сохранение биоразнообразия одна из глобальных экологических проблем, которая требует незамедлительных решений, так как это влечет за собой необратимые последствия. Данная проблема с каждым годом обостряется, что связано с исчезновением новых видов живых организмов. Процесс утраты биологического разнообразия планеты происходит в результате загрязнения окружающей среды, хозяйственной деятельности, изменения климата, избирательного использования ресурсов биоразнообразия, развития туризма, в том числе и вырубки лесов.

Биологическое разнообразие является главным природным и генетическим ресурсом России и всей планеты, который обеспечивает возможность устойчивого развития. Это непреходящая ценность, имеющая ключевое экологическое, социальное, экономическое и эстетическое значение. Биоразнообразие является своего рода потенциалом самоорганизации биосферы, обеспечивающим ее регенерацию, устойчивость к негативным природным и антропогенным воздействиям, а также ресурсом для компенсации потерь отдельных биотических элементов. Сохранение и инвестирование в охрану живой природы России – экономически выгодные мероприятия, особенно в тех случаях, когда применяются для оценки эффективности ставки дисконтирования, отвечающие специфике охраняемых объектов [3].

Россия занимает 1/8 часть суши планеты. Несмотря на то, что страна существенно уступает многим странам по показателям видового разнообразия, ее ландшафтное разнообразие является одним из самых высоких в мире. Более 60% территории России представлено слаборазрушенными или вовсе ненарушенными ландшафтами, которые сохранили естественные местообитания организмов. Внедрение концепции биоразнообразия в практику охраны природы Российской Федерации усилило обоснование развития в стране территориальной охраны.

Начали создаваться особо охраняемые природные территории (ООПТ) разных категорий и статусов. Всего в России (по данным на 1 января 2017 года) насчитывается около 12 тысяч ООПТ различных уровней и категорий, среди которых: 110 заповедников, 46 национальных парков и 71 государственный природный заказник. Общая площадь особо охраняемых природных территорий, как федерального, так и регионального уровня, составляет около 232,5 млн. га (с учетом морской акватории) или 13,6% площади России. При этом система ООПТ продолжает развиваться – расширяются территории существующих и создаются новые заповедники и национальные парки [6].

Согласно плану реализации федерального проекта «Сохранение биоразнообразия и развитие экотуризма» национального проекта «Экология», до 2024 года количество посетителей особо охраняемых природных территорий федерального значения будет увеличено более чем на четыре миллиона человек. Одним из ключевых факторов в достижении данного показателя является работа,

направленная на развитие туристической инфраструктуры нацпарков и заповедников. По данным Росзаповедцентра Минприроды России, в 2020 году сеть федеральных ООПТ обогатится 50 новыми экомаршрутами, большинство из которых – тематические. Продолжатся работы и над ранее начатыми проектами. В частности, многолетний проект Тигирекского заповедника (Алтайский край) по обустройству 70-ти километрового эко-маршрута имени академика Эрика Лаксмана [5]. На особо охраняемых природных территориях сконцентрированы не затронутые хозяйственной деятельностью человека леса и степи, реки и горы. На них обитает более 80 % видов животных, занесенных в Красную книгу России [4].

Сохранение биоразнообразия в формате создания особо охраняемых территорий регионального значения, и в частности в форме памятников природы позволяет способствовать нормальному функционированию и развитию территории. Значительное количество заказников и памятников природы с учетом их суммарной площади, при сравнительной простоте создания и маневренности управления этой категорией ООТ делает их важным дополнением к системе заповедования и вместе создать общую сеть природоохранных очагов, способную охватить каркасы ареалов большинства редких видов, обитающих на определенных ареалах. На территориях данного уровня проводится комплексное экологическое обследование территории, в результате чего дается оценка современного экологического состояния территории.

Для предотвращения деградации природной среды и создаются особо охраняемые природные территории, которые становятся очагами восстановления прошлого естественного баланса или сдерживают ход неблагоприятных изменений. За состоянием ООПТ необходима организация систематических наблюдений [7].

На особо охраняемых природных территориях происходят изменения природных компонентов и комплексов под прямым и косвенным влиянием деятельности человека - антропогенная трансформация. Оценка состояния ООПТ важна для предупреждения негативных изменений.

Нерациональное использование освоенных земель, а также сферы деятельности человека, пагубно влияющие на биологическую составляющую нашей планеты, наносят ей непоправимый ущерб [1].

Совокупность различных антропогенных факторов, оказывающие воздействие на биоразнообразие широки и разнообразны. Все воздействия условно делятся на две основные группы: прямые и опосредованные [2].

а) Прямые воздействия:

1. Уничтожение популяций животных и растений в результате: чрезмерной добычи полезных ископаемых; низкой культуры промысла, а также нелегального промысла; бора и коллекционирования живых организмов; нерациональной борьбы с сорняками и вредителями сельского и лесного хозяйства и уничтожения населением животных и растений, которые считаются опасными;

2. Уничтожение природных экосистем в результате превращения в сельскохозяйственные угодья; ведения лесного хозяйства нерациональными

методами; различных видов строительства; антропогенной, водной и ветровой эрозии почв; гидростроительства и создания водохранилищ.

б) Опосредованные воздействия:

1) Физическое: нарушение свойств почв и грунта; регулирование стока рек, чрезмерное изъятие воды из водоемов; сейсморазведка, а также взрывные работы; действие электромагнитных полей; шумовое воздействие; тепловое загрязнение.

2) Химическое (загрязнение воды, воздуха, почв): промышленными предприятиями; транспортом; бытовыми и муниципальными стоками; энергетическими предприятиями, включая АЭС; добывающими компаниями и т.д., а также в результате глобальных загрязнений, включая «кислотные дожди».

3) Биологическое (выражается в нарушении структуры природных биоценозов и экологически устойчивых природно-культурных комплексов в результате деятельности человека): интродукция; распространение возбудителей заболеваний животных и растений; эвтрофикация водоемов; уничтожение пищевых ресурсов животных.

Все виды деятельности, такие как сельское хозяйство, строительство, разработка полезных ископаемых, транспорт, промышленность, рекреация, промысел, и оказывают как прямое, так и опосредованное воздействие [2].

Изменение климатических характеристик и глобальное потепление стали рассматриваться как одна из наиболее потенциальных угроз биологическому разнообразию [1].

Некоторые экосистемы подвержены риску исчезновения, в то время как остальные подвергаются изменениям видового состава. В определенных областях страны может начаться процесс активизации опустынивания, и некоторые виды станут уязвимыми [1].

Таким образом, антропогенные воздействия часто являются комплексными и сопровождаются эффектами кумуляции и синергии. Существует необходимость предугадывать все процессы изменения биологического разнообразия в результате антропогенной деятельности и естественных процессов развития [2].

Библиографический список

1. Игнатова Г.А. Глобальная экология: учебное пособие / Г.А. Игнатова. – Орел: ОрелГАУ, 2016. – 102 с. - Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/106955>
2. Касимов Н.С. Социально-экономические и правовые основы сохранения биоразнообразия/ Медведева О.Е., Никольский А.А., Рыжов И.Н., Ягодин Г.А. – Москва: Издательство НУМЦ, 2002. – 420 с. ISBN 5-89414-028-5
3. Марфенин Н.Н., Степанов С.А. Россия в окружающем мире: 2005 (Аналитический ежегодник). Москва: Модус-К: Этерна, 2006. – 320 с. - ISBN 5-480-00078-5
4. Особо охраняемые природные территории мира и России: учебное пособие/ А.Г. Гурин, К.Н. Козявина, С.В. Резвякова, Г.А. Игнатова. – Орел: ОрелГАУ, 2013. – 176 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/71444>
5. Пресс-служба Минприроды России «В 2020 году на ООПТ федерального значения откроется более пятидесяти новых экологических троп и маршрутов» Статья от 23 января 2020

года [Электронный ресурс] URL: <https://www.mnr.gov.ru>

6. Пятый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» [Электронный ресурс] Москва: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015. – 124 с.

7. Реймерс Н.Ф. Экология: теория, законы, правила, принципы и гипотезы. Москва: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с. – ISBN 5-86646-059-9

УДК 631.3:004.04

ПРЕДИКТИВНЫЕ МОДЕЛИ МОБИЛИЗАЦИИ АЗОТА ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ

Каличкин В.К., Лужных Т.А., Риксен В.С.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
Российской академии наук, р.п. Краснообск, Новосибирская обл.

E-mail: vk.kalichkin@gmail.com

Резюме. Разработана предиктивная модель мобилизации азота почвы, позволяющая в зависимости от различных складывающихся событий предсказывать содержание нитратного азота в почве. Для реализации модели использовался метод байесовских сетей, имеющий в области сельского хозяйства ограниченное применение.

Ключевые слова: Байесовская сеть, ориентированный ациклический граф, нитратный азот, модель, data mining.

Summary. A predictive model of soil nitrogen mobilization has been developed, which makes it possible to predict the content of nitrate nitrogen in the soil, depending on various emerging events. To implement the model, the Bayesian approach was used, which has limited application in the field of agriculture.

Key words: Bayesian network, directed acyclic graph, nitrate nitrogen, model, data mining.

Предиктивные модели (предиктивная аналитика) – это множество методов математической статистики и анализа данных (data mining), которые используются для анализа текущих и исторических событий для прогноза событий (данных) в будущем. Центральной сущностью предиктивной аналитики является задача определения предиктора или нескольких предикторов (параметров или сущностей, которые влияют на прогнозируемое событие). Предиктивная аналитика помогает в разработке прогнозов для принятия решений [1-3].

В настоящее время в предиктивной аналитике все большее значение приобретает машинное обучение, в рамках которого используются различные подходы, в том числе байесовские сети [4]. Примеры применения аппарата байесовских сетей в русскоязычных публикациях рассмотрены в медицине, экологии, социологии и других предметных областях [5, 6], в области сельского хозяйства байесовские сети имеют ограниченное применение [7, 8].

Важным атрибутом байесовских сетей для построения предиктивных моделей является возможность включения экспертных суждений в доказательную базу вместе с данными наблюдений, эмпирическими связями или результатами моделирования. Кроме того, байесовские сети обладают свойством включать в себя отрицательные свидетельства и учитывать ситуации, когда информация является лишь частично полной.

Гибкая структура моделирования, предлагаемая байесовской сетью,

позволяет анализировать возможности мобилизации азота в вероятностном выражении, фиксируя взаимодействия между различными переменными (факторами) и связанными с ними неопределенностями. Это особенно ценно в тех случаях, когда речь идет о значимых элементах научного суждения, как это почти всегда бывает с обоснованием минерального питания растений. В частности, байесовская сеть хорошо подходит для обработки неопределенностей, связанных с внутренними почвенными процессами, недоступными для непосредственного континуального измерения во времени и в пространстве. Выводы о внутренних состояниях системы и вероятностях последующих событий могут быть рационально обновлены на основе новых наблюдений.

Цель работы – использовать возможности аппарата байесовских сетей для построения предиктивной модели мобилизации азота почвы.

Методы и объекты исследования – для моделирования использовали программу Netica. В настоящее время Netica является одним из наиболее широко используемых инструментов для разработки байесовских сетей. В основу построения модели заложены знания, накопленные научно-исследовательскими учреждениями, дающие представление об особенностях поведения азота в почве в результате влияния различных факторов (событий). Размерность уровня содержания нитратного азота в почве устанавливали в соответствии со шкалой А.Е. Кочергина.

Разработанная байесовская сеть для прогнозирования мобилизации азота почвы, построена в виде ориентированного ациклический графа, в котором идентифицировано 6 основных узлов (предикторов) с соответствующими событиями (рисунок 1). Байесовские сети являются вероятностными, поскольку они строятся на основе вероятностных распределений и используют законы вероятности для прогнозирования.

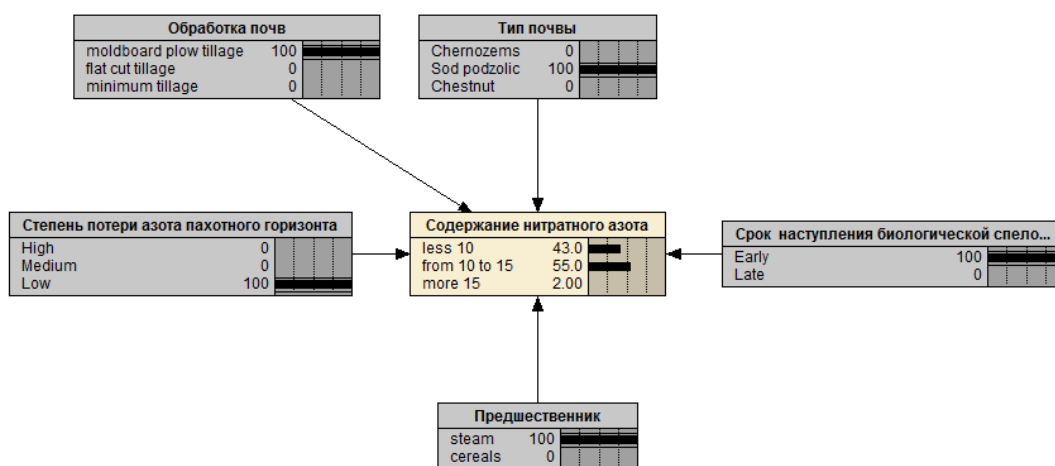


Рисунок 1 – Предиктивная модель мобилизации азота

Идентификация узлов осуществлялась в результате анализа основных факторов (событий), влияющих на содержание азота в почве в предпосевной период.

Первый узел (тип почвы) представляет собой дискретную переменную с

тремя событиями: Chernozems – чернозём, Sod-podzolic – дерново-подзолистая, Chestnut – каштановая.

Второй узел (обработка почвы) представляет собой дискретную переменную с тремя событиями: moldboard plow tillage – отвальная обработка, flat-cut tillage – плоскорезная обработка, minimum tillage – минимальная обработка.

Третий узел (степень потери азота из пахотного горизонта) представляет собой дискретную переменную с тремя событиями: High – высокая, Medium – средняя, Low – низкая.

Четвёртый узел (предшественник) представляет собой дискретную переменную с двумя событиями: steam – пар, cereals – зерновые.

Пятый узел (срок наступления биологической спелости почвы) представляет собой дискретную переменную с двумя событиями: Early – ранний, Late – поздний.

Шестой узел (содержание нитратного азота в почве): представляет собой дискретную переменную с тремя событиями: less 10 (меньше 10 мг/кг почвы), from 10 to 15 (от 10 до 15), more 15 (больше 15 мг/кг почвы).

Узлы между собой соединяются причинно-следственными связями в виде стрелок, от одной вершины узла к другой. После идентификации узлов и распределения причинно-следственных связей дальнейшим необходимым действием для реализации сети было заполнение таблицы априорных вероятностей (рисунок 2).

Chance		% Probability				Reset Close		
D	A	E	C	B	less 10	from 10 to 15	more 15	
moldboard plow tillage	Chernozems	High	Early	steam	70	20	10	
moldboard plow tillage	Chernozems	High	Early	cereals	80	20	0	
moldboard plow tillage	Chernozems	High	Late	steam	83	10	7	
moldboard plow tillage	Chernozems	High	Late	cereals	85	15	0	
moldboard plow tillage	Chernozems	Medium	Early	steam	35	55	10	
moldboard plow tillage	Chernozems	Medium	Early	cereals	67	33	0	
moldboard plow tillage	Chernozems	Medium	Late	steam	40	55	5	
moldboard plow tillage	Chernozems	Medium	Late	cereals	57	43	0	
moldboard plow tillage	Chernozems	Low	Early	steam	5	15	80	
moldboard plow tillage	Chernozems	Low	Early	cereals	70	30	0	
moldboard plow tillage	Chernozems	Low	Late	steam	10	20	70	
moldboard plow tillage	Chernozems	Low	Late	cereals	77	23	0	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	High	Early	steam	80	15	5	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	High	Early	cereals	90	10	0	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	High	Late	steam	95	3	2	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	High	Late	cereals	97	3	0	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Medium	Early	steam	85	10	5	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Medium	Early	cereals	87	13	0	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Medium	Late	steam	89	10	1	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Medium	Late	cereals	90	10	0	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Low	Early	steam	43	55	2	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Low	Early	cereals	76	24	0	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Low	Late	steam	75	24	1	
moldboard plow tillage	Sod podzolic	Low	Late	cereals	85	15	0	

Рисунок 2 – Таблица распределения априорных вероятностей событий для узла содержание нитратного азота

В данной таблице представлены комбинации складывающихся событий, которые система выстраивает автоматически. В дальнейшем осуществляется экспертная оценка каждой комбинации в процентном соотношении, показывающую вероятность наступления события для апостериорного узла.

После заполнения таблиц для получения результатов выполняется обучение сети, в котором используется ЕМ-алгоритм (Expectation-Maximization, ЕМ).

Затем компилируется готовая модель и рассчитывается апостериорная вероятность содержания азота в почве. В дальнейшем модель байесовской сети дает возможность рассчитывать апостериорную вероятность содержания азота в почве при изменении априорной вероятности событий в каждом узле.

На рисунке 1 представлена модель, которая прогнозирует, что при совокупности следующих событий: отвальная обработка почвы, низкая степень потери азота из пахотного горизонта, ранний срок наступления биологической спелости почвы, пар в качестве предшествующей культуры – в пахотном слое дерново-подзолистой почвы с вероятностью 55% содержание нитратного азота составит от 10 до 15 мг/кг.

В данной модели можно выбрать другой вариант складывающихся событий, например: тип почвы чернозём, плоскорезная обработка почвы, степень потери азота пахотного горизонта средняя, предшественник зерновые, срок наступления биологической спелости почвы поздний – апостериорная вероятность (80%) содержания нитратного азота в пахотном слое почвы составит меньше 10 мг/кг.

Модель позволяет рассчитывать апостериорную вероятность содержания нитратного азота в почве в трёх диапазонах, достаточно выбрать складывающиеся события в каждом узле.

Таким образом, с помощью аппарата байесовских сетей была реализована предиктивная модель, позволяющая прогнозировать содержание нитратного азота в пахотном слое почвы в зависимости от складывающихся событий. В дальнейшем планируется верификация созданной модели в условиях конкретного землепользования.

Библиографический список

1. Nagini S., Kanth T.V.R., Kiranmayee B.V. Agriculture yield prediction using predictive analytic techniques // 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (ic3i). – IEEE. 2016. Pp. 783-788. DOI: 10.1109/IC3I.2016.7918789
2. Брускин С.Н. Модели и инструменты предиктивной аналитики для цифровой корпорации // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2017. № 5 (95). С. 135-139.
3. Хасанов А.Р. Влияние предиктивной аналитики на деятельность компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3 (108). С. 108-113.
4. Drury B., Valverde-Rebaza J., Moura M.-F. et al. A survey of the applications of Bayesian networks in agriculture // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2017. Vol. 65. P. 29-42. DOI: 10.1016/j.engappai.2017.07.003.
5. Исаева М.К. Байесовский подход к принятию решений на основе экспертных оценок машинных экспериментов // Вестник ЦЭМИ РАН. 2018. Вып. 3 [Электронный ресурс]. DOI: 10.33276/S0000135-1-1
6. Николенко С., Тулупьев А., Сироткин А. Основы теории байесовских сетей. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2019. 399 с.
7. Прищепов А.В., Понькина Е.В., Сун Ж. и др. Выявление детерминант урожайности пшеницы в Западной Сибири с использованием байесовских сетей // Пространственная экономика. 2019. Т. 15. № 1. С. 39-83. DOI: 10.14530/se.2019.1.039-083.
8. Россова А.С., Понькина Е.В., Бондарович А.А. и др. Байесовские сети доверия для анализа доступности почвенной влаги // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и техники: сб. науч. ст. междунар. конф., 13-16 ноября 2018 г. [Электронный

УДК 633.1- 633.18.03631.8:579.64

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТА ФАЦЕЛИЯ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО

Каменева И.А., Якубовская А.И., Гритчин М.В., Приходько А.В.,
Зубаченко А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

E-mail: irina.kameneva.7@mail.ru

Резюме. Исследования показали, что при заделке фитомассы фацелии пижмолистной повышается биологическая активность почвы. Применение ассоциации целлюлозолитических микроорганизмов стимулирует развитие азотобактера, повышает активность каталазы и эмиссию диоксида углерода. Показано, что между исследуемыми показателями биологической активности почвы установлена сильная корреляционная связь.

Ключевые слова: биологическая активность почвы, сидераты, целлюлозолитическая ассоциация, чернозем южный

Summary. Studies have shown that the incorporation of phacelia phytomass increases the biological activity of the soil. The use of an association of cellulolytic microorganisms stimulates the development of azotobacter, increases the activity of catalase and the emission of carbon dioxide. A strong correlation was established between the studied indicators of the biological activity of the soil.

Key words: biological activity of soil, green manure, cellulolytic association, southern chernozem

Перспективным направлением, обеспечивающим сохранение и восполнение плодородия чернозёмов, является биологизация земледелия, например, включение в полевые севообороты сидеральных паров. [1]. В качестве сидерата, для почвенно-климатических условий Крыма перспективна фацелия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth). Молодые (зеленые, вегетирующие) растения разлагаются быстрее (до 30 дней) и глубже (до 78 %) чем солома, так как имеют низкое содержание ароматических соединений фенольной природы и более узкое соотношение С:N [2]. Заделанная в почву фитомасса подвергается микробиологической трансформации [3]. В условиях сухой степи Крыма период от заделки сидератов (май–начало июня) в почву до посева озимых зерновых культур (первая декада октября) достаточно длительный. В тоже время, погодные условия, как правило, характеризуются высокими температурами и отсутствием осадков, что негативно сказывается на микробиологических процессах почвы.

В отделе сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма» созданы лабораторные ассоциации микроорганизмов с высокой целлюлозолитической активностью. Актуальными являются исследования влияния сидерата и целлюлозолитических микроорганизмов на биологическую активность почвы, как в начале разложения растительной массы, так и непосредственно перед посевом основной культуры в севообороте – пшеницы озимой.

Цель данной работы заключалась в изучении динамики биологической

активности чернозема южного при заделке фитомассы фацелии пижмолистной, обработанной целлюлозолитической ассоциацией (ЦА) микроорганизмов.

Исследования проводили в условиях полевого опыта на черноземе южном малогумусном на лессовидных глинах (Красногвардейский район, с. Клепонино). Мощность гумусового горизонта – до 40 см. Количество гумуса (по Тюрину) – 2,1-2,5 %, подвижного фосфора (по Мачигину) – 5,5-9,0 мг, обменного калия – 37,3-42,2 мг на 100 г почвы. Контроль – черный пар со стандартной технологией его содержания. Растения фацелии в фазу массового цветения (27 мая), обработанные целлюлозолитической ассоциацией (ЦА) микроорганизмов при помощи ОП-2000 в агрегате с трактором МТЗ-82, измельчали и заделывали в почву на глубину 10-15 см. Постановку полевых опытов осуществляли по Доспехову Б.А. [4] в трехкратном повторении. Почву отбирали через 14 и 135 дней после закладки опыта (07 июня и 14 октября соответственно) с глубины 0–16 см. Ферментативную активность и численность азотфиксирующих бактерий рода *Azotobacter* определяли общепринятыми методами [5, 6]. Статистическую обработку результатов проводили согласно методическим рекомендациям по использованию граф-анализа в исследованиях биосистем [7], а также с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследований показали 100% обрастание комочков почвы бактериальной культурой рода *Azotobacter* в исследуемых образцах через 14 дней после заделки фитомассы фацелии (рис.1). Через 135 дней опыта отмечено снижение численности азотобактера в исследуемых почвенных образцах. Вместе с тем, в почве сидерального пара, как без обработки (92%), так и с применением ЦА (95%) количество почвенных комочков, обросших бактериальной культурой, на 8,2 и 11,8% соответственно было выше, чем в контроле (85%).

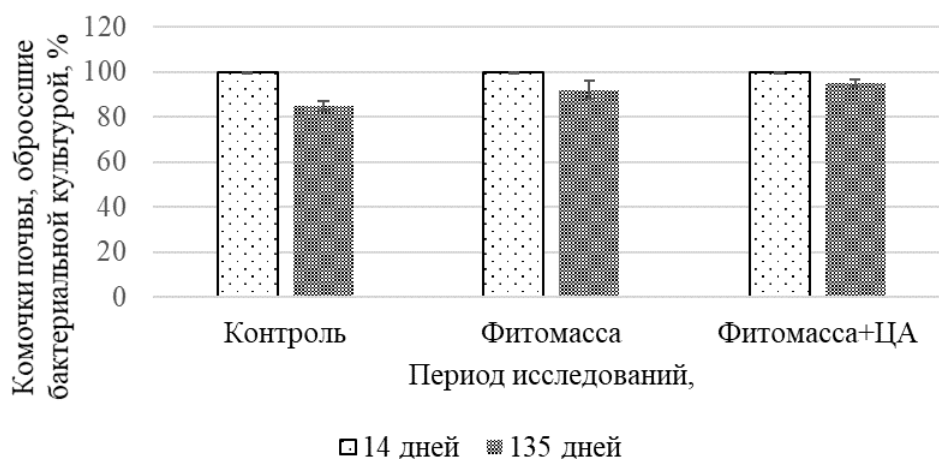


Рисунок 1 – Динамика численности азотобактера в сидеральном паре

Свободноживущие азотфиксирующие бактерии рода *Azotobacter* являются индикатором плодородия почвы. Через 14 дней после заделки сидерата установлена отрицательная корреляция средней силы ($r = -0,76$) и высокой положительной корреляции ($r = 0,99$) через 135 дней между численностью бактерий и содержанием органического вещества в черноземе южном.

Обработка фитомассы фацелии ЦА способствовала повышению активности каталазы, которая через 14 дней после заделки превышала вариант без

обработки и контроль на 10 и 14,6% соответственно (рис.2). Активность каталазы свидетельствует о физиологическом состоянии микробиоты и зависит от содержания свежего органического вещества, поступающего в почву с растительными остатками. Через 135 дней от начала опыта отмечено снижение каталазной активности в исследуемых образцах почвы, при этом минимальный показатель зарегистрирован в почве сидерального пара без ЦА.

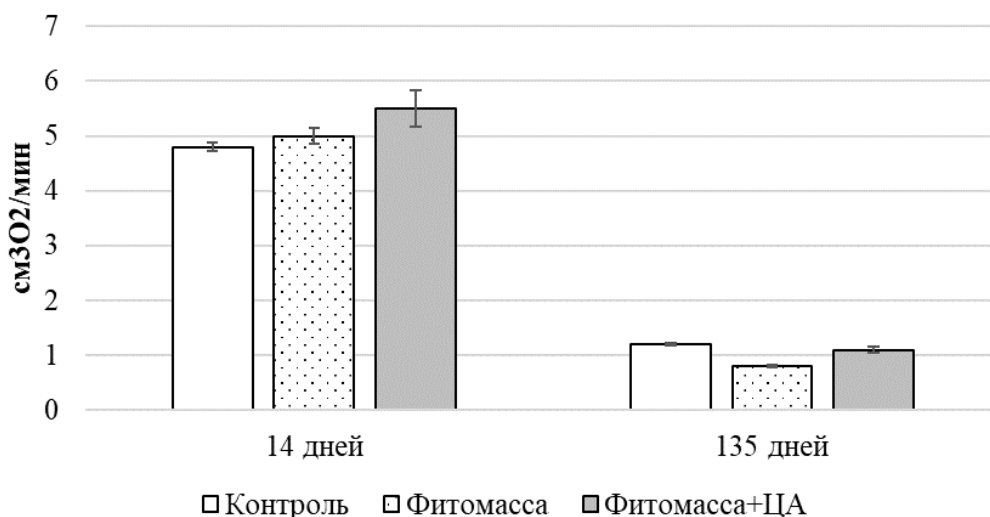


Рисунок 2 – Динамика активности каталазы в черноземе южном, в 1 г почвы

Показателем аэробной минерализации органических соединений в почве является эмиссия диоксида углерода. При заделке фитомассы фацелии, через 14 дней, отмечена тенденция стимуляции эмиссии диоксида углерода почвы в сравнении с черным паром (табл.1). Внесение ЦА способствовала повышению этого показателя на 11,8% и 14% в сравнении с сидеральным и черным парами соответственно. Через 135 дней после заделки активность эмиссии диоксида углерода снизилась, что может свидетельствовать об ограничении доступного органического субстрата и преобладанию иммобилизационных процессов.

Таблица 1 – Биологическая активность чернозема южного при внесении растительной массы, в 1 г почвы

Вариант опыта	Эмиссия CO ₂ , мг в сутки		Активность пероксидазы, мг /час	
	1	2	1	2
Черный пар	5,0 ± 0,09	1,0±0,15	1,3 ± 0,01	1,8±0,05
Фитомасса фацелии	5,1 ± 0,17	0,8 ±0,07	1,4 ± 0,06	1,9 ±0,07
Фитомасса фацелии + ЦА	5,7 ± 0,32	1,1±0,05	1,2 ± 0,03	1,7±0,03
Примечание: 1 – через 14 дней; 2 – через 135 дней после заделки фитомассы				

Анализ таблицы 1 показал, повышение активности пероксидазы при заделке фацелии: на 7,7 и 16,7% соответственно в сравнении с контролем и обработкой фитомассы ЦА через 14 дней; на 5,6 и 11,8% – соответственно через 135 дней. Пероксидаза, один из ферментов оксидоредуктаз, которые характеризуют потенциальную способность почвы окислять органические соединения и играют важную роль в процессах гумусообразования.

Статистический анализ результатов, учтенных через 14 дней опыта,

показал, что между органическим веществом почвы и каталазой формируется высокая положительная корреляция ($r = 0,99$), последняя имеет отрицательную корреляцию ($r = -0,79$) с активностью пероксидазы. Через 135 дней после заделки фацелии установлена сильная корреляционная связь между такими показателями как эмиссия CO_2 и органическое вещество почвы ($r = 0,94$), последнее коррелирует с активностью каталазы ($r = 0,86$).

Таким образом, установлено, что при заделке фитомассы фацелии повышается биологическая активность почвы. Применение целлюлозолитической ассоциации стимулирует развитие азотобактера, повышает активность каталазы и эмиссию диоксида углерода. Показано, что между исследуемыми показателями биологической активности почвы установлена сильная корреляционная связь.

Библиографический список

1. Турусов, В.И. Сидеральный пар как прием повышения плодородия почвы и продуктивности озимой пшеницы / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, О.А. Абанина, Т.И. Михина // Сельскохозяйственные науки. – 2016. – Выпуск № 3 (45). Часть 3. – С. 125-126.
2. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. М.: ВАСХНИЛ. Агропромиздат, 1989. – 239 с.
3. Солдатова, С.С. Роль сидерации и соломы в формировании экологически устойчивых агробиоценозов в южно-таежной зоне: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Солдатова София Сергеевна. – М., 2011. – 146 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
5. Експериментальна ґрунтова мікробіологія (под ред. Волкогона В.В.) – К.: Аграр.наука, 2010. – 464 с.
6. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2005. – 256 с.
7. Методические рекомендации по использованию граф-анализа в исследованиях биосистем / Воробьев Н.И., Свиридова О.В., Кутузова Р.С., Рецензент д.биол. н., проф. Круглов Ю.В. ГНУ ВНИИСХМ РАСХН, – С.-Петербург-Пушкин, 2005 г. – 28 с.

УДК 631.559:633.16

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ ЯЧМЕНЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА РАЗНЫХ АГРОФОНАХ

Караулова Л.Н.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск, Россия

E-mail: karauvaln@gmail.com

Резюме. Из полученных результатов исследования следует, что погодные условия в ЦЧР по своему влиянию на урожайность ячменя во многие годы являются основными, коэффициент корреляции между урожайностью и ГТК равен 0,78. В то же время составляющие ГТК метеовеличины неравнозначны по своему влиянию. Так, повышение суммы активных температур свыше 2500°C влечет снижение урожайности ячменя, а увеличение количества осадков в период вегетации, наоборот, способствует ее росту.

Ключевые слова: ячмень, гидротермический коэффициент, сумма активных температур, сумма осадков, экспозиция склона.

Summary. From the obtained results of the study, it follows that the weather conditions in the Central Black Earth Region in their influence on the yield of barley in many years are early, the coefficient of correlation between the yield and the SCC is 0.78. At the same time, the meteorological

quantities constituting the SCC are not equal in their influence. So, an increase in active temperatures above 25000C entails a decrease in barley yield, an increase in precipitation during the growing season, on the contrary, an increase in its growth.

Key words: barley, hydrothermal coefficient, sum of active temperatures, sum of precipitation, slope exposure.

Введение. Решение проблемы продовольственной безопасности страны связано с увеличением производства сельскохозяйственной продукции, основа которой – производство зерна. Одной из наиболее ценных и распространенных зерновых культур является ячмень. В связи с этим в последнее время большое внимание во всем мире уделяется ее возделыванию [1, 2].

Важнейшими показателями, оказывающими определяющее влияние на урожайность большинства сельскохозяйственных культур, наряду с минеральным питанием, являются температура воздуха и количество осадков. Однако оценка этого влияния имеет неоднозначный характер. Известно, что динамика урожайности зерновых повторяет динамику изменчивости основных метеовеличин. При благоприятных метеоусловиях урожайность ячменя сопоставима с получаемой урожайностью на высоких фонах минерального питания при неблагоприятных условиях. В экстремальных же условиях отмечается, что при повышении температуры выше критических значений урожайность быстро уменьшается [3].

Информация о складывающихся условиях роста и развития посевов сельскохозяйственных культур и их ожидаемой урожайности позволяет заблаговременно определить объемы ожидаемой сельскохозяйственной продукции, а также своевременно подготовиться к уборочным мероприятиям. Следовательно, исследования влияния изменения климата на сельское хозяйство представляется актуальным и экономически значимым.

Важной составляющей прогноза урожайности является количественное описание влияния факторов внешней среды на процесс формирования урожая.

Цель исследования – оценить влияние агроклиматических условий на урожайность ячменя в условиях ЦЧР.

Материалы и методы. Материалами исследования послужили многолетние климатические данные из базы ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ и урожайность ячменя в длительном многофакторном полевом опыте (МФПО) ФГБНУ «Курский ФАНЦ», а также метеоданные метеослужбы РФ и сведения Росстата об урожайности ячменя по районам ЦЧР [4, 5].

Для анализа урожайности в МФПО был выбран период с 1985 по 2019 г. Выбранный 35-летний период исследований позволяет оценить влияние условий погоды на урожайность культуры, так как включает периоды оптимальных ($ГТК = 1,0-1,6$) и экстремальных ($ГТК < 1,0$) агроклиматических условий.

В качестве основы для проведения анализа в МФПО были выбраны вариант без удобрений, поскольку он позволяет оценить влияние условий погоды без дополнительного воздействия антропогенных факторов, а также вариант с внесением минеральных удобрений (N280P300K320), отражающих влияние культуры земледелия.

Объект исследований располагался на водоразделе, а также на склоне северной и южной экспозиции крутизной до 5°.

В качестве исследуемых факторов были выбраны комплексный показатель тепло- влагообеспеченности года – ГТК, сумма активных температур воздуха, сумма осадков за этот период.

Для статистической обработки информации использованы методы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение. Анализ урожайности ячменя в Курской области за последние 20-30 лет показывает неуклонный рост на фоне довольно значительных колебаний от года к году [6].

В развитых странах урожайность зерновых культур зависит от природных условий на 20 %, в остальном ее величина определяется соблюдением технологии и сортом. Высокая интенсификация производства компенсирует неблагоприятное влияние погодно-климатических факторов [7]. Однако известно, что формирование высокого урожая зерновых обеспечивают хорошая влагообеспеченность посевов в период формирования колоса и налива зерна. Напротив, любой из таких факторов как повышенный температурный режим и значительный недобор осадков, низкие запасы влаги весной и засуха в течение апреля-июня приводит к формированию урожайности значительно ниже средней [8, 9]. На рисунке 1 представлена урожайность ячменя при разных уровнях осадков и сумм активных температур в районах ЦЧР.

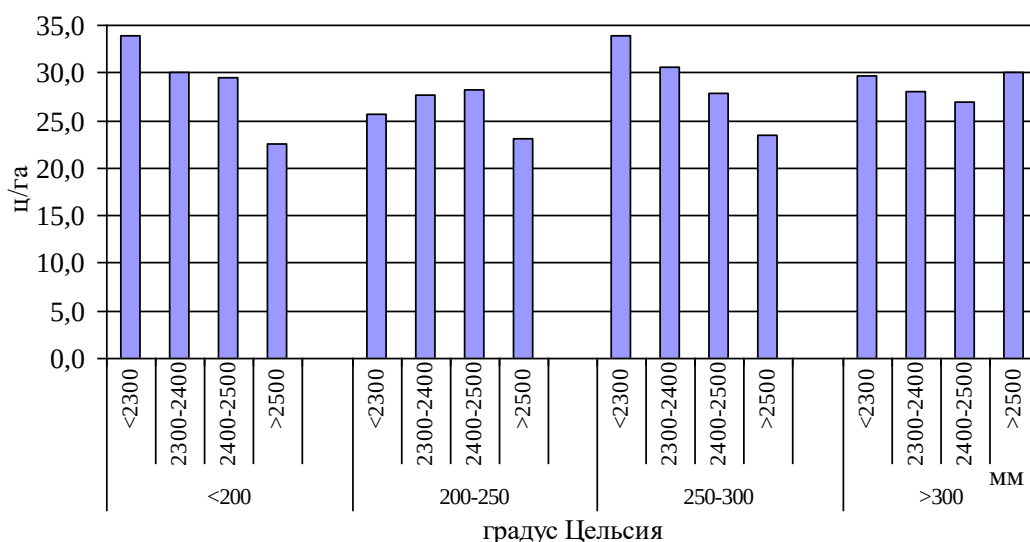


Рисунок 1 – Урожайность ячменя при разных уровнях осадков и сумм активных температур в районах ЦЧР

Из полученных результатов исследования следует, что погодные условия по своему влиянию на урожайность во многие годы являются основными, коэффициент корреляции между урожайностью и ГТК составлял 0,78, а между урожайностью и суммой активных температур $r = -0,5$.

Известно, что ячмень лучше развивается при более прохладной погоде с медленно повышающимися температурами. Оптимальная сумма температур с первого листа до полной спелости составляет 1700-2100°С [10]. Полученные

нами данные для ЦЧР это подтверждают, что более низкие температуры (менее 2300°C) в период вегетации благоприятно влияют на получение высоких урожаев ячменя, а повышение суммы активных температур выше 2500°C при любом количестве осадков приводит к резкому снижению урожайности. Полученные зависимости объясняются тем, что достаточное снабжение водой при умеренных температурах в период колошения удлиняют фазу налива, что приводит к формированию полноценного колоса с повышенной озерненностью и как результат получение более высоких урожаев. Недостаток же влаги на фоне высоких температур в фазу выхода в трубку приводят к недоразвитости, череззернице колоса и снижению урожайности.

Однако отдельными метеовеличинами сложно оценить влияние погодных условий на урожайность ячменя, поэтому дополнительно применялся комплексный показатель, характеризующий тепло- влагообеспеченность периода вегетации – гидротермический коэффициент.

Проведенный регрессионный анализ установил взаимосвязь между урожайностью ячменя (ц/га), ГТК, содержанием фосфора в почве (мг/кг) и дозами минеральных удобрений (NPK кг д.в./га). Полученное уравнение имело следующий вид:

$$Ур.ячм = -73,5 + 155,7 \times ГТК - 65,0 \times ГТК^2 + 0,6 \times МУ + 0,07 \times P_2O_5 \quad R^2 = 72$$

В наших наблюдениях, проведенных в МФПО, было установлено, что доля вклада минеральных удобрений в варьирование урожайности ячменя составила 22%, в то время от расположения поля в рельефе и водно-теплогового режима на 14% и 60% соответственно.

Применяемая в опыте система удобрений повышала урожайность ячменя на всех склонах, но процент прибавки в большей мере определялся погодными условиями. Так, прибавка урожайности относительно контроля при неблагоприятных погодных условиях ($ГТК < 1,0$) была выше, чем при благоприятных условиях погоды. Так на склоне северной экспозиции прибавка составила 60% при $ГТК < 1,0$ и 40% при $ГТК > 1,0$, а на сухом и жарком южном склоне – 15% и 36% соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Среднегрупповые значения урожайности ячменя при разных условиях тепло-влагообеспеченности в многофакторном полевом опыте

Экспозиция	Доза минеральных удобрений*	ГТК <1,0	ГТК 1,0-1,6
Северный склон	Контроль	14,5±6	26,1 ± 5
	N ₂₈₀ P ₃₀₀ K ₃₂₀	24,4 ± 11	36,4 ± 9
Водораздельное плато	Контроль	24,0 ± 9	36,6 ± 5
	N ₂₈₀ P ₃₀₀ K ₃₂₀	29,0 ± 9	41,8 ± 8
Южный склон	Контроль	16,6 ± 6	30,0 ± 5
	N ₂₈₀ P ₃₀₀ K ₃₂₀	23,6 ± 8	40,6 ± 9

* – Доза минеральных удобрений за ротацию четырехпольного зернопаропропашного севооборота.

Вместе с тем при оптимальных погодных условиях ($ГТК 1,0-1,6$)

урожайность получаемая на контрольных вариантах сопоставима с урожайностью на удобренных вариантах при ГТК <1,0. Таким образом, следует отметить, что огромное значение для формирования урожайности ячменя имеет не только метеоусловия растений, но и минеральное питание.

Выводы:

Из полученных данных следует, что в засушливых условиях южного склона и более влажных – северного склона основным фактором, влияющим на урожайность ячменя, является погодные условия.

Максимальные прибавки урожайности от действия минеральных удобрений отмечаются при неблагоприятных погодных условиях, но эффект от минеральных удобрений сопоставим с действием климата.

Метеовеличиной оказывающей влияние на снижение урожайность ячменя является увеличение суммы активных температур выше 2500°C. С увеличением же суммы осадков в период вегетации урожайность увеличивалась.

Библиографический список

1. Караулова Л.Н. Мониторинг посевных площадей Курской области / Materials of the XVI International scientific and practical Conference. Modern european science – 2020, June 30 – July 7, 2020: Sheffield. – 39-43 p.
2. Караулова Л. Н. Доля участия почвенно-климатических факторов в формировании урожайности сельскохозяйственных культур Селекция и генетика: инновации и перспективы: сборник статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры селекции и генетики. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 223-225.
3. Сарычев А.Н. Особенности экологических условий формирования биопродуктивности ярового ячменя в аридной зоне Волгоградской области на землях, подверженных дефляции // Аридные экосистемы. - 2018. - №2 (75). – С. 58-64.
4. Паспорт муниципального образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://rosstat.gov.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst 38. – (дата обращения: 02.02.2021).
5. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Россия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru&region=46>. - (дата обращения: 26.02.2021).
6. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь) (значение показателя за год) в хозяйствах всех категорий: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533>. – (дата обращения 02.02.2021)
7. Бесалиев И. Н. Температурный режим межфазных периодов вегетации и урожайность ячменя // Известия ОГАУ. – 2005. – №5-1. – С. 72-73.
8. Постников П.А. Воздействие предшественников и метеорологических условий на урожайность ярового ячменя // Вестник КрасГАУ. – 2018. – №4 (139). – С. 48-53.
9. Ключков А.В., Соломко О.Б., Ключкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность зерновых культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №2. – С. 101-105.
10. Требования к почвенно-климатическим условиям зерновых культур. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=86. - (дата обращения: 26.02.2021).

**ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА
СОВРЕМЕННОЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ РАМОНСКОГО РАЙОНА
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Касаткина А.В., Ситникова Л.Е., Ефремова М.В.
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: grachevaaneta77@gmail.com

Резюме. Изучено влияние эрозионных процессов на чернозёмы выщелоченные, морфологическое строение их почвенного профиля, на химические и физико-химические свойства, а также на содержание основных элементов минерального питания растений. Исследования показали, что в результате эрозионных процессов на склонах происходит изменение почвенного покрова и свойств почв, а именно: отмечается уменьшение мощности гумусового горизонта, происходит снижение процентного содержания гумуса в почве; изменение гидролитической и актуальной кислотностей; уменьшение содержания подвижных соединений N, P, K.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, эрозионные процессы, химические, физико-химические свойства, гумус, гидролитическая кислотность.

Summary. The influence of erosion processes on leached chernozems, the morphological structure of their soil profile, the chemical and physico-chemical properties, as well as the content of the main elements of the mineral nutrition of plants is studied. Studies have shown that as a result of erosion processes on the slopes, there is a change in the soil cover and soil properties, namely: there is a decrease in the thickness of the humus horizon, there is a decrease in the percentage of humus in the soil; changes in hydrolytic and actual acidity; a decrease in the content of mobile compounds N, P, K.

Key words: leached chernozem, erosion processes, chemical, physicochemical properties, humus, hydrolytic acidity.

В условиях расчлененного рельефа Центрально-Черноземной зоны происходят огромные потери почв при стоке дождевых и талых вод. В связи с несоблюдением оптимальных агротехнических приемов, особенно на склонах, активизируются эрозионные процессы, которые в наибольшей степени наносят урон черноземам, вследствие чего потери почвы с каждым годом возрастают. Отмечается ухудшение химических, физических, физико-химических свойств черноземов и их агроэкологическое состояние в целом. Поэтому целью настоящей работы было изучить влияние эрозионных процессов на чернозёмы выщелоченные, их морфологические особенности, химические и физико-химические свойства, а также на содержание подвижных элементов минерального питания растений.

Объектом исследования послужили чернозёмы выщелоченные различной степени смытости на покровных карбонатных суглинках, расположенные на территории Рамонского района Воронежской области. С целью изучения эрозионных процессов была заложена катена в пределах от водораздела, вниз по склону юго-восточной экспозиции. Разрезы закладывались до глубины залегания почвообразующей породы на водоразделе, в верхней и средней части склона. В послойно отобранных почвенных образцах определялись основные

химические и физико-химические показатели, а также подвижные N, P, K по общепринятым методикам [3].

Эрозионные процессы в первую очередь сказываются на морфологическом строении почвенного профиля. Так на водораздельном участке мощность гумусового горизонта (A+AB) составляет 77-79 см (рис. 1). В верхней части склона отмечается смыв на 20 см, а в средней до 34 см. Черноземы диагностируются как среднесмытые.

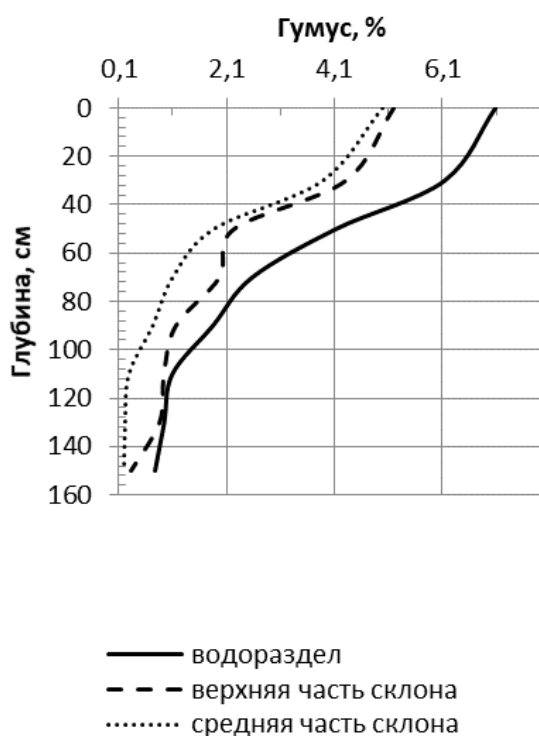


Рисунок 1 – Профильное распределение гумуса в черноземах выщелоченных

Помимо качественных изменений на склонах происходит и количественные потери органического вещества. Так, если на водоразделе содержание гумуса достигает 7,07%, то на склоне в верхнем 0-10 см слое оно не превышает 5% (рис. 1). Черноземы из среднегумусных деградируют в малогумусные. Вниз по почвенному профилю у всех исследуемых почв процентное содержание гумуса постепенно снижается до 0,21%. На рисунке 1 видно, что на водораздельном участке распределение гумуса более равномерное, в то время как в верхней и средней части склона, примерно на глубине 40-50 см, начинается резкий вынос органического вещества, что свидетельствует об эрозионном процессе.

Исследуемые черноземы характеризуются нейтральной реакцией почвенного раствора. В верхнем горизонте pH составляет 7,1 ед. Вниз по профилю происходит постепенное подщелачивание, pH возрастает до 8 ед. Следует отметить, что уровень залегания карбонатов на почвах склонов подходит ближе к дневной поверхности. Данное явление в результате смыва отмечается и в работе [1].

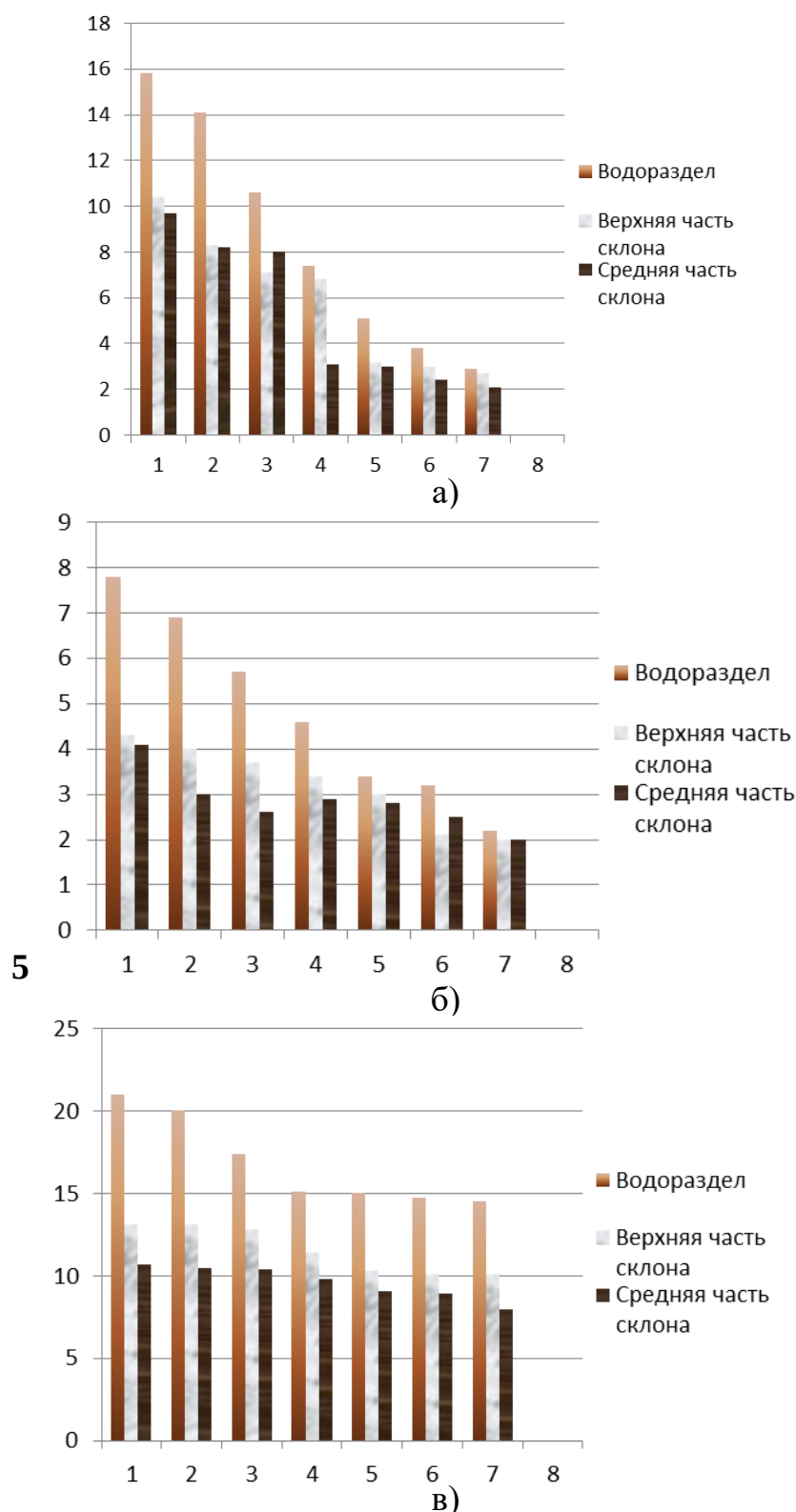


Рисунок 2 – Профильное распределение а) N, б) P, в) K в черноземах выщелоченных

Максимальное содержание щелочногидролизуемого азота (рис. 2 а) наблюдается на водоразделе и составляет 15,8 мг/100 г почвы, в верхней части склона сокращается до 10,4 мг/100 г почвы, а в средней части – 9,7 мг/100 г почвы. В целом почвы водораздела средне обеспечены щелочногидролизуемым N, но под действием эрозионных процессов происходит вымывание

данного элемента. Что касается подвижного фосфора, то исследуемые чернозёмы имеют среднюю обеспеченность, поскольку его содержание достигает 7,8 мг/100 г почвы в результате смыва отличается резкое сокращение этой величины в 2 раза (рис. 2 б). Вниз по профилю отмечается постепенное снижение содержания фосфора в среднем до 2 мг/100 г почвы [3]. Обеспеченность исследуемых почв подвижным калием высокая. Наибольшее количество элемента отмечается на территории водораздела – 21 мг/100 г почвы. Минимальное содержание составляет – 8 мг/100 г почвы, в средней части склона (рис. 3 в). Как для N и P, для K характерна высокая биогенность. Поэтому содержание элемента постепенно снижается вниз по профилю всех исследуемых почв.

Согласно полученным данным эрозийные процессы влияют на морфологическое строение почвенного профиля. Происходит смыв верхнего гумусового горизонта. Карбонаты в результате этого подходят ближе к дневной поверхности. Отмечается потеря процентного содержания гумуса и элементов минерального питания. В целом процессы эрозии ухудшают химические, физические, физико-химические свойства черноземов и в общем их агроэкологическое состояние. Состояние почв оказывает огромное воздействие на окружающую среду и природные ресурсы. Без решения проблем интенсивного влияния эрозийных процессов на почвенный покров невозможно устойчивое развитие биосферы [2, 4].

Библиографический список

1. Джувеликян Х.А., Горбунова Н.С., Черепухина И.В., Агеев В.Н. Влияние эрозии почв на пространственное и внутрипрофильное распределение марганца, цинка и меди в черноземах выщелоченных Рамонского района Воронежской области // Вестник ВГУ. сер.: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 4. – С. 71-79.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году» М.: Минприроды России; НИИ-Природа, 2016. – 639 с.
3. Щеглов Д.И., Громовик А.И., Горбунова Н.С. Основы химического анализа почв. – Воронеж: ВГУ, 2019. – 332 с.
4. Эрозионно-руслотные системы: монография / под ред. Р.С. Чалова, А.Ю. Сидорчука, В.Н. Голосова. – М.: ИНФРА-М, 2017 – 702 с.

УДК633.16

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Каторгин Д.И.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород

E-mail: laboratoria.plodorodya@yandex.ru

Резюме. В статье приведены результаты научных исследований, направленных на изучение воздействия удобрений и способов обработки почвы на урожайность и качество ячменя. Анализ данных опыта показал, внесение минеральных удобрений наиболее эффективно сказывается на повышении продуктивности ячменя в сравнении с органическим, так же увеличение доз вносимых удобрений повышает содержание сырого протеина в зерне.

Ключевые слова: ячмень, урожайность, качество, осадки, химический анализ, протеин, обработка почвы.

INFLUENCE OF FERTILIZERS AND TILLAGE METHODS ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SPRING BARLEY

Summary. The article presents the results of scientific research aimed at studying the impact of fertilizers and methods of tillage on the yield and quality of barley. Analysis of the data of experience, the introduction of mineral fertilizers the most effective impact on the productivity of barley in comparison with the organic, the same increasing doses of fertilizers increases the crude protein content in grain.

Key words: barley, yield, quality, precipitation, chemical analysis, protein, tillage.

Введение. Ячмень является одной из основных кормовых культур, возделываемых в России [1]. Ячмень требователен к условиям возделывания, в т.ч. к предшественникам, способам обработки почвы, обеспеченности питательными элементами, системе защиты растений от болезней, вредителей и сорного компонента [2-5].

Целью исследований являлось изучение влияния уровня применения минеральных и органических удобрений и способов обработки почвы на урожайность и качество зерна ярового ячменя в зернотравяном севообороте.

Исследования проводили в условиях длительного многофакторного полевого опыта, заложенного в 1987 году, в зернотравяном севообороте.

Чередование культур в севообороте: 1. Многолетние травы 2 г.п.; 2. Озимая пшеница; 3. Сахарная свекла; 4. Ячмень+травы; 5. Многолетние травы.

В исследовании изучали следующие уровни применения удобрений:

1. Контроль
2. $N_{100}P_{100}K_{100}$
3. Навоз (80 т/га)
4. Навоз + $N_{100}P_{100}K_{100}$

Более подробная схема деятельности многофакторного полевого опыта приведена в статьях [6-7].

Известно, что не маловажным фактором в получении высоких и качественных урожаев ячменя является плодородие почвы. Почва опытного участка: типичный чернозем, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Агрохимические показатели пахотного слоя составляют: гумус – 5,8-6,4%, подвижного фосфора – 52-58 мг/кг почвы, обменного калия – 95-105 мг/кг, pH_{KCl} – 5,8-6,4. Почва опытного участка является типичной для условий Белгородской области [8-9].

Анализ проводился на двух способах обработки почвы: вспашка 20 см; минимальная обработка дисковой бороной на глубину 10-12 см.

Статистическую обработку данных проводили дисперсионным методом анализа с трансформацией повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта [10-12].

Результаты и обсуждения. Посев ячменя провели 22 апреля 2018 г. и 4 апреля в 2019 г. По данным метеостанции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» температура воздуха в марте 2018 г. была ниже среднемноголетней на 1,7°C и

это при том, что в 2019 г. наблюдается повышение температуры воздуха того же месяца на 6,1°C от среднемноголетней. В дальнейшем наблюдался рост среднемесячной температуры выше среднемноголетней. Так, в 2018 году повышение температуры составило: в апреле – на 3,4°C, в мае – на 5,5°C, в июне – на 2,6°C и в июле – на 3,3°C. В 2019 году разница температуры составила: в апреле – 3,8°C, в мае – 3,2°C, в июне – 6,6°C и в июле – 1,2°C (рис. 1).

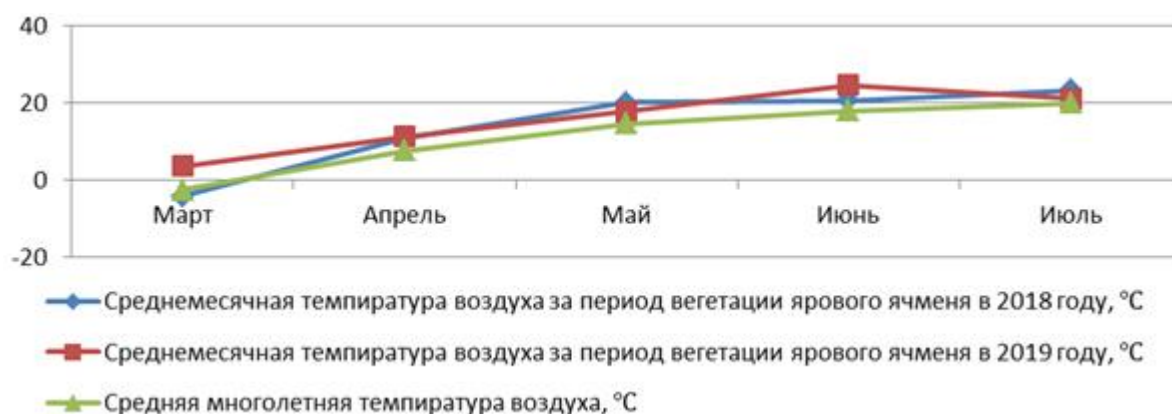


Рисунок 1 – Температура воздуха за вегетационный период в 2018 и 2019 гг.

По данным метеонаблюдений в марте 2018 г. прирост количества осадков на 206,4% от среднемноголетних показателей в предпосевной период. В 2019 г. наблюдалось снижение количества осадков в тот же период на 37,1%. За два года в апреле и в мае ощутимого отклонения в осадках не наблюдалось. Так же среднемесячный показатель осадков в июне был заметно ниже в 2018 г. на 28,6% и на 80,2% в 2019 г. В июне 2018 г. осадков выпало на 269,2% больше, чем в 2019 г., и на 258,5% больше, чем в среднем за годы наблюдения (рис. 2).

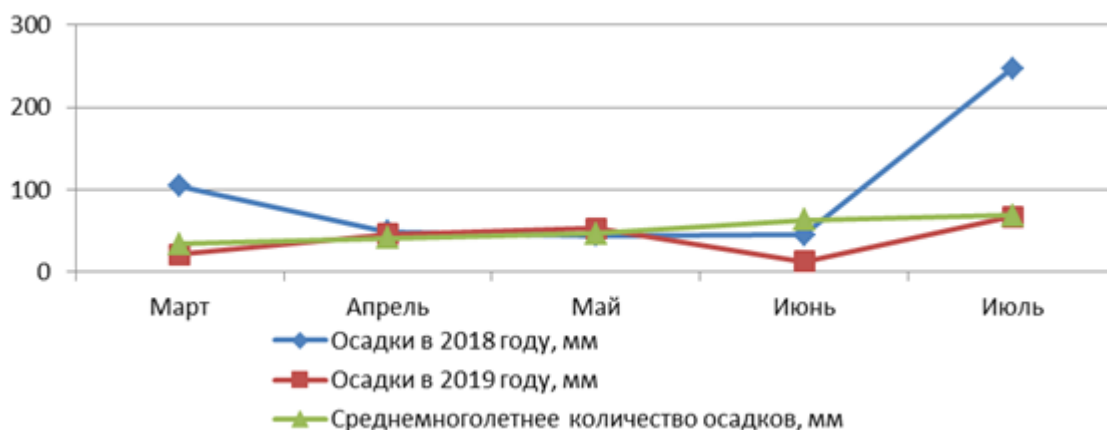


Рисунок 2 – Сумма осадков за вегетационный период в 2018 и 2019 гг.

По нашим данным (табл. 1) существует прямая зависимость между минеральными и органическими удобрениями и величиной урожая ячменя. На варианте без внесения удобрений урожай составил: по вспашке 30,0 ц/га, а при минимальной обработке 32,0 ц/га. При внесении органических и минеральных удобрений в дозах 80 т/га и N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ урожай ячменя составил на вспашке 47 ц/га, а при минимальной обработке почвы – 48 ц/га, что выше по отношению к контролю на 17 ц/га и 16 ц/га соответственно. Внесение минеральных удобрений в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ по вспашке и минимальной обработке почвы составила

в среднем 48,5 ц/га. Наиболее низкая прибавка урожая зафиксирована при внесении органических удобрений в дозе 80 т/га на двух вышеуказанных способах обработки и составила в среднем 40 ц/га. В этом случае разница в отношении к контрольным вариантам составила 7,5ц/га.

Таблица 1 – Урожай ярового ячменя (среднее за 2 года), ц/га

Способ обработки почвы	Вариант схемы опыта	Урожай, ц/га
Вспашка	Без удобрений	30,0
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	48,0
	Навоз (80 т/га)	40,5
	Навоз + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	47,0
Минимальная	Без удобрений	32,0
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	49,0
	Навоз (80 т/га)	40,0
	Навоз + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	48,0
НСР _{0,5}		1,2

По нашим данным, внесение минеральных удобрений более эффективно влияет на формирование урожая, чем органические удобрения. При проведении исследования было установлено, что способы обработки почвы не оказывали ощутимого влияния на урожай ячменя.

Анализ данных о химическом составе зерна ячменя (табл. 2) показал, что увеличение доз удобрений повышало содержание сырого протеина. В среднем, на контрольных вариантах, содержание протеина в зерне находилось на отметке 12,4%. Внесение 80 кг/га навоза совместно с минеральными удобрениями в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀, при минимальной обработке, увеличило этот показатель по отношению к контролю на 2,4%. Так же высокие показатели содержания белка отмечены на вспашке в варианте с внесением навоза – 80 т/га составив 14,35%.

Таблица 2 – Химический состав зерна ячменя (среднее за 2 года), %

Обработка почвы	Вариант	N	P	K	Сырой протеин, %
Вспашка	Без удобрений	1,93	0,61	0,62	12,05
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	2,30	0,65	0,58	14,35
	Навоз (80 т/га)	2,16	0,59	0,58	13,5
	Навоз + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	2,04	0,60	0,57	12,75
Минимальная	Без удобрений	2,04	0,64	0,55	12,75
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1,85	0,54	0,48	11,55
	Навоз (80 т/га)	2,00	0,56	0,56	12,5
	Навоз + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	2,42	0,63	0,56	15,15
НСР ₀₅		0,34	0,11	0,05	2,0

Показатель азота колебался в пределах от 1,85% на варианте с внесением минеральных удобрений N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ при минимальной обработке, до 2,42 % на фоне 80 т/га навоза + N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ при той же обработке почвы.

Содержания фосфора в зерне было в пределах от 0,54% на варианте

N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ при минимальной обработке, до 0,65% на вспашке при внесении минеральных удобрений N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀.

Содержание К в зерне ярового ячменя колебалось в пределах от 0,48% при минимальной обработке на варианте с внесением минеральных удобрений в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀, до 0,62% на контрольном варианте по вспашке.

Таким образом, в зернотравяном севообороте органические и минеральные удобрения являются важнейшим фактором, способствующим получению высокого и качественного урожая ярового ячменя. При этом эффективность минеральных удобрений выше, чем органических.

Библиографический список

1. Тютюнов С.И. Совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья России // автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук / Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. Курск, 2005. – 42 с.
2. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Оптимизация применения удобрений и средств защиты растений – важнейший фактор высокоэффективного земледелия // Агрохимический вестник. – 2002. – №2. – С. 15.
3. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Влияние способов обработки почв на их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №5. – С. 22.
4. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Интенсификация технологий и продуктивность севооборота // Земледелие. – 2005. – №1. – С. 17-18.
5. Пойменов А.С. Влияние удобрений на продуктивность ярового ячменя / В сборнике: Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Белгород: 2018. – С. 452-457.
6. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Цыгуткин А.С., Логвинов И.В. Влияние способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в чернозёме типичном // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – №5. – С. 7-12.
7. Каторгин Д.И. Методические основы изучения в длительном полевом опыте севооборотов, обработки почвы, минеральных и органических удобрений и их влияния на плодородие почвы и величину урожая сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых учёных, посвящённых 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» г. Белгород 15-17 сентября 2020 г. С. 583-588.
8. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. – Белгород: «Отчий край», 2013. – 371 с.
9. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. – Белгород: изд-во «Отчий край», 2014. – 112 с.
10. Цыгуткин А.С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта // Агрохимия. – 2002. – №2. – С. 77-85.
11. Цыгуткин А.С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.
12. Агрохимический словарь. Термины и определения. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.

УДК 631.416.2:631.82:631.445.4 (470.4)

ФОСФОР И ЕГО ФРАКЦИИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ СТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Климова Н.Ф., Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Пронько В.В.

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

E-mail: nadegda190659@mail.ru

Резюме. В длительном стационарном опыте на черноземе южном за 48 лет наблюдений не выявлено существенного влияния минеральных удобрений на запасы валового фосфора и суммы активных минеральных фосфатов. При этом отмечено резкое (на 36-54 %) увеличение группы алюмофосфатов, которые являются источником фосфора для растений.

Ключевые слова: чернозем южный, Поволжье, фосфор почвы, минеральные удобрения, стационарный опыт.

Summary. In a long-term stationary experiment on the Southern Chernozem for 48 years of observations, no significant effect of mineral fertilizers on the reserves of total phosphorus and the amount of active mineral phosphates was revealed. At the same time, a sharp (by 36-54%) increase in the group of aluminophosphates, which are a source of phosphorus for plants, was noted.

Keywords: Southern Chernozem, Volga region, soil phosphorus, mineral fertilizers, stationary experiment.

Активное изучение фосфатного режима основных типов почв засушливой степи Поволжья началось в шестидесятых годах прошлого века [1]. За прошедшее время были установлены оптимальные дозы фосфорных удобрений для зерновых и кормовых культур, определены их сочетания с азотными удобрениями, выявлены зависимости их действия от гидротермических условий вегетационного периода, установлены нормативы затрат фосфорных удобрений на повышение содержания фосфора в почве на 1 мг/кг, рассчитаны баланс фосфора и оптимальные уровни возврата этого элемента [2-4].

После внесения фосфорных удобрений они активно взаимодействуют с почвенными соединениями кальция, железа и алюминия [5]. Поскольку реакции их химических превращений в почве носят довольно продолжительный характер, то получить объективную картину происходящих превращений фосфора возможно только в условиях стационарных опытов.

Цель нашей работы: изучить влияние длительного применения минеральных удобрений на валовые запасы фосфора и групповой состав минеральных фосфатов чернозема южного в засушливом Поволжье.

Объектом исследований был длительный стационарный опыт, заложенный с трехкратным повторением во времени в 1969-1971 гг. проф. М.П. Чуб и ее сотрудниками. В 2018 г. на всех закладках опыта была завершена восьмая ротация шестипольного зернопарового севооборота, имеющего следующее чередование культур: пар чистый – озимая пшеница – яровая мягкая пшеница – просо – ячмень – овес. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка и основные результаты исследований опубликованы ранее [6].

Несмотря на ежегодное отчуждение из почвы фосфора с урожаем основной и побочной продукции, его запасы не претерпели существенных изменений

(табл. 1). Стабилизация содержания фосфора происходила за счет пополнения его запасов после минерализации почвенного гумуса, которая составляла ежегодно от 700 до 900 кг/га в год. Поскольку на процессы разложения органического вещества почвы сильное влияние оказывают гидротермические условия, то и в содержании валового фосфора по ротациям севооборота отмечались определенные колебания (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание валового фосфора в черноземе южном по ротациям севооборота, %

Вар.	Ротации								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Средн.
Слой 0-40 см									
1.	0,129	0,124	0,109	0,126	0,136	0,118	0,113	0,120	0,122
6.	0,129	0,130	0,108	0,131	0,132	0,105	0,117	0,131	0,123
9.	0,128	0,130	0,104	0,132	0,136	0,121	0,122	0,132	0,126
11a.	0,127	0,130	0,127	0,139	0,139	0,128	0,128	0,128	0,131
Среднее арифметическое (x) – 0,126; коэффициент вариации (v) – 7,1 %									

Примечание: 1-без удобрений; 6-N₁₅P₁₃K₈; 9-N₂₈P₁₅K₈; 11a-N₅₄P₁₇K₇

Сопоставление данных по балансу фосфора и количеству доступных фосфатов в начале и конце каждой ротации севооборота позволили определить расход P₂O₅ удобрений (в кг/га) на повышение в почве содержания подвижных фосфатов на 1 мг/кг. Было установлено следующее. В первой ротации севооборота на повышение в почве количества доступного для растений фосфора на 1 мг/кг потребовалось 11,2 кг/га P₂O₅ удобрений. В восьмой ротации этот показатель составил 5,4-7,1 кг/га P₂O₅ удобрений. Такое же снижение расхода обусловлено накоплением подвижных фосфатов в почве в результате систематического применения фосфорных удобрений. Следует также отметить, что показатель расхода P₂O₅ удобрений на накопление в почве 1 мг/кг доступных для растений фосфатов мало зависел как от доз, так и периодичности внесения фосфора в почву.

Изменения в содержании доступных для растений фосфатов чернозема южного зависят не только от потребления фосфора культурами севооборота, но и характера поглощения растворимых фосфатов почвой. Для изучения процессов поглощения нами проводилось экстрагирование солей фосфора различными растворителями. Схема определения предложена Чангом и Джексоном. Наблюдения показали, что за период от закладки стационарного опыта до третьей ротации систематическое применение минеральных удобрений на вар. 11a не повлияло на содержание рыхлосвязанных фосфатов, извлекаемых 1Н раствором NH₄Cl. Зато в удобренной почве незначительно снизилось количество алюмофосфатов, которые экстрагировались 0,5Н раствором NH₄F (рис. 1).

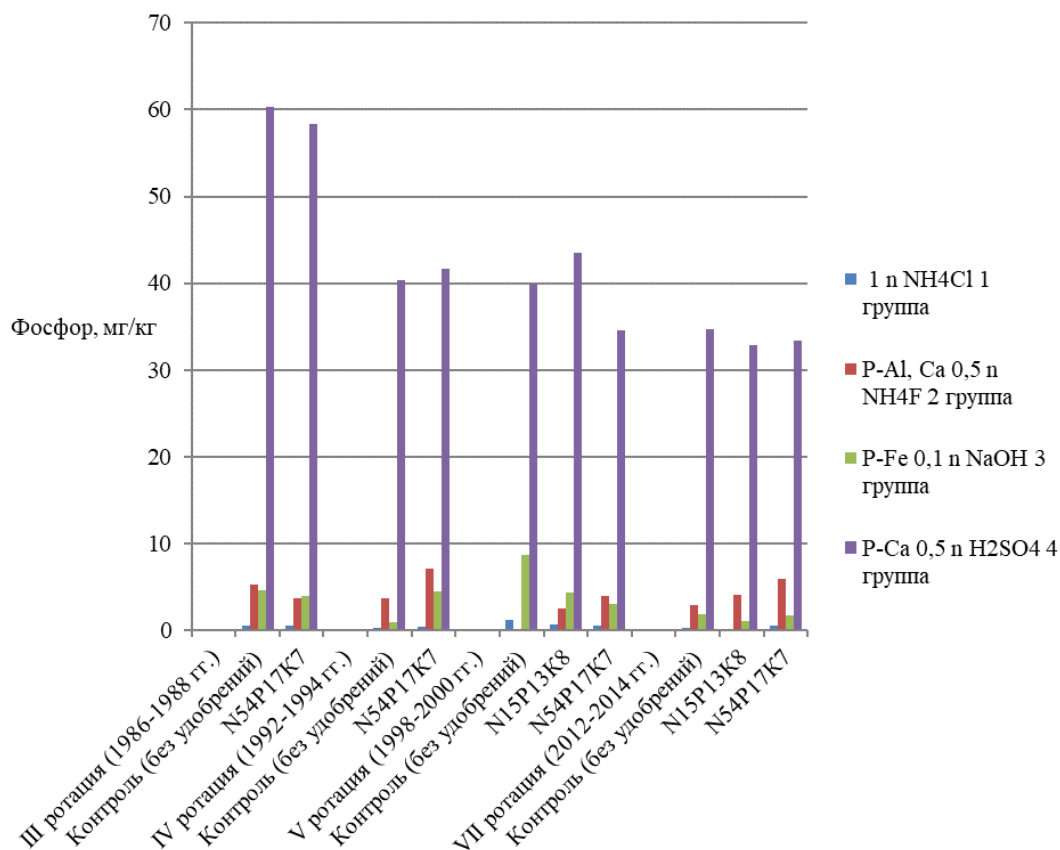


Рисунок – 1 Фракционный состав минеральных фосфатов чернозема южного в длительном опыте

То же самое происходило и с железофосфатами, извлекаемыми 0,1Н раствором NaOH. Сумма минеральных фосфатов в начале опыта под влиянием удобрений практически не изменилась.

Начиная с четвертой ротации, в почве стационарного опыта отмечено снижение всех фракций минеральных фосфатов, а их сумма уменьшилась на неудобренном контроле на 35 %, а на вар. 11а (N₅₄P₁₇K₇) – на 19 % по отношению к исходному содержанию. В последующий период (5-8 ротации) сумма минеральных фосфатов находилась практически на одном уровне (43,4 мг/кг в слое 0-40 см). При этом менялся их фракционный состав. В первую очередь происходило увеличение фосфатов алюминия и железа.

В среднем за 48 лет наблюдений установлено, что сумма активных минеральных фосфатов, определяемых по Чангу-Джексону, по вариантам опытов изменилась незначительно. Различия между вариантами по сумме минеральных фосфатов не превышали 7,5 %. Но, что касается отдельных фракций, то здесь произошли заметные изменения. Прежде всего, под влиянием минеральных удобрений, вносимых в средних (N₃₄P₁₈K₁₃, N₃₈P₁₃K₈) и повышенных (N₅₄P₁₇K₇) дозах резко возросли (на 36-54 % выше, чем в неудобренной почве) запасы фосфатов алюминия. Как известно, в эту фракцию входят алюмофосфаты и кислые фосфаты кальция и магния, являющиеся ближайшим резервом фосфора для питания растений.

Что касается минимальной системы удобрений (N₁₅P₁₃K₈), то

периодическое внесение в почву небольших доз фосфора в среднем за 48 лет не повлияло как на общую сумму минеральных фосфатов, так и их отдельные фракции.

Заключение. На большинстве вариантов длительного стационарного опыта после 48 лет применения минеральных удобрений не произошло существенных изменений запасов валового фосфора в пахотном слое чернозема южного. Только при внесении на 1 га севооборотной площади P_{20} и более содержание валового фосфора увеличилось на 7 % по сравнению с контролем. Было также установлено, что за рассматриваемый период времени не выявлено заметных изменений суммы активных минеральных фосфатов, определяемых по Чангу-Джексону. Вместе с тем регулярное внесение повышенных и средних доз минеральных удобрений резко (на 36-54 % по отношению к контролю) повысило содержание алюмофосфатов, фосфатов кальция и магния, которые являются ближайшим резервом фосфора для питания растений.

Библиографический список

1. Чуб М.П. Оптимизация минерального питания культур и система удобрений в севооборотах и темно-каштановых почвах засушливого Поволжья: Автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук. – М.: ВИУА, 1990. – 36 с.
2. Чуб М.П., Пронько В.В., Потатурина Н.В., Бажан Г.Н. Эффективность и баланс фосфора зернопаровом севообороте на черноземе южном при длительном применении удобрений // Агрохимия. – 2004. – №11. – с. 18 – 26.
3. Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. Фосфатный режим чернозема южного при длительном применении минеральных удобрений в засушливом Поволжье // Плодородие. – 2018. – №4. – С. 19-21.
4. Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. Влияние минеральных удобрений и погодных условий на вынос элементов питания зерновыми культурами в степи Поволжья // Плодородие. – 2020. – №2. – С. 19-21.
5. Сушеница Б.А. Фосфатный уровень почв и его регулирование. – М.: Колосс, 2007. – 376 с.
6. Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Климова Н.Ф., Романенков В.А., Беличенко М.В. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах степной зоны Саратовского Поволжья в условиях аридного климата // Бюлл. Геосети опытов с удобрениями. Вып. 15 – М.: ВНИИА, 2014. – 56 с.

УДК 631.46

РОЛЬ ЛИГНИНА ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ГУМУСА ЧЕРНОЗЁМОВ³

Ковалев И.В., Ковалева Н.О.

МГУ имени М. В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва

E-mail: kovalevmsu@mail.ru

Резюме. Главным источником ароматических фенольных соединений в почвах является лигнин надземной и подземной биомассы высших растений. При этом доминирующая роль принадлежит подземным органам травянистых растений. Доказано, что степные экосистемы продуцируют филогенетически специфический строго индивидуальный набор

³ Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-14-01120п, в рамках госзаданий МГУ: №117031410017-4 и «Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления».

фенольных соединений, который определяет особенности строения гуминовых кислот черноземов.

Ключевые слова: лигниновые фенолы, гумус, чернозем, гуминовые кислоты.

Summary. The main source of aromatic phenolic compounds in soils is the lignin of the above-ground and underground biomass of higher plants. In this case, the dominant role belongs to the underground organs of herbaceous plants. It has been proved that steppe ecosystems produce a phylogenetically specific, strictly individual set of phenolic compounds, which determines the structural features of humic acids in chernozems.

Keywords: lignin phenols, humus, chernozem, humic acids.

Введение. Комплексная ароматическая структура, гидрофобные свойства лигнина и высокая биохимическая стабильность лигнина, а также его склонность к конденсации за счет образования устойчивых С-С связей предопределяют уникальную роль этого биополимера в процессах гумификации. При этом вопросы о географических закономерностях распространения лигнинов в почвах, о содержании и механизмах трансформации и путях стабилизации лигнинов в различных почвенных типах почв, в том числе и в чернозёмах, до сих пор остаются открытыми. Принято считать, что в основном лигнин в почвах представлен за счет древесных растений. Но какова роль лигнина подземной биомассы травянистых растений в процессе гумусообразования почв? Цель работы – выявление закономерностей поступления, состава и трансформации лигнина и его производных в почвах чернозёмного типа, изучение путей и механизмов стабилизации лигнина в почве, роли в процессах гумусообразования чернозёмных почв.

Объекты исследования: типичный чернозем (Центрально-Чернозёмный государственный природный биосферный заповедник имени профессора В. В. Алёхина; аридные экосистемы вертикальных природных зон Тянь-Шаня (заказник Чон-Курчак): степь на горных черноземах, субальпийский луг на горных черноземовидных почвах; гумидные экосистемы Северного Кавказа, включая степной пояс горных черноземов (Карачаево-Черкесия) [3].

Методы исследования. Поскольку результаты, получаемые общепринятыми методами выделения лигнина (классон-лигнин, «остаточный лигнин»), слишком грубы даже для растительных материалов и чрезвычайно завышены для образцов подстилки и почвы, мы пользовались методикой И. Хеджеса и И. Ертеля [4] в приведенной ниже модификации [1]. Определение лигнина в почвах включало щелочное окисление образца оксидом меди при 170° под давлением в азотной среде; осаждение гуминовых кислот; концентрацию фенольных продуктов под давлением на компактных одноразовых колонках С18. Колонки, после того как через них пропустили образец, высушивались, а лигнин растворялся в этилацетате. Процедура эвапорирования этилацетата на ротаторном эвапораторе позволила выделить собственно препараты лигнина. Составляющие лигнин фенолы разделялись на газо-жидкостном хроматографе после предварительной дериватизации и превращения их в триметилсилиловые эфиры. На газовом хроматографе с масс-спектрометром Heweled-Packard Palo Alto CA USA они разделялись на пламенно- ионизационном детекторе, оборудованном

капиллярной колонкой. Щелочное окисление исследуемых образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сингильные или синевые (S), п-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце. Апробированная методика является наиболее перспективной для анализа содержания и состава лигнина в объектах наземных экосистем: не только в тканях растений [2, 3], но и в дневных и погребенных почвах, включая минеральные малогумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях [1] агрегатах, гранулометрических фракциях почв, препаратах гуминовых кислот [2, 3].

Результаты и обсуждение. Установлено, что наибольшее содержание лигниновых фенолов свойственно не надземным, а подземным тканям растений [2]. Однако наибольший вклад корневого лигнина присущ луговым и степным экосистемам, где отношение надземных органов к подземным достигает 20. Коэффициент корреляции содержания лигнина в почве и биомассы корней – 0.92-0.99 ($P=0.95$). Может быть, в этом феномене и кроется разгадка гуматности гумуса чернозёмов? Наименьшая роль корней в круговороте лигнина обнаружена в агро-антропогенных экосистемах с равными долями надземной и подземной биомассы. Эти факты могут быть свидетельством более значительной, чем мы привыкли думать, роли корневой биомассы в формировании гумуса почв, причем, по всей глубине почвенного профиля, особенно в степных сообществах со значительным преобладанием подземной массы над надземной. Выделение продуктов окисления лигнина из подстилок разных типов растительных ассоциаций показало, что различия лигниновых параметров в них менее контрастны, чем в тканях растений, а содержание лигнина значительно ниже по сравнению с живыми растительными тканями. Композиционно подстилки повторяют характерные для живых тканей закономерности: подстилки хвойных пород характеризуются накоплением ванилиновых (гваяциловых) фенолов и сохраняют тенденцию к меньшему содержанию сингильных и кумарильных структур [2]. Подстилки лиственных пород имеют примерно равные соотношения ванилиновых и сингильных фенолов и меньшее по сравнению с кумарильными количество феруловых кислот. Лигнин травянистых растений, которым присуще наибольшее количество циннамиловых структурных единиц (V:S:C – 2:1:1): их содержание в степных и луговых злаках и разнотравья (слои войлока и ветоши) возрастает до 20-30 мг/г углерода, что в 4-6 раз больше, чем у древесных растений. Феруловые кислоты ассоциированы, главным образом, с гемицеллюлозами в клеточных стенках волокон злаков и достигают 20-40 мг/г Сорг. в надземной фитомассе.

Дальнейшие превращения полимера в почвах определяются гидротермическими условиями среды и физико-химическими свойствами почв, активностью микробиоты. По нашим многочисленным данным, наибольшее суммарное количество продуктов окисления лигнина (VSC) в рассматриваемом горизонтальном ряду почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских засек,

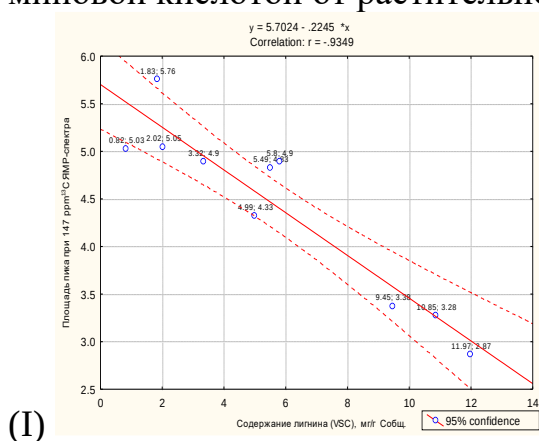
чернозёмы Курского заповедника. В почвах вертикального ряда наблюдается параболическое распределение лигнина в ряду почв: от подножия к вершинам с максимальным содержанием лигнина в субальпийских черноземовидных почвах и горных чернозёмах [3]. В условиях антропогенного использования количество лигнина в чернозёмах уменьшается по сравнению с естественными аналогами с 14-16 до 6-8 мг/г Сорг. В почвах в разложении лигнина участвует микробиота, способная продуцировать основные ферменты: лигниназа (лигнин-пероксидаза, LiP (ЕС 1.11.1.14)); Mn-зависимая пероксидаза (марганцевая пероксидаза (ЕС 1.11.1.14)); лакказы (внеклеточная оксидаза) (ЕС 1.10.3.2); тирозиназа (фенолоксидаза) и разрушать лигнин. Расщепление и разрушение боковых цепей происходит в первую очередь во время трансформации полимеров лигнина. Образующиеся промежуточные нестабильные радикалы добавляют доступный кислород или воду, в первую очередь компактные гидрофобные структуры лигнина сильно разрыхляются, и растворимость лигнина в воде увеличивается. Дальнейшее добавление карбоксильных и гидроксильных групп облегчает участие полимера в хелатировании и гумификации. При этом циннамилловые фенолы степных растений наиболее яркий тому пример. В подпахотном горизонте чернозёма (Курская область), где влажность почвы выше, чем в пахотном горизонте кумариловые и феруловые фенолы подвержены биотрансформации в большей степени, чем наиболее доступные микроорганизмам полисахариды.

Для характеристики интенсивности разложения и трансформации лигнина в почвах используется отношение кислоты/альдегиды в единицах ванилина или сиригнила как меры степени окисленности молекулы. Это отношение используется в расчете степени измененности боковых цепочек по отношению к растительным тканям [1]. На основании многочисленных данных о содержании лигнина и его трансформации в почвах широтной зональности показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур в ряду: от светло-серых почв к чернозёмам. Так в почвах южной тайги она составляет 5-8 %, в лесостепи – 9-10 %, в чернозёмах – 10-12%, то есть фактически следует за величиной периода биологической активности. Линейная зависимость степени трансформации лигнина от гидротермических условий также хорошо проявляется и в горных экосистемах. Например, в гумидных условиях Северного Кавказа степень трансформации боковых цепочек лигнина составляет 5% для чернозёма и 1,5 % для субальпийских почв. В аридных условиях средней Азии – 20 % в горных чернозёмах и 3 % в альпийских луговых почвах. Полученные результаты не противоречат нашим данным о гуматном характере гумуса в почвах Тянь-Шаня по сравнению с преимущественно фульватным – в почвах Северного Кавказа (Карачаево-Черкесия) [3].

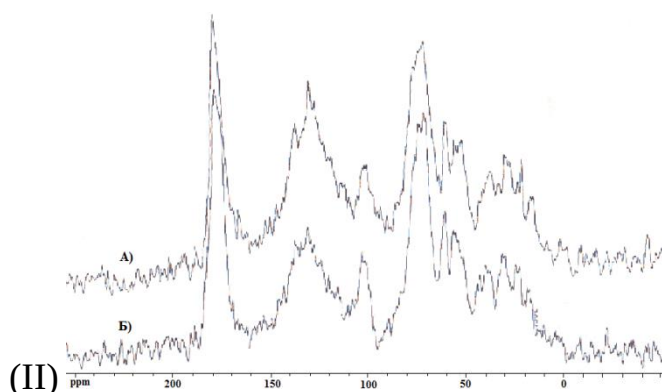
В целом, гуминовые кислоты по содержанию продуктов окисления лигнина и лигниновым параметрам похожи на образцы почв и наследуют характерные свойства растительных тканей, но демонстрируют большую упорядоченность структурных фрагментов лигнина. Пропорции ванилиновых, сиригильных и циннамилловых фенолов в них оказались одинаковыми для разных

типов травянистых экосистем: 1:1:1 – от степи (чернозёмы) до субальпийского луга (черноземно-луговые почвы) и характеризуют ткани травянистых растений.

Полученные данные демонстрируют, что с увеличением степени трансформации лигнина в ряду «ткани растений – подстилка – почва – гуминовые кислоты – погребенные гуминовые кислоты» увеличивается количество ароматических кислот по отношению к альдегидам во всех типах объектов независимо от общего количества лигнина в них и достигает максимума в препаратах гуминовых кислот из погребенных горизонтов горных чернозёмов [3]. Тем самым, наши результаты подтверждают положение о нарастающем карбоксилировании лигниновых остатков как о главном процессе их трансформации в гумус. С помощью количественного анализа лигниновых фенолов и ^{13}C -ЯМР-спектроскопии также доказывается, что лигнин высших растений принимает участие в формировании специфических соединений гумуса почв, входя структурными фрагментами в алифатическую часть молекулы (пики при 56 ppm), так и в ароматическую часть молекул гуминовых кислот (пики при 147 ppm). Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв гумидных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в алифатической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 56 ppm – 0.94 ($P = 0.95$). В гуминовых кислотах серых почв лесостепи, сформированных на лессе и в чернозёмах вклад ароматических лигниновых фрагментов в 2 раза больше в ядерной, чем в периферийной частях молекулы (рис. 1). Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв семиаридных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в ароматической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 147 ppm – -0.93 (рис. 2). Сравнение ^{13}C -ЯМР-спектров нативных препаратов лигнина выделенных из разных пород древесных и травянистых растений со спектром молекулы гуминовой кислоты позволило впервые обнаружить, что, во-первых, количество пиков, наследуемых гуминовой кислотой от растительной ткани значительно больше.



(I)



(II)

Рисунок 1(I) – Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) и % от площади ^{13}C -ЯМР-спектра при 147 ppm

Рисунок 2 (II) – ^{13}C ЯМР-спектры в препаратах гуминовых кислот почв семиаридных ландшафтов. Почвы Северного Кавказа: А) – чернозем, гор. А 8-27 см; Б) – субальпийская черноземно-луговая почва, гор. А 10-25 см

Отчетливо диагностируется при 102, 115, 119, 131, 152, 160 ppm [2]. Во-вторых, набор пиков разнороден в спектрах разных растений и, соответственно в молекулах гуминовых кислот разных почв он тоже должен быть разным. В-третьих, лигнин древесных растений южной тайги становится источником более развитых пространственно вытянутых с развитой алифатической частью молекулы гуминовой кислоты (мощные хорошо вытянутые пики) [2], а феруловые и кумариловые фенолы степных травянистых растений формируют пространственно компактные структуры гуминовых кислот черноземов (рис. 2).

Таким образом, данные факты подтверждает образование в почвах, включая и чернозёмы, унифицированных гуминовых веществ специфической природы, в формировании которых наряду с прочими ароматическими соединениями, участвует лигнин высших растений. Композиционный состав лигниновых фенолов оказывает влияние на строение молекулы гуминовой кислоты почв.

1. Библиографический список

1. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополей Русской равнины) // Почвоведение. 2008. № 10. С. 1205-1216.
2. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Пул лигниновых фенолов в почвах лесных экосистем // Лесоведение. 2016. № 2. С. 148-160.
3. Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах разных экосистем // Почвоведение. 2009. № 11. С. 84-96.
4. Ertel J.R., Hedges J.I. The lignin component of humic substances: Distribution among the soil and sedimentary humic, fulvic and base-insoluble fractions // Geochim. Cosmochim. Acta. 1984. V. 48.

УДК 631.4

ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И ПРЕДКАВКАЗЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ⁴

Ковалева Н.О.

Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва

E-mail: natalia_kovaleva@mail.ru

Резюме. Эволюция черноземов на Северном Кавказе в голоцене зависела от динамики и амплитуды изменений природных условий. На основании исследования почв установлено, что продвижение черноземов по горным долинам вплоть до горных вершин совпадает по времени с ксеротермическим «архызским перерывом» в оледенении горных вершин Кавказа в VII-XI вв., а последующая деградация – с нарастающей гумидностью климата в XVII в.

Ключевые слова: горные черноземы, голоцен, эволюция почв, погребенные почвы, аланы, органическое вещество.

Введение. Важной частью изучения эволюции почв является диагностика погребенных и ископаемых почв и реконструкция почвенного покрова, поскольку почвы представляют собой естественно-историческое тело, отражающее в своем строении, составе и свойствах действие всех факторов

⁴ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-14-01120п в рамках государственного задания МГУ, часть 2 (тема № 117031410017-4).

почвообразования. Использование погребенных и ископаемых почв как инструмента реконструкций природных условий основано на способности почв изменять свои свойства во времени и пространстве в связи с изменением хотя бы одного фактора почвообразования, отражать, кодировать и сохранять эти изменения в «памяти» в виде устойчивых во времени признаков. Целью работы было изучение эволюции черноземов на основе реконструкции палеоландшафтной и палеопочвенной ситуации региона. Эта задача продиктована необходимостью уточнения палеогеографии региона в целом, так как единого мнения о границах оледенений и природных зон, о палеоклиматах Кавказа не существует, а имеющаяся информация весьма противоречива, слабо обеспечена аналитическими и хронологическими данными, существенно различается в разных районах горной страны [9].

Объекты и методы. Непосредственными объектами исследования стали следующие почвы. Во-первых, горные черноземы с погребенными гумусовыми горизонтами под лугово-степной растительностью Кисловодской котловины (высота 900-1100 м над уровнем моря). Радиоуглеродные датировки дневных гумусовых горизонтов 350 ± 50 лет (ИГАН – без номера), время погребения ископаемых профилей (по археологическим артефактам) – 1300 лет. Радиоуглеродный возраст отдельных гумусовых горизонтов ископаемый толщи составляет 10670 ± 210 (ИГАН-2475) и, по-видимому, диагностирует время начала черноземообразования в регионе. Действительно, именно на высоте 1050-1300 м в изучаемых долинах зафиксированы следы развития последнего максимального горного оледенения [10]. Во-вторых, горно-луговые черноземовидные почвы с погребенными гумусовыми горизонтами под луговой растительностью на террасах рек Кяфар и Кривая (высота 1100-1300 м над уровнем моря). Радиоуглеродные датировки дневных гумусовых горизонтов 450 ± 70 лет (ИГАН – 2474), время погребения ископаемых толщ (по археологическим артефактам) – 1000-1300 лет назад [1]. Возраст погребенных гумусовых горизонтов – среднеголоценовый [7, 9]. В-третьих, стратифицированные склоновые отложения с серией погребенных в них почв (педолитоседименты) в непосредственной близости от поселения «Горное Эхо» и в долине р. Кяфар. Так как керамические находки в верхних горизонтах склоновых отложений (коллювия) относятся к VII веку, то можно считать, что коллювиально-почвенный комплекс отражает условия окружающей среды, современной аланам и развития ландшафта после ослабления культуры алан. В-четвертых, погребенные почвы под стенами городища (палеоурбаноземы) и насыпью агротеррас аланского времени, датированных по археологическим артефактам, а также культурные слои поселений. И, в-пятых, в исследование включены черноземы предгорий.

Для изучения погребенных и современных почв и культурных слоев использовались методы морфологического описания почв, измерения магнитной восприимчивости (в $\text{см}^3/\text{г} \times 10^{-6}$) [2], определения гранулометрического состава, химического лабораторного анализа (определение реакции среды, содержания и качественного состава органического вещества, карбонатов, фосфора, лигнина [4, 6, 8].

Результаты и обсуждение. Структура почвенного покрова района исследований обнаруживает значительную неоднородность, обусловленную орографическими, литологическими, микроклиматическими и антропогенными причинами [5]. Однако общий вид почв рассматриваемых хронорядов и педолитоседиментационных толщ свидетельствуют о единообразном стадийном характере климатических флуктуаций и эрозионных циклов. Почвы, которые формировались в пределах временных интервалов с относительно стабильными климатическими и ландшафтными условиями, были разрушены, захоронены или переотложены под склоновыми отложениями в течение фаз развития активных склоновых процессов (эрозия, солифлюкция, сели, крип и т.д.).

Характер дифференциация почвенных профилей по их химическим свойствам представлен в таблице 1. Наибольший интерес представляют профили горных черноземов и горно-луговых черноземовидных почв, дифференцированных по цвету, структуре, количеству щебня, имеющие заметные или ясные переходы между горизонтами, включающие погребенные гумусовые слои. Реликтовые гумусовые горизонты обладают зернистой структурой и от серой до черной окраски, темнее современного дневного органогенного горизонта. В ряде случаев для них характерны новообразования в виде глянцевого пятна и потеков гумуса. Следовательно, можно предположить, что условия формирования погребенных гумусовых горизонтов обсуждаемых почв отвечали более теплым и сухим эпохам по сравнению с современной. Причем, и в низкогорьях, и в среднегорьях Северного Кавказа ко времени поселения алан господствовали черноземы под степной и лугово-степной растительностью соответственно. И, судя по мощности реликтовых толщ, это был достаточно продолжительный ксеротермический период, в течение которого почвообразование преобладало над разрушительными экзогенными процессами. Характер распределения гумуса по профилю в почвах, погребенных под городищем, и в моногенетических бурых лесных – прогрессивно-аккумулятивный, во всех полигенетических почвах со сдвоенными профилями – бимодальный (Табл. 1).

При этом второй максимум приурочен ко вторым гумусовым горизонтам, отражающим погребенную стадию педогенеза. Специфичны и химические характеристики органического вещества погребенных под городищами и в педолитоседиментационных толщах почв. Современные гумусовые горизонты луговых почв в районе исследования характеризуются гуматно-фульватным типом гумуса с отношением $S_{гк}:C_{фк} < 1$ и фульватно-гуматным типом гумуса с $S_{гк}:C_{фк} 1-2$ (по системе показателей Орлова, Гришиной [8]). Погребенные горизонты и культурные слои характеризуются повышенной гуматностью ($S_{гк}:C_{фк} > 2$), очень высокими величинами оптической плотности и повышенной ароматичностью молекул (42 % по данным ядерно-магнитного резонанса). Гуматный гумус и более сложное, чем в современных горных черноземах, богатое бензоидными структурами строение (по данным инфракрасной спектроскопии и ядерного магнитного резонанса) гуминовых кислот является индикатором теплого и сухого климата. Летние температуры должны были отличаться от нынешних, по меньшей мере, на 1-5 градусов, а количество осадков было

меньше на 50-150 мм в год. Следовательно, и верхняя граница леса должна была быть выше на 200-300 м, чем сегодняшняя, оледенение горных вершин, по-видимому, отсутствовало вовсе. Уровень воды в горных реках был значительно ниже сегодняшнего, поэтому у городища Кяфар существовала разрушенная сегодня береговая часть. Наши результаты совпадают с геоморфологическими данными Тушинского [10] о теплом средневековом интервале на Кавказе, так называемом «архызском перерыве» в оледенении горных вершин.

Таблица 1 – Характеристика химических свойств исследуемых почв

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	РН _{H2O}	СГК Сфк	Глина, %	Коэффициент цветности	Показатель гумификации	Магнитная восприимчи- вость
Палеоурбанозем под стеной городища Кяфар							
А _б 135-145	5,61	5,0	2,8	48,41	3,13	13,46	98,11
АВ _б 145-182	5,78	4,95	2,9	55,70	2,90	6,23	—
Горный чернозем, поселение «Горное Эхо»							
А 0-10	8,51	7,0	3,1	64,48	3,19	2,79	48,81
АВ 10-20	5,66	6,9	2,3	62,40	3,15	2,63	39,26
В 30-40	2,89	7,2	2,8	66,67	2,94	1,18	40,72
С 40-50	2,23	7,1	1,5	63,66	2,81	1,13	36,21
А _б 50-60	1,65	7,8	2,5	60,63	3,06	2,17	116,84
АВ _б 60-70	2,18	7,9	2,8	52,98	3,00	3,00	122,69
АВ _б 70-80	1,48	8,1	1,5	57,98	3,64	1,33	116,14
С 80-90	0,50	8,2	—	33,92	—	—	10,67
С 90-100	0,40	8,3	—	—	—	—	7,6
Горно-луговая черноземовидная почва террас р. Кяфар под злаково-разнотравным лугом							
А 0-10	5,8	5,3	1,8	46,96	2,8	6,35	74,14
А 10-20	4,7	5,4	2,7	55,94	3,13	13,63	74,57
А _б 20-30	4,24	5,5	2,8	35,98	2,9	14,93	83,36
АВ _б 30-40	4,47	5,5	1,2	60,92	2,9	9,95	78,53
Горно-луговая черноземовидная почва террас р. Кяфар под субальпийским лугом							
Ad 0-10	11,55	5,2	1,2	24,28	3,38	5,60	19,15
А 10-20	8,60	4,9	1,7	29,66	3,46	5,50	21,62
АС 20-30	6,26	4,9	1,7	30,38	3,19	6,19	15,52
С 30-40	4,86	4,8	2,0	29,60	3,38	6,88	11,47
А _{бг} 40-50	4,99	5,0	2,2	48,41	3,10	7,52	19,14
АВ _{бг} 50-60	3,05	5,0	1,8	55,70	3,46	5,50	14,82
Педолитоседиментационная толща в долине ручья Луначарского							
А 4-11	1,50	6,8	2,5	36,01	3,50	0,84	39,00
АС 11-21	0,96	7,4	0,9	37,40	2,09	0,69	42,79
С 22-66	0,89	7,7	1,5	44,74	3,41	0,97	40,96
АВ _{б1} 79-84	0,96	5,9	1,0	61,83	3,88	1,03	82,90
ВС _{б1} 84-115	0,85	6,4	0,8	64,90	3,35	0,67	76,15
АВ _{б2} 127-132	0,52	6,2	1,3	62,33	3,59	1,02	53,00
ВС 132-140	0,77	8,0	1,3	67,04	3,56	0,64	30,64

Таким образом, северо-кавказский регион встретил гонимых гуннами алан сухой в предгорьях и луговой степью в горах с плодородными пригодными для земледелия и отгонного пастбищного скотоводства горными черноземами и горно-луговыми черноземовидными почвами на выположенных участках

горных долин, обилием строительного камня (известняка), близким и доступным лесом на склонах хребтов, организованными в скальном грунте и горном рельефе естественными оборонительными позициями. Эпоха стабильного почвообразования на занятых аланами лавинных конусах и отсутствия значительных ледниковых подвижек продолжалась, по разным оценкам, с 3-8 столетия нашей эры вплоть до XIII века.

За этот период поселения алан успели сформировать на нетронутых человеком поверхностях культурные слои городищ и селищ, террасированный агропейзаж. Свойства средневековых урбаноземов также оказались весьма специфичными. Они обладают нейтральной реакцией среды, повышенным содержанием фосфора, высокими величинами плотности сложения и, следовательно, повышенной гидроморфностью (диагностирована по наличию Pg-фракции), повышенным количеством илистой фракции. Наибольшие величины показателя гумификации (ПГ) – до 15 – типичны для культурных слоев палеоурбаноземов. Это может быть обусловлено непочвенным происхождением органического вещества. По строению органического вещества культурные слои занимают особую область значений (оценка методом Салфелда [7]), отличающих их как от современных дневных гумусовых горизонтов, так и от органики фоновых почв. Хорошая сохранность органического вещества культурных слоев свидетельствует об их высокой устойчивости в природных ландшафтах. Впрочем, земледельческая культура алан оказалась на высоте. Устройство террас на склонах значительно снижала риск эрозионных процессов или вовсе предотвращала их, а организация оросительных систем в высокогорьях способствовала значительному увеличению плодородия черноземных почв.

Однако аланы были вынуждены покинуть гостеприимное высоко- и среднегорье во втором тысячелетии нашей эры, по-видимому, из-за усиления увлажненности климата, которое сопровождалось катастрофическими эрозионными, селевыми, обвально-осыпными явлениями. Результатом активизации экзогенных процессов является эволюция черноземов среднегорий в горно-луговые черноземовидные почвы на речных террасах с более близким уровнем грунтовых вод. А карбонатные черноземы предгорий эволюционировали под влиянием усилившейся увлажненности климата в остаточнок-карбонатные и выщелоченные. Городище Кяфар сегодня покрыто буковым лесом, следовательно, граница леса опускалась как минимум до сегодняшних высот в 1000-1300 м и, возможно, ниже, так как в органическом веществе горных черноземов Кисловодской впадины по составу лигниновых фенолов нам удалось обнаружить молекулярные следы мелколиственной древесной растительности – березы, ольхи, ивы и т.д. Под надвинувшимся лесом черноземы луговых степей приобрели признаки глинистой дифференциации (табл. 1), а на степных участках предгорий их профили стали более мощными и выщелоченными от карбонатов [3].

Малый ледниковый период в изучаемом регионе начался 300-500 лет назад и проявился в нарастании ледников, а, значит, усилении лавинной активности и погребении средневековых черноземов под толщей пород. Лишь в предгорьях

Северного Кавказа эволюция почвенного покрова не отличалась особой контрастностью, так как не прерывалась экзогенными явлениями.

Библиографический список

1. Аржанцева И.А. Аланское городище Кяфар 9-11 вв. н. э. в Карачае. //Карачаевцы, балкарцы: этнография, археология, фольклор. – М., 2001, с.241-253.
2. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. Магнетизм почв. – Ярославль: ЯГТУ, 1995, 223 с.
3. Быковская Т.К., Ковалева Н.О. Горные почвы Карачаево-Черкессии: монография. – М. МГИУ, 2010, 164 с.
4. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. – М., МГУ, 1998, 186 с.
5. Евдокимова Т.И., Быковская Т.К., Парамонова Т.А., Аниканова Е.М., Куликов К.И. Структура почвенного покрова горных районов Карачаево-Черкессии. //Материалы международного симпозиума по структуре почвенного покрова. – М., 1993, с 163-166.
6. Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Ароматические структуры лигнина в органическом веществе серых лесных почв. Вестник Моск. Ун-та. Сер.17. Почвоведение. – 2002, № 2, с. 23-29.
7. Ковалева Н.О., Косарева Ю.М. Палеопочвы средневекового аланского городища Кяфар (Карачай). //Труды ИЭП МГУ, – вып. 9, 2007, с. 32-47.
8. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М., Изд-во МГУ, 1981, 187 с.
9. Соломина О.Н. Горное оледенение Северной Евразии в голоцене. – М., Научный мир, 1999, 272 с.
10. Тушинский Г.И. Космос и ритмы природы Земли. – М: Просвещение. 1966, 118 с.

УДК631.445.4:504.53(470.324)

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ НИКЕЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Кожемякина Ю.Н.¹, Горбунова Н.С.², Куликова Е.В.³

¹ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова», ВНИИСС

E-mail: kozhyulya.57@gmail.com

²ФГБОУ ВО Воронежский ГУ, Воронеж

E-mail: vilian@list.ru

³Воронежский ГАУ, Воронеж

E-mail: melior-agronomy@inbox.ru

Резюме. Под воздействием современной антропогенной нагрузки происходит трансформация почвенного покрова, почвенного профиля, что в целом приводит к эволюции почв. Изменению подвергаются проходящие через почву биогеохимические циклы, в которые вовлекаются различные элементы. Помимо основных элементов, составной частью таких циклов являются и тяжелые металлы (ТМ), в частности никель (Ni). Полученные данные свидетельствуют о накоплении валового содержания Ni в верхних гумусовых горизонтах исследуемых черноземов. В профильном распределении Ni, наряду с органогенным накоплением элемента, отмечается повышенное содержание Ni и на уровне почвообразующей породы, поскольку ТМ (в том числе и Ni) интенсивно сорбируется глинистыми минералами, а также илистой и коллоидной фракцией.

Ключевые слова: тяжелые металлы, никель, черноземы типичные, черноземы выщелоченные, обменные соединения никеля.

Summary. Under the influence of the modern anthropogenic load, the soil cover is transformed, soil profile, which generally leads to the evolution of soils. The biogeochemical cycles passing through the soil undergo changes, in which various elements are involved. In addition to the main elements, heavy metals (HM), in particular nickel (Ni), are a part of such cycles. The data obtained

indicate the accumulation of the total Ni content in the upper humus horizons of the studied chernozems. In the profile distribution of Ni, along with the organogenic accumulation of the element, an increased content of Ni is also noted at the level of the parent rock, since HM (including Ni) is intensively sorbed by clay minerals, as well as by the silty and colloidal fraction.

Key words: heavy metals, nickel, typical chernozems, leached chernozems, exchangeable nickel compounds.

Интенсивное использование черноземов в сельском хозяйстве часто приводит к изменению их морфологических, физических, химических, физико-химических особенностей и биологических свойств, что приводит не только к их трансформации, но и к деградации почвенного покрова. В результате этого изменяется направление почвенных процессов и поведение элементов, в том числе и ТМ [2]. В современных условиях, при возрастании окультуривания почв с целью получения высоких урожаев, увеличивается доля антропогенеза, поэтому исследования различных соединений ТМ, их поведения в черноземах актуальны. Следует отметить, что на накопление, трансформацию и миграцию ТМ, в том числе и Ni, оказывает огромное влияние способ использования земельных угодий. Поэтому целью работы было исследование влияния различных агроландшафтов на валовое содержание и обменные соединения Ni, а также их профильное распределение и степень подвижности металла. Среди всех ТМ был выбран Ni, поскольку в качестве примеси он входит в состав многих минеральных удобрений, применяемых в сельскохозяйственном производстве [1].

Объектами исследования послужили почвы Воронежской области Хохольского района (ООО «Восход»). Изучение влияния различных агроландшафтов на содержание и профильное распределение валового содержания и обменных соединений Ni проводилось в черноземах выщелоченных и типичных средне- и малогумусных тяжелосуглинистых на лессовидных карбонатных суглинках, подстилаемых мелями. Почвенные разрезы закладывали на пашне, залежи и в лесополосе до глубины 150 см.

Отбор образцов в разрезах проводился послойно через 10 см (0-10, 20-30, 40-50...140-150 см). В почвенных образцах определялись pH водной суспензии, гидролитическая кислотность, содержание гумуса по общепринятым методам [4]. Валовое содержание Ni определяли методом спекания почвы с карбонатом натрия, дальнейшей обработкой HNO₃ (1:1) и H₂O₂ (конц.) с атомно-абсорбционным окончанием. Обменные соединения – в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) pH 4,8, соотношение почва – раствор 1:10. Все определения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ. Z-ЭТА, чувствительность определения 0,01 мкг/л, точность 4 %. Вариационно-статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel.

Изучая морфогенетическое строение почвенных профилей под различными агроландшафтами, следует отметить, что не только сельскохозяйственное использование черноземов, но и вид угодий оказывает существенное влияние на почвенные процессы, изменяет их. Так исследуемые черноземы

лесополосы под влиянием древесной растительности трансформировались в черноземы выщелоченные. Под лесными насаждениями создается уникальный микроклимат, который связан с влагонакоплением. Происходит более глубокое промачивание почвенного профиля и выщелачиванию карбонатов. Лесной опад и корневые выделения древесных пород подкисляют реакцию почвенного раствора. Карбонатные новообразования отмечаются в горизонте ВС в виде пропитки. Что касается черноземов типичных пашни и залежи, то карбонаты в них встречаются в виде псевдомицелия в нижней части гумусового горизонта.

В верхних горизонтах пашни и залежи отмечаются значения pH близкие к нейтральной (7,2 единиц). Вниз по профилю происходит подщелачивание почвенного раствора до 8,4 единиц. Реакция среды в черноземах лесополосы более кислая (pH 6,4 единиц) в верхних горизонтах, так как большую роль играет древесный опад. Вниз по профилю, аналогично черноземам залежи и пашни, происходит постепенное подщелачивание. Гидролитическая кислотность является pH-зависимой величиной. Поэтому наибольшее значение гидролитической кислотности отмечается в черноземах лесополосы и составляет 2,1 ммоль-экв/100 г почвы. В почвах пашни и залежи гидролитическая кислотность не превышает 1,0 ммоль-экв/100 г почвы. С глубиной во всех видах ландшафтов гидролитическая кислотность уменьшается, а на глубине залегания карбонатов исчезает полностью. Полученные результаты по содержанию гумуса показывают, что интенсивное использование черноземов в сельском хозяйстве приводит к потере органического вещества, из-за усиления процессов его минерализации. Содержание гумуса в верхнем слое (0-10 см) черноземов пашни не превышает 5,8%, что дает право отнести исследуемые почвы к малогумусным. Залежный участок и черноземы под лесополосой отличаются более высоким уровнем содержания гумуса и составляет 6,7 и 7,1% соответственно, черноземы относят к среднегумусным.

Антропогенная деятельность, в частности, сельскохозяйственное использование земель всегда влечет за собой изменение основных почвенных свойств, которые влияют на трансформацию показателей, такие как ТМ [2]. Полученные данные по валовому содержанию Ni и его обменным соединениям свидетельствуют о достоверных различиях, как в его содержании, так и в профильном распределении. В верхнем 0-20 см слое исследуемых черноземов валовое содержание Ni закономерно уменьшается от лесополосы ($46,3 \pm 1,7$ мг/кг), залежи ($43,8 \pm 0,9$ мг/кг) к пашне ($41,1 \pm 1,1$ мг/кг). Такую закономерность можно объяснить уменьшением содержания гумуса в том же направлении. Поскольку органическое вещество почв, а в большей степени гуминовые кислоты, которыми обогащены почвы черноземного ряда, способны образовывать с металлами прочные органоминеральные комплексные соединения. Данная особенность отмечается и в накоплении обменных соединений Ni. Так в слое 0-20 см его содержание уменьшается: лесополоса ($1,37 \pm 0,41$ мг/кг) > залежь ($1,15 \pm 0,28$ мг/кг) > пашня ($1,03 \pm 0,16$ мг/кг).

В профильном распределении валового содержания Ni отмечается его концентрация в верхней гумусовой части профиля, постепенное снижение по

профилю, а далее возрастание содержания в почвообразующей породе (рис. 1 а). Такое поведение элемента объясняется его способностью образовывать прочные хелатные комплексы с органическим веществом почвы. Что касается почвообразующей породы, то она обогащена илистой и коллоидной фракцией, которая обладает большой сорбционной способностью к ТМ, в том числе и к Ni [2, 3].

Внутрипрофильное распределение обменных соединений элемента характеризуется выраженным элювиальным типом, с максимум содержания в почвообразующей породе (рис. 1 б). В распределении элемента по различным агроландшафтам следует подчеркнуть выраженное накопление Ni на глубине 90 см в пахотных почвах. Данное явление можно объяснить тем, что в результате распашки изменяется режим влажности почв, что отражается не только на повышении уровня залегания карбонатов, но и миграции ТМ. Полученные данные по валовому содержанию Ni и его обменным соединениям не превышают ПДК = 100 мг/кг (для валового содержания) и 4 мг/кг (для обменных соединений), принятых для почв черноземного ряда [2]. Следует отметить не высокий процент подвижности металла, который колеблется в пределах 2,51-4,28%.

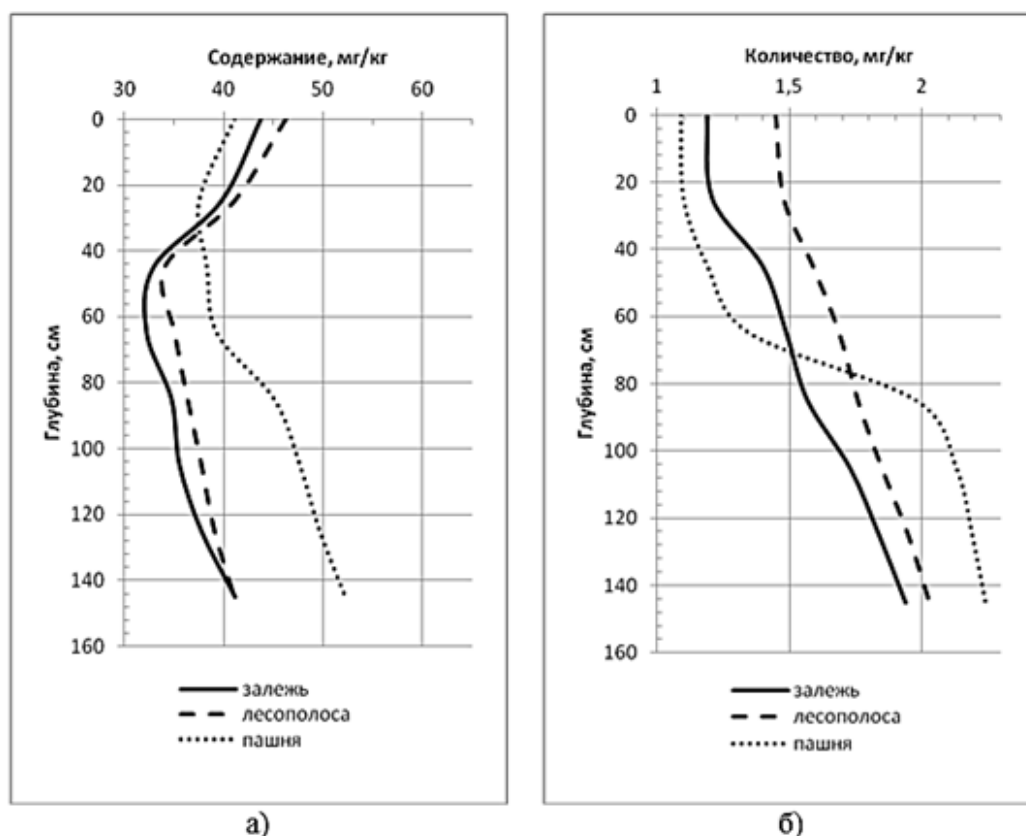


Рисунок 1 – Профильное распределение Ni в различных агроландшафтах:
а) валовое содержание и б) обменные соединения

В результате различного сельскохозяйственного использования черноземов и в разных угодьях происходит трансформация почвенных процессов. Это отражается в изменении черноземов на подтиповом уровне. В лесополосе под древесной растительностью черноземы типичные трансформируются в выщелоченные. Особое значение здесь играет проникновение почвенной влаги и

задержание ее в профиле, что способствует выщелачиванию карбонатов. Так как лесной опад участвует в смещении рН почвенного раствора в сторону подкисления, увеличивая гидролитическую кислотность, то и ее наибольшая величина наблюдается в лесополосе, хотя общая закономерность уменьшения к породе сохраняется во всех угодьях. Протекающие на пахотных участках процессы минерализации органического вещества приводят к потере процентного содержания гумуса, черноземы из среднегумусных становятся малогумусными.

Миграция элемента по профилю различных ландшафтов слабая. Поскольку на пути перемещения металла отмечается два биогеохимических барьера: первый в гумусовой толще, в которой Ni взаимодействует с органическим веществом, результатом такого взаимодействия являются труднорастворимые органоминеральные комплексы. Второй – в нижней части профиля, за счет сорбции элемента коллоидной и илистой фракцией почв. Данные соединения более подвижны, чем органоминеральные комплексы. Распределение обменных соединений Ni характеризуется элювиальным типом, с постепенным увеличением содержания элемента вниз по почвенному профилю. Полученные данные по валовому содержанию Ni и его обменным соединениям во всех исследуемых агроландшафтах не превышает ПДК принятых для данных почв. Благодаря высокой буферной способности черноземов и малой подвижности Ni загрязнения исследуемых почв металлом не происходит.

Библиографический список

1. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Почвоведение. – 2012. – №3. – С. 368-375.
2. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. – 164 с.
3. Щеглов Д.И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. – М.: Наука, 1999. – 211 с.
4. Щеглов Д.И., Громовик А.И., Горбунова Н.С. Основы химического анализа почв. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. – 332 с.

УДК631.51.001

К ВОПРОСУ О ПЕРЕХОДЕ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Конищев А.А.¹, Конищева Е.Н.²

¹Ивановский НИИСХ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»

²Ивановская ГСХА им. академика Д.К. Беляева

E-mail: aleksei.konishev2010@yandex.ru

Резюме. На сегодняшний момент только технология объемно-гетерогенной обработки почвы позволяет сгладить влияние гидротермических условий вегетационного периода на продуктивность яровых зерновых культур. Для ее реализации необходим переход на математический (цифровой) метод определения величины плотности сложения почвы в разные фазы развития растений и в различных по глубине залегания слоях почвы.

Ключевые слова. Продуктивность зерновых культур, плотность сложения почвы, пористость аэрации, вегетационный период.

Summary. At the moment, only the technology of volume-heterogeneous tillage makes it possible

to smooth out the influence of hydrothermal conditions of the growing season on the productivity of spring grain crops. For its implementation, it is necessary to switch to a mathematical (digital) method for determining the value of soil density in different phases of plant development and in different layers of soil in different depths.

Key words. *Productivity of grain crops, soil density, aeration porosity, vegetation period.*

В соответствии с программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на период до 2030 года, к приоритетным научным задачам в земледелии, относится создание адаптивных к изменяющимся условиям климата технологий на основе цифровых систем.

Данную задачу авторы понимают так: нужно создать системы земледелия, позволяющие растениям каким-то образом не реагировать (или реагировать с минимальными потерями) на негативные проявления климата с целью сохранения (а по возможности и повышения) достигнутого уровня продуктивности возделываемых культур и уровня затрат на их производство. И решаться эта задача должна на математически высоком (цифровом) уровне.

В качестве исходной информации для начала работ имеются несколько сценариев потенциально возможного изменения климата, с предполагаемым изменением урожайности возделываемых культур [1]. При этом преодолевать возникающие риски, вызванные изменением климата, предлагается путем повышения окультуренности почвы, выведения и районирования адаптивных сортов растений и максимальным применением средств интенсификации производства.

Примерно такого же характера разработки и рекомендации известны и в зарубежных публикациях [2-4 и т.д.].

Поэтому допуская, что данные разработки и рекомендации могут быть полезны для планирующих и руководящих органов, но непосредственно для разработчиков технологий они малоэффективны.

Рассматривая влияние агрохимических факторов на урожайность, многими авторами отмечается, что в пределах одного вегетационного года влияние удобрений и средств защиты растений (СЗР) на урожайность преобладает над другими факторами. И составляет, например, для ярового ячменя, и озимой ржи 73,1 % и 89,4 % соответственно, причем с оговоркой, что рассматриваемые года не являются засушливыми, так как при недостатке влаги эффективность минеральных удобрений и СЗР значительно снижается. Если же рассматривать влияние факторов за несколько лет вегетации, то на первое место однозначно выходят гидротермические условия года. Даже при применении технологий точного земледелия влияние гидротермических условий на урожайность зерновых составляет 43-59% при влиянии агрохимических факторов на уровне 24-11% [5, 6].

Аналогична ситуация наблюдается и на Урале [7], (табл.1). Увеличение увлажнения вегетационного периода приводит к повышению урожайности яровой пшеницы до 64%, а изменение фона питания повышает урожайность только на 25-26%.

Таблица 1 – Влияние фона питания и уровня увлажнения на урожайность яровой пшеницы на Урале (2002-2011гг.) [7]

Фон питания	Увлажнение вегетационного периода			Пределы колебаний урожайности, т/га
	засушливый	умеренный	влажный	
Без удобрений	$\frac{1,61^*}{100\%}$	$\frac{2,56^*}{159\%}$	$\frac{2,64^*}{164\%}$	0,98-3,33
Минеральный	$\frac{2,79}{100\%}$	$\frac{3,51}{126\%}$	$\frac{3,25}{116\%}$	1,43-4,64
Органо-минеральный	$\frac{2,94}{100\%}$	$\frac{3,69}{125\%}$	$\frac{3,38}{115\%}$	1,24-5,05

*в числителе урожайность, т/га; в знаменателе в % от засушливого года.

Таким образом, для того чтобы снизить зависимость урожайности возделываемых культур от неблагоприятных погодных проявлений нужно в первую очередь снизить зависимость посевов от режима выпадения осадков.

В принципе ничего нового в данной постановке задачи нет. Ведь еще в тридцатые годы прошлого века В.Р. Вильямс писал, что на старопахотных землях урожайность зерновых во многом зависит от интенсивности и своевременности выпадения осадков. Вот только решение этого вопроса несколько затянулось.

Характер влияния режима увлажнения в разных регионах и на различных разновидностях почвы на урожайность одинаковый. Например, на рисунке 1 представлено изменение урожайности в зависимости от величины ГТК: на рис. 1а – на дерново-подзолистой почве в Ивановской области; на рис. 1б – на темно серой лесной почве в Тюменской области; на рис. 1в – в штате Миннесота, США [8-10]. Во всех представленных регионах при недостатке осадков преимущество по урожайности имеют минимизированные обработки почвы. При среднемноголетнем режиме увлажнения кривые на графиках пересекаются, что говорит о близкой (или равной, в пределах НСР) урожайности по всем рассматриваемым обработкам. При дальнейшем увеличении количества выпадающих осадков, преимущество по урожайности переходит к вспашке.

Объясняется такая зависимость величиной плотности сложения почвы и производной от нее пористости аэрации. При небольшом увлажнении нормальный воздухообмен между растениями, почвой и приземным слоем атмосферы обеспечивается при достаточно высокой плотности сложения почвы. Поэтому преимущество по урожайности фиксируется у более плотной почвы создаваемой минимизированной обработкой. Излишне, в данном случае, рыхлое сложение почвы, сформированное вспашкой – проигрывает. По мере увеличения запасов влаги, количество воздушных пор, для поддержания нормального воздухообмена должно увеличиваться, а плотность сложения – снижаться. При увеличении увлажнения до среднемноголетнего уровня величина пористости аэрации по обработкам почвы разной интенсивности примерно выравнивается, поэтому и урожайность при этом режиме увлажнения различается в пределах точности опыта. При дальнейшем увеличении

количества выпадающих осадков, пористости аэрации на минимизированных обработках становится недостаточно, и такие обработки начинают устойчиво уступать вспашке по урожайности. Вероятны случаи, когда при переувлажнении и при использовании вспашки пористости аэрации может быть недостаточно и это приводит к снижению урожайности.

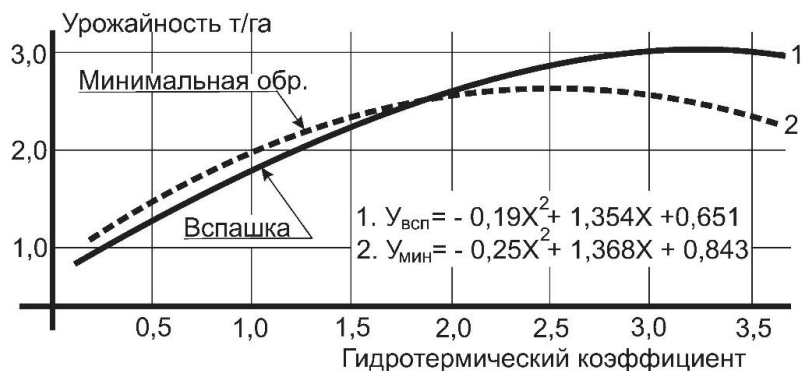


Рис 1 А) Почва - дерново-подзолистая легкосуглинистая

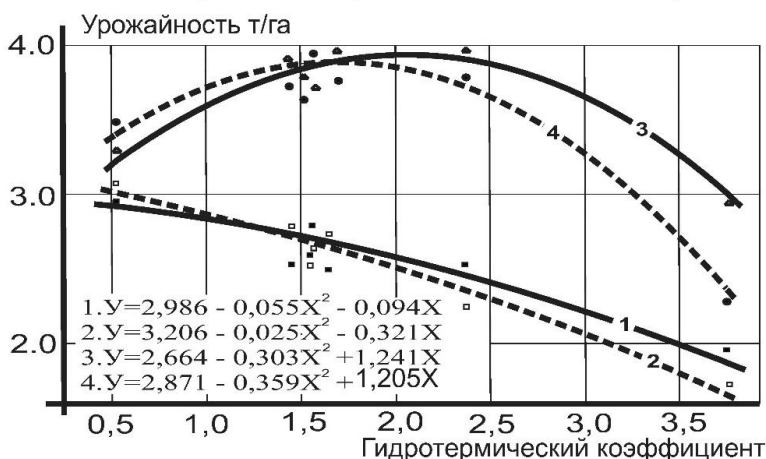


Рис 1 Б) Почва - темно-серая лесная тяжелосуглинистая

1. Вспашка без удобрений; 2. Безотвальное рыхление без удобрений;
 3. Вспашка $N_{80}P_{80}K_{60}$; 4. Безотвальное рыхление $N_{80}P_{80}K_{60}$

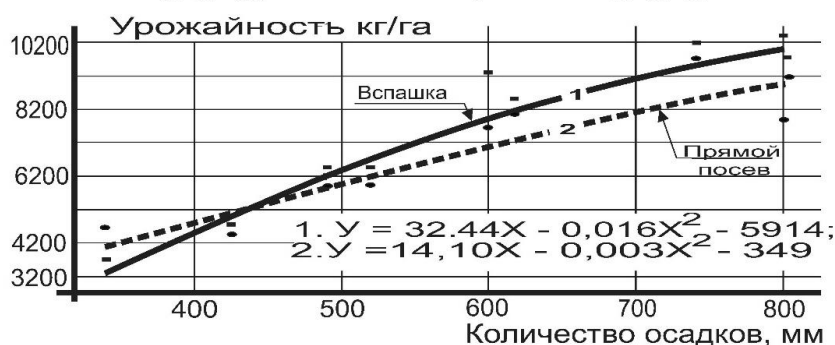


Рис 1В) Штат Миннесота США, Южная экспериментальная станция Уасека

Рисунок 1 – Зависимость урожайности возделываемых культур (1а, б – ячмень; 1в – кукуруза) в различных регионах в зависимости от количества осадков (ГТК)

Учитывая, что заранее предсказать какая будет погода невозможно, да и изменение режима выпадения осадков за вегетацию может кардинально меняться. Предложено для снижения зависимости посевов от режима

увлажнения в пахотном слое формировать неоднородное (объемно-гетерогенное) сложение почвы путем формирования на поле микро участков, каждый из которых рассчитан на определенный режим увлажнения (недостаток влаги, норма, избыток). Проводя аналогию с цифровой видеоаппаратурой, у которой у профессиональных моделей установлено по три матрицы, отдельно на каждый из основных цветов (красный, зеленый и синий), а у любительских моделей – одна матрица. И за счет этого качество изображения у профессиональной аппаратуры принципиально выше. Продолжая аналогию, в земледелии сейчас применяется «одноматричная» схема». Все технологии обработки применяются без учета будущих погодных условий, что и приводит к неизбежной потере урожайности при погодных аномалиях.

Как выполняется подобная обработка и что из этого может получиться, подробно описано в публикациях Конищева А.А. [8, 11].

Для определения размеров различно уплотненных участков, из которых будет в дальнейшем формироваться общий массив поля, необходимо проведение специальных исследований по определению влияния плотности сложения почвы при различном увлажнении, в различные периоды вегетации и в различных по глубине залегания слоях почвы на урожайность возделываемой культуры [12]. Применение для этого в качестве исходной информации известной величины «оптимальной плотности почвы» полностью исключается, так как она получена для момента готовности почвы к посеву, а для периода вегетации дает недопустимо большую ошибку. Эту работу можно представить как оцифровку зависимости урожайности возделываемой культуры от плотности сложения почвы в период вегетации.

Выводы. Предложена схема проведения исследований по реализации задачи снижения зависимости урожайности зерновых культур от неблагоприятных погодных проявлений в период вегетации. Показана бесперспективность возможности решения данного вопроса известными способами.

Библиографический список

1. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России (под редакцией академиков Россельхозакадемии А.Л. Иванов и В.И. Кирюшина) – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 518с.
2. D. B. Lobell and C. B. Field, «Global Scale Climate-Crop Yield Relationships and the Impacts of Recent Warming» *Environmental Research Letters*, Vol. 2, No. 1, 2007, pp. 1-7. doi:10.1088/1748-9326/2/1/014002
3. Mandal, S., Breach, P. and Simonovic, S. (2016) Uncertainty in Precipitation Projection under Changing Climate Conditions: A Regional Case Study. *American Journal of Climate Change*, 5, 116-132. doi: 10.4236/ajcc.2016.51012.
4. D. B. Lobell and C. B. Field, «Global Scale Climate-Crop Yield Relationships and the Impacts of Recent Warming» *Environmental Research Letters*, Vol. 2, No. 1, 2007, pp. 1-7. doi:10.1088/1748-9326/2/1/014002.
5. Фесенко М.А. Вклад случайных и контролируемых факторов в формировании урожайности зерновых культур полевого севооборота / *Агрофизика*. – 2017.– № 2.– С. 40-46
6. Лекомцев П.В. Научно-методическое обеспечение управления продукционным процессом яровой пшеницы в системе точного земледелия. Диссертация доктора

биологических наук, Санкт-Петербург АФИ, 2015. – 365с.

7. Постников П.А., Попова В.В. Урожайность яровой пшеницы в севооборотах // Достижения науки и техники АПК, 2013. – №2. – С. 19-21.

8. Конищев А.А. Обработка почвы: вчера, сегодня, завтра/ Иваново: ФГОУ ВПО ИГСХА им. академика Д.К. Беляева, 2013. – 127 с.

9. Конищев А. А., Перфильев Н. В., Гарифуллин И.И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности сложения» с влажностью почвы и урожайностью ячменя // Агрофизика. – 2019. – №2. – С. 25-31. DOI: 10.25695/ AGRPH.2019.02.04

10. Кроветто К.К. Прямой посев (No-till). – Самара: Типография ООО «Аэропринт», 2013. – 206 с.

11. Конищев А.А. Прошлое и будущее обработки почвы под зерновые культуры // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 03 (194). – С. 21-27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-21-27

12. Гарифуллин И.И. Методика расчета величины оптимальной плотности сложения почвы в любой период вегетации // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – №5(13). – С. 12-18, DOI 10.2593 /0372-3054/002.5.13.2020.

УДК: 631.461.61:631.582

ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ КЛЕТЧАТКИ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СЕВООБОРОТОВ⁵

Коновалова Е.Я.

ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр
им. В.В. Докучаева», Россия, Воронежская область, Каменная Степь

E-mail: e.konvalova2003@gmail.com

Резюме. В статье представлены данные об активности сообщества целлюлозоразлагающих микроорганизмов и азотного режима в почве под озимой пшеницей и её предшественниками в биологизированных севооборотах ЦЧЗ.

Ключевые слова: озимая пшеница, предшественник, севооборот, биологическая активность, целлюлозоразлагающие микроорганизмы, удобрения.

Большую роль в почвенном плодородии играет органическое вещество. Оно является основным энергетическим ресурсом, благодаря которому создаются условия для комфортной жизни растений и почвенных микроорганизмов [1].

Поступление свежей органики способствует мобилизации и усилению биологической активности почвы. Оценить её можно по разным интегральным показателям, одним из которых является интенсивность разложения целлюлозы. Она в большей степени зависит от температуры, содержания доступной влаги и азота в почве. Академик В.Г. Сычев указывал, что одним из источников пополнения запасов азота в почве служит биологическая фиксация атмосферного азота свободноживущими и клубеньковыми микроорганизмами. В этом плане хорошо зарекомендовали себя бобовые культуры и многолетние бобовые травы. В системе полевых севооборотов они оказывают благоприятное воздействие на плодородие почв, являясь хорошими предшественниками для озимой

⁵ Работа выполняется под руководством академика РАН Турусова В.И.

пшеницы. Внесение минеральных удобрений способствует повышению эффективности их использования [2, 3, 4, 5].

Наши исследования проводились в многолетнем стационарном опыте лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов ФГБНУ «Воронежский аграрный научный центр им. В.В. Докучаева». Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, среднесиловой тяжёлоуглинистого гранулометрического состава. Опыт заложен в трёхкратной повторности с систематическим размещением повторений и делянок. При построении схемы опыта использовался метод «расщеплённых делянок» и рассматривалось 7 видов севооборотов с выделенными в них звеньями озимой пшеницы и её предшественников при следующем чередовании культур:

1. Зернопаропропашной (контроль) – чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень – **горох – озимая пшеница** – ячмень.
2. Зернопаропропашной на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень – **горох – озимая пшеница** – ячмень.
3. Зернопропашной биологизированный – сидеральный пар (горчица) – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень + пожнивная горчица – **горох – озимая пшеница + озимая вика** – гречиха.
4. Зернопропашной биологизированный на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – сидеральный пар (горчица) – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень + пожнивная горчица – **горох – озимая пшеница + озимая вика** – гречиха.
5. Зернотравянопропашной – горох – озимая пшеница – кукуруза – ячмень + эспарцет – **эспарцет на сидерат – озимая пшеница** – подсолнечник.
6. Зернотравянопропашной на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – горох – озимая пшеница – кукуруза – ячмень + эспарцет – **эспарцет на сидерат – озимая пшеница** – подсолнечник.
7. Зернотравянопропашной – нут – озимая пшеница – кукуруза – ячмень + эспарцет – **эспарцет на сено – озимая пшеница** – овёс.

Данные исследований строились на основе аппликационного метода, который позволяет оценить интенсивность развития целлюлозоразлагающих микроорганизмов по скорости и степени распада льняной ткани [6]. Учёт разложения в среднем за 1 месяц в период активной вегетации культур севооборотов (май-июль) показал некоторые различия в вариантах опыта (табл. 1).

В результате исследований был проведен сравнительный анализ азотного режима и интенсивности разложения целлюлозы в почве под озимой пшеницей и её предшественниками. При этом выявлена положительная корреляционная связь. В слое почвы 0-20 см коэффициенты корреляции $r_{1(оз. пш.)} = 0,66$ и $r_{2(предш.)} = 0,59$ – были средние (по шкале Чеддока), а в слое 0-40 см они совпали $r_1=r_2=0,87$ и оказались высокие (рис.1 и 2).

Таблица 1 – Влияние различных видов севооборотов на изменение азотного режима почвы и целлюлозоразлагающей активности в 2020 году

Варианты севооборотов	Звено севооборота	Содержание N-NO ₃ , мг/кг		Потеря льняного полотна в %		Синтез аминокислот, опт.ед.	
		Слой почвы, см					
		0-20	0-40	0-20	0-40	0-20	0-40
Зернопаропропашной	горох	14,1	13,5	5,38	5,51	0,067	0,059
	озимая пшеница	7,2	7,1	5,11	4,09	0,050	0,039
	среднее	10,6	10,3	5,25	4,80	0,059	0,049
Зернопаропропашной N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	горох	13,4	12,9	6,68	5,03	0,074	0,054
	озимая пшеница	8,4	7,6	5,21	4,34	0,056	0,046
	среднее	10,9	10,3	5,95	4,69	0,065	0,050
Зернопропашной	горох	14,9	14,8	7,83	7,51	0,109	0,085
	оз. пшеница + оз.вика	10,8	9,9	7,81	7,07	0,122	0,101
	среднее	12,8	12,4	7,82	7,29	0,116	0,093
Зернопропашной N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	горох	12,6	13,6	7,99	7,73	0,114	0,091
	оз. пшеница + оз.вика	9,0	8,3	9,29	6,51	0,132	0,095
	среднее	10,8	11,0	8,64	7,12	0,123	0,093
Зернотравянопропашной	эспарцет на сидерат	8,5	8,2	5,99	4,56	0,092	0,065
	озимая пшеница	8,0	8,3	5,56	5,04	0,110	0,089
	среднее	8,2	8,3	5,78	4,80	0,101	0,077
Зернотравянопропашной N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	эспарцет на сидерат	7,5	7,3	4,17	2,87	0,064	0,048
	озимая пшеница	9,4	9,0	6,77	7,42	0,118	0,128
	среднее	8,5	8,2	5,47	5,15	0,091	0,088
Зернотравянопропашной	эспарцет на сено	8,5	8,8	6,34	3,82	0,086	0,062
	озимая пшеница	8,5	8,9	6,44	6,35	0,110	0,088
	среднее	8,5	8,8	6,39	5,09	0,098	0,075

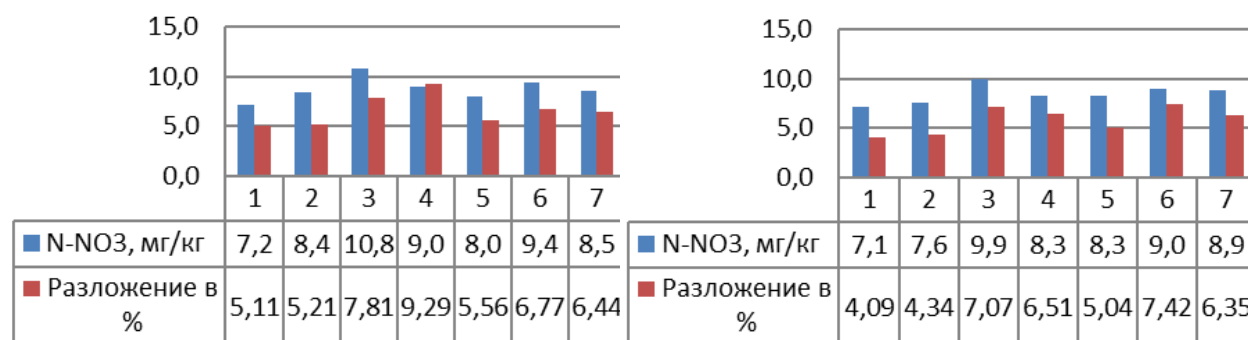


Рис. 1 – Содержание нитратного азота и разложение клетчатки в слое почвы 0-20 см (слева) и 0-40 см (справа) по озимой пшенице в различных видах севооборотов

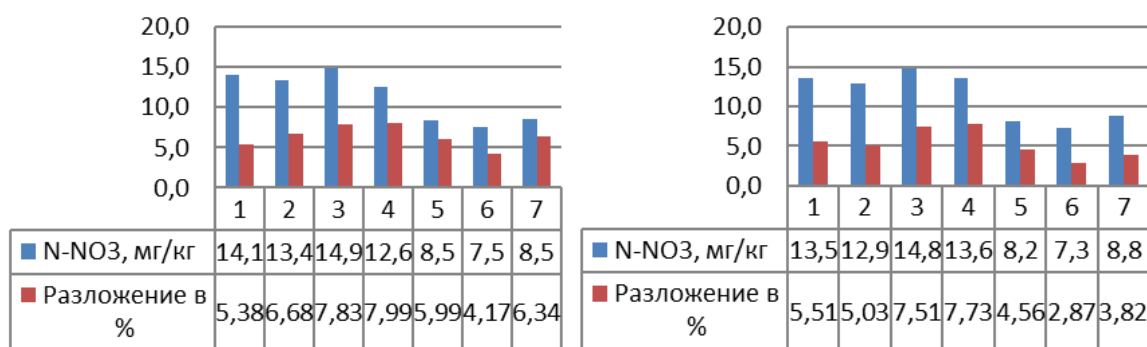


Рис. 2 – Содержание нитратного азота и разложение клетчатки в слое почвы 0-20 см (слева) и 0-40 см (справа) по предшественникам озимой пшеницы в различных видах севооборотов

Анализ данных таблицы 1 выявил некоторую закономерность, в которой имело место преимущество удобренных вариантов перед неудобренными. По озимой пшенице эта тенденция наблюдалась в большей степени, чем по её предшественникам. Максимальное разложение целлюлозы здесь было в зерно-пропашном севообороте с бинарным посевом на фоне N₆₀P₆₀K₆₀ в слое почвы 0-20 см. Оно составило – 9,29%. В слое почвы 0-40 см эффективнее оказался зернотравянопропашной севооборот с использованием удобрений, где предшественником был эспарцет на сидерат – 7,42%. Накопление аминокислот в почве напрямую зависело от степени распада клетчатки. При сравнении показателей аминокислот, замечаем, что в слое почвы 0-20 см они были выше аналогичных им в слое 0-40 см. Из этого следует вывод о том, что целлюлозоразлагающая активность в верхних слоях почвы происходила значительно лучше, чем в более глубоких слоях.

Говоря о метеорологических условиях в период исследования, можно отметить, что они практически не отличались от среднеемноголетних. По данным, предоставленным ГМО «Каменная Степь», ГТК ≈ 0.93 (май – июль) в сравнении с 0.97 (ср. мн.). Поэтому, указанный период характеризовался недостаточной влагообеспеченностью, что отразилось на интенсивности разложения клетчатки, которая оказалась незначительной.

В целом, бобовые культуры и многолетние бобовые травы, находясь в бинарном посеве или являясь предшественниками озимой пшеницы, оказали положительное влияние на накопление азота в почве, стимулируя целлюлозоразлагающую активность микроорганизмов. Применение минеральных удобрений ускорило процесс разложения льняного полотна и одновременно с этим увеличило синтез аминокислот.

Библиографический список

1. Лыков А.М. Воспроизводство органического вещества в современных системах земледелия // Земледелие. – 1988. – №9. – С. 20-22.
2. Лошаков В.Г. Севообороты и плодородие почв. М., 2012. 512 с.
3. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия. М.: Колос, 1979. 386 с.
4. Турусов В.И. Биологическая активность почвы в звеньях севооборотов / В.И. Турусов [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственных наук в современных условиях развития страны: сб. научных трудов по итогам междунаро. науч.-практ. конф. 14 января 2015 г. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 7-9.

5. Сычев В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв евразийской части России. – М., 2000. – 188 с.
6. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304с.

УДК 631.45:(633.16+661,847+661.848)

ДИНАМИКА ФОРМ CD И ZN В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯЧМЕНЯ

Крыленкин Д.В., Санжаров А.И., Анисимов В.С., Анисимова Л.Н.,
Фригидов Р.А., Дикарев Д.В., Саруханов А.В., Корнеев Ю.Н.
Всероссийский НИИ Радиологии и Агроэкологии, г Обнинск
E-mail: cornblum@mail.ru

Резюме. Для определения влияния различных концентраций Zn в почве на поведение его токсичного химического аналога Cd было проведено исследование прочности его сорбции посредством определения различных форм их сорбции при выращивании ячменя на протяжении 80 суток.

Summary. To determine the effect of different concentrations of Zn in the soil on the behavior of its toxic chemical analogue Cd, a study of the strength of its sorption was carried out by determining the various forms of its sorption during barley growing for 80 days.

Ключевые слова: тяжелые металлы, адсорбция, диффузия, экология, формы.

Поступление многих питательных веществ из почвенного раствора осуществляется в основном диффузионным путем. [1, 2] Под диффузией подразумевается совокупность элементарных процессов, в результате которых происходит распространение вещества и в которых единственной причиной движения является градиент концентрации вещества. В почве или грунте, где часть ионов находится в адсорбированном состоянии, а часть в растворе, процесс диффузии каждого отдельного иона складывается из последовательных процессов медленной диффузии в адсорбированном состоянии, перехода его в раствор в результате ионного обмена, более быстрой диффузии в растворе и перехода иона обратно в адсорбированное состояние. [3] При этом катионы способны быть адсорбированы в разных формах на поверхности твердой фазы почвы, в зависимости от чего меняется их доступность и скорость диффузии. Таким образом, для понимания влияния катионов тяжелых металлов на их поступление в растение из почвы необходимо изучить формы их содержания в этой почве.

Опыт проводился в пяти вариантах разных концентраций внесения цинка и кадмия – $Cd_{10}Zn_0$, $Cd_{10}Zn_0$, $Cd_{10}Zn_{50}$, $Cd_{10}Zn_{100}$, $Cd_{10}Zn_{150}$.

Растения выращивали в пластиковых сосудах, содержащих 5 кг (в пересчете на абсолютно-сухую массу) дерново-подзолистой почвы. Были высажены пророщенные семена в количестве 25 шт./сосуд. Максимальный возраст растений достигал 80-ти суток. Перед посевом в почву вносили Zn (в виде водного раствора нитрата) при тщательном перемешивании и разминании образующихся почвенных комочков в количестве 50, 100, 150 мг/кг, вместе с Cd (в виде водного раствора нитрата) в количестве 10 мг/кг. Общая концентрация цинка в

почве при этом составляла 0; 55.7; 105.7; 155.7; 205.7 мг/кг, кадмия: 0.4 и 10.4 мг/кг. Затем аналогичным образом добавляли питательные элементы в виде водных растворов солей (NH_4NO_3 , KH_2PO_4 , K_2SO_4) из расчета N_{200} , P_{100} и K_{100} . Контролем служил вариант с NPK Zn_0Cd_0 .

Содержание подвижных форм ТМ определяли экстракцией с помощью ацетатно-аммонийного буфера (рН 4.8) до отрицательной реакции на Ca^{2+} . Сумму подвижных и связанных с органо-минеральными комплексными соединениями ТМ определяли после экстракции с помощью 1 М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, рН 4,8+1% ЭДТА [4].

В ходе экспериментов проводились исследования по изучению динамики трансформации подвижных (извлекаемых 1 М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, рН 4,8) форм нахождения Zn и Cd в дерново-подзолистой супесчаной почве. Усредненные значения, полученные на 18-е, 40-е, 60-е и 80-е сутки вегетационного эксперимента, представлены на рисунке 1. Содержание подвижных форм Zn в почве возрастало. Полученная зависимость может быть удовлетворительно описана с помощью линейной функции: $[\text{Zn}]_{\text{подв.}}(\%) = 0,33 \times [\text{Zn}]_{\text{вал.}} - 12,61$ (мг/кг), $R^2=0,995$.

Содержание подвижных форм Cd в почве также возрастало: сначала с $0,07 \pm 0,05$ мг/кг до $4,2 \pm 1,0$ мг/кг при внесении в почву металла в количестве 10 мг/кг, и, далее, с $4,2 \pm 1,0$ мг/кг до $6,1 \pm 0,7$ мг/кг с увеличением количества внесенного в почву Zn (от 50 до 150 мг/кг) (рисунок 1).

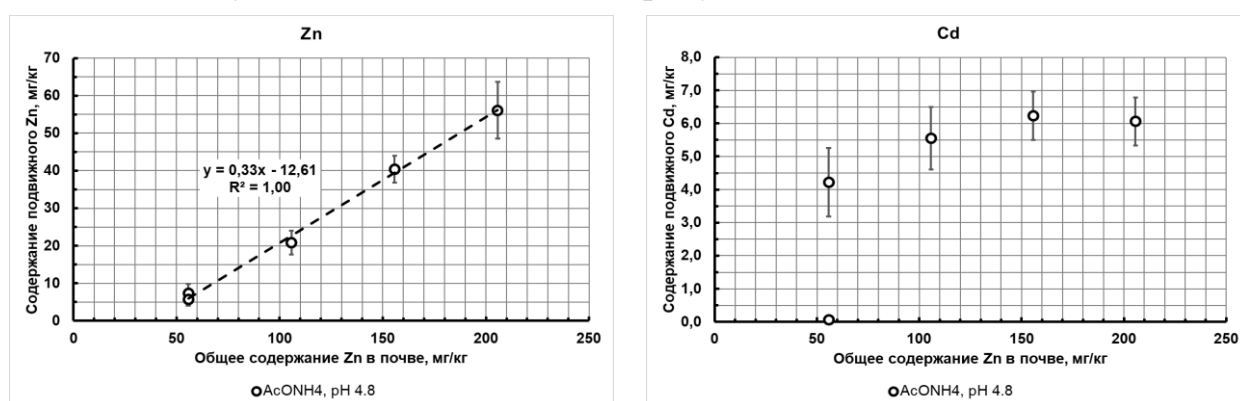


Рисунок 1 – Содержание подвижных форм Zn и Cd в почве в зависимости от варианта исследования при совместном их внесении

Также в течение экспериментов проводились исследования по изучению динамики трансформации суммы подвижных и связанных с органо-минеральными комплексными соединениями – ОМК (извлекаемых 1 М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, рН 4,8+1% ЭДТА) форм нахождения Zn и Cd в дерново-подзолистой почве. Результаты представлены на рисунке 2.

Содержание суммы подвижного и связанного с органо-минеральными комплексными соединениями Zn в почве возрастало с увеличением концентрации металла. Полученная зависимость может быть удовлетворительно описана с помощью линейной функции: $[\text{Zn}]_{\text{подв.}}(\%) = 0,42 \times [\text{Zn}]_{\text{вал.}} - 14,24$ (мг/кг), $R^2=0,98$.

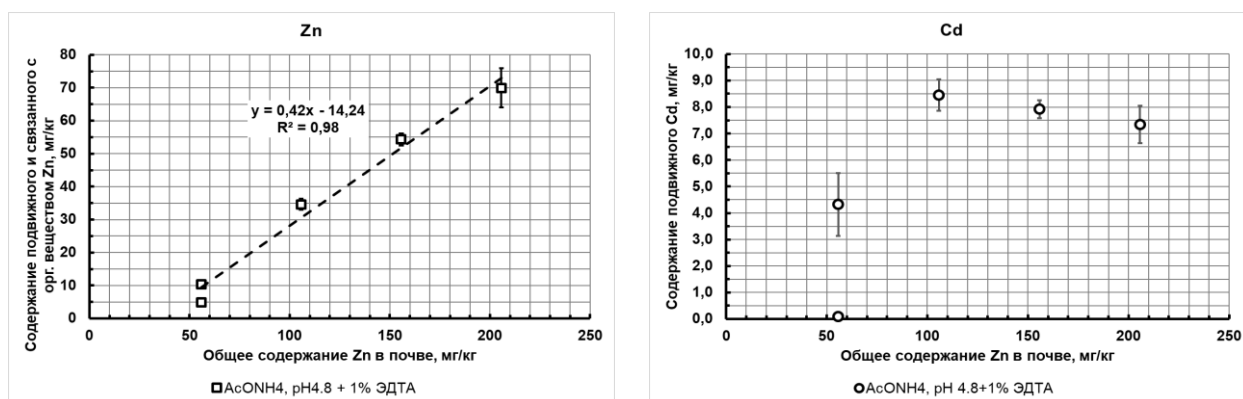


Рисунок 2 – Содержание суммы подвижных и специфически сорбированных в виде органо-минеральных комплексных соединений Zn и Cd в почве в зависимости от варианта исследования при совместном их внесении

Содержание подвижных и специфически сорбированных форм Cd в почве также возрастало: сначала с 0.10 ± 0.06 мг/кг до 4.3 ± 1.2 мг/кг при внесении в почву металла в количестве 10 мг/кг, и, далее, с 4.3 ± 1.2 мг/кг до 7-8.5 мг/кг с увеличением количества внесенного в почву Zn (от 50 до 150 мг/кг). Полученная зависимость содержания подвижных и специфически сорбированных форм Cd в почве от количества, внесенного в почву Zn представлена на рисунке 2.

Из диаграмм, представленных на соответствующих рисунках, следует, что количественное соотношение между Zn, присутствующим в почве в подвижной форме и в сумме форм – подвижной и специфически сорбированной в виде органо-минеральных комплексных соединений, составляет, в среднем, 0.8. Это соотношение не зависит от количества внесенных в почву Zn и Cd. Очень близкое соотношение (0.79) отмечено также для подвижной формы и суммы подвижной и специфически сорбированной форм Cd.

Подобное соотношение форм подвижных и суммы подвижных и связанных с органо-минеральными комплексами Zn и Cd свидетельствует о близости химических характеристик соответствующих групп соединений их с ТМ в почве, разделяемых как «подвижные» или «специфически сорбированные в виде органо-минеральных комплексных соединений». Таким образом, данная схема фракционирования ТМ в почвах по степени прочности их связывания с компонентами почвы оправдывает свою актуальность.

Вместе с тем, несмотря на общепринятое положение о близости химических характеристик исследуемых металлов – Zn и Cd, нельзя не отметить и их довольно существенное различие при взаимодействии с химически неоднородными почвенными компонентами. Так, соотношение относительного содержания цинка к относительному содержанию кадмия в подвижной форме в исследуемой почве и соответствующее соотношение относительного содержания этих металлов в виде суммы подвижных и связанных с органо-минеральными комплексами соединений, составляет, в среднем, 0.45 («подвижная форма») и 0.46 («сумма подвижной и специфически сорбированной в виде органо-минеральных комплексных соединений форм»), незначительно отклоняясь от этих величин для разных вариантов опыта.

Таким образом было установлено что содержание подвижных форм Zn в почве возрастало с увеличением концентрации металла. Полученная зависимость может быть удовлетворительно описана с помощью линейной функции: $[Zn]_{\text{подв.}}(\%) = 0,33 \times [Zn]_{\text{вал.}} - 12,61$ (мг/кг), $R^2=0,995$. Содержание подвижных форм Cd в почве также возрастало: с $0,07 \pm 0,05$ мг/кг до 4,2-6,1 мг/кг; содержание суммы подвижного и связанного с органо-минеральными комплексными соединениями Zn в почве линейно возрастало с увеличением концентрации металла в соответствии с эмпирическим уравнением: $[Zn]_{\text{подв.}}(\%) = 0,42 \times [Zn]_{\text{вал.}} - 14,24$ (мг/кг), $R^2=0,98$; содержание соответствующей формы нахождения Cd в почве также росло с $0,10 \pm 0,06$ мг/кг до 4-8,5 мг/кг с увеличением количества, внесенного в почву Zn (от 50 до 150 мг/кг). При этом соотношение между подвижной формой Zn в почве и суммой подвижной и специфически сорбированной в виде органо-минеральных комплексных соединений форм, составляет, в среднем, 0,8. Это соотношение не зависит от количества внесенных в почву Zn и Cd. Очень близкое соотношение (0,79) отмечено также для Cd, а соотношение относительного содержания подвижных форм кадмия и цинка в исследуемой почве составляет, в среднем, 0,45, что близко к соотношению относительного количества этих металлов для суммы подвижных и связанных с органо-минеральными комплексами соединений, (0,46);

Библиографический список

1. Barber S.A. // Soil sci., v 93, p. 39, 1962
2. Passiora J.B. // Plant and Soil, v. 18, №2, p.225, 1963
3. В.М. Прохоров, А.С. Фрид Количественные закономерности диффузии ионов в почве как пористой адсорбирующей среде.
4. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Burachevskaya M.V., Bauer T.V., Sushkova S.N. Method of determining loosely bound compounds of heavy metals in the soil // MethodsX 2018. Vol.5. P. 217-226. doi.org/10.1016/j.mex.2018.02.007

УДК 631.4

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ФОСФОРА И КАЛИЯ В УСЛОВИЯХ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Кувшинова А.А.¹, Украинский П.А.², Михайленко И.И.¹,
Евдокименкова М.И.¹

¹ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»

308001, Россия, г.Белгород, ул.Октябрьская, д.58

²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

E-mail: kyvana@mail.ru

Резюме. Проведён анализ пространственного распределения подвижного фосфора и обменного калия в почвах агроландшафтов. В отдельных микрозонах выявлены различия в содержании исследуемых питательных элементов.

Ключевые слова. Подвижный фосфор, обменный калий, агроландшафт.

Summary. The analysis of the spatial distribution of mobile phosphorus and exchangeable potassium in the soils of agricultural landscapes is carried out. In some microzones, differences in the

content of the studied nutrients were revealed.

Key words. Mobile phosphorus, exchangeable potassium, agricultural landscape.

В Белгородской области наибольшая часть пахотных земель находится в условиях склоновых агроландшафтов. В зависимости от экспозиции и уклонов склонов изменяется распределение питательных элементов в почвах. Неоднородность почвенного покрова в условиях склона влияет на почвенное плодородие [1]. Наряду с проблемой сохранения почвенного плодородия в агроландшафтах встаёт необходимость снижения затрат при возделывании сельскохозяйственных культур за счёт дифференцированного внесения удобрений. Современные технологии внесения удобрений эффективны лишь при учёте содержания в почвах подвижных форм элементов питания с учётом их пестроты запасов [2].

Цель исследования – проведение анализа пространственного распределения подвижных форм фосфора и калия в почвах склоновых агроландшафтов в поверхностном горизонте.

Полевые исследования проводили в 2005-2009 годах на базе ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» на опытном участке с адаптивно-ландшафтным подходом. Почвы представлены черноземами типичными среднесуглинистыми слабосмытыми и среднесмытыми. Механический состав почв тяжелосуглинистый и глинистый.

Данный участок был развёрнут на прямом склоне южной экспозиции. Склон условно разделен на три микрозоны: крутизной 1-3°, крутизной 3-5° и крутизной 5-6°. Было заложено 13 линий (трансект). С 1-5 линии по 15 скважин, с 6-7 по 20 скважин, в 9-10 трансекте по 19 скважин; трансекты 11-13 имеют по 18 скважин. Расстояние между линиями 20 метров. Глубина скважин – 90 см. Отбор образцов проводился с глубин 0-30 см, 30-60 см, 60-90 см. Конкретное исследование проводится только в поверхностном горизонте. Данный анализ процессов на основе катены позволяет выделить различия в распределении элементов питания в различных формах рельефа при движении от вершины до подножья одного и того же склона [3].

Подвижный фосфор и обменный калий определяли по общепринятым методикам. В некарбонатных образцах элементы питания определяли по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91), в карбонатных почвенных образцах – по методу Мачигина (26205-91). Статистическая обработка результатов исследований проводилась с помощью MS Excel 2016.

Для репрезентативности объемного количества данных были построены графики среднего содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах исследуемого участка (рис.1 и рис.2). Содержание подвижного фосфора в почвах варьировало с 3,20 мг/кг на склоне крутизной 5-6° до 21,56 мг/кг на склоне крутизной 1-3°. Максимум содержания фосфора объясняется тем, что в верхней части склона в точках отбора 2, расположен опытный участок с адаптивно-ландшафтным подходом, который предусматривает ежегодное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Несмотря на это, в среднем, установлено достоверно максимальное содержание исследуемого элемента на склоне с

уклоном 3-5° (10,16 мг/кг); минимальное – на склоне с уклоном 5-6° (5,02 мг/кг) (табл.1).

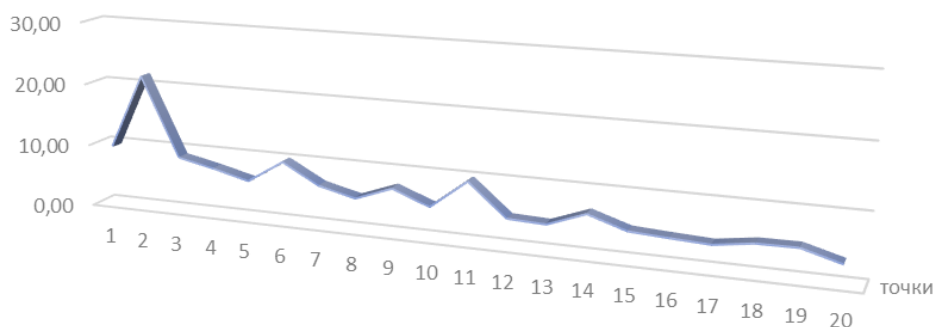


Рисунок 1 – Содержание подвижного фосфора в почвах на глубине 0-30 см, мг/кг

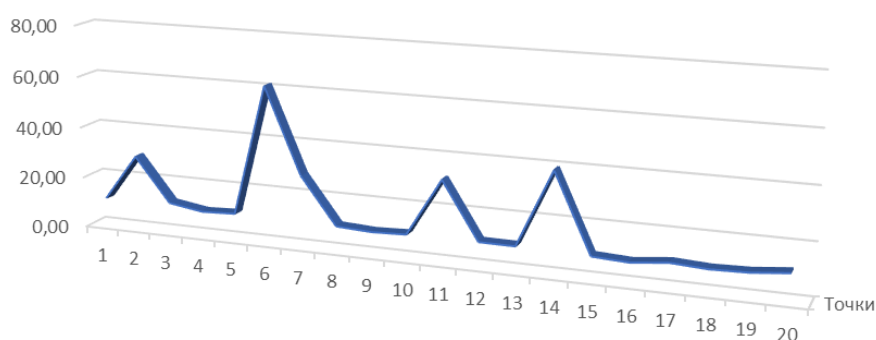


Рисунок 2 – Содержание обменного калия в почвах на глубине 0-30 см, мг/кг

Таблица 1 – Оценка значимости различий по содержанию фосфора и калия в зависимости от условий мезорельефа в слое 0-30 см по критерию НСР (уровень вероятности 95%)

P ₂ O ₅					
Сравниваемые результаты	X1	X2	d=[x1-x2]	НСР	Оценка значимости
Склон 1-3° Склон 3-5°	8,02	10,16	2,14	2,27	несущественная
Склон 1-3° Склон 5-6°	8,02	5,02	3,00	2,49	существенная
Склон 3-5° Склон 5-6°	10,16	5,02	5,14	3,11	существенная
K ₂ O					
Сравниваемые результаты	X1	X2	d=[x1-x2]	НСР	Оценка значимости
Склон 1-3° Склон 3-5°	28,98	16,66	12,32	9,35	существенная
Склон 1-3° Склон 5-6°	28,98	9,10	19,88	15,42	существенная
Склон 3-5° Склон 5-6°	16,66	9,10	7,56	17,87	несущественная

Наибольшее содержание обменного калия наблюдалось на склоне крутизной 1-3° и составило 61,25 мг/кг, наименьшее – на склоне крутизной 5-6° и

составило 8,20 мг/кг соответственно. В среднем, содержание исследуемого элемента достоверно выше в микрозоне с уклоном 1-3° (28,98 мг/кг) по сравнению с микрозонами 3-5° (16,66 мг/кг) и 5-6° (9,1 мг/кг) (табл.1). Катенарное исследование показывает скачкообразное неравномерное распределение обменного калия вдоль склона, от вершины к подножию. Такая тенденция объясняется склоновой почвенной эрозией.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Установлена существенная разница в содержании подвижного фосфора в почвах между склонами крутизной 1-3° и 5-6°, и между склонами крутизной 3-5° и 5-6°. Данная разница составила 3,00 мг/кг и 5,14 мг/кг соответственно.

2. Зафиксировано достоверное превышение содержания обменного калия в почвах в микрозоне 1-3° над содержанием исследуемого элемента в почвах микрозон 3-5° (19,88 мг/кг) и 5-6° (7,56 мг/кг).

3. Максимальные значения наблюдались в почвах склона крутизной 1-3°, минимальные – в условиях склона 5-6°. Содержание подвижного фосфора составило 21,56 мг/кг и 3,20 мг/кг соответственно. Содержание обменного калия – 61,25 мг/кг и 8,20 мг/кг.

Библиографический список

1. Проценко Е.П. Влияние природных и агрогенных факторов на режим азота и биологическую продуктивность сельскохозяйственных культур в склоновом рельефе ЦЧЗ / Е.П. Проценко, Л.Н. Караулова // Агрохимия. – №4. – С.37-45.
2. Методическое руководство «Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» Под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 794 с.
3. Milne' G. Some suggested units of classification and mapping, particullary for East African soils // Soil Res. 1935. – V. 4. – № 3. – P. 183-189.

УДК 631.46:631.445.4

ВЛИЯНИЕ ВИДА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО

Кузнецов А.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ» г. Курск

E-mail: kuzneczov.1983@mail.ru

Резюме. Показано, что увеличение интенсивности сельскохозяйственного использования чернозёма типичного в ряду угодий: лесополоса → залежь → многолетние травы → пашня с зернотравяным севооборотом → пашня с зернопаропропашным севооборотом приводит к снижению содержания углерода микробной биомассы в слоях 0-25 см и 25-50 см и массы дождевых червей в слое 0-50 см. При бессменном многолетнем травосеянии количество дождевых червей в 0-50 см слое почвы максимально.

Ключевые слова: вид землепользования, сельскохозяйственное угодье, чернозём типичный, углерод микробной биомассы, дождевые черви.

Биологическое состояние чернозема типичного определяется комплексом биологических свойств, теснейшим образом связанных с органическим

веществом и плодородием почвы. Важнейшими показателями биологического состояния почвы являются микробная биомасса и дождевые черви.

Почвенные микроорганизмы – наиболее активная и чувствительная часть органического вещества почвы, служащая своеобразным биоиндикатором экологического состояния почвы. Микробная биомасса является одним из главных компонентов активной фракции органического вещества чернозема и играет важную роль в плодородии почв [6, 8].

Распашка и сельскохозяйственное использование почвы вызывает серьезные нарушения в её функционировании, которые в первую очередь влияют на численность, активность и видовое разнообразие почвенных микроорганизмов [6, 8, 9].

Дождевые черви, пропуская через свой кишечник большую массу отмерших растительных тканей, разрушают, переваривают и перемешивают их с землей. В кишечнике червей развиваются процессы полимеризации низкомолекулярных продуктов распада органических веществ и формируются молекулы гуминовых кислот, образующие комплексные соединения с минеральными компонентами почвы, прежде всего с кальцием (гуматы кальция).

Интенсивная механическая обработка почвы и снижение поступления свежего органического вещества при её сельскохозяйственном использовании приводит к значительному снижению популяций дождевых червей [1, 2, 3, 7].

Поэтому изучение влияния землепользования на содержание микробной биомассы и дождевых червей в черноземе типичном является важным и актуальным для почвоведения, земледелия и экологии.

Исследования проводились на опытном поле ВНИИЗиЗПЭ – структурного подразделения ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область Медвенский район п. Панино) на склоне северной экспозиции крутизной 3-5°.

Объектом исследования был чернозем типичный среднесиловый тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках в лесополосе (28 лет); на залежи (26 лет); под многолетними (24-летними) бессменными травами (МТ) (костёр безостый) без удобрений, с одним укосом в год; на пашне без удобрений, отвальная обработка почвы с зернотравяным (ЗТС) и зернопаропропашным (ЗППС) севооборотом (6-я ротация).

Определение содержания углерода микробной биомассы (МБ) проводили в свежих почвенных образцах регидратационным методом с использованием для расчета $K_c = 0,25$ [4]. Отбор смешанных почвенных образцов на всех объектах исследования проводился по диагонали делянок из 6 точек буром по глубинам 0-25 см и 25-50 см. Почвенную мезофауну определяли методом почвенных раскопок с послойной ручной разборкой почвы [5] в трехкратной повторности после уборки урожая.

Исследования показали (рис. 1), что наибольшее содержание углерода МБ отмечено в слое 0-25 см чернозема типичного на объектах, наименее подверженных агрогенной нагрузке: в лесополосе и на залежи. Вероятно, это обусловлено обогащённостью данного почвенного слоя органическим веществом и наиболее благоприятными для развития почвенных микроорганизмов

условиями. В слое почвы 25-50 см по сравнению с верхним слоем 0-25 см в лесополосе и на залежи содержание МБ уменьшалось на 29-30%, но, тем не менее, оно было выше, чем в пахотной почве.

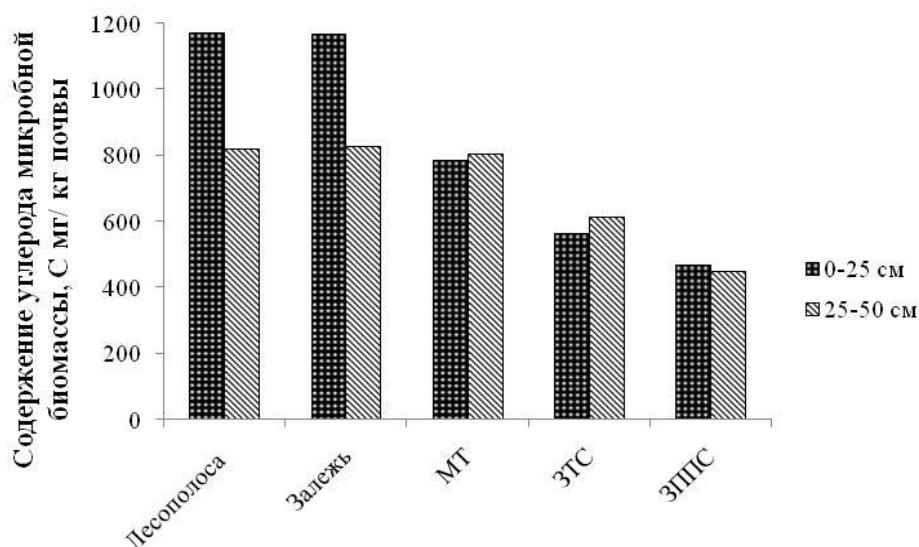


Рисунок – 1 Содержание углерода микробной биомассы в чернозёме типичном на изучаемых угодьях

Сельскохозяйственное использование чернозема типичного для выращивания многолетних бессменных трав и на пашне приводит к снижению содержания углерода МБ в основном в слое 0-25 см по сравнению с залежью и лесополосой, причем уровень снижения зависит главным образом от интенсивности агрогенного воздействия и гидротермических условий.

Так согласно исследованиям в слое 0-25 см чернозема типичного на пашне с ЗТС и ЗППС по сравнению с залежью содержание углерода МБ снижалось в 2,1-2,5 раза соответственно. При этом, в слое почвы 25-50 см, по сравнению с верхним слоем на пашне с ЗТС и ЗППС, содержание МБ изменялось несущественно, как в сторону увеличения (на пашне с ЗТС), так и в сторону снижения (на пашне с ЗППС). Вероятно, это обусловлено сложившимися на пашне гидротермическими, воздушными и питательными условиями.

Бессменное многолетнее травосеяние приводит к увеличению содержания микробной биомассы в чернозёме типичном. Причем, в верхнем слое почвы (0-25 см) под многолетними травами по сравнению с пашей с ЗППС, содержание микробной биомассы было выше, соответственно, на 41%, а в нижнем слое (25-50 см) на 44%. Отмечаемое незначительное увеличение содержания углерода МБ вниз по профилю чернозёма типичного под МТ вероятно связано с пересыханием верхнего слоя почвы.

В результате проведённых исследований было установлено, что на 1 м² в 0-50 см слое почвы под многолетними травами отмечается максимальное количество дождевых червей (121 шт./м²), а в лесополосе и залежи их содержание было в 1,3 и 1,4 раза меньше (рис. 2).

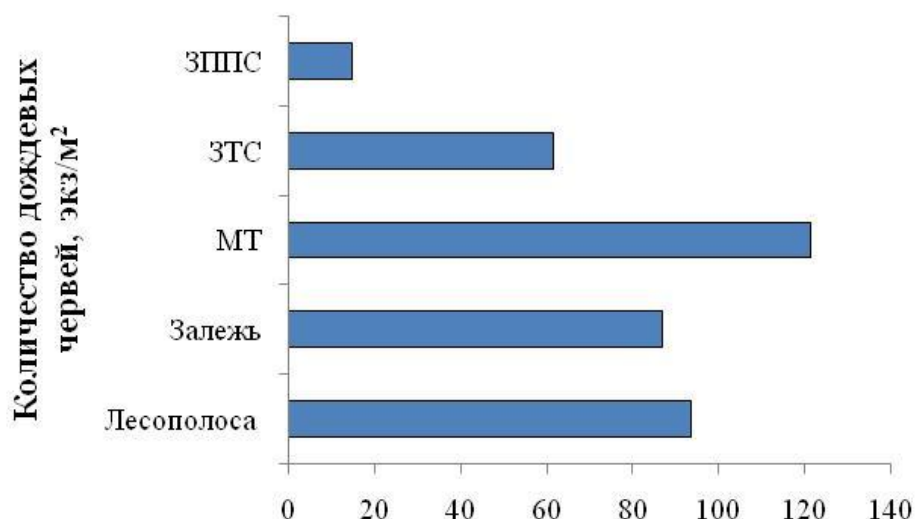


Рисунок – 2 Содержание дождевых червей в 0-50 см слое чернозёма типичного на изучаемых участках

По сравнению с многолетними травами (бессменные посевы) в слое 0-50 см пахотных почв с ЗТС и ЗППС содержалось меньше дождевых червей, соответственно в 2,0 и 8,2 раз. Вероятно, это связано, с одной стороны, с тем, что в почве под многолетними травами сложились более благоприятные для жизнедеятельности люмбрицид гидротермические условия, а с другой, с тем, что повышение агрогенной нагрузки на почву оказывает стрессорное действие на них и ухудшает топоческие и трофические почвенные свойства.

Содержание общей живой массы дождевых червей на 1 м² в слое 0-50 см было максимальным в почве под лесополосой (рис. 3). В чернозёме типичном под многолетними травами и залежью по сравнению с лесополосой отмечается уменьшение живого веса дождевых червей на 38,7% и на 41,1%, соответственно.

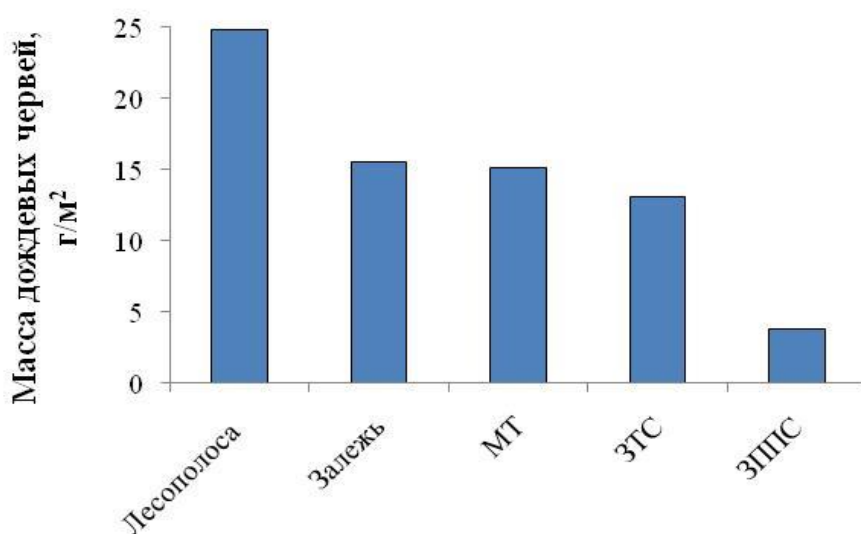


Рисунок – 3 Содержание общей живой массы дождевых червей в 0-50 см слое чернозёма типичного на изучаемых участках

В пахотных почвах с ЗТС и ЗППС в слое 0-50 см по сравнению с залежью живая масса дождевых червей уменьшается соответственно в 1,1 и 3,8 раза. При этом в слое 0-50 см чернозёма типичного на залежи, под многолетними бес-
сменными травами и на пашне с ЗТС отмечаются близкие значения по содержанию живой массы дождевых червей. Вероятно, это обусловлено как интенсивностью агрогенной нагрузки, так и количеством и качеством поступающих в почву растительных остатков.

Таким образом, увеличение интенсивности сельскохозяйственного использования и степени агрогенного воздействия на чернозём типичный в ряду угодий: лесополоса → залежь → многолетние травы → пашня, ЗТС → пашня, ЗППС приводит к снижению содержания углерода микробной биомассы в слоях 0-25 см и 25-50 см и массы дождевых червей в слое 0-50 см. При этом количество дождевых червей в слое 0-50 см чернозёма типичного на 1 м² снижалось ряду угодий: лесополоса → залежь → пашня, ЗТС → пашня, ЗППС. При бессменном многолетнем травосеянии количество дождевых червей в 0-50 см слое почвы максимально.

Библиографический список

1. Barros, E. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia / E. Barros, B. Pashanasi, R. Constantino, P. Lavelle // *Biol. and Fert. Soils*. – 2002. – V. 35. – № 5. – P. 338-347.
2. Bayon, S. Moreau, C. Gascuel-Oudoux, F. Binet // *Geoderma*. – 2002. – V. 106. – № 1. – P. 121-135.
3. Анненкова, М.В. Характеристика мегафауны в почвах с разной антропогенной нагрузкой / М.В. Анненкова // *География на рубеже веков: проблемы регионального развития: Материалы международной научной конференции*. – Курск. 1999. – Т. 3. – Ч. 8.9.10. – С. 113-115.
4. Благодатский, С.А. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С.А. Благодатский, Е.В. Благодатская, А.Ю. Горбенко, Н.С. Паников // *Почвоведение*. – 1987. – № 4. – С. 64-71.
5. Гиляров, М.С. Учет мелких членистоногих (микрофауны) и нематод / М.С. Гиляров // *Методы почвенно-зоологических исследований*. – М.: Наука, 1975. – С. 30-43.
6. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1987. – 245 с.
7. Ломакин, М.М. Мульчирующая обработка почвы на склонах / М.М. Ломакин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 184 с.
8. Паринкина, О.М. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании / О.М. Паринкина, Н.В. Ключева // *Почвоведение*. – 1995. – № 5. – С. 573-581.
9. Сусьян, Е.А. Профильное изменение микробной активности в серой лесной почве и черноземе / Е.А. Сусьян, Д.С. Рыбьянец, Н.Д. Ананьева // *Почвоведение*. – 2006. – № 8. – С. 956-964.

УДК 633.1 : 631.452 : 631.8 : 631.582 : 633.63

**ДИНАМИКА ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОД ЗЕРНОВЫМИ
КУЛЬТУРАМИ ПРИ ПОСЛЕДЕЙСТВИИ УДОБРЕНИЙ В
СЕВООБОРОТЕ С САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ ЦЧР**

**DYNAMICS OF EFFECTIVE FERTILITY IN GRAIN-CROP FIELDS
UNDER AFTEREFFECT OF FERTILIZERS IN THE CROP ROTATION
WITH SUGAR BEET IN THE CENTRAL-BLACK EARTH REGION**

Куницын Н.А.¹, Минакова О.А.¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
сахарной свёклы и сахара им. А.Л. Мазлумова», пос. Рамонь

E-mail: olalmin2@rambler.ru

Резюме. *Последействие удобрений, применяемых в севообороте с сахарной свеклой в условиях лесостепи ЦЧР, обеспечивало повышение содержания подвижных форм NPK и изменение рН_{KCl} в черноземе выщелоченном, при этом отмечено увеличение урожайности зерна озимой пшеницы и ячменя.*

Ключевые слова: *озимая пшеница, ячмень, последействие, удобрения, навоз, плодородие, чернозем выщелоченный.*

Summary. *Aftereffect of fertilizers applied in a crop rotation with sugar beet under conditions of the Central-Black Earth Region forest-steppe provided increase of NPK mobile forms' content and change of рН_{KCl} in leached chernozem. In addition, increase of winter wheat and barley grain yield was noted.*

Key words: *winter wheat, barley, aftereffect, fertilizers, manure, fertility, leached chernozem*

Сахарную свеклу возделывают в севооборотах совместно с зерновыми культурами, доля которых составляет 50-60 % [1]. Для получения высоких урожаев сахарной свеклы в ЦЧР вносят значительные дозы минеральных и органических удобрений, научно-обоснованными которых являются $N_{120-170}P_{140-190}K_{100-190}$ и 30-40 полуперепревшего навоза КРС [2]. Коэффициенты использования NPK культурой из минеральных удобрений невелики и составляют: N – 37,7-52,0% для, P_2O_5 – 10,6-19%, K_2O – 46-53,2% [3, 4], из навоза (на второй год после внесения) – 25, 30, 50 соответственно [5]. Потребность в NPK зерновых культур ниже, чем пропашных культур, так, например, с урожаем ячменя с 1 га выносятся 70,3 кг N, 49,3 – P_2O_5 и 59,5 – K_2O [6].

Таким образом, изучение последействия удобрений, применяемых под сахарную свеклу в севооборотах, на плодородие почвы под зерновыми культурами и их урожайность в зернопаропропашном севообороте, является актуальным.

Исследования проводились в 2019-2020 гг. в стационарном опыте с удобрениями (год закладки – 1936) во ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Девятипольный зернопаропропашной севооборот имеет следующее чередование культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – клевер 1 года использования – озимая пшеница – сахарная свекла – однолетние травы – овес. Почва опыта – чернозем выщелоченный малогумусный тяжелосуглинистый. Минеральными удобрениями удобряется только сахарная свекла, навоз

вносится 1 раз за ротацию в пару. Изучались показатели эффективного плодородия и урожайность зерновых в варианте без удобрений (контроль) и 5 вариантах с различными дозами минеральных удобрений и навоза.

Таблица 1 – Показатели эффективного плодородия чернозема выщелоченного в почве под озимой пшеницей в звене с черным паром, слой 0-40 см

Вариант	рН _{KCL}	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/кг почвы		
Контроль	5,29	3,57	80,7	80,2
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +25 т/га навоза	5,40	6,64	104	79,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +25 т/га навоза	5,11	6,50	128	77,5
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ +25 т/га навоза	5,10	5,05	143	80,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +50 т/га навоза	5,54	3,87	104	89,2
N ₁₉₀ P ₁₉₀ K ₁₉₀	5,02	6,52	121	79,5

В результате проведенных исследований установлено, что в слое почвы 0-40 см под озимой пшеницей отмечено достоверное снижение рН_{KCL} на 0,18-0,27 относительно контроля (табл. 1) при внесении высоких доз минеральных удобрений (N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅+25 т/га навоза и N₁₉₀P₁₉₀K₁₉₀), но повышение на 0,25 – при – при N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀+50 т/га навоза.

Достоверное увеличение содержания минерального азота в почве отмечалось во всех вариантах с удобрениями, кроме N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀+50 т/га навоза, на 0,30-3,07 мг/кг почвы (на 41,4-86,0%), в наибольшей степени – при N₄₅P₄₅K₄₅+25 т/га навоза, N₉₀P₉₀K₉₀+25 т/га навоза и N₁₉₀P₁₉₀K₁₉₀.

Содержание P₂O₅ в почве относительно контроля повышалось на 23,3-62,3 мг/кг почвы (на 28,9-77,2%), более всего – при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅+25 т/га навоза, K₂O – изменялось незначительно, повышение на 9,0 мг/кг почвы (на 11,1%) отмечено только при действии N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀+50 т/га навоза.

Таблица 2 – Показатели эффективного плодородия чернозема выщелоченного в почве под ячменем, слой 0-40 см

	рН _{KCL}	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/кг почвы		
Контроль	5,06	5,67	91,0	85,0
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +25 т/га навоза	5,01	9,91	97,0	76,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +25 т/га навоза	4,96	7,02	138	88,7
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ +25 т/га навоза	4,84	9,99	156	104
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +50 т/га навоза	5,11	5,49	118	84,7
N ₁₉₀ P ₁₉₀ K ₁₉₀	4,91	7,95	119	92,2

Изменение рН_{KCL} в почве под ячменем составило 0,05-0,22 (табл. 2), в большинстве вариантов опыта отмечалось снижение показателя, более всего – в

вариантах $N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$, а в варианте $N_{120}P_{120}K_{120}+50$ т/га навоза отмечалась тенденция к повышению на 0,05.

Было отмечено достоверное повышение содержания подвижных форм азота на 1,35-4,24 мг/кг почвы (на 23,8-76,2%), кроме варианта $N_{120}P_{120}K_{120}+50$ т/га навоза, где величина показателя была на уровне контроля. Наибольшее количество минерального азота отмечалось в вариантах $N_{45}P_{45}K_{45}+25$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза

Содержание подвижного P_2O_5 увеличивалось относительно контроля в вариантах с последствием удобрений на 6,0-65,0 мг/кг почвы (на 6,60-71,4%), более всего – в варианте $N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза, менее всего – $N_{45}P_{45}K_{45}+25$ т/га навоза. Удвоение дозы минеральных удобрений на фоне 25 т/га навоза повышало его на 42,2%, утроение – на 13,0%, а последующее увеличение не содействовало повышению показателя.

Содержание K_2O в почве повышалось только при действии доз $N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ на 19,0 и 7,20 мг/кг почвы (на 22,3 и 8,47 % соответственно), другие дозы либо оставляли его значение на уровне контроля, либо снижали на 8,8 мг/кг почвы (на 10,3 %).

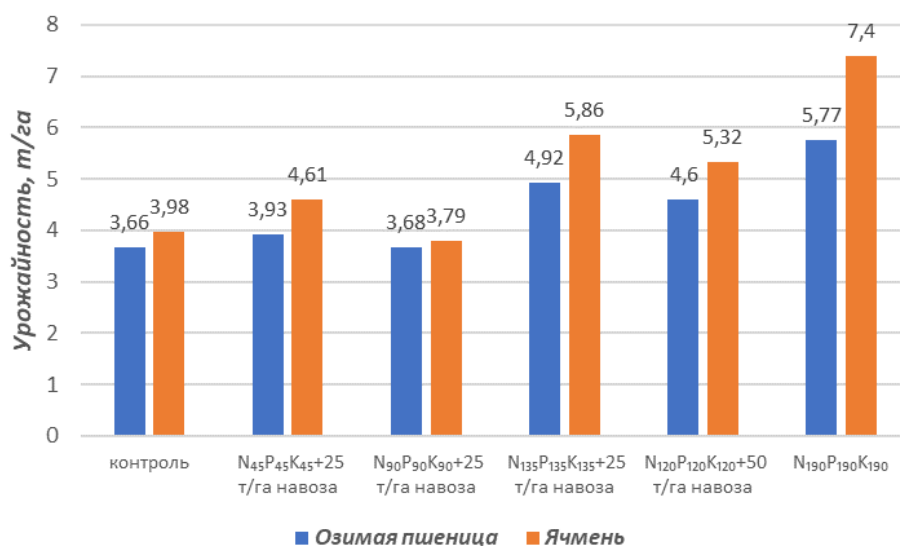


Рисунок – Урожайность озимой пшеницы и ячменя в опыте, 2019-2020 гг.

Сложившийся в севообороте уровень почвенного плодородия обеспечивал урожайность зерна озимой пшеницы в вариантах с последствием удобрений на уровне 3,68-5,86 т/га (рис.) (в контроле – 3,66 т/га), ячменя – 3,79-7,40 т/га (в контроле – 3,98 т/га) соответственно. Последствие удобрений в звене с паром способствовало повышению урожайности зерна озимой пшеницы относительно контроля на 7,37-57,6% (на 0,27-2,11 т/га), наибольшее влияние оказывала доза $N_{190}P_{190}K_{190}$, несколько меньшее – $N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза, дозы $N_{45}P_{45}K_{45}+25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90}+25$ т/га навоза оказывали наименьшее влияние на данный показатель. Последствие удобрений на 1-й год после сахарной свеклы в паровом звене способствовало повышению урожайности зерна ячменя относительно контроля на 13,0-59,1% (на 0,39-1,78 т/га), наибольшее влияние оказывали дозы $N_{190}P_{190}K_{190}$ и $N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза.

Таким образом, лучшие показатели эффективного плодородия при

последствиях удобрений в севообороте сахарной свеклой обеспечивались: под озимой пшеницей дозами $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$, которые способствовали накоплению P_2O_5 и NH_4+NO_3 , а $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза – K_2O и повышению pH_{KCl} . В почве под ячменем система $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза обеспечивала максимальное содержание НРК, а $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза – оптимальную pH_{KCl} . На урожайность зерновых культур больше всего влияло применение в севообороте систем удобрения $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$.

Библиографический список

1. Баздырев Г. И., Лошаков В. Г., Пупонин А. И. и др. Земледелие: Учеб. для студентов вузов по агроном. специальностям. М.: Колос, 2000. 549 с.
2. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сахарной свеклы: методические рекомендации. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2008. 56 с.
3. Нормативные показатели выноса и коэффициент использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почв, Москва: ЦИНАО, 1986. 110 с.
4. Заришняк А.С., Руцкая С.И., Колибабчук Т.В. Влияние удобрений на потребление элементов питания культурами зерно-свекловичного севооборота на черноземе оподзоленном // Агрохимия. 2003. № 6. С. 39-46.
5. Гуреев И.И., Агибалов А.В. Производство сахарной свеклы без затрат ручного труда. Курск, 2000. 124 с.
6. Окорков В.В., Семин И.В. Влияние удобрений на продуктивность и качество зерновых культур на серой лесной почве Ополя // Аграрный вестник Верхневолжья. 2014. № 2 (7). С. 21-28.

УДК 632.152

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В 30-КМ ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ООО «НЛМК-КАЛУГА»

Курбаков Д.Н., Кузнецов В.К., Сидорова Е.В., Андреева Н.В.,
Саруханов А.В., Кречетникова Е.О.
ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск
E-mail: Kurbakov007@gmail.com

Резюме. Работа посвящена оценке загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами в районе расположения электрометаллургического завода ООО «НЛМК-Калуга». Определены полиэлементный состав, коэффициенты загрязнения и дана оценка пылевой нагрузки на окружающую среду в зависимости от расстояния и направления от промышленного предприятия.

Ключевые слова: черная металлургия, мониторинг, атмосферный воздух, тяжелые металлы, снежный покров.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SNOW COVER IN THE 30-KM ZONE OF INFLUENCE OF NLMK-KALUGA LLC

Kurbakov D.N., Kuznetsov V.K., Sidorova H.V., Andreeva N.V.,
Sarukhanov A.V., Krechetnikova E.O.
Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia
E-mail: kurbakov007@gmail.com

Summary. The work is devoted to the assessment of the impact of the electrometallurgical plant LLC "NLMK-Kaluga" on the atmospheric air. The object of the study was the snow cover. The polyelement composition of pollutants, pollution factors were determined, and the load on the environment was estimated depending on the distance and direction of the emission plume.
Key words: ferrous metallurgy, monitoring, atmospheric air, heavy metals, snow cover.

Интенсивное развитие промышленности в Российской Федерации ведет к загрязнению компонентов окружающей среды. При этом техногенное загрязнение окружающей среды является одним из наиболее значимых факторов, дестабилизирующих природные и аграрные экосистемы. Основными источниками загрязнения воздушного бассейна полициклическими ароматическими углеводородами и тяжелыми металлами, являются предприятия металлургии, тепловые электростанции, бытовые печи, работающие на угле [1, 2]

Изучение атмосферного загрязнения по содержанию поллютантов в снежном покрове является относительно дешевым и информативным индикатором загрязнения выбросами промышленных предприятий, автотранспорта в зимний период. Снег обладает высокой сорбционной способностью и является носителем не только влажных, но и сухих выпадений, поэтому дает объективную оценку всех атмосферных загрязнений за зимний период [3]. Кроме того, снежный покров является источником информации о современном техногенном загрязнении, которое в начальный период может слабо проявляться в почвенном покрове, однако в целом позволяет оценить химическую и пылевую нагрузки на окружающую среду [4].

В 30-км зоне воздействия электрометаллургического завода ООО «НЛМК-Калуга» был проведен отбор проб снежного покрова на разном расстоянии и направлениях от факела выброса. Отобрано 10 образцов снежного покрова, при этом фоновый участок располагался в южном направлении на расстоянии 23 км от основного источника загрязнения. Отбор проб снега проводили методом шурфа на всю мощность снежного покрова, за исключением 5 см слоя над почвой, со стороной 50х50 см и глубины шурфа от 35 до 45 см. Вес пробы - 15-25 кг, что позволяет получить при оттаивании 8-20 л воды. Время, прошедшее от начала снегостава до отбора проб, составило 103 суток. Главенствующее направление ветра в зимний период северное и северо-восточное.

После медленного оттаивания твердая и жидкая фракции снега разделялись фильтрованием через беззольные фильтры с диаметром пор 2 мкм. Твердый осадок, состоящий из атмосферной пыли, рассчитывался по разнице массы фильтра до и после фильтрования. Определение элементов проводили методом атомной спектроскопии в индуктивно-связанной плазме (ICP-OES).

Для оценки растворимой и твердой фракций ТМ снежного покрова использовался коэффициент техногенной концентрации (K_c), определяющий превышение содержания тяжелых металлов относительно фона. Базовой оценкой степени полиэлементного загрязнения являлся суммарный показатель загрязнения снежного покрова (Z_c). На основе экспериментальных данных проводился расчет величин пылевой нагрузки (P_n), среднесуточного притока ТМ ($P_{общ}$) и коэффициента относительной пылевой нагрузки K_p [5].

В результате исследований установлено наличие в твердых и растворимых фракциях снега 9 поллютантов (Fe, Cr, Zn, Mn, Ni, Co, Pb, Cu, Cd), максимальное превышение которых относительно фоновых уровней в снежном покрове обследуемой территории достигает 8 раз (K_c). Данный состав ТМ характерен для промышленных предприятий при производстве черных металлов и легированной стали. При этом содержание ТМ в растворимом виде представлено в микроконцентрациях, а основное количество содержится в форме труднорастворимых соединений, которые могут быть потенциально опасными для живых организмов и доступными для растений в результате воздействия микроорганизмов и кислотности почвенного раствора.

Максимальные концентрации ТМ выявлены в восточном и северо-восточном направлении на расстоянии 1-3 км от площадки размещения ООО «НЛМК-Калуга». При этом за пределами 3 км зоны установлены низкие значения среднесуточного притока тяжелых металлов с пылевыми взвешенными частицами на снежный покров ($P_n < 1000$) и средние уровни в границах 3 км зоны ($P_n = 1000-5000$). С увеличением расстояния пылевая нагрузка снижается, что находится в хорошем соответствии с результатами работы М.Е. Берлянда [6], согласно которым большая часть выбросов приходится на расстояние кратном 10-40 высотам трубы.

Наименьшим загрязнением снежного покрова характеризуется фоновая площадка, расположенная в южном направлении на расстоянии 23 км от источника загрязнения (рис. 1)

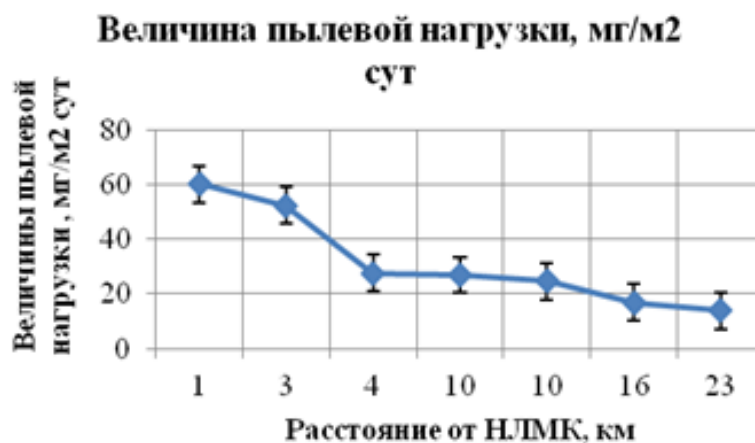


Рисунок 1 – Изменение пылевой нагрузки с увеличением расстояния от ООО «НЛМК-Калуга»

Суммарное загрязнение пылевой фракцией снега мониторинговых площадок находится в диапазоне низких значений ($Z_c = 32-64$). Среднесуточный приток ТМ с пылевыми взвешенными частицами в атмосферном воздухе ($P_{общ}$) на снежный покров в большинстве случаев является низким. Однако на 2-х площадках расположенных в 3 км от факела выброса выявлены средние уровни, что свидетельствует о повышенной техногенной нагрузке на данную территорию.

Снег в результате таяния попадает в водоемы и вовлекается в круговорот воды. Вместе с тем нормативные значения оценки качественного состава талых

вод в настоящее время не определены, в связи с этим ориентировались на ПДК питьевой воды: магний 5-30 мг/л; кальций 20-80 мг/л; натрий 70-100 мг/л; калий 1-10 мг/л; хлориды 70-100 мг/л; сульфаты 5-30 мг/л; гидрокарбонаты 140-300 мг/л [7]. Установлено, что катионный и анионный состав талых вод по своим значениям полностью соответствует нормативным требованиям для питьевой воды.

Таким образом, в ближней зоне воздействия электрометаллургического комбината ООО «НЛМК-Калуга» выявлены средние уровни притока ТМ с пылевыми взвешенными ($P_n=1000-5000$) частицами и низкие ($P_n<1000$) на остальной части обследуемой территории. Концентрации тяжелых металлов в снежном покрове во время проведения исследования не выходили за пределы установленных нормативов, но при многолетнем функционировании данного предприятия возможно их повышенное накопление в почве, что обуславливает необходимость проведения дальнейших наблюдений.

Библиографический список

1. Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2016 г., Калуга, 2017. – 263 с.
2. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Дата введения 1991-07-01.
3. Негрбов О.П., Астанин И.К., Стародубцев Е.С., Астанина Н.Н. Снежный покров как индикатор состояния атмосферного воздуха в системе социальногигиенического мониторинга // Вестник Воронежского государственного университета. – Воронеж, 2005. – №2. – С. 149-153.
4. Промышленная экология: учебное пособие / под ред. В.В. Денисова. – Ростов н/Д: Феникс; М: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2009. – 720 с.
5. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве» Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 мая 1990 г., №5174-90, Главное санитарно-профилактическое управление МЗ СССР, 16 с.
6. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 272 с.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

504.53:616.9(478)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ПАНДЕМИИ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

Кухарук Е.С.¹, Кривова О.Н.²

¹Институт Почвоведения, Агрохимии и Охраны Почв «Н. Димо», Кишинёв
E-mail: ecostrategii@yahoo.com

²Институт Экологии и Географии Академии Наук, Кишинёв,
E-mail: skoiatollo@gmail.com

Резюме. Пандемия COVID-19 затронула практически все страны, всех жителей планеты. В статье рассматриваются вопросы обнаружения вируса в окружающей среде, его распространение, значение почвы как адсорбента различных вирусов и их передачи почвенным обитателям. Вирусы постоянно мутируют, нигде не исчезают, мы должны научиться сосуществовать с ними.

Ключевые слова: почва, вирусы, распространение, окружающая среда, мутации, сельское хозяйство.

Summary. *The Covid-19 pandemic affected almost all countries, all inhabitants of the planet. The article discusses the issues of finding the virus in the environment, its distribution, the importance of soil as an adsorbent of various viruses and their transmission to soil inhabitants. Viruses constantly mutate, do not disappear anywhere, we must learn to coexist with them.*

Key words: soil, viruses, distribution, environment, mutation, agriculture.

Классификация вирусов, разработанная в середине XX века [1], учитывает характер взаимоотношений между вирусами позвоночных, высших растений, грибов, водорослей, бактерий почвы [2]. Наиболее распространённая группа микроорганизмов в почве – бактерии. Их количество, в зависимости от типа почвы колеблется от 300 до 3000 млн. в 1 грамме [2]. Почва является адсорбентом воздуха, воды и загрязнителей.

Знание сущности вирусных инфекций и передача по цепи: человек ↔ животные ↔ растения ↔ водные источники ↔ почва – необходимо для мониторинга вируса. Covid-19 опасная и непредсказуемая болезнь, она не лечится. Применяется поддерживающая терапия, то есть борьба с осложнениями. Основное лечение – это тяжелые формы. Вирусам свойственны мутации в большей степени чем другим существам. Процесс происходит непрерывно, происходит отбор варианта и получается новый штамм. При пандемии это происходит постоянно и будет происходить. Остановить возникновение новых штаммов возможно только вместе с прекращением пандемии.

Никто не мог представить ни масштабы, ни последствия пандемии. Каждая страна сталкивается с мрачной реальностью. По данным Госсекретаря Минздрава Молдовы, на состояние 18.03.2020 наша республика находится на третьем месте в мире по числу смертей от Covid-19.

Пандемия будет иметь серьезные последствия на здоровье населения, экономику, общество, сельское хозяйство, окружающую среду.

В сельском хозяйстве в Молдове ожидается рост бедности из-за экономической изоляции и потери рабочих мест, голод из-за падения доходов и уменьшение доступности еды во время изоляции, потери продуктов питания из-за транспортных проблем и закрытия границы районов на самоизоляцию, закрытие бизнеса (банкротство), долговой кризис. В окружающей среде мы наблюдаем уменьшение внимания на защиту экосистем, их загрязнение, отсутствие инвестиций в охрану окружающей среды, повышенное загрязнение бытовыми отходами, несоблюдение противоэрозионных мероприятий. В сельской местности имеется ограниченный доступ к чистой питьевой воде среди обездоленных групп населения (ограничивает возможности и санитарные условия), невозможность строгих правил гигиены, закрытие школ и детсадов перегрузка систем здравоохранения.

Некоторые профессии и целые сферы деятельности – уязвимы перед лицом пандемии.

В Республике Молдова, в настоящее время отсутствуют программы и Проекты, которые направлены на развитие исследований в научной области

вирусологии. “Оптимизация” научных исследований внесла коррективы и сократила факультет вирусологии в Медицинском Университете Молдовы.

Вирус Covid-19 относится к разновидности вируса гриппа. Предполагается, что это чрезвычайно древняя группа вирусов удивительным образом сохранила свои черты на протяжении миллионов лет эволюции в разных экологических условиях (в тканях насекомых, листьях растений, центральной нервной системе высших животных) [3]. По поводу происхождения вирусов единой теории пока нет, есть гипотезы зарубежных авторов о искусственном происхождении вируса. Грипп не столь уж тяжёлая болезнь, однако им болеет ежегодно миллионы людей, а периодически возникающие пандемии (повальные пандемии) уносят в могилу немало жизней.

Сложные взаимоотношения вирусов с клетками напоминает пять следующих друг за другом действий:

- встреча вируса с клеткой и прикрепление вирусных частей к поверхности клетки;
- проникновение вируса внутрь клетки;
- внутриклеточное размножение вируса;
- сборка новых вирусных частиц;
- выход вновь образованного вируса во внешнюю среду и смерть клетки.

От момента встречи с вирусом до гибели клетки проходит иногда всего несколько минут.

Известны многие свойства вирусов: они выносят хорошо высокие и низкие температуры. Например, вирус гриппа при температуре 70 градусов сохраняет свою активность до 6 месяцев и дольше [4].

Доказано, что некоторые свойства вирусов способны вызывать инфекцию не только у человека, но и у рыб, пресмыкающихся и растений [5]. Вирусы не имеют клеточного строения, они существуют в виде особых инфекционных частиц [5].

Интерес вызывают последние современные сведения исследователей о определении вируса Covid-19 в фекальных выделениях человека, а это создает угрозу загрязнения почвы, подземными источниками и рекам, так как многие села, где отсутствует канализационная система, расположены на береговой линии Днестра.

Почва может стать источником распространения и передачи вирусов другим экосистемам.

По мнению ученого из оксфордского университета Тома Джефферсона, коронавирус уже давно был распространён по всему земному шару в «пассивном» состоянии и пробудился ввиду сложившихся климатических условий, сообщает rt.com (<http://rt.com>) со ссылкой на The Daily Telegraph.

Испанские вирусологи заявили о том, что нашли следы коронавирусов в сточной воде, собранной в марте 2019 года, то есть за 9 месяцев до обнаружения инфекции в Китае. Ученые также находили свидетельства присутствия вируса в Милане и Турине ещё в декабре, то есть за недели до выявления первого случая заражения.

По мнению учёных, коронавирус может передаваться не только воздушно-капельным путём, но и через канализационные системы и общественные туалеты, которые с невысокой температурой создают благоприятные условия для размножения инфекции.

Таким образом, необходимы исследования по распространению и нахождению вирусной инфекции в окружающей среде.

Миграция вирусных инфекций по цепи почва↔водные источники↔растения ↔ животные ↔ человек недостаточно изучен.

Вирус никуда не уйдёт, надо научиться с ним сосуществовать!

Библиографический список

1. Vlastimil Mayer, Mika Kenda. Neviditel'ny svet virusov. Obzor. Bratislava, 1978. – p. 97
2. Почвоведение (под ред. И.С. Кауричева) М., «Колос», 1992. – с.113
3. Жданов В.М. и др. Тайны третьего царства. М. «Знание», 1975. – С. 169,174, 331
4. Генкель П.А. Микробиология с основами вирусологии. М. «Просвещение», 1974. С. – 226, 229, 269
5. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МТУ, 1989. – С. 95
ISBN 5-211-00459-0

УДК 631.471

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Лапа В.В., Матыченков Д.В.

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Минск, Республика Беларусь
E-mail: odm@brissa.by

Резюме. Статья посвящена интеллектуальным информационным системам в сельскохозяйственном производстве. Для оптимального использования земельных ресурсов информационная система позволит решить задачи планирования размещения сельскохозяйственных культур, прогнозирования урожайности, комплекс агротехнических мероприятий для заданного уровня урожайности при существующих материальных ресурсах.

Ключевые слова: информационные системы, базы данных, цифровизация сельского хозяйства, почвенные ресурсы, рациональное использование почвенного покрова, планирование сельскохозяйственного производства.

Summary. The article is devoted to intelligent information systems in agricultural production. For the optimal use of land resources, the information system will allow solving the problems of planning the placement of agricultural crops, forecasting yield, set of agrotechnical measures for a given level of yield with existing material resources.

Key words: information systems, databases, digitalization of agriculture, soil resources, rational use of soil cover, agricultural production planning.

Разработка интеллектуальных систем помощи при принятии решений в сельскохозяйственном производстве в современных условиях является одним из самых востребованных направлений в агропочвоведении. Данное направление получает в настоящий момент статус приоритетного во многих странах как ближнего, так и дальнего зарубежья. Разработка информационных систем для рационального использования почв на основе цифровых технологий и создание специализированных баз данных, которые бы обеспечивали научно-

обоснованные приемы повышения и сохранения плодородия почв включены в приоритетные направления научной деятельности в Республике Беларусь [1]. В Российской Федерации принята программа «Умное землепользование», которая поставила перед собой целью создание и внедрение интеллектуальной системы планирования и оптимизации агроландшафтов и использования земель в сельскохозяйственном производстве на разных уровнях обобщения (поле, хозяйство, муниципалитет, субъект РФ, страна, зарубежные территории), функционирующей на основе цифровых, дистанционных, геоинформационных технологий и методов компьютерного моделирования [2-3].

Сельскохозяйственные информационные системы должны обеспечивать оптимальное распределение и использование ресурсов, максимально быстрое распространение информации о современных технологических приемах и средствах интенсификации производства. Для активного распространения цифровых технологий в сельском хозяйстве необходимы новые подходы, методы, платформенные решения для управления земледелием и землепользованием, агропромышленным производством, в основе которых должны лежать научные заделы в области моделирования процессов, определяющих плодородие почв, использования данных о почвенном покрове, а также геоинформационные технологии. Они должны послужить основой для разработки информационно-ресурсной цифровой платформы интеллектуального управления системами земледелия и землепользования на разных уровнях – от одного поля до страны [4]. Сельское хозяйство обладает рядом особенностей, обуславливающих необходимость активного применения цифровых продуктов и технологий: множественность факторов, определяющих результаты производственного процесса (природно-климатических, почвенных, биологических, экономических и социальных), сильно варьирующих во времени и пространстве, что обуславливает высокие управленческие издержки на уровне конкретного хозяйства. Зарубежный опыт применения цифровых продуктов и технологий в сельском хозяйстве демонстрирует стабильные успешные результаты. Существует высокая вероятность того, что в ближайшие годы подавляющее большинство развитых сельскохозяйственных предприятий будут использовать прецизионную агрономию или другие инновационные технологии производства продуктов питания, чтобы стать более прибыльными, устойчивыми.

Интеллектуальная информационная система должна осуществлять сбор, анализ, обновление информации о состоянии почвенных и земельных ресурсов территории, а также давать рекомендации по оптимальному размещению посевов сельскохозяйственных культур, нарезке полей, размещению севооборотов, агротехнологиям возделывания культур [5]. Для ее успешного функционирования, база знаний должна включать в себя следующие модули:

- информационно-справочные системы по почвенно-ресурсному потенциалу;
- методики получения заданного количества и качества растениеводческой продукции соответственно специализации хозяйств посредством программирования продуктивности севооборотов;

- методики проектирования севооборотов и оптимальной структуры посевных площадей;
- разработки по прогнозированию и планированию заданной урожайности сельскохозяйственных культур;
- научное обеспечение мероприятий по повышению плодородия земель;
- научно обоснованные ресурсосберегающие и природоохранные технологии в сельскохозяйственном производстве.

Создание интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства землепользований для целей планирования оптимального использования земельных ресурсов позволить решить следующие задачи:

- создание информационно-справочных системы по почвенно-ресурсному потенциалу;
- выявление лимитирующих урожай факторов по анализу почвенных и агрохимических условий для каждой возделываемой культуры;
- проведение многоцелевой оценки пригодности почвенного покрова для возделывания сельскохозяйственных культур с учетом его потенциального плодородия;
- планирование размещения сельскохозяйственных культур посредством наиболее пригодных севооборотов для каждого рабочего участка;
- разработка необходимых мероприятий для ввода наиболее пригодных севооборотов с учетом существующего распределения посевных площадей и уровнем агротехники;
- прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур с учетом существующих и запланированных свойств почвенного покрова и агротехнологических мероприятий;
- разработка комплекса агротехнических мероприятий для заданного максимально возможного уровня урожайности при существующих материальных ресурсах;
- создание необходимой картографической, табличной и описательной выходной информации для практического использования, в удобном и понятном для широкого круга пользователей виде.

Поставленные перед разрабатываемой интеллектуальной информационной системой сельскохозяйственного производства для целей планирования оптимального использования земельных ресурсов задачи необходимо решать с использованием цифровых и геоинформационных технологий агропочвоведения. Данная система должна стать научным и информационным обеспечением эффективного и экологически безопасного землепользования в республике. Объективно отражая агроэкологическое состояние почв Беларуси, используя актуальные знания об использовании удобрений, пригодность почв как под сельскохозяйственные культуры, так и севообороты, разрабатываемая система предоставит выбор наиболее оптимальных севооборотов для всех рабочих участков землепользования, предложит необходимые агротехнологических мероприятия для достижения заданных параметров урожая сельскохозяйственных культур при имеющихся в наличии ресурсов и при различных моделях

сельскохозяйственного использования земель.

Библиографический список

5. Указ Президента Республики Беларусь 7 мая 2020 г. № 156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» [Электронный ресурс]. URL: https://pravo.by/upload/docs/op/P32000156_1588885200.pdf
6. Цифровая экономика Российской Федерации: Программа, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации № 1632-р от 28 июля 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>
7. Развитие цифровой экономики России. Программа до 2035 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.twirpx.com/file/2332179/>.
8. Почвенно-информационные системы в агропочвоведении / В.В. Лапа [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2018. – №2 (117). – С. 9-12.
9. Модели прогнозирования пригодности почвенного покрова для различных целей сельскохозяйственного использования / В.В. Лапа, Д.В. Матыченков // Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева, Курск, 28–29 апреля 2020. – Курск, 2020. – С.214-216.

УДК 631.45

ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Логвинов И.В.

ФБГНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, 58, Белгород, 308001
E-mail: laboratoria.plodorodya@yandex.ru

Резюме. Наиболее продуктивна сахарная свёкла была при возделывании в зернотравянопропашном севообороте. Глубокие обработки почвы имели существенное преимущество перед минимальной (мелкой) обработкой. Органические удобрения увеличивали урожайность сахарной свёклы на 42,6 - 78,5 %, минеральные на 58,1-98,7 %, а совместное их использование на 92,3-176,6 % относительно контроля. Эффективность удобрений была выше в пропашных севооборотах.

Ключевые слова: сахарная свёкла, продуктивность, виды севооборотов, способы обработки почвы, органические и минеральные удобрения.

Summary. Sugar beets were most productive when cultivated in grain-equal crop rotation. Deep tillage had a significant advantage over minimal (fine) tillage. Organic fertilizers increased the yield of sugar beets by 42.6-78.5%, mineral by 58.1-98.7%, and their joint use by 92.3-176.6% relative to control. Fertilizer efficiency was higher in crop rotation.

Key words: sugar beets, productivity, types of crop rotation, soil tillage methods, organic and mineral fertilizers.

За последние годы перепроизводство сахара в стране привело к сокращению посевных площадей сахарной свёклы. В 2020 году посевные площади под культурой составили 927,8 тыс. га, уменьшившись на 217,1 тыс. га, или на 19 % по сравнению с 2019 годом. Валовой сбор составил 33450,6 тыс. тонн, что на 38,5 % меньше, чем в 2019 году.

Сахарная свекла является основной технической культурой в Белгородской области, доля в структуре посевных площадей составляет около 10%. Как и в целом по стране, за последние годы посевные площади сахарной свёклы

снизились с 72 тыс. до 50,5 тыс. га. Валовой сбор в 2020 году составил 1804,4 тыс. тонн, что на 35,5% ниже, чем в 2019 году. Из-за неблагоприятных погодных условий в 2020 году урожайность была невысокой – 36,8 т/га, а в 2019 году она составляла 48,6 т/га [1,2].

Результаты многочисленных опытов свидетельствуют, что величина урожайности сахарной свёклы существенно зависит от применяемых агроприёмов. В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал по технологиям возделывания сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмной зоне, эффективности применения различных доз удобрений, способов обработки почв, влиянию севооборотов. Возделывать сахарную свёклу необходимо по таким предшественникам, как чёрный пар и многолетние бобовые травы, идущие в звеньях с озимой пшеницей, практикуя в качестве основной обработки почвы глубокую вспашку с оборотом пласта. [3-6].

Сахарная свёкла предъявляет большие требования к условиям выращивания. Для неё необходимы чистые от сорняков, достаточно обеспеченные влагой и питательными веществами почвы. Она очень чутко реагирует на каждый элемент агротехники возделывания. При выращивании свёклы важно выполнять не только отдельные, а весь комплекс агроприёмов, взаимно связанных между собой и дополняющих друг друга [7].

Научно-обоснованные приемы использования в севооборотах удобрений, способы обработки почвы, посевы многолетних бобовых трав способствуют повышению плодородия почвы, урожайности сахарной свёклы, снижению затрат на её производство, т.е. большей экономической эффективности [8].

Объект и методы исследований. Длительный многофакторный полевой опыт, заложен по полной факториальной схеме в Белгородском ФАНЦ РАН в 1987 году. Более подробно почва опытного участка и схема опыта описана в работах сотрудников лаборатории плодородия почв и мониторинга [8-9]. Почва опытного участка типична для Белгородской области [10-11]. Изучаемыми факторами в опыте являются виды севооборотов, способы основной обработки почвы, дозы минеральных и органических удобрений. Для оценки действия изучаемых факторов использовали дисперсионный анализ с включением повторения во времени в качестве дополнительного фактора схемы опыта [12-13]. Для анализа использованы данные пятой ротации севооборота. Предшественником сахарной свёклы во всех севооборотах является озимая пшеница. Севообороты различаются между собой по доле пропашных культур: в зернотравянопропашном – 20%, зернопропашном – 40%, зернопаропропашном – 60% и чёрный пар.

Навоз крупного рогатого скота вносили один раз за ротацию севооборотов непосредственно под сахарную свёклу. В качестве минерального удобрения применяли азофоску, которую вносили под основную обработку почвы. Схема опыта включает варианты внесения минеральных и органических удобрений: 1. Контроль (без удобрений); 2. (NPK)₉₀; 3. (NPK)₁₈₀; 4. Навоз 40 т/га; 5. Навоз 40 т/га + (NPK)₉₀; 6. Навоз 40 т/га + (NPK)₁₈₀; 7. Навоз 80 т/га; 8. Навоз 80 т/га + (NPK)₉₀; 9. Навоз 80 т/га + (NPK)₁₈₀ кг д.в.

Опыт заложен по полной факториальной схеме $3 \times 3 \times 3 \times 3$, включающей 81 вариант. Число повторений в опыте – три. Опыт заложен методом расщеплённых делянок с систематическим расположением вариантов внутри повторений. Площадь одной делянки – 120 м² (4×30м). Всего под опытом занято 22,5 га [14].

Учёт метеорологических условий проводили на специально оборудованном метеопосту, расположенном на территории, где и находится стационарный опыт (табл. 1). Наиболее полно отражает обеспеченность растений влагой и теплом во время вегетации величина гидротермического коэффициента (ГТК). Для данной агроклиматической зоны среднемноголетний гидротермический коэффициент равен 1,1. В среднем за исследуемый период (2008-2012 гг.) ГТК составил 0,66, что говорит о засушливых условиях вегетации. Наиболее острый недостаток влаги был в 2008 и 2009 гг. В 2010 г. в июле среднемесячная температура воздуха составила 26,5°С при многолетней норме 19,9°С, что негативно отразилось на урожайности сахарной свёклы. Поэтому в целом данный период исследований выдался неблагоприятным для сахарной свёклы.

Таблица 1 – Метеорологические условия за период исследований

Годы	Сумма среднесуточных температур выше 10°С за вегетационный период (апрель-сентябрь)	Сумма осадков за период с температур выше 10°С, мм	ГТК
2008	2621,1	140,5	0,54
2009	3067,5	137,4	0,45
2010	3605,6	202,7	0,56
2011	3152,3	282,2	0,89
2012	3547,1	296,6	0,84
Среднее	3198,7	211,9	0,66

Обсуждение результатов. Важнейшим приёмом в создании хороших условий для сахарной свёклы, обеспечивающим наименьшую засорённость полей, является правильное размещение её в севообороте.

В наших исследованиях во всех трёх севооборотах сахарная свёкла возделывалась по озимой пшенице, предшественниками которой являлись многолетние травы, горох и чёрный пар.

Результаты таблицы свидетельствуют, что продуктивность сахарной свёклы в севообороте с многолетними травами существенно превосходила урожайность в пропашных севооборотах (табл.2). Это преимущество зернотравянопропашного севооборота проявляется как на контрольных вариантах, так и на вариантах с различными дозами удобрений.

В среднем по обработкам в этом севообороте на контрольных вариантах получено 186,5 ц/га корнеплодов, что на 29,1 и 37,3 ц/га превышало показатели зернопропашного и зернопаропропашного севооборотов. На вариантах с минеральными удобрениями преимущество зернотравянопропашного севооборота несколько снижается. Так при внесении одинарных доз минеральных удобрений оно составляло 27,8 и 22,9 ц/га, а двойных 27,0 и 31,0 ц/га. На вариантах с внесением навоза различия между севооборотами ещё менее существенны.

Таблица 2 – Урожайность сахарной свёклы в зависимости от вида севооборота, способов обработки почвы и удобрений в среднем за пятую ротацию (2008-2012 гг.), ц/га

Удобрения	зернотравяно-пропашной			зернопропашной			зернопаро-пропашной		
	В*	Б	М	В	Б	М	В	Б	М
00	195,2	182,8	181,4	164,1	151,3	156,9	153,6	151,0	143,1
01	277,2	279,9	273,2	253,1	242,7	251,1	234,6	277,5	249,5
02	367,0	348,5	322,7	337,4	321,8	298,1	310,7	327,7	306,8
10	232,5	249,5	249,4	235,3	236,5	232,6	219,8	212,4	241,7
11	327,0	311,5	316,9	325,3	316,8	304,6	331,8	292,8	319,1
12	373,8	383,1	377,9	381,4	352,6	340,8	357,9	380,1	369,8
20	326,3	310,6	297,6	314,8	281,3	290,0	260,6	270,5	290,2
21	390,6	383,4	379,2	395,6	358,9	329,6	384,6	380,9	376,5
22	502,3	465,8	468,4	456,0	417,5	385,6	511,8	447,3	437,3
НСР ₀₅	7,17								

Примечание. В* – вспашка, Б – безотвальная обработка, М – минимальная обработка.

Между пропашными севооборотами не выявлено существенных различий. В среднем по всем вариантам в зернопропашном севообороте получено 301,2 ц/га, а в зернопаропропашном – 305,2 ц/га корнеплодов. Наибольшее преимущество зернопаропропашного севооборота над зернопропашным проявлялось на вариантах совместного внесения органических и минеральных удобрений. А на абсолютном контроле урожайность сахарной свёклы была выше в зернопропашном севообороте.

Обработка почвы – важное звено в системе агротехнических мероприятий при возделывании сахарной свёклы. В наших исследованиях наибольшая урожайность была на вариантах с отвальной вспашкой и безотвальной обработкой. В среднем по севооборотам урожайность сахарной свёклы по вспашке составляла 319,3 ц/га, безотвальной обработке – 308,7 и минимальной – 303,3 ц/га. Наиболее существенными различия между обработками были на вариантах с двойными дозами минеральных и органических удобрений, где преимущество вспашки над безотвальной обработкой составляло 46,5 ц/га, а над минимальной – 59,6 ц/га.

Внесение навоза существенно увеличивало урожайность сахарной свёклы. Прибавки относительно абсолютного контроля от одинарных доз составляли 37,3 – 98,6 ц/га и двойных – 107,0-150,7 ц/га. Наибольшие прибавки урожайности от внесения одинарных и двойных доз навоза были в зернопропашном севообороте, а наименьшими – в зернотравянопропашном.

Из результатов многочисленных исследований известно, что сахарная свёкла наиболее отзывчива среди других культур на применение минеральных удобрений. Внесение одинарной дозы азофоски (NPK)₉₀ увеличивало урожайность культуры в среднем по севооборотам на 58,1, а двойной на 98,7 % относительно контроля. Совместное внесение органических и минеральных

удобрений обеспечило дальнейший рост урожайности сахарной свёклы. На вариантах с одинарными дозами урожайность увеличилась на 92,3, а с двойными на 176,6 %. Наибольшие прибавки были в зернопаропропашном севообороте, а наименьшими – в зернотравянопропашном. Эффективность минеральных удобрений была выше на вариантах с отвальной вспашкой.

На основании проведённых исследований можно сделать вывод, что возделывать сахарную свёклу предпочтительно в севооборотах с многолетними травами с обязательным использованием удобрений, применяя глубокую обработку почвы.

Библиографический список

1. Иванов Е.В. Предварительные итоги свеклосахарного сезона 2020/2021 в России // Сахарная свекла. – 2020. – №10. – С. 2-7.
2. Сурков Н.А. Агрохолдинги возрождают свекловодство Белгородской области // Сахарная свекла. – 2006. – № 3. – С. 27-29.
3. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Влияние способов обработки почв на их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №5. – С. 22.
4. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Интенсификация технологий и продуктивность севооборота // Земледелие. – 2005. – №1. – С. 17-18.
5. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Самыкин В.Н., Логвинов И.В., Линков Н.А. Влияние севооборотов, агротехники и погодных условий на продуктивность сахарной свеклы в ЦЧР. // Сахарная свекла №6, 2012. – С. 9 – 11.
6. Воронин А.Н., Соловиченко В.Д., Логвинов И.В. Экономическая оценка систем земледелия при выращивании сахарной свёклы в ЦЧЗ / А.Н. Воронин, В.Д. Соловиченко, И.В. Логвинов // Сахарная свёкла. 2019. – №8. – С. 2-4.
7. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Оптимизация применения удобрений и средств защиты растений – важнейший фактор высокоэффективного земледелия // Агрохимический вестник. – 2002. – №2. – С. 15.
8. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Цыгуткин А.С., Логвинов И.В. Влияние способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в чернозёме типичном // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – №5. – С. 7-12.
9. Каторгин Д.И. Методические основы изучения в длительном полевом опыте севооборотов, обработки почвы, минеральных и органических удобрений и их влияния на плодородие почвы и величину урожая сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых учёных, посвящённых 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» г. Белгород 15-17 сентября 2020 г. С. 583-588.
10. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. – Белгород: «Отчий край», 2013. – 371 с.
11. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. – Белгород: изд-во «Отчий край», 2014. – 112 с.
12. Цыгуткин А.С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта // Агрохимия. – 2002. – №2. – С. 77-85.
13. Цыгуткин А.С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.
14. Агрохимический словарь. Термины и определения. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.

СТРУКТУРА УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В СЕВООБОРОТАХ ЦЧР

Лукьянов В.А.

ФГБНУ Курский ФАНЦ, г. Курск

E-mail: lukyanov27@mail.ru

Резюме. В условиях ЦЧР изучено влияние доз минеральных удобрений в зернопаропропашином и зернотравянопропашином севооборотах на формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы. Установлено, что в севооборотах уровень минерального питания оказал существенное влияние на количество продуктивных стеблей, массу 1000 зёрен и натуру зерна, при этом по севооборотам не наблюдалось значительных различий. Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы в севооборотах получена в вариантах опыта с применением минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ кг д.в./га.

Ключевые слова: озимая пшеница, севообороты, минеральное питание, элементы структуры урожая, урожайность, Центрально-Чернозёмный регион.

Актуальность. Биологические особенности озимой пшеницы уникальны и сегодня они позволяют восполнять потребности населения самыми разнообразными продуктами питания, однако, её потенциал изучен недостаточно в сравнении с высокими темпами развития научно-технического прогресса.

Озимая пшеница, как и многие ценные сельскохозяйственные культуры, требовательна к агротехнологиям, среди которых высокую актуальность имеют севообороты и системы удобрений. Выбор лучших предшественников и оптимальный уровень минерального питания в значительной степени влияют на формирование элементов структуры, что позволяет не только увеличить урожайность озимой пшеницы, но и сохранить плодородие почв [4, 9, 10, 12, 14, 15].

Общепринято, что использование минеральных удобрений в большинстве случаев увеличивает продуктивность озимой пшеницы, но в некоторых случаях увеличение их дозы экономически нецелесообразно. Так, использование удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д.в./га под пшеницу, предшественником которого был клевер, позволило увеличить урожайность зерна до 6,76 т/га, что выше на 1,99 т/га, чем в контрольном варианте. В севообороте с викой яровой, урожайность зерна озимой пшеницы уменьшалась на 1,32 т/га. В сравнении с севооборотами, увеличение дозы внесения азотных удобрений с 60 до 90 кг д.в./га оказалось неэффективным в обоих звеньях севооборота [11].

Севооборот, а также определённые виды предшественников, играют важную роль в формировании урожая озимой пшеницы, причём их влияние может быть связано с другими элементами агротехнологий. Установлено [7], что два севооборота, различающиеся только наличием чистого и занятого пара, по-разному влияют на урожайность озимой пшеницы. В среднем за 6 лет исследования, или полную ротацию севооборотов, её урожайность-на контроле в севообороте с занятым паром была почти такая же, как в севообороте с чистым паром на удобренном фоне.

Элементы структуры урожая озимой пшеницы изменяются в зависимости от условий выращивания, но особое влияние на биологическую урожайность оказывает количество продуктивных стеблей и масса 1000 зёрен [5, 6, 8, 13]. В исследованиях [1, 2] показана высокая степень взаимосвязи урожайности озимой пшеницы с количеством продуктивных стеблей и массой зёрен в колосе, а также присутствует корреляция массы 1000 зёрен с их количеством в колосе. С другой стороны, она не наблюдалась между высотой растений и числом зёрен в колосе, а также длиной колоса и их массой.

Цель исследований заключалась в изучении влияния уровня минерального питания в севооборотах на формирование структуры урожая озимой пшеницы в Центрально-Чернозёмном регионе.

Методика исследований. Исследования проводились в 2019-2020 г. в стационарном многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Схема опыта включала: фактор А – зернопаропропашной (чистый пар – озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень) и зернотравянопропашной (многолетние травы – озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень с подсевом многолетних трав) севообороты; фактор В – уровень минерального питания (без удобрений, $N_{20}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{80}$ кг д.в./га). Площадь посевных делянок 100 м², размещение вариантов рандомизированное [3]. Сорт озимой пшеницы «Синтетик», норма высева семян 5 млн шт./га. Почвы опытного участка перед проведением исследований представлены чернозёмом типичным среднесуглинистым, с содержанием (в слое 0-20 см): гумус 5,24 %, щёлочногидролизуемый азот 15,72 мг/100 г, подвижный фосфор 16,20 мг/100 г, обменный калий 10,4 мг/100 г, рН – 5,5. Учёт урожая проводили прямым комбайнированием.

Результаты и обсуждения. Погодные условия в исследуемый период характеризовались повышенным температурным режимом: среднегодовая температура воздуха составила 9,1°C, что на 2,6°C выше средней многолетней температуры. Количество осадков за 2019-2020 сельскохозяйственный год составило 588 мм или 90,7 % относительно многолетних данных.

Различный уровень минерального питания оказал существенное влияние ($F_{\phi} > F_{05}$) на формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы, однако, по севооборотам значительных различий установлено не было (таблица 1).

В зернопаропропашном севообороте, в варианте без удобрений, количество продуктивных стеблей составило 407 шт./м², в варианте с $N_{20}P_{40}K_{40}$ их количество увеличилось до 420 шт./м², с увеличенной дозой $N_{40}P_{80}K_{80}$ они не значительно отличались от варианта с $N_{20}P_{40}K_{40}$, количество которых составило 421 шт./м². В зернотравянопропашном севообороте, количество продуктивных стеблей отличалось не значительно, особенно в вариантах с $N_{20}P_{40}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{80}$, где их количество было одинаковым и составило 410 шт./м².

Количество зёрен озимой пшеницы в колосе по севооборотам существенно не отличалось. С применением разных доз удобрений, их количество в зернопаропропашном севообороте увеличивалось на 2 шт. по вариантам

Таблица 1 – Влияние уровня минерального питания в севооборотах на элементы структуры урожая озимой пшеницы

Варианты опыта	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Натура, г/л
Зернопаропропашной севооборот				
1. Без удобрений	407	40	41,44	750
2. N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	420	42	42,20	760
3. N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	421	44	43,22	765
Зернотравянопропашной севооборот				
4. Без удобрений	400	42	40,96	740
5. N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	410	42	41,44	752
6. N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	410	44	43,36	760
НСП ₀₅ А*	5,18	2,87	1,15	6,25
	В*	3,51	1,40	7,65

Примечание: А* – фактор «севооборот», В* – фактор «удобрения».

опыта соответственно. В зернотравянопропашном их количество было одинаковым (42 шт.) в контрольном варианте и с N₂₀P₄₀K₄₀, а с дозой удобрений N₄₀P₈₀K₈₀ происходило увеличение зёрен на 2 шт.

Севообороты и уровень минерального питания оказали влияние на массу 1000 зёрен озимой пшеницы, но существенная разница наблюдалась только с применением удобрений в дозе N₄₀P₈₀K₈₀. В зернопаропропашном севообороте, в варианте без удобрений, масса 1000 зёрен была минимальной и составила 41,44 г. Использование удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ способствовало увеличению массы зерна на 0,76 г и в варианте с N₄₀P₈₀K₈₀ на 1,78 г в сравнении с вариантом без удобрений. В зернотравянопропашном севообороте наибольшая масса 1000 зёрен была получена в варианте с N₄₀P₈₀K₈₀ (43,36 г), что на 0,48 г больше по сравнению с дозой с N₂₀P₄₀K₄₀ и на 2,40 г относительно варианта без удобрений.

Натура зерна озимой пшеницы в исследуемых вариантах зернопаропропашного севооборота увеличивалась с 750 до 765 г/л, в зернотравянопропашном – с 740 до 760 г/л, при этом значимые различия установлены по дозам вносимых минеральных удобрений и по севооборотам только в вариантах без удобрений и с N₂₀P₄₀K₄₀.

Согласно полученным результатам, применение минеральных удобрений в дозах N₂₀P₄₀K₄₀ и N₄₀P₈₀K₈₀ кг д.в./га, позволило увеличить урожайность зерна озимой пшеницы (таблица 2).

В зернопаропропашном севообороте, в варианте без применения удобрений, урожайность зерна была минимальной 3,09 т/га и повышалась с использованием минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ на 0,89 т/га, и на 1,36 т/га с дозой N₄₀P₈₀K₈₀. Аналогично зернопаропропашному, в зернотравянопропашном севообороте урожайность зерна увеличивалась в зависимости от дозы

Таблица 2 – Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания в севооборотах

Варианты опыта	Урожайность, т/га	± к контролю	
		А*	В*
Зернопаропропашной севооборот			
1. Без удобрений	3,09	+ 0,19	–
2. N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,98	+ 0,03	+ 0,89
3. N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	4,45	+ 0,34	+ 1,36
Зернотравянопропашной севооборот			
4. Без удобрений	2,90	–	–
5. N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,95	–	+ 1,05
6. N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	4,11	–	+ 1,21
НСР ₀₅		0,39	0,47

Примечание: А* – фактор «севооборот», В* – фактор «удобрения».

удобрений: в варианте без удобрений была получена урожайность 2,90 т/га, с N₂₀P₄₀K₄₀ она увеличилась до 3,95 т/га и с дозой N₄₀P₈₀K₈₀ урожайность повысилась до 4,11 т/га.

Следует отметить, что в контрольных вариантах без применения минеральных форм удобрений, урожайность зерна озимой пшеницы была выше в зернопаропропашном севообороте (3,09 т/га), что на 0,19 т/га выше по сравнению с зернотравянопропашным севооборотом.

Выводы. В период проведения исследований установлено, что уровень минерального питания оказывал существенное положительное влияние на формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы – увеличивалось количество продуктивных стеблей, количество зёрен в колосе и их масса, что позволило увеличить урожайность зерна с 2,90 до 4,45 т/га. Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы в севооборотах получена в вариантах с применением минеральных удобрений в дозе N₄₀P₈₀K₈₀ кг д.в./га. При сравнении зернопаропропашного и зернотравянопропашного севооборотов, не было выявлено значимых отличий, но в зернопаропропашном севообороте урожайность зерна озимой пшеницы была выше на 0,03-0,34 т/га по вариантам исследований соответственно.

Библиографический список

1. Акопян А.Э. Исследование взаимосвязи структуры урожая озимой мягкой пшеницы и некоторых её агробиологических особенностей // Вестник науки. – 2019. – Т. 5. – № 6 (15). – С. 234-238.
2. Громова С.Н. Продуктивность и элементы структуры урожая у образцов озимой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 3 (19). – С. 57-63.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. – 351 с.
4. Кузин Е.Н. Влияние элементов биологического земледелия на продуктивность сельскохозяйственных культур // Сурский вестник. – 2020. – № 1 (9). – С. 18-22.
5. Кузнецов А.Ю., Сафонов А.В. Изменение элементов структуры урожая культур

зернопаропропашного севооборота под влиянием навоза, сидератов и их сочетаний с биодеструктором стерни // В сборнике: Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. сборник статей XIV Международной научно-практической конференции, 2019. – С. 97-101.

6. Маковкин А.Н., Квасов Н.А., Хрипунов А.И. Влияние предшественников и условий минерального питания на формирование урожая зерна различных сортов озимой пшеницы // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2009. № 5 – (20). – С. 42-45.

7. Морозов Н.А., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Урожайность озимой пшеницы после кукурузы на зелёный корм в зерновых севооборотах с чистым и занятым паром // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (75). – С. 37-41.

8. Пискарева Л.А., Бочарникова Е.Г. Изменение структуры и урожайности озимой пшеницы под влиянием агрохимикатов на различных уровнях удобренности // Центральный научный вестник. – 2019. – Т. 4. – № 9 (74). – С. 7-8.

9. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В., Балюнова Е.А., Говорова О.В. Влияние предшественников на продуктивность и качество озимой пшеницы в севооборотах в Центральном Черноземье // Центральный научный вестник. – 2019. – Т. 4. – № 3 (68). – С. 17-19.

10. Шайкова Т.В., Дятлова М.В., Волкова Е.С., Степанова И.А. Формирование урожая зерна озимой пшеницы под влиянием комплексных удобрений в условиях Северо-запада России // Кормопроизводство. – 2020. – № 5. – С. 30-34.

11. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Сенчук С.М. Вплив мінеральних добрив і попередників на витрати води пшеницею озимою та її продуктивність // Зернові культури. – 2019. – Т. 3. – № 2. – С. 305-311.

12. Babulicova, M. The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production // Plant Soil Environ. – 2014. – 60 (7). – P. 297-302.

13. Lemke, R. L., Bygaart, A. J., Campbell, C. A., Lafond G. P., Grant B. Crop residue removal and fertilizer N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll // Agric. Ecosyst. Environ. – 2010. – 135. – P. 42-51.

14. Lori, M., Symanczik, S., Maeder, M., Efosa, N., Jaenicke, S., Buegger, F., Tresch, S., Goesmann, A., Gattinger, A. Distinct nitrogen provisioning from organic amendments in soil as influenced by farming system and water regime // Environ. Sci. – 2018. – 6 (40). – P. 1-14.

15. Shicheng Yan, You Wu, Junliang Fan, Fucang Zhang, Shengcai Qiang, Jing Zheng, Youzhen Xiang, Jinjin Guo, Haiyang Zou. Effects of water and fertilizer management on grain filling characteristics, grain weight and productivity of drip-fertigated winter wheat // Agricultural Water Management. – 2019. – V. 213(C). – P. 983-995.

УДК 631.445

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

Лях Т.Г.

Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв «Н.Димо», Кишинев

E-mail: tamaraleah09@gmail.com

Резюме. Представлена информация по современному состоянию почв Молдовы. Для решения проблем связанных с ускоренной деградацией почвенных ресурсов была разработана Программа по мелиорации земель на 2021-2025 гг. Целью программы - реализация мер по предотвращению деградации и повышению плодородия почв за счет модернизации и расширения системы мелиорации, внедрения современных технологий и экологически безопасных методов ведения сельского хозяйства.

Ключевые слова: деградация, почвенные ресурсы, эрозия почв, оползни.

Summary. Information on the current state of soils in Moldova is presented. To solve the problems associated with the accelerated degradation of soil resources, the Land Reclamation Program for 2021-2025 was developed. The goal of the program is to implement measures to prevent degradation and improve soil fertility by modernizing and expanding the land reclamation system, introducing modern technologies and environmentally friendly agricultural practices.

Key words: degradation, soil resources, soil erosion, landslides.

Система глобальных показателей для достижения целей и задач в области устойчивого развития на период до 2030 года, включает задачу 15.3: К 2030 г., борьба с опустыниванием, восстановление деградированных земель путем внедрения механизма нейтралитета деградации земель для достижения нейтрального мира с точки зрения деградации почв, и задачу 12.2: К 2030 г., достижение устойчивого управления и эффективного использования природных ресурсов [6].

Деградация почвы – почвенный процесс, порождаемый действием природных и антропогенных факторов, отрицательно влияющий на функции почвы, что приводит к снижению ее плодородия. Продовольственная безопасность Молдовы, страны, где черноземы занимают 78% от общей площади с/х земель, зависит, прежде всего, от качественного состояния и уровня плодородия этих почв (таб.1).

Таблица 1 – Распределение черноземов в пределах исследуемой площади сельскохозяйственных угодий Республики Молдова, га /%

Подтип черноземов	Пашня	Сады	Виноградники	Другие многолетние насаждения	Сенокосы	Пастбища	Всего
Подзолистые	39349 2,13	4543 0,24	720 0,04	185 0,01	- -	6102 0,33	50899 2,75
Выщелоченные	247722 13,39	27615 1,49	17723 0,96	1699 0,09	116 0,01	20201 1,09	315076 17,03
Типичные	128835 6,96	13207 0,72	6026 0,33	771 0,04	49 -	6416 0,35	155304 8,40
Херофитно-лесные	378 0,02	- -	56 -	- -	- -	11 -	445 0,02
Обыкновенные	308163 16,16	18156 0,98	31505 1,70	999 0,05	117 0,01	10775 0,58	369715 19,98
Карбонатные	360097 19,47	44338 2,40	61987 3,35	4976 0,27	82 -	76948 4,16	548428 29,65
Всего	1084544 58,63	107859 5,83	118017 6,38	8630 0,46	364 0,02	120453 6,51	1439867 77,83

К сожалению, в результате интенсивного использования в сельском хозяйстве, качество этих почв значительно ухудшилось. Продолжают расширяться поверхности затронутые эрозией и оползнями, процессами осушения, деградация структуры и уплотнения, слитизация, засоления и заболачивания почвы, засухи участились и усилились. Эти процессы приводят к нарушению регуляции

биологических циклов, баланса питательных веществ и гумуса в почве, к ухудшению состояния почв и их плодородия. Это создает ситуацию, в которой любая социальная проблема может быть решена только путем поддержания экологического баланса, защиты окружающей среды и почвы [2, 3, 4].

Основными причинами деградации почвы и их воздействием являются:

- несоблюдение чередование культур в севооборотах - приводит к изменению структуру почвы, вызывает дисбаланс питательных веществ в почве, эрозию и снижение с/х производства почвы;
- сокращение площадей под кормовые и зернобобовые культуры - приводит к отрицательному балансу питательных веществ, необходимых для развития с/х культур; вызывает уплотнение и разрушение структуры почвы;
- уменьшение количества применяемых органических и минеральных удобрений в почвах – приводит к потере органических веществ в почве, ее уплотнению, ухудшению физической структуры и снижению плодородия;
- несоответствующая обработка почвы – к снижению продуктивного потенциала, вторичного уплотнения и ухудшения физических свойств почв;
- изменение гидрологических условий – к уменьшению инфильтрации воды и потере плодородной почвы сельскохозяйственных угодий;
- вырубка лесов и полевых защитных полос – вызывает интенсивность засухи, ветровую и водную эрозию почвы, опустынивание почвы и сокращению биоразнообразия;
- нерациональное управление пастбищами – ухудшение физических, химических и биологических свойств почвы; повреждение структуры растительного покрова почвы;
- частое использование тяжелой агротехники на полях – уплотнение, деструктуризация и осушение пахотного слоя почвы, снижение биоразнообразия и потере продуктивного потенциала почв [1].

За период 2008-2019 гг. площадь с/х земель увеличилась на 80245 га, а общая площадь эродированных с/х земель увеличилась на 14% (таб. 2).

Таблица 2 – Площадь эродированных земель в Республике Молдова

<i>Земли сельскохозяйственного назначения (01.01.2008) – 1 939 114 га</i>			
<i>Эродированные земли, га (01.01.2008)</i>			
Всего:	Слабо-эродированные	Средне-эродированные	Сильно-эродированные
878 274	504 777	259 332	114 165
45%	26%	13%	6%
<i>Земли сельскохозяйственного назначения (01.01.2019) – 2 019 359 га</i>			
<i>Эродированные земли, га (01.01.2019)</i>			
Всего:	Слабо-эродированные	Средне-эродированные	Сильно-эродированные
1 015 898	572 353	300 341	143 204
50%	28%	15%	7%

Источник: Земельный кадастр на 01.01.2008 и 01.01.2019.

Наиболее распространенная форма деградации почв – это плоскостная эрозия, которая охватывает 50% земель сельскохозяйственного назначения.

При пренебрежении противоэрозийных мероприятий на территориях с расчлененным рельефом развивается линейная эрозия (глубинная) – овраги. Они создают серьезные трудности при проведении сельскохозяйственных работ, расчленяют земельные участки и в некоторых случаях могут повлиять разрушающее на экономические объекты, дороги и населенные пункты. Самым эффективным методом борьбы с глубокой эрозией является облесение и применение простых гидротехнических мероприятий.

За 1911-1965 гг. площадь оврагов увеличилась с 14434 га до 24230 га. После 1965 г. часть земель, пораженных оврагами, была исключена из с/х оборота и передана в лесной фонд, а на некоторых участках проводились работы по планировке. Это привело к резкому сокращению площади оврагов на сельскохозяйственных угодьях до 9796 га по всей стране [1].

Прекращение работ по ликвидации оврагов и нерациональное управление в сельском хозяйстве в последние годы привели к увеличению количества и площади оврагов (11892 га) что, в свою очередь, привело к деградации поверхности почвы и поставило под угрозу инфраструктурные цели сельского хозяйства (Земельный кадастр на 01.01.2020).

Основная особенность оползней – отрыв грунтовых масс разного объема и разной глубине и их оползание на более низкие места с полным или частичным повреждением почвенного покрова. Факторы, вызывающие оползни, могут быть естественными (сила тяжести, литологическое строение и стратификация горных пород, грунтовые воды, землетрясения и др.) и антропогенными (необоснованная вырубка лесов и другие нерациональные действия), которые, как следствие, оказывают негативное влияние на объекты экономики и приводит к деградации почвенных ресурсов.

Оползневые площади в 2020 году составляют 23,7 тыс. га. Общая площадь активных и стабилизированных оползней составляет 133,22 тыс. га. Самое простое и эффективное решение – это облесение этих земель.

Для решения проблем, связанных с ускоренной деградацией почвенных ресурсов, совместно с научными учреждениями в области сельского хозяйства была разработана и одобрена Программы по мелиорации земель в целях обеспечения устойчивого управления почвенными ресурсами на 2021-2025 годы. Целью программы является реализация принципов устойчивого развития земельных ресурсов в Молдове; реализация мер по предотвращению деградации и повышению плодородия почв за счет модернизации и расширения системы мелиорации, внедрения современных технологий и экологически безопасных методов ведения сельского хозяйства [5].

Согласно программе, выполнение работ по борьбе с эрозией почв осуществляется только на основании проектов, разработанных для всего водоприемного бассейна, с проведением профилактических почвенно-гидрологических исследований земель приемного бассейна, проектированием и реализацией гидрологических организация бассейновых земель.

Данные, представленные в таб.3, указывают на площади с/х земель, которые необходимо срочно стабилизировать согласно Плану мероприятий

Программы по мелиорации земель.

Таблица 3 – Площади деградированных с/х земель, га

Тип деградации почв/земель	Всего	Пашня	Многолетние насаждения	Пастбища	Сенокосы
- глубинная эрозия, овраги	1812,35	226,41	95,22	1456,12	34,6
- активные оползни, обвалы	5977,82	299,38	462,92	5213,74	1,78
- избыточно увлажненные	6693,01	1766,95	105,44	4798,72	21,90
- солонцовые и засоленные	8126,93	2384,65	138,31	5603,97	—
- биологически (биоценозы) деградированные	880,00	291,00	180,00	409,00	—
- занятые отвалами, промышленными и / или бытовыми отходами	402,09	97,09	2,20	297,69	5,12
- покрытыми слабогумусными отложениями педолита	802,10	105,00	54,10	643,0	—
- уплотненные	3040,93	1524,50	0,43	1516,00	—
- плантажированные	87,92	48,80	2,46	36,66	—
Всего	27823,15	6743,78	1040,87	19974,9	63,4

Источник: Районные, муниципальные управления сельского хозяйства и продовольствия, 2020 год.

Для выполнения принципов устойчивого развития земельных ресурсов, изложенных в Программе, в план действий входит:

- 1) восстановление травяного покрова, улучшение пастбищ, восстановление деградированных земель, фильтрующие полосы, дезактивация загрязненных земель, озеленение террас на площади 150 га;
- 2) облесение оползней на площади 332 га для предотвращения, борьбы и стабилизации оползней;
- 3) гидротехнические и фитомелиоративные противоэрозионные мероприятия на площади 1900 га для предотвращения процессов деградации почв;
- 4) создание / восстановление лесозащитных полос на общей площади 65/25 га для защиты почв от ветровой эрозии;
- 5) создание агролесомелиоративных хозяйств на площади 30 га для защиты сельскохозяйственных угодий от эрозии;
- 6) создание прибрежных водоохраных полос на площади 30 га для защиты водоемов от эрозии и заиливания;
- 7) облесение оврагов и долин на площади 20 га для предотвращения, борьбы и стабилизации оползней;
- 8) мелиорация почв на площади 500 га для повышения их продуктивности;
- 9) увеличение орошаемых площадей на 68 тыс. га для смягчения последствий почвенной засухи;
- 10) проведение почвозащитных мероприятий на площади 5000 га сельскохозяйственных угодий для повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

В основу устойчивого сельского хозяйства и стратегии борьбы с

деградацией почв должен быть положен «экологический предел территории», который характеризует предел восстановления природной среды.

Библиографический список

1. Andrieș S. et al. Sistem Informațional privind calitatea învelișului de sol al Republicii Moldova / Информационная система о качестве почвенного покрова Республики Молдова. Ch.: Pontos, 2000. – 86 p. (Ro).
2. Cerbari V. et al. Monitoringul calității solurilor Republicii Moldova / Мониторинг качества почв Республики Молдова. Ch.: Pontos, 2010. – P. 17-39. (Ro).
3. Лях Т. Современные почвенно-экологические процессы в черноземах Молдовы. Современное состояние черноземов: Матер. II межд. научной конференции, 24-28 сентября 2018. В 2-х томах / отв. ред. О.С.Безуглова. Том 1. Ростов-на-Дону-Таганрог. Изд. Южного федерального университета, 2018. – С. 163-167.
4. Лях Т. Современное состояние и проблемы сохранения плодородия почвенных ресурсов Молдовы / Current state and problems of soil fertility preservation in Moldova. Агрохімія і Ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 87. Харків: ННЦ "ІГА ім. А.Н. Соколовського", 2018. – С. 72-76.
5. ***Program de îmbunătățiri funciare în scopul asigurării managementului durabil al resurselor de sol pentru anii 2021-2025 / Программы по мелиорации земель в целях обеспечения устойчивого управления почвенными ресурсами на 2021-2025 годы (858/MADRM/2020).
6. ***Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/>

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТНОГО ФАКТОРА НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО⁶

Макарова Т.Д.¹, Юшкина В.А.²

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: ¹taia.makarova2012@yandex.ru, ²vlada-yushkina@mail.ru

Резюме. Рассмотрено влияние различных культур зернопаропропашного севооборота и чистого пара на основные химические и физико-химические свойства черноземов выщелоченных, а также их обеспеченность подвижными элементами минерального питания.

Ключевые слова: севооборот, чернозем выщелоченный, показатели плодородия, гумусовое состояние, элементами питания.

THE INFLUENCE OF THE CROP ROTATION FACTOR ON THE MAIN INDICATORS OF THE FERTILITY OF LEACHED CHERNOZEM

Makarova T.D.¹ Yushkina V.A.²

Voronezh State University, Voronezh

E-mail: ¹taia.makarova2012@yandex.ru, ²vlada-yushkina@mail.ru

Summary. The influence of various crops of grain-fallow crop rotation and pure steam on the basic chemical and physico-chemical properties of leached chernozems, as well as their availability of mobile elements of mineral nutrition, is considered.

Keywords: crop rotation, leached chernozem, fertility indicators, humus state, nutrition elements.

⁶ *Работа выполнена под руководством: кандидат биологических наук, доцент Громовик А.И.

Введение. Оптимально составленные севообороты позволяют эффективно использовать пахотные угодья и исключают возможность утомления почв, а также положительно влияют на основные показатели плодородия почв.

Целью исследований являлось выявить степень влияния севооборотного фактора на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного.

Объекты и методы. Исследования проводились на территории землепользования Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова (Рамонский район, Воронежская область) в условиях длительного полевого опыта, заложенного в 2011 году и представляющего собой зернопаропропашной севооборот со следующим чередованием культур по полям: сахарная свекла – чистый пар – кукуруза – ячмень – соя – подсолнечник – озимая пшеница. Технология возделывания культур общепринятая в Центральном Черноземье. Почвенные образцы отбирались под указанными культурами в вариантах опыта без внесения удобрений. Почвы полевого опыта – черноземы выщелоченные малогумусные среднесиловые тяжело-суглинистые. В качестве почвообразующих пород выступают покровные карбонатные лессовидные суглинки. В отобранных почвенных образцах выполнялись анализы по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. Исследуемые почвы относятся к малогумусному виду. Содержание гумуса в пахотном горизонте изменяется от 5,7% до 5,9%, и с глубиной оно постепенно снижается до 3,8-4,2% в слое 50-60 см. Влияние культур севооборота на количественное содержание гумуса не выявлено, так как различия данных находятся в пределах ошибки определения показателей (табл. 1).

Величина актуальной кислотности ($pH_{\text{водн.}}$) под разными культурами севооборота несколько отличается, так под сахарной свёклой, ячменем и озимой пшеницей реакция среды в верхней части гумусового горизонта близка к нейтральной (6,7-6,9 ед.) под остальными культурами севооборота реакция актуальной среды оценивается как слабокислая (6,0-6,6 ед.). С глубиной актуальная реакция среды постепенно увеличивается и в слое 50-60 см достигает значений 6,7-6,9 ед. под сахарной свёклой, ячменем и озимой пшеницей, и колеблется в пределах 6,4-6,8 ед. под остальными культурами севооборота.

В составе обменных катионов исследуемых почв преобладает кальций, содержание которого тесно коррелирует с гумусом. Пахотный горизонт содержит 35,4-36,8 ммоль(экв)/100г почвы обменного кальция. Вниз с глубиной количество данного элемента постепенно убывает, как и содержание гумуса.

На долю поглощенного магния приходится 5,1-5,4 ммоль(экв)/100г почвы в пахотном горизонте, а в нижних слоях 3,8-4,2 ммоль(экв)/100г почвы.

Влияние культур севооборота на содержание обменных катионов в составе почвенно поглощающего комплекса также не выявлено, все различия в пределах природного варьирования.

Таблица 1 – Значение почвенных показателей чернозёма выщелоченного

Глубина, см	Гумус, %	pH _{водн.} , ед.	Нг	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	V, %
			ммоль(экв)/100 г				
Сахарная свекла							
10-20	5.9	6.7	3.75	36.8	5.5	42.3	91.85
30-40	5.6	6.7	3.67	30.4	4.8	35.2	90.55
50-60	4.2	6.7	3.55	26.7	4.1	30.8	89.66
Чистый пар							
10-20	5.9	6.3	3.91	35.4	5.3	47.7	92.42
30-40	5.5	6.4	3.82	28.7	4.7	33.4	89.73
50-60	4.1	6.4	3.69	24.9	3.9	28.8	88.64
Кукуруза							
10-20	5.7	6.6	3.29	36.5	5.4	41.9	92.71
30-40	5.3	6.4	3.15	30.2	4.7	34.9	91.72
50-60	3.8	6.8	2.97	26.6	3.8	30.4	91.09
Ячмень							
10-20	5.8	6.9	2.86	36.9	5.7	42.6	93.7
30-40	5.5	6.7	1.86	31.2	5.1	36.3	95.12
50-60	4.1	6.9	1.56	27.1	4.2	31.3	95.25
Соя							
10-20	5.7	6.0	4.09	35.9	5.3	41.2	90.96
30-40	5.4	6.2	3.98	29,8	4,7	34.5	89.65
50-60	3.9	6.4	2.94	26.3	3.9	30.2	91.12
Подсолнечник							
10-20	5.8	6.6	3.76	36.6	5.1	41.7	91.72
30-40	5.5	6.4	3.55	30.9	4.2	35.1	90.81
50-60	3.9	6.7	3.47	27.2	3.8	31.0	89.93
Озимая пшеница							
10-20	5.7	6.8	3.71	35.8	5.2	41.0	91.7
30-40	5.5	6.6	3.66	29.9	4.6	34.5	90.4
50-60	4.2	6.8	2.29	26.1	4.1	30.2	92.95

Почвы опыта имеют очень высокую степень обеспеченности подвижным фосфором. Наибольшее его количество (39,8-39,5 мг/100 г) обнаружено под чистым паром и сахарной свёклой. А наименьшее, под соей (28,1 мг/100 г) и кукурузой (29,9 мг/100 г) (рис. 1).

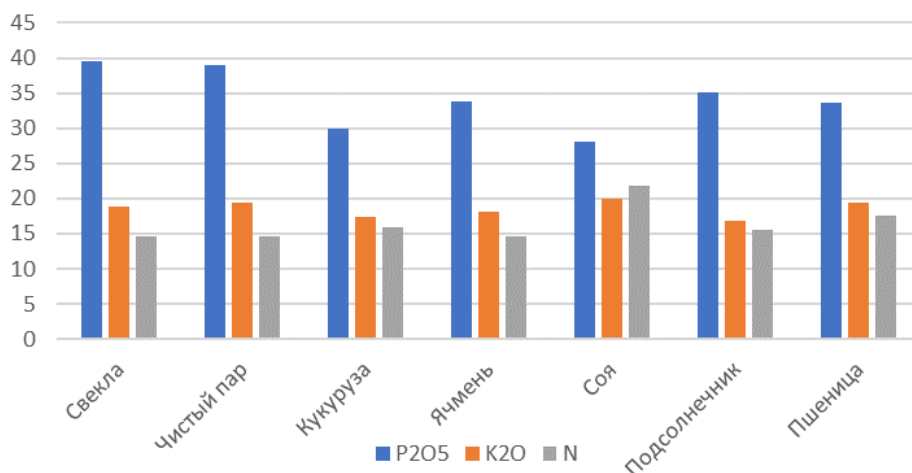


Рисунок 1 – Обеспеченность севооборота элементами питания (мг/100 г)

Степень обеспеченности почв обменным калием под разными культурами севооборота разнится. Повышенное обеспечение элементом (16,9 мг/100 гр. почвы) имеют почвы под подсолнечником. Под соей отмечается высокая обеспеченность элементом (20 мг/100 г почвы), под остальными культурами севооборота обеспечение обменным калием находится на уровне 17,3-19,5 мг/100 гр. почвы.

Почвы также отличаются по количественному содержанию щелочногидролизуемого азота, максимальные значения по этому показателю были отмечены под озимой пшеницей (17,5 мг/100 г) и соей (21,9 мг/100 г), под остальными культурами севооборота содержание щелочногидролизуемого азота находилось примерно на одном уровне (14,6-15,9 мг/100 г).

Различия в обеспеченности почв элементами питания обусловлены количеством и качеством пожнивных остатков, предшествующих культур, поскольку они являются единственным источником элементов минерального питания, так как в исследуемых вариантах удобрения не вносились.

Таким образом, в результате исследований было выявлено, что почвы опыта имеют благоприятные химические и физико-химические свойства, и значения показателей плодородия мало отличаются между собой под разными культурами севооборота. Различия выявлены лишь по обеспеченности почв элементами минерального питания, зависящее от пожнивных остатков культур, которые служат источниками этих элементов. Стоит отметить, что почвы достаточно хорошо обеспечены основными элементами минерального питания.

УДК 631.95:631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Малышева Е.С.

ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород

E-mail: helen2907a@mail.ru

Резюме. В статье рассмотрен вопрос проведения экологической оценки сельскохозяйственных земель с применением ГИС-технологий. Описываются возможности геоинформационных систем (ГИС) в аспекте подсчета баллов бонитета и степени окультуренности почвы. Экологически ориентированная ГИС, позволяет в реальном времени наблюдать за изменениями обстановки на местности, оперативно работать с динамически изменяющимися экологическими данными и проследить их взаимное влияние друг на друга. Применение геоинформационных технологий оказывает значительное влияние на качество экологической оценки земель, которая, в свою очередь сказывается на многих аспектах в сфере сельского хозяйства и области земельного кадастра.

Ключевые слова: ГИС, экологическая оценка, бонитет, индекс окультуренности, мониторинг, сельское хозяйство, почвы.

Summary. The article deals with the issue of ecological expertise of agricultural land using GIS technologies. The possibilities of geoinformation systems (GIS) in terms of bonitet points and the degree of culturedness soil are described. An environmentally-oriented GIS allows you to observe changes in the local environment in real time, quickly work with dynamically changing

environmental data, and track their mutual impact on each other. The use of geoinformation technologies has a significant impact on the quality of environmental assessment of land, which, in turn, affects many aspects in the field of agriculture and land cadastre.

Key words: GIS, environmental assessment, bonitet, culturedness index, monitoring, agriculture, soil.

В настоящее время на земли в аспекте охраны окружающей среды и рационального землепользования значительное влияние оказывают различные антропогенные факторы [1, 2]. Это приводит к экономическим последствиям, негативно сказывающимся на отрасли сельского хозяйства. В этой связи важнейшее значение приобретает мониторинг земельных ресурсов, который представляет из себя систему наблюдения за состоянием земель. Такая система не только оценивает текущее качество земель, но и прогнозирует изменения их состояния под воздействием различных антропогенных и природных факторов [3, 4, 5, 6]. Трудности, возникающие при землепользовании и носящие экологический характер, зачастую решаются путём неотложного вмешательства в естественные процессы, эффективность которых напрямую связана с оперативностью обработки и представления информации [7]. Вместе с тем, экологическая ситуация в конкретно взятой области или же районе может изменяться с течением времени. Для актуализации информации, на основе которой делаются выводы об экологическом состоянии земель, требуется некий инструмент [1, 2]. Этим инструментом, несомненно, является ГИС (географическая информационная система), поскольку позволяет работать с большими объемами разнородной информации. На сегодняшний день геоинформационные технологии и ГИС в частности, повсеместно применяются во всём мире для работы с пространственно-координированной географической, геологической, экологической информацией, а также данными, хранящимися в базе данных в табличном виде. Большинство землеустроительных организаций не используют все возможности ГИС и в основном применяют их как инструменты векторизации и расчета площадей. Однако, функционал многих геоинформационных систем содержит огромное количество модулей, позволяющих выполнять всесторонний геоанализ различными способами и методами, меняющимися в зависимости от входных данных и результата, получаемого на выходе. Геоинформационные системы могут выступать средством повышения качества управления земельными ресурсами [8]. ГИС-технологии позволяют применять методы компьютерного моделирования для создания систем рационального использования земельных ресурсов [7].

Экологически ориентированная ГИС, позволяет в реальном времени наблюдать за изменениями обстановки на местности, оперативно работать с динамически изменяющимися экологическими данными и проследить их взаимное влияние друг на друга [1].

Примером такой системы служит «ГИС Агроэколог Онлайн», разработанная специалистами ФГБУ «ЦАС «Белгородский». [9]. Данная ГИС предоставляет возможность пользователям работать с агрохимическими данными с пространственной привязкой. «ГИС Агроэколог Онлайн» позволяет сотрудникам

агрохимцентров, а также землепользователям регионов и органам управления АПК (агропромышленного комплекса) централизованно хранить данные и работать с ними в режиме онлайн, упростить множество операций и соблюсти все формы отчетности, а также выполнить всё это в кратчайшие сроки [9]. Система позволяет выполнять множество операций, таких как оцифровывание контуров рабочих участков, ведение книги истории полей, просмотр агрохимических ходов и точек копания, слежение за транспортом посредством GPS-трекеров, разработка проектов известкования и т.д.

База данных «ГИС Агроэколог Онлайн» содержит классификатор бонитета почв, сгруппированный по типам почвы, гранулометрическому составу и степени эродированности [10]. Используя эту информацию, в системе можно рассчитать баллы бонитета и степень окультуренности почв для каждого отдельно обрабатываемого участка или любой структурной единицы (организация, район, область). Для этого создана специальная форма, позволяющая просмотреть результаты и редактировать коэффициенты, влияющие на расчеты. Таким образом существует возможность оценить реальное или потенциальное качество земельных угодий, отражающее их ценность для земледелия [11, 12].

Основываясь на почвенных обследованиях, баллы бонитета позволяют охарактеризовать качество земель, что может быть использовано при организации сельскохозяйственного производства, например, для разработки рациональных систем земледелия, чередования культур в севооборотах. Бонитировка почв выступает независимой оценкой производственной деятельности землепользователей, посредством которой можно осуществлять контроль за состоянием сельскохозяйственных угодий. Также этот функционал может быть использован в процессе установления стоимостных характеристик земли, для ведения земельного кадастра, мелиорации, совершенствования систем земледелия и т.п. [13]. Наряду с бонитировкой почв, важным экологическим показателем является индекс окультуренности почвы. Он также может быть использован в качестве значащего коэффициента при экологической, а следовательно и кадастровой оценке земель. Оба этих коэффициента оказывают влияние на разработку проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия. При высоких индексах окультуренности и баллах бонитета на конкретных рабочих участках, их отводят под интенсивные севообороты [9].

Без применения геоинформационных технологий, способствующих автоматизации вышеприведенных расчетов, учет таких характеристик как бонитет или окультуренность почвы, был достаточно трудоемким процессом. Это оказывало значительное влияние на качество экологической оценки земель, которая, в свою очередь сказывается на многих аспектах АПК. С применением ГИС с точки зрения экологической оценки земель также наблюдаются заметные возможности развития области земельного кадастра.

Библиографический список

1. Карашаева А.С. Оценка сельскохозяйственных земель с применением геоинформационных технологий // Московский экономический журнал. – 2018. – №5 (3). doi:10.24411/2413-046X-2018-15082

2. Лукин С.В. Производство экологически безопасной сельскохозяйственной продукции // АПК: Экономика, управление. – 2007. – № 5. – С. 27-29.
3. Wu M., Wu C., Huang W., Niu Z. An improved high spatial and temporal data fusion approach for combining Landsat and MODIS data to generate daily synthetic Landsat imagery. - Elsevier Science BV, PO BOX 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands, 2016. – P. 14-25.
4. Лукин С.В., Мирошникова Ю.В., Авраменко П.М. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах // Агрохимия. – 2002. – №8. – С.86-91.
5. Лукин С.В., Авраменко П.М. Закономерности изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах Белгородской области // Агрохимия. – 2007. – №6. – С. 22-26.
6. Мелентьев А.А. Применение ГИС-технологий в сельском хозяйстве [Текст] / А.А. Мелентьев, Н.М. Затолокина // Вектор ГеоНаук. – 2018. – №2. – С. 79-86.
7. Копишев Э.Е., Иманбаева М.Т., Байгарин Д.Д., Айдарбекова А.А. Применение гис технологий при мониторинге и оценке состояния сельскохозяйственных угодий // Сб. материал. междунар. научно-практич. конф. – Астана, 2016 – С. 155-159.
8. Зудилин С.Н., Осоргина О.Н., Осоргин Ю.В. Использование геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного предприятия // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018. – №2-3. – С. 565-569.
9. Лукин С.В., Костин И.Г., Малышева Е.С. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 8-13.
10. Ахтырцев Б.П., Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. Воронеж: изд-во ВГУ, 1984. – 268 с.
11. Костин И.Г., Малышева Е.С. Мониторинг основных параметров плодородия почв с применением геоинформационных систем // Вестник Казанского ГАУ. – 2020. – № 2 (58). – С. 96-101. doi: 10.12737/2073-0462-2020-96-101.
12. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. М.: Колос, 2000. – 416 с.
13. Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв. М., 1970. – 265 с.

УДК 631.417.1:631.445.4

ВЫДЕЛЕНИЕ CO₂ ИЗ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА И ВИДА СЕВООБОРОТА

Масютенко М.Н.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ» – ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,

г. Курск

E-mail: avatar_dark@mail.ru

Резюме. На основе изучения динамики CO₂ за вегетационный период проведена оценка потоков углекислого газа из чернозема типичного в атмосферу в зависимости от экспозиции склона и вида севооборота, оценена связь эмиссии CO₂ из почвы с почвенными условиями.

Ключевые слова: чернозём типичный, выделения CO₂, потоки углекислого газа, севооборот, чистый пар, культура, температура почвы, влажность почвы, твердость почвы, микробная биомасса

Выделение CO₂ из почвы является интегральным показателем биологической активности почвы и является важным звеном круговорота углерода в экосистемах [1, 2]. Следует отметить, что диоксид углерода атмосферы примерно

на 90 % имеет почвенное происхождение [3]. Выделение совокупностью почвенных живых организмов CO_2 в прилегающий к почве слой воздуха называют дыханием почвы. Наблюдения за дыханием почвы в экосистемах позволяют выявить интенсивность процессов минерализации органического вещества под действием природных и антропогенных факторов и оценить поступление углекислоты в атмосферу.

Интенсивность газообразных потерь углерода из пахотных почв обусловлена как особенностями агротехники, так и экологическими факторами, основными из которых являются температура и влажность почв [4]. Углекислый газ, выделенный с поверхности почвы, занятой растительностью, связывается растениями в процессе фотосинтеза, то есть доля его поступления в атмосферу незначительна. Выделение CO_2 из почвы в агроэкосистемах в зависимости от различных факторов изучены недостаточно [5, 6].

Изучение этих вопросов необходимо для более чёткого регулирования и управления биологическими процессами, происходящими в почвенных экосистемах, и для оценки поступления CO_2 из почвы при различных системах земледелия в зависимости от рельефа местности. Поэтому изучение данных вопросов является теоретически и практически значимым и актуальным.

Целью данной работы является оценка потоков углекислого газа из чернозема типичного в атмосферу на основе изучения его динамики CO_2 за вегетационный период в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и связи эмиссии CO_2 из почвы с почвенными условиями.

Исследования проводились в многофакторном полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район, с. Панино, Курская обл.), заложенном в 1984 году на чернозёме типичном на водораздельном плато, склонах северной и южной экспозиции крутизной до 3° в 7-ю ротацию четырехпольных зернопаропропашного (ЗППС) и зернотравяного (ЗТС) севооборотов при отвальной системе обработки, без внесения удобрений [7]. Чередование сельскохозяйственных культур в ЗППС было следующим: ячмень – чистый пар – озимая пшеница – кукуруза; в ЗТС: эспарцет – эспарцет – озимая пшеница – ячмень + эспарцет. Глубина обработки под кукурузу – 25-28 см, а под остальные культуры севооборотов – на 20-22 см. Почва – чернозем типичный среднесплодный малогумусный тяжелосуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках. Выделение CO_2 из почвы определяли в полевых условиях методом адсорбции в модификации Л.О. Карпачевского [8]. с изоляторами ежемесячно в течение мая-сентября в 3-кратной повторности.

На основе результатов исследования эмиссии CO_2 из почвы рассчитаны потоки углекислого газа из чернозема типичного в атмосферу. Установлено, что в мае-сентябре первого года исследований года они превышали таковые во втором году в 1,2...1,7 раза (табл.1). Это связано с повышенной минерализацией органического вещества в почве в первом году в чистом пару, периодически механически обрабатываемом. В зернопаропропашном севообороте в рассматриваемом году потоки CO_2 из почвы на северном склоне превышают таковые на южном на 47...54 %, а в ЗТС между склонами различия незначимы.

Таблица 1 – Потоки углекислого газа (кг/га) из чернозема типичного за вегетационный период (май-сентябрь) в зависимости от экспозиции склона и вида севооборота

Экспозиция	Севооборот	1 год	2 год	3 год	Средние
Северная	Зернопаропропашной (ЗППС)	16607,74	10728,40	8682,7	12006,28
	Зернотравяной (ЗТС)	11062,36	7553,50	10755,4	9790,42
Водораздельное плато	Зернопаропропашной	15100,48	9417,79	11723,0	12080,42
	Зернотравяной	13330,30	7968,88	11057,8	10785,66
Южная	Зернопаропропашной	11331,13	8195,67	9816,48	9781,09
	Зернотравяной	10264,42	6893,72	9565,92	8908,02

1 год: ЗППС – чистый пар, ЗТС – эспарцет;

2 год: ЗППС – озимая пшеница, ЗТС – озимая пшеница;

3 год: ЗППС – кукуруза, ЗТС – ячмень+эспарцет

Потоки CO₂ из почвы в зернопаропропашном севообороте больше, чем в зернотравяном. Наибольшие различия по величине потоков CO₂ из почвы в зависимости от вида севооборота отмечены на северном склоне (в 1,5 раза), а на водораздельном плато и южном склоне их различия незначимы (10...13 %).

Во втором году, как и в первом, общие закономерности сохраняются: на северном склоне потоки CO₂ из почвы в мае-сентябре больше, чем на южном; в зернопаропропашном севообороте они больше, чем в зернотравяном, хотя везде возделывалась одна и та же культура. Но даже при одинаковой культуре эмиссия CO₂ из почвы была выше в зернопаропропашном севообороте. Возможно это определяется составом микробоценоза, который находится в почве при различных севооборотах.

Потоки CO₂ из почвы в мае-сентябре первого года в чистом пару и на многолетних травах превышали таковые во втором в посевах озимой пшеницы, соответственно, в 1,7 и 1,2 раза.

В третьем году, как и в первом и втором, отмечено сохранение общих закономерностей на водораздельном плато и южном склоне. На северной экспозиции потоки CO₂ из почвы в зернотравяном севообороте в мае-сентябре больше, чем в зернопаропропашном на 24 % и приближаются к таковым в первом году исследований. В ЗППС на третий год в посевах кукурузы отмечается снижение потоков CO₂ из почвы в мае-сентябре по сравнению с первым и вторым годом, соответственно, на 91 % и 24%.

Средние значения потоков CO₂ из почвы в мае-сентябре за 1-3 годы подтверждают выявленные закономерности в первые два года.

Таким образом, различия в эмиссии CO₂ из почвы в мае-сентябре от влияния изучаемых факторов падают в ряду: вид севооборота, экспозиция склона.

Для выяснения влияния почвенных условий на эмиссию CO_2 из почвы была проведена оценка характера и степени их связи. На основе корреляционного анализа (рис.1) установлена прямая высокая связь выделения CO_2 из почвы с содержанием в ней микробной биомассы ($r=0,78$); прямая средняя связь – с температурой почвы в диапазоне от 15 до 25°C ($r = 0,57$); с влажностью почвы в диапазоне от 10 до 20 % ($r = 0,56$); обратная высокая – с твердостью почвы ($r = 0,78$).

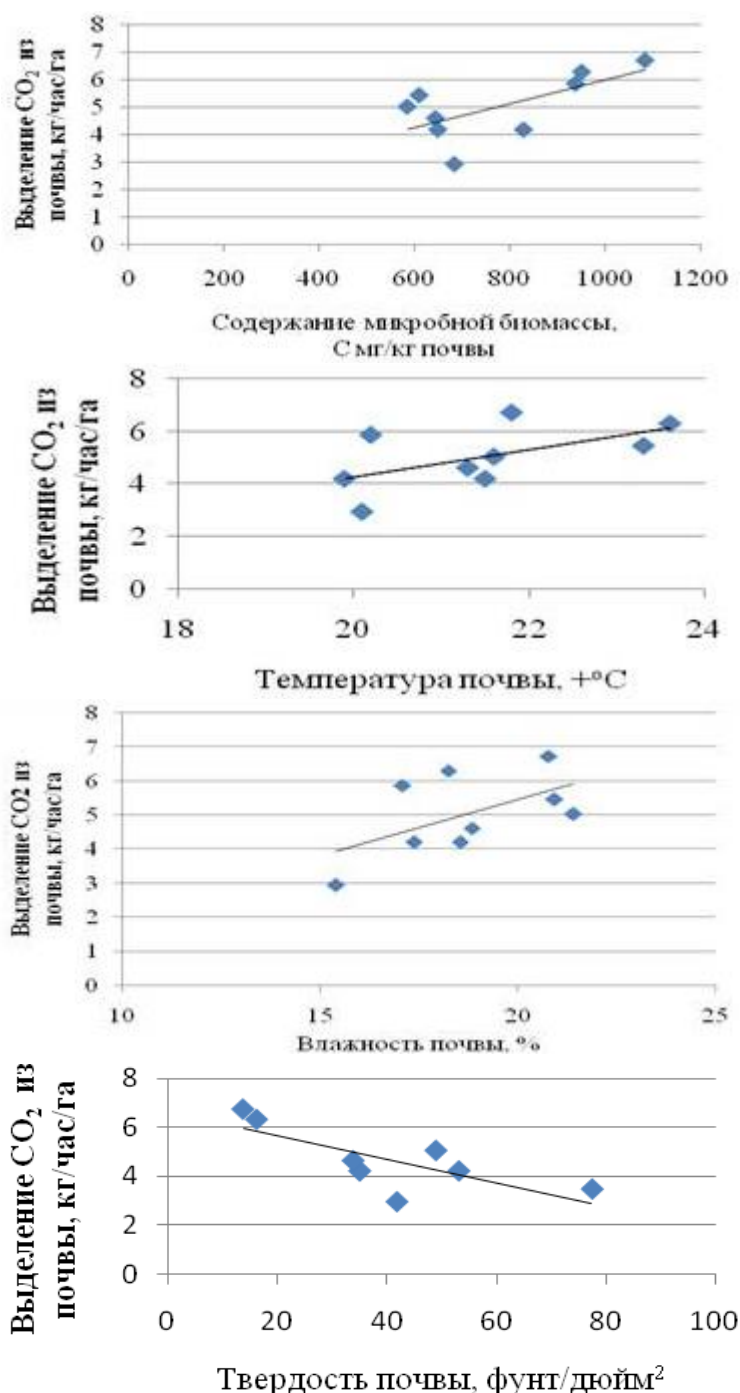


Рисунок 1 – Зависимости выделения CO_2 из чернозема типичного от его свойств

Таким образом, интенсивность потоков углекислого газа из чернозема типичного в атмосферу зависит от вида севооборота, наличия в нем чистого пара,

сельскохозяйственной культуры. Влияние экспозиции больше проявляется в зернопаропропашном севообороте. Эмиссия CO₂ из почвы также связана с температурой, влажностью, твердостью почвы и содержанием в ней микробной биомассы.

Библиографический список

1. Ларионова, А.А. Годовая эмиссия CO₂ из серых лесных почв Южного Подмосквья / А.А. Ларионова, Л.Н. Розанова, Т.С. Дёмкина, И.В. Евдокимов, С.А.Благодатский // Почвоведение. – 2001. – №1 – С. 72-80.
2. Ларионова, А.А. Эмиссия диоксида углерода в агроэкосистемах на серых лесных почвах в условиях изменяющегося климата /А.А. Ларионова, И.Н. Курганова, В.О. Лопес де Гереню, Б.Н. Золотарева, И.В. Евдокимов, В.Н. Кудеяров // Почвоведение. – 2010. –№ 2. – С. 186-195.
3. Кудеяров, В.Н. Эмиссия углекислого газа почвенным покровом России/ В.Н. Кудеяров, Ф.И. Хахимов, Н.Ф. Деева, А.А. Ильина, Т.В. Кузнецова, А.В. Тимченко // Почвоведение. – 1995. – №1. – С.33-43.
4. Курганова, И.Н. Оценка газообразных потерь углерода из почв агроэкосистем Российской Федерации / И.Н. Курганова, Лопес де Гереню В.О., Т.Н. Мякшина, Д.В. Сапронов, В.Н. Кудеяров // Труды IV Всероссийской научной конференции «Гуминовые вещества в биосфере». – Санкт-Петербург. – 2007. – С.54-57.
5. Нагорная, О.В. Влияние степени антропогенного воздействия на эмиссию CO₂ из чернозёмных почв Курской области / О.В. Нагорная // Регион – 2006: стратегия оптимального развития. Матер. междунар. научно-практич. конф. – Харьков, 2006. – С. 236-237.
6. Чимитдоржиева, Э.О. Особенности эмиссии углекислого газа из мучнистокарбонатных черноземов Тугнуйской котловины Забайкалья/ Э.О. Чимитдоржиева, Г.Д. Чимитдоржиева // Агрохимия – 2010. – №11. – С. 45-49.
7. Масютенко, М.Н. Влияние севооборотов, систем обработки почвы и экспозиции склона на агрофизические и биологические свойства чернозёма типичного и урожайность сельскохозяйственных культур: Автореф. дисс. ...канд. сельск. наук: 06.01.01. – Рамонь, 2014. – 24с.
8. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – С. 217-224.

УДК 631.417:631.445.4(470.32)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЧР ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Масютенко Н.П.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» –

ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,

ул. Карла Маркса, 70б, Курск, Российская Федерация

E-mail: vninp@mail.ru

Резюме. Установлено, что наряду со снижением в пахотных черноземных почвах ЦЧР РФ, по сравнению с целиной в некосимой степи Центрально-Черноземного заповедника им. В.В. Алехина, содержания гумуса, негумифицированного органического вещества, подвижных гумусовых веществ, микробной биомассы происходит изменение соотношения между компонентами органического вещества. Показаны закономерности агрогенной трансформации содержания, состава и природы подвижных гумусовых веществ в черноземных почвах на пашне. Отмечается наибольшее сокращение в пахотных почвах негумифицированного

органического вещества. Выявлено, что масса легких фракций, выделенных гранулометрическим методом, более подвержена трансформации под воздействием антропогенных нагрузок, чем илистых. При этом увеличивается количество органического углерода в илистых фракциях, т.е. органического вещества, прочно связанного с минеральной частью почвы.

Ключевые слова: органическое вещество, черноземы, трансформация, подвижные гумусовые вещества, гранулометрические фракции.

Summary. It is found out in the studies conducted in Central Chernozem Region of the Russian Federation that along with the decrease of humus content, non-humified organic matter, mobile humus substances, microbial biomass in arable chernozem soils in comparison with virgin lands in unmowed steppe of the Central Chernozem Reserve named after V. V. Alekhin, the change of the ratio between the components of organic matter takes place. The regularities of agrogenic transformation of the content, composition and nature of mobile humus substances in chernozem soils on arable land are shown. The maximum reduction of non-humified organic matter in arable soils is noted. It is found out that the weight of the light fractions isolated by a granulometric method, is more susceptible to transformation under the influence of anthropogenic pressures than clay ones. This increases the amount of organic carbon in the clay fractions, i.e. organic matter, strongly linked with the mineral part of the soil.

Key words: organic carbon, chernozem, transformation, mobile humic substances, granulometric fractions.

Органическое вещество черноземов отличается своей уникальностью. «В химическом смысле гумус черноземов», по мнению В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой (1980), «можно считать наиболее совершенным почвенным органо-минеральным новообразованием. Его органический компонент, возможно, приближается по своей химической структуре к индивидуальным химическим соединениям, настолько определёнными его химические свойства, однороден в пределах гумусового горизонта его состав, и резко он отличается от состава и структуры исходных растительных остатков. М.М. Кононова (1963) отмечала, что, с одной стороны, «преобладание в составе гумуса черноземов гуминовых кислот сложной природы со слабовыраженными гидрофильными свойствами придает гумусу облик инертности», а, с другой стороны, «... органическая часть почвы в процессе освоения и окультуривания, несомненно, меняется...».

Исследованию гумусовых веществ черноземов Центрально-Черноземного района и их трансформации в процессе сельскохозяйственного использования посвятили свои работы многие ученые (Докучаев В.В., 1883; Тюрин, 1937; Кононова, 1963; 1972; Орлов, 1974; Пономарева, Плотникова, 1980; Адрихин, 1964; Ахтырцев, 1987; Когут, 1982, 1998; Наконечная, Явтушенко, 1989; Щербаков, Шевченко, 1986; Масютенко, 2012; Глазунов, Кузнецов, 2016; Громовик, Боронтов, Косякин, 2018 и многие др.).

Учитывая то, что гумус и негумифицированное органическое вещество глобально воздействуют на агрономические свойства почвы, играют важную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивают устойчивость водно-пищевого режима, противозерозионную стойкость, своеобразную буферность почв по отношению к неблагоприятным погодным условиям, антропогенным воздействиям, исследование трансформации

органического вещества черноземов ЦЧР России при сельскохозяйственном использовании в современных условиях является актуальной проблемой.

Целью данной работы является исследование особенностей трансформации органического вещества в черноземных почвах ЦЧР на пашне по сравнению с целинным аналогом.

Наши исследования проводились в многофакторном полевом опыте, заложенном в опытном хозяйстве ВНИИЗиЗПЭ в 1984 году, в зернопаропропашном и зернотравяном севообороте на водораздельном плато при отвальной системе обработки, а также в Центрально-Черноземном Государственном биосферном заповеднике на целине в некосимой степи и в бессменном пару (с 1947 года). Объектами исследований были черноземы типичные тяжелосуглинистые среднемошнющие на пашне и мощный на целине в некосимой степи, сформированные на лессовидных отложениях суглинистого гранулометрического состава богатых кальцием и основными элементами питания. Содержание гумуса определяли по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель (Никитин, 1983), лабильные гумусовые вещества и их состав – в 0,1н вытяжке NaOH по методике Почвенного института с предварительным компостированием (1984), содержание углерода микробной биомассы (C_{MB}) – регидратационным методом (Благодатский, Благодатская, Горбенко, Паников, 1987, 1989); негумифицированное органическое вещество (НВ) – методом монолитов с последующим отмыванием на ситах (Доспехов и др., 1987), гранулоденсиметрический анализ – по методу М.Ш. Шаймухаметова, Л.С. Травниковой (1984), органический углерод в гранулоденсиметрических фракциях – методом сухого сжигания.

Полученные результаты были обработаны методами математической статистики (Дмитриев, 1972; Доспехов, 1985) с использованием программных средств Microsoft office EXCEL, STATISTIKA.

Проведенные нами исследования показали, что в настоящее время при сельскохозяйственном использовании угодий, снижении поступления в почву свежего органического вещества, при механической обработке, усиливающей процессы минерализации, происходит уменьшение содержания гумуса в почве. Так, содержание гумуса в 0-20 см слое почвы на пашне (водораздельное плато) в 1,76-1,86 раз меньше, чем на целине в некосимой степи (Таблица 1). А в бессменном пару за 57 лет при максимальной негативной антропогенной нагрузке содержание гумуса в черноземе типичном резко уменьшилось в 2,7 раза по сравнению с некосимой степью, что связано с систематическим усиленным механическим воздействием на почву, приводящем к усилению процессов минерализации почвенного органического вещества, а также с отсутствием поступления в почву свежего органического (растительного) вещества.

При сельскохозяйственном использовании наибольшим изменениям подвергается лабильная часть органического вещества почвы: микробная биомасса, подвижные гумусовые вещества и негумифицированное органическое вещество. Более быстро реагирует на изменение в почвенной среде микробная биомасса. Она является важнейшим компонентом активной фракции

органического вещества чернозема, а почвенные микроорганизмы участвуют в трансформациях важнейших питательных элементов, то есть играет важную роль в почвенном плодородии и питании растений.

Таблица 1 – Количественный и качественный состав органического вещества чернозема типичного в заповеднике на целине и на пашне

Показатели	Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. проф. В.В. Алехина		Многофакторный стационарный полевой опыт	
	Стрелецкая (некосимая) степь	Бессменный пар, 57-летний	Пашня, ЗППС, отвальная обработка	Пашня, ЗТС, отвальная обработка
Гумус, %	10,84±0,18*	3,93±0,06	5,84±0,07	6,15±0,08
СПГВ, мг/кг почвы	5650±172*	4790±112	4773±145	4950±148
СПГК, мг/кг почвы	3230±154*	2595±94	1929±149	2200±148
СПФК, мг/кг почвы	2420±146*	2195±112	2844±163	2750±152
СПГК/СПФК	1,3±0,12*	1,2±0,09	0,7±0,08	0,8±0,08
СМБ, мг/кг почвы	1568±105*	886±57	932±87	998±89
СНВ, мг/кг почвы	2880±250*	146±14	661±134	845±142

ЗППС – зернопаропропашной севооборот; ЗТС – зернотравяной севооборот;

СМБ – углерод микробной биомассы; СПГВ – углерод лабильных гумусовых веществ;

СПГК – углерод лабильных гуминовых кислот; СПФК – углерод лабильных фульвокислот;

СНВ – углерод негумифицированного органического вещества; * – стандартное отклонение.

Установлено, что наибольшее количество микробной биомассы отмечалось в некосимой степи Центрально-Черноземного заповедника и составляло 1568 мг/кг почвы, что примерно в 1,57; 1,58 и в 1,77 раза больше, чем, соответственно, на пашне с зернопаропропашным севооборотом (ЗППС), на пашне с зернотравяным севооборотом (ЗТС) и в 57-летнем бессменном пару заповедника (Таблица 1). Содержание микробной биомассы в черноземе типичном при увеличении степени антропогенной нагрузки на почву уменьшается в ряду: некосимая степь → пашня, ЗТС → пашня, ЗППС → бессменный пар (57-летний).

Аналогичная закономерность наблюдалась с содержанием подвижных гумусовых веществ в почве исследуемых объектов. Однако различия в величине содержания подвижных гумусовых веществ в почве на пашне и целине меньше и составляют на пашне на пашне с ЗТС – 14,1%, с ЗППС – 18,4% и в 57-летнем бессменном пару заповедника – 19,8%. Их качественный состав, характеризующийся соотношением СПГК/СПФК, ухудшается. Величина соотношения СПГК/СПФК в составе подвижных гумусовых веществ в слое почвы 0-20 см некосимой степи Центрально-Черноземного заповедника превышает в 1,62 и 1,86 раза таковые в почве на пашне с зернотравяным севооборотом и на пашне с зернопаропропашным севооборотом. В бессменном пару в составе подвижных гумусовых веществ увеличивается количество гуминовых кислот по сравнению с фульвокислотами.

Проведенное обобщение материалов собственных экспериментальных исследований позволило выявить следующие закономерности агрогенной трансформации содержания, состава и природы подвижных гумусовых веществ черноземов (Масютенко, Когут, Татошин, 1990; Масютенко, 2012; Когут, Артемьева, Масютенко, 2017):

- под влиянием длительного применения удобрений и гидротермических условий года достоверно увеличивается содержание и состав подвижных гумусовых веществ, содержание азота в препаратах подвижных гуминовых кислот снижается. На содержание подвижных гумусовых веществ гидротермические условия года влияют в большей степени, чем удобрения;

- дифференциация подвижных гумусовых веществ в пахотном слое при безотвальной обработке, по сравнению со вспашкой, выражена более значительно, чем общего содержания гумуса;

- при безотвальной обработке максимальная концентрация подвижных х гумусовых веществ отмечается в 0-10 см слое и достоверно превосходит такую при отвальной;

- содержание азота в подвижных гуминовых кислот при безотвальной обработке в слое 0-10 см было достоверно ниже, чем таковое при отвальной.

Следует отметить, что особенно резко снижается в почве при сельскохозяйственном использовании на пашне содержание негумифицированного органического вещества (НВ) по сравнению с целиной. Высокое содержание НВ в почве некосимой степи (целины) обусловлено естественным разнотравно-злаковым покровом, обеспечивающим ежегодно поступление в почву большого количества свежего опада в виде отмершей вегетативной части растений и корней. В верхнем слое почвы в некосимой степи содержание негумифицированного органического вещества в 3,4; 4,4 и 19,7 раза превышает его содержание, соответственно, на пашне с ЗТС, на пашне с ЗППС и в 57-летнем бессменном пару. На пашне содержание НВ снижается вследствие сокращения поступления органического вещества в почву и усиления его минерализации.

Анализ компонентного состава органического вещества почвы показывает, что на целине в некосимой степи органическое вещество (ОВ) чернозема типичного мощного тяжелосуглинистого в слое 0-20 см на 86,1-88,5 % (в % от углерода органического вещества почвы) состоит из инертно-устойчивого компонента (инертного гумуса) и на 12-14% из лабильной части, которая на 65,1-68,3% представлена подвижными гумусовыми веществами и на 31,7-34,9% негумифицированным органическим веществом. А на пашне ОВ чернозема типичного мощного тяжелосуглинистого на 78,6-85,5 % (в % от углерода органического вещества почвы) состоит из инертного гумуса и на 15,5-21,4% из лабильной части. Причем лабильная часть органического вещества почвы включает 86,7-97,2% подвижных гумусовых веществ и 2,8-13,3% негумифицированного органического вещества. Таким образом, в процессе сельскохозяйственного использования черноземных почв происходит изменение соотношений между компонентами почвенного органического вещества: на пашне снижается доля инертного гумуса, связанного с потенциальным плодородием, а лабильная

часть представлена, в основном, подвижными гумусовыми веществами. В пахотных черноземах отмечается недостаточное количество негумифицированного органического вещества, обеспечивающего устойчивость органического вещества почвы.

Одним из направлений оценки трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв является изучение продуктов взаимодействия органических и минеральных составляющих почв. Образование таких продуктов обуславливает прочность закрепления компонентов органических (гумусовых) веществ и направление их изменения под влиянием агротехнических приемов. В данной работе на основании метода физического фракционирования (Шаймухаметов, Травникова, 1984) выделены компоненты органических (гумусовых) веществ в наименее измененном виде по отношению к естественному состоянию.

В результате проведенных исследований установлено, что доля илистых фракций в черноземе типичном составляет 29,6-33,6%, а легких фракций – 3,4-10,8% от массы почвы. При увеличении антропогенной нагрузки на почву количество легких фракций снижается. Это свидетельствует о том, что масса легких фракций более подвержена трансформации под воздействием антропогенных нагрузок, чем таковая илистых фракций. Если в почвах целинной степи масса легких фракций составляет от массы илистой фракции 27-36 %, то на пашне с севооборотом и в бессменном пару в 2,7-3,0 раза меньше (10-12 %). Однако небольшая масса легкой фракции из-за высокой концентрации углерода во фракции с плотностью $< 1,8 \text{ г/см}^3$ аккумулирует в себе на целине 28,5% общего органического углерода почвы, а на пашне с севооборотом и бессменным паром – на 16-20 относительных процентов меньше (Таблица 2). Следует отметить, что 39-51 % углерода легкой фракции чернозема типичного представлено трудноразлагаемым органическим веществом. На бессменном пару илистые фракции чернозема типичного обеднены органическим С по сравнению с целиной.

Таблица 2 – Содержание органического С в гранулоденсиметрических фракциях чернозема типичного, %

Фракция		Некосимая степь			Пашня, ЗППС			Бессменный пар		
		С фракции, % от								
		массы фракции	массы почвы	C _{орг} почвы	массы фракции	массы почвы	C _{орг} почвы	массы фракции	массы почвы	C _{орг} почвы
Илистая	<1мкм	9,29	1,65	30,3	5,95	1,16	33,8	5,82	1.10	36,1
	1-2мкм	11,67	1,62	29,8	8.71	1,23	35,9	8,39	1.18	38,7
Легкая	1,8-2г/см³	7,84	0,30	5,5	5,69	0,09	2,6	4,92	0.07	2,3
	< 1,8г/см³	33,17	1,55	28,5	38,20	0,95	27,7	36,76	0.75	24,6
Остаток		0,21			0,11			0,11		

ЗППС – зернопаропропашной севооборот

Таким образом, интенсивность и величина трансформации органического вещества черноземов в процессе сельскохозяйственного использования

определяется системой земледелия (севооборот, система обработки и т.д.). В пахотных черноземах по сравнению с целинными наряду с уменьшением содержания гумуса, подвижных гумусовых веществ, микробной биомассы, резким снижением содержания негумифицированного органического вещества изменяются соотношения между компонентами органического вещества: в лабильной части снижается доля негумифицированного органического вещества, что может привести к снижению устойчивости органического вещества черноземов. Трансформация содержания, состава и природы подвижных гумусовых веществ в черноземе типичном в зависимости от агрогенных воздействий имеет свои закономерности. По мере увеличения интенсивности антропогенного воздействия наряду с уменьшением содержания общего углерода в почве увеличивается количество органического углерода в илистых фракциях, т.е. органического вещества, прочно связанного с минеральной частью почвы (глинистыми минералами и оксидами – гидрооксидами Fe и Al), а количество легких фракций снижается. Это может свидетельствовать о замедлении процессов гумусообразования и об усилении минерализации гумуса.

Библиографический список

1. Адрихин П.Г. (1964). Изменение плодородия черноземов Центрально-Черноземной полосы при окультуривании // Доклад к VIII Международному конгрессу почвоведов. М.: Наука, 36.
2. Ахтырцев Б.П. (1987). Гумус эродированных черноземов // Органическое вещество пахотных почв: Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 109-117.
3. Благодатский С.А., Паников Н.С., Самойлов Т.И. (1989). Влияние агротехнических приемов на динамику запасов микробного азота в серой лесной почве. Почвоведение. М. № 2. 52-60.
4. Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.С. (1987). Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов почвы. Почвоведение. М. № 4. – 64-71.
5. Глазунов Г.П., Кузнецов А.В. (2016). Влияние различной степени агрогенных нагрузок на содержание и запасы гумуса в чернозёме типичном. В сборнике: Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, д.с.-х.н., проф. Ю.Г. Скрипникова. 2016. 38-41.
6. Громовик А.И., Боронтов О.К., Косякин П.А. (2018). Многолетняя динамика гумуса и трансформация активного пула органического вещества чернозема выщелоченного при разных системах основной обработки почвы в зернопаросевообороте. Сахарная свекла. М. №7. 25-27.
7. Дмитриев Е.А. (1972). Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ. – 292 с.
8. Докучаев В.В. (1952). Русский чернозем: Отчет Вольного экономического общества». Спб., 1883; 2-е изд. М.: Сельхозгиз. 635с.
9. Доспехов, Б.А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 351с.
10. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. (1987). Практикум по земледелию. М.: Колос. 383 с.
11. Дьяконова К.В. (1990). Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия. М.: ВО "Агропромиздат". 32с.

12. Когут Б.М. (1982). Изменение содержания, состава и природы гумусовых веществ при сельскохозяйственном использовании типичного мощного чернозема. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.: Почвенный институт. 24 с.
13. Когут Б.М. (1998). Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании. Почвоведение. М. №7. 794-802.
14. Когут Б.М., Артемьева З.С., Масютенко Н.П. (2017). Органическое вещество русского чернозема от Докучаева до наших дней. /В сборнике: Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. Сборник материалов научной конференции, посвященной 80-летию кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами и 100-летней истории Воронежского государственного университета. 271-276.
15. Кононова М.М. (1963). Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР. 314 с.
16. Масютенко Н.П. (2012). Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства. М.: Россельхозакадемия. 150 с.
17. Масютенко Н.П., Когут Б.М., Татошин И.Ф. (1990). Закономерности влияния обработки почвы на содержание, состав и природу гумусовых веществ черноземов //Прогноз развития эрозионных процессов и устойчивость агроландшафтов и воздействию естественных и антропогенных факторов: Сб. науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск. 86-101.
18. Наконечная М.А., Явтушенко В.Е. (1989). Потери гумуса на склоновых землях ЦЧО Почвоведение. М. №5. 19-26.
19. Никитин Б.А. (1983). Уточнения к методике определения гумуса в почве. Агрохимия. М. №8. 101-106.
20. Орлов Д.С. (1974). Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ. 333 с.
21. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. (1980). Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука. 232 с.
22. Тюрин И.В. (1965). Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Изд-во «Наука». 320 с.
23. Шаймухаметов М.Ш., Травникова Л.С. (1984). Способ извлечения из почвы поглощающего комплекса. Авторское свидетельство №1185238. Госком. СССР по делам изобретений и открытий. Заявка №3732977. Приоритет изобретения 30.03.1984.
24. Щербаков А.П., Шевченко Г.А. (1984). Гумусное состояние черноземов ЦЧО. Почвоведение. М. №8. 50-57.

УДК 631.461

ВЛИЯНИЕ ПРЯМОГО ПОСЕВА И МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО

Мельничук Т.Н., Еговцева А.Ю., Абдурашитова Э.Р., Турин Е.Н.,
Гонгало А.А., Зубоченко А.А.

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
Симферополь
E-mail: melnichuk7@mail.ru

Резюме. Численность целлюлозолитических микроорганизмов чернозема южного Степного Крыма зависела от влияния микробных препаратов, систем земледелия и погодных условий года. В условиях засухи при прямом посеве отмечено ее снижение по сравнению с традиционной системой земледелия и увеличение от применения микробных препаратов.

Ключевые слова: целлюлозолитические микроорганизмы, микробоценоз, чернозем южный, комплекс микробных препаратов, прямой посев, традиционная система земледелия

Summary. The number of cellulolytic microorganisms in the southern chernozem of the Steppe

Crimea depended on the influence of microbial preparations, farming systems, and weather conditions of the year. Its decrease was noted with direct sowing under drought conditions in comparison with the traditional farming system and an increase from the use of microbial preparations.

Key words: cellulolytic microorganisms, microbocenosis, southern chernozem, complex of microbial preparations, direct sowing, traditional farming system.

Среди почвенных микроорганизмов, активных продуцентов целлюлозолитических ферментов, находятся бактерии родов *Clostridium*, *Cellulomonas*, *Pseudomonas*, *Bacillus* и др. [1, 2]. Микроскопические грибы занимают значительную долю в общей биомассе микроорганизмов почвы и являются обязательными ее представителями. Целлюлозолитической активностью обладают микромицеты родов *Trichoderma*, *Myceliophthora*, *Thermomyces*, *Gilmaniella*, *Humicola*, *Chaetomium* и др. [3-5].

Показатели биологической активности почвы представляют важную информацию в оценке состояния агроэкосистем. Изменения состава почвенных микроорганизмов различных эколого-трофических групп в агрофитоценозах способны вызывать погодные условия и технологии возделывания культур [6, 7].

Целью исследования являлось изучение влияния прямого посева и микробных препаратов на численность целлюлозолитических микроорганизмов чернозема южного в условиях степной зоны Крыма.

Исследование проводили в 2018-2020 гг. в стационарном опыте по изучению прямого посева в сравнении с традиционной для зоны системой земледелия. Почва – чернозем южный малогумусный на лессовидных легких глинах. В опыте использованы комплексы микробных препаратов (КМП), разработанные под каждую культуру пятипольного севооборота. Отборы почвенных образцов (слой 0-10 см) проводили в начале октября, после уборки льна масличного, сорго зернового и до посева озимых культур (пшеницы и ячменя). Степной Крым находится под воздействием целого ряда погодно-климатических факторов, существенная роль принадлежит ветрам. Период вегетации растений часто сопровождается высокими температурами воздуха и почвы, а также недостатком осадков.

Засухами отмечены два года из трех, в период которых проведены исследования. 2019 год характеризовался как более благоприятный для вегетации растений.

В засушливых условиях 2018 и 2020 гг. отмечены тенденции снижения численности целлюлозолитических микроорганизмов при использовании прямого посева по сравнению с традиционной системой земледелия (табл. 1). Положительное влияние микробных препаратов на их представительство в микробоценозе чернозема южного при технологии прямого посева установлено в условиях засухи 2020 г., существенное увеличение составило 1,4 раза. Применение комплекса микробных препаратов в традиционной системе земледелия способствовало увеличению количества целлюлозолитиков в 1,3-1,5 раза, независимо от условий года.

Таблица 1 – Влияние систем земледелия и комплекса микробных препаратов (КМП) на численность целлюлозолитических микроорганизмов чернозема южного (слой почвы 0-10 см, полевой опыт, 2018-2020 гг.)

Вариант опыта	Количество целлюлозолитических микроорганизмов, тыс. КОЕ / г абс. сух. почвы			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее за 2018-2020 гг.
Прямой посев	12,9±1,1	33,4±2,4	22,6±1,1	23,0
Прямой посев с КМП	14,2±0,8	32,5±1,8	31,1±3,3	25,9
Традиционная система	15,6±1,8	31,1±1,9	28,7±3,9	25,1
Традиционная система с КМП	24,1±0,7	40,7±1,4	32,5±2,2	32,4
Целина	11,3±1,9	20,9±1,3	8,3±0,8	13,5

В почве целины количество целлюлозолитических микроорганизмов имело наименьшие показатели по сравнению с другими вариантами почвы агроценозов на протяжении всего периода исследований. При традиционной системе земледелия их численность превышала в 1,9 раза и при прямом посеве в 1,7 раза средний за три года исследований показатель целиной почвы, который составил 13,5 тыс. КОЕ / г абсолютно сухой почвы.

Содержание органического вещества в почве агроценозов уступало показателям целины. В среднем за 2019 и 2020 г. его снижение по вариантам опыта с использованием систем земледелия и микробных препаратов составило 1,9-2,2 раза по сравнению с почвой целины. Существенных различий между вариантами опыта за годы исследований не установлено.

Таким образом, исследование численности целлюлозолитических микроорганизмов чернозема южного Степного Крыма показало ее зависимость от влияния вносимых микробных препаратов, систем земледелия и погодных условий года. В условиях засухи при прямом посеве отмечено ее снижение по сравнению с традиционной системой земледелия и увеличение от применения микробных препаратов. Применение микробных препаратов способствовало увеличению количества целлюлозолитиков в 1,3-1,5 раза при традиционной системе земледелия, независимо от условий года.

Библиографический список

1. Осадчая А.И., Сафронова Л.В., Иляш В.М. Скрининг штаммов бактерий с высокой целлюлазной активностью // Мікробіол. журн., 2009. – Т. 71. – № 5. – С. 41-48.
2. Smirnova I.E., Sadanov A.K. Cellulolytic bacteria promising for creating biofertilizers for forage legumes crops // Modern problems of science and education. – 2021. – № 1 – Р. 22-26.
3. Новикова И.И., Титова Ю.А., Бойкова И.В., Краснобаева И.Л. Направленная селекция психрофильного штамма *Trichoderma asperellum* Г-034 ВИЗР для ускоренной утилизации полимеров растительных остатков и оздоровления почвы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. 23(3). – С. 328-336 DOI 10.18699/VJ19.497
4. Балабанова Л.А., Пивкин М.В., Худякова Ю.В., Подволоцкая А.Б., Сон О.М., Текутьева Л.А., Киричук Н.Н. Скрининг мицелиальных грибов как потенциальных продуцентов кормового белка // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6.;

URL:<http://science-education.ru/ru/article/view?id=27195> (дата обращения: 26.02.2021).

5. Wanmolee, W., Sornlake, W., Rattanaphan, N. et al. Biochemical characterization and synergism of cellulolytic enzyme system from *Chaetomium globosum* on rice straw saccharification // BMC Biotechnol **16**, 82 (2016). <https://doi.org/10.1186/s12896-016-0312-7>
6. Каменева И.А., Мельничук Т.Н., Якубовская А.И., Гритчин М.В., Приходько А.В., Смирнова И.И., Зубоченко А.А., Еговцева А.Ю., Караева Н.В. Влияние целлюлозолитической ассоциации микроорганизмов на биоразнообразие чернозема южного // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды, 2019. – №20. – 38-50.
7. Максютов Н.А., Зенкова Н.А. Биологическая и микробиологическая активность чернозёма южного в зависимости от погодных условий, предшественников и фона питания // Известия оренбургского государственного аграрного университета– 2017. – № 4(66) – С.206-209.

УДК: 631.458:631.8

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЦЧР

Митрохина О.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: mitrokhina1977@mail.ru

Резюме. В статье представлены результаты исследований по содержанию подвижных микроэлементов (медь, цинк, марганец) в почвах ЦЧР (на примере полей Курского ФАНЦ) и факторы, влияющие на уровень содержания данных элементов в изучаемых почвах.

Ключевые слова: Марганец, медь, цинк, факторы, содержание, почвы.

Summary. The article presents the results of studies on the content of mobile trace elements (copper, zinc, manganese) in the soils of the Central Black Earth Region (using the example of the fields of the Kursk FANC) and factors affecting the content of these elements in the studied soils.

Key words: manganese, copper, zinc, factors, content, soil.

В составе почв обнаружены почти все элементы Периодической системы Д.И. Менделеева, которые найдены и в растениях. Главным источником поступления микроэлементов в почвы являются материнские горные породы. Микроэлементы могут поступать в почву из почвенно-грунтовых вод, в результате геохимической деятельности человека и техногенного загрязнения биосферы. В почвах наблюдаются накопление, поглощение и закрепление большого числа микроэлементов. Поглощение микроэлементов происходит различными путями: они могут входить в состав поглощенных катионов, в кристаллическую решетку первичных и вторичных минералов, могут давать собственные коллоидные минералы, адсорбироваться на поверхности коллоидных частиц, входить в состав органического вещества, образовывать нерастворимые соединения (соли, оксиды). Содержание и распределение микроэлементов в почвах зависят от направления и степени развития почвообразовательного процесса и особенностей поведения микроэлементов в ландшафте. Характер распределения микроэлементов в почвенном покрове определяется гумусированность, гранулометрическим составом, реакцией среды, окислительно-восстановительными условиями, емкостью поглощения, содержанием CO₂. В кислой среде уменьшается подвижность молибдена, но увеличивается подвижность

меди, марганца, цинка и кобальта. Такие микроэлементы, как бор, фтор и иод, подвижны как в кислой, так и в щелочной среде. Некоторые микроэлементы, например бор, образуют с органическим веществом растворимые соединения, другие (медь) закрепляются и становятся недоступными для растений. Растениям доступны микроэлементы, находящиеся в растворимом или поглощенном состоянии. Количество подвижных микроэлементов составляет всего 5-25% их валового содержания [1]. Рассмотрим влияние различных факторов на содержание и распределение микроэлементов в почвах Центрального Черноземья (на примере почв Курского ФАНЦ). Черноземы принято считать почвами оптимального микроэлементного состава, своего рода эталонами. Однако при детальном изучении оказалось, что это не совсем так. В определенных геохимических условиях даже плодородные черноземы могут испытывать недостаток или избыток тех или иных микроэлементов или их подвижных форм [2].

Цель наших исследований – установить факторы, влияющие на уровень микроэлементов в почвах ЦЧР.

Исследования проводились на базе лаборатории агрохимии и ГИС. Используются материалы многофакторного полевого опыта ФГБНУ Курский ФАНЦ. В работе используются корреляционно-регрессионный и дисперсионный методы анализа данных.

Для агрохимической характеристики почвы использовались следующие методики:

Подвижная медь (ГОСТ 50683-94), подвижный марганец (ГОСТ Р 50682-94), подвижный цинк (ГОСТ 50686-94). Величина кислотности (рН) (ГОСТ 26483-85), содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91), гидролитическая кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91), сумма поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88).

Для выявления факторов, влияющих на концентрацию микроэлементов в верхнем слое 0-20 см почв был проведен корреляционный анализ их взаимосвязей с климатическими и агрохимическими показателями (таблица 1).

Таблица 1 – Корреляционная зависимость содержания микроэлементов от погодных условий и агрохимических показателей

Показатель	Cu	Zn	Mn
Сумма температур, °С	0,046	0,54	0,22
Осадки за год, мм	0,09	0,39	–0,42
Коэффициент увлажнения	–0,57	0,28	–0,66
ГТК	0,10	0,35	0,14
рН _{KCL}	–0,52	–0,74	–0,74
Hr	0,49	0,65	0,76
Нщ.г.	0,49	0,32	0,40
Гумус, %	0,62	0,20	0,57
S (Ca+Mg)	–0,79	–0,57	–0,58

Известно, что низкая температура почвы снижает подвижность таких элементов как цинк и железо, засуха и высокая температура снижает подвижность некоторых микроэлементов (бора и меди) [3]. Полученные нами данные

указывают на наличие средней обратной связи содержания подвижной меди и коэффициента увлажнения $r = -0,57$, для марганца характерно существование средней отрицательной связи с коэффициентом увлажнения (таблица 1), средней обратной связи с осадками за год $r = -0,42$. Цинк имеет среднюю положительную связь с суммой температур $r = 0,54$.

В почве подвижность и содержание микроэлементов зависит от их взаимодействия с гуминовыми веществами [4]. Гумусовые кислоты, могут образовывать с микроэлементами как растворимые, так и нерастворимые соединения [5]. Результаты таблицы 1 указывают на то, что в наших исследованиях медь и марганец имеют среднюю положительную связь с гумусом.

Немаловажную роль в вопросе содержания микроэлементов в почвах оказывает кислотность почв. С увеличением кислотности (Нг) происходит селективное поглощение почвой катионов с меньшей плотностью заряда [4]. Наиболее сильная зависимость микроэлементов от реакции среды и отмечена для цинка и марганца.

На состояние и подвижность микроэлементов в почве могут оказывать влияние макроэлементы. Избыток одних элементов может приводить к недостатку других (антагонизм) и снижению урожая. Например, избыток фосфора может приводить к дефициту цинка, избыток меди к дефициту железа. Анализ наших данных показывает, что связь изучаемых микроэлементов с азотом щелочногидролизуемым слабая положительная.

Взаимосвязь микроэлементов с суммой обменных оснований характеризуется высокой обратной у меди и средней отрицательной у цинка и марганца.

Анализ доли вклада в варьирование микроэлементов по склонам показал, что наибольшее влияние в варьирование показателей оказал севооборот независимо от склона, следующими равнозначными факторами были органические удобрения и минеральные удобрения (таблица 2).

Таблица 2 – Доля влияния факторов в варьирование подвижных форм микроэлементов в агроландшафте в слое (0-20 см)

Показатель	Север- ный склон	Южный склон	Водо- раздел	Север- ный склон	Южный склон	Водо- раздел	Север- ный склон	Южный склон	Водо- раздел
	Марганец			Цинк			Медь		
Севооборот	37,5	55,5	37,4	30,15	33,9	30,2	54,7	31,7	30,1
Органические удобрения	9,3	16,4	9,3	13,4	14,8	13,9	1,6	4,9	13,5
Минеральные удобрения	15,1	0,81	15,1	4,09	8,48	9,5	11,3	14,5	3,27
Обработка почвы	1,7	4,5	1,9	1,70	2,32	1,9	1,25	1,97	1,75

Выводы. Таким образом, полученные нами данные указывают на то, что на содержание подвижных микроэлементов в изучаемых почвах оказывал влияние ряд факторов. Установлена существенная корреляционная зависимость между содержанием подвижного цинка и марганца с кислотностью (рН) и гидролитической кислотностью почвы, меди – с суммой обменных оснований. На

варьирование микроэлементов в почвах наибольшее влияние оказал севооборот независимо от склона.

Библиографический список

1. Протасова Н.А., Щербаков А.П., Копаева М.Т. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. – 168 с.
2. Протасова Н.А. Микроэлементы: Биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных [интернет источник]: URL: <http://window.edu.ru/resource> (дата обращения 24.03.2021).
3. Факторы, влияющие на подвижность и усвояемость макро и микроэлементов в питании растений [Электронный ресурс]. – URL: <http://npsagro.ru/factory-vliyayuschie-na-podvizhnost-i-usvoyaemost-pitanii-rasteniy> (дата обращения: 24.03.2021).
4. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – URL: <https://agromage.com/stat> (дата обращения 24.03.2021)
5. Пейве Я.В. Микроэлементы в сельском хозяйстве Нечерноземной полосы СССР. – М.: АН СССР, 1954. – 108 с.

УДК: 631.42

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Митрохина О.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: mitrokhina1977@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается влияние различных факторов (климатических, агрохимических и микроэлементного состава почв) на урожайность основных сельскохозяйственных культур на территории Курской области.

Ключевые слова: урожайность, озимая пшеница, ячмень, сахарная свекла, содержание микроэлементов, почва, климатические факторы, кислотность, гумус.

Без организации эффективного минерального питания выращивание сельскохозяйственных культур низкорентабельно, теряют смысл затраты на семена, пестициды и комплекс полевых и уборочных работ [1-3].

Особое значение, именно в эффективности питания живых организмов, имеют микроэлементы – бор, молибден, медь, цинк, железо, марганец. Ни одно растение не может нормально развиваться без этих элементов, так как они входят в состав важнейших ферментов, витаминов, гормонов и других физиологически активных соединений, играющих большую роль в жизни растений. Микроэлементы участвуют в процессах синтеза белков, углеводов, жиров, витаминов. Под их влиянием увеличивается содержание хлорофилла в листьях, усиливается ассимилирующая деятельность всего растения, улучшается процесс фотосинтеза. Исключительно важную роль играют микроэлементы в процессах оплодотворения. Они положительно влияют на развитие семян и их посевные качества. Под их воздействием растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным условиям выращивания, к засухе, поражению болезнями, вредителями и т.д. [4].

Медь – регулирует фотосинтез, дыхание, белковый обмен, участвует в биосинтезе ростовых веществ.

Марганец – регулирует дыхание, фотосинтез, белковый и углеродный обмен. Повышает засухо- морозо- и жароустойчивость.

Практически любой стресс-фактор приводит к нарушению питания растений – засуха, низкая или высокая температура, избыточная или недостаточная влажность почвы или воздуха, уплотненность почвы и плохая аэрация, низкий или высокий показатель pH, высокое содержание ионов антагонистов и органических веществ. То есть, даже при достаточном количестве элементов питания в почве растения не всегда в состоянии использовать их в полной мере. Нарушение питания – это прямые потери урожая и качества [5].

В почвах с высоким содержанием микроэлементов растения в силу различных причин могут испытывать голодание от недостатка тех или иных элементов. Фактически любые почвенно-климатические условия могут влиять на подвижность и усвояемость микроэлементов растениями.

Анализ материалов по производству и применению микроудобрений в России показывает, что роль микроудобрений в сельском хозяйстве, по меньшей мере, недооценивают. Обеспеченность пашни подвижными формами микроэлементов крайне неудовлетворительна. По данным крупномасштабного агрохимического обследования почв, проведенного агрохимслужбой еще в середине 80-х годов, во внесении микроудобрений нуждается большинство почв пашни: в борных – 59,5%, цинковых – 83%, медных – 64,5%, молибденовых – 75,3%, марганцевых – 41,3% [6].

Нами проведен анализ содержания основных микроэлементов (медь, цинк, марганец) на территории Курской области. Установлено, что почвы данной территории относятся к низкообеспеченной категории земель.

Полученные данные свидетельствуют, что содержание подвижного цинка в почвах Курской области закономерно снижается. В настоящее время 65% всех обследованных площадей характеризуется низким содержанием этого элемента (от 0,7 мг/кг в Октябрьском, Дмитриевском, Кореневском районах до 1,1-1,4 мг/кг в Льговском, Рыльском, Курчатовском районах соответственно).

В период (2005-2017) доля почв с низкой обеспеченностью медью на территории ЦЧР увеличилась на 78%. Обследованные почвы Курской области можно отнести к низкообеспеченным по количеству подвижной меди. Самый низкий уровень элемента отмечен в Рыльском районе (0,04 мг/кг), самый высокий (0,59 мг/кг) – в Фатежском районе.

В Курской области возделываются зерновые культуры, в том числе озимые (пшеница и рожь), яровые (пшеница, ячмень, овес, зернобобовые, просо, гречиха, кукуруза на зерно), а также сахарная свекла, подсолнечник на семена, соя, картофель и овощи, кормовые культуры. Наибольшие площади заняты под посевами зерновых культур, в том числе озимой пшеницы, ячменя, кукурузы на зерно и кормовых культур.

Проведенный нами корреляционный анализ по влиянию изучаемых микроэлементов, минеральных удобрений и комплексными показателями плодородия на урожайность основных сельскохозяйственных культур на территории Курской области дал следующие результаты (таблица 1):

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции урожайности с-х культур с почвенными и климатическими показателями на территории Курской области

Культура	Zn	Cu	КПП ¹	ПП ²	НРК ³
Озимая пшеница	0,58	–0,45	0,72	0,71	0,83
Ячмень	0,69	–0,55	0,60	0,81	0,78
Гречиха	0,62	–0,12	0,76	0,64	0,52
Сах.свекла	0,25	0,19	0,33	0,73	0,63
Кукуруза зерно	0,38	–0,51	0,42	0,53	0,71

1-КПП – климатический потенциал продуктивности пашни, 2 – ПП - комплексный показатель плодородия, 3 – минеральные удобрения, кг/га

Полученный нами материал показывает наличие высокой положительной связи урожайности озимой пшеницы с внесением минеральных удобрений ($r=0,83$), климатическим потенциалом продуктивности пашни ($r=0,72$), комплексным показателем плодородия ($r=0,71$). Связь уровня содержания подвижного цинка с урожайностью культуры характеризуется средней положительной ($r=0,58$), с медью связь слабая (таблица 1). Урожайность гречихи имеет тесную положительную связь с климатическим потенциалом продуктивности пашни ($r=0,76$), среднюю положительную связь с содержанием подвижного цинка ($r=0,62$), комплексным показателем плодородия ($r=0,64$), и минеральными удобрениями ($r=0,52$). Связь урожайности ячменя с комплексным показателем плодородия и применением минеральных удобрений тесная положительная ($r=0,81$) и ($r=0,78$), соответственно. Наблюдается средняя связь с цинком ($r=0,69$), марганцем ($r=0,65$) и климатическим потенциалом продуктивности пашни ($r=0,60$), связь с уровнем подвижной меди средняя отрицательная ($r= -0,55$). Урожайность кукурузы на зерно имеет высокую и среднюю связь с минеральными удобрениями ($r=0,71$), среднюю положительную связь с комплексным показателем плодородия ($r=0,53$). Отмечается средняя положительная связь урожайности кукурузы на зерно с уровнем подвижного марганца в почве ($r=0,60$), отрицательная средняя связь с медью ($r= -0,51$).

На урожайность сельскохозяйственных культур, наряду с микроэлементным составом почв, большое влияние оказывают другие факторы (климатические, агрохимические, агротехнические).

Климатические ресурсы во многом определяют особенности агротехники (сроки посева, нормы высева, глубину заделки семян, особенности применения удобрений и фунгицидов, микроэлементов, регуляторов роста растений и другие). Изучение природных ресурсов той или иной территории, анализ их влияния на рост и развитие сельскохозяйственных растений необходимо как для разработки агротехнических приемов возделывания новых сортов, так и для поиска путей повышения эффективности использования гидротермических и энергетических факторов климата. Связь климатических условий территории с потребностями сельскохозяйственных культур учитывается при разработке мероприятий, направленных на более полное и эффективное использование биоклиматических ресурсов при формировании урожая [7].

Проведенный нами статистический анализ варьирования климатических

показателей, содержания основных микроэлементов и урожайности сельскохозяйственных культур в изучаемой области представлен в таблице 2.

Самым известным и широко используемым показателем оценки влагообеспеченности территории является гидротермический коэффициент (ГТК – Г.Т. Селянинов). Гидротермический коэффициент в Курской области составляет $ГТК = 1 \pm$, это значит, что данную территорию можно отнести к зонам обеспеченного увлажнения (таблица 2).

Сумма активных температур является важным показателем для оценки количества тепла и выражающейся суммой средних суточных температур воздуха или почвы, необходимой для развития определенного растения. Курскую область можно отнести к зонам с теплым климатом. Полученные показатели коэффициента увлажнения по области свидетельствует о том, что данные территории относятся к зонам неустойчивого увлажнения [8].

Таблица 2 – Статистические климатические показатели, урожайность и агрохимические параметры свойств почв на территории Курской области

Показатель	$x \pm Sd$	Lim	V%
SAT, °C	2458±64	2376-2567	3
КУ	1±0,04	0,9-1,08	4
ГТК	1±0,05	1,2-1,35	4
Гумус, %	4±0,4	2,8-4,2	13
pH	5±0,1	5,18-5,80	4
Минеральные удобрения, кг д.в.NPK/га	99±31,1	49-142	31
Сu, мг/кг	0,17±0,1	0,04-0,59	97
Zn, мг/кг	0,7±0,2	0,3-1,1	29
Озимая пшеница, ц/га	41,7±5,9	31,15-50,39	14
Ячмень, ц/га	33,8±5,7	25,1-40,4	17
Гречиха, ц/га	11,8±2,1	9,5-17,3	18
Сах.свекла, ц/га	434±69,7	334-534	16
Кукуруза зерно, ц/га	64,1±10,9	45,3-76,6	17

Содержание гумуса является показателем потенциального плодородия почвы и активности всех биологических процессов. Гумус составляет 85-90% от общего количества органического вещества почвы. От содержания, состава и свойств гумуса зависят температурный, воздушный, питательный режимы, водно-физические свойства, поглотительная способность, буферность почв, общие и подвижные запасы питательных веществ и удобрений, превращения и передвижения питательных элементов [9].

Полученные нами данные (таблица 2) свидетельствуют о том, что почвы Курской области относятся по содержанию гумуса к среднегумусированным.

Известно, что наибольшие урожаи сельскохозяйственных растений получают при слабокислой или нейтральной реакции среды (pH). Кислотность воздействует на способность растений поглощать из почвы питательные элементы. Уровень кислотности сказывается на миграции и аккумуляции веществ в почве, влияет на микробиологическую активность почвы и ее на катионообменную емкость [10]. Установлено, что почвы изучаемой области по уровню

кислотности (рН) можно отнести к среднекислой (таблица 2).

Установлено, что почвы Курской области имеют низкую обеспеченность подвижными формами таких микроэлементов, как цинк и медь. На уровень урожайности изучаемых нами сельскохозяйственных культур влияет целый ряд факторов, в число которых входит уровень содержания основных микроэлементов в почвах, климатические условия и агрохимические факторы. Это указывает на то, что в современном сельскохозяйственном производстве при выращивании сельскохозяйственных культур необходимо учитывать не только влияние одиночных факторов, но и их комплексное воздействие.

1. Влияние внешних условий на урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.activestudy.info/vliyanie-vneshnix-uslovij-na-urozhajnost-selskoxozyajstvennyx-kultur-i-effektivnost-udobrenij/> / Зооинженерный факультет МСХА (дата обращения 11.03.2021).
2. Влияние микроудобрений на урожай сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.activestudy.info/vliyanie-mikroudobrenij-na-urozhaj-selskoxozyajstvennyx-kultur/> / Зооинженерный факультет МСХА (дата обращения 12.03.2021).
3. Экономико-географическая характеристика Центрально-Черноземного экономического района [Электронный ресурс]. – URL: [Wikipedia.org /wiki/](http://Wikipedia.org/wiki/) (дата обращения 12.03.2021).
4. Пейве Я.В. Микроэлементы в сельском хозяйстве Нечерноземной полосы СССР. – М.: АН СССР, 1954, 108 с.
5. Корчагин В.И. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв Воронежской области: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Воронеж, 2017. – 28 с.
6. Минеральное питание сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sadovod-kmv.ru/blog/mineralnoe-pitaniya-selskohozyajstvennyh-kultur> (дата обращения 11.03.2021)
7. Пономарев С.Н. Обоснование потенциальной урожайности озимой ржи по обеспеченности республики Татарстан климатическими ресурсами // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11652> (дата обращения: 11.03.2021).
8. Почвенно-экологическая характеристика Центрального Черноземья [Электронный ресурс]URL:https://sinref.ru/000_uchebniki/04800selskoe/042_erozia_oхрана_pochv_chernozemia_ivanolov_2003/030.htm (дата обращения 12.03.2021)
9. Органическое вещество почвы [Электронный ресурс]. – URL: UniversitiAgro.ru (дата обращения: 11.03.2021).
10. Критерии оценки качества почвы [Электронный ресурс]. – URL: <http://refdv.ru/novosti/2020/06/kriterii-ocenki-plodorodiya-pochv> (дата обращения 11.03.2021).

УДК 631.423.3

АНАЛИЗ РАЗЛИЧИЙ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Михайленко И.И., Смирнов Г.В., Дорохин К.В., Гринева А.В.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород

E-mail: ira-mik86@yandex.ru

Резюме Установлены различия в содержании нитратного азота, подвижного фосфора и калия в почве склоновых агроландшафтов спустя 20 лет. В 2001 г. содержание нитратного азота было значительно выше, чем в 2020 г. Содержание подвижного фосфора варьировало в зависимости от изменения агрофона и глубины почвенного профиля, не выявлено значимых различий. В 2020 г. отмечалось накопление подвижного калия в нижних слоях почвы по всему геоморфологическому профилю по сравнению с 2001 г.

Ключевые слова: нитратный азот, подвижный фосфор, подвижный калий, склоновая микроразнональность.

Summary Differences in the content of nitrate nitrogen, mobile phosphorus and potassium in the soil of slope agricultural landscapes after 20 years were established. In 2001, the nitrate nitrogen content was significantly higher than in 2020. The content of mobile phosphorus varied depending on the changes in the agrophone and the depth of the soil profile, and no significant differences were found. In 2020, the accumulation of mobile potassium in the soil was observed throughout the geomorphological profile compared to 2001.

Key words: nitrate nitrogen, mobile phosphorus, mobile potassium, slope agrolandscapes.

Проблему эволюции почв в условиях разновременных природных и антропогенных изменений географической среды изучали многие исследователи. Эта проблема является одной из наиболее актуальных в почвоведении и представляет значительный интерес. Она имеет не только большое теоретическое, но и практическое значение [1, 2].

Мезорельеф и его элементы полностью обуславливают структуру почвенного покрова, циклы его развития. Рельеф, прежде всего, перераспределяет поступающую на земную поверхность радиацию, она зависит от наклона поверхности, от экспозиции склонов, от возникновения температурных инверсий и т.д. От рельефа зависят скорости процессов промерзания и оттаивания почв. Рельеф перераспределяет атмосферные осадки, которые стекают по склонам, вызывая эрозию; накапливаются в понижениях, вызывая суффозию, и т.д. [3]. Вследствие этого подвергаются изменению количественные показатели плодородия почв и основных элементов питания растений.

Цель исследований – провести сравнительный анализ содержания основных элементов питания в почве в 20-летнем интервале.

Полевые исследования проводили на базе ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» с 2001 по 2020 год. Опытный участок организован на основе адаптивно-ландшафтного подхода. Он был развернут на прямом склоне южной экспозиции в микрозоне крутизной 1-3°, в условиях склона крутизной 3-5° и на плакоре.

Почвенный покров участка на плакоре представлен черноземом типичным среднегумусным среднемогущим глинистым; в микрозоне 1-3° представлены

черноземом типичным малогумусным среднесильным слабосмытым тяжелосуглинистым; в микрозоне 3-5° фоновой почвой является чернозем типичный малогумусный маломощный среднесильный тяжелосуглинистый.

Отбор почвенных образцов производился на посевах озимой пшеницы в период полной спелости. Определение агрохимических показателей почвы выполнено по общепринятым методикам: нитратный азот ионометрическим методом по ГОСТу 26951-86 [4]. Подвижный фосфор и калий определяли по Чирикову (ГОСТ 26204-91) [5].

В ходе исследования установлено, что содержание нитратного азота в почве значительно снизилось за 20 лет. Особенно отчетливо это видно в условиях склоновых агроландшафтов. Это связано с подвижной формой нитратов, которые способны мигрировать вниз по профилю, а также с использованием доступного азота растениями для роста и развития (табл.).

Таблица – Содержание элементов питания в почве в слое 0-100 см в зависимости от крутизны склона, агрофона в 20-летнем интервале, мг/кг

Вариант	Глубина, см	2001 год			2020 год		
		NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
плакор	0-30	11	99	137	13,5	57,23	97,7
	30-50	7,8	62	80	13,5	69,82	112
	50-60	7,2	26	77	9,08	18,16	74,4
	60-80	5,9	16	75	7,79	8,99	76,7
	80-100	4,4	15	73	3,42	2,45	143
1-3 уд	0-30	18,2	121	135	2,13	75,85	138
	30-50	7,8	60	120	2,24	33,21	115
	50-60	5,5	51	92	1,72	7,91	105
	60-80	4,7	14	70	1,94	3,5	178
	80-100	3,1	10	88	1,96	4	165
1-3 б/у	0-30	13,2	80	142	2,7	44,25	107
	30-50	7,8	29	100	3,45	35,22	118
	50-60	7,1	23	97	3,82	10,97	94,4
	60-80	4,8	24	100	2,21	5,49	104
	80-100	4,2	39	110	2,24	6,5	180
3-5 уд	0-30	8,3	36	117	5,02	32,13	127
	30-50	6	41	130	2,14	24,44	110
	50-60	3,8	12	85	1,87	15,74	109
	60-80	3,4	12	75	2,4	21,08	104
	80-100	4,4	6,6	75	2,21	6,83	98,5
3-5 б/у	0-30	10	53	108	8,78	38,6	135
	30-50	6,8	20	95	5,07	34,13	109
	50-60	10,7	8	80	2,82	32,64	100
	60-80	6,8	8	77	3,75	26,53	102
	80-100	2,51	11	85	2,89	15,99	97,5
НСР ₉₅ по NO ₃ 3,4; P ₂ O ₅ 14,6; K ₂ O 20,3							

В среднем по профилю содержание нитратного азота в 2001 году

составило 7,26-7,42 мг/кг, в 2020 году – 2,88-9,46 мг/кг.

Сравнительный анализ по содержанию подвижного фосфора не выявил значительных различий в 20-летнем интервале, за исключением нескольких показателей, относящихся к верхним слоям почвы. В среднем значения по данному показателю варьировали в 2001 году от 20 до 51,2 мг/кг; в 2020 году – от 20,04 до 31,33 мг/кг.

К 2020 году отмечалось накопление содержания подвижного калия по всем вариантам, особенно в нижних слоях почвенного профиля. Если в 2001 году его значения изменялись в среднем в пределах 73-142 мг/кг, то в 2020 году – 74,4-180 мг/кг.

Таким образом, установлены различия в содержании нитратного азота, подвижного фосфора и калия в почве склоновых агроландшафтов спустя 20 лет. В 2001 г. содержание нитратного азота было значительно выше в условиях склоновых агроландшафтов, чем в 2020 г. Содержание подвижного фосфора варьировало в зависимости от изменения агрофона и глубины почвенного профиля, здесь не выявлено значимых различий. В 2020 г. отмечалось накопление подвижного калия в нижних слоях почвы по всему геоморфологическому профилю по сравнению с 2001 г.

Библиографический список

1. Эволюция, функционирование и экологическая роль почв как компонента биосферы / Отв. чл.-корр. РАН А.О. Алексеев, чл.-корр. РАН В.Н. Кудеяров. – М.: Пушино, 2020. – 290 с.
2. Худяков О.И., Решоткин О.В. Эволюция почв в связи с современным потеплением климата // Теоретическая и прикладная экология, 2017. №2. С. 38-43.
3. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / Отв. ред. В.Н. Кудеяров, И.В. Иванов. – М.: ГЕОС, 2015. – 925 с.
4. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 10 с.
5. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 8 с.

УДК 631.425:631.452

РЕЛЬЕФ: РАСЧЕТ ПОПРАВКИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕЛИЧИН ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИНДЕКСА

Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г., Непримерова С.В.

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,

Санкт-Петербург

E mail: Kir_moiseev@mail.ru

Резюме. Актуальность задачи максимально точной экономической оценки качества почв не вызывает сомнений. В данном исследовании представлен вывод уравнения для расчета величины поправки к величине почвенно-экологического индекса при различном расположении почвы в рельефе земельных угодий. Дана таблица поправок на расположение почвы в рельефе.

Ключевые слова: Оценка эффективности использования земельных угодий, почвенно-экологический индекс, рельеф, теплофизика почв, критерии подобия.

Summary. The task relevance of the maximum accurate economic assessment soils quality is no doubt. This research presents the decision of the equation for calculating correction magnitude of the soil-ecological index on the different locations of soil in the landscape. A table of corrections to the location of the soil in the landscape is given.

Key words: Evaluation of land use efficiency, soil-ecological index, relief, soil thermal physics and similarity criteria.

Не вызывает сомнений, что оценка качества земель в аспекте их производительности приобретает все большее значение в России. Интегральная оценка производительности почв закладывается в основу реальной стоимости земель в денежном эквиваленте. То есть задача максимально точной экономической оценки качества почв, как средства производства весьма актуальна.

Существуют канонические оценочные индексы почв, на основе которых рассчитываются баллы бонитета или интегральной производительности почв. Наиболее известный из них это почвенный экологический индекс – ПЭи [1; 2]. Почвенно-экологическая оценка, расчет балла бонитета производится на основании свойств почв, климатических показателей и некоторых других особенностей ландшафта [3]. В уравнении для расчета ПЭи, предусмотрены возможности уточнения оценки добавлением различных показателей корректирующих величину ПЭи а, следовательно, и балла бонитета почв на следующем этапе вычислений [2; 4]. Одной из поправок, которые необходимо вводить в уравнение расчета ПЭи является учет влияния фактора рельефа земельного угодия на производительную функцию почв – назовем поправкой на рельеф (R_d).

Рельеф перераспределяет потоки тепла и влаги в почве и на её поверхности. В целом, влияние рельефа на качество почв многогранно. Не смотря на существующие наработки в этой области [5-8], по сути, способы учета предикторов рельефа при оценке земель развиты недостаточно. Вопросы изменения производительности почв при водной эрозии (поверхностном смыве) проработаны и нормированы [9]. Другое дело вопросы учёта изменения теплового баланса почвенного покрова под влиянием рельефа. Величина этих изменений часто не превышает предел чувствительности температурных и других датчиков и не может быть измерена напрямую [10]. Но растения более чувствительны к этим изменениям, чем измерительные приборы. На склоновых землях такая ситуация сказывается на величине продуктивности посева в целом.

В рельефе существенными (главными) являются два показателя: крутизна склона (количественной мерой крутизны является функция закрытости горизонта $\psi = \frac{1}{2\pi} \cdot (2\pi \cdot (\cos \alpha)^2 - \alpha \cdot (\cos \alpha)^2)$ (1) α – угол крутизны склона) и экспозиция склона [7;8]. Функция закрытости горизонта при малых углах уклона местности меняется в пределах 0,98-1,00 (относительные единицы). Из опыта [10] можем предположить, что наиболее неблагоприятными климатическими условиями для произрастания посевов с/х культур в Северо-Западном регионе России, обладают склоны северной и северо-восточной экспозиций, а наиболее благоприятными южные и юго-западные склоны при равенстве углов склона.

Величину поправки на рельеф, которую следует вводить в уравнение

Карманова для расчета ПЭи можно определить из решения уравнения теплоотдачи нагретой горизонтальной поверхности [10; 11]. Контрольным является понимание, что величина поправок к ПЭи не может принимать значения более 2,0, так как балл бонитета не может превышать 100 баллов.

Итак, за основу расчета поправки на рельеф принято известное уравнение теплоотдачи нагретой горизонтальной поверхности [10; 11]:

$$a(x) = \lambda \left(\frac{dT}{dx} \right)_{x=0} \cdot \frac{1}{T_w - T_\infty} \quad (2)$$

Где $a(x)$ – коэффициент теплоотдачи нагретой поверхности, λ – коэффициент теплопроводности почвы, $\left(\frac{dT}{dx} \right)_{x=0}$ – градиент температуры, T_w – температура поверхности почвы, T_∞ – температура окружающего воздуха.

Подставляя выражение (2) на место $a(x)$ в безразмерное число, с размерностью равной единице [12] – критерий подобия Нуссельта (Nu), получаем:

$$\frac{dT \cdot l}{dx \cdot (T_w - T_\infty)} = Nu = 1 \quad (3)$$

Где l – характерный линейный размер (протяженность нагретой поверхности). Если отнести протяженность склона к превышению элемента рельефа dh относительно уровня горизонта окружающей плоской поверхности, имеем $\frac{l}{dh}$ – котангенс угла (α) наклона поверхности к горизонту. Учитывая, что изменение температуры по высоте переходного слоя от температуры поверхности T_w почвы до температуры окружающего воздуха T_∞ происходит по экспоненциальному закону $\frac{dT}{dx} = A \cdot e^m$, получаем:

$$\frac{Ae^m \cdot \text{ctg} \alpha}{(T_w - T_\infty)} = 1 \text{ или } e^m = \frac{\text{ctg} \alpha}{A \cdot (T_w - T_\infty)}, \quad (4)$$

Где $m = R_d$ искомая поправка на рельеф для расчетной величины ПЭи. Логарифмируем уравнение (4):

$$m = \frac{\ln \text{ctg} \alpha}{\ln A + \ln (T_w - T_\infty)} \quad (5)$$

Где $\ln \text{ctg} \alpha$ – натуральный логарифм котангенса угла наклона поверхности к горизонту, $\ln (T_w - T_\infty)$ – натуральный логарифм разницы температур. Получили расчетное уравнение для определения поправки на балл ПЭи в уравнении Карманова.

Через $\ln A$ определим экспозицию склона, или функцию направления. Числовое значение азимута – угла между направлением на север и текущим направлением определим через тригонометрические функции Sin и Cos. В двух секторах единичной окружности значения тригонометрических функций меняют знак. Логарифмировать отрицательные значения – нельзя. Поэтому необходимо нормировать значения функций. Обозначим функцию направления – δ , имеем:

$$\delta = \ln A = \ln \left(\frac{\pi}{2} + \sin \left(A - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right) = \ln \left(\frac{\pi}{2} + \cos(A) + 1 \right) \quad (6)$$

Для расчёта величины поправки на рельеф необходимо также учесть функцию закрытости горизонта ψ . Для малых склоновых углов величина этой функции стремится к 1 и её значение тем меньше, чем выше угол склона. Для южных экспозиций целесообразнее учитывать величины обратные ψ , то есть $1/\psi$. Величины поправок на рельеф (R_d) при разных градиентах температуры, экспозиции и функции закрытости горизонта представлены в таблице 1.

Величину поправки R_d следует вводить в уравнение расчета ПЭи при производстве работ по оценке эффективности использования земельных угодий.

Таблица 1 – Поправки R_d на рельеф для уточнения величины ПЭи склонов разных экспозиций СЗ РФ

Функция закрытости горизонта ψ		1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97
Угол склона, градусы		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$T_w - T_\infty (^{\circ}\text{C})$	Величина поправок R_d								
Север (азимут 0° , функция направления 1,27)	10°	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
	40°	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Восток и запад (азимут 90° и 270° , функция направления 0,94)	10°	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
	40°	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Юг (азимут 180° , функция направления 0,45)	10°	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7
	40°	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4

Библиографический список

1. Карманов И. И. 1980. Плодородие почв СССР. М., Изд. «Колос», 224 с.
2. Шишов Л. Л., Дурманов Д. Н., Карманов И. И., Ефремов В. В. 1991. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М.: Агропромиздат. – 305 с.
3. Кирюшин В. И. 2011. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: Колос С. – 443 с.
4. Балашов Е. В., Моисеев К. Г., Рижия Е. Я., Бойцова Л. В., Гончаров В. Д., Зинчук Е. Г., Бучкина Н. П. 2013. Комплексная система мониторинга агрофизического состояния почв на основе результатов почвенного картирования и исследования эмиссии парниковых газов. // Агрофизика. – 4(12). – С. 1-11
5. Труды ГГО, 1976, вып. 351, Микроклиматология. /под ред. Гольцберг И. А. Романовой Е. Н.
6. Козаченко А. П. Обоснование приемов рационального использования, обработки и мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области. – Челябинск: «Челябинский дом печати», – 141 с.
7. Русин И.Н., Бельмас Н. А. 2016. Оценка закрытости горизонта при расчете радиационного баланса в пересеченной местности // Вестник СПбГУ. – 1999. – Сер. 7. – Вып. 1. – С. 103-115
8. Урозбоев И.У. Бонитировка почв по экспозиции и крутизна склонов // East European Scientific Journal. – 2016. – #10. – С. 68-70.

9. ГОСТ 17.4.4.03-86 Охрана природы (ССОП). Почвы. Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей.
10. Усков И.Б. Стохастический теплоперенос (Избранное). СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 212 с.
11. ВМО № 49. Технический регламент. Т. 1. Общие метеорологические стандарты и рекомендуемые практики. – 2015. – 38 с.
12. Моисеев К.Г. Принципы построения численных критериев подобия физических процессов в почве. В сборнике: Математическое и программное обеспечение задач управления агроэкосистемами / Ответственные редакторы: Брежнев А. И., Полуэктов Р. А. Ленинград, 1990. – С. 103-109.

УДК 632.42:631.43

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ ДЕСОРБЦИИ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ФРАКТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ PSF

Моисеев К. Г.¹ Терлеев В. В.^{1,2}

¹ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт,

Санкт-Петербург,

E-mail: kir_moiseev@mail.ru

²ФГАОУ ВО «СПбПУ» «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого», Санкт-Петербург,

www.spbstu.ru

Резюме. На основе фрактальной модели PSF выполнен расчет десорбционных ветвей водоудерживающей способности агродерново-подзолистых типичных почв супесчаного гранулометрического состава. Проведено исследование статистических различий выборок (сходимости расчетных и экспериментальных данных) применением критерия Манна-Уитни (U). На уровне доверительной вероятности 0,95 различия между выборками не являются статистически значимыми.

Ключевые слова: Гидрофизика почв, водоудерживающая способность почвы, фрактальные модели структуры почв, физическое моделирование.

Для моделирования динамики влаги в зоне аэрации почвы (в ненасыщенной влагой почве) необходимо располагать уравнением функции, моделью, которая описывает водоудерживающую способность почв – Water retention function (WRC) – зависимость содержания объемной влажности от матричного потенциала – давления влаги в порах почвы.

При экспериментальных исследованиях S-образная ветвь изотермы десорбции не совпадает с ветвью изотермы сорбции WRC. Данное явление называется гистерезисом. С учетом гистерезиса моделирование функции водоудерживающей способности почвы является трудноразрешимой задачей. Обычно для аппроксимации экспериментальных точек WRC применяют модели Брукса-Кори, Косуги, Ван Генухтена [1-4].

Необходимо, отметить, что проблема аппроксимации, моделирования и, в какой-то мере, априорного расчета WRC является основополагающей идеей ряда поколений гидрофизиков. Однако серьезная возможность теоретического расчета функций водоудерживания и влагопроводности (hydraulic conductivity)

почвы появилась сравнительно недавно с развитием фрактальной геометрии порового пространства почвы [5].

Фрактальные модели структуры почв, концептуально разделяют объем почвы на твердую и поровую фазы [3, 6]. Они работают с дискретными протяженностями. Причем, масштаб рабочей длины итеративно уменьшается, поскольку модель «строится» с использованием степенной функции для масштабирования. Так как при итерации размер пор уменьшается, то одновременно почва формально иссушается, а изменение итерационного масштаба при определении ветви иссушения кривой водоудерживания почвы аналогично процессу выхода воды из пор все более мелкого размера. Используют два типа теоретических моделей: в одних применяют массовый, в других – поровый фрактальный подход [6, 7]. В первом случае принимается, что все твердые тела имеют одинаковый размер, для масштабирования твердой фазы и порового пространства применяется фрактальный размер массы (D_m). Во втором случае одинаковый размер имеют поры, размер которых применяется для масштабирования (фрактальная размерность объема D_v). Массовая фрактальная размерность почвы может быть рассчитана из соотношения [5-8]:

$$P = 1 - \left(\frac{\gamma}{\rho} \right)^{3-D_m}$$

Где – P общая пористость почв в $\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$ γ/ρ – объем твердой фазы почв (отношение объемного веса высушенной почвы к плотности частиц почвы), D_m – массовая фрактальная размерность почвы. Масса воды практически равна ее объему и, поэтому объемная и массовая фрактальные размерности структуры почвы при моделировании WRC равны с определенной степенью точности. Необходимо знать вероятность фрагментации почвы, то есть долю агрегатов агрономически ценного размера (0,25-10мм) в объеме почвы. Поэтому для практического расчета фрактальной размерности почвы необходимо провести гранулометрический и агрегатный анализы, определить плотность сложения и плотность твердой фазы почвы и вычислить общую пористость почв.

Развитием фрактальных представлений о почвенной структуре стала широко известная модель – pore solid fractal model (PSF-M, или просто PSF). Эта фрактальная модель является полезным инструментом, который устраняет разрыв между эмпирическими моделями и теоретическими уравнениями, и обеспечивает физическую (топологическую) основу параметров моделей WRC [5]

В частности, модель PSF может непосредственно предсказать вид кривой водоудержания без дополнительной подгонки, когда известны фрактальная размерность структуры почвы и любая экспериментальная точка на кривой.

Для аппроксимации ветви десорбции кривой WRC при помощи PSF-model необходимо, во-первых, определить фрактальную размерность почвы тем или иным способом [5;9].

Если принять допущение, что в качестве модели почвенной структуры используется обобщенная губка Менгера, то фрактальная размерность (D) такой почвенной структуры известна и равна 2,72 [9].

Затем, измеряется методом прессы, произвольная точка ветви иссушения (десорбции) кривой водоудержания, например, условная начальная точка, соответствующая наименьшей влагоемкости почвы (НВ), или влажности завядания (ВЗ).

Фиксируем значения давления (потенциала влаги), выраженные в pF (выбираем значения потенциала равные задаваемым значениям потенциала в прессе Ричардса при экспериментальном определении кривой десорбции водоудерживающей способности почв), и вычисляем соответствующую им величину объемной влажности почв, используя вычислительную процедуру PSF в логарифмической форме:

$$\lg \theta = \lg \theta_0 \cdot (D - E) \cdot (\lg h - \lg h_0).$$

Таким образом, рассчитываем величины влажности для всей ветви десорбции кривой водоудержания.

В качестве объектов исследования для реализации вычислительной процедуры WRC по модели PSF взяты разновидности почв землепользования Менюково, Ленинградская область. Отобраны образцы агродерново-подзолистой типичной почвы. Образцы супесчаного гранулометрического состава.

Экспериментальные кривые ветвей десорбции WRC для исследованных образцов почвы получены каноническим методом на прессе Ричардса.

Рассчитанные по модели PSF значения объемной влажности почв для ветви десорбции кривой водоудержания и экспериментально измеренные значения влажности при равных величинах давления почвенной влаги представлены на рисунках 1-3.

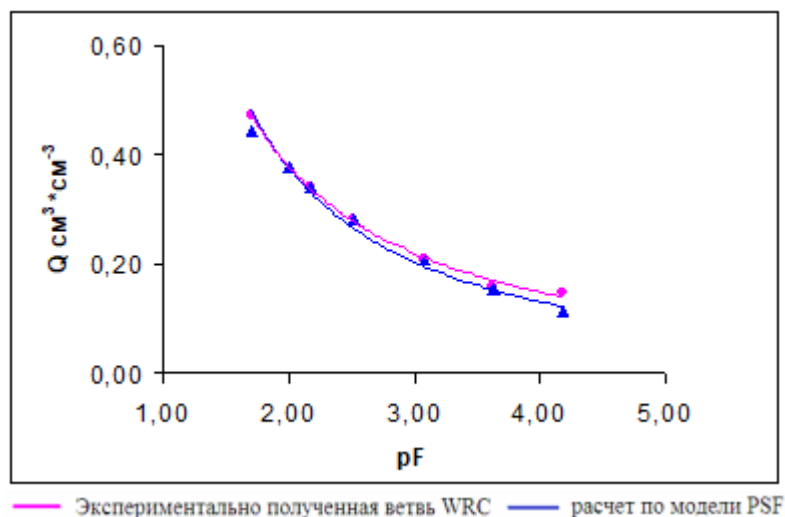
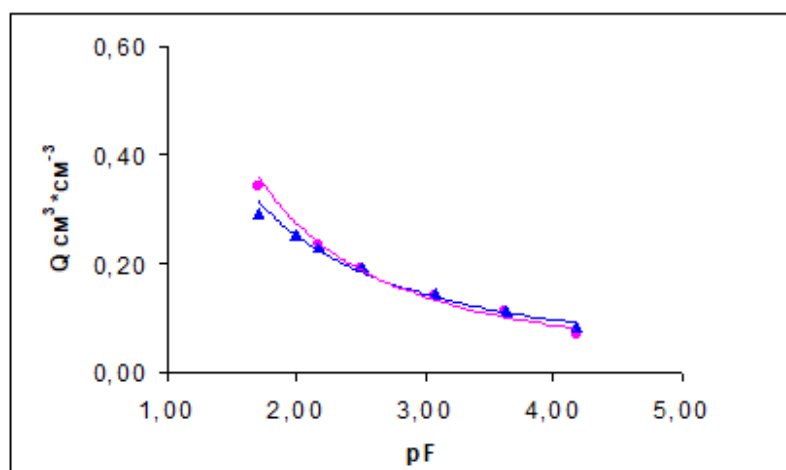
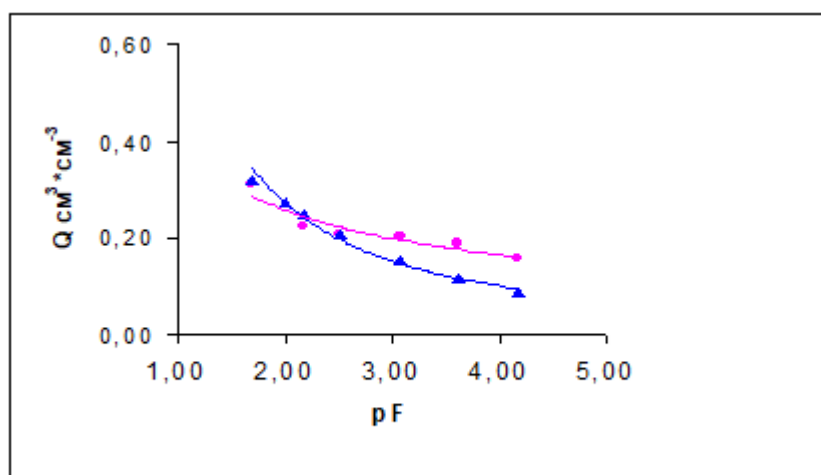


Рисунок 1 – Ветви десорбции кривой водоудержания пахотного горизонта агродерново-подзолистой типичной супесчаной почвы.



— Экспериментально полученная ветвь WRC — расчет по модели PSF

Рисунок 2 – Ветви десорбции кривой водоудержания горизонта BEL агродерново-подзолистой типичной супесчаной почвы.



— Экспериментально полученная ветвь WRC — расчет по модели PSF

Рисунок 3 – Ветви десорбции кривой водоудержания текстурного горизонта (BT) агродерново-подзолистой типичной супесчаной почвы.

Таблица 1 – Значения непараметрического критерия Манна – Уитни при сопоставлении выборок экспериментальных и расчетных значений WRC

Генетический горизонт почвы		P(Апах) (0-28см)	BEL (28-55см)	BT (55-88см)
Критерий Манна - Уитни	Уэмп.	20,5	19,5	19,0
	Укр. (p=0,99)	4	4	4
	Укр. (p=0,95)	8	8	8

Анализ данных, рисунки 1-3, показывает высокую степень точности расчета кривых десорбции WRC при помощи модели PSF. Из анализа данных рисунка 3 следует, что реальная влажность почв в «сухой» области WRC немного выше расчетной объемной влажности по модели PSF, что можно объяснить не вполне точным определением грансостава в нативном текстурном горизонте данной почвы. В таблице 1 даны вычисляемые значения (Уэмп.) и критическая величина (Укр.) статистического непараметрического критерия Манна-Уитни при сравнении двух независимых выборок при заданной численности рядов

данных. Среднее значение статистического критерия $U=19$. Критическое значение U -критерия при данной численности выборки меньше вычисленного (таблица 1), соответственно, различия выборок статистически не значимы на обоих уровнях доверительной вероятности. Фрактальная модель позволяет рассчитывать функцию влагоудержания почв с высокой точностью.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

Библиографический список

1. Terleev, V. Predicting the scanning branches of hysteretic soil water-retention capacity with use of the method of mathematical modeling. / V. Terleev, R. Ginevsky, V. Lazarev, A. Nikonorov, I. Togo, A. Topaj, K. Moiseev, E. Abakumov, A. Melnichuk, I. Dunaieva, // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – Т. 90. – № 1.
2. Терлеев В.В. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы / В.В. Терлеев, W. Mirschel, В.Л. Баденко, И.Ю. Гусева, П.Д. Гуринов // Агрофизика. – 2012. – № 4(8). С. 1-8
3. Ghanbarian-Alavijeh, B., Liaghat, A., Huang, G. H. & van Genuchten, M. T. 2010. Estimation of the van Genuchten soil water retention properties from soil textural data. *Pedosphere* 20, 456-465
4. Terleev V. V., Nikonorov A., Togo I., Volkova Yu. V., Ginevsky R. S., Lazarev V. A., Khamzin E. R., Garmanov V. V., Mirschel W., Akimov L. I. 2017. Hysteretic water-retention capacity of sandy soil *Magazine of Civil Engineering*. № 2 (70). С. 84-92.
5. Моисеев К. Г., Терлеев В. В., Холохоренко М. В. Применение модели фрактальной фракции (PSF) для физического моделирования водоудерживающей способности почвы. *Таврический вестник аграрной науки*. – 2018. – № 2 (14). – С. 76-88.
6. Ghanbarian, B., Hunt, A. G., Skinner, T. E., Ewing, R. P. (2015). Saturation dependence of transport in porous media predicted by percolation and effective medium theories. [Электронный ресурс]//ResearchGate 2016
7. Perrier, E. & Bird, N. (2002). Modelling soil fragmentation: the pore solid fractal approach. *Soil and Tillage Research* 64, 91-99
8. Rieu, M. & Sposito, G. (1991). Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. *Soil Science Society of America Journal* 55, 1231-1238
9. Моисеев К. Г. 2015. Фракталы: анализ временных рядов в агрофизике В сборнике: Сборник докладов заседаний Санкт-Петербургского отделения Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. 2015 International Year of Soils. Санкт-Петербург, С. 3-13.

УДК 631.46

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И СОДЕРЖАНИЕ ПОЖНИВНО-КОРНЕВЫХ ОСТАТКОВ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОПРИЁМАХ

Навольнева Е.В.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород

E-mail: laboratoria.plodorodya@yandex.ru

Резюме. Изучено влияние севооборотов, способа обработки почвы и уровня удобрённости на биологическую активность и массу пожнивно-корневых остатков в чернозёме типичном. Установлено, что зернотравянопропашной севооборот, органические (навоз КРС) и минеральные удобрения способствуют увеличению скорости разложения льняного полотна и массы пожнивно-корневых остатков.

Ключевые слова. Чернозём типичный, биологическая активность почвы, масса подвижно-корневых остатков, вид севооборота, способ основной обработки почвы, органические удобрения, минеральные удобрения.

Summary. The influence of crop rotations, the method of tillage and the level of fertilization on the biological activity and mass of crop and root residues in typical chernozem was studied. It is established that grain-grass crop rotation, organic (cattle manure) and mineral fertilizers contribute to an increase in the rate of decomposition of flax and the mass of crop and root residues.

Keywords. Typical chernozem, biological activity of the soil, mass of mobile-root residues, type of crop rotation, method of basic tillage, organic fertilizers, mineral fertilizers.

Биологическая активность почвы является основополагающим показателем уровня плодородия, а также играет важную роль в создании благоприятных условий роста и развитии растений [1-3]. С биологической активностью связаны процессы минерализации пожнивно-корневых остатков возделываемых культур и вносимых в почву органических удобрений [4]. Во многом эти процессы связаны с технологиями возделывания сельскохозяйственных культур и, в первую очередь, с уровнем их интенсивности [5-7].

Работа проводилась в лаборатории плодородия почв и мониторинга Белгородского ФАНЦ РАН, где в 1987 году был заложен по полной факториальной схеме полевой многофакторный опыт [8-9].

Исследуемой почвой, на опытном участке является чернозём типичный среднемогучий малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием в пахотном слое 5,10-5,25% гумуса, 55-65 мг подвижного фосфора и 100-110 мг/кг почвы обменного калия, $pH_{\text{сол.}}$ – 5,8-6,4, показатели плодородия которого типичны для Белгородской области [10].

Исследования проведены в пятой ротации пятипольных севооборотов, которые имели различную насыщенность пропашными культурами: 20% в зерно-травянопропашном и 60% в зернопаропропашном. Чередование культур в зерно-травянопропашном севообороте: многолетние травы 1 г.п. (эспарцет), многолетние травы 2 г.п., озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень + многолетние травы. В зернопаропропашном севообороте вместо трав возделывали кукурузу на силос и зерно.

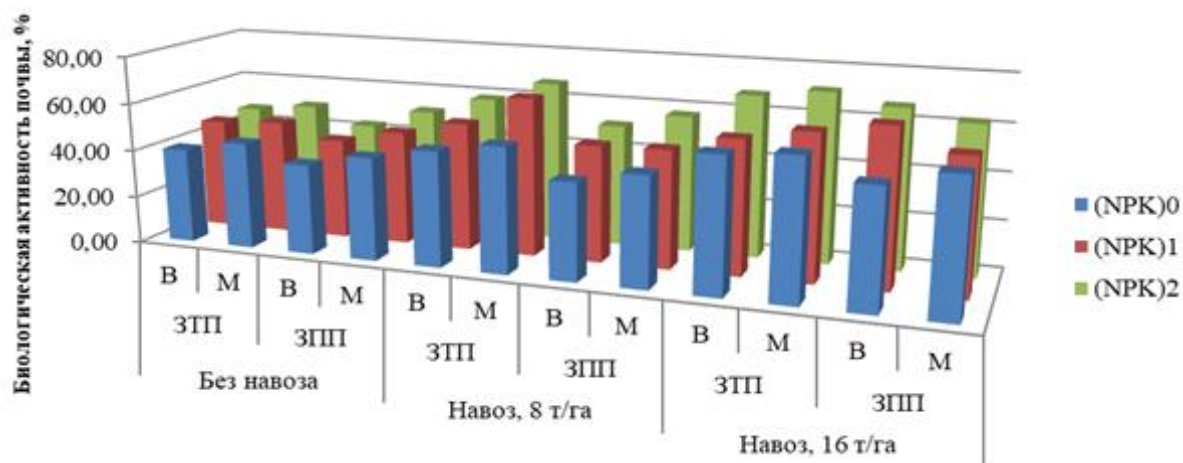
В опыте изучалось два способа основной обработки почвы: вспашка – предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы на глубину 22-32 см в зависимости от возделываемой культуры; минимальная обработка – на глубину 10-12 см. Три системы удобрения: минеральная, органическая и органо-минеральная с тремя уровнями удобренности (без удобрений, в одной дозе и двойной дозе удобрений, а также рассматривались их комбинации).

В качестве органических удобрений применяли навоз КРС один раз в ротацию севооборотов под сахарную свёклу – одна доза составляла 40 т/га и двойная 80 т/га.

Минеральные удобрения вносили ежегодно под каждую культуру. Одинарная доза насыщенности севооборота удобрением составила – $N_{46-64}P_{56-58}K_{56-58}$ (первое число в зерно-травянопропашном севообороте, второе – зернопаропропашном), а двойная доза – $N_{92-128}P_{112-116}K_{112-116}$.

Биологическая активность почвы необходима при изучении агрофизических, агрохимических свойств почвы, а также при изучении гумусообразования и в целом плодородия почвы [11-12]. В наших исследованиях был применён метод разложения льняного полотна (метод Мишустина-Вострова-Петровой).

На активность разложения льняного полотна большое влияние оказал вид севооборота. В зернотравянопропашном севообороте биологическая активность почвы оказалась на 2-5% больше, чем в зернопаропропашном севообороте (рис. 1-2).



Примечание: (NPK)0 – без внесения удобрений; (NPK)1 – ЗТП – $N_{46}P_{56}K_{56}$; ЗПП – $N_{64}P_{58}K_{58}$; (NPK)2 – ЗТП – $N_{92}P_{112}K_{112}$; ЗПП – $N_{128}P_{116}K_{116}$

Рисунок 1 – Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на биологическую активность почвы под сахарной свёклой в слое 0-10 см, %

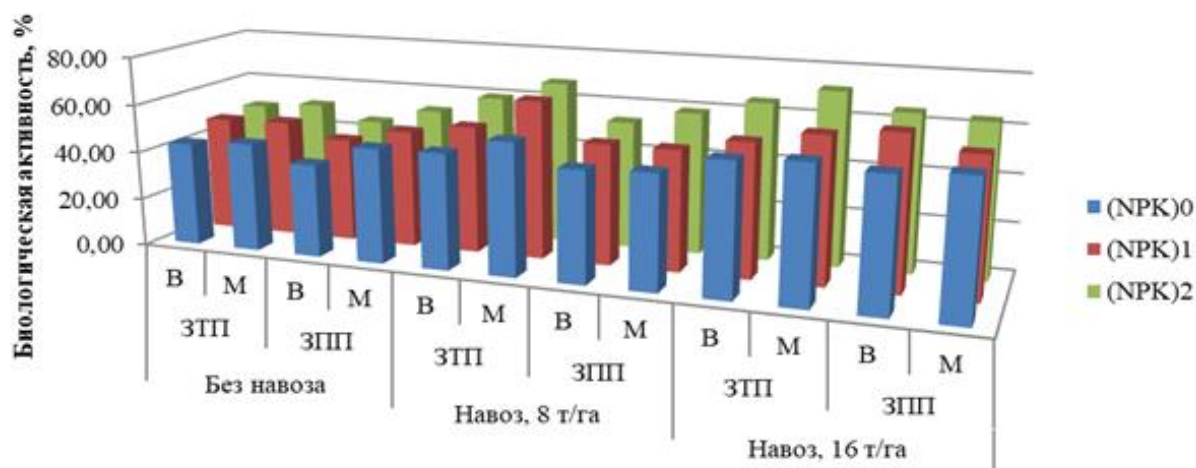


Рисунок 2 – Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на биологическую активность почвы под сахарной свёклой в слое 10-20 см, %

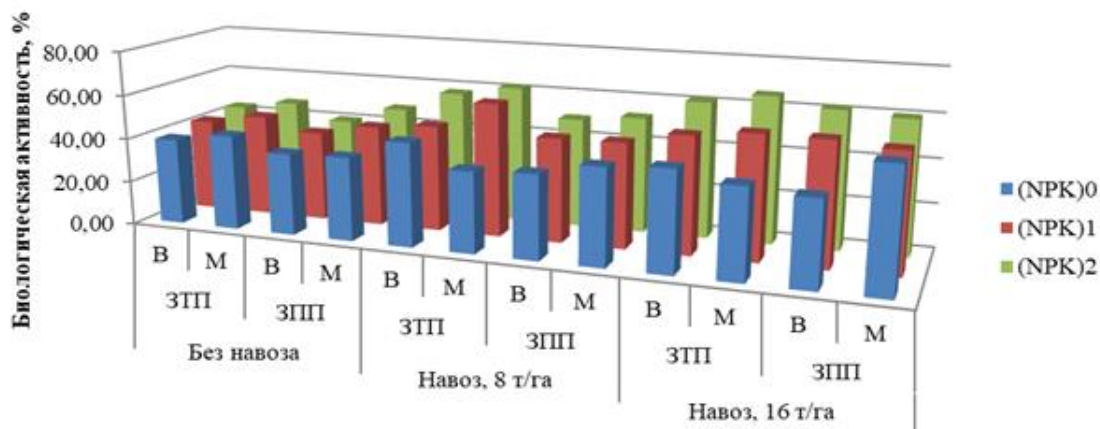


Рисунок 3 – Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на биологическую активность почвы под сахарной свёклой в слое 20-30 см, %

При анализе влияния способа обработки почвы, следует отметить, что при минимальной обработке активность почвенных организмов была выше, чем при глубокой обработке. Без использования каких-либо удобрений степень разложения полотна по вспашке в севообороте с многолетними бобовыми травами составила 39,2-43,2%, а при минимальной обработке она была на 2,0-3,8% выше (43,0-45,2%). При глубокой обработке с оборотом пласта микробиологическая активность почвы по глубинам пахотного слоя от 0-10 см до 20-30 см проявлялась относительно равномерно, а при минимальной обработке деятельность микроорганизмов с глубиной заметно снижалась.

Внесение минеральных удобрений обусловило увеличение скорости разложения льняного полотна, что особенно заметно в сочетании их с навозом, внесённым в дозе 16 т на 1 гектар севооборотной площади. При этом увеличение дозы минеральных удобрений способствовало тому, что процент разложения полотна достиг 62,4-71,2% в зависимости от вида севооборотов. При внесении только навоза активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов также увеличивалась.

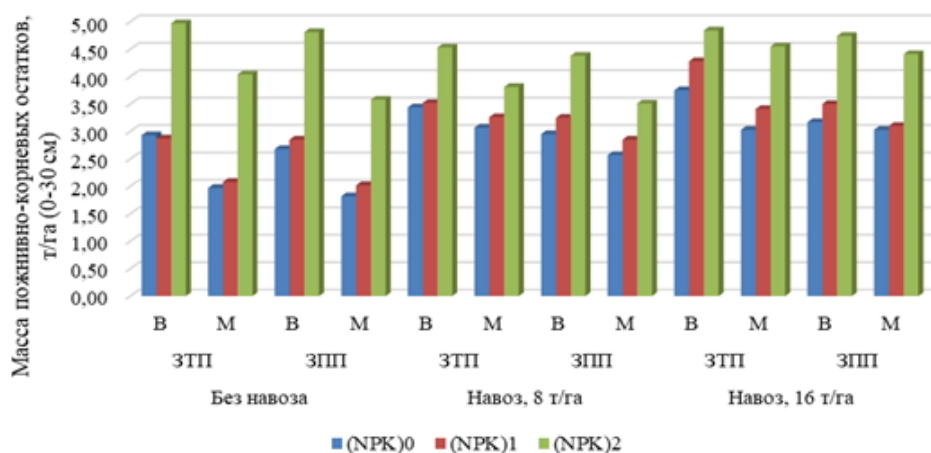
Максимальное значение её было зафиксировано при внесении двойных доз органических и минеральных удобрений в севообороте с многолетними травами при минимальной обработке почвы в слое 10-20 см и составляло 71,9%.

Литературные данные о количестве пожнивно-корневых остатков в почве очень обширны и противоречивы. Это связано с разными методами учёта, а также трудностями с отделением неразложившихся корневых остатков предшественников от изучаемой культуры.

Анализ данных, полученных в результате исследования массы пожнивно-корневых остатков, после возделывания озимой пшеницы, показал, что на данный показатель оказали влияние предшественник, способ обработки почвы и в большей степени минеральные удобрения.

При сравнении влияния предшественников на содержание пожнивно-корневых остатков в почве отмечалось, что после многолетних трав их содержание было больше, чем после чёрного пара (1,97-4,84 т/га и 1,82-4,74 т/га) (рис. 4). В данном случае имеет значение объём корневых остатков предшественника, так

как после многолетних трав вся их корневая масса не способна минерализоваться за вегетационный период озимой пшеницы.



Примечание: (NPK)0 – без внесения удобрений; (NPK)1 – ЗТП – $N_{46}P_{56}K_{56}$; ЗПП – $N_{64}P_{58}K_{58}$; (NPK)2 – ЗТП – $N_{92}P_{112}K_{112}$; ЗПП – $N_{128}P_{116}K_{116}$

Рисунок 4 – Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на массу пожнивно-корневых остатков

Основная часть корневых остатков находилась в слое 0-10 см: в зернотравянопропашном севообороте их значение достигало 4,01 т/га (82,9%), а в зернопаропропашном – 3,62 т/га (76,4%). Максимальное количество пожнивных и корневых остатков было зафиксировано при глубокой обработке почвы, данная закономерность прослеживается как на удобренных участках, так и при внесении в почву удобрений. Это вполне объясняется тем, что корни растений обладают избирательностью и образуются больше там, где имеется больше влаги и питательных веществ. Если в нижних слоях почвы снижается плодородие, то корневая система больше развивается в верхнем слое почвы.

Внесение навоза и минеральных удобрений привело к повышению содержания пожнивно-корневых остатков в почве после обоих предшественников. Так, после многолетних трав без применения удобрений оно составляло 1,97-2,93 т/га, а после внесения совместно органических и минеральных удобрений – 4,55-4,84 т/га, в зависимости от способа обработки почвы, а после чёрного пара – 1,82-2,68 т/га и 4,41-4,74 т/га соответственно. Данное увеличение содержания пожнивно-корневых остатков связано со значительным ростом урожайности озимой пшеницы.

В заключении следует сказать, что на скорость разложения льняного полотна и массу пожнивно-корневых остатков оказали влияние все изучаемые факторы. Максимальное положительное действие оказал зернотравянопропашной севооборот и совместное внесение навоза и минеральных удобрений. А вот влияние глубины обработки почвы было не настолько однозначным – скорость разложение льняного полотна при минимальной обработке была больше, чем при вспашке, а вот наибольшая масса пожнивно-корневых остатков отмечена при глубокой обработке почвы. Данная закономерность вполне логична, при рассмотрении одновременно двух

изученных показателей.

Библиографический список

1. Никитин В.В., Тютюнов С.И., Воронин А.Н., Соловиченко В.Д., Навольнева Е.В. Влияния севооборотов, способов обработки, удобрений на содержание гумуса в почве // Земледелие. – 2015. – №7. – С. 26-28.
2. Карабутов А.П., Соловиченко В.Д., Никитин В.В., Навольнева Е.В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов // Земледелие. – 2019. – №2. – С. 3-8.
3. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В. Агропочвоведение. – М.: КолосС, 2003. – 2003. – 528 с.
4. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
5. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Оптимизация применения удобрений и средств защиты растений – важнейший фактор высокоэффективного земледелия // Агрохимический вестник. – 2002. – №2. – С. 15.
6. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Влияние способов обработки почв на их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №5. – С. 22.
7. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Интенсификация технологий и продуктивность севооборота // Земледелие. – 2005. – №1. – С. 17-18.
8. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Цыгуткин А.С., Логвинов И.В. Влияния способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в чернозёме типичном // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – №5. – С. 7-12.
9. Агрохимический словарь. Термины и определения. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.
10. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. – Белгород: «Отчий край», 2013 – 372 с.
11. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
12. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2014 – 113 с.

УДК

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Настарчук В.И.

НИУ «БелГУ», г. Белгород

E-mail: nastarchuk@bsu.edu.ru

Резюме. В статье рассмотрен вопрос применения геоинформационных технологий в сельском хозяйстве. Использование геоинформационных технологий позволяет перевести на новый уровень проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия высокой точности. В ходе выполнения работы были выявлены преимущества использования геоинформационных технологий в различных системах земледелия.

Ключевые слова: ГИС, сельское хозяйство, мониторинг, геоинформационное обеспечение, методы геоинформационных систем.

Summary. The article deals with the issue of using geoinformation technologies in agriculture. The use of geoinformation technologies allows you to transfer to a new level the design of adaptive landscape farming systems of high accuracy. In the course of the work, the advantages of using geoinformation technologies in various farming systems were identified.

Key words: GIS, agriculture, monitoring, geoinformation support, methods of geoinformation systems.

Геоинформационные технологии разнообразны и включают поисковые задачи, а также задачи, которые связаны с хранением и обработкой картографической, атрибутивной, графической и текстовой информации. Для хранения, поиска и выдачи информации по запросам конечных пользователей применяются системы управления базами данных. Они могут содержать различную информацию такую как данные агрохимического анализа почвы, анализ потребности в технике и оборудовании, мониторинг работы сотрудников и анализ их эффективности. Геоинформационные системы могут решить и повысить экономическую эффективность предприятия, улучшить качество и количество урожая, упростить несколько задач для сотрудников агропромышленного производства [6].

Данные для сельскохозяйственных геоинформационных систем получаются разными методами. Главные источники – это непосредственные замеры на полях с дальнейшей интерполяцией и обработка сделанных снимков с самолетов и спутников. Непосредственные замеры используются в основном на уровне отдельного взятого хозяйства или региона. Главные преимущества – это высокая точность и надежность готовых результатов, возможности проведения измерений разных показателей при непосредственном контакте с землей. Недостаток – это завышенная цена, особенно когда речь идет о больших площадях.

Применение геоинформационных технологий в инвентаризации земельных угодий, землеустройстве и кадастровых работах предусматривает решение следующих задач [2]:

1. Оценка пригодности территорий под возделывание сельскохозяйственных культур.
2. Мониторинг плодородия почв, отдельных свойств почв;
3. Научное обоснование севооборотов; оптимизация структуры землепользования, нарезка полей, участков;
4. Агроландшафтное районирование территорий;
5. Региональные ограничения на использование земель;
6. Экономические характеристики при размещении севооборотов в различных агроландшафтных группах земель.

Целью данного исследования является обзор преимуществ использования геоинформационных систем при разработке проектов АЛСЗ (адаптивно-ландшафтных систем земледелия) на примере ЗАО «Агро-Оскол» Белгородской области.

Организация ЗАО «Агро-Оскол» расположена в Белгородской области Алексеевского района (рисунок 1). Район землепользования располагается на юго-восточной части Среднерусской возвышенности, представляет собой холмистую местность и находится в степной зоне.

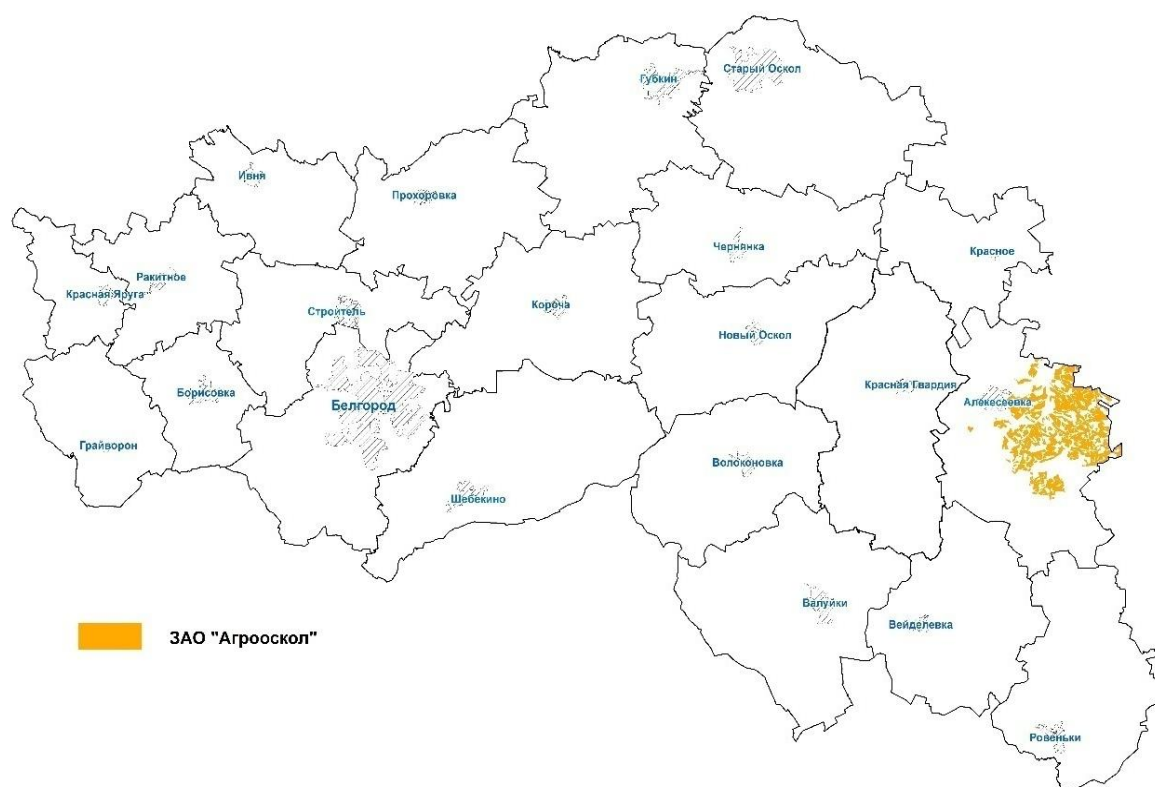


Рисунок 1 – Расположение ЗАО «Агро-Оскол», 2020 год [3]

Землепользование ЗАО «Агро-Оскол» на год составления проекта адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв включает в себя 36109,0 га сельскохозяйственных угодий, из которых под пашню используется 27373,0 га (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Экспликация сельскохозяйственных угодий (ЗАО «Агро-Оскол», 2020 год) [1]

№ п/п	Название угодий	Площадь, га
1	Пашни-всего	27373,0
2	Сенокосов всего	540,0
3	Пастбищ – всего	8174,0
4	Многолетних насаждений – всего	22,0
5	Всего с.-х. угодий	36109,0

Применение геоинформационных систем в почвенном и ландшафтном картографировании связано с оцифровкой картографического материала [4]. Должны использоваться несколько способов оцифровки в зависимости от того, какие есть средства и оборудование, а также от программного обеспечения и квалификации специалистов.

Использование геоинформационных систем при проектировании севооборотов значительно упрощает учет и прогноз очагов разрушения ландшафтов и почв, а также снижает угрозу заболачивания, повторного засоления, эрозии, дефляции, и других процессов, которые негативно сказываются на состоянии почв.

Мониторинг природных кормовых угодий с использованием геоинформационных систем, обеспечивает [7]:

- геосистемный подход к оценке и анализу исследуемых объектов;
- тесная совокупность способов аэрокосмического, а также наземного контроля состояния и динамики агрогеосистем;
- постоянный контроль изменений исследуемых явлений;
- сопряженный анализ данных, поступающих из различных источников;
- многовариантность оценок;
- проблемно-практическую ориентацию геоинформационного динамического картографирования, которая направлена на обеспечение принятия решений согласно управлению агрогеоэкосистемами кормовых угодий.

Работой геоинформационной системы по защите растений является факт неоспоримого преимущества использования геоинформационных систем в защите растений – это представление данных фитомониторинга с их нанесением на карты, высокой точности в определении заселенных площадей вредными объектами, оптимизации на данной основе принимаемых решений о виде и объемах мероприятий нацеленных на защиту растений.

Применение геоинформационных систем в мелиоративном почвоведении тесно связано, с оцифровкой картографического материала и использованием метода сканирования топографической основы и присвоения координат получившемуся растровому изображению [5].

Использование геоинформационных систем на территории водоохранных зон проводится с использованием автоматизированных расчетов поверхностного стока, длины и конфигурации стокоформирующих поверхностей, определяется гранулометрический состав почв, ширина и профиль речных долин.

В данный момент применение геоинформационных систем в сельскохозяйственном производстве в целом и мелиоративном почвоведении предоставляет новые преимущества по управлению сельским хозяйством. Использование ГИС-технологий в сельском хозяйстве позволяет повысить производственную деятельность, оперативно принимать верные решения, наблюдать за проведением агротехнических операций и состоянием посевов, эффективно использовать имеющиеся ресурсы, а также повысить урожайность и качество продукции.

Библиографический список

1. Белгородская модель адаптивно-ландшафтного земледелия [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41288361> (дата обращения 16.10.2020).
2. Копишев Э.Е., Иманбаева М.Т., Байгарин Д.Д., Айдарбекова А.А. Применение ГИС технологий при мониторинге и оценке состояния сельскохозяйственных угодий / Сб. материал междунар. научно-практич. конф. - Астана, 2016. – 155-158 с.
3. Корнейко Н.И., Хижняк Р.М., Заздравных Е.А., Жуйков Д.В. Проект адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв ЗАО «Агро-Оскол» на территории Алексеевского района Белгородской области, 2020. – 7-9 с.
4. Костин И.Г., Малышева Е.С. Мониторинг плодородия почв с применением геоинформационных систем // Плодородие. 2020. № 1 (112). – С. 24-28.
5. Лукин С.В., Костин И.Г., Малышева Е.С. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель // Агрохимический вестник. 2019. № 4. – С. 8-13.
6. Малышева Е.С. Преимущества использования ГИС при мониторинге

сельскохозяйственных угодий. В сборнике «Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования». Материалы X Международной научно-практической конференции на иностранных языках. 2019. – С. 46-50.

7. Мониторинг природных кормовых угодий. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0051/base/RM/000853.shtm> (дата обращения: 16.10.20).

УДК 504.062

ОЦЕНКА АНТРОПОТЕХНОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СОСНОВЫХ ЛЕСОВ И ЛЕСОПАРКОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ КУРСКА⁷

Неведров Н.П., Воронцова В.В.

ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск

Россия, г. Курск

E-mail: 9202635354@mail.ru

Резюме. В статье приведены данные, характеризующие антропогенные аспекты трансформации физических, химических и физико-химических свойств почв и почвенного покрова в различных по площади лесопарковых ландшафтах южной части г. Курска. Установлены диапазоны варьирования плотности сложения и кислотно-основных свойств подзолов песчаных иллювиально-железистых, функционирующих под сосновыми насаждениями. Выявлены пространственные особенности накопления тяжелых металлов в лесной подстилке.

Ключевые слова: подзолы песчаные, лесная подстилка, тяжелые металлы, плотность сложения.

Введение. Зеленые зоны в рамках городских территорий формируют экологический каркас и одновременно являются местами культурного отдыха горожан. Антропогенная нагрузка на природные и природно-антропогенные ландшафты современных городов приводит к деградации их компонентов. К примеру, интенсивная рекреационная нагрузка и выбросы различных поллютантов приводят к уплотнению и загрязнению почв [2]. Экологическая устойчивость таких ландшафтов может быть обусловлена их размерами. Природно-антропогенные ландшафты, занимающие большую площадь, как правило, имеют острые повреждения компонентов в периферийных (опушечных) частях [4]. В центральной части уровень антропогенного воздействия значительно снижается [1]. Исследования степени деградации и механизмов структурно-функциональной устойчивости компонентов природных и природно-антропогенных ландшафтов позволят разработать решения по регулированию уровня антропогенной нагрузки и внедрять технологии по их восстановлению. Это будет способствовать решению глобальных задач по достижению нулевого углеродного баланса и сохранению устойчивых экосистем [3].

Цель работы состояла в исследовании изменений индикативных физических, химических и физико-химических свойств почв и почвенного покрова в различных по площади сосновых лесах и лесопарках южной части города

⁷ Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук. Проект – МК-416.2021.1.4

Курска.

Объекты и методы исследования. Исследование проводилось в трех природно-антропогенных ландшафтах южной части города Курска, представленных монодоминантными насаждениями сосны обыкновенной со средним возрастом древостоя 65-70 лет. Выбор данных ключевых объектов был обусловлен однородностью литологии (флювиогляциальные и древнеаллювиальные песчаные отложения), почв (подзолы песчаные иллювиально-железистые), растительного покрова и разностью площади территории, которую занимают данные лесопарковые ландшафты [2, 3]. Объект №1 – урочище Гуторев бор (Лес), площадь которого составляла около 1,5 км². Объект №2 – парк по улице Менделеева (Парк), занимаемая площадь около 0,08 км². Объект №3 – парк по проспекту Ленинского комсомола (Мини-парк) (д. 97), занимаемая площадь – 0,04 км² (Рис. 1).

В исследуемых лесопарковых ландшафтах проводилось опробование почв и напочвенного покрова (лесной подстилки). В каждом парке пробы отбирались на двух репрезентативных участках, один из которых обязательно находился в непосредственной близости от автомагистрали 20 м, второй – в центре парка. Плотность сложения почв определялась *in situ* с использованием пенетromетра Wile Soil, pH почв – согласно ГОСТ 26483-85, содержание тяжелых металлов (ТМ) в лесной подстилке – согласно ГОСТ 30692. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием средств пакета Microsoft Office.

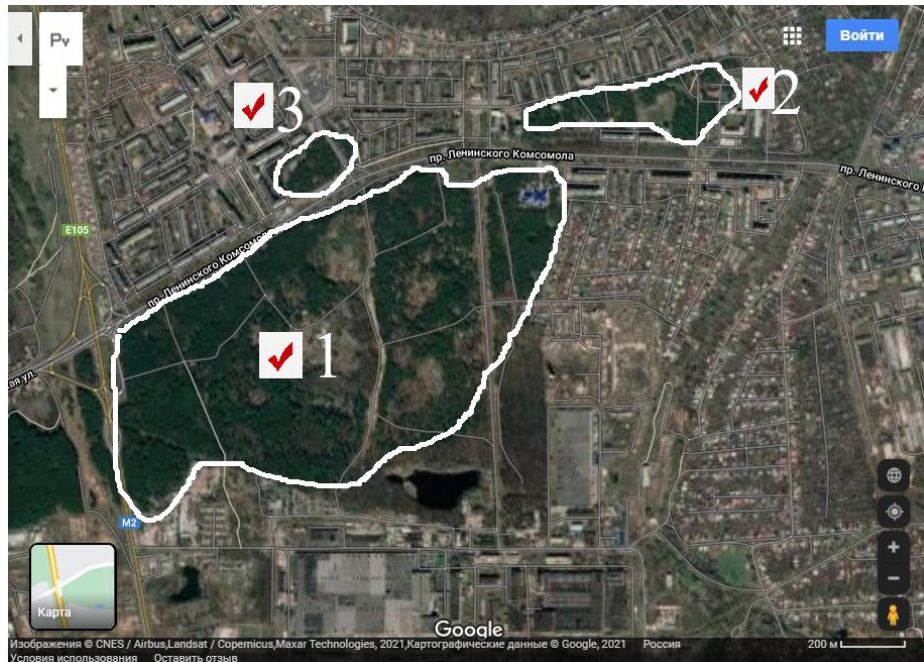


Рисунок 1 – Размещение объектов исследования (парков и лесопарков) на карте города Курска

Результаты и обсуждение. Показатель плотности сложения подзолистого горизонта Е (3-12 см) исследуемых подзолов песчаных иллювиально-железистых в исследуемых природно-антропогенных ландшафтах сильно варьировал (0,9-1,9 г/см³) (рис. 2).

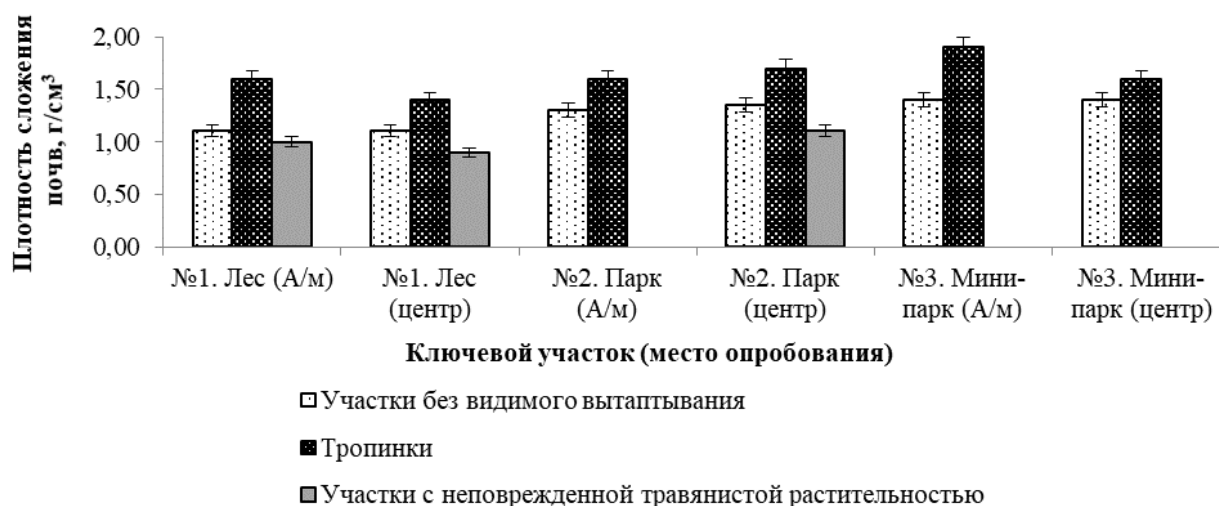


Рисунок 2 – Плотность сложения почв лесопарков южной части Курска при разноуровневой антропогенной нагрузке (А/м – автомагистраль)

В целом, на представительных участках лесопарков выделялось 3 основных уровня физического воздействия на почвенно-растительный покров: тропинки (растительность отсутствует), участки без видимого вытаптывания (растительный покров сильно разрежен), участки с относительно неповрежденной травянистой растительностью (отмечались не для всех ключевых участков). Максимальная плотность сложения отмечалась для почв тропинок (1,6-1,9 г/см³), как правило, вблизи автомобильных дорог она была выше. Это можно объяснить более высоким пешеходным трафиком (перемещения до остановок общественного транспорта и объектов инфраструктуры). Плотность участков без видимого вытаптывания и участков с неповрежденной растительностью не зависела от места положения в парке (у дороги или в центральной части парка). Однако, стоит отметить, что в наибольшем по площади лесопарке (Объект №1. «Лес») плотность сложения почв была значительно ниже (на 15,3-21,4%), чем у почв ключевых объектов «Парк» и «Мини-парк», что обусловлено снижением рекреационной нагрузки, вызванным ее пространственным распределением по территории объекта «Лес». На участках, где проективное покрытие травостоя было заметно выше, плотность сложения почв снижалась до 0,9-1,0 г/см³, что происходило за счет развитости корневых систем, которые способствовали разуплотнению.

Показатель $pH_{(КС)}$ почв исследуемых участков варьировал от слабокислых значений (5,1-5,5 единиц) до сильноокислых (менее 4,5 единиц). Значения pH в почвах центральной части лесопарков были значительно ниже (на 0,4-1,2 единицы), чем в почвах вблизи автомагистралей, что, скорее всего, связано с воздействием применяемых кальций- и натрийсодержащих противогололедных реагентов (ПГР) (табл. 1).

Воздействие ПГР, как правило, распространяется на расстояние до 25 м от автодорог [1].

Содержание тяжелых металлов (Pb и Cd) в лесной подстилке в центральной части всех исследуемых лесопарков, как правило, было выше (в 1,1-2,8 раза), чем в приближенных к автомагистралям участках опробования. Это

Таблица 1 – Кислотно-основные свойства почв и содержание ксенобиотиков в лесной подстилке лесопарковых ландшафтов южной части Курска

№ п/п	Наименование показателя	Ключевой объект (место положения участка опробования)					
		№1. Лес (А/м)	№1 Лес (центр)	№2 Парк (А/м)	№2 Парк (центр)	№3 Мини-парк (А/м)	№3 Мини-парк (центр)
1	рН (KCl) почвы	4,8	3,8	5,5	4,3	4,2	3,8
2	Содержание Pb в лесной подстилке, мг/кг	35,9	47,8	68,20	69,00	26,50	58,45
3	Содержание Cd в лесной подстилке, мг/кг	0,63	0,84	0,50	0,47	0,31	0,87

можно объяснить тем, что в районе исследования располагаются мощные промышленные источники эмиссии ТМ в окружающую среду (завод «Аккумулятор», завод «Химволокно», завод «Курскрезинотехника», ТЭЦ и др.). Сосна обыкновенная, произрастающая в центральной части лесопарков может интенсивно накапливать ТМ из почв, что обусловлено более высокой подвижностью ТМ в сильнокислых почвах. Стоит отметить, что содержание свинца было минимальным в лесной подстилке наибольшего по площади лесопарка «Лес». Содержание кадмия, наоборот, было минимальным в лесной подстилке ключевых участков «Парк» и «Мини-парк».

Выводы:

1. Плотность сложения подзолов песчаных в сосновых лесопарках города Курска варьировала от 0,9 до 1,9 г/см³ и зависела от уровня рекреационной нагрузки.
2. В больших по площади лесопарковых ландшафтах физическая деградация почв была значимо ниже.
3. Почвы периферийных участков лесопарков были менее кислыми (на 0,4 – 1,2 единицы), что связано с воздействием применяемых ПГР.
4. В лесной подстилке центральной части лесопарков, как правило, накапливалось в 1,1-2,8 раза больше свинца и кадмия.

Библиографический список

1. Лысиков А.Б. Влияние противогололедных реагентов на состояние почвы придорожных сосняков Серебряноборского опытного лесничества // Лесоведение, 2017. – № 6. – С. 446-451
2. Неведров Н.П. Классификация почвенных повреждений городских экосистем Курска // Астраханский вестник экологического образования №2. – (44) 2018. – С. 111-118.
3. Неведров Н.П., Саржанов Д.А., Проценко Е.П., Васенев И.И. Сезонная динамика эмиссии СО₂ из почв города Курска // Почвоведение. – 2021. – № 1. – С. 70-79.
4. Неведров Н.П., Балабина Н.А., Проценко Е.П., Протасова М.В., Тригуб Н.И., Куркина Е.А., Симоненкова В.А. Мониторинг экологического состояния широколиственных лесов города Курска при различном уровне рекреационной нагрузки // АгроЭкоИнфо. – 2020 – №2. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/2/st_204.pdf.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОЧВ КАЛИЕМ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В ОПЫТАХ

Никитина Л.В.

ФГБНУ «Всероссийский НИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»,
г. Москва

E-mail: kalinik@bk.ru

Резюме. В агроистощающих условиях длительных опытов, в дерново-подзолистых почвах отмечается снижение количества обменного калия и его стабилизация на минимальном уровне, определяющемся гранулометрическим составом. Показана роль резервных форм калия, позволяющих почве обеспечивать калийное питание растений вследствие трансформации его из необменной в более подвижную, доступную для растений форму. Внесение калийных удобрений, как на почвах, слабообеспеченных калием, так и на почвах с высоким его содержанием, способствует росту урожайности и повышению качества продукции.

Ключевые слова: обменный калий, необменный калий, эффективность калийных удобрений, дозы калийных удобрений, сахарная свекла, соя, кукуруза, картофель

Калий – один из незаменимых элементов минерального питания растений, без которого невозможно нормальное развитие сельскохозяйственных культур. Вынос его с урожаем сельскохозяйственных культур всегда больше, чем фосфора, а часто и азота [1]. Особенно это касается калиелюбивых культур, которые характеризуются высоким ежегодным выносом калия с урожаем, обеспеченным в основном за счёт мобилизации потенциальных запасов калия в почвах [2].

Запасы калия в пахотном слое минеральных почв в зависимости от их разновидности могут достигать 82 т/га. Несмотря на такие большие запасы почвенного калия, при длительном сельскохозяйственном использовании почв постепенно происходит истощение подвижных форм этого элемента питания, что обуславливает обострение потребности в калийных удобрениях.

К сожалению, в земледелии России применение калийных удобрений находится на низком уровне, несмотря на то, что производство калийных удобрений в стране поднялось до 6,608 млн.т или на 3,9% [3].

Особенно остро стоит проблема калия практически во всех земледельческих регионах страны, где отмечается дефицитный баланс элемента [2, 4, 5]. Резкое снижение темпов химизации сельскохозяйственного производства пока не привело к катастрофическому падению уровня плодородия почв. Это объясняется не только последствием ранее внесённых средств химизации и существенным сокращением определенной площади низко плодородных почв сельскохозяйственных угодий, но и возможностью пополнения запасов калия за счет других, более прочносвязанных с минеральной частью почвы форм калия.

Исследованиями, проведёнными в длительных опытах европейской части страны таёжной зоны России, где имеют распространение дерново-подзолистые почвы, установлено, что в результате некомпенсируемого выноса калия растениями происходит снижение количества обменной формы калия до минимального уровня ($K_2O_{min.}$), после чего дальнейших изменений его содержания

не отмечалось [6]. Была выявлена закономерность возрастание минимальных уровней содержания $K_2O_{\text{обм.}}$ с увеличением в почвах количества физической глины. Границы варьирования $K_2O_{\text{min.}}$ для дерново-подзолистых почв составили: в супесях – 5.0-7.0, суглинках лёгких – 5.5-8.5, суглинках средних – 5.5-10.5, суглинках тяжёлых – 7.0-11.0 мг/100 г почвы. Оценка границ варьирования значений $K_2O_{\text{min.}}$ в дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава показывает, что они почти не выходят за пределы «низкой обеспеченности» по стандартным грациям метода Масловой [6]. Стабильно низкий («минимальный») уровень содержания обменного калия в почвах агроценозов при длительном дефицитном балансе может существенно лимитировать продуктивность культур [7]. Так, результаты исследований калийного режима в длительном опыте СШ-5 (длительность 28 лет) показали, что естественное плодородие дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы обеспечивало продуктивность зернопропашного севооборота (насыщенность пропашными культурами 50%) в 17-25 ц з.е/га, при этом содержание обменного калия было на уровне 8.0-10.0 мг/100г почвы, что соответствовало минимальному уровню для этих почв [8].

При достижении содержания обменного калия в почве постоянного минимального уровня в агроистощающих условиях, формирование урожая в значительной степени происходит за счет других, более прочносвязанных с минеральной частью почвы форм калия. Исследования, проведенные в длительных опытах на почвах разного типа в интенсивных агроценозах (зерно-пропашные и зерно-кормовые севообороты), показали, что общий вынос калия составлял значительную величину: 577-1209 кг/га в дерново-подзолистых почвах, в серой лесной – 473, в черноземах и светло- каштановой – 839-1558 кг K_2O /га, и основная нагрузка при потреблении калия приходилась на пахотный слой почв. Ежегодная мобилизация из необменного калийного фонда дерново-подзолистых и серой лесной почв составляла 40-62 кг K_2O /га, или 89-98% от общего его выноса, на исходно богатых калием чернозёмах – 57-105 кг/га, или 91-99% от общего выноса калия [9].

Аналогичные результаты получены на дерново-луговых и луговых почвах, доля необменного калия в выносе была на уровне 62-100%, на выщелоченных чернозёмах Сибири – интенсивность мобилизации необменного калия в контрольном варианте составляла 30 кг/га в год, или 91% от выноса [10, 11].

Таким образом, в современных условиях ведения сельского хозяйства функционирование агроценозов основывается на систематическом отчуждении больших количеств калия и основная нагрузка на потребление его растениями приходится на верхний пахотный слой.

Основным условием стабильного развития аграрного комплекса страны является сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Важнейшим условием воспроизводства почвенного плодородия в отношении калия и повышения урожайности сельскохозяйственных культур является применение калийных удобрений.

Считается, что при очень высоком природном содержании калия в почвах, применение калийных удобрений агрономически неэффективно [12]. Между тем, в ряде публикаций последних лет отмечается необходимость внесения калийных удобрений, наряду с азотными и фосфорными на почвах, обеспеченных калием, особенно под калиелюбивые культуры – с целью обеспечения их сбалансированного минерального питания, высокой урожайности, качества получаемой продукции и поддержания почвенного плодородия [13].

Эффективность действия К-удобрений. Одной из наиболее рентабельных сельскохозяйственных культур является **сахарная свекла**. Калий обеспечивает передвижение сахаров по растению и отток их из листьев в корнеплоды, что способствует повышению сахаристости корнеплода и улучшает его вкусовые качества.

В полевых опытах, проведённых в Воронежской и Липецкой областях Центрально-Черноземного региона, на почвах, относящихся по стандартным грациям к высоко обеспеченным доступным для растений калием, возделывание сахарной свеклы в интенсивных технологиях показало, что в условиях Липецкой области на тёмно-серой лесной почве с исходно повышенным и высоким содержанием доступного для растений калия, возрастающие дозы KCl последовательно повышали урожай корнеплодов сахарной свёклы. Максимальный урожай (69,3 т/га) был получен при внесении калийных удобрений в дозе 280 кг/га [13] (рис.1а).

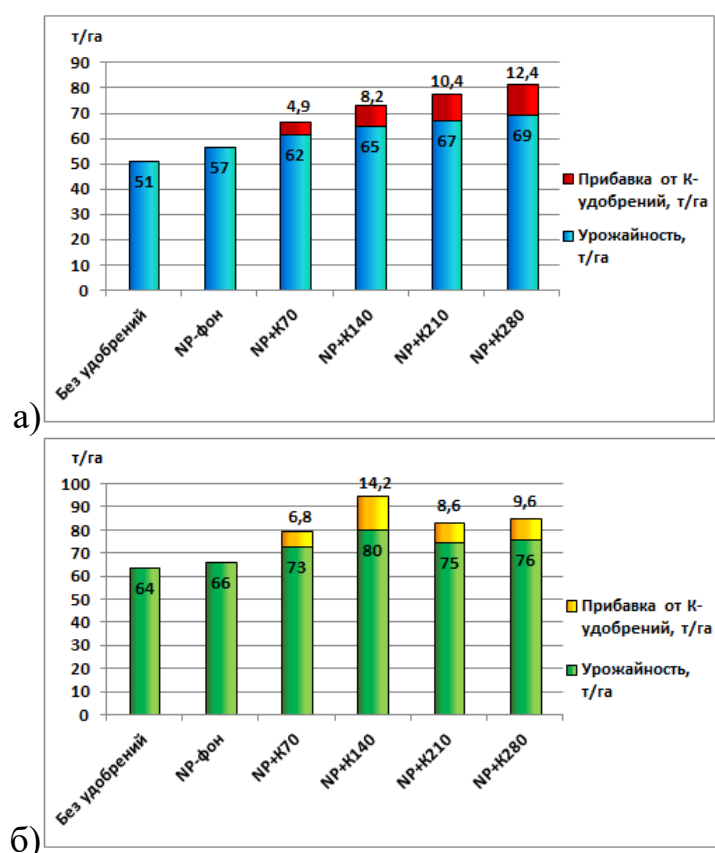


Рисунок 1 – Урожай корнеплодов сахарной свеклы,
а) – темно-серая лесная почва, б) – выщелоченный чернозем

При выращивании сахарной свеклы на выщелоченном чернозёме

Воронежской области с исходно повышенным, высоким и очень высоким содержанием доступного калия, максимальный урожай корнеплодов (80,4 т/га) получен только при дозе 140 кг/га (рис.1б).

Внесение калийных удобрений повышало сбор сахара. Так, на выщелоченном черноземе максимальный сбор сахара с гектара (12,3 т/га) достигнут при внесении калийных удобрений в дозах 140 кг K_2O /га и около 11,4 т/га при дозе 280 кг на тёмно-серой лесной почве. Дополнительный выход сахара за счет применения этих доз калийных удобрений составил 2,47-2,50 т/га или 25-28% к фону NP [13].

Внесение калийных удобрений на выщелоченном чернозёме под **кукурузу на зерно** (Воронежская область), приводило к значимому росту урожая зерна на 15% при сохранении его качества. Максимальная урожайность (11,2 т/га) была достигнута при внесении 120 K_2O /га. Прибавка урожая от калия относительно варианта с внесением только азотных и фосфорных удобрений составила 1,4т/га или 14%, и каждый внесенный килограмм K_2O обеспечил получение дополнительных 7 кг зерна кукурузы. [14].

Калийные удобрения необходимы и **сое**, её площади возделывания в последнее время увеличиваются. При выращивании сои в Белгородской области на черноземах с повышенным содержанием подвижного калия (73-138 мг/кг) внесение калийных удобрений в возрастающих дозах (от 30 до 120 кг/га) показало, что максимальная прибавка (0,12 т/га) урожая бобов от калия получена от внесения 90 кг K_2O /га. Каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 1,3 кг семян сои. Повышение урожайности этой культуры происходило при сохранении её качества – содержание белка и жира сохранялось на уровне 36 и 20% соответственно [15].

Применение калийных удобрений на дерново-подзолистых почвах, характеризующихся низким естественным плодородием в отношении калия, является одним из главных факторов повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Так, в исследованиях [5] показана эффективность внесения калийных удобрений в посевах **льна-долгунца**. Внесение хлористого калия в дозе 90 кг/га на фоне $N_{30}P_{40}$ способствовало повышению урожайности льноволокна на 21-35%. Авторами отмечается существенная роль калия в формировании урожайности льна-долгунца в засушливые годы.

Немаловажное значение имеет внесение калийных удобрений под **картофель**. Так, в длительном опыте, проводимом на дерново-подзолистой тяжело-суглинистой почве в Пермском крае, при средней степени обеспеченности почвы обменным калием (160мг/кг) наибольшая прибавка (6,9 т/га) урожая картофеля получена от внесения хлористого калия в дозе 150 кг/га на фоне $N_{150}P_{150}$ [16].

Таким образом, результаты длительных опытов показали, что в условиях некомпенсируемого выноса калия растениями при длительном дефицитном балансе происходит снижение количества обменного калия и его стабилизация на минимальном уровне. Минимальные уровни $K_2O_{обм.}$ возрастали с увеличением содержания физической глины в почвах. При достижении содержания

обменного калия в почве постоянного минимального уровня в агроистощающих условиях, формирование урожая в значительной степени происходит за счет других, более прочносвязанных с минеральной частью почвы форм калия.

Внесение калийных удобрений, как на почвах слабообеспеченных калием, так и на почвах с высоким его содержанием, является эффективным приёмом, т.к. способствует росту урожайности сельскохозяйственных культур и повышению качества продукции.

Библиографический список

1. Прокошев В.В. Место и значение калия в агроэкосистеме // Росс. Хим. Журнал. 2005. т. XLIX. №3. С. 35-43.
2. Якименко В.Н. Баланса калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. – 2019. – №10. – С. 16-24.
3. Федеральная служба государственной статистики, 2019, <https://www.fertilizerdaily.ru>
4. Чекмарёв П. А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России // Агрохимия. – 2013. – №4. – С. 11-22.
5. Налиухин А.Н., Веденеева Н.В. Калийный режим дерново-подзолистых почв льноводческих районов Вологодской области и эффективность калийных удобрений в посевах льна-долгунца // Агрохимия, – 20121. – №12. – С. 24-30.
6. Никитина Л.В. Исследования калийного режима разных типов почв в длительных опытах Геосети // Агрохимия. – 2018. – №1. – С. 39-51.
7. Якименко В.Н. К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов // Плодородие. – 2009. – №4. – С. 8-10.
8. Никитина Л.В. Калийный режим почв и эффективность калийных удобрений / Л.В. Никитина // Плодородие почв России: состояние и возможности (под ред. акад. РАН Сычева В.Г.). – М: ВНИИА, 2019. – С.57-71.
9. Сычев В.Г., Никитина Л.В. Трансформация калия в почвах агроценозов без применения удобрений // Плодородие. – 2017. – №6. – С. 5-7.
10. Кораблева Л.И., Слуцкая Л.Д. Мобилизация необменного калия в почвах с высокой фиксирующей способностью // Почвоведение. – 1978. – №8. – С. 83-89.
11. Воронкова Н.А., Храмцов И.Ф. Влияние длительного применения минеральных удобрений и соломы в севообороте на калийный режим чернозёма выщелоченного // Фундаментальные исследования. – 2015. – №2-2. – С. 307-312.
12. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия. М.: Изд-во МГУ, 1999. – 332с.
13. Никитина Л.В., Романенков В.А., Иванова С.Е. Оценка обеспеченности калием почв Центрально-Черноземного региона России при различной интенсивности применения калийных удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – №3. – С. 16-21.
14. Иванова С.Е., Романенков В.А., Никитина Л.В. Первые результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению калийных удобрений в России // Эффективность калийных удобрений. Москва: Международный институт питания растений, 2016. – С. 63-66.
15. Иванова С.Е., Романенков В.А., Никитина Л.В. Совершенствование рекомендаций по внесению калийных удобрений в России: результаты научного проекта // Сахар. – 2016. – №1. – С.31-33
16. Лейних П.А. Влияние минеральных удобрений на калийный режим в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве опытного поля ГНУ «Пермский НИИСХ» Россельхозакадемии // Пермский аграрный вестник. – 2013. – №2(2). – С. 25-29.

ВЛИЯНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ, СЕВООБОРОТОВ И УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ

Нитченко Л.Б.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр, г. Курск

E-mail: nitchenko58@yandex.ru

Резюме. В результате исследований установлено, что снижение содержания гумуса было меньше в зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах, больше – в зернопаропропашном севообороте. Большее изменение pH_{KCl} произошло на водораздельном плато, на склонах северной и южной экспозиций, уровень кислотности мало изменился. Снижение содержания гумуса и щёлочногидролизуемого азота происходило как в неудобренных, так и в удобренных вариантах. Наибольшим содержанием P_2O_5 характеризовалось водораздельное плато.

Ключевые слова: севообороты, удобрения, водораздельное плато, склоны северной и южной экспозиции, чернозём типичный, плодородие.

Для достижения оптимального уровня урожайности с.-х. культур современное земледелие предполагает совершенствование существующих агротехнологий в направлении их большей адаптивности к сложившимся условиям в агроландшафтах, рационального использования антропогенных и природных ресурсов, в том числе плодородия почвы, сохранения благоприятной экологической обстановки. Показатели плодородия почвы, по результатам научных исследований [1, 2], различаются на водораздельном плато и склонах полярных экспозиций, что влияет на формировании урожайности сельскохозяйственных культур. В земледелии, по мнению А.А. Акулова [3], севооборот традиционно рассматривается как важнейшее средство восстановления и поддержания плодородия почвы. Основным фактором, способствующим улучшению и сохранению агрохимических показателей на более высоком уровне, по сравнению с неудобренными почвами, и, повышающим урожайность сельскохозяйственных культур, является применение минеральных удобрений [4, 5]. По утверждению В.И. Кирюшина [6], применение минеральных удобрений – это одновременно средство интенсификации и экологизации земледелия.

Цель исследований – определить влияние доз минеральных удобрений в севооборотах на водораздельном плато, склонах северной и южной экспозиций на основные агрохимические показатели.

Методика исследования. Исследования по изучению влияния доз внесения минеральных удобрений в севооборотах на основные агрохимические показатели проводили в 2016-2019 гг. (9-я ротация), в многолетнем стационарном многофакторном полевом опыте (МФО) ФГБНУ «Курский ФАНЦ», заложенном в 1984 году на водораздельном плато, склонах северной и южной экспозиций. Схема МФО предусматривала изучение: 1. севооборотов: зернопаропропашной (ЗПП): озимая пшеница – кукуруза на з/к – ячмень – чистый пар; зернотравянопропашной (ЗТП): озимая пшеница – кукуруза на з/к – ячмень+мн. травы – мн. травы 1-го г; зернотравяной (ЗТ): озимая пшеница – ячмень+мн.

травы – мн. травы 1-го г – мн. травы 2-го г.; 2.систему удобрения: без удобрений, N₁₄₀ P₁₅₀ K₁₆₀ кг д.в./га, N₂₈₀ P₃₀₀ K₃₂₀ кг д.в./га за ротацию севооборотов.

Почва опытного участка – чернозем типичный среднесуглинистый. В начале закладки многофакторного полевого опыта (1984 г.) характеристики пахотного слоя почвы на водораздельном плато, склоне северной и южной экспозиции соответственно: содержание гумуса – 6,6; 6,5; 5,2%, рН_{KCl} – 6,5; 5,7; 7,4, содержание щёлочногидролизуемого азота – 19, 18, 16 мг/100г, Р₂О₅ – 16,8; 9,3; 11,6 мг/100 г, К₂О – 11,7; 8,8; 9,2 мг/100 г.

Результаты и обсуждение. Возделывание с.-х. культур только на минеральной системе удобрения в севооборотах не обеспечивало стабилизацию и пополнение содержания гумуса и азота. В 9-й ротации севооборотов содержание гумуса в слое почвы 0-20 см на водораздельном плато (рис. 1) составило в среднем в ЗПП 5,29%, в ЗТП – 5,31%, в ЗТ – 5,34%. По сравнению с исходными значениями, оно изменились под действием изучаемых факторов. Снижение содержания гумуса соответственно по севооборотам составило в среднем 1,31%, 1,29%, 1,26%. Наибольшее снижение содержания гумуса произошло в вариантах без внесения минеральных удобрений – 1,40-1,41%, наименьшее – в вариантах с дозой удобрений за ротацию севооборота N₂₈₀ P₃₀₀ K₃₂₀ кг д.в./га – 1,13-1,19%.

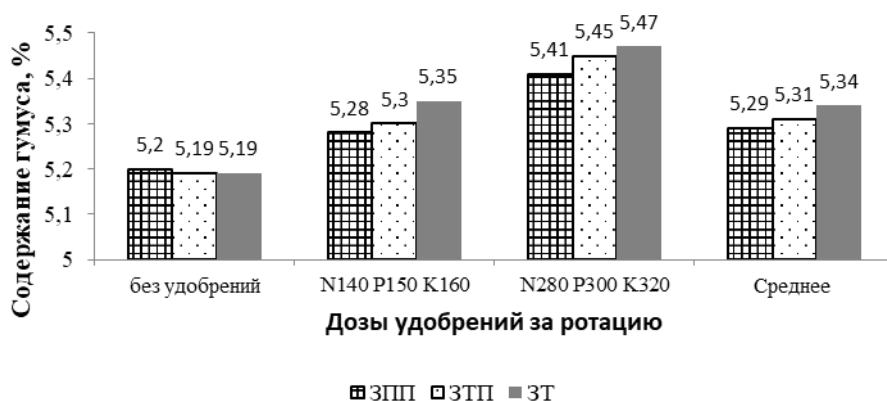


Рисунок 1 – Влияние доз минеральных удобрений на содержание гумуса в почве в различных видах севооборотов на водораздельном плато

В удобренных вариантах снижение содержания гумуса было меньше в ЗТ севообороте с 50% многолетних трав в структуре посевных площадей, больше – в ЗПП. Это связано с наличием в ЗПП севообороте пропашных культур и чистого пара.

На склоне северной экспозиции (рис. 2) содержание гумуса в слое почвы 0-20 см в вариантах без внесения минеральных удобрений составило в ЗПП севообороте 4,90%, в ЗТП – 5,30%, в ЗТ – 5,24%; в вариантах с внесением минеральных удобрений содержание гумуса было больше и составило в дозе N₂₈₀ P₃₀₀ K₃₂₀ кг д.в./га – 5,12%, и 5,57%, 5,5% соответственно. По сравнению с исходными значениями, наибольшее снижение содержания гумуса произошло в ЗПП севообороте, где оно составило 1,38-1,60%. В ЗТП снижение содержания гумуса было меньше – 0,93-1,20%, в ЗТ – 0,96-1,26%. Содержание гумуса составило в среднем в ЗПП севообороте 5,01%, в ЗТП – 5,43%, в ЗТ – 5,40%.

Содержание гумуса на склоне северной экспозиции в среднем было меньше в ЗПП севообороте и больше в ЗТП и ЗТ.

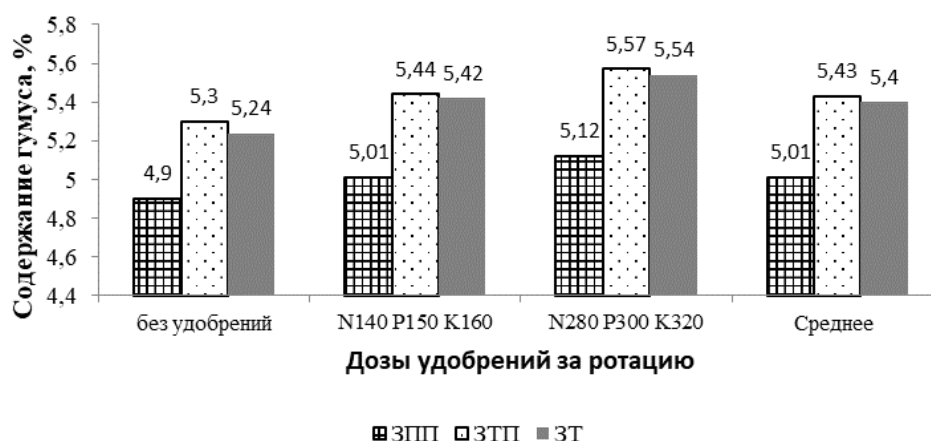


Рисунок 2 – Влияние доз минеральных удобрений на содержание гумуса в почве в различных видах севооборотов на склоне северной экспозиции

На склоне южной экспозиции (рис. 3) содержание гумуса в слое почвы 0-20 см составило в среднем в ЗПП севообороте 4,98%, в ЗТП – 5,12%, в ЗТ – 5,06%. Снижение содержания гумуса, по сравнению с исходным содержанием, в ЗПП севообороте в зависимости от уровня удобренности составило 0,10-0,36%, в ЗТП – 0,09-0,16%, в ЗТ – 0,11-0,24%. Отмечено повышение содержания гумуса в ЗТП в варианте с внесением минеральных удобрений в дозе N₂₈₀ P₃₀₀ K₃₂₀ кг д.в./га на 0,02%.

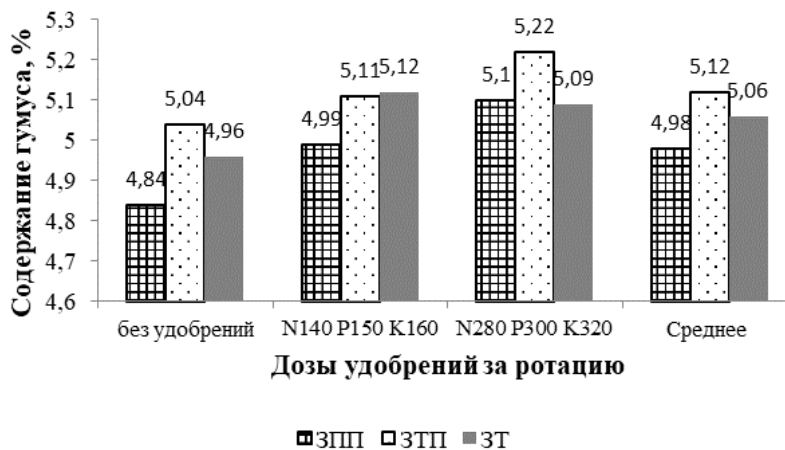


Рисунок 3 – Влияние доз минеральных удобрений на содержание гумуса в почве в различных видах севооборотов на склоне южной экспозиции

Характерно, что в удобренных вариантах содержание гумуса было больше, по сравнению с неудобренными вариантами; но, по сравнению с исходным состоянием почвы, в удобренных вариантах происходило также постепенное снижение содержания гумуса. Основная причина – отсутствие внесения органических удобрений в севооборотах. На водоразделе содержание гумуса варьировало от 5,19 до 5,47%, на склоне северной экспозиции – от 4,90 до 5,57%, на южной – от 4,84% до 5,22%. Снижение содержания гумуса по элементам рельефа составило в изучаемых вариантах опыта соответственно – 1,13-1,41%, 0,93-1,60%, 0,08-0,36%. На склоне южной экспозиции отмечено

более низкое снижение содержания гумуса.

По показателю pH_{KCl} почва опытного участка, после закладки опыта, на водоразделе относилась к группе нейтральных ($pH=6,5$), на склоне северной экспозиции – к группе близких к нейтральным ($pH=5,7$), на южной – к группе слабощелочных ($pH=7,4$). Показатель pH пахотного слоя почвы на водоразделе в 9-й ротации севооборота варьировал от 5,4 до 5,8 единиц, что соответствует группе от слабокислых до близких к нейтральным почвам. На склоне северной экспозиции из-за более глубокого промачивания почвы весной происходит вымывание карбонатов кальция на глубину более 80 см, что сопровождается подкислением пахотного слоя почвы. Минимальные значения pH_{KCl} здесь составляли 5,2 (почва слабокислая), максимальные – 5,7 (реакция среды близкая к нейтральной). На склоне южной экспозиции восходящая миграция солей, связанная с иссушением почвы в летний период, сопровождается значительным снижением кислотности и даже, слабым подщелачиванием почвы. В наших исследованиях, значение pH_{KCl} в пахотном слое почвы на южном склоне в среднем варьировало от 7,1 до 7,4. Большее изменение pH_{KCl} произошло на водораздельном плато, на склонах северной и южной экспозиций уровень кислотности мало изменился.

Средняя концентрация щёлочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы на водоразделе и склоне северной экспозиции в исследуемых вариантах соответствовала среднему уровню обеспеченности, 16,70-17,82 мг/100 г и 15,66-17,44 мг/100 г соответственно; на склоне южной экспозиции – низкой степени обеспеченности 13,93-14,81 мг/100 г. На склонах южной экспозиции более выражены процессы выноса питательных элементов, поэтому содержание азота на этих склонах более низкое. Содержание азота на водоразделе снизилось за изучаемый период, в среднем, в ЗПП севообороте на 2,30 мг/100 г, в ЗТП – на 1,95 мг/100 г, в ЗТ – на 1,18 мг/100 г; на склоне северной экспозиции – соответственно на 2,34 мг/100 г, 0,56 мг/100 г, 0,96 мг/100 г, по сравнению с исходными значениями. Обеспеченность почвы азотом была меньше в неудобренных вариантах во всех севооборотах на всех изучаемых элементах рельефа. Снижение его содержания происходило в обоих вариантах. Причина снижения в уменьшении содержания гумуса в почве, а также вносимое количество азота с минеральными удобрениями не в полной мере компенсировало его потери с выносом урожаем культур севооборота. Для обогащения почвы азотом важнейшее значение имеет внесение минеральных удобрений.

Исходное содержание P_2O_5 и K_2O в начале закладки опыта довольно сильно различалось по элементам рельефа. На водораздельном плато содержание P_2O_5 составляло 16,8 мг/100г, K_2O 11,7 мг/100 г, на склоне северной экспозиции – 9,3 и 8,8 мг/100 г, на южной – 11,6 и 9,2 мг/100 г соответственно. Наибольшим содержанием изучаемых элементов питания в 9-й ротации севооборота характеризовалось водораздельное плато: P_2O_5 – 17,71-28,75 мг/100 г, что соответствовало высокому и очень высокому уровню обеспеченности и K_2O – 9,10-11,48 мг/100 г (повышенное содержание). На

склоне северной экспозиции содержание P_2O_5 повышенное и высокое – 10,20-15,73 мг/100 г, K_2O – повышенное 8,65-11,55 мг/100г. На склоне южной экспозиции – повышенная и высокая степень обеспеченности P_2O_5 (10,63-19,38 мг/100 г) и K_2O (10,75-14,55 мг/100 г). За годы исследований повышение содержания P_2O_5 в пахотном слое почвы на водоразделе составило в среднем 5,1 мг на 100 г, на склоне северной экспозиции – 4,0 мг/100 г, на южной – 3,7 мг/100 г, по сравнению с исходным содержанием. Повышение содержания K_2O на склоне северной экспозиции составило в среднем 0,93 мг/100 г, на южной – 3,82 мг/100 г. На водоразделе содержания K_2O снизилось в среднем на 0,54 мг/100 г. Различия по содержанию P_2O_5 и K_2O в пахотном слое почвы, под влиянием севооборотов и доз минеральных удобрений, не носили чёткой зависимости. Наиболее низким содержание P_2O_5 было на склоне южной экспозиции в ЗТ, K_2O – на северной в ЗТП и ЗТ. Снижение содержания K_2O связано с преимущественным закреплением его почвой.

Выводы. Результаты исследования показали, что возделывание с.-х. культур только на минеральной системе удобрения в севооборотах не обеспечивало стабилизацию и пополнение содержания гумуса и щелочногидролизуемого азота в почве. Снижение содержания гумуса, в зависимости от доз удобрений, составило на водоразделе 1,41-1,13%, на склоне северной экспозиции – 1,60-0,93%, на южной – 0,36-0,08%. Снижение содержания гумуса было меньше в ЗТП и ЗТ севооборотах, больше – в ЗПП. Большее изменение pH_{KCl} произошло на водоразделе, на склонах северной и южной экспозиций уровень кислотности мало изменился. На склоне южной экспозиции содержание щелочногидролизуемого азота было более низкое. Наибольшим содержанием P_2O_5 характеризовалось водораздельное плато.

Библиографический список

1. Дубовик Д.В. Формирование качества зерна озимой пшеницы на склоновых землях Центрального Черноземья. Курск: КГУ, 2011. – 137 с.
2. Гостев А.В. Эффективность технологий различного уровня интенсивности при возделывании зерновых культур на черноземных почвах Центрального Черноземья. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2017. – 160 с.
3. Акулов А.А. Севооборот – как биологический фактор системы земледелия // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 5. – С.21-22.
4. Воронин А.Н., Мельников В.И. Влияние элементов способов земледелия на продуктивность чернозема // Земледелие. – 2014. – №5. – С.9-12.
5. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника, минеральных удобрений и условий увлажнения в длительном полевом опыте на черноземе обыкновенном // Агрохимия. – 2012. – № 7. – С.48-56.
6. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – №3. – Т. 30. – С.19-25.

УДК: 632.51:633.15:631.51

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ФОНА УДОБРЕННОСТИ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ

Нужная Н.А., Гармашов В.М.

E-mail: niish1c@mail.ru

ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»

Резюме. В статье приведены материалы изучения особенностей формирования сорного ценоза в посевах кукурузы при различных приемах минимализации обработки почвы, включая прямой посев. Показано, что снижение глубины обрабатываемого слоя, прежде всего, провоцирует увеличение числа малолетних видов сорняков, а отказ от оборота пласта – многолетних. Наибольшая урожайность зерна кукурузы формируется по вспашке на глубину 25-27 см.

Ключевые слова: обработка почвы, минимализация, кукуруза, сорные растения, агрофитоценоз, урожайность.

Summary. In article materials of studying of features of formation weed cenosis in crops of corn are resulted at various receptions minimizing processings of ground, including direct crop. Decrease in depth of a processable layer is shown, that, first of all, provokes increase in number of juvenile kinds of weeds, and refusal of a revolution of a layer - long-term. The greatest productivity of a grain of corn is formed on plowing on depth of 25-27 sm.

Key words: Processing of ground, minimizing, corn, weed plants, agrophytocenosis, productivity.

В настоящее время в связи с бережным отношением к энергетическим ресурсам и окружающей природной среде происходит широкое изучение и внедрение в производство различных приемов минимализации обработки почвы, вплоть до полного ее исключения [1, 2, 3]. При этом, по мнению многих исследователей, их основным достоинством считается сокращение затрат на обработку, а основным недостатком – ухудшение фитосанитарного состояния посевов, обусловленное, прежде всего, увеличением засоренности [4, 5, 6, 7].

Кукуруза, в силу биологических особенностей роста и технологии возделывания, относится к культурам со слабой конкурентоспособностью по отношению к сорным растениям. Поэтому в оценке эффективности приемов минимализации обработки почвы вопросам фитосанитарного состояния посевов кукурузы при снижении интенсивности обработки должно уделяться особое внимание. В связи с этим целью нашего исследования стало изучение сорного компонента агрофитоценоза кукурузы при различных приемах минимализации основной обработки почвы в севообороте.

Гербологические исследования агрофитоценоза кукурузы проводились на полях стационарного опыта по изучению различных приемов и систем обработки почвы в зернопропашном севообороте: горох – озимая пшеница – кукуруза – ячмень.

Для оценки фитосанитарного состояния посевов кукурузы в условиях минимализации обработки почвы были проанализированы следующие варианты обработки почвы: 1) вспашка на глубину 25-27 см (контроль); 2) вспашка на глубину 14-16 см; 3) безотвальная обработка почвы на глубину 14-16 см;

4) минимальная обработка почвы на глубину 8-10 см; 5) нулевая обработка почвы по технологии No-till (прямой посев). Приемы обработки почвы изучались на естественном (безудобренном) фоне и удобренном (N₆₀P₆₀K₆₀).

Анализ результатов исследований показал, что плотность появления всходов сорняков зависит как от степени минимализации обработки почвы, так и от фона удобренности. При этом было показано, что на естественном фоне (без удобрений) при снижении глубины обрабатываемого слоя до 14-16 см не зависимо от приема (с оборотом пласта или без оборота) число всходов сорняков увеличивалось относительно контроля в 1,7-1,9 раз. Дальнейшее снижение (до 8-10 см) глубины обработки существенных изменений в плотность прорастания малолетних сорняков не привнесло. При этом было отмечено, что реакция одностольных и двустольных сорняков на снижение интенсивности обработки почвы на безудобренном фоне была практически одинаковой.

Таблица 1 – Засоренность посевов кукурузы в начале вегетации в зависимости от приема основной обработки почвы (среднее за 2016-2018 гг.)

Обработка почвы	Без удобрений		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
	сорняки			
	малолетние	многолетние	малолетние	многолетние
Вспашка на 25-27 см (контроль)	29,7	2,7	48,5	1,3
Вспашка на 14-16 см	25,3	3,1	49,6	1,2
Безотвальная на 14-16 см	41,9	3,8	57,6	0,8
Минимальная на 8-10 см	47,3	7,8	57,8	2,9
Нулевая	48,5	5,8	69,2	2,9

Изучение сорного компонента на удобренном фоне показало, что удобрения накладывают определенный отпечаток на его формирование. Следует заметить, что на удобренных вариантах во все годы исследований прорастало в 1,5-2,5 раза больше однолетних сорняков, чем на неудобренных. На этом фоне при снижении интенсивности обработки почвы отмечалось увеличение числа всходов злаковых сорняков: на варианте с ежегодной вспашкой на 14-16 см – на 44-50 %, безотвальной обработкой на 14-16 см – на 47-68 %, минимальной (на 8-10 см) – на 78-98 %. Численность однолетних двустольных сорняков при этом изменялась не значительно (на 7-18 %).

В отношении многолетних сорняков было отмечено, что их численность увеличивалась при отказе от оборота пласта. При этом в отличие от малолетних сорняков плотность их размещения в посевах кукурузы на безудобренном фоне была выше, чем на удобренном.

Оценка засоренности посевов кукурузы на варианте прямого посева (без обработки почвы) показала, что данная технология с использованием общеистребительных гербицидов на основе глифосата (осенью, после уборки и весной перед посевом) сдерживала появление первой волны однолетних сорняков в посевах кукурузы. Ко времени химической прополки посевов в фазу 5-6 листьев культуры здесь прорастало наименьшее их количество (12,7 шт/м²), причем более половины из них были злаковыми. Данная технология ограничивала

распространение и многолетних сорняков. Относительно вариантов с безотвальной обработкой их численность в посевах кукурузы снижалась в 2,5-4 раза.

Анализ засоренности посевов кукурузы перед уборкой показал, что выполняемый в период вегетации кукурузы комплекс защитных мероприятий (2 междурядные обработки и химическая прополка посевов гербицидом из класса никосульфурона) позволяет контролировать численность малолетних сорняков на всех вариантах опыта на безопасном уровне. В отношении многолетних сорняков было показано, что сдерживание их развития на экономически безопасном уровне было возможным только в условиях вспашки, причем не зависимо от глубины ее проведения. На вариантах с безотвальной обработкой почвы на 14-16 см и минимальной на 8-10 см комплекс защитных мероприятий не обеспечивал снижения численности данных видов сорняков до пороговых значений.

Анализ урожайных данных показал, что наибольшая урожайность зерна кукурузы на обоих фонах удобренности формировалась по вспашке на глубину 25-27 см – 5,9 и 6,4 т/га. По мере снижения интенсивности обработки почвы отмечалась и устойчивая тенденция снижения урожайности культуры. Однако статистически доказуемое снижение урожайности зерна кукурузы отмечалось только при нулевой обработке почвы в севообороте.

Таблица 2 – Урожайность кукурузы при различных приемах основной обработки почвы, т/га, 2016-2018 гг.

Обработка почвы (фактор А)	Фон удобренности (фактор В)		Средняя по фактору А (НСР ₀₅ = 1,48)
	без удобрений	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
Вспашка на 25-27 см (контроль)	5,9	6,4	6,2
Вспашка на 14-16 см	5,6	5,9	5,7
Безотвальная на 14-16 см	5,1	5,5	5,3
Минимальная на 8-10 см	4,7	5,2	4,9
Нулевая	1,9	2,2	2,1
Средняя по фактору В (НСР ₀₅ = 0,25)	4,6	5,0	

НСР₀₅ = 2,09 для частных средних

Таким образом, проведенные исследования показали, что снижение интенсивности обработки почвы провоцирует увеличение засоренности посевов кукурузы. При этом было отмечено, что различные биогруппы сорняков по-разному реагируют на степень минимизации обработки почвы. Увеличение числа малолетних сорняков в большей степени связано со снижением глубины обработки почвы, а многолетних с отказом от оборота пласта.

Библиографический список

1. Захаренко А.В. Роль механической обработки в регулировании сорного компонента агрофитоценоза / А.В. Захаренко, Н.С. Матюк // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – С.85-112.
2. Власенко Н.Г. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы при технологии No-till / Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких, О.В. Кулагин, А.А. Слободчиков // Защита и карантин растений. – 2014. – № 1. – С. 18-22

3. Дудкин И.В. Эффективная борьба с сорняками – необходимое условие успешного внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия / И.В. Дудкин // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов научно-практической конференции Курского отделения МОО "Общество почвоведов имени В.В. Докучаева", 2015. – С. 68-73.
4. Баздырев Г.И. Проблемы и возможности минимализации обработки почвы при длительном применении / Г.И. Баздырев // АГРО XXI. – 2010. – № 1-3. – С. 3-6.
5. Котлярова Е.Г. Влияние способа обработки почвы и фона питания на засоренность посевов гороха / Котлярова Е.Г., С.М. Лубенцов, С.А. Линков // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 23-25.
6. Трофимова Т.А. Засоренность посевов при различных приемах и системах зяблевой обработки почвы в ЦЧР / Т.А. Трофимова, С.И. Коржов, В.А. Маслов, А.П. Пичугин // Лесотехнический журнал. – 2015. – № 2. – С. 81-92.
7. Турусов В.И. Засоренность посевов при разных приемах и системах основной обработки почвы в севообороте / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, Н.А. Нужная // Защита и карантин растений. – 2017. – № 9. – С. 19-21.

УДК 631.415:631.8

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ КИСЛЫХ ПОЧВ И РАСЧЕТЕ ДОЗ МЕЛИОРАНТОВ

Окорков В.В.

ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль

E-mail: okorkovvv@yandex.ru

Резюме. Необходимость мероприятий по снижению кислотности почв Нечерноземья обусловлена как постоянно протекающими процессами их подкисления за счет природных и антропогенных факторов, так и важностью повышения эффективности применения удобрений в интенсивных технологиях. Описаны механизмы взаимодействия извести с поглощающим комплексом кислых почв, предложены их группировка для оценки потребности и очередности в известковании, расчет доз известковых материалов и пути повышения их эффективности с помощью фосфогипса.

Ключевые слова: кислые почвы и их группировка, механизмы взаимодействия извести с поглощающим комплексом, расчет доз мелиорирующих веществ.

Summary. The need for measures to reduce the acidity of Non-Chernozem soils is due to both the constantly occurring processes of their acidification due to natural and anthropogenic factors, and the importance of increasing the efficiency of fertilizer use in intensive technologies. The mechanisms of interaction of lime with the absorbing complex of acidic soils are described, their grouping for assessing the need and priority in liming, calculating the doses of lime materials and ways to increase their efficiency using phosphogypsum are proposed.

Key words: acidic soils and their grouping, mechanisms of interaction of lime with the absorbing complex, calculation of doses of reclamation substances.

Кислотность почв – генетическое свойство, связанное с климатом и условиями почвообразования на бескарбонатных почвообразующих породах, интенсивности сельскохозяйственного использования почвы и экологического состояния окружающей среды (биосферы). Она возрастает с ростом выпадающих и инфильтрующихся осадков, в районах техногенного загрязнения (промышленные предприятия по производству удобрений, предприятия цветной металлургии, химические заводы) и выпадением кислотных дождей. Большое

влияние на нее оказывает интенсификация сельскохозяйственного производства. С ростом применения минеральных удобрений подкисление почв увеличивается, так как поглощение ионов аммония и калия, катионов кальция и магния в процессе роста и развития растений происходит в обмен на ионы водорода, что ведет к увеличению содержания ионов H^+ в почвенном поглощающем комплексе. В органических и органоминеральных системах удобрения процесс подкисления почвы замедляется, но полностью не устраняется.

Заметное падение плодородия почвы наблюдается при снижении pH_{KCl} ее ниже 5,3-5,5. В этом случае на почвах с низким содержанием органического вещества резко увеличивается содержание обменного алюминия, подвижных форм железа, марганца и др. По исследованиям Н.С. Авдонина, при содержании в почве 3-5 мг/100 г подвижного алюминия наблюдается токсическое действие его на корневые системы возделываемых культур, Урожайность их может снижаться на 30% и более. Содержание обменного алюминия выше указанной величины глубже пахотного слоя не позволяет корневым системам растений активно развиваться и использовать из них влагу и элементы питания в остро- и засушливые периоды вегетации культур, особенно в критические. В конечном счете, это снижает их продуктивность, эффективность освоения интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Учитывая огромное деструктивное влияние подвижного алюминия на почву, почвенную биоту, культурные растения, а также на животных и человека (алюминиевая болезнь, склероз при накоплении Al в мозге), рекомендуется включить этот показатель в число индикаторов определения зон экологического состояния почвенного покрова (табл. 1). Выделяют зоны экологической нормы, экологического риска (территории с заметным снижением продуктивности, но с возможностью восстановления их экологической стабильности), экологического кризиса (восстановление стабильности связано с большими затратами) и экологического бедствия или катастрофы (зоны, требующие коренного улучшения). Использование территорий зон нормы и риска должно выполняться на основе интенсивных агротехнологий. Мелиорация почв зон экологического кризиса и бедствия должна осуществляться при поддержке Федеральных властей.

Таблица 1 – Оценка экологического состояния почв по содержанию подвижного алюминия, мг/100 г почвы [1]

Горизонты кислых почв	Экологические зоны			
	нормы	риска	кризиса	бедствия
Апах	< 1	1-4	4-8	> 8
Подгумусные	< 1	> 8	> 8	> 8

Для устранения почвенной кислотности, начиная с К.К. Гедройца, общепринято применение известковых удобрений [2-4]. Механизм их действия связывают с вытеснением ионов водорода ионами кальция растворяющегося мелиоранта. Исследования последних лет показали, что он зависит от степени кислотности и агрегированности поглощающего комплекса [5-6].

На сильнокислых слабоагрегированных почвах происходит снижение

кислотности за счет ионов гидроксила (OH^-), образующихся при взаимодействии с водой ионов CO_3^{2-} . Последние являются одним из продуктов растворения в воде CaCO_3 (известки), то есть образования ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} . Взаимодействие CO_3^{2-} с водой в этом случае протекает преимущественно по реакции: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{OH}^-$. Образовавшиеся ионы OH^- связывают ионы водорода в малодиссоциированные (H_2O) и ионы алюминия в малорастворимые ($\text{Al}(\text{OH})_3$) соединения. Коэффициент использования мелиоранта, внесенного в половинных и полных дозах от гидролитической кислотности, на ее снижение изменялся от 0,95 до 0,80. Это обусловлено установлением равновесных значений pH в жидкой фазе (почвенном растворе) в пределах 5,1-6,2 [6].

На средне- и слабокислых более агрегированных почвах основной продукт растворения мелиоранта – карбонат-ионы – взаимодействовал с водой по реакции: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$. В этом случае ионы гидроксила взаимодействовали преимущественно с поверхностно расположенными ионами водорода. Равновесные значения pH почвенного раствора при применении дозы мелиоранта, эквивалентной полной гидролитической кислотности, были около 6,4 и выше. Коэффициент использования растворенного мелиоранта на уменьшение гидролитической кислотности составлял 0,5-0,6.

В обоих случаях концентрация двухвалентных катионов кальция и магния в жидкой фазе почвы варьировала в пределах нескольких мг-экв/л. В то же время в работе [6] было установлено, что на порядок более высокая концентрация ионов кальция в жидкой фазе почвы, создающаяся при растворении гипса, способна вызывать переагрегацию ППК и вытеснять внутриагрегатные ионы водорода и алюминия. Это повышает кислотность. Но при совместном применении известки и гипса происходит ее нейтрализация бикарбонатами ($\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$), образующимися после нейтрализации ионов водорода на внешней поверхности ППК.

С целью определения очередности, потребности в известковании и способа мелиорации, доз внесения мелирантов предлагается следующая группировка кислых почв (табл. 2). Она учитывает существующие группировки по кислотности и известкованию, в которых принимается во внимание обменная кислотность ($\text{pH}_{\text{КС1}}$), величина гидролитической кислотности и емкость поглощения (степень насыщенности ППК основаниями, или ионами водорода), гранулометрический состав.

В общем виде решение задачи по известкованию почв проходит в несколько этапов:

1. Определение потребности и очередности известкования.
2. Определение доз вносимых мелиорантов.
3. Выделение земельных участков возделываемых культур.
4. Составление проектов на мелиорацию.

Установление очередности известкования почв в хозяйствующих субъектах связано со степенью их нуждаемости в этом мероприятии и его эффективности, экономического состояния товаропроизводителя. При этом эффективность этого приема следует рассматривать преимущественно в аспекте ее

повышения от агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур (применение удобрений, борьба с сорняками, болезнями и вредителями, системы обработки и др.), чем в аспекте непосредственного его влияния на их продуктивность.

Урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность севооборотов даже в Нечерноземной зоне определяется размерами использования ими выпадающих осадков и запасов почвенной влаги, их наличием в критические периоды вегетации культур [7]. Наряду с другими факторами кислотность почвы также оказывает существенное влияние на размеры потребления влаги культурами. Доступность растениям и размеры ее накопления в почве могут уменьшаться из-за резкого снижения распространения и развития корневых систем в кислых подпахотных горизонтах, а также уменьшения инфильтрационной способности вследствие повышенной уплотняемости почвы, на которую в значительной мере оказывает состояние почвенных коллоидов. Установлено [8],

Таблица 2 – Группировка почв по величине pH_{KCl} , степени насыщенности ионами водорода и алюминия, гранулометрическому составу

Класс почвы	Степень кислотности	pH_{KCl}	Степень насыщенности ППК ионами H^+ и Al^{3+} , %	Гранулометрический состав	Потребность почв в известковании
I	Очень сильнокислая	4,0 и ниже	20 и более	Средний и тяжелый суглинок, глинистый	Очень сильная
II	Сильно-кислая	4,1-4,5	20 и более	Супесь, легкий, средний и тяжелый суглинок, глинистый	Сильная
III	Средне-кислая	4,6-5,0	20 и более	Песок, супесь	Средняя
			15 и более	Легкий и средний суглинок	
			10 и более	Тяжелый суглинок, глинистый	
IV	Слабокислая	5,1-5,5	20 и более	Песок, супесь	Слабая
			15 и более	Легкий и средний суглинок	
			10 и более	Тяжелый суглинок, глинистый	
V	Близкая к нейтральной и нейтральная	5,6 и выше	Менее 20	Песок, супесь	Отсутствует
			Менее 15	Легкий и средний суглинок	
			Менее 10	Тяжелый суглинок, глинистый	

что на серых лесных почвах Ополья устойчивость почвенной структуры заметно снижается с повышением кислотности и содержания гумуса. Кислые, более подвижные гумусовые соединения способствуют разрушению почвенной

структуры и ухудшают инфильтрационные свойства почвы.

Исходя из анализа работ по влиянию известкования на изменение физико-химических свойств мелиорируемых почв, были предложены величины степени насыщенности ППК ионами водорода и алюминия, не ухудшающие агрономические свойства почвы, в зависимости от гранулометрического состава [5, 6]. Для песчаных и супесчаных почв дозу мелиоранта необходимо рассчитывать на удаление из ППК ионов водорода и алюминия сверх 20% от емкости катионного обмена, легких и средних суглинков – 15%, тяжелых суглинков и глин – 10%.

При расчете оптимальных доз мелиоранта следует учитывать коэффициенты использования его на снижение гидролитической кислотности, а также мощность мелиорируемого слоя почвы. Коэффициент использования (Кисп) при мелиорации почв I класса кислотности (табл. 2) можно принять равным 0,7-0,9, II – 0,6-0,7, III и IV – 0,5-0,6. Дозу мелиоранта с учетом свойств подпахотных горизонтов рекомендуется рассчитывать на мелиорацию слоя почвы до 0-30 см по следующей формуле:

$$Д = 0,75 \cdot 0,1h (НГ - 0,10 \dots 0,20 \text{ ЕКО}) / \text{Кисп},$$

где Д – доза извести со 100% содержанием CaCO_3 , т/га; 0,75 – доза извести, эквивалентная 1 мг-экв/100 г почвы гидролитической кислотности слоя почвы 0-10 см, т/га; h – глубина (мощность) мелиорируемого слоя почвы, см; 0,1 – коэффициент перевода мощности мелиорируемого слоя в десятисантиметровые слои; 0,10 ЕКО, 0,15 ЕКО, 0,20 ЕКО – допустимая остаточная величина гидролитической кислотности для глинистых и тяжелосуглинистых, средне- и легкосуглинистых, песчаных и супесчаных почв, соответственно, мг-экв/100 г почвы; НГ – гидролитическая кислотность мелиорируемого слоя почвы, мг-экв/100 г почвы; ЕКО – емкость катионного обмена (сумма обменных оснований + гидролитическая кислотность), мг-экв/100 г почвы; Кисп – коэффициент использования мелиоранта на снижение гидролитической кислотности: 0,7-0,9 – для очень кислых почв, 0,6-0,7 – сильнокислых, 0,5-0,6 – средне- и слабокислых почв.

Доза извести корректируется на содержание действующего вещества в мелиоранте.

Для быстрого улучшения физико-химических свойств пахотного и подпахотного (за счет передвигающихся вниз бикарбонатов кальция) горизонтов кислых почв наиболее эффективно применять совместное внесение извести и гипса (фосфогипса). Этот прием мелиорации эффективен для более агрегированных сильно- и среднекислых дерново-подзолистых, средне- и слабокислых серых лесных почв. Дозу извести рассчитывают для слоя почвы 0-30 см по уравнению:

$$Д = 2,25 (НГ - 0,15 \text{ ЕКО}) / K_{\text{Ca+Г}},$$

где $K_{\text{Ca+Г}}$ = 0,7-0,8 – коэффициент использования извести при совместном применении извести и гипса (фосфогипса).

Значимое влияние на повышение коэффициента использования извести оказывают дозы гипса (фосфогипса), находящиеся в интервале от 1/3 до 1/2 гидролитической кислотности (в среднем 0,4 НГ) при применении извести по полной НГ. Так как эквивалентная масса гипса в 1,72 раза выше, чем извести, то доза гипса (фосфогипса) рассчитывается по следующему уравнению:

$$Д_{\text{гипса}} = 0,70 \cdot 2,25 (H_{\Gamma} - 0,15 \text{ ЕКО}) / K_{\text{Ca}+\Gamma},$$

где коэффициент 0,70 представляет произведение $0,40 \cdot 1,72$.

В физическом весе соотношение извести и гипса (фосфогипса) при 100% содержании действующих веществ должно составлять:

$$2,25:1,60 = 1:0,7.$$

Прием совместного внесения извести и гипсосодержащих веществ может широко применяться в Нечерноземной зоне вблизи заводов по производству фосфорных удобрений. По оценкам экспертов накопленные запасы фосфогипса в стране составляют не менее 150 млн. тонн с ежегодным приростом 14 млн. т.

В практике мелиорации кислых почв использование фосфогипса будет улучшать обеспеченность почв фосфором и серой.

Известкование выполняется по проектам на полях севооборота или участках в соответствии с проектно-сметной документацией, составленной по данным агрохимического обследования почв на основе средневзвешенных показателей гидролитической кислотности и $pH_{\text{КС1}}$, гранулометрического состава и др.

По данным ВНИИА [9] на сильнокислой ($pH_{\text{КС1}}$ 3,9-4,5) суглинистой почве в 11-й ротации зернотравяного севооборота озимая пшеница – ячмень + клевер – клевер 2-х лет пользования наибольшая его продуктивность достигала при внесении удобрений на известкованной высокими дозами извести почве (по 1 H_{Γ} в первые три ротации) при слабокислой реакции среды и степени насыщенности основаниями 80-83%. Окупаемость 1 кг действующего вещества N120P60K90 зерном озимой пшеницы по сравнению с фоном (применение химических средств защиты растений) составила 7,4 кг, а при известковании – 15,6 кг зерна. Окупаемость удобрений при известковании возросла в 2,1 раз.

Библиографический список

1. Юлушев И.Г. Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтной организации систем земледелия ВКЗП. Учебное пособие. М.: Академический Проект; Киров, Константа, 2005. 368 с.
2. Известкование кислых почв / Под ред. Авдониной Н.С., Петербургского А.В., Шедерова С.Г. М.: Колос, 1976. 304 с.
3. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. СПб., 2005. 252 с.
4. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Зеленов Н.А., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. М.: ВНИИА, 2008. 340 с.
5. Окорков В.В. Теоретические основы химической мелиорации кислых почв. Иваново, 2016. 332 с.
6. Окорков В.В. К теории химической мелиорации кислых почв // Агрохимия. 2019. – № 9. – С. 3-17.
7. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Агроклиматические ресурсы серых лесных почв Владимирского ополья и их использование // В сб.: Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса. Коллективная монография под ред. В.В. Окоркова. Иваново, 2020. – С. 115-129.
8. Окорков В.В. Физико-химическая природа устойчивости почвенной структуры на серых лесных почвах Владимирского ополья // Почвоведение. – 2003. – № 11. – С. 1346-1353.
9. Кирпичников Н.А., Бижан С.П. Эффективность фосфоритной муки и суперфосфата при периодическом известковании дерново-подзолистой суглинистой почвы (СП-27), № 085 //

Итоги выполнения Программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 гг. Материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений участников Географической сети опытов с удобрениями // Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2018. – С. 126-139.

УДК 631.854.2:631.41:631.81

ДЕЙСТВИЕ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ КУРИНОГО ПОМЕТА НА ЗАПАСЫ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С УРОЖАЙНОСТЬЮ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Окорков В.В., Щукин Н.Н.

ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль

E-mail: okorkovvv@yandex.ru; n9159803437@yandex.ru

Резюме. На дерново-слабоподзолистой почве Ярославской области по действию 120 т/га куриного помета запасы N-NO₃ в слое почвы 0-40 см составили 251 кг/га. Они позволили сформировать урожай сортов яровой пшеницы и тритикале в пределах 7,45-9,69 т/га, ячменя – 6,91-8,25, овса пленчатого – 5,74-5,91 и овса голозерного – 4,39-4,58 т/га. По его последействию запасы нитратного азота в этом слое уменьшились в 1,81 раз, а урожайность сортов яровой пшеницы – в 1,77-2,16 раз (до 3,90-5,28 т/га), ячменя – в 1,46-1,63 (до 4,72-5,07), овса пленчатого – в 1,10-1,15 (до 5,01-5,28) и голозерного – в 1,40-1,43 раз (до 3,05-3,27 т/га).

Ключевые слова: дерново-слабоподзолистая почва, куриный помет, урожайность, нитратный азот, яровая пшеница, ячмень, овес.

Summary. On the sod-slightly podzolic soil of the Yaroslavl region, according to the action of 120 t/ha of chicken manure, the reserves of N-NO₃ in the soil layer of 0-40 cm were 251 kg/ha. They allowed to form the yield of spring wheat and triticale varieties in the range of 7.45-9.69 t/ha, barley – 6.91-8.25, film oats – 5.74-5.91 and naked oats – 4.39-4.58 t/ha. According to its aftereffect, the reserves of nitrate nitrogen in this layer decreased by 1.81 times, and the yield of spring wheat varieties – by 1.77-2.16 times (up to 3.90-5.28 t/ha), barley – by 1.46-1.63 (up to 4.72-5.07), filmy oats – by 1.10-1.15 (up to 5.01-5.28) and golozerny – by 1.40-1.43 times (up to 3.05-3.27 t/ha).

Key words: sod-slightly podzolic soil, chicken manure, yield, nitrate nitrogen, spring wheat, barley, oats.

Внедрение интенсивных сортов на бедных дерново-подзолистых почвах Верхневолжья ограничено применением высоко затратных технологий. При этом птицефабрики региона располагают определенным запасом невостребованного помета. При рациональном использовании в качестве органического удобрения (ОУ) он может снизить себестоимость зерна и расширить потребность в интенсивных сортах, полностью или частично заменить минеральные удобрения.

Согласно российским критериям воздействия на окружающую среду свежий помет относится к отходам 3-го класса опасности и для применения в сельском хозяйстве подлежит предварительной утилизации (обеззараживанию в хранилищах, компостированию или высушиванию). Европейские же регламенты допускают использование этой категории отходов для внесения в почву без специальной обработки, но при соответствующем ветеринарно-санитарном

контроле.

Многие отечественные птицеводческие предприятия используют современные технологии производства при клеточном содержании птицы с регулярным удалением подсушенного вентиляцией помета, высоким уровнем качества кормления и ветеринарно-санитарного контроля, благодаря которым снизилась потенциальная биологическая опасность помета. В связи с этим возникает необходимость пересмотра норм и порядка его использования, как для более широкого вовлечения в сельскохозяйственное производство в виде свежей органики, так и для снижения затрат предприятий птицеводства на утилизацию помета без ущерба нарушения экологических условий местности и проживания населения.

Свежий куриный помет (в отличие от перепревшего) сохраняет более высокий резерв органического вещества и азота, которыми восполняется почва. В результате протекания активных микробиологических процессов после внесения помета в почву быстро увеличивается содержание подвижных форм нитратного и аммонийного азота уже в начале вегетации культур. В продолжающийся теплый период их вегетации в почве их содержание может увеличиваться до избыточных количеств. Оптимальное содержание подвижных форм азота должно регулироваться нормой и равномерностью распределения (разбрасывания) по поверхности поля с учетом особенностей почвенно-климатических условий.

Методика и технология проведения опытов. В период 2019-2020 гг. в 3 полевых опытах изучали влияние высокой дозы (120 т/га) куриного помета на агрохимические и физико-химические свойства и состав микрофлоры дерново-подзолистой почвы, экологические и хозяйственно-биологические особенности сортов зернофуражных культур для возделывания их по интенсивной технологии производства зернофуража с заменой минеральной системы удобрения свежим куриным пометом (КП). Опыты вели в полевом севообороте на дерново-слабоподзолистой почве Пошехонского района Ярославской области.

Осенью 2018 г. поле задисковали, а в начале мая 2019 г. разбрасывателем под весновспашку внесли куриный помет в дозе 120 т/га. Под посев 2020 года опытный участок вспахали осенью (под зябь). В 2019 г. опыты заложили по действию помета 25 мая, а в 2020 по его последствию (1-й год) – 29 мая. Вариант без внесения помета (б/у) – контроль.

В опыты были включены 19 сортов 5 яровых зерновых культур: опыт 1 (9 сортов яровой пшеницы и 1 – тритикале), опыт 2 (5 сортов ячменя), опыт 3 (2 сорта пленчатого овса и 2 сорта голозерного).

Норма высева всхожих семян зерновых культур 5,0 млн./га. Семена перед посевом обработали смесью протравителей (против болезней и вредителей) с добавлением микроэлементов. Размер учетных делянок – 120 м², размещение их – систематическое в 3-х кратной повторности. В опыты включены сорта зерновых культур селекции «Верхневолжского ФАНЦ» и «ФИЦ «Немчиновка».

Система обработки почвы и ухода за посевами включала: дискование, 2-е культивации с боронованием, посев, обработки пестицидами по вегетации

(против сорняков, болезней и вредителей) и десикацию посевов до уборки. При проведении опытов минеральные удобрения не вносились. В 1 т свежего куриного помета содержалось: 21 кг – азота, 26 кг – P_2O_5 и 8,4 кг – K_2O .

Закладку опытов, агрохимические и микробиологические исследования почвы, морфологические и визуальные наблюдения, статистическую обработку данных урожайности культур по сортам проводили по общепринятым методам и ГОСТам.

Метеорологические условия проведения опытов. В 2019 г. за вегетационный период (май-сентябрь) сумма осадков составила 408 мм (на 19% выше нормы) при средней температуре воздуха 13,3 °С (на 1,2 °С ниже нормы). В 1-й половине вегетации дождливые периоды сменялись продолжительными неблагоприятными для растений периодами весенней и летней засухи. Ниже среднемноголетних данных была температура воздуха в июле (на 4 °С) и августе (на 2 °С). За указанные месяцы выпало, соответственно, около 1,8 и 1,3 норм осадков. Прохладный, но в целом менее влажный вегетационный период 2019 г. был более благоприятным для зерновых культур, чем последующий.

В 2020 г. средняя температура воздуха за май-сентябрь приближалась к среднемноголетним данным и составила 14,0 °С. За период выпало 503 мм осадков (на 47% выше нормы), а в июле – почти 2,5 нормы. По общим показателям средней температуры воздуха и количества осадков вегетационный период 2020 г. следует характеризовать, как достаточно-теплый, но избыточно-влажный.

Результаты исследований и их обсуждение. Нетронутая обработкой почва поля представляла залежь и в пахотном слое (0-20 см) характеризовалась следующими показателями плодородия: низким содержанием гумуса (1,05%), сильной степенью кислотности (pH_{KCl} 4,28), очень низким содержанием нитратного азота (2,3 мг/кг) и низким – аммонийного (10,1 мг/кг), средней обеспеченностью подвижным фосфором (52,3 мг/кг) и обменным калием (97,6 мг/кг).

После освоения залежи (проведения пахоты под зябь, подготовки почвы к посеву) агрохимические показатели почвы несколько улучшились. Так, в 1-й срок взятия образцов (1 июня 2019 г.) в слое почвы 0-30 см преобладала близкая к слабокислой реакция среды, в слое 30-40 см – среднекислая, обеспеченность фосфором и калием – повышенная. Запасы нитратного азота в слое 0-20 см (62,7 кг/га) могли обеспечить урожайность зерновых в 1-й год пользования пашней около 2 т/га. В сентябре произошло их снижение в слое 0-20 см – в 5,6 раз, а в слое 0-40 см – в 3,7 (до 25,3 кг/га). В конце июня 2020 г. в фазы выхода в трубку зерновых запасы нитратного азота в слое почвы 0-20 см составляли лишь 10,8 кг/га при потребности в $N-NO_3$ для формирования 1 т зерна в пределах 30-48 кг. Фактический урожай яровой пшеницы Злата, выращенной на почве без удобрений (в качестве контроля), составил: 1,75 т/га – в 1-й год (2019) использования пашни по весновспашке и 1,45 т/га – на 2-й год (2020) при посеве по зяби (табл. 1).

В 2019 году по действию 120 т/га куриного помета из 9 сортов яровой пшеницы урожайность 5 (Злата, Сударыня, Каменка, Ладья и Виталия) и ярового

тритикале Норманн варьировала от 9,14 до 9,69 т/га. Расчеты показали [1], что указанная урожайность сортов достигнута при использовании около 4,5% фотосинтетической активной радиации (ФАР). Урожайность зерна сортов яч-

Таблица 1 – Влияние запасов N-NH₄ и N-NO₃ в слое почвы 0-40 см (данные для запасов в июне 2019 и 2020 годов) на урожайность зерновых культур под влиянием действия и последействия помета

Год исследований и удобрение		Запасы N-NH ₄ , кг/га	Запасы N-NO ₃ , кг/га	Культура	Период вегетации, дней	Урожайность, т/га
2019	без удобрений	58,4*	65,9*	пшеница яровая	82	1,75
	внесение помета (120 т/га)	198,0	251,0	пшеница яровая	106-119	7,45-9,69
				тритикале	114	9,37
				ячмень яровой	99	6,91-8,25
				овес	109	4,39-5,91
2020	без удобрений	53,0*	20,7*	пшеница яровая	78	1,45
	последействие помета(120т/га)	66,1	139,0	пшеница яровая	82-94	3,90-5,08
				тритикале	94	5,28
				ячмень яровой	81	4,72-5,07
				овес	90	3,27-5,49

Примечание. * – запасы форм азота в августе.

меня находилась в пределах 6,91-8,25 т/га. Сорт Московский-86 использовал 4% ФАР, Нур – около 3,5%, сорт Яромир – почти 3,2% ФАР. Урожайность пленчатых сортов овса Опольный и Яков в условиях опыта составила соответственно 5,74 и 5,91 т/га при использовании – примерно 2,8% ФАР. Урожайность зерна более ценных и требовательных к технологии возделывания голозерных сортов овса была ниже и варьировала от 4,39 до 4,58 т/га, поэтому ими использовано – только 2,3% ФАР.

Коэффициент использования ФАР во многом свидетельствует об отзывчивости растений на применяемую технологию выращивания культур в конкретных почвенно-климатических условиях. Соответственно (оценивая по урожайности) сорта и культуры, имеющие более высокий коэффициент использования ФАР, лучше приспособлены к выбранной технологии их возделывания с куриным пометом в данных условиях. Однако, следует учитывать (кроме урожайности) и другие хозяйственно-полезные признаки сортов культур (особенно – срок вегетации, полегаемость, склонность к прорастанию зерна в колосе и другие), обладание которыми способствует производству зерна высокого качества. Несмотря на относительно высокую биологическую урожайность (следовательно, и положительную отзывчивость на улучшение питания растений в результате внесения помета) интенсивных сортов зерновых культур, отмечены

негативные последствия резкого повышения содержания минерального азота в почве: полегание, вторичное побегообразование (подгон) и удлинение вегетации, которые в той или иной мере наблюдались у всех изучаемых культур.

По последствию (2020 г.) в сравнении с действием (2019 г.) 120 т/га КП урожайность сортов яровой пшеницы и тритикале уменьшилась с 7,45-9,69 до 3,90-5,28 т/га или в 1,5-2 раза, запасы нитратного азота – в 1,81 раз, а суммы нитратного и аммонийного азота – в 2,2 раза. Это свидетельствует о решающей роли запасов $N-NO_3$ на урожайность возделываемых культур. Урожайность яровой пшеницы сорта Злата по последствию КП составила 4,37 т/га, а по действию 9,46 т/га, что соответственно в 3 и 5,4 раза выше, чем без внесения помета.

Для варианта без помета запасы нитратного и аммонийного азота хотя и колебались по срокам наблюдения, но они были существенно более низкими по сравнению с удобренным вариантом, что и сказалось на урожайности яровой пшеницы (1,75-1,45 т/га). Для срока отбора образцов в августе они представлены в таблице,

Доля перехода аммонийного азота почвы в жидкую фазу по последствию КП в слое 0-40 см также снижалась (с 2,3-22,5 до 0,8-2,7%). Запасы $N-NH_4$ в жидкой фазе почвы были сравнительно невысокими (по сравнению с запасами в ней $N-NO_3$) и не оказали заметного влияния на формирование урожая культур.

В 2019 году запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см составили 251 кг/га, что обеспечило среднюю урожайность 6-и самых продуктивных сортов яровой пшеницы и тритикале (Злата, Сударыня, Каменка, Ладья, Виталия и Норманн) на уровне 9,40 т/га. В 2020 году их средняя урожайность снизилась до 4,91 т/га, а запасы $N-NO_3$ – до 139 кг/га, то есть урожайность указанных сортов уменьшилась в 1,91 раза, а запасы $N-NO_3$ – в 1,81 раза. Это свидетельствует о решающей роли запасов преимущественно нитратного азота в слое почвы 0-40 см на формирование их урожайности. Высокая обеспеченность $N-NO_3$ этого слоя почвы в ранние сроки вегетации до ее середины способствовала поглощению основного количества нитратного азота от общего выноса именно из этого слоя почвы. Хорошо развитые растения остальное количество азота могли поглощать из более глубоких слоев почвы при условии, когда их кислотность не оказывала отрицательного влияния на функционирование корневой системы.

Для ярового ячменя за эти же годы подобное соотношение по урожайности составило 1,55, а по запасам нитратного азота в слое почвы 0-40 см – 1,81. Повидимому, из-за интенсивного подгона максимум поглощения азота этой культурой в 2019 году сдвинулся на более поздний срок. Так, соотношение суммы запасов нитратного азота (161,2 кг/га) и аммонийного азота в жидкой фазе (59,8 кг/га) в слое почвы 0-40 см в августе 2019 года к соответствующим запасам июня 2020 года составило 1,57 ($221: \{139+1,7\} = 1,57$).

Для пленчатого овса соотношение в урожайности по годам составило 1,12. Среди зерновых культур из-за высокой алюмоустойчивости овес характеризуется повышенной проникающей способностью корневой системы в

подпахотные горизонты. В 2020 году он использовал запасы нитратного и аммонийного азота жидкой фазы из метрового слоя почвы. Поэтому соотношение используемого азота почвы в 2019 и 2020 годах составило 1,14 ($\{276,3+26,8\}:\{264,0+2,6\}=1.14$). Более требовательные к условиям питания голозерные сорта овса требуют высокой обеспеченности азотом в верхней части почвенного профиля. Максимум поглощения азота у них в 2019 году сдвигался на более поздние сроки (как у ячменя). Соотношение в урожайности культур за эти годы составило 1,42, а в запасах суммы нитратного и аммонийного азота в жидкой фазе – 1,57 (221:140,7).

Расчеты на примере 6-и сортов зерновых культур (по максимальным показателям выноса минерального азота урожаем) показали, что ориентировочный размер накопления доступных форм азота при трансформации куриного помета и их использованию за 2 года следует определять из следующих составляющих: 1) увеличение запасов аммонийного и нитратного азота в год действия в слое почвы 0-40 см – 627 кг/га (351 + 276); 2) средний вынос азота урожаем по 6-и сортам яровых пшеницы и тритикале – 310 кг/га (9,40 x 33); 3) учет запасов аммонийного и нитратного азота в метровом слое почвы без внесения КП – 150 кг/га. В итоге общие размеры накопления минерального азота от применения 120 т/га КП за год его действия составили всего 787 кг/га (627 + 310 – 150).

В год действия от 1 т помета получено около 6,6 кг минерального азота, что соответствует 30-32% трансформации азота КП ($6,6:21 \times 100$). Во 2-й год действия (1-й год последействия) КП дополнительного роста минерального азота в почве не установлено, около 150 кг/га нитратного азота использовалось растениями и не менее 280 кг/га аммонийного азота поглотилось почвенным поглощающим комплексом (ППК) внутриагрегатно. В работах [2, 3] установлено, что на серых лесных почвах Верхневолжья урожайность яровой пшеницы и продуктивность 7-польного зернотравяного севооборота определялась преимущественно запасами нитратного азота в слое почвы 0-40 см в ранние сроки вегетации культур. Накопление их свыше 100-120 кг/га не способствовало росту этих параметров. В интенсивных технологиях повышающий урожайность культур уровень запасов $N-NO_3$ может возрасти. Поэтому доза куриного помета для обеспечения урожайности культур выше 5-6 т/га азотом может быть уменьшена в 2 раза, что требует дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Агроклиматические ресурсы серых лесных почв Владимирского ополья и их использование // В сб.: Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса. Коллективная монография под ред. В.В. Окоркова. Иваново, 2020. – С. 115-129.
2. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А., Викулина Е.В. Особенности применения удобрений при возделывании нового сорта яровой пшеницы Ладья на серых лесных почвах Верхневолжья // Владимирский земледелец. – 2021. – № 1(95). – С. 19-27.
3. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Использование агроклиматического потенциала серых лесных почв Верхневолжья при применении удобрений // Агрохимия. – 2021. – № 4. – С. 27-41.

**ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГУМУСА И МИКРОБИОТЫ
АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ
БИОУГЛЯ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ⁸**

Орлова Н.Е.¹, Шахназарова В.Ю.^{1,2}, Орлова Е.Е.¹, Поляк Ю.М.^{1,3},
Смирнова К.А.¹, Банкина Т.А.¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет,

²ФГБНУ ВНИИСХМ, ³НИЦЭБ РАН, Санкт-Петербург

E-mail: norlova48@mail.ru

Резюме. В агродерново-подзолистой почве в 90-дневном эксперименте с внесением биоугля как отдельно, так и совместно с растительными остатками, повышается активность и изменяется структура микробиоты, появляются устойчивые к микробиологической деградации фракции гумуса.

Ключевые слова: биоуголь, микробоценоз, гумусовые вещества, компостирование.

Summery. The microbiological activity increases, the structure of the microbiota changes and resistant to microbiological destruction humus fractions appear under the biochar both separately and together with plant residues in agro soddy-podzolic soil in a 90-day experiment.

Key words: biochar, microbocenosis, humic substances, composting.

Введение. Обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почвах сельскохозяйственных угодий является необходимым условием современного земледелия. Поэтому исследования влияния на гумусовое состояние почв одного из новых перспективных органических мелиорантов – биоугля (БУ), представляют несомненный интерес. В настоящее время показано, что БУ положительно влияет на физические и физико-химические свойства почв [1, 2], способствует повышению содержания элементов минерального питания, увеличивает продуктивность различных культур [3-5] и снижает эмиссию парниковых газов [6, 7]. В тоже время внесение БУ в почвы может приводить к очень значительному увеличению биологической активности и, как следствие, интенсивной минерализации почвенного органического вещества и развитию дегумификационных процессов [8, 9]. В связи с этим возникает необходимость определения возможных приемов устранения негативных результатов воздействия БУ на почвы. В качестве таких приемов предлагается совместное использование БУ и органических удобрений или пожнивных растительных остатков [10].

Цель данного исследования - изучение влияния БУ, внесенного в дерново-подзолистую супесчаную почву совместно с растительными остатками, на активность микробиоты и трансформацию органического вещества.

Материалы и методы исследования. Изучение проводили в инкубационном эксперименте в агродерново-подзолистой супесчаной почве Меньковского филиала Агрофизического НИИ (Гатчинский район, Ленинградская область). Образцы почвы были отобраны из пахотного горизонта (0-20 см). Агрохимические показатели почвы следующие: рН_{KCl} 5,3, содержание гумуса 2,6%, азота 0,130%, N-NO₃ 17,7 мг/кг, N-NH₄ 2,8 мг/кг, P₂O₅ 285 мг/кг, K₂O 75 мг/кг. БУ

⁸ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-016-00208а.

произведен быстрым пиролизом из древесины березы и осины при 550°C. Подробная характеристика БУ представлена ранее [11]. В качестве материала для изучения трансформации растительных остатков в почве использовали бобовый и злаковый компонент – клевер (*Trifolium pratense* L.) и тимopheевку (*Phleum pratense* L.). Эксперимент проводили в пластиковых сосудах при температуре 25°C и влажности 60% от полной влагоемкости, длительность инкубации 90 дней. Масса почвы в сосудах составляла 500 г в пересчете на сухое вещество. Исследовали 6 вариантов опыта: контроль (почва без добавок), почва + БУ, почва + клевер, почва + тимopheевка, почва + БУ+ клевер, почва + БУ + тимopheевка. Концентрация БУ и растительных остатков в почве составляла 1%. Повторность опыта 3-хкратная. Для определения качества гумуса были использованы две отдельные вытяжки, извлекающие основные группы и фракции гумусовых веществ – непосредственная 0,1 М NaOH-вытяжка и 0,1 М Na₄P₂O₇-вытяжка. Интенсивность микробиологических процессов оценивали по изменению активности ферментов – каталазы методом Джонсона и Темпле, дегидрогеназы по Ленарду и фосфатазы методом Галстяна. Численность высеваемых бактерий и грибов определяли посевом из почвенных разведений на среды Звягинцева и Чапека соответственно. Метагеномный анализ прокариот и грибов проводился, как было описано ранее [11, 12]. Данные работы проводились с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ. Статистическую обработку данных проводили с помощью IBM SPSS Statistics, Version 25. Достоверность различий между средними оценивали с помощью теста Стьюдента-Ньюмена-Келса (Student-Newman-Keuls test) и критерия множественных сравнений Дункана (Duncan's test) при $P < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Изучение влияния БУ и растительных остатков на активность почвенных окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов при раздельном и совместном внесении в почву БУ и растительных остатков показало, что практически во всех вариантах опыта она была выше, чем в контроле. На уровень активности всех исследуемых ферментов в большей степени повлияло внесение бобовых и злаковых растительных остатков. Так каталазная активность в этих вариантах опыта по сравнению с контролем увеличилась более чем на 40%, дегидрогеназная и фосфатазная активность почти на 60%. Внесение БУ оказало стимулирующее действие на фосфатазную активность (до 53% к контролю), незначительно увеличило дегидрогеназную активность и не повлияло на каталазную активность. Увеличение активности дегидрогеназы и фосфатазы – ферментов, отвечающих за минерализацию соединений углерода и фосфора, указывает на рост биологической активности при добавлении в почву и растительных остатков, и БУ. При совместном внесении в почву исследуемых компонентов дополнительного увеличения ферментативной активности не выявлено.

Результаты изучения численности и таксономического состава почвенных микромицетов и прокариотов при раздельном и совместном внесении в почву БУ и растительных остатков согласуются с данными исследования активности

почвенных ферментов. Показано, что все исследуемые добавки вызывали увеличение общей численности высеваемых прокариот и микромицетов. Действие одного БУ уступало действию растительных остатков. Совместное действие БУ и исследуемых растительных остатков носило разную направленность: в варианте с тимopheевкой при добавлении БУ наблюдалось увеличение количества бактерий, и особенно грибов (почти в два раза), а в варианте с клевером, напротив, добавление БУ привело к снижению этих показателей.

При внесении в почву как одного БУ, так и совместно с растительными остатками наблюдалось возрастание обилия бактерий семейств *Nocardioideae* и *Micrococccaceae*, а также грибов семейства *Aspergillaceae*, представители которых способны разлагать сложные циклические органические соединения, в том числе и входящие в состав гумуса. Это может вызывать активную минерализацию почвенного органического вещества. Кроме того, внесение в почву БУ привело к перестройке сообщества гидролитиков, как бактерий, так и грибов. Так, изменилось обилие бактерий порядка *Bacilli*, порядков *Chitinophagales* и *Cytophagales*, ряда семейств актинобактерий, в том числе *Nocardioideae*, грибов семейств *Aspergillaceae*, *Pleosporaceae*, *Lasiosphaeriaceae* и *Chaetomiaceae*. Результаты эксперимента свидетельствуют также о сокращении под действием внесения БУ обилия нитрификаторов за счет снижения на порядок обилия фило *Thaumarchaeota*, представленной в почве в основном нитрификаторами семейства *Nitrososphaeraceae*. Возможно, это связано со снижением доступности аммония в почве при добавлении БУ [11].

Изменения активности и состава почвенной микробиоты при внесении в почву растительных остатков и БУ сопровождались и трансформацией гумусового состояния почвы (табл.). Показано, что внесение в почву как БУ, так и растительных остатков в концентрации 1% за период эксперимента вызвали в ней интенсивное снижение содержания общего углерода. По сравнению с контролем оно снизилось в исследуемых вариантах на 8-14%. Совместное внесение растительных остатков с БУ показало тенденцию к замедлению процессов минерализации ОВ, особенно в варианте с БУ и клевером (табл.). Возможно, это связано с закреплением (стабилизацией) БУ образующихся в процессе трансформации органического вещества гуминовых кислот.

Процессы гумификации в почвах, содержащих растительные остатки, практически не различались между собой.

При сравнении с контролем в этих вариантах опыта можно отметить снижение общего содержания гумусовых веществ и их лабильных форм. Внесение в почву БУ также привело к значительному снижению наиболее лабильных гуминовых кислот (свободных и связанных с подвижными формами полуторных оксидов). Однако в отличие от остальных вариантов опыта трансформация органического вещества в почвах, содержащих БУ, отличалась специфическими особенностями. Внесение в почву как одного БУ, так и совместно с растительными остатками, приводило к появлению в составе гумуса гуминовых кислот,

Таблица – Содержание общего углерода и основных групп гумуса в агродерново-подзолистой почве после 90 суточной инкубации, С % от почвы

Вариант	С, %	Сумма ГК	Сумма ФК	Нераствори- мый остаток	Сгк/Сфк
Контроль	1,44b*	0,32с	0,38b	0,74b	0,85с
БУ	1,29a	0,27b	0,34a	0,68a	0,79b
Клевер	1,24a	0,20a	0,32a	0,72ab	0,62a
Клевер+БУ	1,34ab	0,32с	0,38b	0,64a	0,84bc
Тимофеевка	1,25a	0,23a	0,29a	0,73ab	0,79b
Тимофеевка+БУ	1,31a	0,26ab	0,36ab	0,69a	0,72b

* – величины с разными буквами (a, b, c) существенно различаются при $p < 0,05$

связанных с кальцием. Гуминовые кислоты в этой форме связи с минеральными компонентами являются значительно более устойчивыми к микробиологическому воздействию. При этом особый интерес представляет проявление данного процесса в варианте совместного наличия в почве БУ и растительных остатков клевера (доля их в группе гуминовых кислот составляет около 20%). Появление в составе гумуса устойчивых форм гуминовых кислот способствует замедлению процессов его минерализации.

Закключение. На основании проведенного эксперимента установлено, что внесение в агродерново-подзолистую супесчаную почву БУ как отдельно, так и совместно с остатками клевера и тимофеевки, сопровождалось повышением активности микробиоты, изменением ее таксономического состава и структуры, и как следствие, интенсификацией минерализации ее органического вещества. В тоже время при внесении БУ в почву, в том числе и с растительными остатками, наблюдалось появление в составе гумуса более устойчивых к микробиологической деструкции фракций гуминовых кислот, что способствует стабилизации системы гумусовых веществ почвы в целом.

Библиографический список

1. Sun F., Lu S. Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties of clayey soil // J. Plant Nutr. Soil Sci., 2014, v. 177, pp. 26-33.
2. Bohara, H.; Dodla, S.; Wang, J.J.; Darapuneni, M.; Acharya, B.S.; Magdi, S.; Pavuluri, K. Influence of poultry litter and biochar on soil water dynamics and nutrient leaching from a very fine sandy loam soil. *Soil Tillage Research*, 2019, vol. 189, pp. 44-51.
3. Yao Y., Gao B., Zhang M., Inyang M., Zimmerman A. R. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil // *Chemosphere*, 2012, v. 89(11), pp. 1467-1471.
4. Kraska, P.; Oleszczuk, P.; Andruszczak, S.; Kwiecińska-Poppe, E.; Różyło, K.; Pałys, E.; Gierasimiuk, P.; Michałojć, Z. Effect of various biochar rates on winter rye yield and the concentration of available nutrients in the soil. *Plant Soil Environ.*, 2016, vol. 62, no. 11, pp. 483-489.
5. Kerre B., Willaert B., Cornelis Y., Smolders E., Long-term presence of charcoal increases maize yield in Belgium due to increased soil water availability // *Eur. J. Agron.*, 2017, v. 91, pp. 10-15.
6. Sohi, S.; Lopez-Capel, E.; Krull, E.; Bol, R. Chapter 2 - A review of biochar and its use and functions in soil. *Advances in Agronomy*, 2010, vol. 102, pp. 47-82.
7. Рижия Е. Я., Бойцова Л. В., Бучкина Н. П., Панова Г. Г. Влияние пожнивных остатков

с различным отношением C/N на эмиссию закиси азота из дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение. 2011. № 10. С. 1251-1259.

8. Jones D.L., Murphy D.V., Khalid M., Ahmad W., Edwards-Jones G., DeLuca T.H. Short-term biochar-induced increase in soil CO₂ release is both biotically and abiotically mediated// Soil Biology and Biochem. 2011, pp. 1723-1731.

9. Orlova N., Abakumov E., Orlova E., Yakkonen K., Shahnazarova V. Soil organic matter alteration under biochar amendment: study in the incubation experiment on the Podzol soils of the Leningrad region// Journal of Soils and Sediments. 2019, vol. 19, pp. 2708-2716.

10. Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Мухина И.М. Применение биоугля в сельском хозяйстве Российской Федерации. Методические рекомендации. СПб: АФИ. 2014, 28 с.

11. Шахназарова В.Ю., Орлова Н.Е., Орлова Е.Е., Банкина Т.А., Якконен К.Л., Рижия Е.Я., Кличко А.А. Изменения таксономического состава и структуры прокариотного сообщества агродерново-подзолистой почвы при внесении биоугля // Сельскохозяйственная биология, 2020, том 55, 163-173 с.

12. Шахназарова В.Ю., Кичко А.А., Аксенова Т.С., Орлова Н.Е., Орлова Е.Е. Изучение воздействия биоугля на комплекс почвенных грибов агродерново-подзолистой почвы методами метагеномики и посева на питательную среду /Биоуголь: свойства, применение в сельском хозяйстве, влияние на почвы, растения и окружающую среду. ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, 2020. С. 91-95.

13. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М: Издательство МГУ. 1988. 220с.

УДК: 631: 551.4

ЭЛЕМЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Паутова В.С.

ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»,
Воронежская область Таловский район п.2-го участка
института им.Докучаева

E-mail: pautovavs@yandex.ru

Резюме. Рассмотрены различные информационные технологии, применяемые в адаптивно-ландшафтном земледелии, которые позволяют максимально автоматизировать сельскохозяйственные отрасли, в результате чего улучшается качество и количество продукции, и производство становится экономически выгодным.

Ключевые слова: информационные технологии, точное земледелие, электронные карты, навигационные системы, мониторинг техники, системы картирования.

Summary. Various information technologies used in adaptive landscape agriculture are considered, which make it possible to automate agricultural industries as much as possible, as a result of which the quality and quantity of products are improved, and production becomes economically profitable.

Key words: information technology, precision agriculture, electronic maps, navigation systems, equipment monitoring, mapping systems.

Важным направлением совершенствования производства в сельском хозяйстве является оптимизация текущих затрат, то есть снижение себестоимости продукции. Первоочередное значение в этом направлении приобретают высокоэффективные ресурсосберегающие технологии, которые снижают экологическую нагрузку на окружающую среду в масштабах всей страны, но и достаточно выгодны с финансовой точки зрения для самих сельхозпредприятий. Чем

меньше топлива, электричества, удобрений, семян, человеко-часов и других ресурсов расходуется на производство единицы продукции, тем выше прибыль от ее реализации и ниже себестоимость.

На текущий момент добиться эффективного ресурсосбережения (помимо замены техники на более новую и экономичную) можно с помощью информационных технологий, комплекса организационных методов и технических новаций, благодаря которым можно точно отслеживать и регулировать использование всех ресурсов на предприятии.

Такие технологии в сельском хозяйстве России всё еще являются относительно новыми и далеко не каждое хозяйство их использует. Суть применения информационных методик на практике сводится к тому, что все технологические операции (внесение семян, гербицидов, удобрений) рассчитываются электроникой и осуществляются с максимальной точностью. Поэтому новые информационные технологии в растениеводстве еще называют точным земледелием [1].

Точное земледелие – комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (GIS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), технологию переменного нормирования (Variable Rate Technology), технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и решения технологии «интернет вещей» (IoT).

С помощью определенного программного обеспечения можно легко обрабатывать большие потоки информации, результаты картирования [2]. Не только привычный компьютер, но и планшет, смартфон, оснащенные специальными приложениями, открывают новые возможности для сельских фермеров, которые ранее имели ограниченный доступ к последней сельскохозяйственной информации (например, идентификация сорняков, болезней, насекомых или вредителей, определение площади отдельных участков, информация о погодных условиях). ГИС-технологии позволяют повышать производительность и облегчать решение многих задач на протяжении всего сельскохозяйственного цикла [3].

В зарубежных странах «точное сельское хозяйство» стало активно развиваться с 80-х гг. XX века в США, Германии, Великобритании, Голландии, Дании, Японии и Китае, а позднее, с 90-х гг., в странах Восточной Европы и России [4].

В России научные работы по точному земледелию в настоящее время ведутся в ряде ведущих институтов, таких как АФИ, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований РАН, ВНИИА, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ВНИИЗиЗПЭ, структурное подразделение ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Новосибирский, Оренбургский, Кубанский ГАУ и других, накопивших большой научный и практический опыт.

Ежегодно разные отрасли науки и техники создают новые технологии, позволяющие аграриям повышать урожайность сельхозкультур, снижать издержки

и минимизировать ущерб для экологии. Сегодня наибольшим спросом пользуются перечисленные ниже инновационные технологии в растениеводстве.

Электронные карты полей и садов, программное обеспечение для удобной работы с ними. Располагая электронной картой, легче рассчитать точное количество необходимых семян, удобрений, топлива для техники, лучше спланировать порядок обработки поля и т.д.

Высокоточное агрохимическое обследование полей. Создав точную почвенную карту, содержащую множество параметров и характеристик грунта, предприятие получает возможность максимально рационально использовать данный участок – вносить другие удобрения (или в другом количестве), сеять более подходящие культуры и т.д.

Навигационные системы. Автоматизация процессов управления техникой (параллельное вождение и автопилотирование) на базе системы навигации GPS при проведении технологических операций, обеспечивает точность посева, выравнивание рядков зерновых, картофельных гребней, помогает комбайнеру ориентироваться на поле в темное время суток, в условиях тумана.

Мониторинг техники (автоматизированный сбор данных, на основе GPS навигации; визуализация перемещений техники; оперативный учет сельскохозяйственных работ). Мониторинговые системы отслеживают множество различных параметров: от объемов топлива, затраченного на обработку одного гектара, до глубины погружения в грунт плугов и выдерживания оптимальной скорости движения комбайна при проведении уборочных работ по проходу.

Автоматизированные почвенные пробоотборники являются одними из важнейших мобильных модулей для внедрения точного земледелия, которые выполняет важнейшие функции контроля за состоянием полей, отбора почвенных проб и позволяет делать более точное картирование полей, что экономит значительные средства при обработке почвы и внесении удобрений, кардинально снижает трудозатраты этих производственных операций.

Системы картирования урожайности и дифференцированного внесения удобрений, с помощью которых удастся распределять удобрения между полями наиболее рационально.

Общий результат складывается из решения следующих основных задач – наличия своевременной объективной информации, способности принять правильные управленческие решения и возможности реализовать эти решения на практике, что возможно благодаря использованию специализированных технических средств и программного обеспечения.

В заключение необходимо отметить, что внедрение точного земледелия требует значительных инвестиций. Однако, как показывает опыт применения технологии точного земледелия, инвестиции эти окупаются и позволяют экономить значительные средства.

Библиографический список

1. Нецадим Н.Н. Технология аграрного производства: методические рекомендации / Н.Н. Нецадим, Г. Ф. Петрик – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 82 с.
2. Латышев Н.Н. Как соединить инновации с производством и получать доход //

Аграрный сектор. 2017. №1. С. 78-86.

3. Личман Г.И., Смирнов И.Г., Беленков А.И. Использование мобильного телефона в системах точного земледелия // Нивы России. 2017. №2 (146). С. 58-61.

4. Рунов Б.А. Точное сельское хозяйство // Техника и оборудование для села. 2005. №10. С. 18-19.

УДК 630. 114.52

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ В АГРОЛАНДШАФТЕ

Пироженко В.В., Мирошниченко О.Н.

ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Курская»,
ул. Энгельса 140-а, г. Курск, 305023.

E-mail: agrohim_46_1@mail.ru:

Резюме. Представлен комплекс средневзвешенных агрохимических показателей почвенного плодородия пахотных почв Курской области за 10-й цикл 2014-2018 гг. характеризующий их изменения. Анализ состояния представленных показателей почвенного плодородия свидетельствует об их зависимости от уровня применения средств химизации.

Ключевые слова: агрохимический мониторинг, плодородие почв, пахотные почвы, средневзвешенный показатель, органическое вещество, подвижный фосфор, обменный калий, обменная кислотность почвенного раствора, баланс основных элементов минерального питания.

Проблема сохранения и воспроизводства плодородия почв, как основы сельскохозяйственного производства, на современном этапе особенно актуальна. Результаты непрерывных мониторинговых исследований, позволяющие выявить изменения плодородия почв и его качественного состояния, способствуют формированию информационного банка данных для эффективного управления и стабильного развития АПК области. Оптимальной формой мониторинга плодородия почв является периодически повторяемое по циклам комплексное агрохимическое обследование всей площади земель сельскохозяйственного назначения [1].

Цель исследований заключалась в изучении распределения средневзвешенных агрохимических показателей почвенного плодородия пахотных почв Курской области за 10-й цикл 2014-2018 гг.

Актуальность темы вызвана тем, что состояние представленных показателей почвенного плодородия свидетельствует об их зависимости как от уровня применения средств химизации ежегодно, так и под влиянием неодинаковых экологических, климатических, микробиологических и других условий. Средневзвешенные показатели по содержанию гумуса в почве, за этот период не изменялись и по группировке почв относятся к III классу (Г-4,7%), содержание подвижного фосфора и обменного калия в почвах области повысилось до IV класса или повышенной группировке, площадь кислых почв увеличилась на 124 тыс. га или на 9,5% (с 1181 тыс. га в 2014 г до 1304,9 тыс. га в 2018 г. из них: слабокислые почвы – 721,2 тыс. га, среднекислые и сильнокислые составляют – 583,7 тыс. га.)

Сплошное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий проводили по основным показателям почвенного плодородия и осуществляли согласно «Методическим указаниям ЦИНАО». В почвенных образцах определяли: гумус, % – по Тюрину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213-91; обменную кислотность $pH_{(КС)}$ потенциометрическим методом в 0,1N растворе KCl ГОСТ 26483-85, подвижные формы фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) – в одной вытяжке по Чирикову, ГОСТ 26204-91 (в мг/кг почвы).

Основным исследуемым параметром плодородия является: содержание в пахотном слое почв органического вещества (гумуса), который традиционно считают интегральным признаком плодородия. В органической части почвы аккумулировано большое количество азота, серы, фосфора и других макро- и микроэлементов. Гумусовые вещества играют большую роль в образовании агрономически ценной структуры почвы. Восстановить содержание органического вещества в этих пахотных почвах до уровня целинных земель практически невозможно из-за большой разницы в количестве поступающих источников органического вещества на целине и на пашне [2, 3]. Несмотря на преобладание в почвенном покрове Курской области подтипов черноземов, по данным за 2014-2018 гг., средневзвешенное содержание гумуса в почве варьировало незначительно от 4,6 до 4,8%, в том числе: со средним содержанием гумуса площади пашни занимают 1062 тыс. га или 56%, с повышенным – 13,8% или 254 тыс. га, далее с низким – 28,2% или 519 тыс. га и с очень низким – 2% или 36,8 тыс. га (рис.1).



Рисунок 1 – Распределение площадей почв пашни по средневзвешенному содержанию гумуса в почвах области, %

Наиболее низкое средневзвешенное содержание органического вещества в почве – 2.8% определено в почвах Дмитриевского, Коньшевского и Хомутовского районов, где преобладают серые лесные почвы.

Подвижный фосфор – один из важнейших биогенных элементов. Все процессы обмена веществ в растениях связаны с образованием фосфорной кислоты. Оптимальная обеспеченность почвы подвижным фосфором улучшает углеводный обмен, приводит к накоплению сахаров, что способствует повышению морозоустойчивости и зимостойкости, экономному расходованию продуктивной влаги и повышает засухоустойчивость растений. Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора – один из основных показателей окультуренности почв [4]. Еще основатель российской школы агрохимиков Д.Н. Прянишников в первой половине прошлого века писал, что в черноземах имеется

«большой запас азота, пока хватит и калия: нужно добавить только один элемент – фосфор, чтобы обновить чернозем, истощенный многовековой культурой без удобрений» [5]. По многолетним данным географической сети опытов внесение фосфорных удобрений на черноземах типичных и выщелоченных приводит к накоплению метастабильных фосфатов кальция и железа. Эти формы фосфатов обладают большей растворимостью, чем природные фосфаты. Повышенная растворимость сохраняется долгое время, чем объясняется более высокое содержание в почвах усвояемой фосфорной кислоты и длительное последствие ранее внесенных удобрений. Принято, что при интенсивной технологии выращивания большинства полевых культур оптимальное содержания подвижного фосфора в почве (по методу Чирикова) должно составлять 90-150 мг/кг почвы.

В 10-ом цикле агрохимического обследования площади почв пашни по содержанию подвижного фосфора практически не изменялось и составило, в среднем, 131,6 мг/кг почвы. Распределение площадей пашни по содержанию подвижного фосфора в почве выглядит следующим образом: больше всего процентная доля от обследованной площади приходится на повышенное его содержание – 37,92% или 698 тыс. га, на втором месте – среднее содержание фосфора – 28% или 517 тыс. га, третье место занимает высокое содержание фосфора – 21,74% или 401 тыс.га, на четвертом – очень высокая группа обеспеченности – 10,22% или 188 тыс. га и только 23 тыс. га – на низкую группу (рис.2).

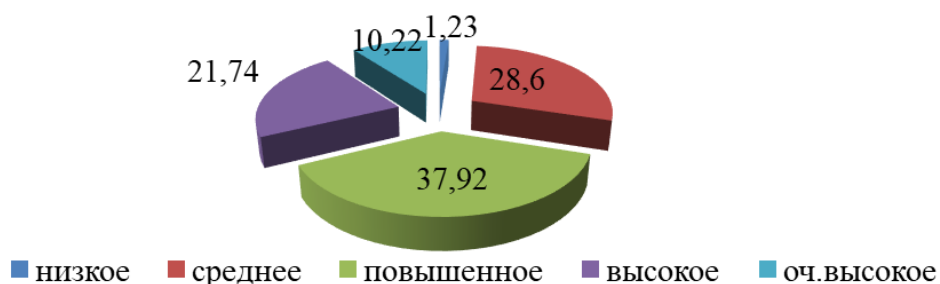


Рисунок 2 – Распределение площадей пашни по средневзвешенному содержанию подвижного фосфора в почве, %

Обменный калий наряду с подвижным фосфором является одним из основных зольных элементов. Оптимальное его содержание в почве (150 мг/кг почвы) улучшает калийное питание полевых культур, повышает содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свеклы, накопление жира в семенах масличных культур, крахмала в картофеле, утолщает стенки клеток соломины злаковых, повышает устойчивость хлебов к полеганию, холодоустойчивость и морозостойкость растений. По обобщенным данным научных учреждений оптимальное содержание обменного калия в зависимости от типа почв составляет: для чернозема оподзоленного – 100-140 мг/кг почвы, выщелоченного – 120-150 и для типичного – 140-160 мг/кг почвы [6].

Анализ аналитических данных по результатам содержания обменного калия за пятилетний цикл агрохимического обследования пашни составило 109 мг/кг почвы и по годам изменялось от 105 мг/кг в 2014 году, затем произошел рост этого показателя до 112 мг/кг почвы в 2018 году, что было в пределах 4-го

класса по группировке почв. Средневзвешенное распределение площадей почв пашни по содержанию обменного калия от обследованной пашни представлено на диаграмме (рис. 3).

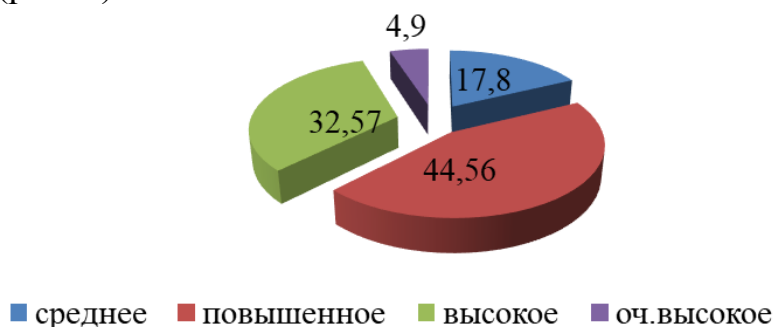


Рисунок 3 – Распределение площадей пашни по средневзвешенному содержанию обменного калия в почве, %

Больше всего преобладали почвы пашни с повышенным содержанием, что относится к IV классу – 44,56% или 821 тыс. га, на втором месте – с высоким содержанием – 32,57% или 600 тыс. га, на третьем – пашня со средним содержанием – 17,80% или 328 тыс. га и на четвертом – занимает очень высокая группа обеспеченности – 4,90% или 90 тыс. га.

Обменная кислотность почв. Важным фактором почвенного плодородия, оказывающим значительное влияние на продуктивность полевых культур, является обменная кислотность. Главная причина повышения кислотности – процесс декальцирования. Подкислению почвенного раствора также способствует внесение физиологически кислых минеральных удобрений, и за последние годы уровень их применения повысился [7].

Доля кислых почв за годы наблюдений увеличилась, кислые почвы по состоянию 1.01.2019 года занимают 72,9% или 1342 тыс. га от обследованной пашни. В отдельности по годам, в 2014 году она была ниже на 12% или на 161,6 тыс. га, в 2018 году площадь увеличилась до 1304,9 тыс. га.

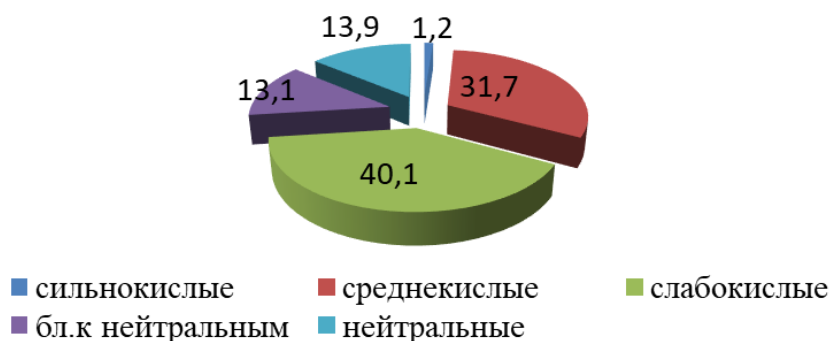


Рисунок 4 – Распределение площадей пашни по средневзвешенному содержанию почв области по степени обменной кислотности, %

Распределение площадей почв пашни показало, что больше всего их приходится на слабокислые и составляет от обследованной площади – 40,1% или 739 тыс. га, затем средне и сильнокислые – 32,9% или 606 тыс. га и на долю близких к нейтральным и нейтральным – приходится 27,0% или 497 тыс. га (рис.4).

Результатом снижения доли кислых почв от общей пашни должно быть проведение государственной и областной программы по их известкованию. Площади пахотных почв с нейтральной реакцией среды расположены во втором агропочвенном районе, главным образом в Солнцевском и Мантуровском районах, где почвенный покров представлен в основном черноземами типичными остаточно-карбонатными, сформировавшимися на элювии мела.

Баланс основных элементов минерального питания – это прогнозный эколого-агрономический показатель продуктивности полевых культур, уровня наращивания почвенного плодородия почв и степени количества и качества применяемых видов удобрений, и одновременно показатель нагрузки средств химизации не только на почву, растения и на окружающую среду.



Рисунок 5 – Баланс основных элементов питания и возмещение их выноса в земледелии области

Он позволяет судить об изменении плодородия почв, научно обосновывать объемы потребности в удобрениях и разрабатывать меры по снижению потерь основных элементов питания из почвы.

Как показали расчеты за период 2014-2018 гг. складывался отрицательный баланс основных питательных веществ в земледелии области (рис. 5). Благодаря наращиванию внесения в почву минеральных и органических удобрений, растительных остатков и соломы расчеты показали, что увеличивалось суммарное количество питательных веществ на 1 га пашни по годам: в 2014 г – 110 кг NPK/га, в 2015 г – 137,8, а в 2018 г – 182,6 кг NPK/га д. в. Максимальный вынос основных элементов питания отмечен в 2017 году и составил 517,8 тыс. тонн в д. в. Такой показатель связан с высокой урожайностью полевых культур по сравнению с другими годами.

Компенсация расходования элементов минерального питания также постепенно улучшалась: в 2014 г. – на 53%, в 2015 г. – на 68% и 2018 г – на 71%. Это

связано с тем, что в условиях дороговизны минеральных удобрений большее внимание земледельцы стали уделять биогенным ресурсам в севообороте – запашке соломы и сидератов.

Библиографический список

1. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2003. – 195 с.
2. Плодородие черноземов России / Под ред. Милащенко Н.З., М.: Агроконсалт, 1998. – 688 с.
3. Чекмарев П.А., Лукин С.В., Сискевич Ю.И. Мониторинг содержания органического вещества в пахотных почвах ЦЧР // Достижения науки и техники. АПК. – 2011. – № 9. – С. 23-26.
4. Чекмарев П.А., Лукин С.В., Сискевич Ю.И. Фосфор в земледелии Центрально-Черноземного района // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 5. – С. 21-23.
5. Прянишников Д.Н. Агрохимия. М. – Т. 2. – 1952. 735с.
6. Прокошев В.В., Носов В.В. Уровень калийного питания – одно из условий устойчивого земледелия в Центральном Черноземье // Теория и практика использования агрохимических средств в современном земледелии Центрально-Черноземных областей. Белгород: Крестьянское дело 2002. – С.120-125.
7. Чекмарев П.А., Лукин С.В., Сискевич Ю.И. Мониторинг кислотности пахотных почв Центрально-Черноземного района // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 7. – С. 6-8.

УДК 633.97.0048:631.854.2

АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОЗДОРОВЛЕНИЕ ПОЧВЫ НА ФОНЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТАБАЧНОЙ ПЫЛИ И ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

Плотникова Т.В.¹, Сидорова Н.В.¹, Егорова Е.В.²

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, г. Краснодар,

E-mail: agrotobacco@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет»,
г. Краснодар

Резюме. Совместное применение табачной пыли (5 и 8 т/га) и птичьего помёта (3 т/га) в качестве удобрения способствует повышению содержания питательных элементов, органического вещества, активизации нитрифицирующей способности, целлюлозоразрушающих микроорганизмов, «дыхания» почвы, снижению колоний патогенных микромицетов и увеличению урожайности кукурузы на зерно (сорт Урванская белая) на 16-22 %.

Ключевые слова: табачная пыль, птичий помёт, удобрение, биологическая активность, микромицеты, оздоровление почвы.

Summary. The combined use of tobacco dust (5 and 8 t / ha) and poultry manure (3 t / ha) as fertilizer contributes to an increase in the content of nutrients, organic matter, activation of the nitrifying capacity, cellulose-destroying microorganisms, soil "respiration", reduction of pathogenic micromycete colonies and increasing the yield of corn for grain (Urvanskaya Belaya variety) by 16-22%.

Key words: tobacco dust, bird droppings, fertilizer, biological activity, micromycetes, soil improvement.

Снижение загрязнения окружающей среды от отходов производства с помощью разработки безотходных технологий актуально для табачной промышленности. При этом основным отход, образующийся при производстве сигарет – табачная пыль может использоваться как вторичное сырьё, в данном случае в качестве средства для повышения плодородия и оздоровления почвы. Установлено, что данный органический отход структурирует почву и снабжает её необходимыми питательными элементами, так как в своём составе содержит важные для питания растений вещества: азот (1,84-2,3%), фосфор (0,24-0,37%) и калий (2,14-3,72%), создаёт благоприятные условия для микробной составляющей почвы [1]. За рубежом пыль рекомендуют применять в органическом земледелии [2]. Стоит отметить, что во ВНИИТТИ доказаны вышеуказанные утверждения по применению табачной пыли в качестве удобрения, определены оптимальные дозы – 2-5 т/га, сроки и условия её внесения [3]. Однако есть предположение, что табачная пыль в течение одного вегетационного сезона разлагается незначительно, что может привести к интоксикации почвы, гибели полезной биоты и в дальнейшем к деградации агроценоза, так как пыль отнесена к 3 классу опасности. Для исключения данного фактора совместно с табачной пылью рекомендуется применять компоненты, способствующие ускоренному разложению отхода. Поэтому цель исследований является разработка способов ускоренного разложения табачной пыли, снижающих токсичность отходов табачного производства, при использовании в качестве органического удобрения. В данном случае применяется табачная пыль совместно с отходами птицеводческой промышленности – птичьим помётом.

Исследования проведены на опытно-экспериментальной базе института (2019 г.). Опыт заложен на чернозёме выщелоченном (контроль) с низким содержанием подвижных форм основных питательных элементов NH_4 – 1,2-1,6 мг, NO_3 – 7,2-7,7 мг, P_2O_5 – 8,1-8,3 мг и K_2O – 16,8-17,1 мг на 100 г почвы. Табачную пыль (ТП) вносили весной в дозах 5 и 8 т/га, как в чистом виде, так и совместно с птичьим помётом (ПП) в дозе 3 т/га, для этого из расчета на 1 м² вносили рабочий раствор: в 1,5 л воды добавляли 300 г птичьего помёта, перемешивали и равномерно с помощью лейки наносили на обрабатываемую площадь (в данном случае на участок с внесённой табачной пылью) и заделывали в почву с помощью мотыги на глубину 5-10 см.

Площадь учётной делянки 5 м². Повторность трехкратная. Образцы почвы отбирали через 20 и 40 суток после внесения. В почвенных образцах определяли нитрифицирующую способность [4], целлюлозоразрушающую активность, интенсивность дыхания, содержание нитратного азота, аммиачного азота, полевой влажности, pH водной и солевой вытяжки, гумуса (органического вещества), фосфор и калий. Микологический состав почвы устанавливали стандартным методом [5]. Оценивали эффективность использования отходов табачного и птицеводческого производства в качестве удобрения на урожайность кукурузы (сорт Урванская белая).

В результате проведенных опытов установлено, что при внесении в почву в качестве удобрительного средства табачной пыли (ТП) в дозах 5 и 8 т/га после

выпадения 53 мм осадков (через 20 суток) и 125 мм осадков (через 40 суток после внесения), а это количество дней с осадками 16 из 20 и 9 из 20 учетных соответственно, что позволило поддерживать оптимальную для разложения ТП влажность почвы, отмечено увеличение содержания в почве аммиачной формы азота на 25-67 %, нитратной на 4-104 %, доступного фосфора на 1-36 %, обменного калия на 11-58 % (таблица 1). Также определено улучшение показателей биологической активности почвы.

При этом выявлено повышение активности нитрифицирующих бактерий на фоне табачной пыли в 3-8 раз, микробиологической способности на 24-119 %. Отмечено, что количество продуцированной CO_2 из почвы повышается на всех вариантах опыта, где вносили табачную пыль. Если в исходной почве это количество составляло 20,1-20,8 мг CO_2 / 100 г почвы, то в опыте с применением ТП в дозах 5 и 8 т/га выделение углекислоты и других газов из почвы, повышается за период наблюдений на 30-96 %. Причем агрохимические показатели почвы заметно улучшаются при увеличении дозы отхода табачного производства.

Более качественные изменения в почве наблюдались при совместном использовании ТП в дозах 5 и 8 т/га и птичьего помёта. На данных участках явно прослеживается повышение количества основных питательных элементов: аммиачный азот увеличивается за период наблюдений на 42-63 %, нитратный на 74-174%, доступный фосфор на 14-37 %, обменный калий на 10-63 %. Отмечено повышение нитрифицирующей способности почвы в 4-9 раз, интенсивности процесса разложения клетчатки на 23-85 %, «дыхания» почвы на 67-152 %.

В опыте при внесении отходов отмечается увеличение содержания гумуса (органического вещества). В исходной почве содержание гумуса выявлено в количестве 4,04%, при внесении ТП через 20 суток наблюдалось повышение его значений до 4,33-5,10%, через 40 суток до 4,45-5,21%, совместно с ПП – 5,65-6,14% и 5,68-6,25% соответственно дозам ТП.

При микологическом анализе почвы в опыте наибольшее количество и разнообразие видового состава микромицетов обнаружено в контрольном варианте опыта. В микробном блоке данного образца присутствуют представители сапротрофной группы – микромицеты родов *Chetomium* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp. и *Stachybotrys* spp., условно-супрессивной группы – *Penicillium* spp., условно-патогенной группы – *Alternaria* spp. в количестве от 1,0 до 4,0 тыс. КОЕ (колониеобразующих единиц) на 1 г абсолютно сухой почвы (таблица 2). При совместном применении ТП и ПП наблюдается снижение, как видового разнообразия грибов, в том числе патогенных, так и количества колоний, число которых составило от 1,0 до 2,5 тыс. КОЕ/г. ТП в чистом виде в дозе 8 т/га угнетает микробиологическую составляющую почвы в период учета, здесь рост грибов не отмечен.

Таблица 1 – Изменение содержания подвижных форм питательных элементов и биологической активности на различных фонах почвы через 20 суток (1) и через 40 суток (2) после внесения табачной пыли и птичьего помёта

Вариант	Содержание, мг/100г почвы										Нитрифицирующая способность, мг NO ₃ /100 г почвы	Активность целлюлозо-разрушающих бактерий, %			Интенсивность дыхания, мг CO ₂ / кг почвы в сутки
	NH ₄		NO ₃		P ₂ O ₅		K ₂ O		1	2		1	2		
	1	2	1	2	1	2	1	2							
Контроль	1,6	1,2	7,2	7,7	8,1	8,3	16,8	17,1	5,0	1,3	13,2	22,0	20,1	20,8	
ТП 5 т/га	2,1	1,5	7,5	12,0	9,5	8,4	18,6	24,9	14,3	8,9	16,4	34,2	32,4	27,1	
ТП 8 т/га	2,3	2,0	8,9	15,7	11,0	9,4	20,4	27,1	16,8	11,2	22,0	48,2	39,3	28,1	
ТП 5 т/га +III	2,5	1,7	12,5	13,7	9,7	9,5	18,4	23,7	19,1	9,8	16,2	28,5	50,1	34,7	
ТП 8 т/га +III	2,6	1,8	13,4	21,1	11,1	9,9	21,1	27,8	20,7	12,7	20,1	40,8	50,7	34,8	
НСР ₀₅	0,12	0,23	0,28	1,56	1,08	0,34	1,22	1,68	2,01	2,14	1,78	2,45	2,89	2,74	

Установлено, что на контрольном варианте урожайность кукурузы (сорт Урванская белая), высеянной на опытных участках, составила в среднем 3,68 т/га, на вариантах, где применяли ТП в чистом виде, прибавка к урожаю возросла на 15-16 %, в смеси с птичьим пометом – на 16-22 %.

Таким образом, опытами определено, что для повышения плодородия и оздоровления почвы рекомендуется использовать табачную пыль в качестве органического удобрения в дозах 5-8 т/га совместно с отходом птицеводства – птичьим пометом (3 т/га) за месяц до начала проведения весенних полевых работ при количестве выпавших осадков не менее 50 мм.

Таблица 2 – Видовой состав почвенных микромицетов

Вариант	Вид микромицета	Количество КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы, тыс.
Контроль	<i>Stachybotrys</i> spp.	4,0
	<i>Mucor</i> spp.	3,0
	<i>Alternaria</i> spp.	2,5
	<i>Chetomium</i> spp.	2,5
	<i>Rhizopus</i> spp.	2,2
	<i>Penicillium</i> spp.	1,0
	<i>Aspergillus</i> spp.	1,0
ТП, 5 т/га	<i>Trichoderma</i> spp.	3,5
	<i>Aspergillus</i> spp.	2,0
	<i>Rhizopus</i> spp.	2,0
	<i>Penicillium</i> spp.	1,2
ТП, 8 т/га	колонии отсутствуют	0
ТП, 5 т/га + ПП, 3 т/га	<i>Chetomium</i> spp.	2,5
	<i>Rhizopus</i> spp.	1,5
ТП, 8 т/га + ПП, 3 т/га	<i>Stachybotrys</i> spp.	4,0
	<i>Rhizopus</i> spp.	1,5

Библиографический список

1. Кротов В.Г., Кротова Е.А. Возможность использования табачной пыли в качестве источника органических удобрений в сельском хозяйстве // Tobacco-РЕВЮ. – 2007. – № 4. – С. 18-30.
2. Tobacco dust as organic molluscicide. URL: – <https://www.philstar.com/business/agriculture/2012/01/22/769593/tobacco-dust-organic-molluscicide> (дата обращения 10.02.2020).
3. Плотникова Т.В., Алехин С.Н., Мурзинова И.И. Результаты исследований по использованию табачной пыли в качестве органического удобрения. Сб. науч. трудов, 2016. – С. 282-289.
4. Easton G. D., Nagle M. E., Bailey D. L. A method of estimating *Verticillium albo-atrum* propagules in field soil and irrigation waste water. // Phitopatology. – 1969. – Vol. 59. – № 8. – P. 1171-1172.

УДК: 632.951:634.11

СОДЕРЖАНИЕ СТОЙКИХ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ В ЯБЛОНЕВЫХ АГРОЦЕНОЗАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Подгорная М.Е., Диденко Н.А., Лужкова Л.О.

ФГБНУ «СКФНЦСВВ», Краснодар, Россия

E-mail: lilia_luzhkova@mail.ru

Резюме. В данной статье представлены результаты многолетнего мониторинга содержания остаточных количеств суммы метаболитов ДДТ и изомеров ГХЦГ в почве и плодах яблони двух зон садоводства Краснодарского края: прикубанской и черноморской. Многолетние данные показывают, что несмотря на запрет использования ДДТ и ГХЦГ на территории в РФ еще в 1970-х годах, они по-прежнему обнаруживаются в почве и плодах яблоневых агроценозов.

Ключевые слова: хлорорганические пестициды (ХОП), ДДТ, ГХЦГ, плоды яблони, почва.

Summary. The article presents the results of long-term monitoring of the content of residual amounts of DDT metabolites and HCH isomers in the soil and apple fruits of two Krasnodar Territory zonation: the Kuban and Black Sea regions. Long-term data show that despite the ban on DDT and HCH in the Russian Federation in the 1970s, they are still used in the soil and fruits of apple agroecosystems.

Введение. Хлорорганические пестициды (ХОП) представляют собой класс стойких органических соединений, которые являются высокотоксичными, устойчивыми к деградации и могут переноситься на большие расстояния. ХОП широко использовались в сельскохозяйственном производстве в 1940-1970 гг. из-за их низкой стоимости и высокой эффективности, с 1970 годов эти препараты были запрещены во многих странах мира [1].

Загрязнение окружающей среды стойкими ХОП остается актуальной проблемой и в настоящее время, о чем свидетельствует непрекращающийся мониторинг их остаточных количеств в системе воздух-почва-вода-продукция во всем мире [2, 3, 4, 5].

В окружающей среде в анаэробных и аэробных условиях ДДТ превращается в основном в более стабильные метаболиты дихлордифенилдихлорэтан (ДДД) и дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЭ). Эти соединения остаются в воде, почве и пищевых продуктах, вызывая серьезные проблемы со здоровьем при попадании в организм человека [6].

Для реализации свежих фруктов на территории РФ и в странах Евразийского экономического сообщества (ЕАЭС) согласно ТР ТС 021/2011 контролируется содержание, помимо токсичных элементов и микотоксинов, двух пестицидов хлорорганической группы, это метаболиты ДДТ (1,1,1-трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил) этан) и изомеры ГХЦГ (гексахлорциклогексан). Допустимые уровни в плодах не должны превышать для ДДТ (метаболиты) – 0,1 мг/кг, ГХЦГ (а, b, γ- изомеры) – 0,05 мг/кг [7]. Предельно допустимые концентрации (ПДК) в почве для обоих препаратов составляют 0,1 мг/кг [8].

Целью нашей работы является мониторинг содержания остаточных количеств фоновых загрязнителей (ДДТ и ГХЦГ) в яблоневых агроценозах

Краснодарского края.

Объекты и методы исследований. На протяжении более чем 30 лет в лаборатории защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов ФГБНУ «СКФНЦСВВ» ведутся наблюдения за остатками ХОП в системе почва-плоды. Отборы образцов почвы осуществляются два раза в год, до начала проведения защитных мероприятий (март-апрель) и при съеме урожая (сентябрь). Плоды отбираются один раз в год – при съеме урожая [9].

Извлечение анализируемых соединений из образцов проводится н-гексаном, полученный экстракт очищают концентрированной серной кислотой. Определение микроколичеств хлорорганических пестицидов определяли на газожидкостном хроматографе «Цвет-500М», все расчеты производят с помощью программы «Хромос».

Обсуждение результатов. В результате 20-ти летнего мониторинга установлено, что содержание ДДТ и ГХЦГ в яблоневых агроценозах Краснодарского края не превышает гигиенических нормативов (ПДК и МДУ).

Концентрация ДДТ в почве прикубанской зоны центральной подзоны колебалась от 0,02 до 0,073 мг/кг, в черноморской зоне – от 0,0063 до 0,042 мг/кг. Максимальное количества ГХЦГ в почве обеих зон Краснодарского края – 0,007 мг/кг наблюдалось в 2000 году, минимальное: в прикубанской – 0,002 мг/кг, в черноморской 0,0006 мг/кг в 2019 году (рисунок 1).

Содержание ДДТ в плодах яблони прикубанской зоны колебалось – от 0,005 до 0,018 мг/кг, в черноморской от 0,0025 до 0,013 мг/кг. Концентрация ГХЦГ в плодах яблони прикубанской зоны составила 0,0007-0,0025 мг/кг, в черноморской – 0,0001-0,0038 мг/кг (рисунок 2).

За время проведения исследований отмечено медленное снижение содержание ХОП в почве и в плодах яблони в обоих зонах садоводства Краснодарского края, с 2010 года концентрация ксенобиотиков фиксировалась на одном уровне. Следует отметить, что в черноморской зоне содержание фоновых загрязнителей (ГХЦГ и ДДТ) было ниже, чем в прикубанской, что можно связать с почвено-климатическими условиями.

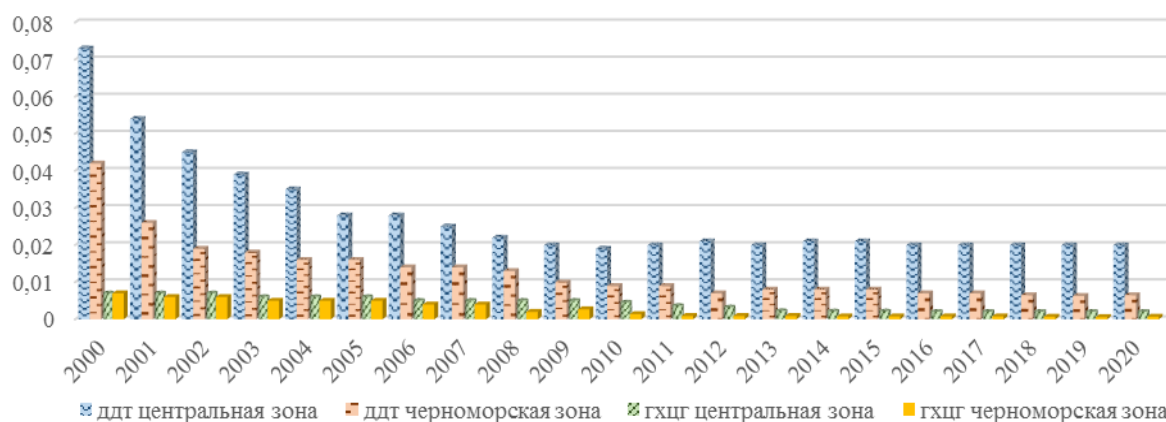


Рисунок 1 – Содержание остаточных количеств ДДТ и ГХЦГ в почве (мг/кг)

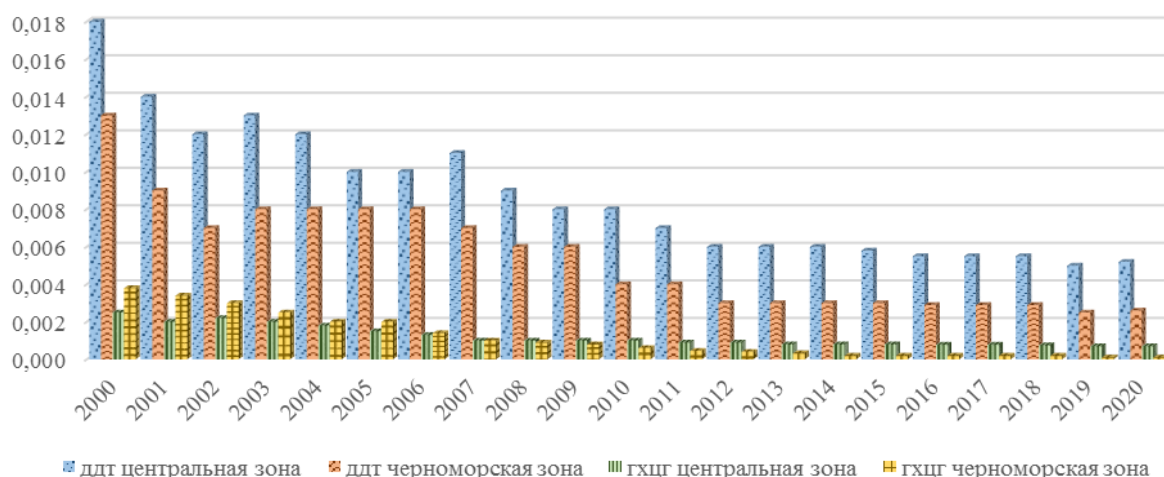


Рисунок 2 – Содержание остаточных количеств ДДТ и ГХЦГ в плодах (мг/кг)

Выводы. В результате многолетнего мониторинга содержания остаточных количеств суммы метаболитов ДДТ и изомеров ГХЦГ в почве и плодах яблони в прикубанской и черноморских зон садоводства Краснодарского края выявлено, что эти ксенобиотики могут сохраняться в яблоневых агроценозах длительное время и мигрировать из почвы в плоды. На протяжении последних 10 лет наблюдается стабильное содержание ДДТ и ГХЦГ в почве и плодах яблони, концентрация их не превышает гигиенические нормативы.

Библиографический список

1. Kumkum Mishra, Ramesh C. Sharma, Sudhir Kumar. Contamination profile of DDT and HCH in surface sediments and their spatial distribution from North-East India // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2013. Vol. 95. P. 113-122.
2. Yan Ma, Xiaotong Yun, Ziyuan Ruan, Chaojun Lu, Yi Shi, Qiang Qin, Zhuming Men, Dezhi Zou, Xiaoming Du, Baoshan Xing, Yunfeng Xie. Review of hexachlorocyclohexane (HCH) and dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) contamination in Chinese soils // *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 749. 141212.
3. Hossein Arfaeina, Arezo Savari, Marzieh Mahmoodi, Marzieh Rezaei, Mohamad Rayani, George A.Sorial, Nazir Fattahi, Bahman Ramavandi. Organochlorine pesticides contamination in agricultural soils of southern Iran // *Chemosphere*. 2020. V. 240. 124983.
4. José Luis Sánchez-Osorio, José Vinicio Macías-Zamora, Nancy Ramírez-Álvarez, Terry F. Bidleman. Organochlorine pesticides in residential soils and sediments within two main agricultural areas of northwest Mexico: Concentrations, enantiomer compositions and potential sources // *Chemosphere*. 2017. Vol. 173. P. 275-287.
5. Подгорная М.Е. Мониторинг остаточных количеств хлорорганических инсектицидов в садовых агроценозах // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2014. № 29(05). 14 с.
6. Carme Bosch, Joan O. Grimalt, Pilar Fernández. Enantiomeric fraction and isomeric composition to assess sources of DDT residues in soils // *Chemosphere*. 2015. Vol. 138. P. 40-46.
7. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 8 августа 2019 года). 2011. – 280 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560> (Дата обращения: 02.03.2021).
8. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 2021. 735 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (Дата обращения: 02.03.2021).
9. Подгорная М.Е., Серова Ю.М. Оценка загрязнения почв яблоневых садов метаболитами ДДТ в краснодарском крае // *Сборник IV международной научной*

экологической конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». 2015. С. 481-484.

УДК 631.445.4(470.324)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНОГО ПРОФИЛЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ ХОХОЛЬСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Подгорная М.И., Сапожникова Н.А., Соляной А.В.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: marfambf@icloud.com

Резюме. Приведены результаты исследований химического состава и физико-химических свойств черноземов типичных Хохольского района Воронежской области. Исследовано направление эволюции черноземов типичных под влиянием антропогенной деятельности человека. Показаны особенности строения карбонатного профиля исследуемых черноземов и его трансформации в процессе сельскохозяйственного использования.

Ключевые слова: чернозем типичный, химические, физико-химические свойства, карбонатный профиль, гумус, питательные элементы, агроэкологическое состояние.

Summary. The results of studies of the chemical composition and physicochemical properties of typical chernozems in the Khokholsky district of the Voronezh region are presented. The direction of evolution of typical chernozems under the influence of human anthropogenic activity has been investigated. The features of the structure of the carbonate profile of the studied chernozems and its transformation in the process of agricultural use are shown.

Key words: chernozem typical, chemical, physicochemical properties, carbonate profile, humus, nutrients, agroecological state.

Исследование агроэкологического состояния черноземов, а также его карбонатного профиля, является важной проблемой генезиса и эволюции почв. От решения данной задачи зависит понимание закономерностей географического распространения почв, процессов развития почвенного покрова и природной среды в целом [3]. Накопления карбонатов в почвенном профиле, их дальнейшая трансформация и миграция играют существенную роль в процессах почвообразования и обуславливают формирование карбонатного профиля. Поэтому целью данной работы является изучение современного агроэкологического состояния черноземов типичных, показаны особенности черноземообразовательного процесса в современных условиях антропогенеза.

С целью изучения современного состояния черноземов были исследованы черноземы типичные, расположенные в пределах Хохольского района Воронежской области, ООО «Восход». В районе исследования заложены полнопрофильные разрезы, на пахотных и залежных участках, из которых были отобраны почвенные образцы через каждые 10 см до глубины 120 см. В почвенных образцах определялись основные химические и физико-химические показатели по общепринятым методикам [9].

Данные по содержанию органического вещества показывают, что исследуемые типичные черноземы залежного участка характеризуются максимальным содержанием гумуса в верхнем органогенном горизонте. Его количество достигает 6,8%, черноземы диагностируются как среднегумусные. В процессе

сельскохозяйственного использования происходит потеря органического вещества в результате усиления процессов его минерализации, кроме того, ежегодный вынос питательных элементов с урожаем сельскохозяйственных культур не восполняется внесением органических удобрений. Поэтому содержание гумуса в распахиваемых черноземах типичных уменьшается до 5,8 %, черноземы диагностируются как малогумусные. Вниз по профилю всех исследуемых почв процентное содержание гумуса постепенно снижается до 0,3%, что характерно для черноземов.

Степень обеспеченности легкогидролизуемым азотом исследуемых черноземов среднее и повышенное для сельскохозяйственных культур, она колеблется в пределах от 18,9 до 20,3 мг/ 100 г почвы. Максимальное содержание азота отмечается в черноземах залежного участка. В почвах, подверженных распашке, наряду с потерей органического вещества наблюдается и уменьшение содержания подвижного азота. Легкогидролизуемый азот быстрее всего потребляется растительными организмами и выносится с урожаем сельскохозяйственных культур. Вниз по профилю всех исследуемых черноземов типичных содержание подвижного азота постепенно уменьшается до 7,9 мг/100 г почвы.

Максимальное содержание подвижного фосфора отмечается в черноземах типичных залежи. В верхнем горизонте его количество составляет 7,1 мг/100 г почвы, вниз по профилю содержание убывает до 3,7 мг/100 г почвы. Наименьшее содержание фосфора отмечается в распахиваемых черноземах типичных – 2,3 мг/100 г почвы. Исследуемые почвы залежи имеют среднюю обеспеченность подвижным фосфором, а при распашке степень обеспеченности становится низкой.

Обеспеченность исследуемых черноземов подвижным калием очень высокая. Так наибольшее количество его содержится в верхнем слое чернозема залежного участка – 33,5 мг/100 г почвы. Минимальное содержание приходится на почвы подверженные распашке – 31, 6 мг/100 г почвы. Калий, также как азот и фосфор являются необходимыми элементами минерального питания растений, поэтому в процессе сельскохозяйственного использования черноземов происходит закономерное снижение их содержания.

В тесной связи с содержанием гумуса находятся и физико-химические свойства почвы. Согласно полученным данным, в верхнем гумусовом горизонте черноземов типичных залежи отмечается наибольшее содержание обменного кальция (37,8 ммоль(экв)/100 г почвы) и магния (6,4 ммоль(экв)/100 г почвы). В черноземах типичных, подверженных распашке величина обменных катионов, особенно кальция снижается до 26,9 ммоль(экв)/100 г почвы. Данное явление связано с тем, что в процессе сельскохозяйственного использования происходит замещение обменного кальция в ППК на водород. Несмотря на это, ППК типичных черноземов сильно насыщен основаниями, что делает его более прочным [5]. Исследуемые черноземы характеризуются высокой степенью насыщенностью основаниями, в верхнем слое $V = 99\%$, с 40 см ППК полностью насыщен основаниями. Вниз по профилю всех исследуемых черноземов

величина суммы обменных оснований, наряду с уменьшением гумуса постепенно снижается.

Исследуемые черноземы в верхней части профиля характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды, $pH=6,7$ единиц. Вниз по профилю происходит постепенное увеличение значения pH до 8,3 единиц. Подщелачивание почвенного раствора происходит благодаря влиянию карбонатов, которыми обогащена почвообразующая порода.

Результаты исследования показали, что исследуемые черноземы характеризуются невысокой величиной гидролитической кислотности. В верхнем гумусовом горизонте черноземов залежи ее величина не превышает 1,5 ммоль(экв)/100 г почвы. Несколько выше значения гидролитической кислотности у почв, подверженных распашке – 2,1 ммоль(экв)/100 г почвы. Некоторое увеличение содержания обменного водорода в ППК, связано с тем, что в процессе распашки происходит вытеснение обменного кальция из ППК и замещение его водородом. Вниз по профилю гидролитическая кислотность постепенно уменьшается, а в карбонатном горизонте исчезает полностью.

Исследуемые почвы имеют следующее строение карбонатного профиля. В верхнем пахотном горизонте содержание $CaCO_3$ составляет 0,3%. В подпахотном горизонте его количество также невелико. Резкое увеличение карбонатов отмечается в средней части гумусового профиля (рис. 1 а), где происходит бурное вскипание от 10% HCl и в слое 40-50 см содержание $CaCO_3$ составляет 2,1%. Выделения карбонатов здесь представлены в виде псевдомицелия. Следует заметить, что содержание $CaCO_3$ достигает своего максимума в почвообразующей породе и составляет 9,2%. В почвах залежного участка в слое 0-10 см $CaCO_2$ содержится 0,4% (рис. 1 б). Необходимо заметить, что уровень залегания карбонатов не является стабильной величиной [8]. Так, согласно нашим исследованиям в результате распашки отмечается поднятие линии вскипания от HCl , а обилие псевдомицелия отмечается с глубины 50 см. Максимальное накопление карбонатов составляет 9,3% в слое 100-110 см.

Исследуемые черноземы типичные характеризуются благоприятными агроэкологическими свойствами. Выявлено, что распределение гумуса носит регрессивно-аккумулятивный характер. Максимум накопления органических остатков приходится на самый верхний слой черноземов залежного участка, вниз по профилю происходит постепенное снижение содержания гумуса. В процессе сельскохозяйственного использования происходит потеря органического вещества в результате усиленных процессов его минерализации. Черноземы трансформируются из среднегумусных в малогумусные. Обеспеченность черноземов типичных элементами минерального питания неодинакова, она зависит от интенсивности сельскохозяйственного использования почв. Так в процессе распашки, наряду с потерей органического вещества, отмечается уменьшение содержания подвижных N, P и K.

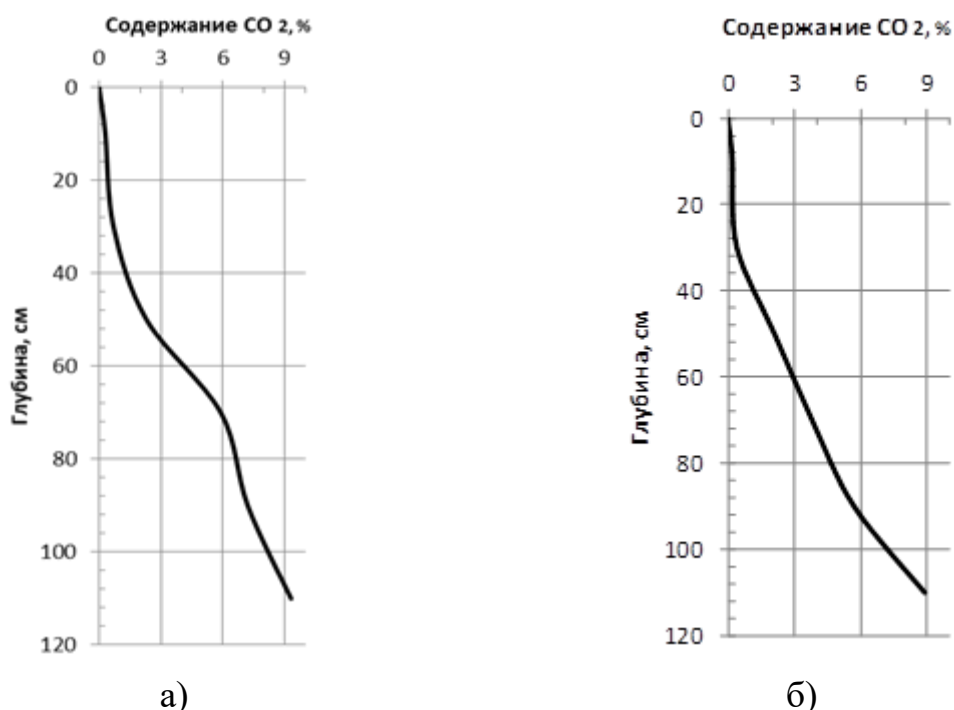


Рисунок 1 – Строение карбонатного профиля черноземов типичных Хохольского района Воронежской области: а) залежный участок б) пашня

Исследуемые черноземы типичные характеризуются высокой степенью насыщенностью основаниями, что делает их ППК более прочным. У черноземов типичных залежи отмечается наибольшее содержание обменного кальция и магния в верхнем гумусовом горизонте, а в распахиваемых почвах величина обменных катионов, особенно кальция снижается.

Черноземы типичные характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды, далее вниз по профилю происходит подщелачивание почвенного раствора. Величина гидролитической кислотности является рН зависимой и отмечается только в верхнем горизонте. В нижней части профиля, в районе влияния карбонатов почвенного раствора, она исчезает. Распашка влияет на карбонатный профиль исследуемых почв, происходит их подтягивание к дневной поверхности, за счет изменения водного режима черноземов. С глубиной содержание карбонатов возрастает. В целом исследуемые черноземы типичные имеют благоприятные химические и физико-химические свойства, а также благоприятное агроэкологическое состояние. В процессе распашки происходит изменение данных показателей, а также трансформация карбонатного профиля черноземов.

Библиографический список

6. Афанасьева Е.А. Черноземы Среднерусской возвышенности. – М.: Наука, 1966. – 224 с.
7. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров Среднерусского Черноземья. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. – 214 с.
8. Крупеников И.А. Карбонатные черноземы. – Кишинев: Штиинца, 1979. – 104 с.
9. Лебедева И.И. Гумусовые и карбонатные аккумуляции как диагностические критерии в черноземах восточной Европы. - М.: Наука, 2011. – 18 с.
10. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: МГУ, 1985. – 375 с.
11. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв. – М.: МГУ, 1975. – 293 с.

12. Щеглов Д.И. Черноземы центра русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. – М.: Наука, 1999. – 211 с.
13. Щеглов Д.И., Брехова Л.И. Процессы почвообразования. – Воронеж: ВГУ, 2016. – 57 с.
14. Щеглов Д.И., Громовик А.И., Горбунова Н.С. Основы химического анализа почв. – Воронеж: ВГУ, 2019. – 332 с.

УДК 631.1:004

ВЛИЯНИЕ УЗКОЙ ДВУХРЯДНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В УКОРОЧЕННОМ СЕВООБОРОТЕ

Подлесных И.В.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: podlesnich_igor@rambler.ru

Резюме. В представленной статье рассматриваются вопросы роста урожайности возделываемых культур в укороченном севообороте на полях с противоэрозионной организацией территории, а также влияние экспозиции склона на урожайность гречихи посевной.

Ключевые слова: лесная полоса, укороченный севооборот, экспозиция склона, противоэрозионный комплекс.

Проблема охраны и рационального использования земельных ресурсов является глобальной, общечеловеческой. Земля во все времена была, есть и будет главным условием жизни человека на планете. В связи с этим дальнейшее развитие науки в этом аспекте приобретает первостепенное значение.

По различным подсчетам, за последние 200 лет в мире от эрозии уничтожено около 2 млрд га пашни, что превышает площадь обрабатываемых в настоящее время земель – около 1,5 млрд га.

Согласно современным данным, на Земле от эрозии каждый день безвозвратно теряется более 3 млн га, а в каждую минуту выходит из сельскохозяйственного оборота 44 га земель, пригодных для сельскохозяйственного производства.

Антропогенная нагрузка на почву ежегодно нарастает, и если в 1846 году на территории современной Центрально-Черноземной зоны России под пашней находилось 41,2% территории, под лесом – 20%, под целиной – 23,2%. К 1887 году площадь пашни выросла до 69%, а площади лесов и целинных земель уменьшилась до 25,6%. В 1914 г. доля пашни уже составляла около 80%, площадь лесов – 6-7% [1]. В настоящее время в ряде регионов удельный вес пашни достигает 90% и более.

По всей стране ситуация обстоит не легче, по данным государственного учета, общая площадь эродированных, дефлированных, эрозионноопасных и дефляционноопасных сельскохозяйственных угодий в РФ составляла 130 млн. га, в том числе пашни – 84,8 млн. га [2].

И в этих тяжелых условиях сельское хозяйство нашей страны старается повысить продуктивность земледелия и прежде всего зернового хозяйства.

Все высокопродуктивные земли уже распаханы и поэтому не остается ничего как все активнее использовать в качестве пашни эрозионноопасные участки.

Поэтому для объективного исследования использования эрозионноопасных земель в производстве зерновых культур и влияния этого показателя на урожайность на землях ФГБНУ «Курский ФАНЦ» ведутся исследования на опыте по контурно-мелиоративному земледелию, который расположен на черноземных почвах вблизи х. Черниченские дворы, Медвенского района Курской области [3].

Опытные поля представлены типичным для Центрально-Черноземного региона ландшафтом балочного типа со склонами разной экспозиции и положениями уклонами территории. Исследования ведутся на водосборе с противоэрозионным комплексом, представленным узкими двухрядными лесными полосами с канавой между рядами деревьев и валом по нижней опушке расположенными через 216 метров и напашными валами-террасами через 54 метра рисунок 1. Все элементы противоэрозионного комплекса расположены по контуру, и обработка полей ведется согласно заданным направлениям. Также есть поле без противоэрозионных мероприятий – контроль, где технологии возделывания сельскохозяйственных культур проводятся по идентичной технологии.

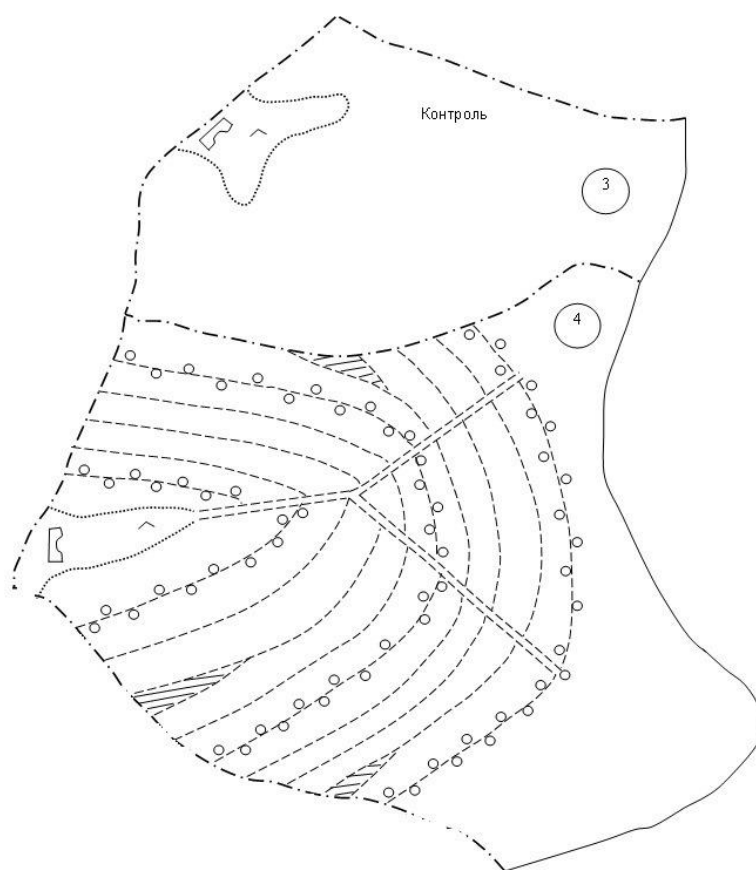


Рисунок 1 – Схема вариантов опыта по контурно-мелиоративной организации территории ФГБНУ «Курский ФАНЦ»

Сегодня на опыте проводится целый ряд исследований по влиянию противоэрозионного комплекса на эрозионно-гидрологические показатели, агроэкологическое состояние пашни и конечно с учетом стабилизации эрозионных процессов на урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур на

склоновых участках полей.

На опытных полях ведется укороченный севооборот, включающий три культуры: озимая пшеница, гречиха посевная, ячмень яровой. В ходе проведения исследований влияния экспозиции и наличия противоэрозионного комплекса на урожайность культур, были получены следующие данные таблица 1.

Таблица 1. – Средняя по водосборам урожайность возделываемых культур в опыте по контурно-мелиоративной организацией территории с учетом противоэрозионного комплекса

Год	Культура	Водосбор	Урожайность, т/га
2018	ячмень яровой	3	2,58
		4	2,94
2019	гречиха посевная	3	1,80
		4	1,96
2020	пшеница озимая	3	5,64
		4	6,14

Как видим во все годы проведения исследований, средняя по водосбору урожайность, на водосборе 4, на котором располагаются лесные полосы, была выше. По ячменю яровому прибавка составила 12%, по гречихе посевной и озимой пшенице 8%.

Проведя анализ полученных данных по влиянию экспозиции склона, на урожайность, одной из возделываемых культур, гречихи посевной (таблица 2) возделываемой в укороченном севообороте можно отметить следующее, урожайность на контроле всегда ниже, чем на водосборе с противоэрозионным комплексом.

Таблица 2 – Урожайность гречихи посевной в укороченном севообороте опыта по контурно-мелиоративной организацией территории с учетом экспозиции и наличия противоэрозионного комплекса

Год	Культура	Водосбор	Экспозиция	Урожайность, т/га
2019	гречиха посевная	3	северная	2,08
		4		2,65
		3	южная	1,64
		4		1,74
		3	западная	1,86
		4		1,96
		3	среднее по водосбору	1,80
		4		1,96

Наибольшая урожайность отмечалась на склонах северной экспозиции, наименьшая на склонах южной, западная же экспозиция заняла промежуточное положение и была близка к урожаю культуры в среднем по водосбору.

В ходе проведенных исследований можно установить, что противоэрозионный комплекс оказывает положительное влияние не только на стабилизацию эрозионно-гидрологических показателей [4, 5], но и рост урожайности

возделываемых культур не зависимо от их вида.

Библиографический список

1. <https://universityagro.ru> (дата обращения 25.03.2021).
2. Методические указания по определению опасного уровня водной и ветровой эрозии. Новочеркасск. ФГБНУ «РосНИИПМ», 2015. - 23 с.
3. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 24-28. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10053
4. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком // Агрохимический вестник. - 2019. - № 4. - С. 24-28.
5. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я., Тарасов С.А., Соловьева Ю.А. Эффективность гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий в борьбе с водной эрозией почв// Адаптивно-ландшафтное земледелие: вызовы XXI века/ Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Григория Николаевича Черкасова. ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. - 2018. - С. 265-267

УДК 631.1:004

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Подлесных И.В., Архипов А.С.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: sasha-vidhar@yandex.ru

Резюме. Современные цифровые технологии, использование которых в отечественных сельскохозяйственных предприятиях на сегодняшний день ограничено, способны сократить затраты на производство сельскохозяйственной продукции и решить проблему человеческого фактора в принятии решений.

Ключевые слова: цифровые технологии, человеческий фактор, сельское хозяйство, пилотные проекты.

Главной проблемой современного сельского хозяйства является удовлетворение постоянно растущих потребностей как населения в продуктах питания, изготавливаемых из сельскохозяйственного сырья, так и промышленности, для которой продукция сельского хозяйства является основным сырьём, цены на которое постоянно растут. И одним из факторов, объясняющих такую тенденцию, является рост цены человеческого труда и постоянная инфляция. Современное сельское хозяйство живёт в период кризиса третьей промышленной революции, что влечет за собой становление новой, четвертой по счету революции, фундамент которой формируется в настоящее время и по мнению Клауса Шваба, четвёртая революция фундаментально изменит то, как мы живем, работаем и общаемся друг с другом. [1]

Проблема цифровой трансформации мира в данное время невероятно актуальна, и сельское хозяйство не исключение. Опыт цифровизации, в частности, сельского хозяйства, стран-лидеров цифрового развития, имеет как теоретическое, так и прикладное значение. В нашей стране всегда имело значение

исследование и частичное использование положительного опыта информационно-технологического развития современных государств мира, так как, мы, как государство, становились на этот путь несколько позже вследствие социально-политических трансформаций, тормозивших данное развитие. [2]

Основываясь на старых подходах по ведению сельского хозяйства решить назревающий дисбаланс в производстве и потреблении будет трудно, поэтому необходимо обращаться к современному опыту ведения сельского хозяйства в западных странах, который все больше внедряется в реальное производство.

В нашей стране традиционно агропромышленный комплекс принято считать наиболее отсталым сектором экономики в связи со спецификой деятельности и консервативностью, но именно в условиях четвертой промышленной революции он приобретает новый социально-экономический контекст. Не зря по всем статистическим данным сельское хозяйство в нашей стране занимает лидирующие позиции по экспорту своей продукции, о чем не могли думать еще 10-15 лет назад. Эксперты считают, что ближайшее десятилетие модернизация АПК неизбежна. Причин для этого несколько. Так, по прогнозам ООН, к 2050 году понадобится производить на 70% больше еды, чтобы прокормить растущее население планеты. Добиться этого экстенсивным путем – за счет увеличения площади посевов или поголовья скота – уже не получится: в большинстве стран наблюдается дефицит свободных сельхозземель или пастбищ [3].

Растущий спрос при ограниченных земельных ресурсах может быть покрыт только за счет внедрения новых технологий и повышения эффективности процессов и урожайности. В этой связи перспективы отечественного агропрома выглядят достаточно оптимистично, современные агрохолдинги наряду с закупкой нового современного оборудования и семенного материала ищут ту точку роста, которая позволит сократить затраты и снизить себестоимость продукции. Россия занимает одну из лидирующих позиций по доле аграрного сектора в ВВП, является крупным экспортером сельхозпродукции и обладает значительными площадями пахотных земель, которые составляют около 10% от общемирового фонда. Но при этом урожайность зерновых у нас существенно ниже, чем в ряде развитых стран и это сокращение составляет от 30 до 70% в зависимости от культуры. А это означает, что отечественный АПК имеет огромный потенциал развития за счет внедрения новых технологий, цифровых, которые позволяют убрать проблему человеческого фактора и ускорить принятие решения по поводу возникшей проблемы.

Практически избавившись от рисков, связанных с климатическими воздействиями, вредителями и болезнями, получая информацию с полей и ферм от установленных датчиков и навигаторов используемых на сельскохозяйственной технике, снижаются затраты на производство, это позволяет говорить о том, что цифровые технологии всё больше используются в сельском хозяйстве и со временем отрасль будет способна прокормить всё постоянно растущее население планеты.

Большим шагом вперед в использовании информационных технологий

можно назвать разработку полноценной экосистемы решений, которая позволит реализовать проекты типа «умная ферма» комплексно, а не точечно. Это способно объединить во едино все существующие пилотные проекты и создать, так называемую, IT-экосистему.

О значении и перспективе цифровизации в сельском хозяйстве можно говорить анализируя внесенную инициативу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации о включении «Цифрового сельского хозяйства» как ведомственного проекта в программу нацпроекта «Цифровая экономика» в качестве отдельного направления. [4]

Остановить внедрение новых цифровых технологий невозможно. Порядка 70% фермерских хозяйств США, Канады, Западной Европы уже используют "умные" технологии для сельского хозяйства. В России спрос в этой сфере только формируется. Сейчас в России только 10% пашни обрабатываются с использованием цифровых технологий, а неиспользование этих методов ведет к потере 40 % урожая. [5] По уровню цифровизации сельского хозяйства Россия сейчас находится на 15 месте. Потенциал для цифровизации в сельском хозяйстве – один из самых высоких среди всех отраслей экономики. Но для получения максимального эффекта важно внедрять не отдельные системы, и пилотные проекты, а комплексные решения, чтобы образовался синергетический эффект, который будет способствовать увеличению производительности сельского хозяйства.

Применение новых цифровых технологий становится ключевым фактором роста производства и прибыльности сельского хозяйства. Но в России существуют барьеры, ограничивающие применение и интеграцию цифровых технологий и инноваций:

- высокий уровень дефицита на отраслевом рынке труда специалистов, способных эффективно работать с инновационными цифровыми технологиями;
- секретность некоторых данных аэрофотосъемки;
- высокая цена импортных разработок, зависимость от курсовых колебаний мировых валют в условиях низкого уровня развития отечественного рынка цифровых технологий;
- отсутствие нормативно-правовой базы и практики межведомственного взаимодействия на региональном уровне;
- сложности получения государственных субсидий на внедрение технологий точного земледелия. [6]

В своей работе мы также используем информационные технологии. К примеру, в борьбе с проявлением эрозионных процессов на этапе проектирования противоэрозионных комплексов, с использованием ГИС технологий обрабатываем топографические материалы, рассчитываем проявления эрозии, строим цифровую модель рельефа (рисунок 1) и используя ее проводим проектирование лесомелиоративных, лугомелиоративных мероприятий и почвозащитных севооборотов (рисунок 2).

На сегодняшний день ГИС используют только на этапе графического

отображения проекта, что не в полной степени раскрывает их потенциал. Использование ГИС для проектирования лесополос позволяет довольно точно рассчитывать их местоположение с учетом характеристик стока и рельефа, а также значительно сократить продолжительность проектирования.

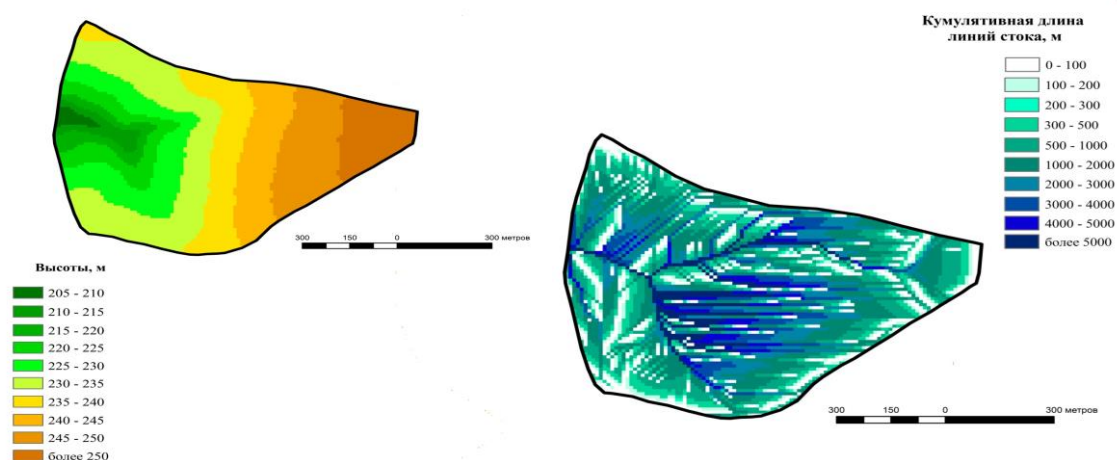


Рисунок 1 – Цифровая модель рельефа и картограмма длин линий стока выполненные в программе ArcGIS.

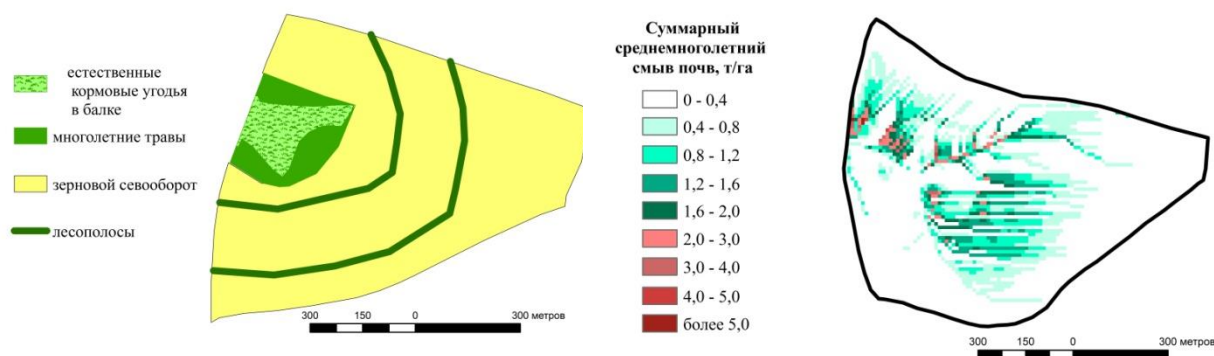


Рисунок 2 – Схема землеустройства и среднегодовой смыв почв для варианта противоэрозионного устройства водосбора опыта по КМЗ.

Современные ГИС технологии, позволяют на этапе планирования рассчитать экологический эффект от использования того или иного противоэрозионного мероприятия, которое пока не реализовано в натуре и выбрать оптимальные из них.

В заключение хотелось бы отметить, что независимо от нашего скептического отношения к цифровизации в сельском хозяйстве четвёртая революция будет по праву называться цифровой, и если мы не хотим опять догонять вперед ушедшие европейские страны, необходимо внедрять в производство и подтверждать на практике нужность этого направления. Уже сейчас существует множество пилотных проектов, таких как: «Умная ферма», «Умное поле», «Умное стадо», «Умная теплица», «Умная переработка», «Умный склад», «Умный агроофис» и многие другие. Всё станет «Умным» и так называемый «человеческий фактор» будет сведён к минимуму.

Библиографический список

1. Шваб, К. Четвёртая промышленная революция / К. Шваб – «Эксмо». 2016. – С. 8.
2. Устинович, Е. С., Куликов, М. В., Воробьев, Ю. Н. Цифровизация сельского хозяйства: российский и зарубежный опыт // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 9. – С. 48-51.
3. <https://sk.ru/news/dron-vs-agronom-zachem-cifrovizaciya-selskomu-hozyaystvu/> – (дата обращения – 20.01.2021).
4. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mcx.gov.ru/> (Дата обращения – 3.02.2021).
5. Бауэр, В. П., Подвойский, Г. Л., Котова, Н. Е. Стратегии адаптации компаний США к цифровизации сфер производства // Мир новой экономики. 2018. – №2. – С. 78-90.
6. Цифровизация сельского хозяйства – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://polit.ru/article/2018/02/21/sk_digital_farming/ (Дата обращения – 3.02.2021).
7. Птицина, О. В., Лукина, Д.В., Николаенко, Е.И. Принципы позитивного сотрудничества в современном образовании // Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы X международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск, 2018. – С. 355-358.

УДК 631.15:65.011

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ДОЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ УДОБРЕНИЙ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧЗ

Пойменов А.С.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород

E-mail: laboratoria.plodorodia@yandex.ru

Резюме. В длительном полевом многофакторном опыте рассматривается влияние удобрений и способов обработки почв на продуктивность озимой пшеницы в зернопропашном севообороте. Изучали влияние способов основной обработки почвы, минеральных и органических удобрений на урожай озимой пшеницы. В среднем за два года на варианте без внесения удобрений урожай был 37,1 ц/га. С внесением органических удобрений (навоз КРС) урожай зерна озимой пшеницы повысился на 13-22%, а с внесением минеральных удобрений на 45,4 % (одинарная доза) и 63,9% (двойная доза).

Ключевые слова: почва, удобрения, озимая пшеница, севооборот, обработка почвы.

Введение. Ускоренное и устойчивое наращивание объемов производства зерна – одна из задач АПК. В настоящее время озимая пшеница является основной продовольственной культурой в Российской Федерации. Она принадлежит к числу наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур [1-3].

Продуктивность пшеницы и её качество находятся в зависимости от наследственных признаков, почвенно-климатических и агротехнических условий возделывания. В условиях Белгородской области раскрытие потенциала сортов озимой пшеницы посвящены неразрывно связано с учётом вышеназванных условий, адаптации технологии производства зерна к биологическим особенностям растений и к почвенно-климатическим условиям сельскохозяйственных предприятий региона [4-8].

Материалы и методы. Длительный многофакторный полевой опыт заложен в Белгородском НИИ сельского хозяйства (ныне Белгородский

федеральный аграрный научный центр) в 1987 году с целью определения воздействия антропогенных факторов на признаки и свойства почвы, разработки системы агромероприятий по повышению почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур с сохранением экологии окружающей среды [9-10].

Почва опытного участка – чернозём типичный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием в пахотном слое 5,25 % гумуса, 55 мг подвижного фосфора и 100 мг/кг почвы обменного калия, рН_{сол.} – 6,2. Почвенный участок является типичным для условий Белгородской области [11-12].

В опыте в зернопаропропашном севообороте изучали три способа основной обработки почвы – вспашку, безотвальную и минимальную обработки, на фоне которых изучали эффективность применения органических и минеральных удобрений.

Вспашка предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы в зависимости от возделываемой культуры на глубину 22-32 см (под озимую пшеницу на 22 см). Безотвальная обработка проводилась на ту же глубину, что и вспашка только без оборота пласта почвы плугом «Параплау». При минимальной обработке рыхление осуществляли на глубину 10-12 см дисковой бороной.

Из органических удобрений вносили навоз один раз за ротацию севооборотов под сахарную свеклу, с которой начиналось входение в севооборот, в одной дозе (40 т/га) и двойной (80 т/га) – по 8 и 16 тонн на гектар севооборотной площади.

Минеральные удобрения вносили ежегодно под каждую культуру. Одинарная доза удобрений (30-90 кг д.в. на га) рассчитана на простое воспроизводство почвенного плодородия, а двойная доза (60-180 кг д.в. на га) - на расширенное. Под посев озимой пшеницы с осени вносим в качестве основного внесения в одинарной дозе (NPK)₆₀ кг д.в./га и весной в подкормку азота 30 кг д.в./га.

Обработку данных полевого опыта провели дисперсионным методом анализа с использованием трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта [13-14].

Результаты и обсуждение. Урожай по способам основной обработки почвы практически мало отличался. Небольшие отличия по способам обработки были в 2016 г. Так урожай, полученный на вспашке был ниже на 10,2%, чем урожай, полученные при безотвальной и минимальной обработке.

Урожайность по обработкам в 2017 г. была значительно выше, чем в 2016, но при этом различия между обработками за оба года были не такие значительные.

Урожайность озимой пшеницы (табл. 1) за два года на вариантах опыта без внесения удобрений колебалась от 33,3 ц/га (на вспашке) до 35 ц/га (при безотвальной обработке).

С внесением органических удобрений (навоз КРС) урожайность зерна озимой пшеницы повысилась на 13-22%, а с внесением минеральных удобрений

на 45,4% (одинарная доза) и 63,9% (двойная доза).

Таблица 1 – Урожайность озимой пшеницы в среднем за 2016-2017 гг. в зависимости от способов обработки почвы и доз удобрений, ц/га

Варианты	Вспашка	Безотвальная обработка	Минимальная обработка
Без удобрений	33,3	35	34,6
НПК(60)	47,1	50,8	51,5
НПК(120)	53,4	56,3	58,8
Навоз – 40 т/га	35,6	40,7	40
Навоз 40 т/га + НПК(60)	51,5	53,7	55,1
Навоз – 40 т/га + НПК(120)	56,9	57,5	58,1
Навоз – 80 т/га	39,1	42,7	43,4
Навоз – 80 т/га + НПК(60)	55,7	56,4	57,3
Навоз – 80 т/га + НПК(120)	56,8	58,5	59,4
Нср	2,05		

Большая прибавка в урожайности (55,9-67,9%) по сравнению с контролем получена при совместном внесении в почву минеральных и органических удобрений.

Наибольшие показатели урожайности были получены на вариантах с совместным внесением двойной дозы минеральных удобрений с навозом, как при 40 т/га урожайность колебалась от 56,9 ц/га (на вспашке) до 58,1 ц/га (при минимальной обработке); так и при 80 т/га от 56,8 ц/га (на вспашке) до 59,4 ц/га (при минимальной обработке почвы).

Заключение.

1. Продуктивность озимой пшеницы на типичных черноземах юго-западной части Центрально-Черноземной зоны в своем большинстве существенно регламентируется как агрогенными, так и природными факторами. Первые уменьшаются со временем, то есть имеет место временной синдром.
2. Урожайность озимой пшеницы практически не зависела от особенностей основной обработки почвы (глубины и оборота пласта), и за два года наблюдений получена примерно одинаковая продуктивность по всем способам обработки.
3. Удобрения следует считать необходимым и обязательным элементом любой агротехнологии даже на таких сравнительно плодородных почвах как черноземы, так как этот ресурс позволяет вдвое и более увеличить продуктивность пашни.

Биографический список

1. Научные основы и рекомендации по диагностике и оптимизации минерального питания зерновых и других культур. Под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 2000. – 100 с.
2. Главный хлеб XXI века. Научные основы и практика производства ценного зерна озимой пшеницы. Учебно-методическое пособие. / Анисимов А.И., Кузнецов Ю.А., Тютюнов С.И., Лукин С.В., Доманов Н.М., Нецветаев В.П., Позднякова Н.Н., Шаповалов Н.К., Доманов М.Н., Акулов П.Г., Азаров Б.Ф., Смык А.В., Шелганов И.И. – Белгород: Крестьянское дело, 2001. – 80 с.
3. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. издание. –

М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 396 с.

4. Нецветаев В.П. Сорта озимой мягкой пшеницы ГНУ Белгородского НИИСХ Россельхозакадемии. – Белгород: Отчий край, 2012. – 20 с.
5. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Оптимизация применения удобрений и средств защиты растений – важнейший фактор высокоэффективного земледелия // Агрохимический вестник. – 2002. – №2. – С. 15.
6. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Влияние способов обработки почв на их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №5. – С. 22.
7. Тютюнов С.И., Доманов Н.М. Интенсификация технологий и продуктивность севооборота // Земледелие. – 2005. – №1. – С. 17-18.
8. Тютюнов С.И., Навольнева Е.В., Соловиченко В.Д., Ступаков А.Г. Влияние пищевого режима и органического вещества на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы // Агрохимический вестник. – 2016. – №5. – С. 23-27.
9. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Цыгуткин А.С., Логвинов И.В. Влияние способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в чернозёме типичном // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – №5. – С. 7-12.
10. Каторгин Д.И. Методические основы изучения в длительном полевом опыте севооборотов, обработки почвы, минеральных и органических удобрений и их влияния на плодородие почвы и величину урожая сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых учёных, посвящённых 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» г. Белгород 15-17 сентября 2020 г. – С. 583-588.
11. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. – Белгород: «Отчий край», 2013. – 371 с.
12. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. – Белгород: изд-во «Отчий край», 2014. – 112 с.
13. Цыгуткин А.С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта // Агрохимия. – 2002. – №2. – С. 77-85.
14. Цыгуткин А.С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.

УДК 551.581

МОДЕЛЬ «КЛИМАТ-ПОЧВА-УРОЖАЙ»

Понько В.А.¹, Иванова М.И.²

^{1,2} Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, п. Краснообск Новосибирской обл.

¹E-mail: ponkova1942@gmail.com

²E-mail: Ivanova_M_I@ngs.ru

Резюме. В математической модели «климат-почва-урожай» взаимосвязаны характеристики теплообеспеченности, увлажнения и продуктивности зональных типов почв агроландшафтов, выраженной в зерновом эквиваленте. По формуле биотического цикла можно определять климатически обеспеченную урожайность культур и агрометеорологические потенциалы земель агроландшафтов в конкретные вегетационные сезоны.

Ключевые слова: модель, агроландшафт, теплообеспеченность, увлажнение, продуктивность почв, урожайность культур

Построению математической модели «климат-почва-урожай», представленной в таблице 1 и авторских работах [1-3], предшествовало обобщение фактов природно-климатической зональности, начатое в трудах А. Гумбольдта и В.В. Докучаева. Исследования природных зон по параметрам климата, почвенного покрова, продуктивности ландшафтов, проведенные представителями разных направлений естествознания, не привели к универсальной связи между названными параметрами для всего земледельческого пространства планеты [4-6].

На вертикальных шкалах таблицы 1 слева показаны среднегодовые (климатические) характеристики теплообеспеченности территории суши Земли от полюсов до тропиков. На верхних горизонтальных шкалах приведены климатические значения коэффициентов увлажнения и соответствующие им названия почв зональных типов. При этом шкалы коэффициентов теплообеспеченности (K_t) и увлажнения (K_{y1} , K_{y2}) разбиты в соотношении «золотого сечения», когда заданное число делится на части в пропорции, при которой меньшая часть так относится к большей, как большая к первоначально заданному: $(0,618.../1,0) = (1,0/1,618...)$.

В результате проведенного анализа фактические границы географических поясов, природных зон, агроклиматических подзон, почв зональных типов, отмеченные в таблице показателями теплообеспеченности и увлажнения, подтвердили гипотезу «золотопропорциональных» октав.

В поле таблицы 1 приведены значения продуктивности почв, рассчитанные по климатической формуле биотического цикла:

$$V = 10 \cdot K_t (e^{\pi \cdot k_o \cdot k_{y \text{ расч.}}} - 1).$$

В данной формуле отражены пропорции трансформации в биотическую продукцию энергии тепла, или «напряженности» световой энергии, выраженной коэффициентом K_t , и фактора увлажнения в виде соотношения атмосферных осадков и испаряемости (k_y).

K_t – коэффициенты теплообеспеченности (от 0 до 1,0) рассчитываются из соотношения сумм среднесуточных положительных (активных) температур в заданной местности к максимальной климатической сумме температур в тропиках (10947°).

$k_{y \text{ расч.}}$ – расчетные коэффициенты отражают увлажнение и продуктивность почв, от минимальных значений до «единичного» оптимума (1,0).

Коэффициент k_o , равный 1,052, принят из теоретических соображений и близок к редуцированной постоянной Планка.

V – продуктивность почв и урожайность культур выражаются в зерновом эквиваленте (ц зерн.ед. / га), что соответствует размерности: $10 \cdot (\text{т} / 10^4 \text{ м}^2)$.

Таблица 1 – Модель географического зонирования и продуктивности почв агроландшафтов (ц зерн. ед./га)

ЗОНА	СУММЫ ТЕМПЕРАТУР										K _р зем. баз.										K _р расч.										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*										K _р почв*									

Проверка климатической формулы проведена на большом материале, включающем информацию по естественной продуктивности почв и урожайности культур в регионах мира, хозяйствах, на опытных полях. В таблице 2 показан результат сопоставления климатически обеспеченной продуктивности почв, рассчитанной по климатической формуле, с величиной полной биомассы растительности на этих почвах, взятой из книги В.В. Добровольского [7]. При этом среднее различие величин в 2,72 раза соответствует математической константе e .

Таблица 2 – Связь климатически обеспеченной продуктивности V (ц зерн.ед./га) и биомассы растений (ц/га) на почвах Земного шара

Почвы	Биомасса растений V^*e , ц/га	Суммы активных температур	Коэффициенты увлажнения	V , ц зерн.ед./га
Тундровые	10-25	>300	>1,0	3-9
Подзолистые и дерново-подзолистые	45-85	>1200	1,2-1,5	16-31
Черноземы средних широт	90-140	2100-2800	0,8-1,0	33-52
Каштановые	<40	>2600	0,4-0,6	6-15
Серо-бурые	12	>3400	0,2-0,3	4-5
Красные и желтые тропических саванн	120	>7200	0,5-0,6	44
Красные и желтые влажных тропиков	325	>8900	1,2-1,5	120

Теплообеспеченность в таблице 1, выраженная в суммах положительных среднесуточных температур, соотносится с потребностью в тепле разных культур и сортов. Температуры выше 0° определяют начало биотических процессов. Суммы температур, рассчитанные в диапазонах: (5° - 5°), (5° - 10°), (10° - 12°), соответствуют началу и концу вегетации культур и сортов. Суммы температур выше 5° отражают потребность в тепле трав. Для выращивания серых хлебов (рожь, овес, ячмень) необходимы температуры ($T > 5-10$). Для получения качественного зерна пшеницы необходимые температуры находятся в диапазоне от 10° в начале вегетационного периода до 12° в конце ($T > 10-12$).

Коэффициенты увлажнения выражаются в соотношении атмосферных осадков и испаряемости: $K_y = O / ET_0$. При этом осадки (O , мм) рассчитываются по сезонам сельскохозяйственного года, в сибирских условиях начиная с сентября предшествующего года. Значения испаряемости рассчитываются из произведения сумм температур выше 0° в заданном периоде (T_0) и эмпирического коэффициента E равного 0,177. Так показатель тепловой энергии, выраженный в градусах, переводится в мм испаряемости.

Среднегодовое значение $K_y = 1,0$, при котором годовые осадки компенсируют испарение с растительного покрова, соответствует границе выщелоченных и обыкновенных черноземов, и максимальной природная продуктивности почв. Отклонения коэффициентов увлажнения относительно «единичного» оптимума в сторону дефицита осадков либо переувлажнения отражаются в симметрии границ зональных типов почв: черноземы обыкновенные и серые лесные почвы; черноземы южные и подзолистые почвы; каштановые и

глееподзолистые почвы.

При значениях K_y ниже 1,0 уменьшается естественная продуктивность черноземных, каштановых почв, и в еще большей степени урожайность яровых культур, поскольку пахотный слой увеличивает потери на непродуктивное испарение. При значениях K_y больших 1,0 отмечается переувлажнение оподзоленных, серых лесных почв, и также уменьшается урожайность культур, особенно без применения удобрений и других приемов земледелия.

В выделенном прямоугольнике таблицы 1 приведены значения климатически обеспеченной продуктивности почв умеренного пояса России, выраженные в зерновом эквиваленте (ц зерн.ед./га). В правом крайнем столбце показаны климатические значения продуктивности, обусловленные потенциалом тепловых ресурсов ($V_{\text{пот}}$).

Если в природных условиях фактически все осадки, жидкие и твердые, оказывают влияние на формирование почв и растительности (через корневую систему и транспирацию растений), то в земледелии неизбежны потери влаги. Поэтому ежегодные агрометеорологические потенциалы почв могут быть реализованы в посевах многолетних трав и озимых культур, более полно использующих влагу.

В сибирских условиях эффективное увлажнение яровых культур складывается из почвенной влаги и осадков первой половины вегетационных сезонов. При этом потери влаги к началу периода вегетации могут достигать 23%, что соответствует примерно половинной доле осадков, выпадающих с сентября предшествующего года. Эти потери учитываются в расчете базисных значений коэффициентов увлажнения $K_{y \text{ зем.баз.}} = K_y / 1,23$ (см. верхнюю строку таблицы 1) и соответствующих значений урожайности.

По приведенной формуле можно также определять агрометеорологические потенциалы почв агроландшафтов в конкретные вегетационные сезоны. Поскольку агроландшафтам соответствуют группы земель с базовыми зональными типами почв, коэффициенты увлажнения для земельных участков корректируются в зависимости от интразональности почвенного покрова, мощности органогенного горизонта, степени эродированности почв. Для этого используется архивная информация институтов Росгипрозема, обобщенная в авторской методике [8].

Более подробное рассмотрение модели применительно к решению задач агроклиматической адаптации земледелия можно будет найти в авторской работе «Агроклиматический мониторинг и прогнозирование», которая готовится к изданию в СФНЦ РАН.

Библиографический список

1. Понько В.А. Агроклиматическая адаптация земледелия // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2006. – №2. – С. 107-114.
2. Понько В.А., Каличкин В.К., Иванова М.И. Почвенно-климатическое зонирование и продуктивность агроландшафтов // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2009. – № 12. – С.5-13.
3. Понько В.А. Оценка и прогнозирование агроклиматических ресурсов. / СибНИИЗиХ. ИВЭП СО РАН. НЦ «Экопрогноз-2». – Новосибирск, 2012. – 100 с.
4. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда

СССР (под ред. А.Н. Каштанова). – М.: Колос, 1983. – 338 с.

5. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 320 с.

6. Агроклиматические ресурсы Сибири / СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1987. – 187 с.

7. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. – М., 1967. – 350 с.

8. Методические рекомендации по определению стоимости земельных участков сельскохозяйственных угодий. – Краснообск, 2013. – 136 с.

УДК 631.434.52

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ РАЗВИТИИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ⁹

Провоторов П.М.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: provotorov.pashenka@mail.ru

Резюме: Рассмотрено изменение структурно-агрегатного состава чернозёмов выщелоченных в условиях склонового типа местности и развития эрозионных процессов с применением катенарного подхода. Показано, что при развитии эрозии происходит утрата агрономически ценных агрегатов за счет перестройки структурно-агрегатных фракций и снижения коэффициента структурности почв.

Ключевые слова: чернозёмы, catena, структурно-агрегатный состав, эрозия

CHANGES IN THE STRUCTURAL AND AGGREGATE COMPOSITION OF CHERNOZEMS DURING THE DEVELOPMENT OF EROSION PROCESSES

Provotorov P.M.

Voronezh State University, Voronezh

E-mail: provotorov.pashenka@mail.ru

Summary: Changes in the structural and aggregate composition of leached chernozems in the conditions of slope terrain and the development of erosion processes are considered using the catenary approach. It is shown that, with the development of erosion, the loss of agronomically valuable aggregates occurs due to the restructuring of structural-aggregate fractions and a decrease in the coefficient of soil structure.

Key words: chernozems, catena, structural and aggregate composition, erosion.

Введение: Чернозёмы во всем мире признаны почвенным эталоном, благодаря идеальной сбалансированности в них факторов почвообразования. Одним из ярких проявлений чернозёмообразовательного процесса является формирование в них водопрочной, агрономически ценной почвенной структуры. Такая почвенная структура обеспечивает отличные водно-физические и воздушные свойства рассматриваемых почв. Однако при вовлечении черноземов в сельскохозяйственное производство очень часто наблюдается ухудшение их структурно-агрегатного состояния. Особенно стремительно утрата агрономически ценной структуры у чернозёмов проявляется при развитии эрозионных

⁹ Работа выполнялась под руководством к.б.н., доцента кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами Воронежского государственного университета Громова А.И.

процессов в агроландшафтах. В связи с этим целью настоящей работы было выявить степень изменения структурно-агрегатного состава чернозёмов при развитии эрозионных процессов.

Объекты и методы: Исследования проводились в 2020 году на территории землепользования ФГУП им. А.Л. Мазлумова (Рамонский район Воронежской области). Влияние эрозионных процессов на структурно-агрегатное состояние чернозёмов изучалось на примере катены, представляющей собой водораздел переходящий в склон юго-западной экспозиции крутизной 5° и длиной 1500 м. На разных участках катены (водораздел – верхняя часть склона – средняя часть склона) были заложены полнопрофильные почвенные разрезы. Водораздел представлен чернозёмом выщелоченным малогумусным среднесильным среднесуглинистым, верхняя часть склона – чернозёмом выщелоченным малогумусным среднесуглинистым слабосмытым, и средняя – чернозёмом выщелоченным слобогумусированным среднесуглинистым среднесильным. Почвообразующие и подстилающие породы представлены покровными карбонатными суглинками, подстилаемыми древнеаллювиальными отложениями. Из почвенных разрезов с поверхности 10-сантиметровыми слоями через каждые 10 см до глубины почвообразующих пород были отобраны почвенные образцы. Дополнительно с глубин 0-10 и 20-30 см в специальные коробки были отобраны почвенные образцы с сохранением структурных отдельностей. В отобранных почвенных образцах по общепринятым в почвоведении методикам были выполнены анализы [4], в дополнительно отобранных образцах определяли показатели структурно-агрегатного состояния почв [1].

Результаты и обсуждение: Среди общих морфогенетических особенностей исследуемых чернозёмов можно выделить следующие: горизонты А и Ap имеют однородную темно-серую окраску; в пахотном горизонте в структурно-агрегатном составе присутствуют глыбистые структурные отдельности и пылеватая фракция, а горизонт А характеризуется более благоприятной зернисто-комковатой структурой. Почвы имеют среднесуглинистый гранулометрический состав, почвенный профиль обогащен песчаной фракцией, что обусловлено особенностями почвообразующих и подстилающих пород. В связи с облегченным гранулометрическим составом, структурные отдельности в горизонтах непрочные, за исключением горизонта Bt, где они более плотные. Развитие эрозии провоцирует поверхностный сток вниз по склону, с которым рассматриваемые почвы теряют значительную часть мелкозёма. Результатом этого, в первую очередь, является укорачивание гумусового профиля чернозёмов (А+АВ). Наиболее сильно это проявляется в среднесильных разновидностях, где профиль укорачивается на 40 см. У слабосмытых почв мощность А+АВ уменьшается на 32 см. [3].

Изучаемые почвы имеют аккумулятивный тип распределения гумуса с глубиной в почвенном профиле. Чернозём, залегающий на водораздельном пространстве, имеет прогрессивно-аккумулятивный тип распределения органического вещества с глубиной. Развитие эрозионных процессов на чернозёмах, расположенных в верхней и средней частях склона, изменяют характер в

профильном распределении гумуса с глубиной на регрессивно-аккумулятивный.

Таким образом, при развитии эрозии гумусовый профиль чернозёмов выщелоченных подвержен деградации, которая сопровождается снижением уровня содержания гумуса на 13 и 30% в слабо- и среднесмытых разновидностях и соответственно уменьшением мощности гумусового профиля.

В составе почвенно-поглощающего комплекса преобладает обменный кальций (22-24 ммоль(экв)/100 г) над обменным магнием (4,8-5,3 ммоль(экв)/100 г). Рассматриваемые почвы хорошо насыщены обменными основаниями (90-99%) и имеют близкую к нейтральной и нейтральную актуальную реакцию (рНводн. 6,5-6,9 ед.).

Лучший структурно-агрегатный состав имеет чернозём на водоразделе. Содержание мезоагрегатов (0,25-10,0 мм) в слое 0-10 см составляет 65%, а в слое 20-30 – 60%, что соответствует хорошей оструктуренности (табл. 1). Коэффициент структурности в слоях 0-10 и 20-30 см составляет соответственно 1,82 и 1,50. Преобладающей фракцией является 5-1 мм, содержание которой в слоях 0-10 и 20-30 см составляет соответственно 42,5 и 34,4%. Суммарное количество агрегатов >0,25 мм при мокром просеивании в слое 0-10 см составляет 67%, а в 20-30 – 75% что позволяет оценить водоустойчивость почвы, как отличную (по Кузнецовой И.В.). Критерий водопрочности агрегатов (АФИ) составляет 450-466%, что тоже позволяет оценить почвенную структуру в этом отношении, как хорошую.

Таблица 1 – Структурно-агрегатный состав (сухое просеивание – над чертой, мокрое – под чертой) черноземов выщелоченных в условиях склонового типа местности

№ разреза, индекс почвы	Глубина, см	Содержание фракций, % (размер, мм)					Кстр.
		>10	10-5	5-1	1-0,25	<0,25	
Водораздел $\text{Ч}_{3\text{с}}^{\text{ВІІІ}}$	0-10	28.0	15.0	<u>42.5</u> 34.4	<u>7.0</u> 32.6	<u>7.5</u> 33.0	1,82
	20-30	35.9	18.0	<u>34.4</u> 40.6	<u>7.6</u> 34.2	<u>4.1</u> 25.2	1,5
Верхняя часть склона $\text{Ч}_{3\text{с}}^{\text{В}} \downarrow$	0-10	54.2	14.4	<u>16.7</u> 16.0	<u>7.8</u> 28.4	<u>6.9</u> 55.6	0,61
	20-30	35.4	14.6	<u>32.3</u> 17.6	<u>9.5</u> 37.0	<u>8.2</u> 45.4	1,29
Средняя часть склона $\text{Ч}_{2\text{с}}^{\text{В}} \downarrow\downarrow$	0 -10	58.0	5.0	<u>14.3</u> 7,0	<u>10.7</u> 27,6	<u>12.0</u> 65,4	0,43
	20-30	46.9	20.4	<u>19.1</u> 7.0	<u>10.1</u> 31.6	<u>3.5</u> 61.4	0,98

Эродированные черноземы характеризуются менее благоприятным структурно-агрегатным составом. В составе фракций при сухом просеивании преобладают макроагрегаты (глыбистая фракция > 10 мм), особенно в пахотном горизонте. Так содержание этой фракции в слабосмытых и среднесмытых разновидностях в верхней части гумусового горизонта составляет соответственно 54,2 и 58,0%. В среднесмытом черноземе также возрастает доля пылеватой фракции (до 12%) по отношению к несмытому аналогу. По мере увеличения степени смыва в слое 0-10 см снижается содержание агрономически ценных агрегатов до 39% в слабосмытых и 30% – сильносмытых разновидностях. В слое 20-30 см содержание мезоагрегатов составляет соответственно 56 и 50%.

Слабосмытые разновидности в слоях 0-10 и 20-30 см содержат 44 и 55% водоустойчивых почвенных агрегатов (> 0,25 мм при мокром просеивании), то есть они имеют хорошую водоустойчивость. В среднесмытых почвах количество водоустойчивых почвенных агрегатов снижается до 35 и 39% в слоях 0-10 и 20-30 см, что указывает на удовлетворительную водоустойчивость, в то время как на водоразделе она отличная. Критерий водопрочности агрегатов (АФИ) в эродированных черноземах самый низкий и в слабосмытых почвах он составляет 364-389%, а в среднесмытых 258-313%, что существенно ниже по сравнению с почвой водораздельного участка.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что эрозионные процессы способствуют ухудшению структурно-агрегатного состава чернозёмов. Так в них снижается количество агрономически ценных почвенных агрегатов и увеличивается доля глыбистой фракции, что приводит к снижению коэффициента структурности. В них уменьшается доля водоустойчивых почвенных агрегатов [2].

Заключение: Таким образом, изученные почвы в силу развития эрозионных процессов характеризуются достаточно неблагоприятными физико-химическими свойствами для подверженных эрозионным процессам, следовательно, структурно-агрегатное состояние чернозёмов неуклонно ухудшается с увеличением эрозии вниз по склону, что рано или поздно приведёт к ухудшению и остальных показателей, а также к развитию эрозии.

Библиографический список

1. Громовик А.И. Методы исследования физических свойств почв: учебно-методическое пособие для вузов / А.И. Громовик, И.В. Черепухина. – Воронеж: ООО «Издательство РИТМ», 2018. – 90 с.
2. Королёв В.А. Современное физическое состояние чернозёмов центра русской равнины / В. А. Королёв. – Воронеж: воронежская областная типография издательство им. Е. А. Болховитинова, 2008. – 313 с.
3. Почвоведение: учебник для университетов / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – Москва: Высшая школа, 1988. – Ч.1. – 400 с.
4. Щеглов Д.И. Основы химического анализа почв: учебное пособие / Д.И. Щеглов, А.И. Громовик, Н.С. Горбунова. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. – 332 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СКЛОНОВЫХ ПОЧВ

Прущик А.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: model-erosion@mail.ru

Резюме. В работе представлены устройства, используемые при изучении агрофизических свойств почвы на склонах различной экспозиции и уклонов в опыте по контурно-мелиоративному земледелию (Курская область, Медвенский район). Показаны результаты, полученные с помощью новых разработок: почвенного бура-пробоотборника и портативной лабораторно-полевой дождевальная установка.

Ключевые слова: почва, водная эрозия, почвенный бур-пробоотборник, портативная дождевальная установка, плотность сложения почвы, впитывающая способность почвы.

Территория Курской области располагается на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности Восточно-Европейской равнины. Рельеф нашей области представлен несколько приподнятой полого-волнистой, всхолмленной равниной, густо расчлененной глубоко вдающимися в нее широкими речными долинами и большим количеством балок и оврагов. Сельскохозяйственная освоенность земель области составляет около 80% [1]. В течение последних десятилетий наблюдается тенденция к возвращению в сельскохозяйственный оборот, в том числе и под пашню, ранее заброшенных земель (в 1990-е гг.), расположенных на склонах различной крутизны.

В последние 50 лет зафиксировано изменением климата на территории Курской области, наблюдается повышение температуры в зимний период, что ведет к уменьшению твердых осадков, снижению интенсивности снеготаяния и уменьшению [2]. Однако, отмечается увеличение роли дождевой эрозии в процессах деградации на склонах [3].

Приборы, используемые в общепринятых методиках для исследования свойств почвы, претерпевают модернизацию, появляются новые технические средства, облегчающие и ускоряющие получение данных.

Исследования проводили на водосборах опыта по контурно-мелиоративному земледелию опытного хозяйства ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, северная часть Медвенского района, х. Черниченские дворы).

На водосборах располагаются склоны разных экспозиций. На контрольном водосборе отсутствуют какие-либо противоэрозионные мероприятия. На других водосборах противоэрозионные мероприятия представлены лесными полосами, усиленными канавой с валом по нижней опушке и валами-террасами.

Почвенный покров представлен черноземом типичным и выщелоченным тяжелосуглинистым, разной степени эродированности [4].

Для определения таких агрофизических свойств почвы как плотность сложения и влажность использовали почвенный бур-пробоотборник, а для изучения впитывающей способности почвы была применена портативная

дождевальная установка.

На базе ФГБНУ «Курский ФАНЦ» разработан почвенный бур-пробоотборник для определения плотности сложения до 1 м с шагом в 50 мм, с возможностью увеличения глубины отбора [5, 6]. Данное устройство позволяет одновременно отбирать почву для определения влажности почвы и плотности сложения, незначительно нарушая почвенный покров.

Почвенный бур-пробоотборник можно использовать в течение вегетационного периода, не повреждая посевы сельскохозяйственных культур. На рисунке 1 представлено усредненное значение плотности почвы в лесной полосе и на поле с посевами озимой пшеницей, изучаемая в течение вегетационного периода сельскохозяйственной культуры.

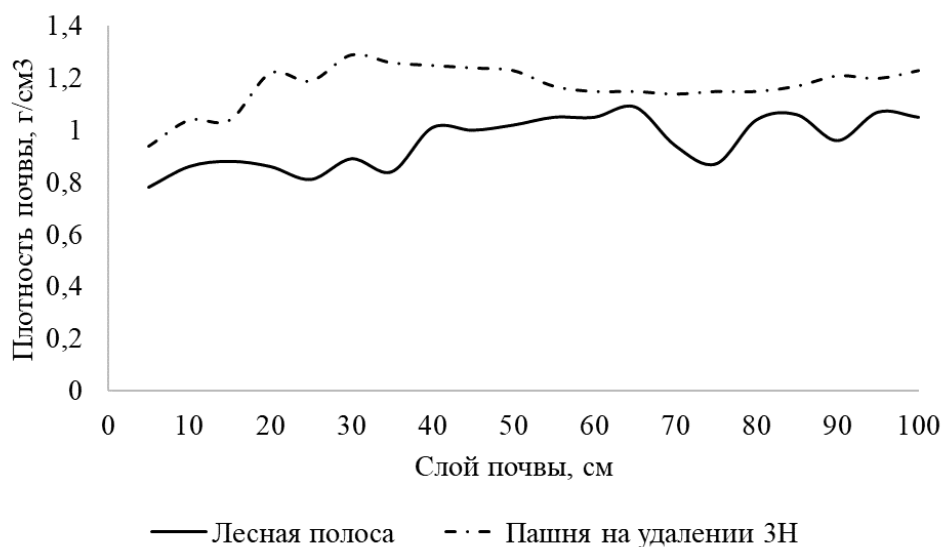


Рисунок 1 – Изменение плотности сложения почвы на поле и в лесной полосе (Н – высота деревьев в лесной полосе)

На рисунке 1 наглядно представлено распределение плотности почвы по профилю до глубины 1 м. На поле значения плотности сложения почвы увеличиваются к 30 см, затем постепенно незначительно снижаются, приходя в равновесное состояние.

Резкое увеличение плотности почвы на глубине 20 и 30 см связано с формированием плужной подошвы, т.к. последние десятилетия в качестве основной обработки почвы является поверхностная обработка на глубину не более 15 см, заменившая вспашку, проводимую ранее, поэтому при описании почвенного профиля был выделен пахотный и старопахотный горизонт, отличающийся по плотности и структуре, имеющий ровную границу.

Плотность почвы на поле значительно выше, чем в лесной полосе. Однако в корнеобитаемом слое растений озимой пшеницы данные значения являются благоприятными для роста и развития.

Для выполнения тематического плана стояла задача изучить влияние лесной полосы на впитывающую способность почвы при безнапорном впитывании. При решении поставленной задачи использовали портативную дождевальную установку [7], обеспечивающую стабильную равномерность

орошения в течение проведения одной серии дождевания. Подробный анализ впитывающей способности почвы на разном удалении от лесной полосы в весенний период до посева гречихи посевной представлен в работе [8].

Дождевание проводили по методике [9].

Почвенный монолит, помещали в цилиндр-стоковую площадку с боковым водосливом и проводили дождевания, предварительно измеряя интенсивность дождя, температуру воды и окружающей среды, время начала стока, мутность, установившуюся скорость впитывания.

Портативная лабораторно-полевая дождевальная установка позволяет регулировать интенсивность впитывания, поэтому в ходе одной серии экспериментов, придерживались одинаковой в пределах погрешности интенсивности дождя для всех изучаемых вариантов.

Интенсивность дождевания составила $1,73 \pm 0,03$ мм/мин. На рисунке 2 показан пример изменения интенсивности впитывания почвы во время дождевания почвенных монолитов, отобранных в поле на удалении от лесной полосы и непосредственно в лесной полосе между деревьями. Почвенные монолиты отбирали в один день и проводили дождевание в лабораторных условиях.

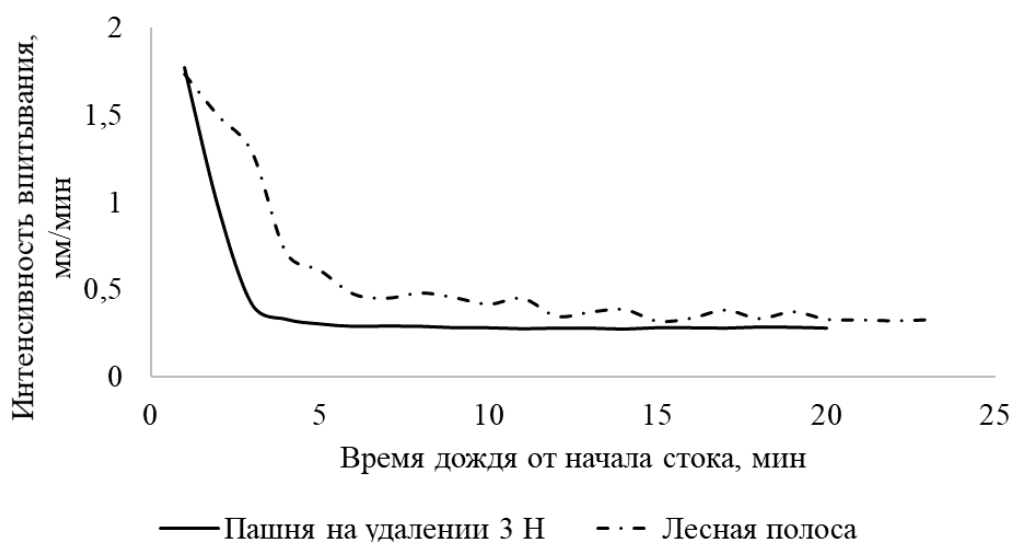


Рисунок 2 – Изменение интенсивности впитывания почвы при дождевании на поле и в лесной полосе (Н – высота деревьев в лесной полосе)

Сток зафиксирован через минуту после начала дождевания для обоих вариантов. Однако, на почве, отобранной в поле, интенсивность впитывания почвы резко уменьшалась и достигла установившегося впитывания уже в течение первых трех минут от начала стока. Кривая интенсивности впитывания для почвы, отобранной в лесной полосе более пологая, волнистая. Это объясняется лучшей структурой почвы, наличием крупных пор. Соответственно, впитывающая способность почвы в лесной полосе выше.

Следует обратить внимание, что проводили дождевание почвы, не защищенной растительным покровом, так как изучалась способность почвы к впитыванию при ненапорном дождевании. При наличии растительности, защищающей почву, добавляется фактор растительного покрова и показатели

интенсивности впитывания будут выше на обоих вариантах. Потому что расклевывания защищают поверхность почвы от ударного воздействия капель, тем самым замедляя образования почвенной корки, которая в несколько сотен раз снижает впитывающую способность почвы.

Представленные в статье устройства позволяют качественно и быстро выполнять работу по изучению агрофизических свойств почвы.

Библиографический список

1. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В. Агропочвоведение. – М: КолосС, 2003. – 528 с.
2. Дериглазова Г.М., Боева Н.Н. Динамика погодных условий Курской области за последние 50 лет // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. – 2020. - № 7. – С. 15-21.
3. Ивонин В.М. Эрозия почв. – Москва-Берлин: Директмедиа Паблшинг, 2020. – 225 с.
4. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 24-28. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10053.
5. Патент на изобретение 2657555 РФ: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Салимгареева О.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2016152784; заявл. 30.12.2016, опубл. 14.06.2018, бюл. № 17.
6. Патент на изобретение 2732907 РФ: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Прущик А.В., Глазунов Г.П.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2019145230; заявл. 25.12.2019, опубл. 12.11.2020, бюл. № 32.
7. Патент на изобретение 2519789 РФ: МПК A01G 25/09 Портативная лабораторно-полевая дождевальная установка / Вытовтов В.А., Сухановский Ю.П., Санжарова С.И., Прущик А.В., Соловьева Ю.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН - №2018112099; заявл. 25.10.2012, опубл. 20.06.2014, бюл. № 17.
8. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Вытовтов В.А., Титов А.Г. Оценка влияния водорегулирующей лесной полосы на впитывающую способность почвы // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 23-26. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10106.
9. Сухановский Ю.П., Вытовтов В.А., Прущик А.В., Соловьева Ю.А., Санжарова С.И. Оценка впитывающей способности почвы с использованием портативной дождевальной установки // Бюллетень Почвенного института. – 2015. – № 78. – С. 31-41. DOI: 10.19047/0136-1694-2015-78-31-41.

УДК 631.51.01

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ НА ПЛОДОРОДИЕ

Прущик И.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: kursk.iva@inbox.ru

Резюме. Проанализирована агрофизическая составляющая плодородия почвы: твердость и плотность сложения в фазу кущения озимой пшеницы и непосредственно перед уборкой культуры. Установлено, что наиболее оптимальное состояние почвы по изучаемым свойствам для растений озимой пшеницы в 2020 году было отмечено при возделывании по интенсивной технологии с применением поверхностной обработки почвы.

Ключевые слова: основная обработка почвы, ресурсосберегающие обработки почвы, плотность сложения почвы, твердость почвы, почвенный бур-пробоотборник.

Плодородие почвы – это способность почвы обеспечивать наиболее благоприятные факторы жизни сельскохозяйственных культур, включая

достаточное количество питательных веществ в доступной для растений форме, способность трансформировать их избыток в почвенный запас и обратно [1]. Очень важно, чтобы почва, используемая для производства растениеводческой продукции, была пригодна для применения современных технологий возделывания культур. Поэтому при изучении влияния различных обработок почвы особое внимание уделяли агрофизической составляющей плодородия почвы, которая является основой создания оптимальных условий водного, воздушного, теплового и питательного режимов для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Исследования проводили на полях научно-производственного опыта опытного хозяйства ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район). Опыт, заложенный в 2002 году, расположен на водораздельном плато и верхней части склона южной экспозиции.

Почва опытного участка представлена в основном чернозёмом типичным, среднесуглинистым, тяжёлосуглинистым, подстилаемым палевым средним лёссовидным суглинком. Пахотный горизонт (0-20) тёмно-серого цвета, однородно окрашен, увлажненный, уплотнен, среднесуглинистый. Структура глыбистая, крупно-комковато-порошистая. Переход замечен по плотности. Граница ровная. Мощность гумусового горизонта достигает 72-80 см. Вскипание карбонатов отмечалось в нижней части гумусового горизонта.

Общая площадь опыта составляла 7 га. Размер посевной площади опытной делянки составлял 270х10,8 м. Изучали влияние двух типов технологий различной интенсивности возделывания сельскохозяйственных растений: базовой и интенсивной. В каждом типе изучали традиционную и ресурсосберегающую обработку почвы. Традиционная обработка почвы включала в себя среднюю отвальную обработку почвы. Ресурсосберегающая обработка почвы включала: мелкую безотвальную и поверхностную обработку.

На данном опыте пятипольный зернопаропропашной севооборот:

1. пар*
2. озимая пшеница
3. сахарная свекла
4. гречиха
5. яровой ячмень.

*При базовой технологии – чистый пар, при интенсивной – сидеральный.

Агрофизические показатели почвы, пожалуй, за исключением гранулометрического состава, отличаются своей динамичностью в течение вегетационного периода [2, 3].

Плотность сложения и твердость почвы – это разные свойства почвы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур, изменяющиеся при использовании разных обработок почвы.

Твердость почвы – это сопротивление почвы проникновению в нее тела (металлического плунжера) определенной формы [2]. Высокая твердость почвы создает неблагоприятные условия для прорастания семян, развития и проникновения корней в почву. И как следствие, угнетается развитие растений

из-за неблагоприятного водного, воздушного и теплового режимов.

Плотность почвы – это масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении. Оптимальная плотность почвы для благоприятного роста и развития сельскохозяйственных культур не должна превышать $1,3 \text{ г/см}^3$ [2]. Переуплотненная почва оказывает большое сопротивление почвообрабатывающим орудиям (особенно при низкой влажности почвы), отрицательно сказывается на развитии корневой системы растений.

Определение плотности и твердости почвы проводили в слое 0-20 см и 20-40 см, в трехкратной повторности на посевах озимой пшеницы сорта Синтетик после возобновления вегетации растений озимой пшеницы весной (фаза кущения) и перед уборкой.

Для определения плотности сложения почвы использовали почвенный бур-пробоотборник для отбора почвенных образцов с нарушенной структурой, позволяющий отбирать почву, незначительно нарушая почвенный покров и не травмируя посевы сельскохозяйственных культур [4, 5].

Для определения твердости почвы применяли заводской статический пенетрометр.

При определении данных агрофизических свойств почвы также определяли влажность почвы термостатно-весовым методом.

Погодные условия 2019-2020 г были благоприятны для роста и развития растений озимой пшеницы. Растения ушли в зиму крепкими, в фазе кущения. Мягкая зима и ранняя весна способствовали быстрому возобновлению вегетации озимой пшеницы.

Для всех вариантов обработки почвы базовой и интенсивной технологий характерно снижение твердости почвы перед уборкой культуры по сравнению с фазой кущения озимой пшеницы: как в пахотном слое, так и в подпахотном (20-40). Наиболее низкую твердость имеют верхние слои распахиваемых почв. С увеличением глубины твердость почвы постепенно возрастает и стремится к равновесному состоянию и постоянному значению. Изменения твердости почвы в более глубоких слоях гумусового горизонта может быть связано с глубокой обработкой почвы, а также наличие плужной подошвы.

При характеристике твердости почвы по классификации Г.Н. Высоцкого [6], отмечалось, что для базовой технологии в период кущения озимой пшеницы почва характеризовалась как твердоватая, а перед уборкой – как рыхловатая (таблица 1).

Для интенсивной технологии в фазе кущения озимой пшеницы в слое 0-20 при средней отвальной и поверхностной обработках почва была рыхловатая, а в слое 20-40 – твердоватая.

Наиболее оптимальная для развития корневой системы растений озимой пшеницы была твердость почвы при интенсивной технологии с применением поверхностной обработки.

При характеристике плотности почвы по классификации Н.А. Качинского [6], отмечалось, что для базовой и интенсивной технологий: как в период кущения озимой пшеницы, так и перед уборкой, при применении средней

отвальной обработки – почва пахотного слоя вспушена.

Таблица 1 – Твердость почвы в посевах озимой пшеницы в фазу кущения и перед уборкой

Варианты опыта	Слой почвы, см	Твёрдость почвы, кгс/см ²	
		фаза кущения	перед уборкой
Базовая агротехнология			
Средняя отвальная обра- ботка	0-20	16,35	6,86
	20-40	20,39	11,78
Мелкая безотвальная об- работка	0-20	15,47	7,21
	20-40	17,40	13,53
Интенсивная агротехнология			
Средняя отвальная обра- ботка	0-20	11,95	7,56
	20-40	18,11	13,89
Поверхностная обработка	0-20	11,60	4,75
	20-40	17,76	10,37

Для остальных вариантов обработки (мелкая безотвальная и поверхностная) почва характеризуется как типичная по плотности для культурной пашни. Также отмечено увеличение плотности почвы в подпахотном слое по сравнению с пахотным, однако отмечалось отсутствие резкого увеличения значения плотности, характерного для плужной подошвы (таблица 2).

Таблица 2 – Плотность почвы в посевах озимой пшеницы в фазу кущения и перед уборкой

Варианты опыта	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см ³	
		фаза кущения	перед уборкой
Базовая агротехнология			
Средняя отвальная обработка	0-20	0,76	0,82
	20-40	1,16	1,16
Мелкая безотвальная обработка	0-20	1,00	0,99
	20-40	1,12	1,14
Интенсивная агротехнология			
Средняя отвальная обработка	0-20	0,93	0,93
	20-40	1,09	1,05
Поверхностная обра- ботка	0-20	1,12	0,96
	20-40	1,08	1,09

Плотность почвы в фазу кущения озимой пшеницы и перед уборкой незначительно изменялась при сравнении в диапазоне одного слоя, с увеличением значения в подпахотном слое по сравнению с нижележащим слоем. Оптимальный диапазон плотности почвы для озимой пшеницы считается от 1,05 до 1,30 г/см³. Следовательно, при интенсивной технологии возделывания с применением средней отвальной и поверхностной обработок плотность почвы была более благоприятна для растений озимой пшеницы, по сравнению с

базовой технологией.

Анализируя полученные данные по твердости и плотности почвы в посевах озимой пшеницы, получаем, что в 2020 году оптимальное состояние почвы было при возделывании по интенсивной технологии с применением поверхностной обработки почвы.

Библиографический список

1. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В. Агропочвоведение. – М: КолосС, 2003. – 528 с.
2. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. – М, 2019. – 184 с.
3. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В., Ильин Б.С. Минимализация приемов основной обработки почвы под озимую пшеницу в Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 6. – С.86-89. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-16122.
4. Патент на изобретение 2657555 Рос. Федерации: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Салимгареева О.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2016152784; заявл. 30.12.2016, опубл. 14.06.2018, бюл. № 17.
5. Патент на изобретение 2732907 Рос. Федерации: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Прущик А.В., Глазунов Г.П.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2019145230; заявл. 25.12.2019, опубл. 12.11.2020, бюл. № 32.
6. Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Игнатъев Н.Н. Общее почвоведение – Москва: КноРус, 2015. – 538 с.

УДК 631.4

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ООО «АГРО-РЕСУРС» НОВОХОПЁРСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Пузанова Т.В., Соляной А.В., Поклонский А.В.
ФГБУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж
E-mail: tanyapuzanova01@gmail.com

Резюме. В работе рассмотрено агроэкологическое состояние почв разного гранулометрического состава землепользования ООО «Агро-Ресурс» Новохоперского района Воронежской области. Установлено, что исследуемые почвы имеют существенные различия в химических и физико-химических свойствах в зависимости от содержания и профильного распределения физической глины.

Ключевые слова: черноземы, аллювиально-делювиальные почвы, гранулометрический состав, химические и физико-химические свойства.

Summary. The work considers the agroecological state of soils of different granulometric composition of land use of «Agro-Resource» Novokhopersk district of the Voronezh region. It was found that the studied soils have significant differences in chemical and physicochemical properties depending on the content and profile distribution of physical clay.

Key words: chernozems, alluvial-deluvial soils, particle size distribution, chemical and physicochemical properties.

Агроэкологическое состояние почв Центрально-Черноземного региона всегда являлось и является актуальной проблемой почвоведения и земледелия, чему посвящено немало научных работ [2, 4]. Целью исследований являлось провести сравнительную характеристику агроэкологического состояния почв

разного гранулометрического состава ООО «Агро-Ресурс» Новохоперского района Воронежской области.

Исследования проводились на территории Новохопёрского района Воронежской области, на территории землепользования ООО «Агро-Ресурс». В качестве объектов исследования были выбраны: 1 – чернозёмы типичные среднегумусные среднемощные тяжелосуглинистые, 2 – чернозёмы типичные малогумусные среднемощные легкосуглинистые, 3 – чернозёмы выщелоченные малогумусные среднемощные легкосуглинистые, 4 – аллювиально-делювиальные почвы днищ балок карбонатные среднесуглинистые. Из указанных почвенных разрезов были отобраны образцы с поверхности 10-сантиметровыми слоями через каждые 10 см. Химические и физико-химические исследования в отобранных образцах проводились по общепринятым методикам под руководством доцента кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами ВГУ Громова А.И. [1, 3].

Исследуемые почвы имеют разный гранулометрический состав, что связано с разнообразием почвообразующих и подстилающих пород, рассматриваемого землепользования. Тяжелосуглинистые разновидности (с содержанием ЭПЧ < 0,01 мм 46,8%) представлены чернозёмами типичными. В профиле этих почв содержание физической глины постепенно увеличивается с глубины и достигает 51,3%. Легкосуглинистые разновидности с содержанием физической глины в верхней части гумусового горизонта 27,1-27,6% представлены черноземами типичными и выщелоченными. В обоих подтипах содержание физической глины уменьшается с глубиной до 2,0-7,6%. В нижней части профиля эти почвы имеют песчаный гранулометрический состав, что связано с подстиланием почвообразующих пород древними аллювиальными отложениями. Аллювиально-делювиальные почвы днищ балок на всём протяжении профиля имеют среднесуглинистый гранулометрический состав, содержание физической глины в них изменяется от 31,6-39,1%. В целом распределение этой фракции по профилю равномерное (рис. 1).

Разный гранулометрический состав почв землепользования обуславливает существенные различия в их химических и физико-химических свойствах. Так тяжелосуглинистые разновидности, представленные черноземами типичными, имеют самую высокую гумусированность, по сравнению с другими почвами. В верхней части их гумусового горизонта содержится 6,13% гумуса, количество которого постепенно уменьшается с глубиной до 0,9% в слое 150-160 см. Кривая распределения гумуса в этих почвах в целом носит аккумулятивный характер с признаками прогрессивности (рис. 2). Легкосуглинистые черноземы относятся к малогумусным видам, в них содержание гумуса в слое 0-10 см составляет 4,68-4,88%. Убывание его с глубиной равномерно-аккумулятивное. Таким же типом кривой распределения гумуса характеризуются аллювиально-делювиальные почвы днищ балок, которые с поверхности содержат 3,29% гумуса, количество которого постепенно уменьшается до 0,2%.

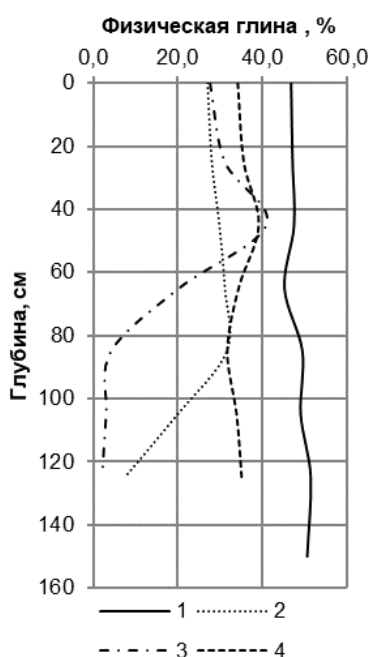


Рисунок 1 – Профильное распределение физической глины в почвах
ООО «Агро-Ресурс»

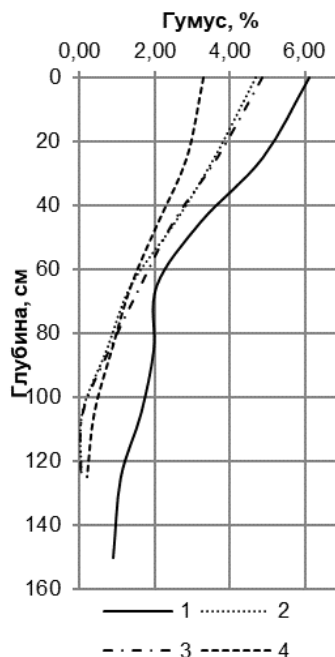


Рисунок 2 – Профильное распределение гумуса в почвах
ООО «Агро-Ресурс»

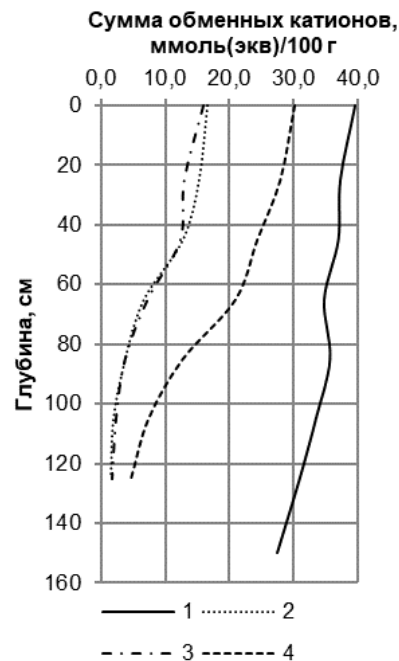


Рисунок 3 – Профильное распределение суммы обменных катионов в почвах
ООО «Агро-Ресурс»

Цифрами обозначены: 1 – чернозёмы типичные среднегумусные среднемощные тяжело-суглинистые, 2 – чернозёмы типичные малогумусные среднемощные легкосуглинистые, 3 – чернозёмы выщелоченные малогумусные среднемощные легкосуглинистые, 4 – аллювиально-делювиальные почвы днищ балок карбонатные среднесуглинистые

В связи с указанными различиями в гранулометрическом составе и профильным распределением гумуса в рассматриваемых почвах можно отметить различия в состоянии почвенно-поглощающего комплекса (ППК). Общим для всех почв является то, что в составе их ППК преобладает обменный кальций над обменным магнием. Отношение кальция к магнию по мере облегчения гранулометрического состава сужается с 5,4-6,2 до 2,8-3,2, что свидетельствует об уменьшении доли кальция в составе ППК при относительно стабильном содержании обменного магния. В целом черноземы типичные тяжелосуглинистого гранулометрического состава содержат обменного Ca^{2+} и Mg^{2+} соответственно 33,4 и 6,2 ммоль(экв)/100 г. В среднесуглинистых аллювиально-делювиальных почвах днищ балок количество обменного кальция меньше, и в слое 0-10 см оно составляет 24,5 ммоль(экв)/100 г почвы, а количество обменного магния – 5,6 ммоль(экв)/100 г почвы. В легкосуглинистых разновидностях типичных и выщелоченных черноземов в виду низкой гумусированности содержание обменного кальция практически в 3 раза меньше (11,6-12,1 ммоль(экв)/100 г). Содержание обменного магния в них составляет соответственно 4,3 и 4,4 ммоль(экв)/100 г. Таким образом, сумма обменных катионов имеет тесную корреляционную связь с содержанием и профильным распределением органического вещества рассматриваемых почв (рис. 3).

Все почвы имеют достаточно высокую степень насыщенности обменными основаниями. В черноземах типичных в некарбонатных горизонтах она составляет 95-98%, в выщелоченных немного ниже – 78%. Аллювиально-делювиальные почвы днищ балок с поверхности полностью насыщены обменными основаниями, что связано с намывом карбонатных продуктов почвообразования с примыкающих склонов балок. Также по этой причине почвы днищ балок имеют щелочную реакцию среды (7,8 ед.). Черноземы типичные характеризуются слабощелочной реакцией (7,3 ед.), а черноземы выщелоченные – кислой (6,0 ед.).

Таким образом, разный гранулометрический состав исследуемых почв землепользования ООО «Агро-Ресурс» накладывает свой отпечаток на химические и физико-химические свойства и почвы характеризуются различным агроэкологическим состоянием. Удовлетворительными свойствами обладают черноземы типичные тяжелосуглинистого гранулометрического состава. По мере облегчения гранулометрического состава химические и физико-химические свойства рассматриваемых почв ухудшались, в основном, за счет снижения уровня гумусированности и изменений их ППК.

Библиографический список

1. Громовик А.И. Методы исследования физических свойств почв: учебно-методическое пособие / А.И. Громовик, И.В. Черепухина. – Воронеж: ООО «Издательство РИТМ», 2018. – 90 с.
2. Евтушенко Т.Ю. Агроэволюция черноземов Воронежской области в различных режимах использования / Т.Ю. Евтушенко. Дис. ... канд. с-х. наук. – Воронеж, 1999. – 216 с.
3. Щеглов Д.И. Основы химического анализа почв / Д.И. Щеглов, А.И. Громовик, Н.С. Горбунова. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. – 332 с.
4. Щербаков А.П. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / А.П. Щербаков, В.В. Аbruкова, Д.А. Букреев. – Курск, 1996. – 289 с.

УДК 631.4

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ФИТОМЕЛИОРАНТОВ И УДОБРЕНИЙ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ ПОДПРОВИНЦИИ ДАГЕСТАНА

Рамазанов А.В.

ФГБНУ «ФАНЦ РД» г. Махачкала

E-mail: aryph@mail.ru

Резюме. Показаны результаты эксперимента за 2015-2017гг из исследования адаптивного потенциала культур-освоителей при различных видах удобрений на лугово-каштановых почвах РД. Выявилось, что вносимые удобрения положительно сказались на повышение водопрочных агрегатов. Отмечено положительное влияние вносимых удобрений на динамику питательных веществ. При минеральном удобрении урожайность изучаемых культур повысилась на 63,3 %, а при сидерации и удобрении навозом – оказалась выше. Лучший результат от видов удобрений показало сахарное сорго.

Ключевые слова. Лугово-каштановые почвы, фитомелиорация, плодородие, сидерация, питательные вещества, засоленные почвы, удобрение.

Экономически выгодным методом улучшения состояния вторично засоленных почв, согласно данным многих учёных, является выращивание фитомелиорантов [6, 7, 8, 14, 15].

Исследования, направленные на решение этих вопросов в Дагестане приведены [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13].

В основном этими исследованиями были охвачены центральная орошаемая зона Дагестана и Терско-Кумская подпровинция. В то же время, в недостаточной степени были изучены вопросы повышения плодородия засоленных земель посредством обогащения этих почв различными видами удобрений.

В этой связи, исследования, направленные на решение данных вопросов в условиях Бабаюртовского района, являются актуальными.

На средnezасоленных лугово-каштановых почвах изучали эффективность выращивания люцерны и сахарного сорго при разных видах удобрений.

В опыте установлено, что при внесении удобрений, особенно при заправке навоза и сидерации улучшаются водно-физические свойства почвы.

Динамика питательных веществ под исследуемыми кормовыми культурами сложилась следующим образом.

Под люцерной, на контроле (без удобрений) по азоту отмечен положительный баланс (+12,6 кг/га), а под фосфором сложился отрицательный баланс.

На делянках с минеральными удобрениями, навозом и сидерацией почвы, наблюдался положительный баланс по обоим элементам.

На посевах сахарного сорго сложился отрицательный баланс даже при внесении удобрений, поэтому для достижения бездефицитного их баланса необходимо вносить дополнительных дозы удобрений.

Изучаемые агротехнические приёмы оказали влияние на продуктивность люцерны и сахарного сорго. Так, при внесении минеральных удобрений урожайность культур повысилась в среднем на 63,3 % (таблица). При этом более высокая отзывчивость на этот вид удобрений отмечена у сахарного сорго – 84,7 %, а у люцерны – 34,9 %.

При удобрении навозом, средняя прибавка урожая кормовых культур выше, чем минеральными удобрениями на 17,6 %.

Наиболее эффективной оказалась сидерация почвы зелёной массой гороха. В данном случае, по сравнению с контролем продуктивность кормов повысилась в 1,66 раза, а по сравнению с навозом урожайность снизилась на 10,9 %.

Сравнительная продуктивность изучаемых культур при данном виде удобрения показала, что сахарное сорго и в данном случае формировала более высокую урожайность, чем люцерна.

Таблица – Урожайность кормовых культур при внесении различных видов удобрений за 2015-2017 гг. (т/га зеленой массы)

Культуры	Виды удобрений			
	Без удобрений, контроль	НРК	Навоз	Сидерат
Люцерна	12,3	16,6	20,2	22,0
Сорго	16,3	30,1	34,6	38,9

НСР_{0,5}, т : 2015 – 1,7; 2016 – 1,6; 2017 – 1,8

Вывод. Подводя итог вышеизложенному можно отметить, что на среднесоленных лугово-каштановых почвах наибольшая эффективность достигается при заправке навоза и сидерации. Из изучаемых культур, более адаптивной является культура сахарное сорго.

Библиографический список

1. Гасанов, Г.Н. Фитомелиорация орошаемых земель РД как фактор экологической стабильности/ Г.Н. Гасанов, М.Р. Мусаев, Н.Р. Магомедов // Экологически безопасные технологии в сельскохозяйственном производстве XXI века / Тез. докл. межд. научн.-практ. конф. – Владикавказ: «Иристон», 2000. – С. 123-124.
2. Гасанов, Г.Н. Обработка засоленных почв под яровые культуры в Западном Прикаспии / Г.Н. Гасанов, М.Р. Мусаев // Наука – XXI веку / Матер. четвертой всеросс. научн.-практ. конф. – Майкоп, 2003 (а) – С.82-83.
3. Гасанов, Г.Н. Перспективы биомелиорации засоленных почв Западного Прикаспия / Г.Н. Гасанов, М.Р. Мусаев, И. А. Мусаев // Аридные экосистемы / Российская академия наук. – Москва, 2003 (б) – С. 105-107.
4. Гасанов, Г.Н. Научные основы почвозащитного земледелия в Западном Прикаспии/ Г. Н. Гасанов, Н. Р. Магомедов, М. М. Абасов // Плодородие. – 2003 (в). – №5.– С.4-5.
5. Гасанов, Г.Н. Фитомелиорация засоленных почв Западного Прикаспия / Г. Н. Гасанов, М. Р. Мусаев, М.М. Абасов // Плодородие. – 2004. – № 1. – С. 10.
6. Григоров, М.С. Продуктивность и мелиорирующая роль сорго на орошаемых землях/ М.С. Григоров, В.И. Цымбалов // Кукуруза и сорго. – 1996. – № 1. – С. 17-20.
7. Зволинский, В.П. К развитию АПК аридных территорий РФ / В.П. Зволинский // Проблемы социально-экономического развития аридных территорий России / Сб. тр. Прикасп. НИИ арид. земледелия. – М.: РАСХН. – 2001. – т. 1. – С. 16-31.
8. Исаков, Я.И. Не взирая на засуху / Я.И. Исаков, П. Пахайло, А. Кольчик // Кукуруза и сорго. – 1997. – № 6. – С. 19-21.
9. Магомедов, Н.Р. Особенности технологии выращивания зернового сорго на засоленных землях равнинного Дагестана/ Н.Р. Магомедов // Сб. науч. тр. / Дагестанский НИИСХ. – Махачкала, 1985. – С. 88-91.
10. Мусаев, М.Р. Возможности повышения биопродуктивности засоленных почв Западного Прикаспия / М.Р. Мусаев // Приоритетные направления развития науки, технологий и техники / Успехи современного естествознания. – Москва. – 2004 (а). – № 2. – С. 182-184.
11. Мусаев, М.Р. Продуктивность кормовых агрофитоценозов на засоленных почвах Дагестана и оптимизация условий их выращивания/М. Р. Мусаев // Приоритет России XXI века: от биосферы и техносферы к ноосфере / Матер. межд. научн.-практ. конфер. – Пенза, 2004 (б). – С. 107-109.
12. Мусаев, М.Р. Фитомелиорация засоленных земель как фактор устойчивого развития АПК Дагестана/М. Р. Мусаев // Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности / Сбор. матер. Всеросс. научн.-практ. конф. – Пенза, 2004(в). – С. 45-47.
13. Мусаев, М.Р. Кормовые культуры – фитомелиоранты засоленных земель / М.Р. Мусаев // Кормопроизводство. – 2004(г). – № 4. – С. 28-29.

14. Шамсутдинов, З.Ш. Мировой опыт биологических мелиораций и перспективы их использования в устойчивом развитии пастбищного хозяйства Западного Прикаспия / З.Ш. Шамсутдинов // В сб.: Биота и природная среда Калмыкии. – М., 1995. – С. 106-157.
15. Шамсутдинов, З.Ш. Биотическая мелиорация деградированных агроландшафтов в контексте учения о биосфере / З.Ш. Шамсутдинов, И.В. Савченко, Н.З. Шамсутдинов // Проблемы мелиорации и орошаемого земледелия юга России. – М.: РАСХН, 2001. – С. 333-340.

УДК 004.42:004.8:631.58

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Рыбалкин Б.А.

ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»

Воронежская обл., Таловский р-н.

***Резюме.** В статье изложены взгляды автора на систему земледелия, структуру и функцию современных агроландшафтов. Показана возможность использования компьютерных моделей агроэкосистем при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Сделана попытка соединить эмпирический опыт и применение современной вычислительной техники для выработки правильного управленческого решения.*

***Ключевые слова:** агросреда, системы земледелия, элемент, структура посевных площадей, компьютерные технологии, искусственный интеллект.*

Чтобы эффективно управлять продукционным процессом агроландшафтов, необходимо принимать правильные решения как в выборе приемов воздействия на агросреду (почву и микроклимат), так и на растения в конкретном агроландшафте. Быстро меняя систему земледелия, адаптируя её к сложившимся условиям, можно достичь максимального урожая. Для этого нужно обладать определенным объемом информации о параметрах агросреды на данный момент времени, и как её необходимо «подправить», чтобы получить максимальный урожай качественной продукции.

На протяжении нескольких столетий не одно поколение ученых изучало структуру агроландшафтов, закономерности протекающих в них процессов, благодаря чему были накоплены и обобщены огромные знания по возделыванию сельскохозяйственных культур и ведению сельскохозяйственного производства. Но о достижении предела в этой отрасли народного хозяйства говорить еще рано.

В настоящее время неэффективность сельскохозяйственного производства связана с неумением быстро принимать правильные решения. Как любая сложная система, к которой относится и агроэкосистема, она обладает рядом закономерностей, что дает возможность на них влиять. Надо отметить, что не все факторы в агроэкосистеме относятся к регулируемым, имеются нерегулируемые и условно регулируемые факторы.

Большинство антропогенных воздействий на агросреду в сельскохозяйственном производстве не согласуется с законами развития природной среды и сильно снижает ее устойчивость. Современные технологии и системы

земледелия, влияющие на состояние пахотных земель и продуктивность сельскохозяйственных угодий, создают большую экологическую напряженность [1].

В связи с этим, применяемые технологии должны быть подвергнуты критической оценке и получить научное обоснование экологической безвредности, т.е. экологический допуск.

К настоящему времени разработано много приемов повышения плодородия почвы и оптимизации агроландшафтов, имеющих общий характер.

Известны следующие приемы воздействия на агросреду:

1) физические приемы, к которым относятся приемы подготовки почвы к посеву: глубокая основная и мелкие для закрытия влаги и уничтожения сорняков; междурядное рыхление (если применяется широкорядный посев) и агротехнические приемы борьбы с эрозией почв (лункование, щелевание и т.д.);

2) приемы, призванные улучшить круговорот биофильных химических веществ и повысить биологическую активность почв (внесение органических и минеральных удобрений, стимуляторы роста);

3) мелиоративные приемы планируют с целью улучшения агрономических свойств почвы (орошение, осушение, известкование, гипсование, углубление пахотного горизонта и т.д.);

4) с целью уменьшения дефляции и водной эрозии применяют приемы агролесомелиорации (посадка полезащитных, ветроломных, стокорегулирующих лесных полос);

5) биологические меры (правильный набор возделываемых культур, оптимальная структура посевных площадей, система севооборотов, применение современных сортов и гибридов, система семеноводства).

Актуальной проблемой остается разработка приемов оптимизации агроландшафтов применительно к конкретным природно-территориальным комплексам, различия которых обусловлены почвенно-климатической зональностью.

Формально система земледелия с помощью агротехнологий или отдельных приемов воздействует на агробиогеоценоз в целом или отдельные его элементы. Поэтому, в управлении агроэкосистемой система земледелия играет основную роль. Другими словами, под управлением агроэкосистемой понимается нивелирование негативных и допустимое усиление позитивных процессов, протекающих в агроландшафте.

Земледелие в основе остается чисто эмпирической наукой, что не позволяет ему быть высокоэффективным. Что бы разработать экологически безвредные технологии, все проводимые исследования и полученные результаты требуют многолетней проверки.

Задача оптимизации структуры посевных площадей в системе севооборотов для хозяйств является сложной и многовариантной. От правильного выбора культур, схемы их чередования, соотношения культур сплошного посева и пропашных, доли черного пара в севообороте, в значительной мере зависят результаты производственной деятельности сельхозпредприятия.

Концепция использования агроландшафтов по-новому состоит в возможности создавать их заново, широко применяя современные знания и возможности научно-технического прогресса. С помощью ЭВМ (искусственного интеллекта) появилась возможность моделирования сложных систем и возможность заглянуть в будущее, интерполировать развитие экосистемы, сделать прогноз и своевременно вносить изменения в программу развития. Специалисты уже и теперь имеют качественные гипотезы о деятельности изучаемых ими систем. Нужно только попытаться воплотить их в структурные компьютерные модели. После создания компьютерной модели, её можно будет исследовать на «поведение» в той или иной ситуации, а, сравнивая с системой-оригиналом, можно будет судить о правильности выбранного решения.

Вычислительные машины уже применяются в различных сферах управления. Можно полагать, что по мере их усовершенствования использование это будет становиться все более широким и разнообразным во всех сферах, где принятие решений связано с переработкой большого объема информации.

Понятие системы. Любая система представляет собой совокупность разнородных либо одинаковых элементов, находящихся в сложных взаимосвязях и взаимозависимостях. Все вместе элементы представляют собой нечто целое, наделенное определенной функцией. Сложная система отличается от простой количеством элементов и разнообразием их связей. Все эти понятия условны. Элементы сложных систем сами могут представлять собой некую систему, так называемую подсистему или систему низшего порядка по отношению к системе более высокого порядка [2]. Понятие «элемент» возникает при попытках моделирования системы или ее структуризации. Истинных конечных элементов пока не знает ни одна наука: всегда можно поделить на элементы, казалось бы, уже неделимые части (звенья системы). Однако логика подсказывает, что можно предположить о конечности иерархического строя элементов.

К сложным системам следует относить такие системы, в которых точную структуру нельзя установить. К сложным системам можно отнести все экосистемы и как подсистему – агроэкосистемы. В своем развитии – «цикле жизни» – каждая биологическая система имеет свое начало и конец.

Это означает, что сложные системы имеют структуру и драйверы, обеспечивающие функционирование системы в форме взаимодействий её элементов и воздействия самой модели на объект.

Понятие «структура» обычно относится только к системе, а элемент ее представляется как часть системы, который, однако, обладает функцией, изменяющейся по определенной программе, то есть оказывает воздействие на другие элементы по определенным законам и закономерностям. Программа деятельности целой системы складывается из элементарных программ ее элементов или определенных групп элементов – подсистем.

Информация – это сведения о системе, о ее структуре и функции, в форме модели.

С другой стороны, **модель** – это система со своей структурой и функцией, отражающая структуру и функцию системы-оригинала. Модель всегда

является упрощением оригинала и обычно тем или иным искажением его. Она может иметь описательный характер, отображаясь на бумажном носителе в форме текста, схем, карт и т. д. Модель может быть составлена с помощью ЭВМ и находиться на магнитном носителе, либо представлять собой физическую уменьшенную или увеличенную копию.

Математические (компьютерные модели), как и все системы, обладают соответствующей информацией. Они хранят, перерабатывают и сообщают (передают) информации другим системам или человеку. В сложных системах законы информации действуют на систему так же, как и другие законы. Научно-технический прогресс не остановить, но не все так просто.

Для построения точных моделей не решена проблема достаточности информации. Из-за отсутствия информации нет точных моделей прошлого состояния агроэкосистемы, в то же время небольшие объемы наблюдений за изменением объекта часто приводят к ошибочным представлениям механизма изменений в агроэкосистеме и запоздалому принятию правильных управленческих решений.

В процессе построения эвристических моделей сложных систем, к которым относятся все экосистемы, важнейшим нам представляется увеличение в разы количества параметров и измерений её характеристик.

Идет совершенствование вычислительных машин. Уже создаются машины с многоканальным счетом, позволяющие вести параллельную, по нескольким направлениям, обработку информации, что позволяет переработать большой объем информации за короткое время. Кроме того, появляются «гибриды» цифровых и аналоговых машин, которые, вероятно, будут хороши для моделирования сложных систем. Важным шагом должно быть создание **искусственного интеллекта** – эвристической модели, представленной в виде компьютерной программы на основе цифровых технологий «эксперта-помощника» для выбора правильного решения в сложившихся условиях на данный момент времени.

Метод моделирования и использование «искусственного интеллекта» не заменит традиционного пути научного познания. Создание новых гипотез, обобщение результатов исследований всегда останется приоритетом человеческого разума. Разрабатывая эвристическую модель, можно выявлять новые направления в экспериментальных исследованиях, требующихся в создании общей гипотезы функционирования биогеоценоза в целом.

Не всякая компьютерная программа может быть объявлена «искусственным интеллектом». В настоящее время имеется ряд программ, которые могут стать основой для разработки «искусственного интеллекта». Это экспертно-ориентированные программы, которые помогают специалистам выбрать наиболее правильное решение.

Для принятия решения специалист сначала задает определенные параметры, которые он планирует получить на выходе, а программа уже на основе заложенных в нее математических моделей и базы данных выдает оператору уже готовый результат. В сельском хозяйстве это может быть как технология

возделывания сельхозкультур, система защиты почв от эрозии, схема размещения полевых защитных лесных полос, рацион кормления животных и птицы и т.д. Имеются программы, помогающие специалисту выбрать тот или иной химический препарат для борьбы с вредителями и болезнями растений, для уничтожения сорной растительности. Такие программы еще называют электронными справочниками. Интернет помогает специалисту найти эти препараты по приемлемой цене и выбрать логистику их доставки. Но это еще не «искусственный интеллект».

Все эти программы, если в них не будет меняться заложенная человеком информация, быстро «стареют» и становятся бесполезными. Следить за потоками новой информации и своевременно вводить в эти программы, тоже требует времени и затрат человеческих ресурсов. Необходимо научить компьютерные системы, чтобы они сами выискивали в сети электронных научных библиотек, в научных отчетах нужную информацию, перерабатывали ее, делали анализ и правильный отбор (контроль человека на этом этапе обязателен). И после этого уже заменять устаревшую информацию новой. Таким образом, у специалиста, в режиме он-лайн на его персональном компьютере будет меняться модель в зависимости от того, как в научной литературе будут поступать самые новые экспериментальные данные и математические модели тех процессов, которые используются программой. Такую программу, которая будет способна к самообучению, уже можно будет в первом приближении назвать «искусственным интеллект».

В сельском хозяйстве применимы два направления использования компьютерных технологий. При первом подходе задачу можно решить, например, симплекс-методом, избрав наилучший алгоритм управления. Его можно приложить к реальной агроэкосистеме, используя современные технические средства и апробированные приемы воздействия на систему.

Надо помнить, для поддержания устойчивости экосистемы необходимо корректировать степень и приемы воздействия. Поэтому лучше применять второе, более сложное направление, когда управление реальной системой осуществляется с использованием ее модели: каждый следующий шаг управления вначале «проигрывается» на модели, затем переносится на объект, далее по обратным связям вносятся изменения в модель, и следующий шаг снова проверяется на уже «подогнанной» к новому состоянию модели.

В связи с этим нами разработана схема расчета (алгоритм) структуры посевных площадей (рис. 1).

Данный алгоритм расчета структуры посевных площадей, как нам представляется, будет способствовать устойчивому развитию агроэкосистемы.

Надо помнить, что любая агроэкосистема в результате процессов самоорганизации, со временем может изменить структуру. Предвидеть структурные изменения в агроэкосистеме на много лет вперед не представляется возможным. Это обстоятельство не снижает ценность метода использования моделей в управлении, а лишь делает долгосрочные прогнозы несколько субъективными.

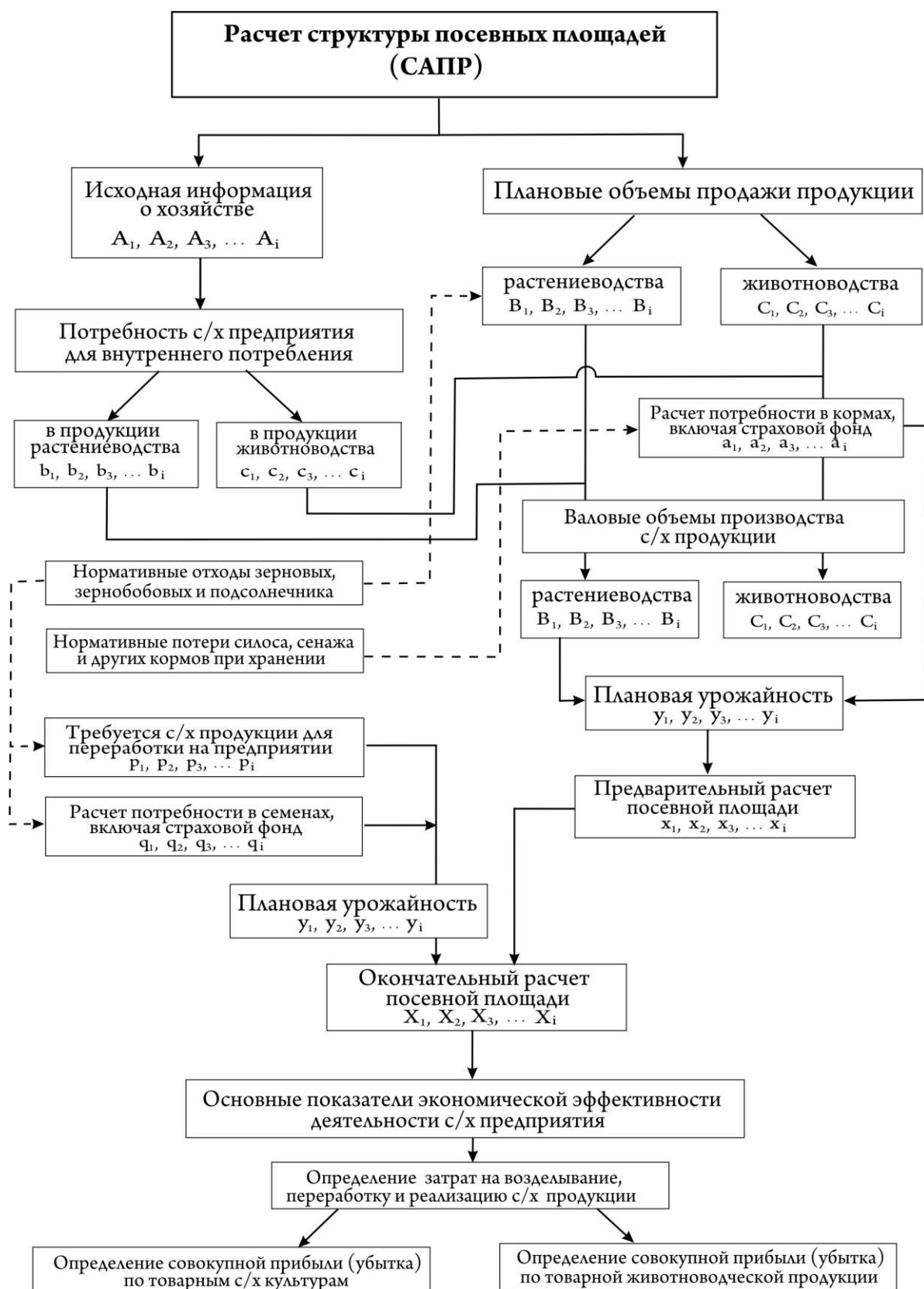


Рисунок 1 – Алгоритм расчета структуры посевных площадей для ЭВМ

Переход к ландшафтному земледелию предполагает усиление внимания к формированию состава возделываемых культур, размещению их в агроландшафтах с целью эффективного использования пашни, не нарушая законов земледелия [3].

В многоотраслевых хозяйствах с развитым животноводством, ориентированных на самообеспечение, наибольшее внимание должно быть уделено кормовым культурам и получению растениеводческой продукции в достаточном количестве для внутреннего потребления.

В данной работе нами была сделана попытка обсудить некоторые подходы к новой проблеме. Соединить эмпирический опыт и применение современной вычислительной техники для выработки правильного управленческого решения.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / Методическое руководство // под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Амосов Н.М. Моделирование сложных систем / Н.М. Амосов / Киев: Из-во «Наукова думка», 1968. – 87 с.
3. Акименко А.С. Взаимоувязка структуры посевных площадей и системы севооборотов при проектировании АЛСЗ / А.С. Акименко // Модели автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: сб. докл. Всеросс. науч.-практич. конф. ГНУ ВНИИЗПиЗПЭ, 14-16 сентября 2010 г., Курск, 2010. – С. 38-39.

УДК 631.92

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Рыспеков Т.Р.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

E-mail: rispekov_t@mail.ru

Резюме. В статье рассматриваются подходы к оценке использования территории Республики в растениеводстве до и после 1991 г. Автор дает сведения об образовании временно естественно-аграрных ландшафтов. Показана взаимосвязь сельскохозяйственной нагрузки на ландшафты и части этих ландшафтов, оказавшихся временно в естественном состоянии.

Ключевые слова: сокращение нагрузки, залежи, естественные ландшафты, наземный опад

Развитие общества в мире направленно на освоение природных богатств. Современные подходы к оценке экологического состояния ландшафтов направлены в сторону постоянного увеличения производства по использованию природных ресурсов. В работе [1] пишут: «В борьбе за количество продукции распахивали все земли, которые были анклавами естественной растительности, сдерживали эрозионные процессы и поддерживали чистоту и полноводье рек. Например, на Кубани степная часть распахана на 90 %, загрязнены и потеряли свое природное назначение природные речки. Резко возросла интенсивность водной и ветровой эрозии». Природные ресурсы территории Республики Казахстан также использовались по возрастающей до 1991 года. Начиная с этого периода природные ресурсы стали использоваться по рыночным условиям. В стране изменились экономические, социальные условия.

Произошло сокращение производства сельскохозяйственных

предприятий, что привело к уменьшению антропогенной нагрузки на природную среду. Это произошло на фоне, когда состояние современной биосферы оценивается как экологический кризис вследствие загрязнения среды, поскольку промышленные, сельскохозяйственные и бытовые отходы включают вещества, которые никогда не входили в естественные циклы биогенного круговорота и не имеют серьезных деструкторов [1]. Однако в Республики Казахстан величины срока и масштабы одновременно уменьшенной антропогенной нагрузки привели к созданию различных по пространству и времени экологически новых, то есть естественно-антропогенных ландшафтов. Особенно сильно сократилось сельскохозяйственное производство растениеводческой продукции.

В республике и раньше были периоды, когда распахивались почвы, которые затем (по разным причинам) не осваивались. Сроки распашки по годам и масштабы площадей были не очень большими. Эти земли попали в разряд залежей.

Залежи того периода были окружены большими площадями естественной территории, последние не могли быть распаханы из-за малой мощности техники. Распашка целинных земель (до 1954-1960 гг.) слабой техникой производилась на небольших площадях, и глубина вспашки была мелкой. По данным [2] за период с 1954 по 1960 гг. в Казахстане было распаханно свыше 18 млн. га новых земель на равнинных ландшафтах. Темпы освоения почв постепенно нарастали. Возрастала культура земледелия: различные виды механических обработок, севообороты, применение удобрений и ядохимикатов. В южных регионах стали развивать оросительные системы, что позволило получать больше разнообразной сельскохозяйственной продукции, увеличить площади освоенных земель и интенсивно их использовать. И если 6,7 млн. га было освоено до 1954 года по одной технологии и интенсивности. То в дальнейшем эти площади возросли почти в 6 раз, и технология их использования изменилась. По данным [3] подзона черноземов обыкновенных занимает 12,1 млн. га площади, из них пашни – 7,16 млн. га. По данным [4] на равнинах распаханность территорий достигает 90 %. В тоже время мелкосопочные ландшафты распаханы в три раза меньше. Ландшафты сухих типчаково-ковыльных степей на равнине распаханы на 50-60, а в мелкосопочнике – только на 10-15 % [4].

Интенсивное освоение полей в южных регионах, относительно полей степной зоны, происходило в течение 50-70 лет и более. Экстенсивное освоение больших территорий под посевы зерновых происходило в течение 40-50 лет в северных регионах. Такое различие в использовании, соответственно, существенно сказалось на многих компонентах ландшафтов (растительности, почве, поверхностных водах). Из-за пересеченности местности, склонов различной крутизны предгорные почвы не распахиваются сплошным массивом, как целинные почвы. Это разнообразит ландшафт и оберегает природную среду. Пересеченность местности и взаимовлияние зон вертикальной зональности способствуют сохранению разнообразия растительных и других сообществ и способствуют большей устойчивости природной среды

антропогенным нагрузкам. Связь разнообразия растений с устойчивостью среды отразилось как в вертикальном направлении между компонентами ландшафтов, так и в горизонтальном.

Переход на рыночные условия развития Республики Казахстан вызвало сокращение посевных площадей сельскохозяйственного производства на 19308,3 тыс. га. Это является огромной территорией. К этому можно добавить и часть из 4847,8 тыс. га посевных площадей переданных в крестьянские хозяйства, которые не полностью осваиваются.

Агроландшафты характеризуются ранее обработанным гомогенным на 20-25 или 25-27 см пахотным слоем в южных и Юго-Восточных регионах. На полях степной зоны почвы обрабатываются плоскорезными орудиями. С этих полей на протяжении 50-70 лет выносятся урожаем биофильные элементы. Агроландшафты регионов отличаются своеобразным травостоем, механическим уплотнением верхних слоев ландшафтов колесами техники. Временно оказавшиеся в естественных, а не в используемых условиях эти ландшафты влияют на функционирование окружающих ландшафтов. На них отсутствуют шумы, вызываемые работающей техникой, которые распугивали живые организмы ранее. Общая площадь этих ландшафтов занимает существенную величину.

Автор работы [5] считает, что с помощью ДЗЗ в аграрном секторе экономики России можно провести инвентаризацию сельхозугодий. «Сельхозугодья, а также брошенные, засоренные, зарастающие (в том числе лесной растительностью) земли хорошо дешифрируются по текстуре изображения».

Временно естественно-антропогенные ландшафты не относятся к «бросовым», потому что многие из них не потеряли своего плодородия, а плодородие и являлось причиной их освоения. Понятие «залежи» в основном связано с небольшими, прерывистыми территориями, целенаправленно оставленными на восстановление плодородия почвы. «Залежи» не играют большой роли в функционировании ландшафтов.

В работе [6] отмечают снижение гумуса, подвижного фосфора и обменного калия на выщелоченных черноземах лесостепи Среднего Поволжья на залежах. Так исходная агрохимическая характеристика почвы на данном опытном участке в 2000 году составляла 7,50%, 19,8 мг и 13,0 мг/100 г почвы, соответственно. На залежных полях 2014 и 2020 гг. эти показатели были равны 7,39% и 7,03%, 18,5 и 13,5 мг, 7,10 и 3,9 мг/100 г почвы, соответственно. Авторы [6] приходят к следующему выводу: «Таким образом, на залежных землях плодородие почвы за счет естественной растительности и деятельности животного мира неспособно к самовосстановлению».

Подобное заключение делают [7] на оподзоленных черноземах, которые находились в состоянии 5-летней залежи. В работе [7] пишут, что в последние десятилетия прошлого века и в начальные годы XXI века в России появились необрабатываемые земли – порядка 25-30 % от площади сельскохозяйственных угодий. Они перешли в состояние залежи, а их потенциальное плодородие стало неуклонно снижаться [7].

Однако, в Республике Казахстан временно естественно-антропогенные

ландшафты охватывают большую засушливую территорию в различных природно-климатических зонах и подзонах. Поэтому травостой в этих ландшафтах отличается друг от друга, соответственно и функции отличаются. Следует оценивать, что на некоторых территориях растительная биомасса временно естественных ландшафтов играет роль в накоплении корневого и наземного опада, увеличении численности и популяции животных.

С 2000 по 2015 гг. временно естественные ландшафты вовлекаются в основном в производство зерновых культур. Поля на этих ландшафтах дают более высокие и качественные урожаи, по сравнению с регулярно используемыми. Так как, увеличивается масса растительного опада, улучшается состав микроорганизмов, агрегатный состав, запасы влаги почвы.

Мы считаем, что в условиях степной зоны надо оценивать важную роль наземного опада. Так как наземный опад играет мульчирующую роль на поверхности почв. Во всех регионах роль наземного опада в экологическом направлении связана уменьшением ветрового потока, зимнего снегонакопления.

В зависимости от срока неиспользования развиваются различные дикорастущие культуры. Поэтому современные подходы к оценке экологического состояния ландшафтов Республики Казахстан должны исходить от степени использования земель в различных регионах, местностях. В основном резко отличающимися регионами являются Южные и Юго-Восточные от Северных. Так как земли Юга и Юго-Востока Казахстана используются более интенсивно. Здесь возделывают различные культуры. Применяют оросительную воду, что в этих условиях дает большой и высококачественный урожай. Северные регионы характеризуются более умеренным использованием почв. Это связано с тем, что в степной зоне возделывают в основном различные зерновые культуры.

Таким образом, оценку экологического состояния ландшафтов Республики Казахстан следует проводить как обычно с используемыми, и современными неиспользуемыми в сельском хозяйстве территориями. Образование новых естественно-антропогенных ландшафтов в течение 30 лет требует совершенствовать подходы к их экологической оценке. Также экологическая оценка состояния этих территорий должна быть связана и с пересеченностью местности.

Библиографический список

1. Белюченко И.С. Устойчивость аграрных ландшафтов и механизмы их развития / Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции 24-26 марта 2020 «Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития» – Краснодар: КубГАУ, 2020 – С. 40-47.
2. Сапаров А.С., Фаизов К.Ш. К 50-летию начала освоения целинных и залежных земель в Республике Казахстан / Актуальные проблемы почвоведения (к 50-летию освоения целинных и залежных земель) / Сб. научных статей. – Алматы: Институт почвоведения МСХ РК, 2004. – С. 5-10.
3. Жердева С.В. К вопросу агроэкологической оценки пашни Северного Казахстана/Матер. науч. конф. Состояние и рациональное использование почв Республики Казахстан. –

Алматы, 1998. – С. 101-102.

4. Национальный отчет по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия / Ред. К.Н. Карибаева. – Алматы, 1998. – 96 с.

5. Бек А.Н. Применение данных зондирования земли для решения различных задач управления сельскохозяйственными угодьями / Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию со дня основания ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии 9-11 сентября 2020 года. – Курск. – С. 78-81.

6. Немцев С.Н., Сабитов М.М., Науметов Р.В., Кузина Е.В., Шарипова Р.Б., Власов В.Г., Захарова Л.Г., Никифорова С.А., Кильянова Т.В. Основные направления в адаптивно-ландшафтной системе земледелия в условиях лесостепи Поволжья / Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию со дня основания ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии 9-11 сентября 2020 года. – Курск. – С. 54-70.

7. Семанова Е.И., Титова В.И. Динамика агрохимических показателей чернозема оподзоленного в состоянии 5-летней залежи / Устойчивость аграрных ландшафтов и механизмы их развития / Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции 24-26 марта 2020 «Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития» – Краснодар : КубГАУ, 2020 – С. 71-73.

УДК 631.8

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛУГОВО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ

Саипов М.А.¹

E-mail: samteim@rambler.ru

¹ФГБНУ «ФАНЦ РД», г. Махачкала

Резюме. Изучалось влияние видов удобрений на биологическую активность лугово-каштановой тяжелосуглинистой почвы и на накопление корневой массы основной яровой зерновой культуры в Терско-Сулакской попровинции Дагестана

Ключевые слова: биологическая активность, целлюлоза, почва, пожнивной сидерат, кукуруза на зерно.

Summary. The influence of fertilizer types on the biological activity of meadow-chestnut heavy loamy soil and on the accumulation of root mass of the main spring grain crop in the Tersko-Sulak region of Dagestan was studied

Key words: biological activity, cellulose, soil, crop siderate, corn for grain.

Плодородие почвы и его рациональное использование в сельскохозяйственном производстве во многом определяются интенсивностью и направленностью биохимической деятельности микроорганизмов. Последнее определяет скорость трансформации различных соединений, разложения растительных остатков, накопление элементов питания растений и в конечном итоге плодородие почвы [3].

В современных экономических условиях для устойчивого развития сельскохозяйственного производства необходимы эффективное использование пахотных земель, сохранение плодородия почв, сбалансированное использование почвенно-климатических ресурсов и биологических факторов, интенсификации растениеводства. Одним из основных приемов сохранения и повышения плодородия почв является внесение в них органических удобрений. Особенно

большую роль органические удобрения выполняют в поддержании определенного количества гумуса в составе почв [2].

Показателем общей биологической активности непосредственно в природе является деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, определяемая степенью распада и убыли сухой массы льняной ткани, выдержанной в почве определенный период времени.

Целлюлозоразрушающая способность почвы – широко принятый показатель биологической активности, особенно для почв с низким и средним содержанием гумуса, но для высокоплодородных почв он может быть принят с известными оговорками, поскольку в группу целлюлозоразрушающих микроорганизмов входит ряд грибов, наличие которых не является показателем ее плодородия [1].

Высокая биологическая активность почвы способствует росту урожайности возделываемых культур при прочих равных условиях. Поэтому активность почвенной микрофлоры главным образом зависит от поступления или наличия в почве органического вещества. Источником поступления органического вещества в почву являются навоз, солома, зеленое удобрение, посев многолетних трав, пожнивные культуры. Исследования проведенные на лугово-каштановой тяжелосуглинистой почве показали, что особенно эффективным в повышении биологической активности почвы является применение пожнивного зеленого удобрения в виде посевов гороха посевного.

Наибольший интерес для нас представляла биологическая активность изучаемой почвы при использовании различных систем удобрений. Известно, что при поступлении в почву богатых азотом органических соединений активизируется протеолитическая система почвы, целлюлоза индуцирует рост целлюлазной активности почвы, декстраны повышают активность декстраназы, фосфорорганические соединения активизируют действие фосфогидролаз, различные фенолсодержащие соединения индуцируют накопление фенолоксидаз [4]

Постоянное обогащение лугово-каштановой тяжелосуглинистой почвы свежей органической массой пожнивного сидерата создавало благоприятные условия для активизации микрофлоры в почве, играющей большую роль в минерализации органического вещества в почве, в повышении биологической активности почвы, в гумификации органического вещества, попадающего в почву в виде органических удобрений, послеуборочных остатков.

Результаты исследований, проведенных учеными в разных регионах страны по прямому определению числа почвенных микроорганизмов на различных почвенных средах, показывают, что зелёная масса пожнивного сидерата повышает биологическую активность почвы в 1,3-1,5 раза, а в отдельные годы и в 2 раза. Это подтверждает результаты активности почвенных микроорганизмов методом льняных полотен (метод аппликаций), широко применяемых в почвенных исследованиях и позволяет определить степень интенсивности биологической активности почвы в динамике на протяжении всего вегетационного периода под основной яровой зерновой культурой.

Исследования проводились на базе ФГУП им.Кирова Хасавюртовского

района. Почва опытного участка – лугово-каштановая тяжелосуглинистая. Объектом исследования являлись элементы технологии возделывания кукурузы на зерно. Поле подбиралось так, чтобы в качестве предшественника была кукуруза на зерно, с помощью специальных орудий поле промульчированно. Поле расположено на прямом, без поперечных уклонов.

Культура высевалась с одноярусным размещением делянок (учетная площадь 100 м², посевная – 10 га). Одним проходом посевного агрегата, засеивались сразу все исследуемые участки. Посев осуществлялся в соответствии с нормами высева, около 75-80 тыс. шт./га.

В опытных вариантах активность целлюлозразрушающих микроорганизмов превышает контрольную. По интенсивности разложения льняной ткани можно судить о ходе мобилизационных процессов и наличии доступных форм азота в почве.

По химическому составу биомасса посевного гороха представлена легкогидролизуемыми соединениями, которые быстро минерализуются, поэтому запашка этого сидерата эффективна, так как органическая масса зеленого удобрения ускоряет разложения.

Погодные условия в период проведения полевых исследований имели некоторые отличия от среднесноголетних данных, при этом достаточно полно отражали характерные особенности климата зоны. При изучении биологической активности почвы наибольшее значение из метеорологических факторов имеет количество выпавших осадков.

Степень разложения льняного полотна (в процентах к его исходной массе) учитывали в слое почвы 0-30 см через 30; 60 и 90 дней после закладки аппликаций. Период закладки льняных полотен (май-июнь) в 2016 и 2017 г. характеризовался большим количеством осадков, близким к среднесноголетним значениям, что благоприятно сказалось на интенсивности их разложения.

Полученные данные свидетельствуют о большом влиянии пожнивного зеленого удобрения на биологическую активность почвы, по сравнению с другими вариантами удобрений. Такие показатели получены пройдя 8 месяцев после запашки видов удобрений. Самые низкие показатели получены на варианте без удобрений: 1 месяц – 10,1, 2 месяца – 23,5 и 3 месяца – 28,9%, а при запашке зеленой массы гороха посевного она повышалась на 14,3%, что касается влияние после минеральных удобрений и навоза наблюдается уменьшение результатов разложения на 11,9% (рис.1).

Данные исследований биологической активности лугово-каштановой тяжелосуглинистой почвы показали высокую степень влияния пожнивного гороха на биологическую активность почвы, которая не уступает по степени влияния обычным дозам навоза и минеральным удобрениям и даже превосходит их на 12,9...15,1%. Высокий результат биологической активности почвы в период вегетации оказался у гороха посевного и составил 49,4%, наименьший по варианту без удобрений (контроль) – 28,9%. Близкие показатели к гороху посевному получены и по вариантам применения минеральных удобрений – 41,7% и навоза – 41,2%.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать заключение о том, что внесение различных видов удобрений, способствует увеличению численности почвенных микроорганизмов. Это объясняется тем, что для большинства микроорганизмов вносимая в почву органической массой служит основным источником питания растений и энергии.

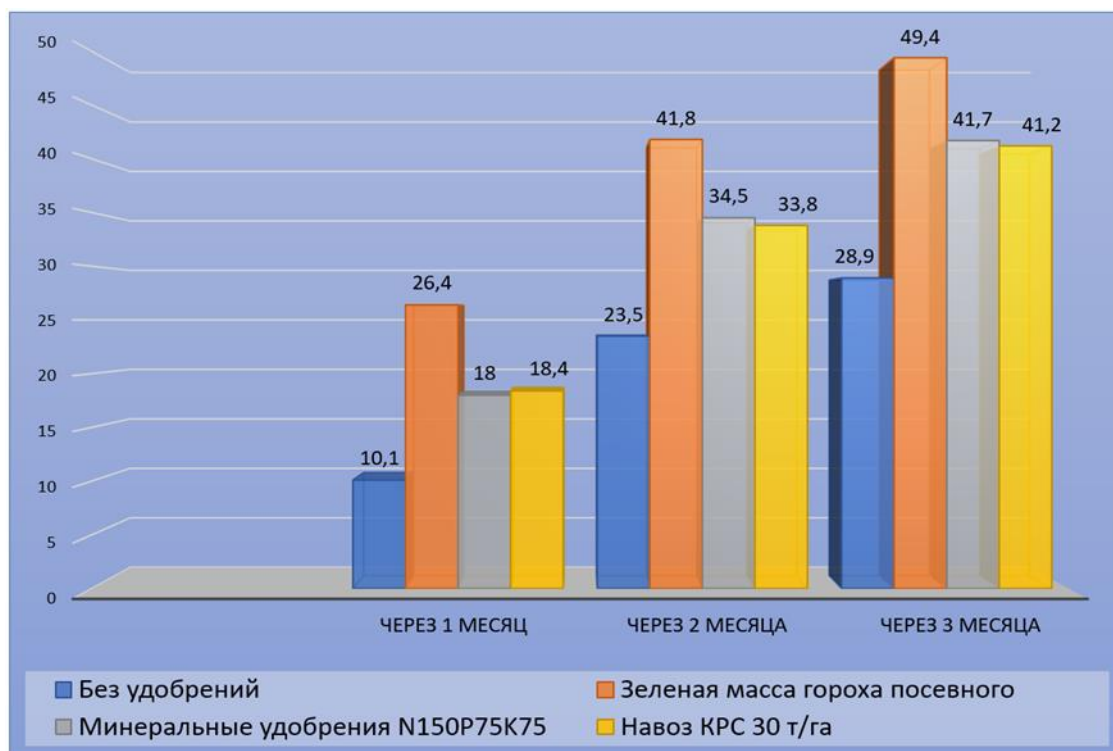


Рисунок 1 – График интенсивности разложения льняного полотна на лугово-каштановой почве в слое 0-30 см под кукурузой на зерно в зависимости от вариантов удобрений (в среднем за 2016-2017 гг.), %.

Часть созданной растениями органической массы после уборки урожая остаётся в почве в виде корневой массы, которая играет важную роль в пополнении её органическим веществом.

Как видно из (табл. 1), больше всего корневой массы кукурузы на зерно в слое почвы 0-60 см получено после заделки гороха посевного, внесении минеральных удобрений и навоза, соответственно 20,9, 19,5 и 19,8 ц/га воздушно-

Таблица 1 – Влияние видов удобрений на накопление корневой массы основной яровой зерновой культуры (кукуруза на зерно) в среднем за 2016-2020 гг. ц/га воздушно-сухой массы

Виды удобрений	Слой почвы, см			
	0-20	20-40	40-60	0-60
Без удобрений (контроль)	9,1	0,9	0,5	10,5
Зелёная масса гороха посевного	16,8	2,5	1,6	20,9
Минеральные удобрения (N ₁₅₀ P ₇₅ K ₇₅)	16,0	2,3	1,2	19,5
Навоз-КРС (30 т/га)	15,8	2,6	1,4	19,8
НСП ₀₅ (т/га)	0,41	0,27	0,29	0,57
НСП ₀₅ (%)	2,85	13,25	24,07	3,21

сухой массы. Корневая масса гороха посевного, проникая вглубь до 1,0-1,5 м

усваивает из почвы труднодоступные формы фосфора и других элементов питания. Корневые остатки также служат хорошим субстратом для развития полезной микрофлоры и улучшения гумусового состояния почв.

Таким образом, под разными видами удобрений в целом в слое 0-30 см лугово-каштановой почвы, сохраняется тенденция того, что распад льняного полотна относительно неплохой по системе полупаровой обработки почвы под яровые культуры. Полупаровая система обработки почвы, создавая более рыхлый пахотный слой, способствовала небольшому усилению разложения клетчатки по всему пахотному слою. Усиливается активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в целом в слое 0-30 см, благодаря верхнему слою. В целом в слое 0-30 см под кукурузой на зерно интенсивность клетчатки характеризуется как средней степенью.

Библиографический список

1. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – Издательство: МГУ, 1987 г. – 256 с.
2. Намжилов Н.Б., Чимитдоржиева Г.Д., Цыбенков Ю.Б. Влияние органических удобрений на восстановление плодородия дефлированных почв Бурятии // Почвоведение. – 2003. – № 6. – С. 21.
3. Теймуров С.А., Имашова С.Н., Бабаев Т.Т. Влияния видов удобрений на изменение физических свойств луговокаштановой почвы Терско-Сулакской долины // Земледелие, 2020. – №5. – С.18-22.
4. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 204 с.

УДК 631.4

МАКРО- И СУБМИКРОМОРФОЛОГИЯ КАРБОНАТНЫХ СТЯЖЕНИЙ ЧЕРНОЗЕМОВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ В АНТРОПОГЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ¹⁰

Салимгареева О.А.¹, Ковалева Н.О.¹, Подлесных И.В.²

¹ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва

E-mail: tavtava@yandex.ru¹

²ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Курск

E-mail: podlesnich_igor@rambler.ru²

Резюме. Изучены особенности строения и субмикроморфологии карбонатных стяжений (КС) пахотных черноземов Курской области в условиях долгосрочного опыта «Курского ФАНЦ» по контурно-мелиоративному земледелию (КМЗ).

Исследование субмикроморфологии позволило диагностировать начальные стадии процесса выщелачивания на поверхности журавчиков и перекристаллизации одной микроформы кальцита в другую в зоне контакта карбонатных стяжений чернозема типичного, расположенного на водоразделе участка с лесополосами (ЛП).

Ключевые слова: черноземы типичные, карбонатные стяжения, микроформы кальцита.

¹⁰ Работа выполнена в рамках государственного задания МГУ, часть 2 (№ 117031410017-4) и Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В.Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды». Работа выполнена в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ФБГНУ «Курский ФАНЦ».

Введение. Карбонатное состояние черноземов необходимо контролировать как с точки зрения сохранения плодородия, так и важности баланса углерода в условиях потепления климата. В Курской области изменения карбонатных профилей черноземов целинных и пахотных отмечалось и в более ранних работах, Овечкин, Базыкина в 2007-2009 гг. при сравнении с серединой 1970 годов обнаружили такие перемены по причине увеличения влажности трехметровой толщи изучаемых черноземов [6].

Сегрегационные формы карбонатных новообразований черноземов более стабильны и представляют большую ценность в решении вопросов генезиса и эволюции черноземов. Этим объясняется повышенный интерес к изучению происхождения и микростроения карбонатных стяжений – журавчиков. Добровольским подчеркивалась, что карбонатные стяжения возникли не под влиянием нижележащих пород, а тесно связаны с почвообразовательным процессом, которым охвачена верхняя часть толщи лессовидных суглинков [2]. Лебедева, Овечкин предположили, что необходимо различать среди журавчиков образования, характерные для определенной ландшафтно-климатической зоны, и как бы интразональные формы, свойственные почвогрунтам с добавочным грунтовым увлажнением [4].

Для проведения исследований нами в качестве объекта был выбран антропогеннопреобразованный ландшафт. В 1982 году в Медвенском районе Курской области близ хутора Черниченские дворы на территории ОПХ ВНИИЗ и ЗПЭ был заложен опыт по контурно-мелиоративному земледелию (КМЗ) в целях исследования эффективности применения такой системы земледелия для защиты почв от эрозии при сельскохозяйственном производстве [7]. По данным ВНИИЗ и ЗПЭ установлено, что с 1986 г. по 2000 г. происходит снижение смыва почвы и повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет оптимизации водного режима на участках с контурно-мелиоративной организацией территории [3].

Целью работы явилась оценка особенностей морфологии карбонатных стяжений черноземных почв при изменении гидротермического режима в антропогенно-преобразованных экосистемах при контурно-мелиоративном земледелии.

Объекты и методы. Объектами исследования явились черноземы типичные пахотные среднemosные тяжелосуглинистые крупнопылевато-иловатые на лессовидных суглинках (разрез 1, 3; далее черноземы типичные) опыта КМЗ «Курского ФАНЦ».

В середине сентября 2019 года после длительного засушливого периода были заложены разрезы на плакорах склонов западной экспозиции: контрольного водосбора (без мелиоративных мероприятий) разрез 1 (N 51.521180E 036.042832) и водосбора с стокорегулирующими ЛП - разрез 3 (N 51.5103270 E 036.0413990). Особенности микроморфологии, многообразие карбонатных новообразований, данные по актуальной кислотности и содержанию карбонатов исследуемых черноземов были приведены нами ранее [8]. При описании кристаллов кальцита почвенных карбонатов были использованы термины

согласно руководству Буллока [9]: микритовый (<4 мкм), микроспаритовый (4–50 мкм) и спаритовый (> 50 мкм).

Субмикроскопические исследования были проведены при помощи сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) JEOL jsm 6060 А факультета почвоведения.

Результаты и обсуждение. Черноземы пахотные автоморфных позиций характеризуются морфологическим строением, соответствующим черноземам типичным. Карбонатные стяжения в виде журавчиков были обнаружены как на водоразделе с лесополосами, так и на контрольном участке, в горизонте С разрезов 1 и 3 (Рис. 1). Стяжения представляют собой конкреции серовато-белого цвета неправильной формы, в большинстве своем удлиненные, размером не более 3 см. Они имеют сходные размеры и форму, но на водоразделе с лесополосами в подстилающей породе также встречаются журавчики изометричной формы меньшего размера (Рис. 1 б)).

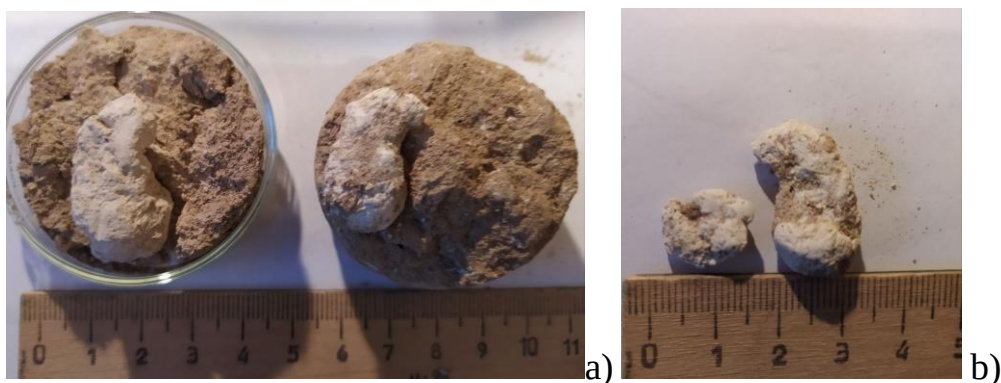


Рисунок 1 – Фото карбонатных конкреций
а) слева направо журавчики из разреза 1 и разреза 3
б) журавчики разного размера, разрез 3 (масштабная линейка в см)

Конкреции чернозема участка с ЛП обладают большей видимой порозностью по сравнению с журавчиками чернозема на плакоре контрольного участка. Почва вокруг журавчика разреза 1, белесого цвета, за счет мучнистой карбонной пропитки. Наши наблюдения согласуются с выводами Добровольского о том, что «стяжения, находящиеся во вмещающей породе, никогда непосредственно не соприкасаются с последней. Между поверхностью стяжения и вмещающим суглинком имеется белая порошковатая карбонатная присыпка, постепенно смешивающаяся с породой по направлению от стяжения». Присыпка достаточно рыхло сложена, но ее частицы сцеплены между собой, и конкреция имеет твердые покровы при изъятии ее из почвы, поэтому в нашем случае можно охарактеризовать ее как пропитка. При помощи СЭМ было выявлено, что пропитка (рис. 2 а), остающаяся в зоне контакта при изъятии стяжения из почвы, имеет сходную с нодулем форму и строение кристаллов микрита. Частицы кальцита округлой, овальной, либо неправильной формы размером 0,5–3 мкм имеют сглаженные очертания. Микритовые частицы такой же округлой формы образуют и верхний слой журавчика, имея при этом более плотную упаковку (рис 2 б, с).

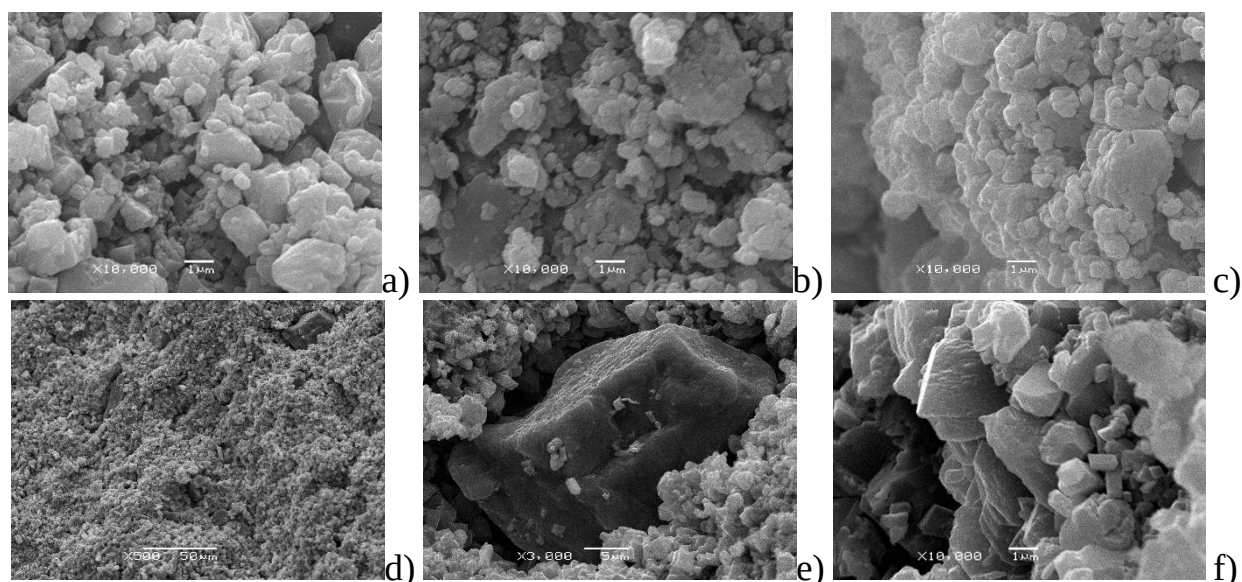


Рисунок 2 – Фото СЭМ пробы разрез 1

а) микрит карбонатной пропитки вокруг журавчика x 10000; б), в) микрит верхнего слоя журавчика x 10000; д) микрит с кластическими зернами силикатов на внутреннем сколе карбонатного стяжения x 500; е) то же x 3000; ф) совершенные кристаллы микрита на внутреннем сколе журавчика x 10000

Исследование сколов внутренней части журавчиков разреза 1 позволило сделать вывод о том, что стяжения сложены преимущественно микритовыми таблитчатыми кристаллами кальцита с ровными поверхностями и хорошо выраженными гранями (рис. 2 ф). Описанное микростроение стяжений говорит о развитии механизма линейно-концентрического роста конкреций по Македоннову [5]. В структуре стяжения также было определено некоторое количество захваченных кластических зерен силикатов (рис 2 д, е). Как было ранее отмечено Добровольским [2], зерна хорошо окатаны и представлены в основном кварцем и частицами точно не диагностируемого глинистого материала (чешуйки которого прилипли к поверхности силикатного зерна - рис. 2 е).

В разрезе 3 отмечается более резкий переход по цвету и текстуре в месте контакта нодуля с почвой, мучнистая пропитка не обнаружена. В черноземе участка с лесополосами, вероятно, при формировании больших влагозапасов по сравнению с контролем, в нижних горизонтах почвы произошло растворение карбонатной присыпки в зоне контакта стяжения с почвой. При застое слабощелочных растворов сформировались кристаллы спарита и люблинита, которые были отмечены как в порах и полостях вмещающего суглинка, так и на поверхности, и в крупных порах журавчиков разреза 3 (рис 3 а, б). Хорошо оформленные кристаллы спарита размером до 100 мкм видны в бинокляр на поверхности стяжения, при помощи СЭМ на них обнаружены кристаллы люблинита, как единичные, так и скопления крупноигольчатых форм (около 1 мкм толщиной, длиной до 50 мкм и более) (рис.3 а). Аналогичные описанным Герасимовой с соавт. в черноземе типичном Курской биосферной станции ИГ РАН [3] скопления игольчатых кристаллов люблинита были отмечены в зоне контакта журавчика в удлиненных порах и полостях почвы (рис.3 б), которые соответствуют миграционным формам, формирующимся из восходящих

потоков растворов низкой концентрации, и характерны для черноземов типичных Средне-Русской возвышенности.

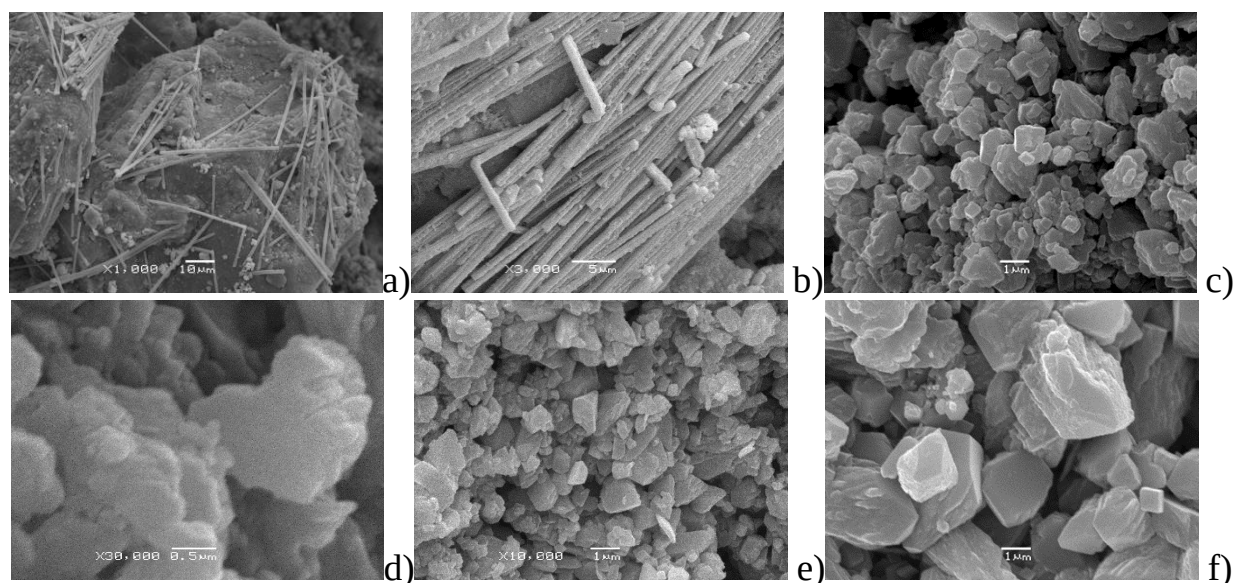


Рисунок 3 – Фото СЭМ пробы разрез 3:

а) спарит на поверхности журавчика x 1000; б) люблинит в зоне контакта журавчика с почвой x 3000 в) микрит верхнего слоя журавчика x 10000, д) кристаллы микрита с следами выщелачивания верхнего слоя журавчика x 30000; е, ф) совершенные кристаллы микрита на внутреннем сколе журавчика x 10000

Верхний слой журавчика чернозема на участке с лесополосами в основной массе представлен совершенными кристаллами микрита с ровными гранями размером 0,5-3 мкм и имеет сходное строение с внутренней частью стяжения (рис. 3 в). Некоторые кристаллы на поверхности обнаруживают следы травления граней (рис. 3 д), что еще раз может свидетельствовать о растворении поверхностного слоя конкреции вследствие выщелачивания. Внутренняя часть журавчиков чернозема с ЛП также как и внешняя сложена микритовыми таблитчатыми кристаллами кальцита с ровными гранями, аналогичными зернам верхнего слоя размером 0,5-3 мкм (рис. 3 е). Зерна кальцита по краям пор внутри конкреции несколько крупнее основной массы (рис. 3 ф), как и в случаях, ранее отмеченных Лебедевой и Овечкиным [4].

Таким образом оценка особенностей морфологии карбонатных стяжений пахотных черноземов при изменении гидротермического режима в антропогенно-преобразованных экосистемах при контурно-мелиоративном земледелии показала, что журавчики чернозема участка с ЛП не имеют мягкой мучнистой оболочки, в верхнем слое имеют кристаллы микрита с ровными гранями, как и во внутренней части, в отличие от контроля, что может подтверждать выщелачивание карбонатов на их поверхности. В зоне контакта с суглинком формируются миграционные формы карбонатов, выпадающие из растворов более низкой концентрации.

Библиографический список

1. Герасимова М.И., Бронникова М.А., Хитров Н.Б., Шоркунов И.Г. Опыт иерархического морфогенетического анализа курского чернозема // Морфология почв от макро- до

субмикроруровня. – 2016. – С. 85-100

2. Добровольский В.В. Карбонатные стяжения в почвах и почвообразующих породах Центрально-Черноземной области // Почвоведение. – 1956. – № 5. – С. 31-42.

3. Здоровцов И.П. Влияние почвоводоохранного земледелия на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность агроландшафтов в ЦЧР: Вестн. Кур. гос. с.-х. акад. - Курск, 2012; N 7. – С. 53-54

4. Лебедева И.И., Овечкин С.В. Карбонатные новообразования в черноземах левобережной Украины // Почвоведение. – 1975. – № 11. – С. 14–31.

5. Македонов А. В. Современные конкреции в осадках и почвах. М., 1966.

6. Овечкин С.В., Базыкина Г.С. Карбонатный профиль и режим влажности миграционно-мицелярных черноземов разных экосистем Курской области // Почвоведение. – 2011. – № 12. – С. 1475-1486

7. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. К усовершенствованию теоретических основ противоэрозионной организации территории сельхозпредприятий для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов в системах земледелия Центрального Черноземья // Вестник Курской ГСХА. – 2017. – №6. – С.13-18.

8. Салимгареева О. А., Ковалева Н. О. О карбонатном профиле черноземных почв Курской области при контурно-мелиоративном земледелии // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО Общество почвоведов имени В.В. Докучаева. — ФГБНУ Курский ФАНЦ Курск, 2020. – С. 89-93

9. Bullock, P., Federoff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Babel, U. (Eds.), 1985. Handbook for Soil Thin Section Description. Waine Research Publications, Albrighton, Wolverhampton.

УДК 631.45 (41)

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО-ТУВИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ ЗА 50 ЛЕТ

Самбуу А.Д.

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,

КЫЗЫЛ

E-mail: sambuu@mail.ru

Резюме. В статье приведен анализ данных за пятидесятилетний период по динамике посевных площадей и основных показателей плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Республики Тыва. Почвенный покров лесостепной зоны республики в основном представлен черноземами южными и обыкновенными, степной зоны – каштановыми почвами. Пахотные земли располагаются в основном на каштановых почвах (69 %) и черноземах (27 %). На 01.01.2020 г. площадь пашни составляет 135.5 тыс. га. Установлено, что сельскохозяйственные угодья за период 1970-2020 гг. сократились в 1.3 раза, в т. ч. пашня – в 3.6 раза, сенокосы – в 2 раза, пастбища – в 1.7. В процессе длительного сельскохозяйственного использования происходит изменение содержания в пахотном горизонте гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, а также кислотности пашни. Выявлено, что гумусовое состояние пахотных почв Тувы оценивается низким и очень низким уровнями плодородия.

Ключевые слова: посевные площади, плодородие почв, пахотные почвы, Республика Тыва.

Summary. The article presents an analysis of data within the fifty year period on the dynamics arable lands and the main indicators of soil fertility of agricultural lands of the Republic of Tyva. The soil cover of the forest-steppe zone of the Republic is mainly represented by southern and usual chernozems, while the steppe zone is represented by chestnut soils. Arable land is located mainly on chestnut soils (65 %) and chernozems (27 %). On 1/1/2020 the arable land area is 135.5

thousand hectares. It is established that agricultural land for the period 1970-2020 decreased by 1.3 times, including arable land – by 3.6 times, hayfields – by 2 times, pastures – by 1.7 times. In the course of long-term agricultural use, the content of humus, mobile phosphorus and exchangeable potassium in the arable horizon changes, as well as the acidity of arable land. It was revealed that the humus state of arable soils in Tuva is estimated to be low and very low levels of fertility.

Key words: *acreage, soil fertility, arable soil, Republic of Tyva.*

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, необходимых для нормального роста и развития растений, формирования урожая и его качества, недопущения деградации земель [1-4].

Территория Республики Тыва занимает 16860.4 тыс. га земель, из них 3363.9 тыс. га приходится на сельскохозяйственные угодья. Почвенный покров отличается большим разнообразием и резкой территориальной неоднородностью. Характер почв в полной мере отражает своеобразие природно-климатических условий и подчеркивает географическую оригинальность территории. Климат резко континентальный, с сухим и жарким летом, продолжительной холодной зимой, годовым количеством осадков в котловинах 150-350 мм, основная их часть выпадает в тёплый период с максимумом в конце июля – начале августа. Снежный покров незначительный – 10 см. С открытых участков снег почти весь сдувается. Почва промерзает глубоко и полностью оттаивает только в конце июня – начале июля. Характерны поздневесенние и раннеосенние заморозки. Продолжительность периода с температурами выше 10°C равна 100-125 дней, сумма температур за этот период составляет 1500-2100°C [5, 6].

В настоящее время в Тыве широкое распространение дефляционных процессов в межгорных котловинах, обусловленные в значительной степени сухостью климата, мощной инсоляцией, безлестностью земледельческих территорий, распаханностью примитивных каштановых почв с малоразвитым почвенным горизонтом, с близким залеганием почвообразующей подстилающей породы, является причиной глубокой деградации почвенного плодородия. Из-за горного рельефа, легкого гранулометрического состава почв и нерационального использования 2034 тыс. га земель, в Тыве 60.5 % подверженных дефляции пахотных земель составляют каштановые почвы, которые содержат всего 0.13-2.52 % гумуса [7, 8], тогда как в Западной Сибири эта цифра находится в пределах 1.5-4.0% [9], а в Европейской части России – 2.3-3.3% [10].

Цель работы – проанализировать динамику посевных площадей и основных показателей плодородия агропочв Республики Тыва в течение 50 лет и выявить наметившиеся тенденции.

Объекты и методы исследования. Горные территории Тувы, со своими различными горными почвами, занимают 14011 тыс. га, или 82.2 % от общей земельной площади, равнинные (котловинные) территории – 3039 тыс. га или 17.8 %. В составе степных и пустынно-степных равнинных (котловинных) почв преобладают типы автоморфного ряда. Вместе с генетически

близкими к ним почвами несколько повышенного увлажнения они занимают 58 % от площади степных равнинных территорий. Полугидроморфные почвы занимают 34 %, гидроморфные почвы и солончаки – до 5 %, около 3 % площади покрывают пески [11].

Площадь черноземов составляет 151 тыс. га, лугово-черноземных почв – 134 тыс. га, горных черноземов – 341 тыс. га, каштановых почв – 1195 тыс. га, лугово-каштановых – 17 тыс. га, горных каштановых – 1454 тыс. га, бурых пустынно-степных и бурых лугово-пустынно-степных – 18 тыс. га.

На 01.01.2020 г. удельный вес сельскохозяйственных угодий структуре земель сельскохозяйственного назначения Республики Тыва составляет 19.9 %, из них более 70 % пашни приходится на долю Тандинского, Сут-Хольского, Пий-Хемского и Каа-Хемского кожуунов [12].

Для оценки динамики плодородия пахотных почв Тувы применялись статистические материалы Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Тува [13]. Для характеристики плодородия пахотных почв использовались материалы ФГБУ ГС агрохимической службы «Тувинская», и авторские материалы, полученные в результате закладки почвенных разрезов, описания морфологических признаков, отбора почвенных образцов согласно общепринятым методам. Химические анализы почв выполнены по общепринятым в почвоведении методикам [14], водно-химические свойства определяли методами, принятыми в физике почв [15]. Статистическая обработка данных выполнена по программе Statistica 8.0.

Результаты и обсуждения. В развитии сельского хозяйства Тувы в советский период наблюдалась тенденция увеличения посевных площадей, и в 1970 г. она достигала 493.1 тыс. га, что было связано с выполнением плана XXIV Съезда КПСС. На протяжении следующего десятилетия происходит дальнейшее увеличение посевных площадей [16-18].

До начала земельной реформы в России сельскохозяйственное землепользование республики характеризовалось деятельностью крупных государственных хозяйств (72 совхоза на 01.01.1991 г.) [19]. Аграрное производство велось по зональным системам земледелия на 3573.6 тыс. га сельскохозяйственных угодий (Табл. 1). В 1990 г. пахотная площадь составляла 429.5 тыс. га, из них 99 % находилась в совхозах. За счет освоения больших площадей неустойчивых к дефляции целинных земель произошло нарушение природного равновесия региона. На пахотных землях усилились процессы деградации почв и опустынивания земель.

В период реформ в 1990-е годы негативные тенденции в экономике страны более остро отразились на социально-экономическом развитии республики, учитывая комплекс нерешенных социальных проблем, также относительную транспортную изолированность республики, которая является единственным регионом в России, не имеющим железнодорожной связи с остальными регионами страны. Сельское хозяйство Тувы, не имея государственной поддержки, стало интенсивно разрушаться. Земли сельскохозяйственного

Таблица 1 – Земли сельскохозяйственного назначения Тувы, тыс. га

Угодье	1970 г.	1980 г.	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Земли сельскохозяйственного назначения, из них:									
сельскохозяйственные угодья, в т. ч.:	4923.8	4610.0	6812.2	6624.2	3161.9	1219.9	3371.7	3367.3	3363.9
пашня	493.1	416.0	429.5	361.1	155.7	51.3	135.6	135.5	135.5
в т. ч. орошаемая	–	–	37.4	32.2	25.6	11.7	15.1	15.1	15.1
залежь	5.7	–	1.3	1.6	49.6	7.3	61.4	61.4	61.4
сенокосы	107.5	72.0	56.0	48.9	53.2	18.4	54.8	54.8	54.8
пастбища	4016.6	3204.0	3086.8	2705.1	2233.2	778.7	2409.3	2404.9	2401.9

назначения оказались не востребованными и, постепенно зарастая сорной растительностью, превращаются в залежь. При реформировании крупных хозяйств усилилась роль аратских (фермерских) хозяйств. Однако основные площади сельскохозяйственных угодий остаются по-прежнему в пользовании государственных хозяйств и сельскохозяйственных производственных кооперативов (СПК) (более 70 %), что представляли проблему в землепользовании республики и требовали законодательного регулирования.

В новых рыночных условиях в Туве происходит еще большее снижение посевных площадей зерновых культур. Так, в 2000 г. по сравнению с 1980 г. посевные площади зерновых сократились в 8.4 раза, пшеницы в 6.7 раза, кормовых культур – 11 раз. Сокращение произошло на 1559.9 тыс. га. Эта категория земель перешла в земли лесного фонда, особо охраняемые природные территории, государственного земельного запаса и залежные земли. Резкое снижение площади земель сельскохозяйственного назначения происходило до 2005 г. В настоящий период наблюдается незначительное их увеличение, особенно сенокосов и пастбищ [20, 21].

За пятидесятилетний период сельскохозяйственные угодья сократились почти в 2 раза, в т. ч. пашня – в 3.6 раза, сенокосы – в 2 раза, пастбища – в 1.7 раза. На 01.01.2020 г. сельскохозяйственные угодья в Туве занимают 2653.6 тыс. га или 15.7 % от общей площади региона. Доля пашни в структуре сельскохозяйственных угодий в настоящий период составляет 5.1%, сенокосов – 2.0 %, пастбищ – 90.5 %, залежь – 2.3 %. Более 60 % пахотных угодий сосредоточены в более благоприятной для земледелия Центрально-Тувинской котловине (Тандинском, Сут-Хольском, Пий-Хемский и Каа-Хемском кожуунах), из них около 11 % орошаемые [12]. Среди субъектов Сибирского Федерального округа Тува имеет наименьшую обеспеченность пашней – 0.2 га на душу населения. Для сравнения отметим, что обеспеченность пашней в Алтайском крае достигает 2.5 га, Новосибирской области – 1.4 га, Хакасии – 1.1 га, Красноярском крае – 1.0 га [22].

Результаты исследования динамики плодородия почв Тувы показали, что

агропочвы республики в целом недостаточно обеспечены гумусом и основными элементами питания. Площадь пашни с очень низким содержанием гумуса в почве составляет 79 %, со средним – 15 % от общей площади; фосфора с очень низким и низким содержанием – 63 %, со средним – 27 % от общей площади; калия с очень низким и низким содержанием – 65 %, со средним – 29 % от общей площади.

Пахотные почвы Тувы располагаются в основном на каштановых почвах (69 %) и черноземах (27 %) [2].

Гранулометрический состав черноземов обыкновенных разнообразный: от суглинистых до песчаных. Черноземы обыкновенные имеют невысокую плотность сложения ($0,98-1,11 \text{ г/см}^3$). Распределение гумуса по профилю характеризуется резкой концентрацией в верхнем слое и последующим очень быстрым спадом с глубиной. Это объясняется тем, что основная масса корней растений располагается в верхних слоях почвы. Емкость катионного обмена варьирует в пределах 30-40 мг-экв/100 г в зависимости от содержания гумуса и гранулометрического состава. В составе ЕКО преобладает обменный Ca^{++} .

Черноземы южные, в отличие от обыкновенных, характеризуются меньшей мощностью гумусово-аккумулятивного горизонта, интенсивной минерализацией органического вещества. Среди них чаще встречаются супесчаные разновидности. Реакция среды в пределах профиля изменяется от нейтральной до слабощелочной. Почвенно-поглощающий комплекс полностью насыщен катионами оснований, среди которых доминирует Ca^{++} и в небольшом количестве присутствует обменный Na^+ . Эти почвы отличаются низкой обеспеченностью подвижными формами азота, средней и высокой – подвижными формами фосфора и калия.

Каштановые почвы формировались в сухих степях республики. В типе каштановых почв выделяют три подтипа: темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые. Подтипы почв отражают нарастание засушливости биоклиматического режима. Темно-каштановая почва по некоторым свойствам сходна с черноземом южным. Каштановая и, особенно, светло-каштановая, как наиболее ксероморфные подтипы, отличаются укороченностью аккумулятивно-гумусового горизонта, повышенной плотностью, неудовлетворительным структурным состоянием (22-32 % водопрочных агрегатов против 48-78 % в темно-каштановых почвах). Каштановые почвы характеризуются супесчаным и песчаным, реже легкосуглинистым гранулометрическим составом, слабощелочной и щелочной pH. Запасы гумуса снижаются от темно-каштановых (72 т/га) к светло-каштановым (46 т/га) [7].

Гумусовое состояние почв земледельческой территории республики оценивается в основном низким и очень низким уровнями плодородия. По полученным данным [8], по содержанию гумуса агропочвы выстраиваются в следующий убывающий ряд: чернозем обыкновенный > чернозем южный > темно-каштановая > каштановая > светло-каштановая. Причинами низкого плодородия почв Тувы являются легкий гранулометрический состав, меньшее поступление в почву корневых и пожнивных остатков сельскохозяйственных культур

по сравнению с естественной растительностью, дефляционные процессы, резко усилившиеся после распашки целинных земель, высокая интенсивность процессов минерализации гумуса в условиях жаркого, сухого климата на земледельческой территории республики.

Заключение. Обобщенные результаты динамики посевных площадей и основных показателей плодородия пахотных почв Республики Тыва за 50 лет показали, что в результате реформирования агропромышленного комплекса России доля земель сельскохозяйственного назначения в Туве сократилась с 1970 г. к настоящему времени в 1.3 раза. Спад сельскохозяйственной деятельности, произошедший после 1990 г., сопровождался существенным сокращением площади пашни и переводу ее в залежь. Снижение сельскохозяйственных угодий происходило до 2005 г. В настоящее время наблюдается незначительное их увеличение, особенно сенокосов и пастбищ. Новые тенденции в землепользовании республике требуют оценки состояния и характера агрогенной трансформации почв. Выявлено, что пахотные почвы республики в целом недостаточно обеспечены гумусом и основными элементами питания. Площадь пашни с очень низким содержанием гумуса в почве составляет 79 %, со средним – 15 % от общей площади; фосфора с очень низким и низким содержанием – 63 %, со средним – 27 % от общей площади; калия с очень низким и низким содержанием – 65 %, со средним – 29 % от общей площади. Плодородие пахотных почв низкое. Для сохранения почвенного плодородия необходимо внесение высоких доз органо-минеральных удобрений, выращивание сидеральных культур, а также следует проводить мониторинг почв, контроль за рациональным использованием природных и земельных ресурсов.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05208\19 мк.

Библиографический список

1. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
2. Люри Д.И., Некрич А.С., Карелин Д.В. Изменение пахотных площадей в России в 1990-2015 гг. и почвенная эмиссия диоксида углерода. (2018). Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 5 (3). С. 70-76.
3. Lipski S. (2014). The increase the fertility of agricultural land and monitoring. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. (25). P. 1-7.
4. Keres I., Alaru M., Talgre L., Ereemeev V., Luik A., Loit E. (2020). Long-term effect of farming systems on the yield of crop rotation and soil nutrient content. Agricultural and food science. (29). P. 210-221.
5. Агроклиматический справочник по Красноярскому краю и Тувинской автономной области. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 289 с.
6. Севастьянов В.В., Севастьянова М.Г., Сухова Н.Г. Климатические ресурсы. Природные ресурсы Республики Тыва. Новосибирск: Гарамонд, 2018. Т. 1. 90-150 с.
7. Жуланова В.Н., Чупрова В.В. Агropочвы Тувы: свойства и особенности функционирования. Тыв. гос. ун-т. Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2010. 155 с.
8. Жуланова В.Н., Лопсан А.С. (2018). Оценка плодородия почв земледельческой территории Центрально-Тувинской котловины. Бюллетень науки и практики. 4(1). С. 82-86.
9. Гамзиков Г.П., Лопухин Т.П., Уланов А.К. (2005). Эффективность систем удобрения в

- полевых севооборотах на каштановых почвах Забайкалья. Агрохимия. (9). С. 24-30.
10. Когут Б.М. (2012). Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России. Почвоведение. (9). С. 944-952.
 11. Носин В.А. Почвы Тувы. М: Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.
 12. Доклад о состоянии и использовании земель Республики Тыва. Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва. Красноярск. 2017-2020.
 13. Доклад о состоянии и использовании земель Республики Тыва. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Тыва. Кызыл. 2005-2016.
 14. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961. 295 с.
 15. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1961. 345 с.
 16. Назын-оол В.Д. Эродированные почвы и пути их использования. Ученые записки XV. Кызыл: Тувинское книжное издательство, 1971. 209-218.
 17. Народное хозяйство Тувинской АССР в девятой пятилетке: статистический сборник. Кызыл: Тувинское книжное издательство, 1976. 240 с.
 18. Народное хозяйство Тувинской АССР в десятой пятилетке: статистический сборник. (1981). Кызыл: Тувинское книжное издательство. 215 с.
 19. Советская Тува в цифрах. Статистический сборник. Кызыл: Тувинское республиканское управление статистики, 1991. 161 с.
 20. Социально-экономическое положение Республики Тыва. Кызыл: Государственный комитет Республики Тыва по статистике, 2005. 47 с.
 21. Статистический ежегодник Республики Тыва. Красноярск: Федеральная служба государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Тыва и Хакасия, 2014. // http://tuvastat.ru/bgd/EZNEG_2014/Main.htm
 22. Некрич А.С., Люри Д.И. 2019. Изменения динамики аграрных угодий России в 1990-2014 гг. Известия РАН. Серия географическая. (3). 64-77.

УДК 631.4:631.95

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Санжаров А.И.

ФГБНУ Всероссийский НИИ Радиологии и Агроэкологии, г Обнинск

E-mail: vkuzn@yandex.ru

***Резюме.** В среде ГИС на основе методов цифрового моделирования проведен морфометрический анализ характеристик, созданы электронные карты: цифровой модели рельефа, крутизны, экспозиции склонов, плановой кривизны поверхностей склонов, характера кривой линии профиля склонов.*

***Ключевые слова:** агроландшафт, агроэкологическая оценка земель, ГИС-технологии, уклон, экспозиция склона.*

В настоящее время перед учёными стоит задача разработки новых подходов к формированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ), включающих наукоемкие высокоинтенсивные экологически безопасные агротехнологии с заданным качеством продукции, основанные на ГИС-

технологиях с использованием прецизионных автоматизированных технических средств производства [1, 2, 3]. Микрогеоморфологическое районирование является сущностной основой дифференциации агроландшафтов по особенностям потенциала их использования. Моделирование рельефа в рамках геоинформационных систем – базовая процедура, предшествующая тематическому (в том числе ландшафтному) картографированию [4,5,6].

В работе проанализирован и определен потенциал использования территории для сельскохозяйственного производства в связи с особенностями рельефа. Данная оценка может представлять собой часть более крупной структуры – системы агроэкологической оценки земель. В принципе, учет некоторых особенностей рельефа имеет место и в уже существующих методиках, но встроен в них не системно. В данной работе мы рассматриваем именно роль рельефа, как единого целого, его прямые и косвенные воздействия на потенциал ландшафта, абстрагируясь от прочих ландшафтных компонентов.

Цель исследования: путем анализа характеристик рельефа в среде ГИС и использования балльных оценок для его основных показателей, определить потенциал использования пахотных угодий на примере сельскохозяйственного производственного кооператива «Русь», расположенного в Советском районе Курской области. Территория СПК «Русь» характеризуется пологоволнистым типом рельефа, где площадь пашни, расположенной на склонах до 3°, составляет 96,2 %. Эрозионные процессы наиболее развиты на участках, непосредственно примыкающих к надпойменной террасе реки Грайворонка.

Современные контуры угодий СПК были уточнены с помощью GPS-приемника и космического снимка на территорию хозяйства. Далее, для того чтобы провести анализ рельефа, в программе MapInfo была построена цифровая модель рельефа (ЦМР) хозяйства путем оцифровки горизонталей топографической карты масштаба 1:10 000. На основании данных радарной интерферометрии проекта Агентства по исследованию космического пространства США (NASA USA) Shuttle Radar Topographic Mission рассчитаны общие средние уклоны земной поверхности. Для выявления участков, наиболее склонных к развитию эрозионных процессов, построены картограммы конвергентных и дивергентных, выпуклых и вогнутых склонов; каждому типу склонов также были присвоены балльные оценки. По данным, полученным в результате совокупности балльных оценок для уклонов, экспозиций, для планового и профильного расчленения земной поверхности была построена интегральная мозаика, впоследствии наложенная на ЦМР в программе Surfer.

Мегатип рельефа, характеризующего земную поверхность в районе СПК «Русь» – равнинный, соответственно, как и любой равнинный рельеф, он характеризуется достаточно толерантными по отношению к любым видам хозяйственной деятельности лимитирующими характеристиками. На основании данных радарной интерферометрии проекта Агентства по исследованию космического пространства США (NASA USA) Shuttle Radar Topographic Mission были рассчитаны картосхемы общих средних уклонов земной поверхности.

Важнейшим этапом целевой проблемы является утверждение количественных критериальных характеристик имеющихся морфографических данных. Для этого использовали разработки ведущих специалистов в области агроэкологии, экологии землепользования [1, 2]. В дальнейшем было выполнено вычисление количественных критериальных характеристик морфографических данных территории СПК «Русь». Значения крутизны склонов, извлеченных из атрибутивной таблицы векторного слоя крутизны склонов классифицированы по категориям поверхностей; каждой из категорий был присвоен определенный балл (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация склонов по крутизне

Категория поверхностей		Уклон, %	Баллы
Плоские поверхности		<1,75	3,5
Склоны	Очень пологие	1,75...3,49	4
	Пологие	3,49...5,24	3
	Слабопокатые	5,24...8,75	2
	Покатые	8,75...14,05	1

Хорошо различимо, что склоны южной экспозиции более структурированы. Это связано с тем, что в весеннее время, «дружное» снеготаяние на южных склонах легко создает четко оформленные скульптурные формы, в то время как северные склоны более дифференцированы из-за отсутствия мощного моногенетического скульптуроформирующего процесса.

Морфологическое устройство склонов существенно влияет на интенсивность стока талых и ливневых вод. Согласно Процессам линейной эрозии более подвержены конвергентные и выпуклые склоны поскольку они являются поверхностями формирования потоковых систем атмосферного стока. Эрозионная опасность выпуклых склонов в 1,25-1,5 раза возрастает по соотношению к прямым, вогнутые склоны, наоборот, снижают этот показатель на 25-50% [1, 2].

Нами была оценена степень плановой кривизны поверхности и морфологии профилей конкретных склонов. На основании геодезических данных и авторских рекогносцировочных наблюдений построены детальные схемы, характеризующие расчленение поверхности территории СПК «Русь».

На интенсивность развития верхних звеньев эрозионных цепей существенное влияние оказывает характер профиля склона. На выпуклых склонах широкого распространения овраги достигают максимальной глубины и современной интенсивности вреза. Метрические характеристики здесь, как и в случае с конвергентными и дивергентными потоками, определяют энергетические характеристики эрозионных процессов.

В соответствии с данной критериальной типизацией построена интегральная мозаика. Это самая сложная промежуточная картографо-математическая конструкция-модель. Количество контуров при выражении ее в виде контурной карты крайне велико, что определяется постоянной и частой периодичностью морфологических характеристик рельефа в пространстве. Однако данная

модель не может быть оценочной, ибо степень корреляции свойств ландшафта в целом со свойствами рельефа находится на порядках первых десятков процентов (этими значениями и оценивается роль рельефа, как компонента ландшафта). Реальное подчинение экологических условий морфометрии рельефа наиболее четко прослеживается в границах элементарных (фации) и более крупных природно-территориальных комплексов (ПТК).

В деталях такая матрица (рис.1) наиболее качественно отражает все многообразие свойств рельефа и потенциала агроландшафтов, однако, учитывая современный уровень развития в стране сельскохозяйственных технологий, в целом, и, например, точного земледелия, в частности, нужно понимать, что данные нуждаются в некотором усреднении и генерализации. Поэтому по завершении аналитической фазы (Spatial Analysis) и построении подробной матрицы, началась фаза синтеза пространственной информации (Spatial Synthesis). Опираясь на описанные сложившиеся концепции геоморфологической дифференции ландшафта, предложена и вполне правомерна оценка по элементарным агроландшафтам (полям). При этом масштаб единичной оценки – десятки, первые сотни гектар – соответствует типичному размеру такого типа ПТК как урочище, что вполне отвечает нашим задачам.

Расчет производился по следующему принципу: разброс значений балльной оценки принимался за 100%, минимум – за 0, максимум – за 100. Все промежуточные значения приоб Эти четыре вида данных (данные об уклонах, об экспозиционности рельефа, о плановом и профильном расчленении земной поверхности) составляют основу почти любого инженерно-геоморфологического картирования.

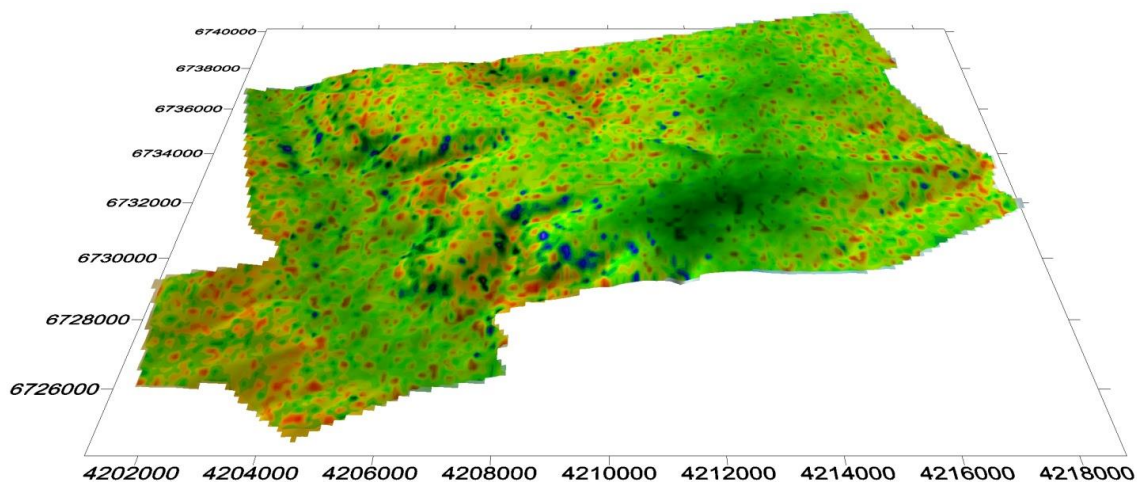


Рисунок 1 – Матрица балльной оценки, наложенная на рельеф в программе Surfer (сине-зеленые участки – менее выгодные, желто-красные – более выгодные).

Стоит отметить, что, казалось бы незначительные отклонения от среднего балла в 7,5 влияют на процессы в ландшафте крайне сильно, так как балл – усредненная оценка для всего участка поля, а если учесть, что большие их площади находятся в сравнительно одинаковых геоморфологических условиях, то на некоторых участках отклонения от абстрактного геоморфологического

оптимума тем более существенны. Более выгодные экологические условия для произрастания сельскохозяйственных культур отмечаются на пологих склонах южной экспозиции. По показателям уклона поля СПК «Русь» отличны в незначительной степени, а дифференциация агроэкологических параметров полей по бальной оценке, главным образом, зависит от экспозиции.

Библиографический список

7. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – М.: «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
8. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. – М.: Колос С, 2010. – 687 с.
9. Методика проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко, А.С. Акименко и др. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 85 с.
10. Колбовский Е.Ю. Рельеф в геоинформационных системах: от традиционных карт к моделям ГИС / Е.Ю. Колбовский, М.В. Пасхина, П.Н. Брагин // Ярославский педагогический вестник, 2010. – Т. 3. – № 4. – С. 140-147.
11. Бутвиловский В.В. Рельеф и почвы как основа выделения и изучения ландшафтов / В.В. Бутвиловский // Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2015. – № 3. – С. 10-15.
12. Смирнов В.В. Диагностика и картография почвенного покрова с использованием трёхмерных моделей рельефа / В.В. Смирнов, О.В. Вологжина, Н.В. Гопп. – Интерэкспо Гео-Сибирь, 2006. – Т. 3. – № 1. – С. 232-234.

УДК 574+504.5

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ СМОЛЕНСКОЙ АЭС

Саруханов А.В., Крыленкин, Д.В., Курбаков Д.Н., Андреева Н.В.,
Сидорова Е.В., Кречетникова Е.О.

Всероссийский НИИ Радиологии и Агроэкологии, г Обнинск

E-mail: mrrino2008@mail.ru

Резюме. В работе представлены результаты обследования сельскохозяйственных угодий в районе расположения Смоленской АЭС. Проведено сравнение с нормативными документами и дана оценка содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: АЭС, почва, растительность, тяжелые металлы, экология, сельское хозяйство

Summary. The paper presents the survey of agricultural lands results in the vicinity of Smolensk NPP. Comparison with regulatory documents was carried out and the assessment of safety of heavy metals content in the agricultural production is given.

Смоленская АЭС – одно из ведущих энергетических предприятий региона, ежегодно она выдает в энергосистему страны порядка 20 млрд. киловатт часов электроэнергии (около 13% энергии, вырабатываемой на АЭС России и более 80% от того, что производят энергопредприятия Смоленской области). Она состоит из трёх энергоблоков с реакторами РБМК-1000. Смоленская АЭС – крупнейшее градообразующее предприятие области, доля поступлений от нее в областной бюджет составляет более 30%.[1] Однако для обеспечения безопасности населения необходимо быть уверенным в безопасности

окружающих сельскохозяйственных территорий подвергающихся воздействию САЭС и производимой на них продукции.

Таблица 1 – Основные агрохимические показатели почвы вблизи Смоленской АЭС

Показатель	Значение
рН (KCl)	4,6
содержание органического вещества, %	1,54
гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г. почвы	4,52
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г.	6,4
Азот гидролизуемый, мг/100 г. почвы	7
Подвижный Р, мгР ₂ О ₅ /кг	157
Обм. К (мг К ₂ О /кг)	74

Были установлены агрохимические показатели (таблица 1) [2] (рНKCl, содержание органического вещества, гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г. почвы, сумма обменных оснований, мг-экв/100 г., азот гидролизуемый, мг/100 г. почвы, подвижный Р, мг Р₂О₅/кг, обменный К (мг К₂О /кг), а также концентрации тяжелых металлов, содержащихся в сельскохозяйственной продукции, выращенной на территории Смоленской области (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Ni, Cr, Mn) (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции вблизи Смоленской АЭС, мг/кг сырой биомассы

	Картофель	Капуста	Тыква	Свекла	Морковь
Pb	0,005	0,049	0,008	0,010	0,010
Cd	0,312	0,313	0,312	0,312	0,555
As	0,084	0,011	0,011	0,045	0,027
Cu	0,214	0,023	0,079	0,308	0,134
Ni	0,058	0,026	0,021	0,063	0,063
Cr	0,027	0,004	0,007	0,035	0,054
Mn	0,010	0,002	0,002	0,016	0,002
Fe	0,0008	0,0003	0,0002	0,0009	0,0007

Таким образом, после анализа данных о содержании тяжелых металлов в Сельскохозяйственной продукции на земельных угодьях вблизи Смоленской АЭС за 2013 год и сравнения их с уровнями, представленными в нормативных документах [3], можно сделать вывод, что полученные значения не превышают предельно допустимые концентрации тяжелых металлов, изложенных в соответствующем нормативном документе по показателю «содержание тяжелых металлов в Сельскохозяйственной продукции».

Библиографический список

1. Официальный сайт Росатом – <https://www.rosatom.ru/> – 2021 г. – 19 марта.
2. Анисимов В.С., Крыленкин Д.В., Саруханов А.В., Губарева О.С., Фригидов Р.А. База данных по содержанию тяжелых металлов в почве и растениях в районах расположения АЭС, прототип 2019 г.

3. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2511-09 Москва, 2009. С. 1-6.

УДК 631.58

О ПРОБЛЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ БЕЗДЕФИЦИТНОГО БАЛАНСА ПОЧВЕННОГО ГУМУСА В ХОЗЯЙСТВАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Свиридов В.И.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: kafdgmu@yandex.ru

Резюме. В работе анализируется складывающийся по годам использования пашни баланс гумуса в почвах Курской области и рассматривается возможность достижения его бездефицитности посредством совершенствования состава и соотношения возделываемых культур в хозяйствах региона.

Ключевые слова: почвенное плодородие, баланс гумуса, ресурсы воспроизводства, структура посевных площадей, севообороты, оптимизация, экономические интересы, экологические требования.

Баланс гумуса, как результат сопоставления объема его накопления за счет пожнивно-корневых остатков возделываемых растений и внесения органических удобрений с потерями гумуса при его минерализации и эрозии почвы, в хозяйствах Курской области был и остается отрицательным. По нашим расчетам (таблица 1), в неблагоприятном по урожайности культур 2010 г. значение баланса гумуса составило (–0,9) т в расчете на 1 га пашни, в среднем по благоприятности 2015 г. (–0,7) т/га, а в наиболее благоприятном 2019 г. (–0,6) т/га. При этом в каждом из этих лет можно утверждать о преобладающей роли растительных остатков в общих объемах новообразования гумуса, а также процессов его минерализации в расходной части гумусового баланса.

Таблица 1 – Фактический баланс гумуса в почвах хозяйств Курской области*

Показатель	2010 г.	2015 г.	2019 г.
1. Накопление гумуса, тыс. т – всего	710	1044	1347
в т.ч. за счет:			
пожнивно-корневых остатков	687	1000	1283
внесения органических удобрений	23	44	64
2. Потери гумуса, тыс. т. – всего	2069	2240	2390
в т.ч. за счет:			
минерализации	1920	2084	2236
эрозии почвы	149	156	154
3. Баланс гумуса – всего, ± тыс.т	–1359	–1196	–1043
в т.ч. в расчете на 1 га пашни, ± т	–0,9	–0,7	–0,6

*Рассчитано на основе данных статсборника [1]

Одновременно установлено наличие в указанные годы значительных

неиспользованных ресурсов воспроизводства почвенного плодородия в сельскохозяйственных организациях региона (таблица 2). Так, исходя из фактического поголовья животных, выход навоза подстилочного и излишков побочной продукции растениеводства (соломы зерновых культур и ботвы сахарной и кормовой свеклы) на порядок превышал объемы физической массы реально внесенных органических удобрений. Это означает, что, судя по данным официальной статистики, основная часть соломы или по-прежнему сжигается, нанося серьезный вред окружающей среде [2], или почему – то не учитывается в составе органических удобрений, а большая доля ежегодных запасов твердого навоза и помета, не говоря уже о навозе полужидком и жидком и навозных стоках, не доходит до поля.

Таблица 2 – Ресурсы воспроизводства почвенного плодородия в сельскохозяйственных организациях Курской области*

Показатель	2010 г.	2015 г.	2019 г.
1. Выход навоза подстилочного (твердого) при фактическом поголовье животных, тыс. т	403	347	376
2. Излишки побочной продукции растениеводства, тыс. т:			
соломы зерновых культур	1464	2411	3791
ботвы свеклы	1380	2104	3462
3. Внесено органических удобрений – всего:			
тыс. т	254	486	712
% к общему объему ресурсов	7,8	10,0	9,3

*Рассчитано на основе данных статсборника [1]

Поскольку объем расходных статей баланса гумуса, включающий его минерализацию и потери за счет эрозии почвы, по годам возделывания каждой культуры не меняется, то величина балансового сальдо напрямую связана с урожайностью, от которой зависит размер приходной части этого баланса в виде новообразования гумуса из корневых и пожнивных остатков (таблица 3). Например, при выращивании озимой пшеницы минерализация гумуса с его содержанием в почвах в среднем по Курской области 4,6% составляет 0,92 т/га, потери гумуса за счет развития эрозионных процессов – 0,06 т/га, а общий его расход – 0,98 т/га. Накопление же гумуса, определенное по уравнению взаимосвязи массы пожнивно-корневых остатков (у) и урожайности (х) для этой культуры в виде: $y=0,8x+1,91$ [3] с использованием коэффициента гумификации растительных остатков зерновых культур для черноземов выщелоченных и типичных 0,20 в 2010 г. составило 0,73 т/га, в 2015 г. – 0,89 т/га и в 2019 г. – 1,18 т/га. Следовательно, баланс гумуса при возделывании пшеницы озимой в эти годы измерялся величинами, равными (–0,25), (–0,09) и 0,20 т/га, соответственно. Рассчитанный таким же образом баланс гумуса при выращивании пшеницы яровой составлял (–0,48), (–0,20) и 0,20 т/га; ржи – (–0,32), (–0,19) и (–0,05) т/га; кукурузы на зерно – (–1,75), (–1,47) и (–1,30) т/га; сахарной свеклы – (–1,81), (–1,75) и (–1,67) т/га и т.д. Чистый пар, где культуры не

выращиваются и нет поступления корневых и пожнивных остатков, без внесения органических удобрений образует наибольший дефицит гумуса в размере (–2,38) т/га. Из всех возделываемых в Курской области культур, как показывают данные таблицы 3, наиболее благоприятными с точки зрения формирования баланса гумуса являются многолетние травы, которые даже в самые неурожайные годы обеспечивают его положительное значение.

Таблица 3 – Урожайность и баланс гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур в Курской области*

Культура	2010 г.		2015 г.		2019 г.	
	Урожайность, т/га	Баланс гумуса, ± т/га	Урожайность, т/га	Баланс гумуса, ± т/га	Урожайность, т/га	Баланс гумуса, ± т/га
Пшеница озимая	2,2	– 0,25	3,2	– 0,09	5,0	0,20
Пшеница яровая	1,6	– 0,48	3,0	– 0,20	5,0	0,20
Рожь озимая	1,6	– 0,32	2,4	– 0,19	3,3	– 0,05
Ячмень	1,9	– 0,42	3,0	– 0,32	4,2	– 0,20
Овес	1,6	– 0,41	2,3	– 0,33	3,0	– 0,26
Просо	1,0	– 0,57	2,0	– 0,40	2,1	– 0,38
Гречиха	0,4	– 0,58	1,3	– 0,45	1,6	– 0,41
Горох	1,0	– 0,62	2,1	– 0,50	2,4	– 0,46
Кукуруза на зерно	2,0	– 1,75	5,9	– 1,47	8,3	– 1,30
Сахарная свекла	22,8	– 1,81	35,2	– 1,75	53,9	– 1,67
Подсолнечник на семена	1,0	– 1,81	2,2	– 1,62	3,0	– 1,50
Соя	0,7	– 1,88	1,5	– 1,80	2,1	– 1,43
Картофель	8,6	– 1,91	15,3	– 1,77	16,6	– 1,77
Кукуруза на силос и з/к	11,4	– 0,38	23,1	– 0,14	28,0	– 0,05
Корнеплоды кормовые	19,8	– 1,83	25,3	– 1,81	22,5	– 1,82
Травы однолетние (сено)	1,8	– 0,02	2,6	0,13	3,2	0,24
Травы многолетние (сено)	2,0	0,39	2,4	0,59	3,1	0,76
Чистый пар	X	– 2,38	X	– 2,38	X	– 2,38

*Рассчитано на основе данных статсборника [1]

В настоящее время многие предприниматели в погоне за прибылью концентрируют свое внимание на выращивании лишь тех культур, которые гарантируют достижение наивысших экономических результатов без соблюдения требований по обеспечению бездефицитного и положительного баланса

гумуса, как главного фактора почвенного плодородия. Свидетельством этому является приведенная в таблице 4 структура посевных площадей в хозяйствах Курской области. Так, если в 1990 г., взятом для сравнения с постсоветским периодом, озимая пшеница занимала в структуре использования пашни 19,4%, то в последующие годы ее удельный вес вырос до 30%; доля кукурузы на зерно повысилась с 0,2% в 1990 г. до 8,5% в 2019 г., технических культур – с 10,1 до 33,0%, в том числе подсолнечника – до 8,4%, а сои – до 16,5%. В то же время посевные площади многолетних и однолетних трав, в наибольшей степени обогащающих почву растительными остатками, сократились с 6,1 до 2,0% и с 11,1 до 1,2%, соответственно. Все это самым негативным образом сказалось на балансе гумуса, дефицит которого увеличился с (–0,1) т/га в 1990 г. до (–0,9) т/га в 2010 г. и (–0,7), (–0,6) т/га в 2015 и 2019 гг.

Таблица 4 – Структура посевных площадей в хозяйствах Курской области, %*

Культура	1990 г.	2010 г.	2015 г.	2019 г.
Зерновые – всего	49,0	57,4	62,5	56,6
из них: пшеница озимая	19,4	27,5	30,0	26,6
ячмень	16,3	11,5	15,3	15,0
крупяные	3,3	3,8	1,7	0,6
зернобобовые	3,6	2,0	1,9	1,1
кукуруза на зерно	0,2	3,0	8,6	8,5
Технические – всего	10,1	16,0	22,3	33,4
из них: сахарная свекла	9,4	6,4	5,7	6,9
подсолнечник	0,1	4,9	7,2	8,4
соя	–	2,5	6,6	16,5
Картофель и овощи	4,5	4,7	4,0	2,0
Кормовые – всего	30,6	8,9	6,4	4,2
из них: кукуруза на силос и з/к	11,6	2,2	1,1	0,9
травы однолетние	11,1	3,5	2,4	1,2
травы многолетние	6,1	2,6	2,3	2,0
Чистый пар	5,8	13,0	4,8	3,8
Всего пашни, тыс. га	1970,8	1558,0	1701,0	1709,0
Баланс гумуса, ± тыс. т	– 169	– 1359	– 1196	– 1043

*Рассчитано на основе данных статсборников [1, 4]

Выполненные нами в разное время проектные расчеты по совершенствованию структуры посевных площадей в хозяйствах Курской области [5-10] показывают, что оптимизируя состав и соотношение возделываемых групп культур, а также чистых паров можно обеспечивать бездефицитный баланс гумуса в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия. Предлагаемый вариант структуры использования пашни в регионе [3] предусматривает сокращение относительно 2019 г. доли озимой пшеницы до 24,3%, кукурузы на зерно – до

7,0%, технических культур – до 13,0%. При этом повышается удельный вес многолетних и однолетних трав, соответственно, до 14,0 и 7,3%, предусматривается дифференциация пашни по категориям интенсивности ее использования и выполнение необходимых севооборотных требований.

Достижение бездефицитного баланса гумуса всегда связано с сокращением площадей под рыночными, экономически выгодными культурами, что приводит к снижению уровня рентабельности производства продукции растениеводства – по сравнению с 2019г., например, с 47,4 до 38,5%. С точки зрения современных представлений о рациональности использования сельскохозяйственных земель, лишь гармоничное сочетание экономических интересов агропроизводства с экологическими требованиями сохранения почвенного плодородия, являющегося базисом этого производства, может стать основой для устойчивого развития сельского хозяйства. По этой причине структура посевных площадей, обеспечивающая поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве при относительно высокой рентабельности производства, может являться ориентиром при формировании аграрной политики региона в средне- и долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Статистический ежегодник Курской области. 2020: стат. сб. / Курскстат. – Курск, 2020. – 436 с.
2. Киряев Б. Лидируют южные районы // Курская правда, 2 августа 2019 г.
3. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области/ Г.Н. Черкасов, Д.В. Дубовик, Н.П. Масютенко и др. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. – 188 с.
4. Сводный статистический ежегодник Курской области. 2001: стат. сб. / Курскстат. – Курск, 2001. – 493 с.
5. Новые схемы севооборотов и усовершенствованная структура посевных площадей для хозяйств зерно-свекло-скотоводческой специализации Центрального Черноземья / Г.Н. Черкасов, А.С.Акименко, В.И.Свиридов и др. – Курск.: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2006. – 36 с.
6. Методика проектирования и проекты усовершенствованной структуры посевных площадей в хозяйствах различной специализации / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко, В.И. Свиридов и др. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2008. – 50 с.
7. Бутко И.В., Ванин Д.Е., Свиридов В.И. и др. Оптимизация структуры использования пашни как важное условие повышения эффективности полевого растениеводства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 4. – С.17-19.
8. Свиридов В.И., Комов В.Г. Формирование рациональной структуры посевных площадей методом оптимального компромиссного программирования // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 9. – С. 11-13.
9. Свиридов В.И., Комов В.Г. Оптимизация структуры посевных площадей на основе использования экологических и экономических критериев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 33-35.
10. Свиридов В.И., Свиридова О.В. Управление балансом гумуса в севооборотах посредством состава и соотношения посевных площадей возделываемых культур // Вестник КГСХА. – 2019. – № 2. – С.6-11.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS*)

Серегина И.И.¹, Белопухов С.Л.¹, Дмитриевская И.И.¹,

Цыгуткин А.С.², Вигилянский Ю.М.¹

E-mail: seregina.i@inbox.ru

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49

²Белгородский Федеральный Аграрный Научный Центр

Российской Академии Наук, Россия, г. Белгород, ул. Октябрьская, д. 58

Резюме. В полевых условиях было изучено влияние различных гуминовых удобрений на формирование урожайности люпина белого сорта Дега. Было установлено, что удобрения оказывают положительное влияние на урожайность растений люпина. Однако изучаемые гуминовые удобрения оказывали положительное действие на различные стороны продукционного процесса.

Ключевые слова: гуминовые удобрения, люпин белый сорт Дега, урожайность

В настоящее время наиболее актуальными являются исследования приемов оптимизации почвенного плодородия путем применения органических удобрений, в том числе сидеральных, а также удобрений, основой которых являются гуминовые вещества.

Известно, что гуминовые удобрения обладают многочисленными благоприятными свойствами, среди которых можно отметить способность стимулировать развитие микроорганизмов, их многообразие и рост численности, а также оказывать существенное влияние на рост и развитие корневой системы растений, снижать развитие заболеваний корней [1]. Гуминовые удобрения воздействуют на скорость роста клеток и проницаемость клеточной оболочки корней, что обуславливает улучшение их поглотительной способности [2]. Большое значение гуминовых удобрений проявляется в их способности улучшать состав питательного раствора почвы, в результате чего возрастает обеспеченность элементами минерального питания и увеличивается их поглощение растениями [3].

Несмотря на многочисленные исследования, посвященные изучению гуминовых удобрений на рост и развитие растений, а также на обеспеченность растений элементами минерального питания и плодородие почвы, остаются неизученными некоторые аспекты технологии их применения под различные культуры. В связи с этим целью наших исследований являлось изучение влияния гуминовых удобрений на урожайность и структуру урожая люпина белого сорта Дега.

Методика исследований. Для решения поставленных вопросов был проведен микрополевой опыт на опытном участке кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Почва опытного участка представлена урбаноземом типичным. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы опытного участка: гумус (по

Тюрину) 3,3% (ГОСТ 26213-91) pH_{KCl} – 6,0 (ГОСТ 26483-85), Нг 0,9 мг-экв/100 г почвы (ГОСТ 26212), S – 24,3 (ГОСТ 27821-88), $N_{ш.г.}$ – 90 мг/кг почвы (по Корнфилду). Обеспеченность подвижными формами фосфора – 125 мг/кг почвы (IV класс), калия – 120 мг/кг почвы (IV класс) (по Кирсанову) (ГОСТ 54650-2011).

В опытах были изучены гуминовые удобрения Natural Humic Acids и Humate Balance в рекомендуемых производителем дозах 4 и 3 кг/100м² соответственно. Производитель, компания Life Force рекомендовал эти удобрения для улучшения почвенного плодородия и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. В полевых условиях гуминовые удобрения вносили отдельно и совместно перед посевом изучаемой культуры.

Уровень минерального питания создавали путем внесения аммонийной селитры (NH_4NO_3), аммофоса ($NH_4H_2PO_4$) и однозамещенного фосфата калия (KH_2PO_4) вручную на глубину 7-10 см. Во всех вариантах вносили $N_{20}P_{115}K_{145}$.

Посев, уход, наблюдения за посевами люпина белого осуществляли в соответствии с общепринятой методикой [4]. Повторность проведенных исследований четырехкратная. Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием однофакторного дисперсионного анализа [4].

Результаты исследований. Результаты исследований по изучению влияния различных гуминовых удобрений на урожайность люпина белого сорта Дега представлены в таблице 1. Показано, что применение гуминового удобрения Natural Humic Acids обеспечило увеличение массы зерна на 6 %, массы створок на 34 %, зеленой массы на 11 % по сравнению с контрольным вариантом без внесения гуминовых удобрений. Выявлено, что возрастание урожайности растений люпина произошло в результате увеличения количества плодов и семян на одном растении.

Таблица 1 – Влияние гуминовых удобрений на урожайность зерна люпина белого сорта Дега (г/м²)

Применение гуминовых удобрений	Сухая масса			Количество на 1 растение, шт		Масса 1000 зерен, г
	зерна	створок	зеленая масса (стебли)	плодов	зерен	
Контроль	573	642	432	12	72	263
Natural Humic Acids	610	862	325	15	90	223
Humate Balance	621	440	492	9	45	283
Natural Humic Acids + Humate Balance	608	575	418	10	30	276
HCP ₀₅	34	42	29	1	5	18

При применении гуминового удобрения Humate Balance установлено достоверное повышение урожая зерна люпина белого сорта Дега на 8 % по сравнению с контрольным вариантом без применения гуминовых удобрений. Применение данного гуминового удобрения оказало положительное влияние на массу 1000 зерен, которая возросла на 8 %, что способствовало увеличению массы зерна. Кроме того, в данном варианте, выявлено снижение массы

створок почти на 46 % и зеленой массы стеблей растений на 13 % по сравнению с вариантом без гуминовых удобрений.

При совместном применении гуминовых удобрений Natural Humic Acids и Humate Balance произошло увеличение массы зерна люпина белого сорта Дега на 6 %, в результате роста массы 1000 зерен. Однако изменение массы 1000 зерен оказалось недостоверным в данных условиях выращивания. При этом масса створок и зеленая масса стеблей снизилась на 6 % и на 8 % соответственно по сравнению с контрольным вариантом без применения гуминовых удобрений.

Таким образом, результаты исследований позволили выявить эффективность действия гуминовых удобрений Natural Humic Acids и Humate Balance, внесенных отдельно в разных вариантах, а также совместно на урожайность люпина белого сорта Дега. Было выявлено положительное действие гуминовых удобрений на урожайность растений люпина во всех вариантах их внесения. Прибавка зерна составила 6-8 % по сравнению с вариантом без гуминовых удобрений. Было показано, что препарат Natural humic acids оказал положительное влияние не только на массу зерна, но также и на массу створок и зеленую массу стеблей. Было установлено, что прибавка массы зерна получена в результате влияния гуминовых удобрений на процессы формирования репродуктивных органов. Так при использовании удобрения Natural Humic Acids увеличение массы зерна произошло в результате стимулирования процессов плодообразования и роста количества семян в плодах. При использовании Humate Balance и совместного внесения Natural Humic Acids и Humate Balance происходит стимулирование оттока ассимилятов из вегетативной массы растений, что обеспечивает рост массы 1000 зерен. Хотя в варианте с совместным применением изучаемых удобрений возрастание массы 1000 зерен, оказалось недостоверным в данных условиях выращивания.

Заключение. Результаты проведенных исследований позволили изучить влияние гуминовых удобрений Natural Humic Acids и Humate Balance, производства компании Life Force. Было выявлено положительное влияние на массу зерна и формирование урожайности растений люпина. Было установлено действие изучаемых удобрений на различные стороны продукционного процесса.

Библиографический список

1. Гришина, Е.А. Изучение физико-химических свойств препаратов гумино-фульватного комплекса и их влияния на рост и развитие сельскохозяйственных культур // Дис. канд. биол. наук: 06.01.04 / Е.А. Гришина. – Москва, 2014. – 134 с.
2. Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горюнов А.В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) // Агрономия и лесное хозяйство. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (60). – С. 11-14.
3. Попов, А.И. Гуминовые вещества - свойства, строение, образование. Изд-во СПб, унта, 2004, 248 с. Борисенко В.В. Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его влияние на рост и развитие растений // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №110(06),
4. Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Ромодина Л.В. Агрохимические методы исследований: Учебник – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 309 с.

INFLUENCE OF HUMIC FERTILIZERS ON THE YIELD OF WHITE LUPINUS (LUPINUS ALBUS)

Seregina I.I.¹, Belopukhov S.L.¹, Dmitrevskaya I.I.¹,

Tsygutkin A.S.², Vigilyansky Y.M.¹

E-mail: seregina.i@inbox.ru

¹ Russian state agrarian University-MSHA named after K. A. Timiryazev, Russia, Moscow, st. Timiryazevskaya, 49

² Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 58 st. Oktyabrskaya, Belgorod, Russia

Summary. In the field, the influence of various humic fertilizers on the formation of the yield of white lupine variety Dega was studied. It has been found that fertilization has a positive effect on the yield of lupine plants. However, the studied humic fertilizers had a positive effect on various aspects of the production process.

Key words: humic fertilizers, white lupine variety Degas, yield.

УДК 631.811.98:633.11

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО СТИМУЛЯТОРА РОСТА НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАННИХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ

Серегина И.И.¹, Белопухов С.Л.¹, Дмитриевская И.И.¹,

Цыгуткин А.С.², Макарская И.Г.¹, Зайцев Ф.И.¹

E-mail: seregina.i@inbox.ru

¹ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49

² Белгородский Федеральный Аграрный Научный Центр

Российской Академии Наук, Россия, г. Белгород, ул. Октябрьская, д. 58

Резюме. В модельных краткосрочных экспериментах изучено влияние природного стимулятора роста, полученного на основе вытяжки из костры конопли, на накопление биомассы и фотосинтетическую активность растений яровой пшеницы сорта Эстер в зависимости от формы азотных удобрений и условий водообеспечения. Было выявлено стимулирующее действие препарата на изучаемые показатели при внесении мочевины и аммиачной селитры в условиях оптимального водообеспечения. В условиях засухи показано защитно-стимулирующее действие препарата на фоне сульфата аммония.

Ключевые слова: природный стимулятор роста, яровая пшеница, фотосинтетическая активность, биомасса растений, засуха

В настоящее время во всем мире одной из главных проблем является утилизация отходов, в том числе отходов продукции растениеводства. В связи с этим одним из приоритетных направлений сельскохозяйственного производства является разработка способов комплексного использования сырья и создание безотходных технологий. Основной особенностью большинства побочных отходов растениеводства, образующихся после переработки сельскохозяйственного сырья, является ценный химический состав. В настоящее время

отходы агропромышленных комплексов и перерабатывающей промышленности используются нерационально и оказывают неоднозначное влияние на окружающую среду. Применение современных технологий обработки позволяет использовать большинство отходов агропромышленного комплекса для получения ценных органических удобрений [1,2], обладающих свойствами стимуляторов роста и оказывать определенное влияние на рост и развитие, а также физиолого-биохимические процессы растений. В связи с этим целью наших исследований являлось изучение влияния природного стимулятора роста, полученного на основе вытяжки из костры конопли на накопление биомассы и фотосинтетическую активность растений яровой пшеницы на ранних этапах развития.

Методика исследований. Для решения поставленных вопросов был проведен краткосрочный эксперимент с растениями яровой пшеницы сорта Злата на ранних этапах развития. Растения выращивали в контролируемых условиях, когда поддерживались благоприятные световые и температурно-влажностные режимы для культивирования пшеницы.

Опыты проводили в условиях почвенной культуры. Для исследований использовали дерново-подзолистую тяжелосуглинистую почву. Агрохимические показатели определяли в соответствии с общепринятыми методами [3]: содержание гумуса по методу по Тюрина, рНКСl – ГОСТ 26483-85, гидролитическая кислотность (Нг) – по методу Каппена ГОСТ 26212-91, сумма поглощенных оснований (S) – по Каппена-Гильковица ГОСТ 27821-88, V 95,3 %, азот щелочно-гидролизующий (N щ.г.) – методические указания (1985), содержание фосфора и калия (по Кирсанову) – ГОСТ 54650-2011.

Растения выращивали в сосудах Вагнера (без отверстий) вместимостью 500 г почвы. Посев осуществляли намоченными семенами по 10 шт на сосуд. До 14 дневного возраста растения всех вариантов выращивали в оптимальных условиях водообеспечения (60 % полной влагоемкости). Засуху создавали при наступлении фазы кущения путём прекращения полива.

Уровень азотного питания создавали путем внесения различных форм азотных удобрений ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (21 %), NH_4NO_3 (35 %), $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (46 %) из расчета 100 мг N на 1 кг почвы. Контрольными являются варианты без внесения азотных удобрений. Природный стимулятор роста (СР) представлял собой вытяжку из костры конопли, которую вносили в виде 5 % раствора при закладке опыта. Повторность в опыте четырехкратная. Длительность опыта составила 21 день.

Результаты исследований. Результаты исследований по изучению влияния СР на основе костры конопли на фоне различных форм азотных удобрений на накопление биомассы (рис. 1) и фотосинтетическую активность растений яровой пшеницы сорта Злата в условиях оптимального водообеспечения и засухи почвы в опыте представлены на сводном графике (рис. 2). Как видно из результатов исследований, приведенных на рис.1, наблюдалось положительное влияние азотных удобрений на накопление сухой биомассы. Однако следует отметить, что при использовании мочевины полученная масса растений

была сопоставима с контрольным вариантом без использования удобрений. Применение СР при оптимальном поливе на фоне всех форм азотных удобрений оказывает положительное влияние на накопление биомассы растениями яровой пшеницы. Максимальная сухая масса растений (286 мг/сосуд) получена при использовании изучаемого стимулятора роста на фоне сульфата аммония. В то время как в данных условиях выращивания наибольшее стимулирующее действие изучаемого препарата получено на фоне внесения мочевины.

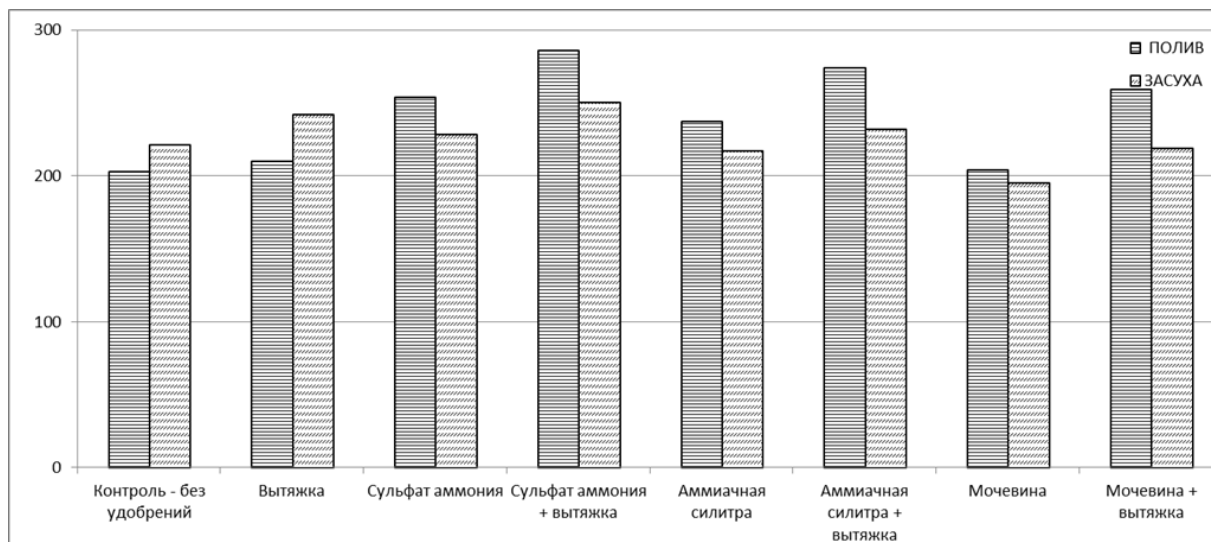


Рисунок 1 – Влияние СРУ на накопление биомассы растений яровой пшеницы (мг/сосуд) в зависимости от формы азотных удобрений и условий водообеспечения
 – полив; – засуха

В условиях засухи показано снижение массы растений во всех вариантах опыта за исключением контрольного варианта. Наибольшее снижение массы растений (11 %) получено при внесении сульфата аммония по сравнению с вариантом, где растения поливали оптимально. Применение СР оказало положительное влияние на накопление биомассы растениями пшеницы по сравнению с вариантами без стимулятора роста. В условиях засухи наибольшее стимулирующее действие препарата проявилось на фоне мочевины, так же как и при оптимальном поливе.

Результаты исследований по изучению влияния СР на площадь ассимиляционной поверхности растений пшеницы представлены на рисунке 2. При оптимальном водообеспечении показано стимулирующее действие изучаемого препарата на фотосинтетическую активность растений пшеницы. Наибольшая эффективность СР проявилась на фоне аммиачной селитры и мочевины. Получено возрастание площади ассимиляционной поверхности растений на 27 % и 31 % соответственно.

В условиях засухи показано снижение площади ассимиляционной поверхности практически во всех вариантах. Применение СР способствовало снижению депрессии фотосинтетической активности растений пшеницы. Наибольшая эффективность препарата получена в контрольном варианте без

применения азотных удобрений, а также на фоне сульфата аммония. В тоже время при внесении аммиачной селитры и мочевины получена наименьшая площадь ассимиляционной поверхности растений.

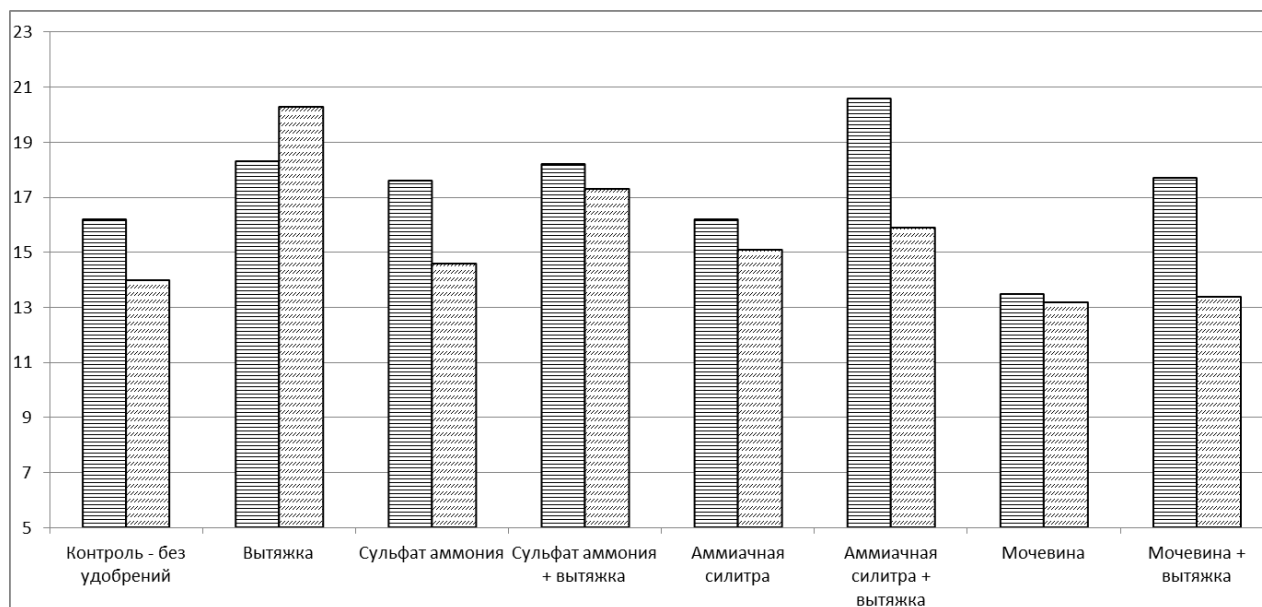


Рисунок 2 – Влияние СР на площадь ассимиляционной поверхности растений яровой пшеницы в зависимости от формы азотного удобрения и условий водообеспечения.

▨ – полив; ▤ – засуха

Закключение. Результаты проведенных исследований позволили изучить стимулирующее действие изучаемого препарата на накопление сухой биомассы и фотосинтетическую активность растений пшеницы в зависимости от форм азотных удобрений и условий водообеспечения. Показано положительное действие природного СР, полученного на основе вытяжки из костры конопли при оптимальном водообеспечении на фоне мочевины и аммиачной селитры. Хотя максимальные величины изученных показателей проявились на фоне сульфата аммония, при засухе защитно-стимулирующее действие препарата проявилось в увеличении массы растений на фоне мочевины, а на площадь ассимиляционной поверхности – на фоне сульфата аммония.

Библиографический список

1. Гришина, Е.А. Изучение физико-химических свойств препаратов гумино-фульватного комплекса и их влияния на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Дис. канд. биол. наук: 06.01.04. – Москва, 2014. – 134 с.
2. Аносова Е.Б., Лященко С.Я., Сусоева Н.В., Вахтина Т.Н. Совершенные решения по переработке растительных отходов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 4(35). С. 116-120.
3. Практикум по агрохимии // Под ред. В.В. Кидина. – М.: КолосС. 2008. С. 599.

INFLUENCE OF A NATURAL GROWTH STIMULANT ON BIOMASS ACCUMULATION AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SPRING WHEAT PLANTS AT EARLY STAGES OF DEVELOPMENT

Seregina I.I.¹, Belopukhov S.L.¹, Dmitrevskaya I.I.¹,

Tsygutkin A.S.², Makarskaya I.G.¹, Zaitsev F.I.¹

E-mail: seregina.i@inbox.ru

¹ Russian state agrarian University-MSHA named after K. A. Timiryazev, Russia, Moscow, st. Timiryazevskaya, 49

² Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 58 st. Oktyabrskaya, Belgorod, Russia

Summary. In model short-term experiments, the effect of a natural growth stimulant obtained on the basis of hemp extract from a fire on the accumulation of biomass and photosynthetic activity of spring wheat plants of the Ester variety was studied, depending on the form of nitrogen fertilizers and water supply conditions. The stimulating effect of the drug on the studied parameters was revealed when urea and ammonium nitrate were added under conditions of optimal water supply. In drought conditions, the protective and stimulating effect of the drug against the background of ammonium sulfate is shown.

Key words: natural growth stimulant, spring wheat, photosynthetic activity, plant biomass, drought

УДК 633.71:631.86

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ РОСТОК ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ТАБАКА

Сидорова Н.В.¹, Плотнокова Т.В.¹, Егорова Е.В.²

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, г. Краснодар,

E-mail: agrotobacco@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», г. Краснодар

Резюме. Использование гуминового агрохимиката Росток при выращивании табачной рассады способствует повышению биологической активности питательного субстрата рассадника и содержания подвижных форм главных питательных элементов, что обеспечивает увеличение выхода качественной стандартной рассады табака к оптимальному сроку высадки ее в поле на 37-51% и урожайности на 13-15% на фоне сохранения оптимального экологического состояния окружающей среды.

Ключевые слова: табак, рассада, деградированная питательная смесь, микопатогены, биологическая активность, удобрение Росток, урожайность.

Summary. The use of the humic agrochemical Sprout in growing tobacco seedlings contributes to an increase in the biological activity of the nutrient substrate of the nursery and the content of mobile forms of the main nutrients, which ensures an increase in the yield of high-quality standard seedlings of tobacco by the optimal time of planting it in the field by 37 - 51% and the yield by 13-15% against the background of maintaining the optimal ecological state of the environment.

Key words: tobacco, seedlings, degraded nutrient mixture, mycopathogens, biological activity, Rostok fertilizer, yield.

Возделывание табака начинается с выращивания рассады – самого

ответственного периода, так как этот этап является основой успешного производства табачного сырья. Уровень урожайности в значительной степени зависит от качества полученного здорового посадочного материала [1], так называемый «пролонгированный эффект качественной рассады».

Для выращивания рассады в парнике рекомендована свежеприготовленная питательная смесь, состоящая из почвы, песка и качественного перегноя [2]. Ежегодная ее смена затратная для хозяйств, поэтому, как правило, производители используют несменяемую смесь в течение нескольких лет. Однако при длительном использовании происходит комплексная ее деградация, в том числе физическая (теряет структуру, заплывает после поливов и т.д.), агрохимическая (потеря подвижных форм питательных элементов) и микробиологическая (накопление инфекции). Все это является серьезным препятствием на пути получения здоровой рассады, соответствующей определенным требованиям [3].

В данных негативных условиях частично исправить ситуацию могут минеральные удобрения, которые являются наиболее значимым элементом в технологии возделывания табака и фунгициды. Однако с появлением на рынке сбалансированных современных гуминовых удобрений, таких как Росток, удалось доказать, что получать качественный посадочный материал растений табака возможно без использования химических агрохимикатов и пестицидов.

Росток – натуральное экологически чистое 1% гуминовое удобрение нового поколения из торфа (ООО «НПЦ «Эврика»). Препарат является природным регулятором для роста и развития растений, иммуностимулятором, адаптогеном и антиоксидантом, индуктором к заболеваниям. Удобрение отличается стабильность состава (комплексные соединения гуминовых кислот, получаемые из торфа) [4].

Научно-исследовательские работы проведены на опытно-экспериментальной базе ВНИИТТИ (г. Краснодар). Табачную рассаду сорта Остролист 316 (2017 г.) и сорта Крупнолистный 9 М (2018-2019 гг.) выращивали в необогреваемых парниках на длительно несменяемой питательной смеси с предварительным созданием азотного фона из расчета 50% от оптимального содержания лабильного азота, который был создан внесением аммиачной селитры на основании агрохимических анализов. Согласно рекомендациям в 100 г смеси содержится азота (нитратная и аммиачная формы) 70 мг [5]. Такая питательная смесь являлась контролем и фоном. Препарат в парниковых условиях вносили трижды (1 мл/м^2): до посева семян (за 4-5 дней) и в период вегетации рассады (через 2 и 4 недели после посева семян) с поливной водой из расчета 1 л/м^2 . Оценивали его влияние на биологическую активность почвы по интегральным показателям («дыхание», нитрифицирующая способность почвы и активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов). Видовой состав микрофлоры устанавливали с помощью микроскопирования. Перед выборкой рассады оценивали её качество по биометрическим показателям [3].

Сразу после выборки ее высаживали в поле в соответствии с вариантами парникового опыта. В полевой период проводили измерение высоты растений,

подсчитывали количество недоразвитых и продуктивных растений (имеющих соцветия с побуревшими коробочками и плодоножкой бурого цвета [6]). Площадь листа среднего яруса определяли по таблицам Губенко [7]. Химический состав табачного сырья осуществляли в лаборатории химии и контроля качества института [8, 9]. Для оценки достоверности полученных данных использовали метод статистической обработки результатов по Доспехову [10].

В ходе исследований установлено, что испытанное удобрение способствует, прежде всего, процессу очищения питательной смеси от патогенных грибов и, следовательно, наблюдается снижение поражения табачных растений рассадными гнилями. Так, в результате микробиологического анализа парниковой смеси, взятой с контрольного варианта опыта, были выявлены микромицеты рода *Alternaria* (3,0 тыс. КОЕ/1 г абсолютно сухой почвы), *Verticillium* (2,5 тыс. КОЕ/г), *Cephalosporium* (4,0 тыс. КОЕ/г), *Penicilium* (2,5 тыс. КОЕ/г). Были также обнаружены представители низших грибов: *Mucor* и *Rhizopus* (2,5 тыс. КОЕ/г). Поражение растений рассадной гнилью на контроле составило около 20%. Микробиологический анализ питательной смеси после применения препарата Росток позволил идентифицировать колонии грибов *Alternaria*, *Verticillium* и *Rhizopus* в количестве 1,0-1,2 тыс. КОЕ. При этом поражение растений рассадными гнилями не превысило 5%.

На варианте с применением гуминового препарата отмечено повышение содержания в смеси доступных форм питательных элементов: нитратов на 22% и 59%, аммиачного азота на 48% и 116%, подвижного фосфора на 9% и 14% и обменного калия на 23% и 37% по сравнению с контролем. На удобренных делянках в 1,6 и 2,0 раза интенсивнее протекал процесс нитрификации и в 1,4-1,5 раза дыхание почвы, а также усиливалась деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в 1,8 и 1,5 раза, (сорт Остролист 316 и Крупнолистный 9 М соответственно) [11].

Положительная динамика по предотвращению деградации субстрата эффективно отразилась на росте и развитии рассады. Так, гуминовое удобрение способствовало увеличению длины рассады до точки роста на 62 и 63%, до конца вытянутых листьев – на 61% и 41%. массы наземной части растений – на 73% и 39%, массы корней – на 27% и 44%, диаметра стебля у корневой шейки – на 1,0 мм и 0,6 мм соответственно сортам. Выход стандартной рассады к моменту высадки ее в поле при использовании гуминового удобрения составил 891 шт./м² (сорт Остролист 316) и 840 шт./м² (сорт Крупнолистный 9 М), что превысило значение контроля на 37% и 51% (таблица 1).

В полевых опытах было отмечено, что рассада, выращенная с применением современного препарата, раньше завершала период укоренения, отличаясь хорошим темпом роста. Разница по высоте между контрольными и удобренными растениями в рассаднике в конце уборки составила 15 см и 9 см (12% и 6%). При этом наблюдается более дружное формирование соцветий – увеличение числа продуктивных семенных (с побуревшими коробочками) растений на 15%, и 14% (сорт Остролист 316 и Крупнолистный 9 М соответственно). Отставание в росте и развитии растений на контрольных делянках отразилось

Таблица 1 – Влияние удобрения Росток на формирование и выход стандартной рассады табака

Вариант	Длина (см) до		Количество листьев, шт.	Диаметр стебля, мм	Масса (г) 25 сырых		Выход стандартной рассады, шт./м ²
	точки роста	конца вытянутых листьев			стеблей	корней	
Сорт Остролист 316							
Контроль	6,4	13,5	5	3,8	80,2	4,4	650
Росток	10,4	21,8	5	4,8	138,9	5,6	891
Сорт Крупнолистный 9 М							
Контроль	9,9	18,6	5	4,6	129,7	5,4	557
Росток	16,1	26,2	5-6	5,2	180,4	7,8	840

Примечание. Контроль (фон) – исходная питательная смесь с предварительным созданием азотного фона из расчета 50% (N₃₅) от оптимального содержания (N₇₀) лабильного азота.

и на количестве недоразвитых растений, их было больше на 13% (сорт Остролист 316) и 7% (сорт Крупнолистный 9 М), чем на контрольных делянках. Площадь листа среднего яруса увеличилась на делянках с использованием в парниковый период препарата на 75 см² (16%) (сорт Остролист 316) и на 81 см² (15%) (сорт Крупнолистный 9 М) (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние применения удобрения Росток в рассадный период на размеры листьев и урожайность табака

Вариант	Площадь листа среднего яруса, см ²	Урожайность, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%
Сорт Остролист 316				
Контроль	475	32,2	–	–
Росток	550	36,9	4,7	15
НСР ₀₅		2,02		
Сорт Крупнолистный 9 М				
Контроль	537	45,0	–	–
Росток	618	50,8	5,8	13
НСР ₀₅		2,61		

Примечание. Удобрения применяли при выращивании рассады.

Применение удобрения Росток при выращивании табачной рассады сорта Остролист 316 позволило получить достоверную прибавку и обеспечило повышение урожайности сырья на 4,7 ц/га (15%) по сравнению с контролем (НСР₀₅ = 2,02 ц/га). При выращивании рассады сорта Крупнолистный 9 М использование нового препарата обеспечило достоверную прибавку урожая табака на 5,8 ц/га (13%) (НСР₀₅ = 2,61 ц/га) (таблица 2).

Использование удобрения гуминовой природы в рассадный период оказало также положительное влияние на химический состав полученного табачного сырья. Углеводно-белковое соотношение (число Шмука) – общепринятый показатель оценки качества по его химическому составу превысил контрольные показатели в 1,2-1,5 раза (положительная тенденция) [11, 12].

Таким образом, проведенные исследования подтверждают агроэкологическую целесообразность и высокую эффективность трехкратного применения

гуминового препарата Росток в дозе 1,0 мл/м² в условиях защищенного грунта при выращивании рассады табака до посева семян (за 3-5 дней) и в период вегетации рассады (через 2 недели и через 4 недели после посева семян) с поливной водой из расчёта 1 л/м². Необходимо отметить, что полученные данные применимы не только при выращивании рассады табака, но и на других рассадных культурах.

Библиографический список

1. Гынку В. Выращивание хорошей рассады – залог высоких урожаев табака // Табак. – 1987. – № 1. – С.28.
2. Бучинский А.Ф., Володарский, П.Г. Асмаев [и др.] // Табаководство. М.: Колос, 1979. – 319 с.
3. Алёхин С.Н., Плотникова Т.В., Саломатин В.А. [и др.]. Методическое руководство по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках / ГНУ ВНИИТТИ. Краснодар, 2013. – 27 с.
4. Росток – натуральный гуминовый препарат. – URL: <http://rostok72.ru/blog/2016/11/> (дата обращения 10.12.2016).
5. Алехин С.Н., Сидорова Н.В. Оптимальное содержание подвижных форм NPK в питательной смеси // Технические культуры. – 1993. – № 1. – С. 20-22.
6. Яковук А.С. Биологические основы культуры табака на семена. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 231 с.
7. Губенко Ф.П. Таблицы площадей табачных листьев (группа третья). Симферополь: Гос. изд-во Крымской АССР, 1936. – 45с.
8. Мохначев И.Г., Писклов В.П., Шерстяных Н.А. [и др.]. Методы анализа табака и табачного дыма. – Краснодар, 1976. – 83 с.
9. Табак и табачные изделия. Определение алкалоидов в табаке. Спектрофотометрический метод: ГОСТ 30038-93. – Введ. 1995 – 01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 11 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Плотникова Т.В., Сидорова Н.В., Егорова Е.В. Применение современных органоминеральных удобрений и агрохимикатов при производстве табака в условиях Краснодарского края // Агрохимический вестник. – 2020 – № 5. – С. 45-51.
12. Шмук А.А. Химия и технология табака – М.: Пищепромиздат, 1959. – Т. 3 – 776. – 187 с.

УДК 631.8:631.582:633.854.78

ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ПОД ПОДСОЛНЕЧНИКОМ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

Стахурлова Л.Д.¹, Стулин А.Ф.²

¹ Воронежский государственный университет

² Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы

E-mail: stakhurlova@rambler.ru

Резюме. Исследовали динамику агрохимических показателей черноземов выщелоченных под подсолнечником. Лучшие условия питательного режима, обеспечивающие прирост урожайности семян 0.4-0.7 т/га по сравнению с неудобренным вариантом формируются при использовании минеральных удобрений в дозах N₆₀P₆₀K₆₀.

Ключевые слова: чернозем, длительный опыт, удобрения, элементы питания растений, подсолнечник.

Summary. The dynamics of agrochemical indicators of chernozems leached under sunflower was investigated. The best conditions for the nutritional regime, providing an increase in yield of 0.4-

0.7 t / ha in comparison with the unfertilized option, are formed when using mineral fertilizers in doses of $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Keywords: chernozem, long term experiments, fertilizers, elements of plant nutrition, sunflower, productivity.

Ведущей масличной культурой в России является подсолнечник (*Helianthus annuus* L.). Его продуктивность тесно связана с наличием в почве органического вещества, элементов минерального питания, оптимизация которых достигается внесением удобрений. Лучшими почвами при выращивании подсолнечника являются черноземы. Целью настоящих исследований была оценка влияния длительного применения различных доз минеральных удобрений на динамику агрохимических свойств почвы в течение вегетации подсолнечника и его урожайность за 5 ротаций десятипольного севооборота.

Исследования проводили в условиях многолетнего стационарного полевого опыта, заложенного в 1960 году на территории Воронежского филиала ФГБНУ ВНИИ кукурузы, включенного в реестр Геосети и зарегистрированного в системе международных длительных полевых опытов. Десятипольный севооборот развернут на трех полях, с площадью каждого поля 1.1 га. В структуре севооборота 50 % зерновых, 20 % технических и 30 % кормовых культур. Чередование культур в севообороте следующее: вико-овсяная смесь на сено, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, озимая пшеница, кукуруза на зерно, вико-овсяная смесь на сено, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень. Минеральные удобрения вносят ежегодно осенью под вспашку в виде аммиачной селитры (N_{aa}), гранулированного суперфосфата (P_{cr}) и калийной соли (K_x). Расположение вариантов последовательное, повторность трехкратная. Посевная площадь делянок 269.5 м², учетная – 192.5 м². В I ротации севооборота высевали сорт подсолнечника Воронежский 272, во II-й и III-й – Воронежский 436, в IV–V-й – Воронежский 638.

Объект исследования – чернозем выщелоченный, малогумусный, средне-мощный, тяжелосуглинистый, на покровном карбонатном суглинке. На момент закладки опыта в пахотном слое почвы залежного участка содержалось: гумуса 5.6 %, общего азота 0.24 %, фосфора 0.15 %, калия 2.0 %, $pH_{вод.}$ 6.6 ед., сумма поглощенных оснований 38.4 ммоль (+)/100 г почвы, степень насыщенности основаниями превышала 90 %. Почвенные образцы в посевах подсолнечника отбирали буром в три срока (всходы, образование корзинок, полная спелость) с глубин 0-25 см и 25-40 см из 5 точек учетной площади из следующих вариантов: без удобрений, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{120}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{120}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Агрохимические показатели почвы оценивали общепринятыми методами [1]. Статистическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа [2].

Содержание в почве доступных для питания растений элементов под посевами подсолнечника снижалось в течение вегетации культуры (табл. 1). Максимальное количество N- NO_3 было в пахотном и подпахотном слоях почвы в период всходов, т.е. в период слабого потребления азота растениями.

Таблица 1 – Содержание доступных элементов питания под подсолнечником, мг/кг

Вариант	Всходы				Образование корзинок				Полная спелость			
	N-NO ₃	НСП	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	НСП	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	НСП	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	7.0	13.9	44	119	2.8	15.0	42	119	1.2	16.5	36	112
	5.9	9.8	38	115	3.8	10.4	35	110	0.9	15.1	33	115
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7.9	14.8	83	156	3.7	13.9	102	137	1.4	18.1	87	145
	8.1	10.3	66	127	3.9	10.3	62	116	1.3	14.4	58	124
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	10.1	16.6	128	144	3.4	13.9	150	143	1.4	17.4	145	145
	9.7	9.9	90	128	3.9	10.8	105	117	1.2	13.6	87	126
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	5.5	16.7	98	184	3.1	14.1	119	165	1.8	18.4	109	196
	7.3	4.1	78	148	3.4	11.6	78	125	1.4	13.3	71	136
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	8.6	13.9	84	156	5.9	12.3	99	139	1.6	17.6	85	140
	10.7	8.8	67	127	4.9	10.9	59	116	3.4	10.3	56	122

Примечание: над чертой – в слое 0-25 см, под чертой – в слое 25-40 см. НСП – нитрифицирующая способность почвы.

К фазе образования корзинки содержание N-NO₃ в почве всех вариантов опыта уменьшалось, в зависимости от дозы азотных удобрений. В опыте установлена высокая потенциальная способность микрофлоры черноземов выщелоченных к процессу нитрификации, особенно в верхнем пахотном слое почвы, что подтверждается результатами нитрифицирующей способности (НСП) и не противоречит ранее проведенным исследованиям. Увеличение дозы азотных удобрений не оказало влияния на потенциальную способность почвы к нитрификации. Содержание нитратов в слое 0-25 см изменялось от 13,9 до 16,7 мг/кг почвы в фазу всходов растений и не претерпевало существенных различий в другие периоды вегетации подсолнечника.

Ежегодное внесение удобрений оказало заметное влияние на содержание подвижных форм фосфора. Установлена четкая прямая зависимость между количеством внесенного фосфорного удобрения и содержанием подвижного фосфора в почве не только в пахотном, но и в подпахотном слое. Существенное увеличение запаса P₂O₅ в подпахотном слое при многолетнем внесении P_{cr} указывает на необходимость пересмотра сложившегося убеждения, что фосфорные удобрения полностью закрепляются в месте их внесения [3].

Содержание K₂O в слое почвы 0-25 см при ежегодном внесении K₆₀ увеличивалось в среднем за вегетационный период на 24.7 %, а при дозе K₁₂₀ – на 55.6 %. В слое 25-40 см увеличение количества K₂O составило 8.0 и 20.4 % соответственно.

Результативным показателем любого агротехнического приема является его влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур. Данные наших наблюдений показали, что на естественном фоне в среднем за 5 ротаций

десятипольного севооборота урожайность семян подсолнечника составила 1.53 т/га (табл. 2). Действие отдельных видов удобрений на продуктивность культуры находилось в прямой зависимости от эффективного плодородия почвы. Максимальная статистически достоверная прибавка урожая семян получена при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$. В среднем за годы исследований она составила 33.3%. Необходимо отметить, что в агроэкологических условиях Центрального Черноземья в период вегетации растений заметное действие на продуктивность подсолнечника оказывали колебания атмосферных факторов по годам.

Дальнейшее увеличение доз одного из элементов питания в составе полного удобрения не только не окупало затрат, но и не приводило к повышению урожайности семян подсолнечника. Вопрос о причинах сравнительно слабой отзывчивости на минеральные удобрения этой культуры полностью еще не выяснен. Как отмечал Д.И. Прянишников, значение удобрений в культуре подсолнечника нельзя рассматривать вне связи со структурой его урожая. Доля семян в урожае не превышает 15 %, часто уменьшаясь до 12 % [4].

По нашим многолетним данным массовое соотношение между семенами и вегетативной массой подсолнечника в среднем было равно 1:2.1 на неудобренном фоне, при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{60}K_{60}$ – 1:2.4 и 1:2.6 соответственно. Вследствие указанной особенности, подсолнечник относительно слабо отзывался на удобрения с точки зрения увеличения урожайности семян, т.к. значительную долю прироста биомассы составляли малоценные стебли.

Таблица 2 – Урожайность семян подсолнечника, т/га

Вариант	Средняя урожайность из 3-х полей за 5 ротаций	Прибавки		Диапазон изменчивости уровня урожайности по годам
		т/га	%	
Без удобрений	1.53	–	–	0.95-2.02
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2.04	0.51	33.3	1.35-2.67
$N_{60}P_{120}K_{60}$	1.98	0.45	29.4	1.24-2.73
$N_{60}P_{60}K_{120}$	1.95	0.42	27.5	1.07-2.63
$N_{120}P_{60}K_{60}$	2.05	0.52	34.0	1.20-2.76
НСР ₀₅		0.16		

Таким образом, в десятипольном севообороте длительного полевого опыта при систематическом применении удобрений на выщелоченных черноземах Центрального Черноземья установлена рациональная доза НРК подсолнечник – $N_{60}P_{60}K_{60}$, обеспечивающая наибольшую урожайность семян. Увеличение дозы какого-либо из компонентов минерального питания экономически не выгодно и экологически нецелесообразно.

Библиографический список

1. Воробьева Л. А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М.: МГУ, 1998. – 272 с.
2. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1972. – 205 с.
3. Стулин А.Ф. Влияние 20-летнего интенсивного применения удобрений на

агрохимические свойства чернозема / А.Ф. Стулин, Б.Н. Золотарева // Агрохимия. 1988. – № 7. – С. 31-38.

4. Лукашев А.А. Отзывчивость разных сортов подсолнечника на минеральные удобрения / А.А. Лукашев // Агрохимия. 1986. – № 2. – С. 49-53.

УДК 631.4: 631.5: 34.03

О ПРОБЛЕМАХ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Сухановский Ю.П.

Курский ФАНЦ, Курск

E-mail: soil-er@kursknet.ru

Резюме. Проведён анализ существующих проблем в полевых исследованиях. С позиции достоверности результатов и их правового статуса исследовано применение стандартов. Сделаны выводы: 1) происходит нарушение существующих стандартов; 2) необходимы новые стандарты.

Ключевые слова: полевые исследования, измерения, стандарты, достоверность, правовой статус.

Summary. The analysis of existing problems in field research is carried out. The application of standards has been investigated from the standpoint of reliability and legal status. Conclusions are drawn: 1) there is a violation of standards; 2) new standards are needed.

Key words: field research, measurements, standards, validity, legal status.

Существует действующий Федеральный Закон «О стандартизации в Российской Федерации» [1]. Цели, задачи и принципы сводятся к обеспечению единообразия и сопоставимости. В законах, как и в науке, начинают с понятий и их определений. В этом Законе использованы, в частности, следующие понятия:

- *объект стандартизации* – продукция, процессы, терминология, условные обозначения, исследования (испытания), измерения (включая отбор образцов), методы испытаний и иные объекты;
- *стандартизация* – деятельность по разработке (ведению), утверждению, изменению, отмене, опубликованию и применению документов по стандартизации;
- *стандарт* – документ, как результат стандартизации, имеющий правовой статус;
- выделяют стандарты *международные, межгосударственные, национальные и стандарты организации*.

Строго говоря, всё, что мы делаем, должно быть стандартизировано.

Стандарты являются подзаконными актами, которые не должны противоречить закону. Чтобы результаты полевых исследований имели законный (легальный) статус, требуется, во-первых, иметь необходимые стандарты, во-вторых, применять их в этих исследованиях.

Существует международная (негосударственная) организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO). Кратко её называют «ИСО» (от греческого слова «исос» – равный). На русском языке

международные стандарты также называют ИСО. *Межгосударственные стандарты* – стандарты, принятые несколькими государствами. *Национальные* – это стандарты одного государства. Особое место занимают стандарты организации. В Законе есть «Статья 21. Стандарты организаций и технические условия». Согласно этой статье, организация может самостоятельно разрабатывать, утверждать, изменять, отменять, публиковать и применять стандарт. При разработке этого стандарта должны быть выполнены следующие условия. 1. Применение стандарта необходимо для обеспечения целей, указанных в статье 3 и соблюдения принципов в статье 4 настоящего Федерального Закона. 2. Разработка стандарта должна проводиться с учётом *национальной системы стандартизации*. На разработку стандарта организации требуется намного меньше времени, чем на национальный стандарт. Статья 21 предназначена для ускорения научно-технологического развития страны. Применение национального стандарта распространяется на всю территорию государства (если не оговорено иное). Разработанный стандарт организации могут использовать и другие организации (при определённых условиях [2]).

В последнее время интенсивно происходит пересмотр наших национальных стандартов и разработка новых, ориентированных на международные стандарты ИСО. Например, в метрологии чаще происходит изменение стандарта на термины и их определения. От этого стандарта зависят другие стандарты, использующие термины. Поэтому старые стандарты отменяют или вносят в них изменения.

Для лучшего понимания существующих проблем ниже приведено несколько основополагающих терминов и их упрощённых определений из национального стандарта [3]. Термины выделены курсивом.

Результат измерения величины X представляют интервалом

$$X_{изм} \pm \Delta X, \quad (1)$$

где $X_{изм}$ – измеренное значение, ΔX – абсолютная погрешность этого значения. Интервал (1) показывает, что значение измеряемой величины находится в интервале погрешности, т.е. два числа представляют результат измерения. Часто для этого интервала используют третье число – доверительную вероятность P , с которой измеренное значение будет в интервале погрешности.

Относительная погрешность (%)

$$\delta = 100 \frac{\Delta X}{X_{изм}}. \quad (2)$$

Величина δ определяет долю (в %) абсолютной погрешности ΔX в измеренном значении $X_{изм}$. Она является показателем достоверности: при $\delta \geq 100\%$ измеренное значение $X_{изм}$ недостоверное. Необходимо указывать, что принято за абсолютную погрешность.

Измерение прямое – измеренным значением $X_{изм}$ является показание прибора, ΔX – характеристикой прибора.

Измерение косвенное – измеряемая величина X является функцией величин, значения которых определены прямым измерением, т.е.

$$X = F(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (3)$$

Часто в полевых исследованиях $X_1, X_2, \dots, X_n$ рассматривают как повторные измерения, для которых рассчитывают среднее значение

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i. \quad (4)$$

Результаты любых измерений должны быть представлены в виде интервала погрешности (1).

Но этого недостаточно. Необходимо измеренные значения представлять только значащими цифрами. Стандарт [4] устанавливает: в абсолютной погрешности ΔX должно быть не больше двух этих цифр, в этих же разрядах должны быть последние значащие цифры у измеренного значения $X_{изм}$.

Любая наука основана на утверждениях и доказательствах их справедливости. При отсутствии доказательства утверждение может быть ложным. В полевых исследованиях все проблемы, связанные со стандартизацией, можно разделить на две группы. Первая – несоблюдение существующих стандартов. Вторая – отсутствие стандартов.

Первая группа – несоблюдение существующих стандартов. Это может привести к ложным утверждениям (выводам). В полевых исследованиях проводят измерения разных величин. Если утверждение (вывод) следует из результатов измерения, то для доказательства справедливости вывода необходимо прежде оценить достоверность результатов измерений. Национальный стандарт [5] обязывает проводить оценку достоверности всех результатов проведённых исследований. Несоблюдение этого стандарта и стандарта [3] (относительно результата измерения (1)) создаёт проблему – лишает возможности оценивать относительную погрешность δ (2), т.е. оценивать достоверность измеренного значения $X_{изм}$.

Это может привести к ложным выводам, в частности, при сравнении измеренных значений одной величины в двух разных опытах. Например, на первом опыте измеренная урожайность $X_{изм,1}$, а на втором – $X_{изм,2}$. При $X_{изм,1} < X_{изм,2}$ делают вывод, что урожайность на первом опыте меньше, чем на втором. Этот вывод сомнительный. Для оценки достоверной разницы урожайностей необходимо результаты измерений представить двумя интервалами погрешностей

$$X_{изм,1} \pm \Delta X_1 \text{ и } X_{изм,2} \pm \Delta X_2. \quad (5)$$

Достоверность разницы урожайностей устанавливает то, что эти интервалы не пересекаются, т.е. выполняется неравенство

$$(X_{изм,1} + \Delta X_1) < (X_{изм,2} - \Delta X_2). \quad (6)$$

Если они пересекаются, то утверждение, что $X_{изм,1} < X_{изм,2}$ является ложным.

Существует другая типичная проблема – измерения выполнены согласно стандарту, но использованы не все значения результата измерения. В стандартизованных методиках определения содержания, например в почве органического вещества [6], измеренные значения разбиты на интервалы. Для каждого интервала приведено значение относительной погрешности δ , соответствующее вероятности $P = 0,95$. Для примера примем, что измеренное значение содержания органического вещества в почве $X_{изм} = 5,23456 \%$. В таблице 3 этому значению соответствует относительная погрешность $\delta = 10 \%$. Следовательно, измеренное значение $X_{изм}$ является достоверным ($\delta < 100 \%$). Используя

равество (2), можно рассчитать абсолютную погрешность $\Delta X = \delta X_{изм}/100 = 0,523456 \%$. Можно оставить одну значащую цифру в абсолютной погрешности и последнюю значащую цифру этого же разряда в измеренном значении [4]. После округления получаем $\Delta X = 0,5 \%$. Аналогично получаем $X_{изм} = 5,2 \%$. Результат измерения представляем интервалом погрешности

$$(5,2 \pm 0,5) \%. \quad (7)$$

Он соответствует вероятности $P = 0,95$. Для записи (7) применён стандарт [7]. Использование из результата измерения ($X_{изм}$, δ и $P = 0,95$) только одного измеренного значения $X_{изм}$ создаёт проблему – отсутствие необходимой оценки достоверности измеренного значения $X_{изм}$.

Вторая группа – отсутствие стандартов. Строго говоря, чтобы результаты полевых исследований были легальными (законными), необходимы стандарты на всё, что связано с этими исследованиями. Если отсутствуют национальные стандарты, то можно самим разрабатывать стандарты организации. В первую очередь необходимо разрабатывать стандарты на методики проведения измерений в полевых исследованиях. Например, для измерения плотности почвы Курский ФАНЦ имеет два патента на бур Вытовтова. Для этого бура требуется методика измерения плотности почвы, включающая методику калибровки. При наличии патента и стандарта на эту методику бур Вытовтова станем легальным (законным) коммерческим продуктом, а результаты измерений получат статус законных.

Вывод: для получения в полевых исследованиях легальных и достоверных результатов требуется соблюдение существующих стандартов и разработка необходимых новых, например, стандартов организации.

Библиографический список

1. Федеральный Закон от 29.06.2015 г. № 162-ФЗ (с поправками на 03.07.2016 г.) «О стандартизации в Российской Федерации». – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102374687> (дата обращения: 19.03.2021).
2. ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2018. – 10 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200038434> (дата обращения: 19.03.2021).
3. РМГ 29-2013 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 121 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154> (дата обращения: 19.03.2021).
4. ПМГ 96-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГИС). Результаты и характеристики качества измерений. Формы представлений. – М.: Стандартинформ, 2017. – 14 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200079072> (дата обращения: 19.03.2021).
5. ГОСТ 7.32-2017 Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками). – М.: Стандартинформ, 2017. – 28 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200157208> (дата обращения: 19.03.2021).
6. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 10 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023481> (дата обращения: 19.03.2021).
7. ГОСТ 8.417-2002 Единицы величин (с Поправками). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200031406> (дата обращения: 19.03.2021).

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОТХОДОВ ВИННЫХ ЗАВОДОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛОВОГО СПИРТА

Сюрис А.И.

Институт Почвоведения, Агрохимии и Защиты Почв, г. Кишинэу

E-mail: siurisandrei@gmail.ru

Резюме. В данной статье проведена оценка результатов полевых исследований по влиянию внесения органических отходов винных заводов и предприятий производства этилового спирта на плодородие черноземных почв и урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Республики Молдова.

Ключевые слова: отходы, коньячная барда, винные дрожжи, зерновая барда, чернозем, плодородие почвы, продуктивность культур.

Отходы производства алкогольных напитков в Республики Молдова испытываются впервые. Согласно статистическим данным, ежегодно в стране, от 130 предприятий по производству алкогольных напитков и вин образуется около 100 тыс. тонн отходов (таб.1). В них содержатся 25 тыс. тонн органического вещества, 180 тонн азота, 82 тонн фосфора и 257 тонн калия.

Таблица 1 – Количество и содержание элементов питания в отходах производства алкогольных напитков в Молдове, тонн ежегодно

Показатели	Отходы			
	Винные дрожжи	Коньячная барда	Зерновая барда	Всего
Ежегодное количество с натуральной влажностью	17000	32000	45000	94000
Органическое вещество	965	426	23130	24521
Азот	48	6	126	180
Фосфор	22	6	54	82
Калий	143	64	50	257

Количество отходов постоянно растет, что создает большие проблемы, так как они являются источниками загрязнения окружающей среды [1, 2, 3, 4, 5]. На данный момент назрела проблема исследовать их в качестве местного органического удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур на полях Республики Молдова.

Исследования были проведены в период с 2011-2020 года на опытно-технологической станции «Кодру», муниципия Кишинэу в двух опытах. В первом опыте тестируются отходы винодельческой промышленности (винные дрожжи и коньячная барда) на плодоносящих виноградниках, во втором – зерновая

барда (отходов от спиртовых заводов) в полевом севообороте с однолетними культурами. Схема опыта проводится в таблице 4 и 5.

Средние данные за десять лет показали, что применение винных дрожжей на плодоносящих виноградниках в дозах 13 и 26 т/га (эквивалентно 100 и 200 кг азота на га) повысило достоверно содержание органического вещества в 0-30 см слое выщелоченного чернозема (табл.2). прибавка органического вещества в среднем за десять лет составила соответственно 0,24-0,40 % или 6118 и 9842 кг/га. Применение коньячной барды в дозах 300 (K₄₅₀) и 600 м³/га (K₉₀₀) ведет к достоверному увеличению содержания органического вещества в течении всех десяти лет исследования (2011-2020), где прибавка к контролю составила в среднем 0,19 и 0,27 % или 4788 и 7182 кг/га.

Применение винных дрожжей в вышеуказанных дозах также привело достоверно к увеличению содержания фосфора и калия в почве. Прибавка фосфора по сравнению с контрольным вариантом увеличилось на 0,62-1,0 мг/100 или 16,4-27 кг/га. При внесении коньячной барды прибавка фосфора составила 0,33-0,37 мг/100 г или 8,1-8,4 кг/га.

Таблица 2 – Изменение агрохимических показателей выщелоченного чернозема под влиянием отходов винодельческих заводов, 2011-2020 г.г.

Вариант опыта	Органическое вещество			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Среднее за 10 лет	Прибавка к контролю		Среднее за 10 лет	Прибавка к контролю		Среднее за 10 лет	Прибавка к контролю	
		%	кг/га		%	кг/га		%	кг/га
1.Контроль	3,96	–	–	2,15	–	–	27	–	–
2.Винные дрожжи (N ₁₀₀)13 т/га	4,20	0,24	6365	2,77	0,62	16,4	35	8	183
3.Винные дрожжи (N ₂₀₀) 26 т/га	4,36	0,40	10600	3,15	1,00	26,5	41	14	320
4. Коньячная барда (K ₄₅₀), 300 м ³ /га	4,15	0,19	5040	2,48	0,33	8,7	39	12	275
5. Коньячная барда (K ₉₀₀), 600 м ³ /га	4,23	0,27	7160	2,42	0,37	9,8	42	15	343
НСР 0,5%	7,4	5,3	5,3	6,8	6,8	6,8	9.3	9.3	9.3

Прибавка содержания калия при внесении винных дрожжей и коньячной барды по сравнению с контролем составила соответственно 8-14 мг/100 г (183-274 кг/га) и 12-15 мг/100 г (229-297 кг/га).

Исследования показали, что барда зерновая так же положительно повлияла на содержание гумуса, фосфора и калия в почве (табл.3).

В пахотном слое на удобренных вариантах содержание органического вещества повысилось в среднем за девять лет на 0,12-0,22% или на 3024-5544 кг/га по сравнению с контрольным вариантом. Внесение зерновой барды в дозах 47 и 96 м³/га (эквивалентно N₁₂₀ и N₂₄₀ кг азота на га) повысило содержание

подвижного фосфора и обменного калия на протяжении девяти лет исследований соответственно на 0,24-0,47 мг/100 г (5,4-10,5 кг/га) и на 3-6 мг/100 г (68-136 кг/га).

Таблица 3 – Изменение агрохимических показателей выщелоченного чернозема под влиянием зерновой послеспиртовой барды, 2012-2020 г.г.

Вариант опыта	Органическое вещество			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Среднее за 9 лет	Прибавка к контролю		Среднее за 9 лет	Прибавка к контролю		Среднее за 9 лет	Прибавка к контролю	
		%	кг/га		мг/100 г	кг/га		мг/100 г	кг/га
1.Контроль	2,91	—	—	2,21	—	—	26	—	—
2. Барда зерновая (N ₁₂₀) 47 м ³ /га	3,03	0,12	3024	2,45	0,24	5,4	29	3	68
3. Барда зерновая 94м ³ /га (N ₂₄₀)	3,23	0,22	5544	2,68	0,47	10,5	32	6	136
НСП 0,5%	0,11	0,09	2041	0,12	0,19	0,38	2,8	3,8	62

На протяжении десяти лет (2011-2020) исследований винных дрожжей в качестве органического удобрения установлено, что их внесение в вышеуказанных дозах повысило достоверно прибавку урожая гроздей винограда на 1,6-2,4 т/га (14-24%), по сравнению с контрольным вариантом (табл.4). Достоверные результаты получены и при тестировании коньячной барды в дозах 300 и 600 м³/га. Прибавка урожая в среднем за девять лет составила 0,6-1,0 т/га или 7-8% выше контроля.

Таблица 4 – Урожайность виноградных гроздей сорта Совиньон при применении отходов винодельческих завода на выщелоченном черноземе, т/га, (среднее за 2011-2020 гг.)

Вариант опыта	Урожай гроздей 2011-2020	Прибавка урожая	
		т/га	%
1.Контроль	5,6	—	—
2.Винные дрожжи 13 т/га	7,2	1,6	29
3.Винные дрожжи 26 т/га	8,0	2,4	43
4. Коньячная барда, 300 м ³ /га	6,1	0,5	9
5. Коньячная барда, 600 м ³ /га	6,2	0,6	11
НСР 0,5%	0,4	1,0	8,4

Исследования, проведенные в 2012-2020 годы продемонстрировали, что внесение зерновой послеспиртовой барды привело к увеличению продукции полевых культур (табл.5).

Внесение вышеуказанных доз привело к увеличению прибавки урожая в среднем за шесть лет на 1001-1384 кг/га или 32-44% по сравнению с контролем.

Таблица 5 – Урожайность полевых культур при применении зерновой послеспиртовой барды на выщелоченном черноземе, кг/га

Вариант опыта	Урожайность основной продукции по годам								Всего за 8 лет в зерн.ед.	
	2012 Под-сол-неч-ник	2013 ози-мая пшен.	2014 Под-сол-неч-ник	2015 куку-руза на зерно	2016 ози-мая пшен.	2017 со-я	2018 ози-мая пшен.	2019 озимая пшен.	кг/га	При-бавка от кон-троля
1. Кон-троль	1230	3818	1170	2515	6100	1830	3925	3950	—	—
2. Барда зерновая 47 м ³ /га	1840	5673	1790	3473	6700	2373	4813	4700	1001	32
3. Барда зерновая 94 м ³ /га	2070	6183	1980	3750	7300	2568	5300	6533	1384	44
НСР 0,5%	223	520	172	653	573	241	504	435		

Впервые для Республики Молдова установлено, что винные дрожжи, коньячная барда и зерновая послеспиртовая барда тестируемые нами являются ценным органическим удобрением и содержат необходимые для роста и развития растений элементы питания. Данный эффект очевидно обусловлен не столько поступлением элементов с отходами, сколько с увеличением степени их подвижности.

Библиографический список

1. Гаина Б. Экология и биотехнология продуктов переработки винограда.-Кишинэу: Штиинца, 1990. – С. 75-91.
2. Дука Г., Гаина Б., Ковалев В., Ковалева Ольга. Экологически чистое винодельческое производство. – Кишинэу: Штиинца, 2004. – 432 с.
3. Duca Ch., Covalioav V. Auditul ecologic. –Chişinău: CE USM, 2001. – 60 p.
4. Duca Gh., Tugui Tatiana. Managmentul deşeurilor. Chişinău: Tinoga. ASM, 2006. –248 p.
5. Duca Gh. Produse vinicole secundare. – Chişinău: Ştiinţa, 2011. – 352 p.

ПОЧВОЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В АГРОЛАНДШАФТАХ СО СЛОЖНЫМ РЕЛЬЕФОМ

Тарасов С.А., Зарудная Т.Я.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: sergejtarasov1989@mail.ru

Резюме. Обоснованы особенности противоэрозионной эффективности культур почвозащитного севооборота на склонах в период весеннего снеготаяния и весенне-летней вегетации. Выделены три группы сельскохозяйственных культур по почвозащитной эффективности в отношении защиты почвенного покрова от смыва талыми водами. Обобщены результаты исследований по почвозащитной эффективности культур севооборота в отношении эрозии, вызванной выпадающими осадками.

Ключевые слова: водная эрозия почв, сток талых вод, ливневые осадки, севооборот, сельскохозяйственные культуры, противоэрозионная эффективность культур севооборота.

Summary. The features of anti-erosion efficiency of soil-protective crop rotation on slopes during spring snowmelt and spring-summer vegetation have been substantiated. Three groups of agricultural crops have been identified in terms of soil conservation efficiency in relation to the protection of the soil cover from being washed away by melt water. The results of studies on the soil-protective efficiency of crop rotation in relation to erosion caused by precipitation are generalized.

Key words: water erosion of soil, melt water runoff, heavy rainfall, crop rotation, agricultural crops, anti-erosion efficiency of crop rotation.

Защита почв от водной эрозии остается актуальной проблемой современного земледелия. В Центрально-Черноземном регионе 78 % территории приходится на агроландшафты. В условиях высокой расчлененности рельефа распаханность территории в среднем по региону составляет 64 % от общей площади [1]. Поэтому здесь на склоновых землях водная эрозия является одной из основных наиболее глобальных причин деградации почв. Соответственно, адаптивно-ландшафтное земледелие на склонах Центрального Черноземья невозможно представить без использования почвозащитных противоэрозионных комплексов.

Наряду с лесомелиоративными мероприятиями и гидротехническими сооружениями, важным элементом защиты почв от водной эрозии в составе противоэрозионных комплексов являются почвозащитные севообороты. Противоэрозионная эффективность почвозащитных севооборотов, в свою очередь, зависит от набора культур и использования соответствующих элементов технологии их возделывания в виде приемов обработки почвы и других агротехнических мероприятий [2]. В почвозащитных севооборотах на склонах особая роль отводится многолетним травам, которые характеризуются наиболее высокой противоэрозионной эффективностью, в сравнении с другими культурами. Установлено, что при наличии в структуре посевов севооборота 40 % многолетних трав смыв почвы был в два раза меньше, в сравнении с севооборотом, где многолетние травы отсутствовали, и 20 % приходилось на чистый

пар. Из способов основной обработки почвы наибольший противоэрозионный эффект обеспечивали варианты углубленных обработок пахотного слоя с оставлением на поверхности пожнивных и стерневых растительных остатков [3]. Если принять коэффициент эрозионной опасности чистого пара равным 1, то для многолетних трав первого года пользования он составляет 0,08, второго года пользования 0,03 и третьего года пользования 0,01. Если величина задержанного стока талых вод по фону вспашки на глубину 20-22 см составляет 4-5 мм, то по фону чизельной обработки на глубину 32-40 см за счет обеспечения лучшей водопроницаемости – соответственно 16-18 мм [4].

Эффективным противоэрозионным приемом является окультуривание эродированных почв, которое заключается в создании условий для накопления в них гумуса, формированию водопрочной структуры и благоприятных для водопроницаемости физических свойств почвенного покрова. В этом случае обеспечивается сокращение поверхностного стока талых и ливневых вод, и, соответственно, снижение интенсивности проявления водно-эрозионных процессов. На окультуренных почвах защита почв от ливневой эрозии происходит также за счет формирования более мощной вегетативной массы возделываемых культур, в сравнении с почвами, характеризующимися низким плодородием [5].

Следует различать противоэрозионную эффективность сельскохозяйственных культур в составе севооборотов в отношении защиты от водной эрозии, вызванной стоком талых вод, и водной эрозии, вызванной стоком ливневых осадков. Очевидно, что противоэрозионная эффективность одной и той же культуры почвозащитного севооборота на склонах в период весеннего снеготаяния и в период весенне-летней вегетации при выпадении ливневых осадков может различаться. Это связано с тем, что после уборки урожая к периоду весеннего снеготаяния сельскохозяйственные культуры образуют различные фоны пашни, влияющие на проявление водно-эрозионных процессов на склоновых землях, вызванных стоком талых вод. Также различными по противоэрозионной эффективности в отношении ливневых осадков будут фоны покрытия почвы растительностью под различными культурами севооборота в период весенне-летней вегетации.

В наших исследованиях за период с 1988 по 2018 годы была изучена почвозащитная эффективность сельскохозяйственных культур в составе севооборота в отношении водной эрозии, вызываемой стоком талых вод на склонах крутизной от 0,1 до 8°. Исследования проводились на черноземах Курской области в стационарном опыте по изучению противоэрозионной эффективности элементов контурно-мелиоративного земледелия [6]. Анализ показывает, что все культуры почвозащитных севооборотов в зависимости от формируемых после уборки урожая фонов можно разделить на три группы. Выделяется фон пашни, формируемый яровыми культурами, после уборки которых, почва уходит в зиму не покрытой растениями. Также формируется фон пашни, уходящий в зиму под покровом озимых культур. В случае возделывания многолетних трав образуется соответствующий фон пашни под покровом трав.

Соответственно, в зависимости от сформированного культурами севооборота фона пашни сток талых вод на склонах в период весеннего снеготаяния происходит по незащищенному растительностью почвенному покрову, по посевам озимых культур и многолетних трав. Установлено, что сформированные перед уходом в зиму культурами севооборота фоны пашни характеризуются неодинаковой противоэрозионной эффективностью по отношению к смыву почвы талыми водами в годы с проявлением водной эрозии. Самой низкой устойчивостью к смыву почвы талыми водами отличаются посевы озимой пшеницы (таблица 1).

На фоне пашни, сформированном посевами озимой пшеницы, отмечался наиболее интенсивный сток талых вод и смыв почвы. Л.Г. Смирнова и соавторы [7] приводят классификацию эрозионной опасности в зависимости от уровня смыва почвы. Если смыв почвы до 2,5 т/га в год, то он характеризует незначительную эрозионную опасность, от 2,5 до 5,0 – слабую, от 5,0 до 10,0 – умеренную, от 10,0 до 15,0 – среднюю, от 15,0 до 20,0 – сильную, от 20,0 до

Таблица 1 – Влияние фонов пашни после культур севооборота на сток и смыв почвы талыми водами (в среднем за 1988-2018 гг.)

Фон пашни	Сток талых вод, мм	Смыв почвы, т/га
Вспаханное на глубину 20-25 см поле после уборки культур	16,8	2,99
Посевы озимой пшеницы	49,1	8,89
Посевы многолетних трав	18,7	0

25,0 0 очень сильную. Если смыв почвы в год более 25,0 т/га, эрозионная опасность характеризуется как катастрофическая. В нашем случае при смыве почвы талыми водами на посевах озимой пшеницы 8,89 т/га эрозионная опасность характеризуется как умеренная. На фоне пашни, сформированном посевами многолетних трав, несмотря на наличие стока талых вод, смыв почвы не проявлялся. На фоне вспаханного поля, где почвенный покров не был защищен растительностью, однако благодаря рыхлению почвы механической обработкой ее водопроницаемость была выше, в сравнении с посевами озимой пшеницы, величина смыва почвы составила 2,99 т/га в год, и уровень эрозионной опасности слабый. Низкую инфильтрационную способность почвы по отношению к талым водам под озимой пшеницей можно объяснить тем, что сама технология подготовки почвы и посева этой культуры предполагает формирование уплотненного почвенного профиля, который исключает разрывы корневой системы при усадке рыхлой почвы. Посевы многолетних трав также не отличаются низкой плотностью сложения почвы, в сравнении со вспаханным полем, однако под ними формируется более благоприятный водопропрочный структурно-агрегатный состав почвенных частиц, способствующий лучшей водопроницаемости. В условиях Центрального Черноземья многолетние травы обычно высевают под покров яровых культур, и они формируют вегетативную массу после уборки подпокровной культуры. В отличие от посевов озимой пшеницы, к периоду

весеннего снеготаяния многолетние травы формируют мощную корневую систему, пронизывающую почвенную толщу и защищающую ее от размыва, а также хорошо развитую надземную вегетативную массу, сдерживающую потоки талых вод и хорошо защищающую в дальнейшем почвенный покров от ливневой эрозии. Посевы озимой пшеницы к периоду весеннего снеготаяния, как правило, характеризуются еще недостаточно мощной корневой системой, которая могла бы эффективно защищать почвенный покров от размыва, и еще недостаточно развитой вегетативной массой, способной эффективно сдерживать потоки талых вод.

В период весенне-летней вегетации культур оценивается их противоэрозионная эффективность по отношению к смыву почвы, формируемому стоком ливневых осадков. Обобщение результатов исследований, опубликованных в работах Н.И. Бакалай [4] и М.В. Долгановой [8, 9] позволяет заключить, что в отношении защиты почвенного покрова от ливневой эрозии наиболее эффективными являются посевы многолетних трав, затем посевы озимых и яровых культур сплошного сева. Заметно снижается почвозащитная эффективность пропашных культур, и наиболее уязвимыми являются чистые пары. Следует отметить, что наиболее опасным для проявления ливневой эрозии под посевами яровых культур является ранневесенний период, когда вегетативная масса сельскохозяйственных культур еще недостаточно развита для эффективного покрытия поверхности почвы. По мере развития вегетативной массы риск смыва почвы ливневыми осадками снижается.

Анализ результатов научного исследования позволяет заключить, что при оценке почвозащитной эффективности культур севооборотов на склоновых землях следует учитывать их устойчивость к воздействию водной эрозии, вызванной талыми водами и ливневыми осадками.

Библиографический список

1. Спесивый О.В., Лисецкий Ф.Н. Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в Центрально-Черноземном районе на основе бассейнового подхода // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Т. 27. – № 10 (181). С. 125-132.
2. Подлесных И.В., Соловьева Ю.А. Новый подход в методологии формирования структуры севооборотов с учетом противоэрозионной роли сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34 – № 11. С. 21-25. – doi:10.24411/0235-2451-2020-11103
3. Гаевая Э.А., Мищенко А.Е., Сафонова И.В. Борьба с водной эрозией в севооборотах на склоновых землях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 1. – С. 91-100.
4. Балакай Н.И. Критерии оценки и состояния противоэрозионных мероприятий на различных типах агроландшафтов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 64. – С. 222-234.
5. Петелько А.И. Почвозащитные мероприятия по борьбе с водной эрозией // Природообустройство. – 2011. – № 4. – С. 16-19.
6. Зарудная Т.Я., Подлесных И.В. Влияние контурной организации территории на сохранение и стабилизацию плодородия почвы // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ

ВНИИЗиЗПЭ, 2018. – С. 162-164.

7. Смирнова Л.Г., Нарожная А.Г., Шамарданова Е.Ю. Сравнение двух методов расчета смыва почвы на водосборах с применением ГИС-технологий // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 9. – С. 10-12.

8. Долганова М.В. Оценка влияния морфометрических показателей склонов на эрозионную устойчивость почв // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2016. – № 1. – С. 86-91.

9. Долганова М.В. Повышение эрозионной устойчивости почв агроландшафтов Брянской области фитомелиоративными мероприятиями // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 115. – С. 173-182.

УДК 631.42: 631.45

ИЗМЕНЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОД ПОСЕВАМИ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ЛУГОВО-КАШТАНОВОЙ ОРОШАЕМОЙ ПОЧВЕ

Теймуров С.А.¹

E-mail: samteim@rambler.ru

¹ФГБНУ «ФАНЦ РД», г. Махачкала

Резюме. В статье рассматривается оценка влияния видов удобрений на изменение агрохимических свойств лугово-каштановых почв, которые влияют на степень эффективности использования почвенных ресурсов сельскохозяйственных земель Терско-Сулакской равнины.

Ключевые слова: плодородие, сидераты, органические удобрения, минеральные удобрения, агрохимия, вегетация.

Summary. The article deals with the assessment of the influence of fertilizer types on the change of agrochemical properties of meadow-chestnut soils, which affect the degree of efficiency of the use of soil resources of agricultural lands of the Tersko-Sulak plain.

Key words: fertility, green manure, organic fertilizers, mineral fertilizers, agrochemistry, vegetation.

Введение. Большое агротехническое и агроэкологическое значение имеет зеленое удобрение для стабильного повышения урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости земледелия против неблагоприятных погодных условий, а также высокую рыночную конкурентоспособность производителей сельскохозяйственной продукции с различными формами собственности на землю [2].

Основной характеристикой почвенного плодородия является производственный потенциал – сбалансированное содержание основных элементов минерального питания растений (NPK – азот, фосфор, калий), позволяющее получать гарантированные урожаи при строгом соблюдении технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Агрохимики зачастую именно производственный потенциал называют плодородием почв [5].

Химический состав органической массы сидератов и соотношение питательных веществ в ней очень близки и подобны аналогичным показателям у основных сельскохозяйственных культур, что определяет ее соответствие

потребности растений этих культур в основных элементах питания [1, 3, 4].

Целью исследований являлась оценка влияния видов удобрений (сидераты, навоз, солома, минеральные удобрения) на изменение агрохимических свойств почв в пахотном слое 0-25 см (среднее под посевами яровых зерновых культур: кукуруза на зерно и сорго) за 5 лет.

Исследования опытов проводили в 2015-2019 гг. в ФГБУ «Опытная станция имени Кирова» Хасавюртовского района. Почва экспериментального участка – лугово-каштановая тяжелосуглинистая, содержание гумуса которого составляет – 1,45%, легкогидролизуемого азота – 3,41 мг, подвижного фосфора – 1,92 мг и обменного калия – 32,1 мг на 100 г почвы. Грунтовые воды на опытном участке залегают глубже 3 м (относятся к полугидроморфным почвам), реакция почвенного раствора слабощелочная (рН=7,1). Основные агрофизические показатели плодородия опытного участка благоприятны для возделывания сидеральных культур и основных яровых зерновой культуры: плотность пахотного слоя – 1,32 г/см³, пористость – 47-52 %, плотность твердой фазы – 2,50 г/см³, наименьшая влагоемкость – 27,1 %.

Схема двухфакторного опыта представляет изучение следующих вариантов: звено севооборота (фактор А) – озимая пшеница – кукуруза на зерно; озимая пшеница – сорго зерновое; виды удобрений (фактор В) – без удобрений; солома озимой пшеницы; сидерат горох посевной; сидерат яровой рапс; минеральные удобрения N₁₅₀P₇₅K₇₅; навоз 30 т/га; сидерат амарант. Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов систематическое последовательное, общая площадь делянки 109,2 м² (8,4 м × 13 м). Опытный участок представляет собой равнину, выровнен по микрорельефу и почвенному составу. Закладка полевых опытов, проведение наблюдений, лабораторных анализов, отбор почвенных и растительных образцов выполняли по общепринятым методикам.

Территория исследуемого участка характеризуется устойчивым умеренно-континентальным климатом с недостаточным увлажнением и большим притоком солнечной энергии. Территория достаточно обеспечена теплом, сумма активных температур воздуха составляет (выше +10 °С) в Хасавюрте составляет 3669 °С. Среднее количество осадков 482 мм в год, за весенне-летний период – 167-203 мм. Величина испарения с поверхности почвы достигает 800-900 мм, недостаток влаги в почве восполняется орошением. Среднегодовая температура – 10,5-12,8 °С. Зимы сравнительно мягкие. Продолжительность вегетационного периода составляет 232-236 дней, а для теплолюбивых культур – 190-192.

В орошаемых лугово-каштановых почвах Терско-Сулакской равнины нитраты является основным источником азотного питания растений, где определенное значение имеет миграция нитратов под влиянием орошения. Сезонная динамичность нитратного азота (среднее значение под яровыми зерновыми культурами) в почве в зависимости от видов удобрений за 2015-2019 гг. (табл. 1) показал, что по сравнению с минеральным фоном в период вегетации (апрель-май) содержание NO₃ в почве при внесении навоза снизилось на 4,9-5,2 мг/кг. При заделки сидератов (среднее значение 37,2 мг/кг), отмечено

значительное снижение нитратов – на 3,8-9,0 мг в фазе роста побегов (апрель), в фазе цветения (среднее значение 39,8 мг/кг) – на 3,8-8,7 мг/кг. Отбор почвенных образцов в середине вегетации в год запашки позволил установить, что на участках ярового рапса в этот период содержание нитратного азота было наименьшим среди сидеральных культур – 28,5-36,7 мг/кг. Анализ образцов следующего года в этот же период вегетации на этот раз оказался наименьшим у амаранта – 31,4-48,6 мг/кг. Среди вариантов с сидерацией худшие показатели получены при запашке амаранта.

Дальнейшая динамика нитратов характеризуется снижением их содержания по всем вариантам опыта. Но особое снижение наблюдается при внесении минерального азота (N₁₅₀) с 48,5 мг/кг в начале мая до 24,2 в августе.

Таблица 1 – Влияние видов удобрений на содержания NO₃ в пахотном слое 0-25 см (среднее под кукуруза на зерно и сорго) за 2015-2019 гг., мг/кг

Виды удобрений	При закладке опыта	В год запашки сидератов (действие)					Следующий год (последствие)				
		апрель	май	июнь	июль	август	апрель	май	июнь	июль	август
Без удобрений – контроль	27,8	35,1	36,9	36,2	27,4	20,9	29,8	35,6	33,7	29,4	20,7
Солома	27,9	36,4	37,3	36,3	28,8	24,2	30,3	37,8	35,2	30,6	26,9
Посевной горох (<i>Pisum sativum</i>)	28,0	37,5	40,5	36,9	33,4	30,4	51,0	54,1	48,4	41,6	37,8
Яровой рапс (<i>Brassica napus</i> L.)	28,1	37,2	39,2	36,7	32,2	28,5	45,8	49,2	43,5	37,7	31,9
N ₁₅₀ P ₇₅ K ₇₅	28,4	46,2	48,5	38,4	32,6	24,2	41,4	43,8	37,2	32,1	26,2
Навоз КСР	28,2	41,0	43,6	41,4	35,8	28,4	44,6	45,2	41,9	36,7	31,0
Амарант (<i>Amaranthus</i> L.)	28,0	37,0	39,7	35,7	32,4	29,2	44,9	48,6	43,2	36,3	31,4

Наблюдение показали, что в лугово-каштановой почве максимальное накопление нитратов совпадает с весенним сроком определения, а к концу лета содержание нитратов заметно снижается, как в год запашки сидератов, так и следующего года. Накопление максимального количества нитратов в почве в апреле-мае по всем вариантам опыта, включительно контроль (без удобрений), объясняется тем, что в этот период складывается наиболее благоприятные условия для нитрификации. В последующий период содержание усвояемой формы азота снижается в связи с уплотнением почвы после поливов, вымывая с поливной водой, особенно при внесении минеральных удобрений, в первую очередь азотных. В значительной степени такое снижение NO₃ объясняется потреблением азота растениями на формирования урожая.

Относительно большое содержание нитратов в почве во второй половине вегетации зерновых культур при запашке навоза и сидератов даже при увеличившемся потреблении их на формирование урожая объясняется тем, что потери азота на вымывание и денитрификацию в этом случае минимальны, поскольку выделение его из органического вещества протекает одновременно, как в случае с минеральными удобрением, а постоянно в ходе разложения запаханной органической массы.

Этим объясняется более высокое содержание азота в почве на следующий

год после заделки навоза и сидеральных культур. Так, следующий показатель его в почве в фазе начала цветения на контрольном варианте составил – 36,6 мг, внесение навоза – 45,2, заделке на зеленое удобрение гороха, рапса и амаранта, соответственно – 54,1; 49,2 и 48,6 мг/кг почвы.

Динамичность фосфатов в почве повторяет динамику нитратов, но общее содержание их в обрабатываемом слое почвы значительно меньше (табл. 2) и колеблется от 16,9 до 34,4 мг/кг. Хотя в год содержание P_2O_5 в почве поддерживается на относительно низком уровне, чем при внесении минеральных удобрений и навоза в следующем за заделкой их году, количество усвояемых растений фосфатов в этих вариантах так же, как и нитратов, увеличивается.

Таблица 2 – Влияние видов удобрений на содержания P_2O_5 в пахотном слое 0-25 см (среднее под кукуруза на зерно и сорго) за 2015-2019 гг., мг/кг

Виды удобрений	При заделке опыта	В год заделки сидератов (действие)					Следующий год (последствие)				
		апрель	май	июнь	июль	август	апрель	май	июнь	июль	август
Без удобрений – контроль	19,2	24,4	25,8	23,1	21,1	18,2	24,3	25,0	22,5	19,4	16,9
Солома	19,1	24,7	26,8	24,1	23,3	20,2	26,3	27,8	28,0	25,4	22,1
Посевной горох (<i>Pisum sativum</i>)	19,0	25,2	28,8	26,9	25,0	22,8	32,2	34,4	30,6	29,0	24,9
Яровой рапс (<i>Brassica napus L.</i>)	18,9	24,7	27,3	27,0	24,6	22,3	31,3	33,0	28,8	27,5	23,6
$N_{150}P_{75}K_{75}$	18,7	29,4	31,0	27,7	24,5	22,0	28,6	30,2	26,2	23,7	21,1
Навоз КСР	19,3	28,3	29,4	27,6	26,6	24,1	30,4	32,1	28,7	26,6	23,5
Амарант (<i>Amaranthus L.</i>)	19,1	24,6	27,4	26,7	24,5	22,1	31,0	32,8	28,5	27,4	23,5

С применением сидеральных культур количество их в среднем за вегетационный период у гороха посевного составило – 30,2, ярового рапса – 28,8 и амаранта – 28,7 мг/кг, при заделке навоза, минеральных удобрений и соломы, составило соответственно – 28,3; 25,9 и 26,5 мг/кг, на контроле – 21,6 мг/кг. Закономерное уменьшение подвижного фосфора в почве середины вегетации позволило выявить, что из сидеральных культур наиболее требовательным является амарант, как в год заделки – 22,1-26,7 мг/кг, так и следующего года – 23,5-28,5 мг/кг. Лугово-каштановые почвы Терско-Сулакской равнины считаются достаточно обеспеченными обменным калием. Почва опытного участка содержала в пахотном слое до внесения удобрений 315-323 мг K_2O , где согласно существующей в зоне группировке имеет – повышенную обеспеченность этой формы питания растений, что соответствует условиям возделывания зерновых культур.

Сезонная динамика обменного калия в почве характеризуется постепенным снижением его количества от весны к осени и аналогична динамике фосфатов, но роль вносимых удобрений в изменении содержания его в почве не столь велика, как это отмечается по азоту и фосфору (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние видов удобрений на содержания K_2O в пахотном слое 0-25 см (среднее под кукуруза на зерно и сорго) за 2015-2019 гг., мг/кг

Виды удобрений	При закладке опыта	В год заделки сидератов (действие)					Следующий год (последствие)				
		апрель	май	июнь	июль	август	апрель	май	июнь	июль	август
Без удобрений – контроль	321	348	351	346	337	315	335	344	332	325	313
Солома	318	346	355	349	340	330	333	387	340	353	320
Посевной горох (<i>Pisum sativum</i>)	315	348	360	353	340	332	411	421	399	391	368
Яровой рапс (<i>Brassica napus</i> L.)	315	347	361	352	342	331	404	412	386	376	360
$N_{150}P_{75}K_{75}$	317	363	369	358	346	334	381	391	361	351	328
Навоз КСР	323	354	360	358	348	337	402	405	390	373	354
Амарант (<i>Amaranthus</i> L.)	320	350	358	354	338	329	400	410	383	370	357

В начале вегетации сидеральных культур на опытных участках наличие в почве обменного калия во все года исследования колебалось в диапазоне 347-361 мг/кг в год заделки. Весной следующего года также зафиксировано значительное увеличения содержания обменного калия в почве и составило – 400-421 мг/кг.

Обобщая материалы изучения динамики питательных веществ в пахотном слое, следует сделать заключение, что наиболее благоприятный режим лугово-каштановой почвы в условиях орошения складывается при заделке зеленой массы гороха посевного. Химический анализ почвы показал, что на участках опыта, где произрастал горох посевной содержание нитратного азота составляет за весь период вегетации следующего года в диапазоне 37,8-54,1 мг/кг. Яровой рапс и амарант уступают посевному гороху по рассматриваемому показателю из-за относительно меньшей урожайности формируемой фитомассы, меньшего содержания питательных элементов в этой массе (относительного и абсолютного).

Библиографический список

1. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии. Вопросы теории и практики. – Минск: Белорусская наука, 2009. – 404 с.
2. Лошаков В.Г. Сидерация как фактор биологизации земледелия и природоподобных агротехнологий // Biogeosystem Technique. – Издательство: APHR s.r.o. – 2015, Vol. (6), Is. – С. 379.
3. Мерзлая Г.Е., Державин Л.М., Завалин А.А. и др. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии / Под ред. В.Г.Сычева. – М.: ВНИИА, 2012. – 44 с.
4. Овсянников Ю.А. Земледелие и глобальные тенденции в использование природно-ресурсного потенциала планеты // Земледелие, 1999. – №5. – С. 18-19.
5. Теймуров С.А., Имашова С.Н., Ярмагомедов А.Н. Повышения эффективности пожнивных посевов на основе использования наиболее доступных факторов биологизации земледелия // Проблемы развития АПК. – Махачкала: ДагГАУ, 2020 г. – №1(41). – С. 117.

ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ БИОЦЕНОЗОВ

Терентьева Ю.Ю.¹, Черепухина И.В.²

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1,

E-mail: khatunceva_yliann@list.ru

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»,

396030, Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 86,

E-mail: icherepukhina@gmail.com

Резюме. Установлено, что характер ферментативной активности почвы в трех типах биоценозов довольно отличаются друг от друга. Пашня характеризовалась более благоприятными условиями для различных ферментативных показателей и конечно же оптимальными значениям для чернозема выщелоченного. На залежи показатели фосфатазной активности оказались самыми низкими по сравнению с другими биоценозами, однако при уреазной активности динамика на залежи возросла.

Ключевые слова: ферментативная активность, почва, пашня, биоценоз, залежь, пероксидаза, уреазы.

Summary. It was studied that the nature of the enzymatic activity of the soil in the three types of biocenoses is quite different from each other. Arable land was characterized by more favorable conditions for various enzymatic indicators and, of course, optimal values for leached chernozem. In the deposits, the indicators of phosphatase activity were the lowest in comparison with other biocenoses, however, with urease activity, the dynamics in the deposits increased.

Key words: enzymatic activity, soil, arable land, biocenosis, reservoir, peroxidase, urease.

Почва является богатой системой по ферментативному пулу. Энзимы представляют собой продукты биосинтеза почвенных организмов: мхов, лишайников, грибов и непосредственно микроорганизмов, которые представлены в природе – биоценозами В почву поступают различные эндоферменты и экзоферменты почвенных микроорганизмов, растений и фауны, и становятся неотъемлемым каталитическим активным ее компонентом [1, 2].

Исследования проводили на территории землепользования ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова» в 2018-2019 гг. в черноземах на пашни, залежи и лесозащитной полосе. Образцы почвы отбирались каждые 10 см до глубины 70 см для последующего анализа. В лабораторных условиях в свежих образцах почвы были определены основные ферментативные показатели. Каталазная активность почвы определялась газометрическим методом, он основан на измерении скорости распада перекиси водорода при взаимосвязи ее с почвой по объему выделяющегося кислорода. Метод определения фосфатазной активности основан на количественном учете неорганического фосфора, который образуется при расщеплении фосфорных соединений под действием фосфатаз. Методы определения активности уреазы в почве основаны на учете количества

аммиака и углекислого газа, образующегося при гидролизе мочевины [3].

Огромная роль принадлежит ферментам, которые катализируют гидролиз углеводов, а также азотосодержащих и фосфорсодержащих органических соединений. Результаты исследований показали, что численность уреазной активности на пашне в слое 0-10 см составляла 0,07 мг NH_3 / 100 г, далее по профилю активность данного фермента постепенно возрастала и в слое 40-50 см виден всплеск уреазной активности 0,24 мг NH_3 / 100 г.

На залежи динамика уреазной активности варьировала от 0,25 до 0,05 мг NH_3 / 100 г. Снижение активности фермента может быть связано с изменением реакции среды почвы в сторону подкисления и такой эффект довольно часто проявляется в результате длительного применения физиологических кислых минеральных удобрений.

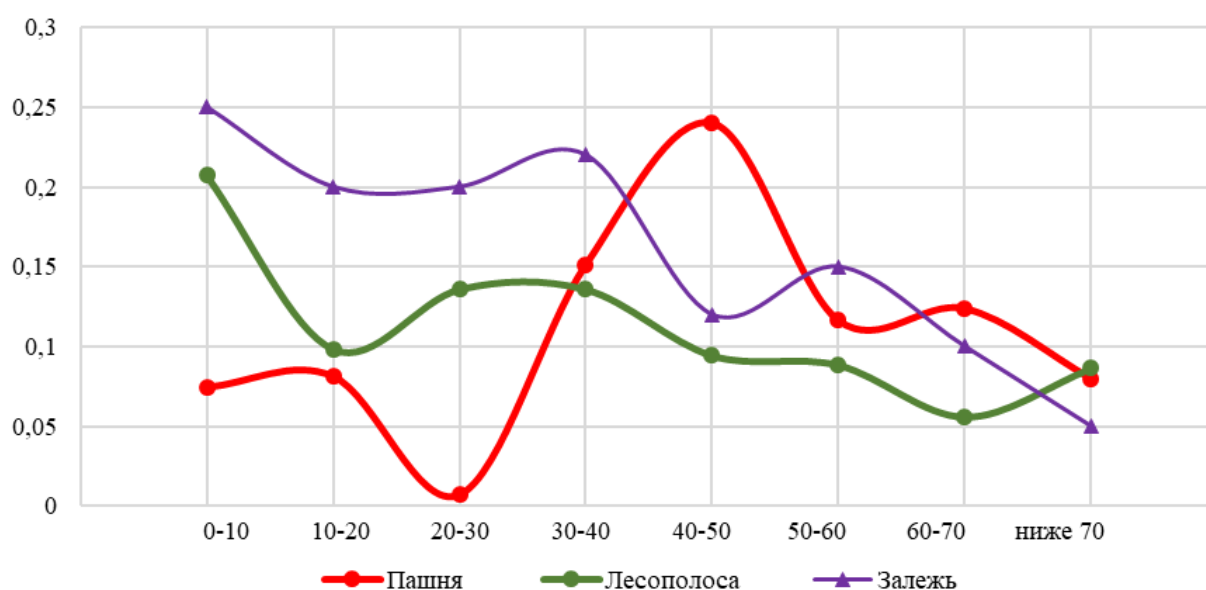


Рисунок 1 – Динамика уреазной активности почвы в различных биоценозах

Показатели фосфатазной активности ценны главным образом тем, что они косвенно характеризуют степень выраженности в тех или иных почвах биохимических процессов мобилизации фосфорорганических соединений. Анализ результатов показал, что в лесополосе самая высокая активность фосфатазы обнаружена на глубине 40-50 см и составила 0,085 мг P_2O_5 на 1 г почвы за 30 мин, это может быть связано с внеклеточной фосфатазной активностью. Самый высокий показатель ферментативной активности был выявлен в почве пашни 0,18 мг P_2O_5 на 1 г почвы за 30 мин. Однако на глубине 10-20 см идет активный вынос фосфора произрастающими культурными растениями.

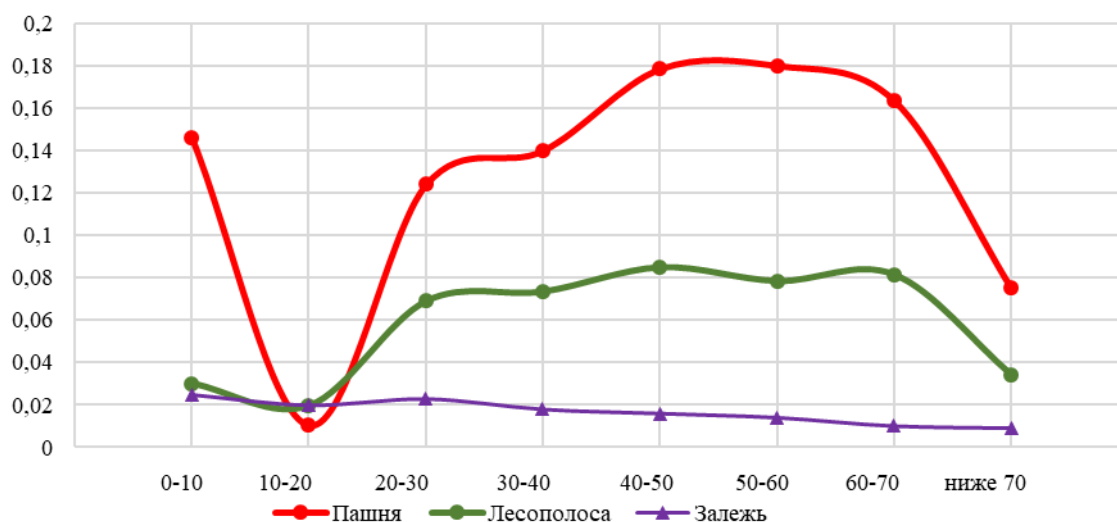


Рисунок 2 – Динамика фосфатазной активности почвы в различных биоценозах

А на залежи, наоборот, активность фосфатазы самая минимальная, за счет того, что в среде избыточное количество подвижного фосфора, а микроорганизмы и растения ослабляют выделение фосфатазы.

Фермент каталаза является одним из наиболее универсальным показателем состояния стабильности микробиоценоза. Каталазная активность почвы служит показателем ее общей биологической активности и уровня плодородия. В ходе эксперимента выявлено, что на пашне самые высокие показатели ферментативной активности наблюдается в слое 10-20 см и составляет 3,27 мл O_2 , это может быть связано с высокой степенью аэрации и с дыхательной активностью микроорганизмов.

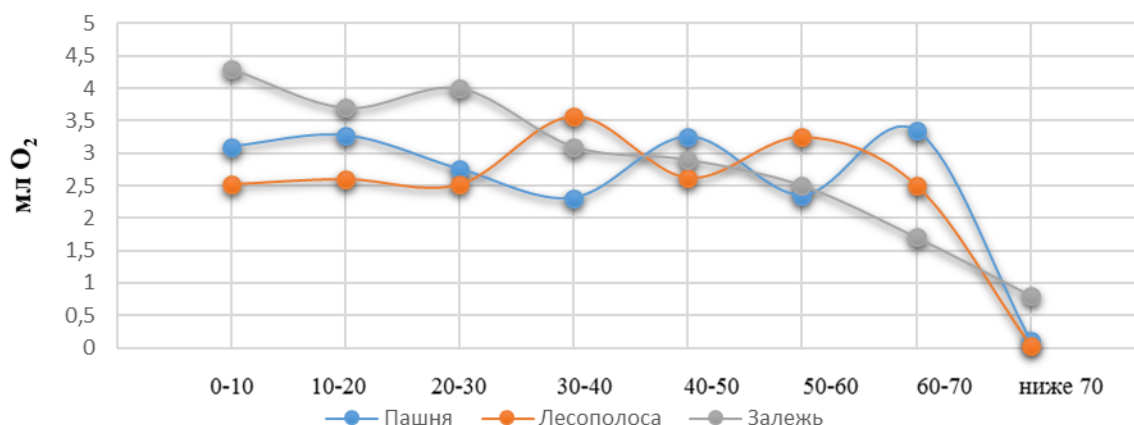


Рисунок 3 – Динамика каталазной активности почвы в различных биоценозах

Таким образом, исследования показали различный характер ферментативных процессов в почве пашни, залежи и лесозащитной, и он в большей степени зависит от биоценозов. Если на пашне в слое 0-10 см уреазная активность составил 0,07 мг NH_3 / 100 г, то в лесополосе в этом же слое ферментативная активность возросла практически в 2 раза по сравнению с пашней и составила 0,20 мг NH_3 / 100 г. В почве пашни на глубине 10-20 см идет достаточно активный вынос фосфора произрастающими культурами растений, вследствие этого активность фосфатазы довольно высокая. А на залежи наоборот

активность фосфатазы самая минимальная, за счет того, что в среде избыточное количество подвижного фосфора микроорганизмы и растения ослабляют выделение фосфатазы.

Каталаза отражает общую биологическую активность почвы. В лесополосе и на пашне она обладает разнонаправленной динамикой и естественным образом снижается на глубине 70 см, в то время как в почве залежи она снижается равномерно по профилю от 4,3 до 0,8 мл O_2 .

Библиографический список

1. Васильева Л.В. Ферментативная активность и плодородие почв [Текст]: лекция / Л.В. Васильева. – Харьков: 1980. – 28 с.
2. Купревич В. Ф. Почвенная энзимология [Текст] / В.Ф. Купревич. – Минск: Наука и техника, 1974. – Т. 4. – 404 С. 233.
3. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев – Москва: Наука, 1990. – 252 с.
4. Шлегель Г. Общая микробиология / Г. Шлегель. – Москва: Мир, 1987. – 567 с.

УДК 631.472:631.459.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ РАЗРЕЗОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ

Титов А.Г.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: titov_a_g@mail.ru

Резюме. Интенсификация сельского хозяйства привела к усилению эрозионных процессов в пахотных почвах, деградации и загрязнению окружающей среды. Противоэрозионная организация территории (ПОТ) позволяет минимизировать водную эрозию. Для оценки эффективности ПОТ на состояние почвы необходимо проводить закладку почвенных разрезов на типичных участках исследуемой территории.

Ключевые слова: противоэрозионная организация территории, почва, водная эрозия, генетические горизонты, почвенные разрезы.

Водная эрозия почвы – это процесс смыва и размыва почвы, транспорта и аккумуляции почвенных частиц поверхностными временными плстово-струйчатыми склоновыми водными потоками [1].

С расширением хозяйственной деятельности человека усилилось его влияние на земельные и водные ресурсы. Так, на протяжении истории развития человечества, начиная со времен Древних цивилизаций и до наших дней, описывались последствия водной эрозии почвы.

Деградированные почвы не могут обеспечивать культурные растения необходимыми условиями для нормального роста, развития и получения запланированного урожая.

Потеря земельных ресурсов неизбежно ведет к уменьшению производимой растениеводческой продукции, снижению ее качества. Если смотреть шире, то в результате водной эрозии происходит не только деградация почвы, но и загрязнение окружающей среды водоемов, продуктами смыва с

сельскохозяйственных полей. Ведь удобрения и пестициды, находясь в растворенной форме, и совместно с почвенными частицами попадают в гидрографическую сеть, нанося вред экологии и как следствие здоровью человека.

Противоэрозионная организация территории предусматривает наиболее целесообразное использование всех земель хозяйства, размещение на них севооборотных массивов и полей, лесных насаждений и различных гидротехнических сооружений. Для противоэрозионной организации территории используется классификация земель по их хозяйственному использованию, необходимости противоэрозионных мероприятий [2, 3, 4].

Центрально-Черноземная зона расположена на склонах Среднерусской возвышенности в средней части Европейской территории РФ и Окско-Донской низменности. В Курской области сельскохозяйственные угодья занимают 78,2% территории, в том числе на долю пашни приходится 81,6%. Процентное соотношение пашни в структуре сельскохозяйственных угодий в 1,4 раза превышает среднюю по стране. Как следствие, высокая распаханность земель ведет к развитию водной эрозии, переуплотнению и подкислению пахотных почв, а также загрязнению окружающей среды [5].

Исследования проводили на водосборах опыта по контурно-мелиоративному земледелию опытного хозяйства ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район, х. Черниченские дворы). Общая площадь – 271,11 га. Преобладающими элементами рельефа являются пологие склоны водораздела и плато водораздела. В качестве контроля выбран водосбор без противоэрозионных мероприятий, на другом варианте представлен водосбор с размещенными по контуру узкими двухрядными тополевыми лесными полосами, усиленными канавой с валом по нижней опушке, на расстоянии 216 м [6].

Перед закладкой опыта было проведено почвенно-эрозионное обследование участка сотрудниками Курского филиала ЦЧО Гипрозем и ВНИИЗиЗПЭ (в настоящее время это структурное подразделение ФГБНУ «Курского Федерального Аграрного Научного Центра»).

Было установлено, что основной почвой пахотных земель на опытном участке является чернозем типичный и выщелоченный. На основании этих исследований составлена почвенная карта опыта.

Для мониторинга состояния почвы опыта необходимо проводить изучение изменения глубины гумусового горизонта, которую можно изучить, заложив разрез. Исходя из того, что почвенные разрезы на изучаемом опыте по контурно-мелиоративному земледелию были заложены более 30 лет, возникла необходимость обследования генетических горизонтов почвы.

Для наиболее типичных условий рельефа необходимо закладывать основной или полный почвенный разрез [7].

Вначале было проведено бурение почвы и определение глубины гумусового горизонта и глубины вскипания, чтобы определить тип почвы.

При выборе места для закладки разреза выполняли следующие правила:

- Разрез должен быть заложен на относительно ровном участке, типичном для данного склона.

- Нельзя закладывать разрезы на границах природных комплексов, потому что почва может быть нетипичной для всего комплекса. Мы закладывали разрез в верхней части клона западной экспозиции.

- Почвенные разрезы нельзя располагать вблизи дорог (ближе 10 м от проселочной дороги и 50 м от магистральной дороги), строений, вблизи промоин, канав и в местах проведения земляных работ, где почвенный профиль может быть нарушен. До проселочной дороги от выполненного разреза расстояние составило более 30 метров.

- Почвенные разрезы не должны портить сельскохозяйственные угодья и осложнять проведение полевых механизированных работ. Почвенный разрез был заложен после уборки сельскохозяйственной культуры (гречихи посевной), когда не проводились полевые работы.

Перед началом закладки разреза на поверхности почвы наметили контур в виде прямоугольника шириной 70-80 см и длиной 150-200 см.

Разрез был выполнен необходимого размера, чтобы было удобно проводить отбор образцов почвы и описание.

Располагали разрез таким образом, что к формированию разреза передняя стенка была полностью освещена.

Описание почвенного разреза:

PU₁ (0-10(15)) – темно-серый, однородно окрашенный горизонт, сухой, очень рыхлый. Структура пылевато-комковатая. Пронизан мелкими корнями, обилие неразложившихся растительных остатков. Переход ясный по плотности. Граница ровная. рН_{НСl} 5,4, содержание общего гумуса составило 4,7%.

PU₂ (10(15)-25(30)) – темно-серый, однородно окрашенный горизонт, сухой, плотный. Структура зернисто-комковатая. Встречается обилие мелких корней, неразложившихся растительных остатков, капролиты, ходы червей. Переход ясный. Граница ровная.

AU (25(30)-40)) – гумусово-аккумулятивный горизонт, темно-серый, однородно окрашенный горизонт, суховат. Структура ореховато-комковатая. Сложение рыхлое. Отмечается обилие капролитов, ходов червей. Переход постепенный по цвету и наличию карбонатов. Граница языковатая. рН_{НСl} 5,8, содержание общего гумуса составило 4,4%.

AUb (40-65(80)) – гумусовый горизонт, буровато-темно-серый, неравномерно покрашен, суховат, плотнее предыдущего. Структура мелко-комковато-призматическая. Горизонт зоотурбирован, встречаются капролиты, ходы червей, мелкие корни растений. На глубине 40-65 см находится кротовина, заполненная более темным, рыхлым материалом. Граница языковатая. Вскипает в нижней части 70 см. Граница языковатая. рН_{НСl} 6,7, содержание общего гумуса составило 2,19%.

B_{ca} (65(80)-100(110)) – переходный иллювиально-карбонатный горизонт, светло-серовато-палевый; свежий, плотный. Структура комковато-пылевато-призматическая. Встречаются корни травянистой растительности (мелкие), карбонатный псевдомицелий, кротовины. Граница волнистая. Переход постепенный по цвету. Граница языковатая. рН_{НСl} 7,4.

В_{Са} (105(110)-170) – переходный иллювиально-карбонатный горизонт, серовато-палевый, влажноват, плотный. Структура непрочно призматическая. Встречаются вертикальные и горизонтальные кротовины, заполненные более темным материалом, карбонатный псевдомицелий, чуть меньше, чем в горизонте В_{са}, корни травянистой растительности. Переход постепенный, заметный по окраске. Граница слабоволнистая.

С_{са} (130-) – карбонатный горизонт палевого цвета, влажноват, плотный. Структура неяснопризматическая. Встречаются журавчики, вертикальные педотубулы (2), кротовина (на глубине 180-190 см), заполнена более темным материалом.

Из полученного описания, можно сделать вывод, что изучаемая нами почва – это агрочернозем миграционно-карбонатный (типичный), среднесиловой, тяжелосуглинистый, подстилаемый лессовидными суглинками (данная почвообразующая порода характерна для изучаемой нами местности).

Таким образом, был проведен мониторинг состояния гумусового горизонта почвы на контрольном водосборе, спустя более 30 лет после закладки опыта.

Аналогичным образом был заложен разрез на водосборе с расположенными по контуру лесными полосами, на расстоянии 216 между друг другом. Почва второго разреза также классифицируется как чернозем типичный, среднесиловой, тяжелосуглинистый. Описание генетических горизонтов сходно, так на всей территории опыта по контурно-мелиоративному земледелию проводили одинаковую основную обработку почвы и на данных участках был один севооборот. Разница была лишь в разных границах генетических горизонтов и в большем содержании гумуса в пахотном слое на поле с лесными полосами.

Анализ данных разрезов позволил оценить изменение глубины гумусового горизонта, сравнить описание разрезов при закладке опыта и эффект от применения противоэрозионной организации территории.

Библиографический список

1. Ивонин В.М. Эрозия почв. – Москва-Берлин: Директмедиа Паблишинг, 2020. – 225 с.
2. Подлесных И.В. Противоэрозионная организация территории (ПОТ) // Эрозия почв: коллективная монография. – Chişinău, 2019 – С.71-80.
3. Ивонин В.М. Исследование противоэрозионной роли лесных полос на склонах // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 1(37). – С. 52-73. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-52-73.
4. Барабанов А.Т., Кулик А.В., Гордиенко О.А. Научное обоснование выбора критериев и параметров для проектирования и оценки эффективности системы мероприятий по управлению эрозионно-гидрологическим процессом. – Волгоград, 2020. – 100 с.
5. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В. Агропочвоведение. – М: КолосС, 2003. – 528 с.
6. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 24-28. DOI: DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10053.
7. Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Игнатьев Н.Н. Общее почвоведение – Москва: КноРус, 2015. – 538 с.

ВОЗДЕЙСТВИЕ БИОКОМПОСТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Трешкин И.А.

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт

им. В.В. Докучаева», г. Москва

E-mail: vniimz@list.ru

Резюме. В статье рассмотрены сравнительные характеристики традиционного торфо-навозного компоста, компоста многоцелевого назначения (КМН) и суперудобрения (СУ). Описан их химический состав. Приведены результаты влияния различных видов и доз органических удобрений на содержание углерода (С) органического вещества, запасы гумуса в дерново-подзолистой почве и урожайность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: плодородие, легкосуглинистая дерново-подзолистая почва, органические удобрения, органическое вещество, компост многоцелевого назначения (КМН), запасы органического вещества, урожайность.

Summary. The article discusses the comparative characteristics of traditional peat-manure compost, multipurpose compost (KMN) and super fertilizer (SU). Their chemical composition is described. The results of the influence of various types and doses of organic fertilizers on the carbon (C) content of organic matter, humus reserves in sod-podzolic soil and crop yield are presented.

Key words: fertility, light loamy soddy-podzolic soil, organic fertilizers, organic matter, multipurpose compost (KMN), reserves of organic matter, yield.

Сельскохозяйственное использование дерново-подзолистых почв с характерным низким естественным плодородием требует постоянного поддержания оптимального уровня органического вещества в пахотном горизонте для получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Органическое вещество содержит до 90% почвенного азота и влияет на питательный режим растений. Кроме того, гумусовые вещества аккумулируют солнечную энергию, за счет которой происходят основные биохимические процессы почвообразования, оказывают влияние на физические и биологические свойства почвы [4].

Накопление гумуса в почве происходит главным образом за счет внесения повышенных доз органических удобрений, поступления органической массы с пожнивно-корневыми остатками, заделки сидеральных культур и соломы. Согласно балансовым расчетам, бездефицитный баланс гумуса в пахотных дерново-подзолистых почвах достигается при ежегодной насыщенности почв органическими удобрениями в пределах 8-9 т/га, тогда как фактически вносится 0,5-1,0 т/га, а иногда и того меньше. Из-за значительного сокращения поголовья скота существенно увеличить объемы внесения органических удобрений невозможно [1, 3, 4].

В последние десятилетия интенсивное сельскохозяйственное производство ведется только за счет использования лучших плодородных земель и выведения из оборота менее продуктивных. Это приводит к быстрому истощению существующего плодородия, а в дальнейшем и к деградации почв. При этом выведенные из оборота почвы также деградируют [2].

На сегодняшний день аграрная наука разработала массу новых биосредств, произведенных на органической основе, позволяющих повышать плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных растений. Современные биокомпосты характеризуются высоким уровнем агрономически полезной микрофлоры, которая управляет ключевыми процессами формирования плодородия почв – минерализацией и гумификацией. Обогащенный микробоценоз почвы активно участвует в процессах накопления элементов минерального питания и делает их наиболее доступными для питания растений [3].

Вместе с тем, экспериментальных данных по механизму воздействия биокомпостов на плодородие почв и продуктивность возделываемых культур недостаточно. Целью наших исследований было выявить влияние биокомпостов на содержание органического вещества в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и урожайность полевых культур.

Экспериментальный опыт проводился на дерново-сильноподзолистой глееватой легкосуглинистой почве на морене. Исследовались органические удобрения: компост многоцелевого назначения (КМН), получаемый по технологии ускоренной биоферментации ВНИИМЗ, торфоновозный компост (ТНК) и суперудобрение (СУ), производимое АООТ «Кимрский станкостроительный завод».

Схема опыта: 1 – контроль (без удобрений); 2 – ТНК (47,9 т/га); 3 и 4 – СУ в дозах 15 и 10 т/га; 5 и 6 – КМН в дозах 15 и 10 т/га. Доза ТНК соответствовала по содержанию азота 15 т/га СУ и КМН – N₂₆₃, в 4 и 6 вариантах вносилось по N₁₇₅.

Расположение делянок рендомизированное с 4-х кратной повторностью. Удобрение равномерно вносилось вручную осенью, а заделка в почву проводилась культиватором со стрельчатыми лапами на глубину 15-16 см. В опыте последовательно возделывались озимая рожь и ячмень. Удобрения вносились под первую культуру. Агротехника соответствовала общепринятой для Нечерноземной зоны. Химический анализ удобрений и почвенных образцов выполняли стандартными методами, учет урожая проводили сплошным методом.

Исследуемые удобрения различались по химическому составу (табл. 1). Максимальное количество углерода органического вещества в ТНК и КМН составляло 40,8-40,6%, а в СУ – 26,9%. КМН превосходил другие удобрения по количеству азота, фосфора и калия. Более узкое отношение C:N преобладало у КМН и СУ. ТНК отличался более высокой кислотностью и влажностью.

Таблица 1 – Химический состав органических удобрений (в абсолютно сухом веществе)

Удобрение	C _{орг.} , %	pH _{сол.}	N _{общ.} , %	P ₂ O ₅ _{общ.} , %	K ₂ O _{общ.} , %	C:N	Сырая зола, %	Влажность, %
ТНК	40,8	5,8	1,65	1,20	1,0	24,7:1	16,1	66,7
КМН	40,6	6,7	4,28	3,07	1,7	9,5:1	18,7	59,1
СУ	26,9	8,1	2,83	1,92	0,95	9,5:1	46,3	38,5

В первый год действия удобрений четко просматривается преимущественное влияние ТНК (1,91%) и самой высокой дозы КМН (1,88%) на содержание C_{орг.} (рис. 1). Прибавка содержания C_{орг.} от внесения СУ в максимальной дозе оказалась ниже, составив 0,06%, и соответствовала значению варианта КМН в дозе 10 т/га. Минимальная прибавка содержания C_{орг.} (0,04%) получена на варианте с СУ в дозе 10 т/га.

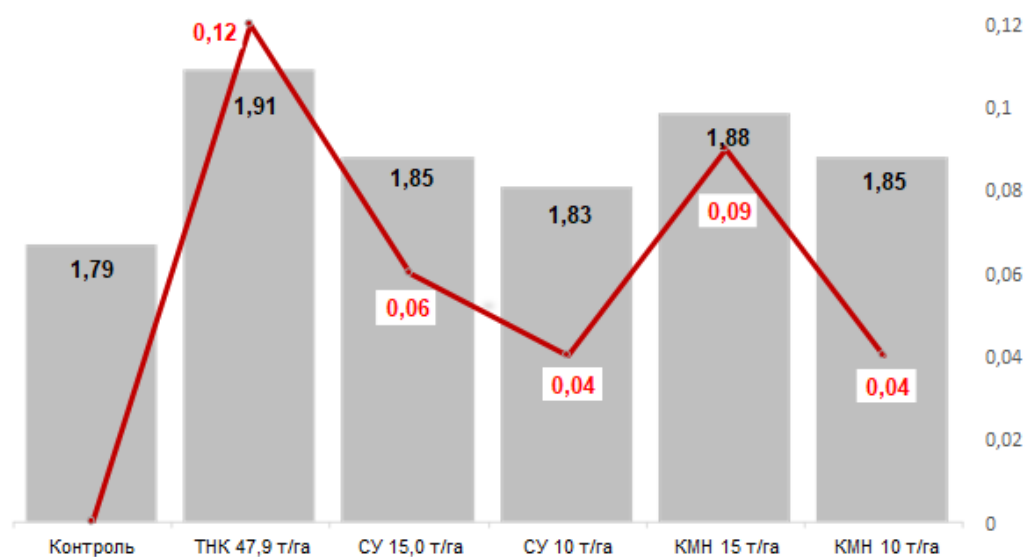


Рисунок 1 – Влияние органических удобрений на содержание C_{орг.} (% на сухую массу)

Наши расчеты показывают, что одна тонна КМН позволила дополнительно сформировать 186-203 кг перегноя (рис. 2). Увеличение содержания органического вещества в почве от 1 тонны СУ на конец первого года его разложения составило только 135-152 кг. Наименьшее количество органического вещества сформировалось от ТНК – всего 74 кг.

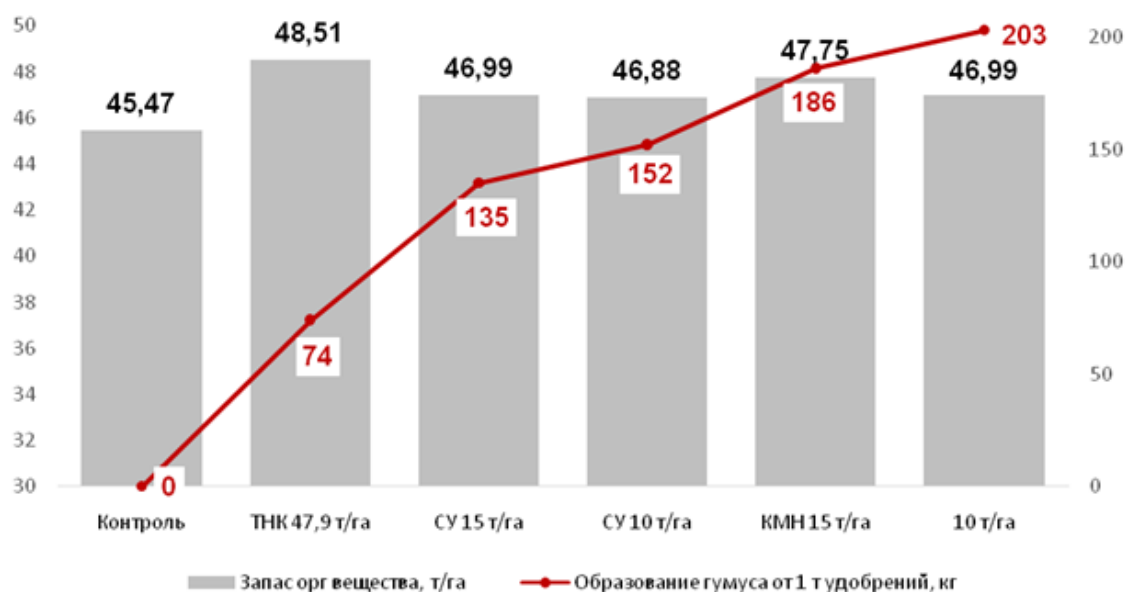


Рисунок 2 – Влияние органических удобрений на запасы органического вещества

Таким образом, для более быстрого обогащения дерново-подзолистых пахотных почв органическим веществом, в них наиболее целесообразно вносить наиболее концентрированные органические удобрения с более узким соотношением C:N.



Рисунок 3 – Влияние органических компостов на урожайность сельскохозяйственных культур (т/га)

Прибавка урожая возделываемых культур получена от всех исследуемых компостов (рис. 3). В первый год звена севооборота при прямом действии удобрений максимальная урожайность озимой ржи получена от КМН в максимальной дозе (3,92 т/га). Несколько ниже она оказалась от СУ в дозе 15 т/га (3,19 т/га) и ТНК (2,87 т/га).

В год последействия удобрений преимущественное влияние на

урожайность ячменя также оказывали КМН и СУ в максимальных дозах, обеспечив прибавку урожайности на 1,93 т/га и 1,62 т/га соответственно. Прибавка от внесения ТНК составила всего 1,29 т/га ячменя (69% по отношению к контролю).

В среднем за два года исследований максимальная урожайность получена от максимальной дозы КМН (3,86 т/га зерн.ед.). От СУ в максимальной дозе и ТНК дополнительно получено 1,39 т/га и 1,07 т/га зерн. ед. возделываемых культур. Минимальные дозы КМН и СУ обеспечили и минимальную прибавку урожайности 0,77 и 0,66 т/га зерн.ед.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о преимуществе компоста многоцелевого назначения по сравнению с торфоновозным компостом и суперудобрением. Одна тонна КМН позволяет дополнительно сформировать 186-203 кг перегноя. ТНК и КМН обеспечивают увеличение запаса $C_{орг}$ на 3,55 и 2,79 т/га. В среднем за звено севооборота КМН в дозе 15 т/га обеспечивает прибавку урожайности в 97%.

Библиографический список

1. Ермолаев С.А., Сычёв В.Г., Плющиков В.Г. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв России // Плодородие. – 2001. – №1. – С. 4-7.
2. Ключев Н.Н. Аграрное природопользование в российских регионах: эколого-ресурсный «Диссонанс» // Известия Русского географического общества. – 2017. – Вып. 3. – С 4-15.
3. Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д., Васильева Е.А., Фомичева Н.В. Инновационная технология для решения проблем агроэкологии // Региональная экология. – № 6 (41). – 2015. – С. 32-40
4. Шевченко В.А., Соловьев А.М. Динамика содержания органического вещества при освоении выбывших из оборота малопродуктивных мелиорированных земель в зависимости от системы удобрения и предшественников // Плодородие. – №6. – 2019. – С. 6-10.

УДК 631.452:631.459.01

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕЛОГО ЛЮПИНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ С ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Тютюнов С.И., Цыгуткин А.С.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород

E-mail: asz.ru@mail.ru

Резюме. Определены технологические требования, предъявляемые к смешанным посевам зерновых культур и белого люпина. Рассмотрены биологические особенности белого люпина, используемые при его возделывании в смешанных посевах.

Ключевые слова: белый люпин, зерновые яровые культуры, смешанный посев.

Summary. The technological requirements for mixed crops of grain crops and white lupine are determined. The biological features of white lupine used in cultivation in mixed crops are considered.

Key words: white lupine, spring crops, mixed sowing.

Для Российской Федерации белый люпин (*Lupinus albus* L.) как сельскохозяйственная культура относительно новая. Почвенно-климатические условия страны и биологические особенности культуры позволяют его возделывать

на большей части территории России, в т.ч. на юге Центрального района Нечернозёмной зоны, в Центральном Черноземье, Среднем Поволжье, северных предгорьях Кавказа, южной части Урала и Сибири, Дальнем Востоке [1-2].

В Российской Федерации в посевные площади белого люпина и зернобобовых культур, включая сою, малы. При этом потребность в растительном белке из зернобобовых культур постоянно возрастает, о чём свидетельствует не только рост площади пашни, занимаемых соей, и импорта сои и продуктов её переработки, но и увеличение объёмов производства продукции животноводства и птицеводства. При этом минимальная потребность в белом люпине составляет не менее 2,6 млн. т зерна [3-4].

Главное достоинство белого люпина – высокое содержания сырого протеина (35-40%), сбалансированного по аминокислотному составу, жира (5-20%), витаминов и каротиноидов, а также макро- и микроэлементов [5]. Этот уникальный состав определяет высокое кормовое достоинство белого люпина и его роль в сокращении дефицита растительного белка. У белого люпина высокая урожайность зеленой массы 20-40 т/га, которая в особо благоприятных условиях доходит до 100 т, а урожай зерна можно устойчиво получать на уровне 3-4 т с 1 га [6].

Белый люпин как зернобобовая культура является основным источником растительного белка для сельскохозяйственных животных и птицы. Он полностью отвечает требованию интенсивного животноводства – наличие в единице корма максимального количества обменной энергии [7]. Это соответствие достигается, в первую очередь, благодаря повышенному содержанию (по сравнению с другими зернобобовыми культурами) сырого протеина [8].

В зерне белого люпина содержится сырого протеина до 40%, сырого жира – 9%, сырой клетчатки – 11%, алкалоидов – 0,04-0,05%, что ниже предельно допустимой нормы для кормовых сортов 0,3%. При удалении оболочки, которая составляет 15-20% от массы зерна, содержание сырого протеина повышается на 7-8% и достигает 46-48%, жира – 11%, а доля сырой клетчатки сокращается до 2%.

Качество белков корма оценивают по его биологической полноценности, которая определяется по содержанию, соотношению и усвояемости незаменимых аминокислот. Например, сбалансированное аминокислотное питание птицы обеспечивает высокую яичную и мясную продуктивность, во многом формируя качество получаемой продукции. Полноценные по аминокислотному составу корма должны обязательно входить в состав рациона, как основной источник протеина [9].

Содержание практически всех незаменимых аминокислот в сыром протеине белого люпина выше, чем у других зернобобовых культур. Соя превосходит белый люпин по количеству лизина. А по двум аминокислотам метионину и цистину, относящимся к серосодержащим, и взаимосвязанным в организме животных и птицы, соя и белый люпин не уступают друг другу.

Белый люпин – однолетнее травянистое растение. При прорастании белый люпин выносит семядоли на поверхность. Оптимальная температура

прорастания семян белого люпина $+(15-16)^{\circ}\text{C}$, а минимальная $+(4-6)^{\circ}\text{C}$. Всходы люпина выносят понижение температуры до $-(2-3)^{\circ}\text{C}$, а в фазе 4-6 настоящих листьев до $(-4)^{\circ}\text{C}$. Чем выше температура при наличии влаги в почве, тем быстрее идет его рост и развитие. Понижение температуры замедляет и удлиняет все фазы развития, а при температуре ниже $+10^{\circ}\text{C}$ прохождение фаз развития у белого люпина приостанавливается. Для набухания и прорастания семян белого люпина требуется 110-120% воды от массы семян. Поэтому их высевают в ранние сроки, чтобы семена попали во влажный слой почвы.

Период вегетации у белого люпина можно разделить на фазы всходов, бутонизации, цветения, образования бобов, выполненных бобов и созревания. Характеристики роста и развития белого люпина по периодам вегетации сильно зависят от погодных условий. Большинство исследователей отмечает, что температура значительно изменяет продолжительность прохождения отдельных периодов растениями. Большое значение для белого люпина имеет температурный режим в межфазный период цветения-созревания семян, на который приходится 42-50% суммы температур всего вегетационного периода. Чем выше средняя температура воздуха в этот период, тем быстрее созревают семена. С понижением температуры воздуха при продвижении люпина с юга на север продолжительность этого периода увеличивается, и созревание семян затягивается. Сумма температур выше 14°C , которая необходима от всходов до созревания белого люпина, составляет 1800-2100 $^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность отдельных периодов вегетации в целом зависит от вида и сорта. У сортов с ограниченным ветвлением периоды короче, чем у сортов, образующих побеги высших порядков.

Важным условием формирования высокого урожая является обеспечение растений влагой в период от посева до фазы блестящих бобов. Относясь к числу влаголюбивых растений, белый люпин в то же время является достаточно засухоустойчивым, т.к. имеет хорошо развитую корневую систему. Белый люпин безболезненно переносит непродолжительные засухи, если они не совпадают с периодами наибольшей потребности во влаге. Таких периодов с наибольшей чувствительности к недостатку влаги два:

- 1) прорастание семян;
- 2) формирования на растениях генеративных органов от фазы бутонизации до образования бобов.

Недостаток влаги во время цветения и образования бобов вызывает опадание цветков, что в свою очередь ведет к снижению, а иногда и к полной потере урожая. При избыточном увлажнении у растений может начаться избыточный рост вегетативной массы.

Белый люпин с успехом растет на разных по составу почвах. Корень люпина проникает на глубину до 1,5-2 м и способен формировать большую корневую массу даже на бедных почвах, что дает возможность растениям использовать питательные элементы из нижележащих слоёв почвы, недоступные для других растений.

Белый люпин способен при благоприятных условиях симбиоза с клубеньковыми бактериями фиксировать до 300 кг/га в Нечернозёмной зоне и 350-400 кг/га атмосферного азота в Центральном Черноземье [10]. При благоприятных условиях симбиоза люпин на 80% обеспечивает свою потребность в азоте за счёт симбиотической азотфиксации. Это делает применение азотных удобрений оправданным только в тех случаях, когда весной в период от посева до начала цветения растения испытывают дефицит в азоте из-за его недостатка в почве или появления конкуренции за минеральный азот со стороны сорного компонента агроценоза и деятельности микроорганизмов, использующих азот для разложения пожнивных-корневых остатков предшествующих культур севооборота [11].

В начале роста белый люпин использует фосфор, содержащийся в семядолях. В дальнейшем свою потребность в фосфоре растения удовлетворяют за счёт фосфатов, в т.ч. трёхзамещённых фосфатов почвы и минеральных удобрений, которые недоступны для питания другим культурам [12-13]. Белый люпин является концентратором для марганца и кобальта, поэтому культура хорошо отзывается на применение этих микроэлементов.

Белый люпин, по сравнению с другими видами люпина, более требователен к уровню плодородия почвы. Высокие урожаи белого люпина получают на хорошо окультуренных, водопроницаемых, плодородных почвах, имеющих величину кислотности близкую к нейтральной. По механическому составу предпочтительны легкие и средние суглинки. Непригодны для возделывания люпина тяжелые, сырые, кислые почвы с близко залегающими грунтовыми водами.

Для формирования 1 тонны зерна белого люпина необходимо 60-70 кг азота, 15-16 кг фосфора, 30-35 кг калия, 20-25 кг кальция и 15-17 кг магния. Такое интенсивное потребление питательных элементов позволяет ему иметь уникальный химический состав зерна [5].

Лучшие предшественники для белого люпина – озимые и яровые зерновые культуры. Хорошо влияет на увеличение урожая белого люпина возделывание его после сидератов. Белый люпин является лучшим предшественником для зерновых культур. После него урожаи зерновых увеличиваются на 5-10 ц/га, т.к. последующие культуры обеспечиваются питательными элементами в достаточном количестве для формирования такой прибавки.

Смешанные посевы (дублирующий термин – гетерогенные посевы) – это посевы двух и более культур на одной площади пашни. Их нельзя отнести к уплотнённым посевам, где при возделывании одной культуры (как правило, пропашной) в междурядьях высевает другую культуру. Но их применение является одним из приёмов повышения продуктивности пашни, повышения плодородия почв и снижения пестицидной нагрузки на окружающую среду.

Смешанные посевы сельскохозяйственных культур известны давно и с успехом используются в производстве. Различные сочетания в посевах бобовых и злаковых растений, зерновых и зернобобовых культур, суданской травы с зерновыми бобовыми для использования на зелёный корм, на сено и сенаж,

зернофураж и зерно являются основой земледелия в России [6,14].

Взаимоотношения растительных организмов в экосистеме определяет взаимное средообразование, которое формируется как под воздействием окружающей среды на растения в смешанном посеве, так и растениями смешанного посева на окружающую среду. В результате этого растения, формирующие растительное сообщество оказываются звеньями единой сложно развитой во времени и пространстве цепи, организованной в агроэкосистему.

Взаимное влияние составных частей искусственно созданной агроэкосистемы, которая является частью более широкой экосистемы, разделены на три основные группы: контактные, трансабиотические и трансбиотические. Контактные взаимоотношения в полевых условиях значения не имеют. Трансбиотические взаимоотношения больше распространены в естественных экосистемах – лугах, в т.ч. и подсеваемых. Главную роль агроэкосистеме играют трансабиотические взаимоотношения: трофическое, гидрологическое, радиационное и аллелопатическое.

Трофические взаимоотношения в агроэкосистеме могут носить как конкурирующий характер за питательные элементы, необходимые для роста и развития растений, так и взаимодополняемый. Например, в азотном питании за счёт биологического азота, накопленного микроорганизмами при симбиотической и ассоциативной азотфиксации, при обеспечении растений фосфором из трёхзамещённых фосфатов, который доступен для одних растений и недоступен для других.

Гидрологические взаимоотношения компонентов смешанного посева показывают возможность использования растениями влаги из разных слоёв почвы из-за разного строения корневой системы растений, составляющих смешанный посев, и её экономичного использования, в т.ч. за счёт подавления сорного компонента агроэкосистемы через исключение его из водопотребления [15-16].

Радиационные взаимоотношения связаны с поглощением углекислого газа и трансформацией углерода в растении, осуществляемого за счёт энергии солнца. Повышение продуктивности культурных растений получается тогда, когда площадь листовой поверхности превышает площадь поверхности земли, которой растут растения, в 4-5 раз. При этом КПД фотосинтеза достигается путём увеличения многоярусности агроэкосистемы, более равномерного распределения листьев по высоте, более полного поглощения солнечной энергии из-за подавления сорного компонента в посевах. Синергический эффект повышения продуктивности смешанного посева объясняется более экономичным расходом влаги, улучшением питания растений, лучшим использованием солнечного света и снижением потерь урожая от уменьшения численного состава сорного компонента и распространённости болезней.

Аллелопатические взаимоотношения как проблема биологии неразрывно связаны с круговоротом физиологически активных веществ в агроэкосистеме и в этом отношении эта проблема сближается с проблемой круговорота органического вещества в экосистеме и, как частный случай, круговорота

питательных элементов. Отсюда становится видно масштаб проблемы, влияния такого взаимоотношения на рост и развитие культурных растений.

Таким образом, понимание преимуществ смешанных посевов перед одновидовыми, заставляет сформулировать технологические требования к составляющим их компонентам.

1. Выбор культур для смешанного посева с белым люпином должен основываться на основе экономики производства сельскохозяйственной продукции и получению прибыли.
2. Использовать культуры для смешанного посева, комплементарные друг другу.
3. Подбор сортов для смешанного посева необходим по продолжительности сроков вегетации и способности их не терять товарные качества при задержке сроком уборки.
4. Проводить агротехнические мероприятия, которые направлены на повышение плодородия почв.
5. Разработать технологии возделывания сельскохозяйственных культур без использования гербицидов.
6. Разработать технологию уборки смешанных посевов и определить режимы работы уборочной техники.

Библиографический список

1. Тютюнов С.И., Цыгуткин А.С. Перспективы развития производства белого люпина в Белгородской области // Доклады ТСХА: Сборник статей. Выпуск 284. Часть 1. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – С. 75-77.
2. Зверев С.В., Цыгуткин А.С., Постникова Л.В. Проблемы развития импортозамещения в сельском хозяйстве России // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2015. – №9. – С. 7-12.
3. Зверев С.В., Ставцев А.Э., Цыгуткин А.С. Белый люпин: обрушение и термообработка зерна. – М.: Сам Полиграфист, 2019. – 128 с.
4. Гатаулина Г.Г., Цыгуткин А.С. Основа белковой независимости России // Белый люпин. – 2014. – №2. – С. 2-6.
5. Ставцев А.Э., Цыгуткин А.С. Содержание азота в зерне белого люпина и его вынос с урожаем / Фундаментальные проблемы управления циклом азота в современном земледелии: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Владимир: ВНИПТИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ». 17-20 сентября 2019 г. / Иваново: ПресСто. – 2019. – С. 274-281.
6. Такунов И.П., Слесарева Т.Н. Смешанные посевы белого люпина с яровой пшеницей // Белый люпин. – 2015. – №1. – С. 25-29.
7. Андрианова Е.Н. и др./ Люпин в кормлении сельскохозяйственной птицы // Птицеводство. – 2019. – №11-12. – С. 31-36.
8. Цыгуткин А.С., Штелле А.Л., Андрианова Е.Н., Медведева Н.В. Аминокислотный состав зерна белого люпина сортов Гамма и Дега // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №9. – С. 41-43.
9. Егоров И.А. и др. Использование белкового концентрата на основе белого люпина в рационах цыплят-бройлеров // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 1. – С. 33-36.
10. Зулцэцэг Чадраабал и др. Влияние новых изолятов клубеньковых бактерий на рост и развитие белого люпина сорта Детер 1 // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 11. – С. 78-80.
11. Шапкина Ю.С. и др. Фитосанитарное состояние посевов белого люпина на Северо-Востоке и Юго-Западе Центрального Черноземья // Достижения науки и техники АПК. – 2011.

– №9. – С. 29-31.

12. Агрохимический словарь. Термины и определения. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.

13. Агрохимическое минеральное сырьё: словарь-справочник. Под общей редакцией Чумаченко И.Н. – М.: Россельхозакадемия, 2003. – 33 с.

14. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Фирсов И.П. Возделывание совмещённых посевов зерновых и зернобобовых культур на зернофураж с целью повышения белковой полноценности корма. – М.: ВНИИГИМ, 2016. – 104 с.

15. Алдошин Н.В. и др. Уборка смешанных посевов зерновых культур методом очёса // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – 2016. – №1. – С. 7-13.

16. Алдошин Н.В., Золотов А.А., Цыгуткин А.С., Лылин Н.А. Уборка бинарных посевов зерновых культур // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – 2016. – №3. – С. 11-17.

УДК 631.581:631.452:631.559

ВЛИЯНИЕ ЧИСТОГО И СИДЕРАЛЬНОГО ПАРОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Хлюпина С.В.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: sveta46agro@yandex.ru

Резюме. Изучено влияние чистого и сидерального паров на основные агрохимические показатели чернозёма типичного и урожайность озимой пшеницы. Установлено, что использование сидерального пара в качестве предшественника озимой пшеницы уменьшает темпы снижения плодородия почвы и способствует увеличению урожайности озимой пшеницы, по сравнению с чистым паром.

Ключевые слова: чернозём типичный, плодородие, чистый пар, сидеральный пар, урожайность, озимая пшеница.

Актуальность. Проблема сохранения и улучшения почвенных ресурсов становится все более актуальной в связи с резким ухудшением их состояния и возрастающей деградацией почв. Практически все типы почв подвержены процессам деградации. В формировании почвенного плодородия наиболее важная роль принадлежит гумусу. Как известно, гумус обеспечивает наиболее ценные биологические и агрохимические свойства почв, велико его значение в создании водопрочной структуры почв, с увеличением содержания гумуса в почве значительно повышается продуктивность пахотных земель. За последние 50-100 лет во многих регионах страны произошло заметное снижение количества гумуса в пахотных землях, что обусловлено влиянием многочисленных факторов [1].

В Центрально-Черноземном регионе в качестве предшественников озимой пшеницы широко используют чистые и сидеральные пары. В чистом пару за период парования создаются наиболее благоприятные условия по запасам влаги и элементов минерального питания к посеву озимой пшеницы. Однако в чистом пару происходят наибольшие потери гумуса, так как при всём его значении ему присущи такие недостатки, как повышенная эрозийная опасность,

сокращение поступления в почву растительных остатков, интенсивная минерализация органического вещества, потери азота из-за миграции нитратов за пределы корнеобитаемого слоя.

В современном земледелии важное значение имеет рациональное использование природных и антропогенных ресурсов за счет внедрения приемов, которые обеспечивали бы наибольшую окупаемость затрат и способствовали бы сохранению и повышению плодородия почв. Этого можно достичь с помощью приемов биологизации [2, 3]. Одним из таких приемов является применение сидератов. Сидераты – наиболее дешевые, экологически чистые, экономически выгодные и перспективные органические удобрения. Включение в севооборот сидеральных паров, по мнению многих исследователей [4, 5, 6, 7, 8, 9], положительно влияет не только на урожайность последующей культуры, но и способствует сохранению и повышению плодородия почвы.

Цель исследования – изучить влияние чистого и сидерального паров на основные агрохимические показатели чернозёма типичного и урожайность озимой пшеницы.

Методика исследования. Исследование влияния чистого и сидерального паров на агрохимические показатели почвы и урожайность озимой пшеницы проводили в 2017-2020 гг. в научно-производственном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ», заложенном в 2002 году. Опыт раскрыт в пространстве и во времени. Почва опытного участка – чернозём типичный среднесуглинистый среднегумусный.

Схема зернопаропропашного севооборота: пар (в базовой технологии – чистый, в интенсивной – сидеральный) – озимая пшеница – сахарная свекла – гречиха – ячмень. Размер посевных делянок – 10,8 x 250 м. Основная обработка почвы – вспашка на глубину 20-22 см. Дозы внесения минеральных удобрений под чистый пар – $P_{40}K_{40}$ кг д.в./га, озимую пшеницу – N_{20} кг д.в./га; под сидеральный пар – $P_{80}K_{80}$ кг д.в./га, озимую пшеницу – N_{40} кг д.в./га. В качестве сидеральной культуры использовали люпин белый. Заделка зелёной масса сидеральной культуры проводилась отвальными плугами.

Агрометеорологические условия в период весенне-летней вегетации озимой пшеницы с апреля по июль можно характеризовать – как достаточно увлажнённые (2017 г. ГТК = 1,32; 2020 г., ГТК = 1,60), недостаточно увлажнённые (2018 г., ГТК = 1,29), засушливые (2019 г., ГТК = 0,81).

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных исследований (таблица 1) в научно-производственном опыте в 2017-2020 гг. показали, что содержание гумуса после чистого пара в пахотном слое почвы в среднем за годы исследований составило 5,09%; при этом снижение его содержания, по отношению к исходному состоянию почвы, составило 0,71%. В вариантах с сидеральным паром содержание гумуса равнялось 5,18%. Несмотря на запашку в среднем за годы исследований 23,6 т/га зелёной массы люпина белого, снижение содержания гумуса в этом варианте, по отношению к исходному состоянию почвы, составило 0,62%. Снижение содержания гумуса в варианте с сидеральным паром было на 0,09% меньше, по сравнению с чистым паром.

Таблица 1 – Влияние чистого и сидерального паров на агрохимические показатели пахотного слоя почвы

Виды пара	Общ. гумус, %	pH KCl	N щ.г. мг/100г	P ₂ O ₅ мг/100г	K ₂ O мг/100г
2002 г. – исходные данные	5,80	5,6	20,50	13,00	12,00
Чистый пар	5,09	6,1	15,45	17,03	17,10
Сидеральный пар	5,18	6,0	15,58	18,93	20,07
+/- к исходным данным:					
чистый пар	-0,71	+0,5	-5,05	+4,03	+5,10
сидеральный пар	-0,62	+0,4	-4,92	+5,93	+8,07

Запасы гумуса в начале закладки опыта в пахотном слое почвы составляли 127,6 т/га. В начале четвертой ротации зернопаропропашного севооборота запасы гумуса составили после чистого пара 111,98 т/га, после сидерального пара – 113,96 т/га, то есть баланс гумуса был отрицательным: после чистого пара – 15,62 т/га, после сидерального пара – 13,64 т/га. Поступление зелёной массы сидерата было не достаточным для поддержания баланса органического вещества почвы. Для уменьшения потерь гумуса и поддержания баланса органического вещества почвы необходимо вносить компенсирующие дозы органических удобрений.

По показателю актуальной кислотности, при закладке опыта, почва опытного участка относилась к группе слабокислых (pH=5,6). Показатель pH пахотного слоя почвы в исследуемых вариантах превышал исходное значение в среднем на 0,5 и 0,4 единицы и равнялся 6,1 после чистого пара и 6,0 после сидерального, что позволило отнести их к группе нейтральных.

Содержание щёлочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы в среднем после чистого пара снизилось на 5,05 мг/100 г почвы, после сидерального пара – на 4,92 мг/100 г почвы, по сравнению с исходным состоянием. Причина снижения содержания щёлочногидролизуемого азота тесно связана с уменьшением содержания гумуса в почве (r=0,99). В сидеральном пару, несмотря на заделку 23,6 т/га зелёной массы люпина белого, потери азота не были компенсированы. Однако средняя концентрация щёлочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы в исследуемых вариантах достигала среднего уровня обеспеченности и не ограничивала получение хорошего урожая.

Содержание подвижного фосфора увеличилось после чистого пара в пахотном слое почвы в среднем на 4,03 мг/100 г почвы, после сидерального пара – на 5,93 мг/100 г почвы, по сравнению с исходным содержанием. Полученные величины содержания подвижного фосфора в исследуемых вариантах относятся к высокой степени обеспеченности им почвы.

В наших исследованиях содержание обменного калия увеличилось после чистого пара в пахотном слое почвы в среднем на 5,10 мг/100 г почвы, после сидерального пара – на 8,07 мг/100 г почвы, по сравнению с исходным содержанием. Обменный калий больше накапливался в сидеральном пару – 20,07 мг/100 г почвы, меньше в чистом пару – 17,10 мг/100 г почвы.

Полученные величины содержания обменного калия в исследуемых вариантах относятся к очень высокой и высокой степени обеспеченности им почвы.

Как показали результаты исследований (рисунок 1), урожайность озимой пшеницы была наиболее высокой во все годы исследований после сидерального пара и варьировала в зависимости от сложившихся погодных условий от 3,64 до 6,98 т/га. После чистого пара урожайность озимой пшеницы составила 3,04-5,76 т/га. В среднем урожайность озимой пшеницы по сидеральному пару была выше на 0,67 т/га, по сравнению с чистым паром.

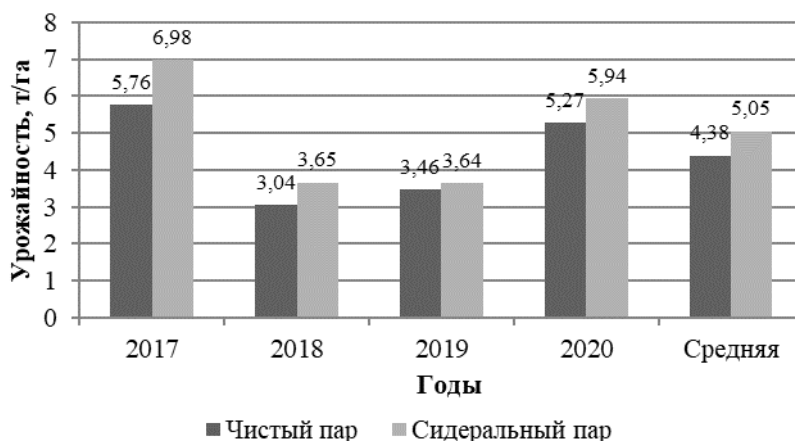


Рисунок 1 – Влияние чистого и сидерального паров на урожайность озимой пшеницы

Это может быть связано с тем, что в годы исследований в почву поступило сухой биомассы сидеральной культуры от 2,2 до 4,4 т/га. С биомассой сидерата люпина белого в почву поступило 86,7-173,4 кг/га азота, 15,0-30,0 кг/га фосфора и 41,6-83,2 кг/га калия, что повышало обеспеченность почвы этими элементами питания.

Выводы. На основании проведенных исследований можно заключить, что при применении только минеральных удобрений в чистом пару и применении минеральных удобрений и запашке сидеральной культуры в сидеральном пару происходит постепенное снижение содержания гумуса в пахотном слое почвы, при этом происходит и обеднение почвы щёлочногидролизующим азотом. Внесение минеральных удобрений в чистом и сидеральном парах повышает содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве. Использование сидерального пара уменьшает темпы снижения плодородия почвы и способствует повышению урожайности озимой пшеницы, по сравнению с чистым паром.

Библиографический список

1. Научно-практические основы оценки экологической сбалансированности агроландшафта и степени соответствия используемой в нем системы земледелия [Текст] / Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Гапонова Н.П. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2017. – 65 с.
2. Серeda, Н. А. Воспроизводство плодородия выщелоченного чернозема в севооборотах с сидеральным паром и многолетними травами [Текст] / Н. А. Серeda, А. Л. Тарасов // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 11. – С. 14-16.
3. Постников, П. А. Биологизированные севообороты – залог повышения урожая

[Текст] / П. А. Постников // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 7-8.

4. Айдиев, А.Ю. Эффективность биотехнологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области [Текст] / А.Ю. Айдиев, В.А. Шумаков // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 6. – С. 15-17.

5. Постников П.А. Агробιοлогические приемы повышения продуктивности севооборотов [Текст] / П.А. Постников // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 56-58.

6. Новоселов, С.И. Эффективность сидеральных удобрений в севообороте [Текст] / С.И. Новоселов, С.А. Горохов, Е.С. Новоселова Н.И. Толмачев // Плодородие. – 2012. – № 5 (68). – С. 27-28.

7. Новоселов, С. И. Влияние минеральных удобрений на продуктивность севооборотов с различными видами паров [Текст] / С.И. Новоселов, Н.И. Толмачев, А.В. Муржинова // Плодородие. – 2014. – № 5 (80). – С. 14-15.

8. Пискунова, Х.А. Сидеральные предшественники, удобрения и урожайность озимой пшеницы [Текст] / Х.А. Пискунова, А.В. Федорова, Т.С. Ершова // Земледелие. – 2012. – № 2. – С. 20-21.

9. Неволιна, К.Н. Урожайность и параметры адаптивной способности и стабильности озимых зерновых культур при возделывании по различным предшественникам в условиях Предуралья [Текст] / К.Н. Неволιна, И.Д. Соснина // Земледелие, 2016. – №8. – С. 42-44.

УДК 631.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСА NDVI ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ В ЭРОЗИОННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

Холодов Д.В.¹ Смирнова Л.Г.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород

E-mail: holodow.denis2016@yandex.ru

² ФГБНУ «Белгородский НИИСХ», Белгород

E-mail: lidya.smirnova@yandex.ru

Резюме. Для определения индекса NDVI на посевах озимой пшеницы использовались космические снимки онлайн-сервиса Sentinel Hub. Применение таких снимков для мониторинга посевов на небольших по площади участках вызывает проблемы, связанные с пространственным разрешением снимка. Полученные данные индексов NDVI по космическим снимкам имеют погрешность и не могут сопоставляться с более точными данными по содержанию сухого вещества в растениях.

Ключевые слова: космические снимки, индекс NDVI, мониторинг посевов, сухое вещество.

Summary. To determine the NDVI index on winter wheat crops, satellite images of the Sentinel Hub online service were used. The use of such images for monitoring crops in small areas causes problems related to the spatial resolution of the image. The obtained data of the NDVI indices from satellite images have an error and cannot be compared with more accurate data on the dry matter content in plants.

Key words: satellite images, NDVI index, crop monitoring, dry matter.

Наблюдение за состоянием посевов в течение вегетации является важным аспектом в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур. Дистанционная оценка их состояния обычно проводится с применением вегетационного индекса NDVI, который рассчитывается на основе сопоставления отражения растительности в диапазонах красного и инфракрасного излучения.

Его значения зависят от густоты посевов, фазы их развития, площади листовой поверхности, обводненности тканей во время съемки.

Для дистанционной оценки NDVI на посевах озимой пшеницы могут применяться различные методы. Самой распространенной является спутниковая съемка, которая применяется в мире более 40 лет. Ее преимуществом в сравнении с другими методами является возможность непрерывного наблюдения, получение общего изображения обширных и отдаленных районов, а так же возможность осуществлять пространственно-временной анализ сразу нескольких компонентов окружающей среды и их взаимодействий между собой. Полученные снимки являются источником оперативной информации о состоянии растений, поэтому эти данные всегда привлекались для составления прогноза по урожайности культур.

Оперативное получение данных мониторинга о состоянии сельскохозяйственных земель и посевов является одним из ключевых направлений дальнейшего развития сельского хозяйства, что подтверждается опытом и результатами стран с развитым аграрным сектором. Оперативный доступ к информации позволяет специалистам своевременно принимать решения по повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Основными современными требованиями, предъявляемыми к мониторингу, являются оперативность, достоверность и полнота.

Целью данного исследования является проведение оценки состояния посевов озимой пшеницы с помощью снимков Sentinel с использованием вегетационного индекса NDVI.

Материалы, методы и объекты исследования. При оценке состояния растительного покрова все шире используются данные космических снимков. В настоящее время, используя данные дистанционного зондирования (ДДЗ), получают сведения о состоянии наземных объектов, при этом возможен непрерывный сбор информации для каждой конкретной территории.

Изучение состояния посевов озимой пшеницы по спутниковым снимкам за периоды 2017-2018, 2018-2019 и 2019-2020 годов проводили в ландшафтно-полевом опыте Белгородского ФАНЦ РАН. Опыт развернут в пространстве на склоне южной экспозиции на участке крутизной 1-3° и 3-5°. Использовались снимки онлайн-сервиса Sentinel Hub, который позволяет проводить анализ всех фаз роста озимой пшеницы за разный период времени. Подготовительным этапом для использования данного сервиса являлось создание цифровых границ двух исследуемых участков в формате SHP, имевшие названия «Склон 1-3» и «Склон 3-5». Далее данные шейп-файлы были переконвертированы в формат KML, так как онлайн-сервис может предоставить статистическую информацию только по файлам такого формата. После создания учетной записи стали возможны функции просмотра разнообразных проиндексированных снимков, в нашем случае необходим только индекс NDVI. Были использованы данные со спутника Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м/пкс. В поле выбора дат задавались временные интервалы соответствующие разным фазам вегетации – всходов, отрастания, колошения, молочной спелости.

По данным наблюдений всходы на данных участках отмечались ежегодно в период с октября по ноябрь, отрастание в апреле, колошение в конце мая - начале июня, а этап молочной спелости в середине июля.

Следующим этапом стал выбор индекса NDVI, после чего открывается перечень космических снимков за разные даты. При выборе любого снимка возможен доступ к построению диаграмм статистических данных, где можно отследить изменение вегетационного индекса на определенной территории за необходимый период. При наведении на точку в графике открывается карточка со справочной информацией, где указаны средние, минимальные и максимальные значения NDVI, что сильно облегчает работу по вычислениям коэффициента данного индекса. Зная период фаз роста растений с помощью этого инструмента можно подсчитать максимальные значения NDVI за три года по двум участкам.

Сравнение значений вегетационного индекса проводилось с важным физиологическим параметром растений – содержанием сухого вещества за разные фазовые периоды. Данные о содержании сухого вещества на данных участках были получены из архивов Белгородского ФАНЦ РАН.

Результаты исследования. Оценка динамики вегетационного индекса производилась в течение 4-х фаз развития растений. Для упрощения модели оценки использовались фиксированные даты. Так в течение 3 лет период фазы всходов наблюдался с 16 по 19 сентября, отрастания с 8 по 10 апреля, колошение с 28 мая по 3 июня, а молочная спелость с 15 по 20 июня. В Sentinel Hub для определения максимального коэффициента NDVI выбирались снимки по дате в рамках заданных периодов.

Выявленные максимальные значения NDVI в соотношении с содержанием сухого вещества за разный вегетационный период представлены в таблице.

Таблица – Характеристики вегетационного индекса NDVI и содержание сухого вещества в растениях

Период	Фаза	NDVI (max)		Содержание сухого вещества, г/м ²	
		Склон 1-3°	Склон 3-5°	Склон 1-3°	Склон 3-5°
2017 - 2018	Всходы	0,30	0,22	5,78	7,05
	Отрастание	0,56	0,55	59,89	73,68
	Колошение	0,73	0,79	2058,71	2113,68
	Молочная спелость	0,57	0,62	5186,22	2195,36
2018 - 2019	Всходы	0,36	0,36	0,94	0,58
	Отрастание	0,4	0,37	15,20	14,15
	Колошение	0,79	0,75	571,90	487,80
	Молочная спелость	0,6	0,64	2421,75	2550,10
2019 - 2020	Всходы	0,48	0,42	30,06	29,09
	Отрастание	0,74	0,70	126,97	122,94
	Колошение	0,84	0,84	4460,72	2845,31
	Молочная спелость	0,70	0,70	7894,86	5988,487

Анализ полученных данных показал неравномерное распределение значений индекса NDVI по годам исследования. В фазу всходы в условиях склона 1-3° показатель варьировал от 0,30 до 0,48 единиц, на склоне крутизной 3-5° от 0,22 до 0,42 единиц. Наблюдения в период отрастания показывают заметное увеличение индекса в 2017-2018 и 2019-2020 годах на 0,26 единиц, в 2018-2019 году он был на уровне всходов (0,37-0,4). В период колошения наблюдается заметное нарастание зеленой окраски, соответственно индекс NDVI имел максимальное значение и составлял на изучаемых вариантах от 0,73 до 0,84 единиц. В 2019-2020 году он был выше на 0,05-0,11 единиц, чем в другие годы. В период молочной спелости наблюдалось снижение показателя на изучаемых участках от периода колошения на 0,11-0,19 единиц. Наибольшим в эту фазу он оставался в 2019-2020 году и составлял 0,70 единиц. Заметной разницы значений индекса NDVI по рельефу не отмечалось.

Содержание сухого вещества в растениях озимой пшеницы также различались по годам исследования. В период всходов максимальное его содержание наблюдалось в 2019-2020 году и составляло 30,06 и 29,09 г/м². В 2017-2018 и 2018-2019 годах значение показателя было меньше на 22,04-29,12 г/м². В период отрастания отмечалась такая же тенденция.

Показатель сухого вещества в фазу колошения заметно возрастал, по сравнению с предыдущими периодами, однако в 2018-2019 году наблюдалось наименьшее его значение 571,90-487,8 г/м², по сравнению 2017-2018 г. (2058,71-2113,68 г/м²) и 2019-2020 г. (4460,72-5988,48 г/м²).

При сопоставлении индексов NDVI с данными содержания сухого вещества не прослеживается общая закономерность. При высоком показателе NDVI, могут наблюдаться низкие значения содержания сухого вещества, что говорит о некотором противоречии данных. Это связано с особенностями онлайн-сервиса Sentinel Hub, так как используемые данные, полученные со спутников, имеют пространственное разрешение 10 м/пкс, что значительно увеличивает погрешность отображаемых данных и вычислений. На небольших по площади участках эта погрешность будет создавать не точную ситуацию с состоянием посевов, что может в дальнейшем отразиться на прогнозировании урожайности.

УДК 631.4

ЗНАЧЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ В СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК

Хомяков Д.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова», Москва
E-mail: khom@soil/msu.ru

***Резюме.** За прошедший 20-летний период произошла интенсификация производства зерна и другой продукции АПК. Его материальной и ресурсной основой стало накопленное, и пока*

не восполняемое, плодородие почв – запас органического вещества (гумуса), макро- и микроэлементов минерального питания растений, комплекс режимов и параметров, позволяющий осуществлять производственный процесс и формировать урожай возделываемых сельскохозяйственных культур (товарную продукцию).

Деградация почв с каждым годом усиливается. В случае сохранения действующего подхода, не соответствующего принципам устойчивого развития, пределы роста аграрной отрасли экономики будут обусловлены ежегодно уменьшающимся потенциалом плодородия российских почв.

Ключевые слова: сельское хозяйство, почва, плодородие, почвенные ресурсы, устойчивое функционирование национальной продовольственной системы.

Summary. Over the past 20 years, there has been an intensification of the production of grain and other agricultural products. Its material and resource basis has become the accumulated, and not yet replenished, soil fertility – a supply of organic matter (humus), macro- and microelements of mineral nutrition of plants, a set of modes and parameters that allows the production process to be carried out and the yield of cultivated crops (commercial products).

Soil degradation is increasing every year. If the current approach, which does not correspond to the principles of sustainable development, is preserved, the growth limits of the agricultural sector of the economy will be determined by the annually decreasing potential of the fertility of Russian soils.

Key words: agriculture, soil, fertility, soil resources, sustainable functioning of the national food system.

Введение. Общая площадь сельскохозяйственных угодий России в составе земель сельскохозяйственного назначения на 01.01.2019 составляет 197,7 млн. га, в том числе: общая площадь пашни – 116,24 млн. га, сенокосов – 18,72 млн. га, пастбищ – 57,20 млн. га, залежи – 4,31 млн. га, многолетних насаждений – 1,23 млн. га [1].

Площадь пашни по данным Росстата [2] – 115,8 млн. га, сельскохозяйственных угодий – 220 млн. га. Как используются сейчас 24 млн. га пашни остается вне проводимого опросным путем с мест учета: площадь посевов – около 80 млн. га, а паров – до 12 млн. га? Оценка ситуации в данной сфере была дана на заседании и в решении Президиума Совета законодателей РФ при Федеральном Собрании РФ 18.12.2020 «О мерах по обеспечению плодородия земель сельскохозяйственного назначения». Выдержки из принятого решения приводятся ниже.

«В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 31.12.2015 № 683, предусмотрено, что обеспечение продовольственной безопасности осуществляется, в том числе, за счет повышения плодородия почв, предотвращения истощения и сокращения площадей сельскохозяйственных земель и пахотных угодий. При этом сохранение, восстановление и повышение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения являются составляющими развития и совершенствования агропромышленного комплекса Российской Федерации.

Президиум Совета законодателей РФ отмечает ряд проблем, препятствующих эффективному обеспечению плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения: отсутствие полной и достоверной информации о землях сельскохозяйственного назначения, их границах и качественных

характеристиках, единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения; неэффективность землеустройства как комплекса мероприятий по изучению состояния почв, планированию и организации их рационального использования и охраны; неиспользование по назначению земель сельскохозяйственного назначения и последующее ухудшение их состояния; недостаточное нормативно-правовое регулирование своевременного выявления изменения состояния плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, оценки этих изменений.

Следует законодательно определить понятия почвы и ее плодородия как фундаментального уникального свойства.»

Методы и результаты исследования. Системный анализ статистической информации, нормативных правовых актов, документов, характеризующих состояние агропроизводства страны, показал, что его интенсификация произошла [2, 3]. Для различных отраслей АПК эти процессы идут с разной скоростью. Лидером в растениеводстве является зерновой комплекс. В 2001-2005 годах валовые сборы зерна в среднем в год были 79,0 млн. т, при площади посевов – 44,8 млн. га, и, соответственно, урожаи – 17,6 ц/га. Урожаи рассчитывались как отношение валового сбора зерновых и зернобобовых культур в весе после доработки к площади посевов. В 2016-2020 годах эти показатели – 124,7 млн. т; 47,1 млн. га; 26,5 ц/га. Коэффициент – 1,6 (или на 60 % больше).

При этом энерговооруженность на 1 га пашни и количество работников, занятых в производстве упали. Эффект достигнут за счет современных элементов агротехнологий – сортов, семян, средств защиты растений, в основном импортируемым. Наблюдается улучшение агрометеорологических условий, что связывают с глобальными климатическими процессами. Баланс тепла и влаги на протяжении вегетационного периода в большинстве регионов страны складывается более благоприятно.

Материальной основой роста стало накопленное плодородие почв – запас органического вещества (гумуса), макро- и микроэлементов минерального питания растений, комплекс режимов и параметров, позволяющий осуществлять производственный процесс и формировать урожай возделываемых сельскохозяйственных культур (товарную продукцию), реализуя возросший биоклиматический потенциал. Что происходит с использованием почвенных ресурсов и качеством управления?

Для восполнения органического вещества (гумуса) почвы и предотвращения их декарбонизации на имеющуюся площадь посевов и паров – 92 млн. га, необходимо вносить в среднем по 4-6 т/га органических удобрений в год. Суммарно порядка 370-550 млн. т. Согласно [2], текущий уровень – 70 млн. т. Сегодня в стране 35 млн. условных голов скота, в 1990 году их было 76 млн. голов, но в почву вносилось ежегодно 390 млн. т органики. Нами рассчитан выход навоза и помета во всех категориях хозяйств. Он составляет до 290-300 млн. т физической массы или 210 млн. т в пересчете на подстилочный навоз. Примерно половина этого количества производится в ЛПХ населения. Торф в качестве удобрения сейчас не используется.

Отнесение некоммерческих видов органических удобрений (навоз, помет, компосты), производимых тысячами сельскохозяйственных организаций и фермеров в своих хозяйствах, к агрохимикатам, подлежащим обязательной длительной и затратной процедуре государственной регистрации (Приказ Минсельхоза России от 31.07.2020 № 442 «Об утверждении Порядка государственной регистрации пестицидов и агрохимикатов»), – избыточная норма правового регулирования.

Искусственно ограничено применение необходимых средств воспроизводства и повышения плодородия почв. Усиливается их теневой оборот, способствующий неконтролируемому поступлению в окружающую среду азот-, фосфор- и углеродсодержащих продуктов, а также нарушению научно обоснованных агротехнологий. «Зеленая агрохимия» – это недопустимость неконтролируемого поступления химических элементов и веществ в окружающую среду, сокращение числа стадий полного цикла получения агрохимикатов и товарной продукции растениеводства, а также максимальное полезное использование отходов и побочной продукции сельскохозяйственного производства. Последние активно вовлекаются в оборот, становятся товарами, сырьем, компонентами, применяющимися, в том числе, в составе средств воспроизводства плодородия почв.

В стране продолжается асидизация агроландшафтов. Применение минеральных удобрений и выпадение кислых атмосферных осадков стимулирует отчуждение из пахотного слоя почвы кальция и магния за счет внутрипрофильной миграции (вымывания) и выноса с урожаями. Известкование относится к химической мелиорации почв. На 1 га в среднем необходимо вносить 6-9 т известковых материалов с периодичностью 5-7 лет. Их применение за прошедший 20-летний период составляло не более 2,3 млн. т физической массы в год [2]. Темпы известкования недопустимо уменьшились, растут доля и площади кислых пахотных почв. Они выявляются уже в южных регионах страны, снижается эффективность агротехнологий, качество урожаев.

Вынос из почвы основных элементов минерального питания при получении 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции в зависимости от почвенно-климатических условий, культуры и сорта меняется. В среднем оценивается в 25-35; 11-15 и 20-27 кг в пересчете на N, P₂O₅ и K₂O (д.в.). Кроме того, выносятся 6-10 кг кальция, 6-8 кг магния, сера, кремний, микроэлементы и т.д. Рост урожаев и качества продукции (высокое содержание белка и клейковины) всегда сопровождаются увеличением выноса. Со 100 млн. т зерновых колосовых выносятся 3,0 млн. т азота, 1,2 млн. т фосфора и 2,3 млн. т калия. В сумме – 6,5 млн. т. Плюс до 1 млн. т кальция и 0,8 млн. т магния. А ведь кроме зерна ежегодно собирается и другая продукция растениеводства.

Эти цифры можно сравнить со средним объемом применения минеральных удобрений (д.в.) в год за пятилетний период, рассчитанным нами с использованием данных Росстата [2]. За 2001-2005 годы – 1,4 млн. т; 2006-2010 – 1,8 млн. т; 2011-2015 – 1,9 млн. т; 2016-2020 – 2,6 млн. т. Баланс элементов минерального питания растений в земледелии и кормопроизводстве России много

лет отрицательный, а соотношение азота, фосфора и калия далеко от оптимального и научно обоснованного.

Минсельхоз РФ в июне 2020 года уменьшил плановые значения индексов производства продукции животноводства, сельского хозяйства и некоторых других параметров, закрепленных в Постановлении Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». Мотивировка – сокращение доходов населения и ограничительные меры по преодолению пандемии, рост стоимости семян, минеральных удобрений, запасных частей, ГСМ и т.д. Финансирование программы сокращается: в 2019 году это было 318 млрд. рублей (кассовое исполнение 98,0%), в 2020 – 272 (исполнение 99,8%), на 2021 – определено 260 млрд. рублей, уже подведшихся за этот период 30%-й девальвации. Механизм поддержки меняется каждый год, корректируются контрольные цифры и объемы финансирования, что делает трудным даже краткосрочное планирование устойчивого развития отрасли.

Экспорт продукции АПК субсидирует и поддерживает государство. По информации Росстата для сельскохозяйственных товаров и сырья (кроме текстильного) с 2015 по 2020 годы он рос и составил: \$16,2 млрд. \$17,1 млрд.; \$20,7 млрд.; \$25,0 млрд.; \$24,8 млрд. и \$29,7 млрд. Его можно рассматривать как вывоз за границу основ плодородия почв – миллионов тонн макро- и микроэлементов минерального питания растений, включая стратегический и дефицитный во всем мире фосфор. Достижение обозначенной в 2018 году цели – обеспечить его объем \$45 млрд. к 2024 году – пока перенесено на 2030 год. С 2021 года на неопределенный срок ведено тарифное и нетарифное регулирование по зерну и ряду других товарных позиций, разработан механизм т.н. зернового демпфера. Любой запрет для рынка – это предвестник дефицита.

Во время коронакризиса в условиях стагфляции продуктовая инфляция опережает средние темпы. Меры по государственному регулированию и сдерживанию цен не эффективны, негативно влияют на доходы агропроизводителей и развитие отрасли. У хозяйств возникает необходимость сокращать издержки. В первую очередь ограничиваются закупки агрохимикатов, рынок которых не регулируется, а ускорившиеся темпы инфляции и благоприятная мировая конъюнктура обусловила быстрый рост их стоимости. Следовательно, ожидать существенного увеличения объемов применения минеральных удобрений и химических мелиорантов на российской пашне в среднесрочной перспективе, не оправдано.

Выводы. Пока отсутствует оформленное понятное и долгосрочное ресурсно-экологическое планирование, нет государственных документов, которые бы определили, сколько, каких и где расположенных пахотных почв и сельскохозяйственных угодий нужно России. Рассматривается повторное возвращение в сельскохозяйственный оборот от 9 до 13 млн. га ранее использовавшихся площадей. Расширение посевов зерновых до 50 млн. га для обеспечения валового сбора зерна в весе после доработки не менее 141 млн. т.

Рассчитывают на будущий урожай в 28-30 ц/га (?). Вынос с ним N, P₂O₅, K₂O (д.в.) составит как минимум: 4,3 млн. т азота, 1,7 млн. т фосфора и 3,3 млн. т калия. В сумме – 9,3 млн. т д.в. Плюс 1,4 млн. т кальция и 1,2 млн. т магния. Продолжится тенденция эксплуатации плодородия отечественных почв за счет будущих поколений граждан страны. Отсутствует представление о месте почвенных ресурсов и почвенного покрова в организации землепользования, реализации земельной политики, ведении агропроизводства и формировании устойчивой национальной продовольственной системы.

Считается, что способность почв постоянно предоставлять «природно-ресурсный» кредит, как это происходит на протяжении последних 30-ти лет, пока еще до конца не исчерпана. Настанет момент, когда деградация почв станет необратимой на значительных площадях. В случае сохранения действующего подхода, не соответствующего принципам устойчивого развития, пределы роста отрасли будут обусловлены ежегодно уменьшающимся потенциалом плодородия российских почв.

Библиографический список

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. – М.: Росреестр, 2020. – 206 с.
2. Российский статистический ежегодник. 2020: Статистический сборник. – М.: Росстат, 2020. – 700 с.
3. Социально-экономическое положение России. 2020, вып. 12. – М.: Росстат, 2021. – 376 с.

УДК631.4:631.45

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА В ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВАХ КАМЕННОЙ СТЕПИ

Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Воронежский Федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»
(ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ»), Каменная Степь
E-mail: cheverdin62@mail.ru

Резюме. Проведенные исследования позволили выявить увеличение содержания нитратного азота во всех почвах комплекса переувлажненных почв со временем. Доказано увеличение количества нитратного азота с нарастанием гидроморфизма. Обеспеченность растений элементами минерального питания определялось гидротермическими условиями начала вегетационного периода.

Ключевые слова: гидроморфные почвы, нитратный азот, плодородие

Summary. The conducted studies revealed an increase in the content of nitrate nitrogen in all soils of the complex of waterlogged soils over time. An increase in the amount of nitrate nitrogen with an increase in hydromorphism is proved. The provision of plants with elements of mineral nutrition was determined by the hydrothermal conditions of the beginning of the growing season

Key words: hydromorphic soils, nitrate nitrogen, fertility

Важной проблемой для степных и лесостепных зон и, в частности, для Центрального Черноземья является появление признаков гидроморфизма и локального сезонного переувлажнения в почвах во второй половине XX века,

оказывающее влияние на почвенное плодородие [1-3]. Каменная Степь является уникальным научным объектом с длительной историей проведения разноплановых исследований. Организация и развитие всего комплекса агротехнических, агролесомелиоративных, земледельческих и почвенных исследований на протяжении всего периода научных работ являлось базовой моделью, результаты и опыт которой применялись во многих регионах страны [4]. В зону исследований в Каменной Степи входил и мониторинг почвенного плодородия.

Важным фактором, влияющим на плодородие почв, является содержание элементов питания в почвах, в качестве которых выступают подвижные азот, фосфор и калий.

В качестве объектов исследования выступали следующие почвы: чернозем обыкновенный (чернозем сегрегационный) (Р-4); лугово-черноземная почва на равнинном повышении (агροчернозем гидрометаморфизованный) (Р-2); черноземно-луговая солончаковатая почва на равнинном понижении (Р-1); черноземно-луговая солончаковатая почва в ложбинообразном понижении (Р-3) (последние два объекта – гумусово-гидрометаморфические засоленные почвы).

В почвах всех объектов исследований проводилось определение подвижных форм азота в свежих почвенных образцах по общепринятой методике (нитратный азот – спектрофотометрически), по глубинам 0-20; 20-30; 30-50; 50-70; 70-100 см, позволяющее судить о почвенном плодородии вышеуказанных объектов.

Чернозем автоморфный характеризовался более высоким содержанием нитратного азота. В почвенном профиле отмечалось закономерное снижение содержания подвижного азота с глубиной.

Особенности водного режима и функционирования комплекса переувлажненных почв наложили свой отпечаток на формирование элементов плодородия. В лугово-черноземной почве на равнинном повышении (агροчернозем гидрометаморфизованный), черноземно-луговой солончаковатой почве в ложбинообразном понижении (гумусово-гидрометаморфической засоленной почве) с глубиной содержание нитратного азота растет (рис. 1). В черноземно-луговой солончаковатой почве на равнинном понижении (гумусово-гидрометаморфической засоленной почве) содержание нитратного азота с глубиной то увеличивается, то падает.

Мониторинговые исследования почвенного плодородия продолжились и в 2020 году. Нами проводились наблюдения в течение вегетационного периода за содержанием нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в слое 0-30 см почвы на объектах, различных по интенсивности грунтового увлажнения. Эти объекты представляли собой комплекс переувлажненных почв Каменной Степи, расположенных западнее лесной полосы № 131 на относительно ровном участке поля, о которых было сказано выше.

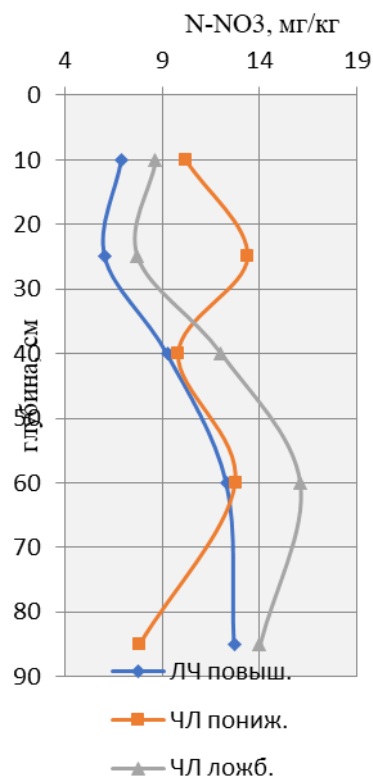


Рисунок 1 – Содержание нитратного азота в почвах сезонно переувлажненного комплекса западнее л.п. № 131

Продуктивность сельскохозяйственных растений во многом определялась обеспеченностью почв нитратным азотом. Его количество зависело от ландшафтной принадлежности участка, характера использования угодий, интенсивности грунтового увлажнения, выращиваемых культур.

В мае 2020 г. нами были отобраны первые образцы почв для определения количества нитратного азота к началу вегетации растений. Его величина, в общем, характеризует запасы усвояемой части азота, которые достигаются посредством агротехнических приемов и сложившихся метеорологических условий на данный момент [5].

В условиях 2020 г. во время вегетации, можно было отметить следующую закономерность: содержание $N-NO_3$ в почве чернозема обыкновенного (Р-4) уменьшалось с мая по август, достигнув лишь 50 % от первоначальных запасов (рис. 2).

Снижение содержания нитратного азота на автоморфных почвах мы связываем с выносом его вместе с урожаем сельскохозяйственных культур.

Максимальное изменение в сторону увеличения нитратного азота отмечено в черноземно-луговой почве переувлажненных участков западнее лесной полосы №131, где обычно отмечается максимальный подъем грунтовых вод и максимальное увлажнение почвы (рис. 2).

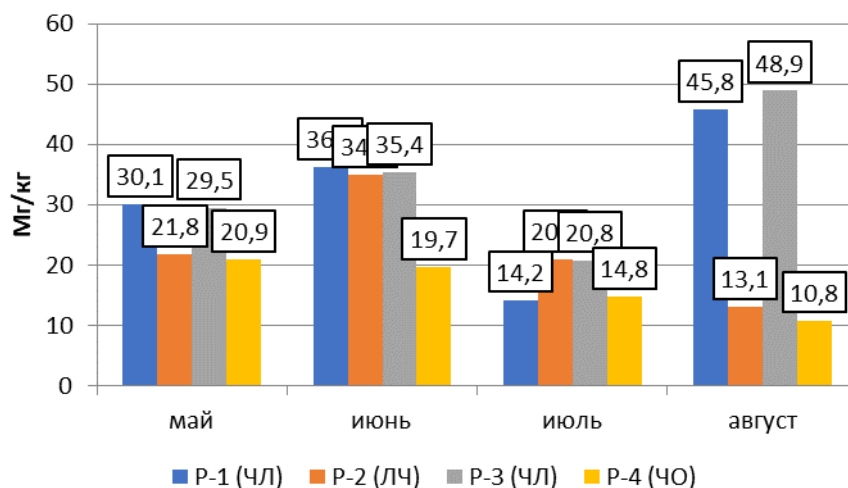


Рисунок 2 – Запасы нитратного азота в переувлажненных почвах комплекса западное л.п. № 131 в течение вегетационного периода, 2020 г.

Так, в черноземно-луговой почве равнинного понижения (P-1) и ложбинообразного понижения (P-3) в слое 0-30 см содержание $N-NO_3$ в мае составило по 30 мг/кг почвы, в июне – 35-36 мг/кг, а к концу августа, к моменту уборки проса сорта Степное 9, содержание его увеличилось до 46-49 мг/кг почвы. В лугово-черноземной почве равнинного повышения (P-2) в процессе вегетации идет уменьшение запасов нитратного азота. Это связано в основном с тем, что год был довольно засушливый, уровень грунтовых вод упал, и данная почва не получала такого переувлажнения, как в предыдущие годы.

Данные по определению нитратного азота в почвах на различных элементах рельефа (водораздел и склон) позволили выделить определенную закономерность. На склоновом участке количество нитратного азота было значительно ниже в мае, но выше в июле в черноземе обыкновенном. В почвах же полугидроморфного ряда на склоне в июле его запасы были ниже, чем в мае.

При сравнении более ранних исследований по содержанию нитратного азота в почвах переувлажненного комплекса с более поздними исследованиями, в частности 2020 года, можно констатировать увеличение его содержания во всех почвах комплекса со временем, что, по нашему мнению, может быть связано с изменением гидротермических условий за годы исследований.

Максимальное содержание нитратного азота было в почве объекта (P-1) – черноземно-луговой почве равнинного понижения – и в более ранних исследованиях (порядка 12 мг/кг), и в 2020 г. (30,1 мг/кг), так его содержание увеличилось со временем почти в 2,5 раза. Вторым по содержанию нитратного азота был объект (P-3) – черноземно-луговая почва ложбинообразного понижения – в более ранних исследованиях 9 мг/кг, в более поздних – 29,5 мг/кг (увеличение в 3,2 раза). Минимальное содержание нитратного азота было в почве объекта (P-2) – лугово-черноземной почве на равнинном повышении: в более ранних исследованиях 7 мг/кг, в более поздних – 21,8 мг/кг (увеличение со временем составило 3 раза).

Выводы. Таким образом, в комплексе переувлажненных почв количество

нитратного азота с нарастанием гидроморфизма увеличивалось. Можно констатировать увеличение содержания нитратного азота во всех почвах комплекса со временем. Обеспеченность растений элементами минерального питания определялась гидротермическими условиями начала вегетационного периода. Как показали наблюдения последних лет, с аналогичными погодными условиями, при недостаточном увлажнении пахотного горизонта в ранневесенний период и низкой активностью нитрифицирующих бактерий, обеспеченность растений питательными веществами, особенно нитратным азотом, очень низкая. Длительное использование сельскохозяйственных угодий приводило к уменьшению нитратного азота в почве. В почвах пашен усиление разложения органики на ранних стадиях сменялось исчерпанием её запасов и разложением гумусовых веществ.

Библиографический список

1. Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И. Причины возникновения и география временно переувлажненных и затопленных почв Каменной степи // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2007. – Вып. 59. – С. 3-13.
2. Чевердин Ю.И., Титова Т.В. Гидроморфные почвы Каменной Степи: Монография. – Воронеж: изд-во «Истоки», 2020. – 253с.
3. Чевердин Ю.И., Сауткина М.Ю., Вавин В.С. Агроэкологические особенности состояния почвенного покрова в лесокультурном ландшафте «Каменная Степь» // Современная лесная наука: проблемы и перспективы: Матер. Всеросс. науч.-практ. конферен. 20-22 декабря 2017 г. – Воронеж, «Истоки». – С. 230-235.
4. Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И. Почвы Каменной Степи от В.В. Докучаева до наших дней // Живые и биокостные системы / ЮФУ – 2016. – №16. – С. 2.
5. Пискунов А.С. Азот почвы и эффективность азотных удобрений на зерновых культурах в Предуралье / А.С. Пискунов. – Пермь, 1994. – 165 с.

УДК631.4:631.45

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВАХ КАМЕННОЙ СТЕПИ

Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Воронежский Федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»
(ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ»), Каменная Степь
E-mail: cheverdin62@mail.ru

Резюме. Проведенные исследования (2021) позволили выявить увеличение содержания подвижного фосфора во всех почвах комплекса переувлажненных почв со временем. В переувлажненных почвах, независимо от ландшафтной принадлежности, в течение всего вегетационного периода содержание подвижного фосфора выше, чем в автоморфных почвах.

Ключевые слова: гидроморфные почвы, подвижный фосфор, плодородие

Summary. The conducted studies (2021) revealed an increase in the content of mobile phosphorus in all soils of the complex of waterlogged soils over time. In waterlogged soils, regardless of landscape affiliation, during the entire growing season, the content of mobile phosphorus is higher than in automorphic soils.

Key words: hydromorphic soils, mobile phosphorus, fertility

Каменная Степь является одним из уникальных научных объектов с более чем вековой историей изучения антропогенного воздействия на почвенный покров исходно автоморфных степных почв [6].

В связи с поднятием в условиях Центрально-Черноземной зоны почвенно-грунтовых вод произошли изменения направленности почвообразовательных процессов. Отмечается эволюционная трансформация чернозёмов в лугово-чернозёмные, чернозёмно-луговые и даже - в луговые почвы.

Преобразование степного ландшафта в агролесоландшафты в течение XX века способствовало изменению сочетания факторов почвообразования, спровоцировало антропогенную трансформацию свойств черноземов под пашней и новый этап эволюционного развития автоморфных черноземов в полугидроморфные и гидроморфные почвы. Это оказало существенное влияние на почвенное плодородие. В зону исследований в Каменной Степи входило и изучение почвенного плодородия. Дополнительным инструментом регулирования эффективного плодородия черноземов, по данным Чевердина Ю.И. (2018), является регулирование параметра сложения пахотного горизонта черноземов, оптимизация плотности сложения. В современных системах земледелия отмечается формирование агрогенноуплотненных горизонтов. Была установлена тесная корреляционная зависимость в результате статистической обработки большого накопленного фактического материала между плотностью сложения и обеспеченностью элементами питания: коэффициенты парной корреляции между плотностью сложения и нитратным азот $r = -0,689 \pm 0,194$; плотностью и подвижным фосфором $r = -0,709 \pm 0,188$; плотностью и обменным калием $r = -0,762 \pm 0,173$ [4].

Важным фактором, влияющим на плодородие почв, является содержание элементов питания в почвах, в качестве которых выступают подвижные азот, фосфор и калий.

В качестве объектов исследования выступали следующие почвы: чернозем обыкновенный (чернозем сегрегационный) (Р-4); лугово-черноземная почва на равнинном повышении (агрозернозем гидрометаморфизованный) (Р-2); черноземно-луговая солончаковатая почва на равнинном понижении (Р-1); черноземно-луговая солончаковатая почва в ложбинообразном понижении (Р-3) (последние два объекта – гумусово-гидрометаморфические засоленные почвы).

В почвах всех объектов исследований проводилось определение подвижных форм фосфора в свежих почвенных образцах по общепринятой методике (подвижный фосфор – по В.Ф. Чирикову ГОСТ 26204-91), по глубинам 0-20; 20-30; 30-50; 50-70; 70-100 см, позволяющее судить о почвенном плодородии вышеназванных объектов.

Чернозем автоморфный характеризовался более высоким содержанием доступного фосфора. В его почвенном профиле отмечалось закономерное увеличение количества подвижного фосфора с глубиной.

Лучшая обеспеченность подвижным фосфором отмечена на пахотных участках, что находится в тесной зависимости от состояния, вовлекаемого в

обработку пахотного горизонта почвы. Разрушение равновесного состояния почвы способствует изменению интенсивности микробиологических процессов и их направленности, активизации перехода фосфатов в подвижные формы.

Увеличение подвижного фосфора с глубиной на залежных участках и снижение его количества на пахотных может быть связано с изменением течения микробиологических процессов, а также с разрушением почвенных минералов и высвобождением фосфатов из кристаллической решетки [5].

Особенности водного режима и функционирования комплекса переувлажненных почв наложили свой отпечаток на формирование элементов плодородия. В лугово-черноземной почве на равнинном повышении (агрочернозем гидрометаморфизованный), черноземно-луговой солончаковатой почве в ложбинообразном понижении (гумусово-гидрометаморфической засоленной почве) с глубиной содержание подвижного фосфора падает (рис. 1). В черноземно-луговой солончаковатой почве на равнинном понижении (гумусово-гидрометаморфической засоленной почве) содержание подвижного фосфора также падает с глубиной [5].

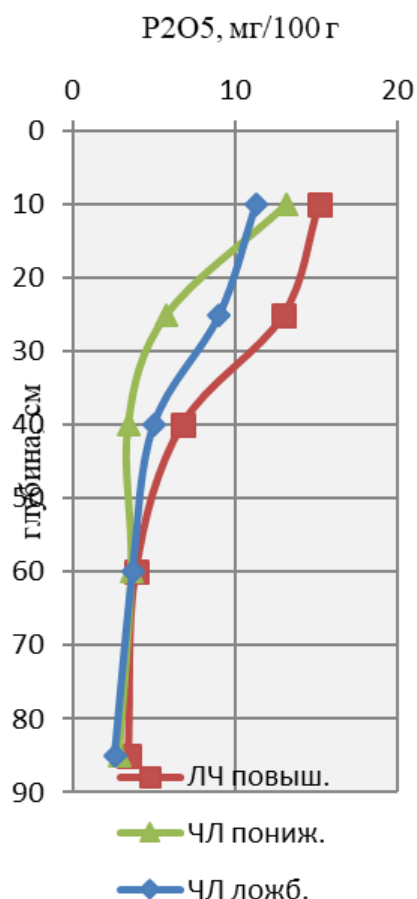


Рисунок 1 – Содержание подвижного фосфора в почвах сезонно переувлажненного комплекса западное л.п. № 131

Мониторинговые исследования почвенного плодородия продолжились и в 2020 году. Нами проводились наблюдения в течение вегетационного периода за содержанием нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в

слое 0-30 см почвы на объектах, различных по интенсивности грунтового увлажнения. Эти объекты представляли собой комплекс переувлажненных почв Каменной Степи, расположенных западнее лесной полосы № 131 на относительно ровном участке поля, о которых было сказано выше.

Одним из основных показателей плодородия почв является наличие в ней подвижного фосфора. По мнению О.В. Сдобниковой [1], для чернозема обыкновенного оптимальным содержанием подвижного фосфора является 100-150 мг/кг почвы.

На подвижность фосфора в почвах оказывают влияние различные факторы, основные из которых – это различные условия увлажнения и кислотности почвы [2-3].

Исследования, проведенные нами в 2020 г. на вариантах почв с различным грунтовым увлажнением почвенного профиля, указывают на определенные различия по содержанию в них подвижного фосфора в зависимости от интенсивности переувлажнения пашни и ее ландшафтной принадлежности.

В проведенных нами исследованиях лучшая обеспеченность подвижным фосфором отмечена на пахотных участках полугидроморфных и гидроморфных почв западнее лесной полосы №131 (Р-1, Р-2, Р-3) (рис. 2). Здесь мы видим практически неизменное содержание подвижного фосфора в пределах 9-11 мг/100 г почвы в процессе вегетации с мая по июль. И лишь к концу августа, перед уборкой проса (сорт Степное 9), содержание снизилось до 7,1-7,5 мг/100 г., что связано, по нашему мнению, со снижением микробиологической деятельности в почве. Переувлажнение почвы способствовало изменению реакции почвенной среды в слабощелочной интервал. Это приводило к изменению интенсивности микробиологических процессов и их направленности, активизации перехода фосфатов в подвижные формы. Для чернозема обыкновенного (Р-4) на участке западнее лесной полосы №131 отмечено минимальное значение содержания подвижного фосфора к началу вегетации (в пределах 9 мг/100 г почвы), что немного ниже нормы для черноземов обыкновенных, но ко второй половине вегетации это значение немного возрастает, то есть происходит усиление микробиологической деятельности в почве. Повышенное грунтовое увлажнение способствовало увеличению содержания подвижного фосфора по сравнению с автоморфными почвами.

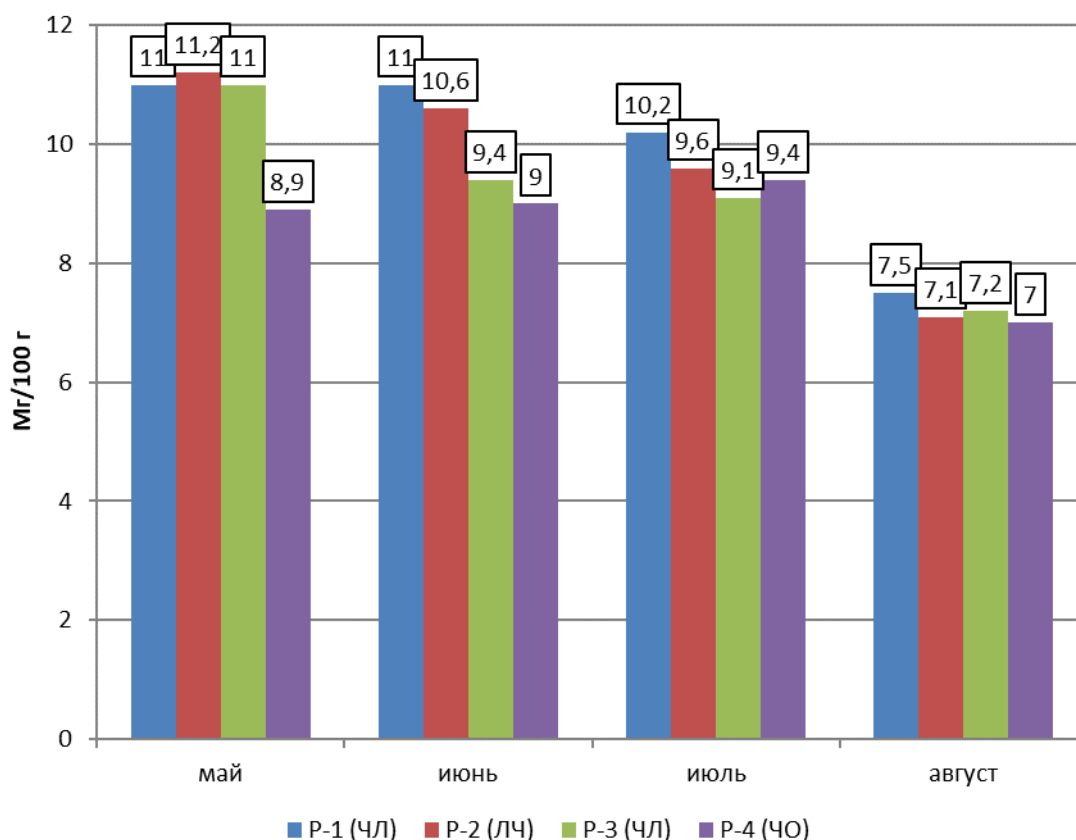


Рисунок 2 – Запасы подвижного фосфора в переувлажненных почвах комплекса западнее л.п. № 131 в течение вегетационного периода, 2020 г.

При сравнении более ранних исследований по содержанию подвижного фосфора в почвах переувлажненного комплекса с более поздними исследованиями, в частности 2020 года, можно констатировать увеличение его содержания во всех почвах комплекса со временем, что, по нашему мнению, может быть связано с изменением гидротермических условий за годы исследований.

Максимальное содержание подвижного фосфора было в почве объекта (Р-2) - лугово-черноземной почве на равнинном повышении - и в более ранних исследованиях (порядка 10,8 мг/100 г почвы), и в 2020 г. (11,2 мг/100 г почвы), так его содержание увеличилось со временем незначительно - в 1,04 раза. Вторым по содержанию подвижного фосфора был объект (Р-3) - черноземно-луговая почва ложбинообразного понижения – в более ранних исследованиях 7,2 мг/100 г почвы, в более поздних – 11 мг/100 г почвы (увеличение в 1,5 раза). Минимальное содержание подвижного фосфора было в почве объекта (Р-1) - черноземно-луговой почве равнинного понижения: в более ранних исследованиях 4,2 мг/100 г почвы, в более поздних – 11,0 мг/100 г почвы (увеличение со временем составило 2,6 раза).

Выводы. Таким образом, происходило увеличение подвижного фосфора с глубиной на залежных участках и снижение его количества на пахотных участках. Особенности водного режима и функционирования комплекса переувлажненных почв наложили свой отпечаток на формирование элементов плодородия. Во всех почвах переувлажненного комплекса западнее л.п. № 131 содержание подвижного фосфора падало с глубиной. В проведенных нами

исследованиях 2020 г. лучшая обеспеченность подвижным фосфором отмечена на пахотных участках полугидроморфных и гидроморфных почв западнее лесной полосы №131 по сравнению с черноземом обыкновенным (Р-4). В переувлажненных почвах, независимо от ландшафтной принадлежности, в течение всего вегетационного периода содержание подвижного фосфора выше, чем в автоморфных почвах. За счет переувлажнения происходило усиление микробиологической деятельности, что вело за собой высвобождение фосфатов. Можно констатировать увеличение содержания подвижного фосфора во всех почвах комплекса со временем.

Библиографический список

1. Сдобникова О.В. Фосфорные удобрения и урожай / О.В. Сдобникова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 111 с.
2. Шконде Э.И. Агрохимические свойства и плодородие черноземов европейской части СССР / Э.И. Шконде // Агрохимическая характеристика основных типов почв СССР. – М.: Наука, 1974. – С. 203-260.
3. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – С. 24-48.
4. Чевердин Ю.И. Взаимосвязь плотности сложения с эффективным плодородием почв // В сб.: «Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса» // Сб. материалов Международной науч.- практич. конф. Составители Н.А. Щербакова, А.П. Селиверстова. – 2018. – С. 185-186.
5. Чевердин Ю.И., Титова Т.В. Гидроморфные почвы Каменной Степи: Монография. – Воронеж: издательство «Истоки», 2020. – 253 с. – С. 191; 192.
6. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А. Титова Т.В. Агролесомелиоративный комплекс «Каменная Степь»: тенденции и направления изменения почвенного покрова // В сб.: «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» // Сб. докладов Международной науч.- практич. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Редакционная коллегия: Н.П. Масютенко, Г.М. Дериглазова, Г.П. Глазунов. Ответственные за выпуск: Г.М. Дериглазова, Г.П. Глазунов. – 2018. – С. 484-488.

УДК. 630*634+232.32

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПАХОТНОМ СЛОЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРЕДУРАЛЬСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Чурагулова З.С.¹, Хатмуллин Р.З.²

¹ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»,
г.Уфа.

²ГБУ РБ «Лесопожарный центр», г.Уфа
E-mail: Lija1968@mail.ru

Резюме. Изложены результаты многолетних стационарных исследований черноземов, распространенных в условиях Предуральской лесостепи Республики Башкортостан. В результате выявлены изменения содержания гумуса в пахотных почвах лесопитомников. Приведены биометрические показатели сеянцев хвойных и лиственных пород, выращенных на агрочерноземах тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Сеянцы выносят огромное количество органического вещества и тем самым способствуют уменьшению содержания гумуса в пахотном слое. Выявление деградационных процессов позволили рекомендовать внедрение травопольных севооборотов, рациональным подбором растений для

высадки на лесокультурную площадь с учетом почвенных условий. Выращенный посадочный материал рекомендован для восстановления лесов защитного лесоразведения и рекультивации нарушенных земель различного пользования.

Ключевые слова: агрочернозем, гумус, вынос, деградация, мониторинг, антропогенное воздействие, органическое вещество, посадочный материал

Органический комплекс почвы является основой и условием почвообразования, формирования главного его свойства – плодородия. В этой связи гумус постоянно находится в центре внимания исследователей, земледельцев и лесоводов.

Знакомство с историей изучения гумусового состояния почв Республики Башкортостан показывает, что первые отрывочные сведения в почвах Республики Башкортостан приведены в трудах В.В. Докучаева (1883) [3] и П.А. Костычева (1886). Ими было отмечено богатство почв этого края, особенно черноземов, органическим веществом. Содержание гумуса в черноземах, по их данным, составляло 9-14%, что значительно выше современного уровня.

В 1954 году Д.В. Богомоловым впервые была дана относительно полная научная информация по содержанию общего гумуса, распределение его в профиле основных типов почв в соответствии с их генезисом и зональными особенностями. Он установил, что черноземы, превосходят по содержанию гумуса аналогичные почвы более западных областей [2].

С образованием Лесной почвенно-химической лаборатории Министерства лесного хозяйства БАССР (1965) стало возможным проведение исследований почв в питомниках, которые созданы для выращивания посадочного материала.

Черноземы республики занимают 4529 тыс.га или 31,7% площади, в основном они распаханы. Черноземы Предуралья Республики Башкортостан широко используются в пашне. В целинном состоянии черноземы обладают хорошим плодородием, являются эталоном, а при вовлечении в пашню они «выпахиваются» и легко поддаются деградации. Установлено, что под воздействием природных и антропогенных факторов на больших площадях происходят деградационные процессы (от среднего до катастрофического уровня). Потеря почвенной массы из пахотного слоя при эрозии составляет 9,6 т, гумуса, 0,68 т/га азота; 37,0 кг фосфора, 165,0 кг/га калия [4].

Современные прогнозы изменения почв под влиянием антропогенного пресса должны быть основаны не только на учете общих потерь органического вещества почвами, но и на механизмах этих потерь, оцениваемых разными методами. Этим и обуславливается **актуальность** данного исследования.

Объектами исследований явились черноземы оподзоленные и выщелоченные среднемошнные тяжелосуглинистые, сформированные в условиях лесостепи, испытывающие различную антропогенную нагрузку, особенно при выращивании сеянцев древесных пород. Исследования проведены в четырех мониторинговых стационарах – питомниках ГБУ РБ «Лесопожарный центр»; ГКУ РБ «Управления лесничествами»: Толбазинского участка по Стерлитамакскому лесничеству. Чишминского участка по Уфимскому лесничеству,

Альшеевского участка по Белебеевскому лесничеству.

Методы исследований. Работы выполнены с использованием методических указаний, принятых в почвоведении и лесоведении, наставлений, ГОС-Тов, а также применяя современную классификацию [1, 5]. Данные обработаны вариационно-статистическими методами по общепринятым методикам.

Обсуждение результатов. Проведенные исследования позволили выделить и описать черноземы аккумулятивно-гумусового отдела постлитогенного почвообразования. Они сформировались на четвертичных делювиальных карбонатных суглинках и глинах в условиях относительно равнинного рельефа, имеют среднесплошный гумусовый горизонт, тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Профиль природного чернозема оподзоленного имеет следующее строение: O^d – AU – A_{ue} – B₁ – C_(ca), а агропочв PU – AU – A_{ue} – B₁ – C_(ca). В профиле черноземов выщелоченных выделяются равномерно прогумуссированные генетические горизонты: O^d – AU – B₁ – C_(ca), а агропочв PU – AU – B₁ – C_(ca). Горизонт AU целинной почвы почти черный с хорошо оформленной водопрочной структурой мелко-комковатой или крупно-зернистой структурой, а после распашки перешел в категорию антропогенно-преобразованный горизонт PU. Этот горизонт характеризуется порошисто-комковато-глыбистой структурой, в нижней части его часто формируется «плужная подошва», переуплотненная и разбитая на угловатые отдельности. После обильных дождей или орошения на поверхности пашни образуется почвенная корка и трещины.

Гранулометрический состав почв лесных питомников по классификации Качинского приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Гранулометрический состав черноземов

Горизонт, глубина, см	Содержание частиц %, при размере фракций, мм						и л и л

Данные учета биометрических показателей и выход с единицы площади семян хвойных и лиственных пород приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Биометрические показатели сеянцев основных лесообразующих древесных растений

Выращиваемая порода	Возраст, лет	Эколого-лесоводственные показатели		Выход сеянцев, млн.шт./га
		Н,см	Д, мм	
Агрочерноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные среднемощные тяжелосуглинистые. Толбазинский питомник.				
Ель колючая(<i>Picea pungens Engelm</i>	3,0	14,92±0,02	2,8±0,04	1,41
Ель сибирская(<i>Picea obovata Ldb.</i>)	3,0	15,08±0,04	3,27±0,02	1,62
Сосна обыкновенная(<i>Pinus sylvestris L.</i>)	2,0	16,98±0,02	3,26±0,03	1,40
Липа мелколистная(<i>Tilia cordata Mill.</i>)	2,0	16,8±0,06	2,9±0,02	0,50
Агрочерноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные среднемощные тяжелосуглинистые. Чишминский питомник.				
Лиственница Сукачева (<i>Larix sukfczewii Djil</i>)	2,0	23,3±0,02	2,9 ±0,03	0,8
Береза повислая (<i>Betula pendula Roth.</i>)	1,5	31,1±0,03	4,5±0,05	0,48
Агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные выщелоченные среднемощные тяжелосуглинистые. Альшеевский питомник.				
Береза повислая (<i>Betula pendula Roth.</i>)	1,5	28,5±0,05	3,0±0,04	0,45
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur L.</i>)	1,0	19,3±0,05	3,5±0,06	0,70

Учет посадочного материала производился в конце вегетационного периода. В таблице указаны: Н – высота сеянца; Д – диаметр корневой шейки.

Исследованиями установлено, что деградация почв в питомниках происходит в 2-3 раза интенсивнее, чем в сельскохозяйственных пахотных угодьях. Общий вынос с одним миллионом 2-х летних сеянцев сосны обыкновенной составляет: почвенной массы 12,1 т, органического вещества 2,46 т/га; гумуса 762 кг, углерода 1446 кг, валовых форм азота 76,2 кг/га. В таблице 3 приведены данные по выносу гумусированного мелкозема.

Таблица 3 – Вынос гумусированного мелкозема, органического вещества, гумуса, общего азота, фосфора и калия сеянцами древесных растений.

Сеянцы, возраст	Ризосферная почва	Органическое вещество	Гумус	Углерод	Азот	Фосфор	Калий
	т/га		кг/га				
Сосна 2-х лет.	12,1	2,46	1446	839	76,2	24,5	201,6
Ель 2-х лет.	9,7	1,65	946	549	55,7	18,2	152,1
Ель 3-х лет.	9,3	4,84	342	198	32,6	15,6	186
Лц 2-х лет.	9,6	2,44	1143	663	60,2	19,4	159,4
Береза 2-х лет.	11,8	8,11	1404	814	73,9	23,8	195,8
Липа 2-х лет.	7,8	2,5	928	538	48,9	15,8	129,5
Дуб 1 лет.	5,1	2,4	607	352	31,9	10,3	84,5

Примечания: 1. Вынос определен при выращивании сеянцев березы, липы, дуба в количестве 1,0 млн шт./га., а ели, сосны, лиственницы - 1,5 млн.шт./га.

В начальный период функционирования питомников в природных почвах наблюдается общая тенденция снижения содержания гумуса. В то же время этот процесс носит колебательный характер, см. рис 1.

Скорость изменения содержания гумуса различная в зависимости от свойств почв (исходное содержание гумуса, гранулометрический состав и др.), ассортимента, возраста, количества выращиваемых пород, от используемых технологий и агротехники, орошения и, разумеется, от частоты внесения органических удобрений [6, 7].

В связи с этим регулярный вынос питательных веществ сеянцами и саженцами при их выкопке приводит к значительному снижению гумуса, ухудшению водно-физических и агрохимических свойств, что негативно отражается на качестве и выходе количества посадочного материала с единицы площади. Происходит нарушение экологического равновесия в почвах.

Таким образом, в ходе обследования выявлено, что в агрочерноземах произошло уменьшение содержания гумуса. Для обогащения почвы органическим веществом, элементами минерального питания, микроорганизмами, и биологически активными веществами (ферментами), рекомендуется вносить органические удобрения.

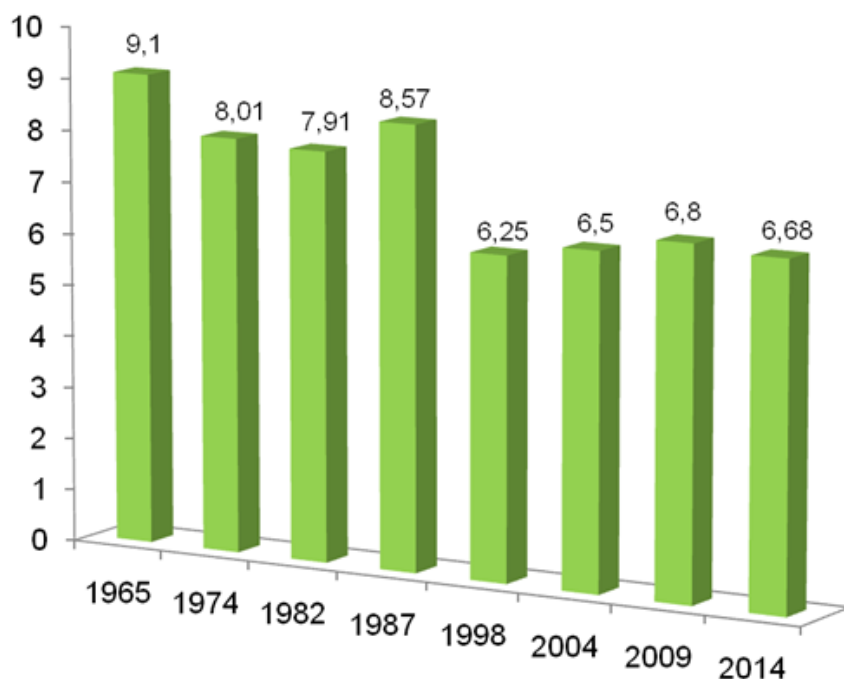


Рис 1 – Динамика содержания гумуса в агрогенном слое агрочерноземов Чишминского питомника. (10-20)

Рекомендовано внесение следующих норм органо-минеральных удобрений за весь период выращивания сеянцев в травопольном севообороте с учетом средней обеспеченности почв гумусом: органических удобрений 20-30 т/га; азотных удобрений 80-100 кг/га по действующему веществу.

Библиографический список

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука. 1975. – 436 с.
2. Богомолов Д.В. Почвы Башкирской АССР / Д.В. Богомолов. М.: Изд-во АН СССР. 1954. – 296 с.

3. Русский чернозем/В. В. Докучаев; Российская акад. наук, Российская акад. с.-х. наук, Санкт-Петербургский гос. ун-т, Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева, Фонд сохранения и развития науч. наследия В. В. Докучаева. - Санкт-Петербург: Рус. кол- лекция, 2008. – 473 с.
4. Хазиев Ф.Х., Мукатанов А.Х., Багаутдинов Ф.Я., Кольцова Г.А., Хабиров И.К, Габба- сова И.М., Рамазанов Р.Я. / Органическое вещество почв Башкирии. БНЦ УрО АН СССР, Уфа, 1991. – 273 с.
5. Классификация и диагностика почв России/ Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
6. Дедов А.А., Несмеянова М.А., Дедов А.В. Влияние приемов биологизации земледе- лия и способов обработки почвы на содержание органического вещества в черноземе типич- ном и продуктивность севооборотов. // Агрохимия. – 2017. – № 9. – С. 25-32.
7. Чурагулова З.С. Почвы лесных питомников Южного Урала: свойства, изменения, оп- тимизация. М.: ТИССО, 2003. – 312 с.

УДК 631.445.4:633.11«324»(470.620)

ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В УЧХОЗЕ «КУБАНЬ»

Шалыпин В.В., Онищенко Л.М., Лакиза С.А., Али Али Кадем Али
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина», 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13
E-mail: shalyapin-v95@yandex.ru

Резюме. Показано положительное действие минеральной системы удобрений озимой пше- ницы и урожайность культуры при улучшении питательного режима чернозема выщело- ченного. Повышение содержание обменно-поглощенного аммония и нитратного азота, по- движного фосфора и калия. Наилучшее действие после подсолнечника оказала доза $N_{80}P_{60}K_{40}$.

Ключевые слова: почва, озимая пшеница, минеральные удобрения, качество, урожай- ность, содержание белка, сбор белка.

В РФ в настоящее время посевные площади под пшеницей составляют 29444 тыс.га, при этом валовый сбор культуры на территории России составил 85896 тыс.т. и средняя урожайность культуры - 29,8 ц/га. [4]. По сравнению с этими данными за 2010 г., наблюдается увеличение посевных площадей на 9,58 %, валового сбора пшеницы на 51,62 % и урожайности этой культуры на 35,91 % (таблица 1). Увеличение урожайности и валового сбора за последнее деся- тилетие происходит за счет применения научно обоснованной системы удоб- рения, рационального использования эффективного плодородия почв и высо- копродуктивных сортов пшеницы. Поэтому необходимо определить действие минеральной системы удобрения культур на питательный режим чернозема выщелоченного и на урожайность такой важной культуры как озимая пшеница.

Таблица 1 – Динамика изменения посевных площадей, валового сбора и урожайности пшеницы в России

Год Показатель	2000 г.	2010 г.	2020 г.
Посевная площадь, тыс. га	23205	26623	29444
Валовой сбор, тыс. т	34460	41555	85896
Урожайность, ц/га	12,7	19,1	29,8

Полевые исследования с целью установления региональных закономерностей действия минеральной системы удобрения проводились на опытном поле кафедры агрохимии в учхозе «Кубань» КубГАУ в соответствии с общепринятыми методиками. Географическое положение стационарного опыта: 45°06' северной широты и 38°85' восточной долготы.

Методика. Объектами исследования были чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный на лессовидных тяжелых суглинках, растения озимой пшеницы высокопродуктивного сорта Безостая 100 и минеральные удобрения. Предшественник – подсолнечник. По фазам вегетации культуры на наиболее контрастных вариантах эксперимента, проводился отбор почвенных образцов для определения динамики содержания в почве подвижных форм наиболее дефицитных элементов минерального питания. Методика проведения опыта подробно изложена в ранних публикациях [1, 2].

Аналитические исследования выполнялись согласно общим требованиям к проведению анализов (ГОСТ 29269-91 и ГОСТ 26489-85). В период вегетации отмечались периоды с температурой воздуха и наличием осадков как существенно выше, так и ниже средних многолетних значений.

Результаты исследования. Обменно-поглощенный аммоний – источник азотного питания растений озимой пшеницы. Эта форма минерального азота труднее мигрирует по профилю почвы и находится в обменно-поглощенном состоянии, поэтому потеря элемента за счет вымывания не наблюдается. В результате обменных реакций он вытесняется в почвенный раствор и усваивается растениями. Установлено, что гораздо большее накопление обменно-поглощенного аммонийного азота происходит в верхнем пахотном 0–20 см слое почвы. Без внесения удобрений его содержание – низкое и в фазы всходов, весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна было равно 5,40; 8,63; 3,35; и 1,95 мг/кг соответственно (рисунок 1).

Следует отметить, что в начале вегетации культуры под влиянием вносимых под основную обработку почвы минеральных удобрений произошло существенное повышение содержания аммонийной формы азота в черноземе выщелоченном. В фазу весеннего кущения (наиболее критический период роста и развития озимой пшеницы в отношении азота) показатель при применении азотных удобрений увеличивался до 22,8 мг/кг, что соответствовало высокому уровню обеспеченности культуры, согласно группировке [3].

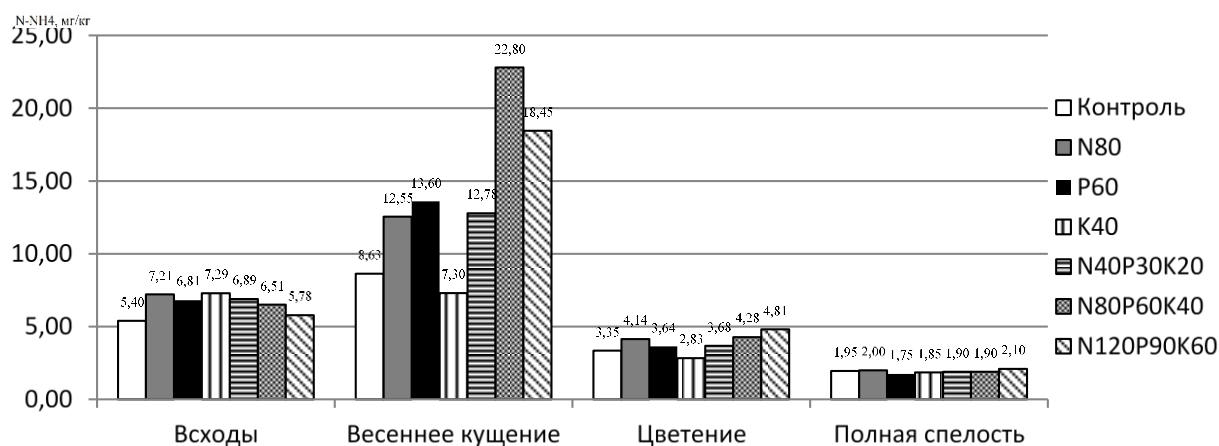


Рисунок 1 –Динамика средневзвешенного содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в образце почвы в зависимости от видов и норм минеральных удобрений в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

В условиях 2019-2020 сельскохозяйственного года при вегетации озимой пшеницы в фазу весеннего кущения сложились неблагоприятные агрометеорологические условия, поэтому процессы нитрификации замедлились, и в азотном питании культуры преобладал обменно-поглощенный аммонийный азот.

Минеральные удобрения в период всходов озимой пшеницы, существенно влияли на уровень обеспеченности растений нитратным азотом, который в пахотном слое относительно контроля повышался от 24,1 до 41,4 % и варьировал от повышенного до очень высокого. На контроле в 0-20 см слое содержание $N-NO_3$ – 8,70 мг/кг; азотные удобрения увеличили до 11,9, а одинарные, двойные и тройные нормы до 11,60, 10,80 и 12,30 мг/кг (рисунок 2).

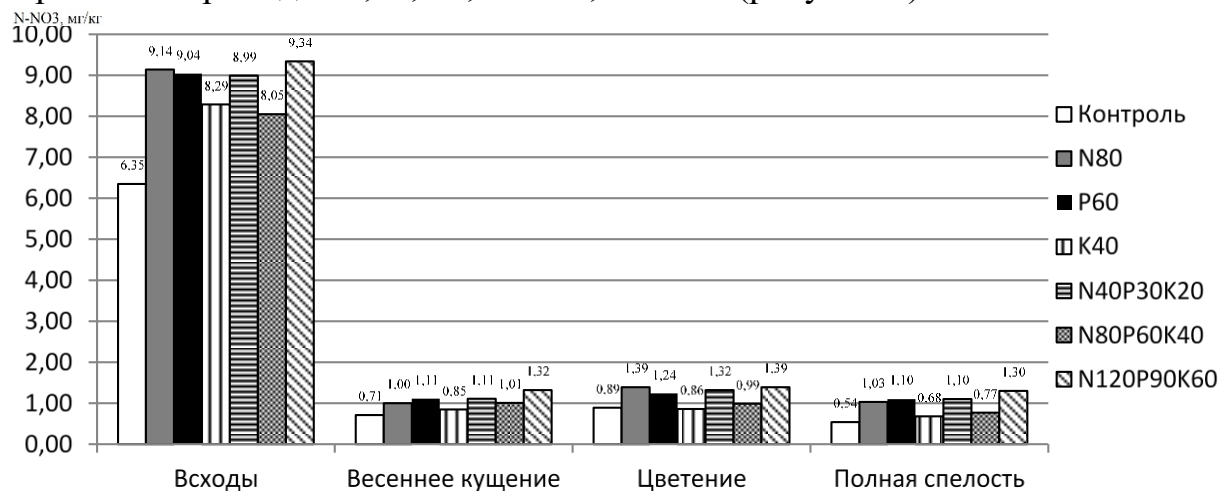


Рисунок 2 – Динамика средневзвешенного содержания нитратного азота в образце почвы в зависимости от видов и норм минеральных удобрений в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

В фазу весеннего кущения содержания нитратного азота в почве в 0-40 см слое почвы в зависимости от видов и норм минеральных удобрений в агроценозе озимой пшеницы было несколько выше в пахотном слое, чем в подпахотном и содержание его варьировало в зоне максимального распространения

корневой системы от 1,15 мг/кг на контроле до 1,68 мг/кг при применении $N_{120}P_{90}K_{60}$. Калийные удобрения практически не влияли на показатель и содержание нитратного азота было равно 1,08 мг/кг.

Во втором периоде вегетации озимой пшеницы уровень обеспеченности $N-NO_3$ был низким. Видимо, это связано с низкой влажностью почвы (отсутствием атмосферных осадков, высокой температуры атмосферного воздуха) и интенсивным потреблением элемента в цветение и полной спелости.

Внесение минеральных удобрений улучшают фосфорный режим чернозема. Содержание подвижных фосфатов в почве напрямую зависело от норм и видов удобрений.

В начальный период роста и развития растений озимой пшеницы на контроле содержание в почве подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях было равно 167 и 150 мг/кг. Применение только фосфорного удобрения в двойной норме (P_{80}) увеличило в пахотном слое почвы содержание доступных фосфатов до 206 и 164 мг/кг почвы, а двойные и тройные нормы полного минерального удобрения ($N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$) – до 184; 163 и 181; 169 мг/кг почвы соответственно (рисунок 3).

Повышение содержания подвижного фосфора наблюдается в пахотном и подпахотном слоях почвы при использовании азотных (179 и 163 мг/кг) и калийных (173 и 152 мг/кг) удобрений. Видимо, более высокий уровень фосфорного питания растений озимой пшеницы на этих вариантах обеспечивается за счет мобилизации почвенных запасов фосфора.

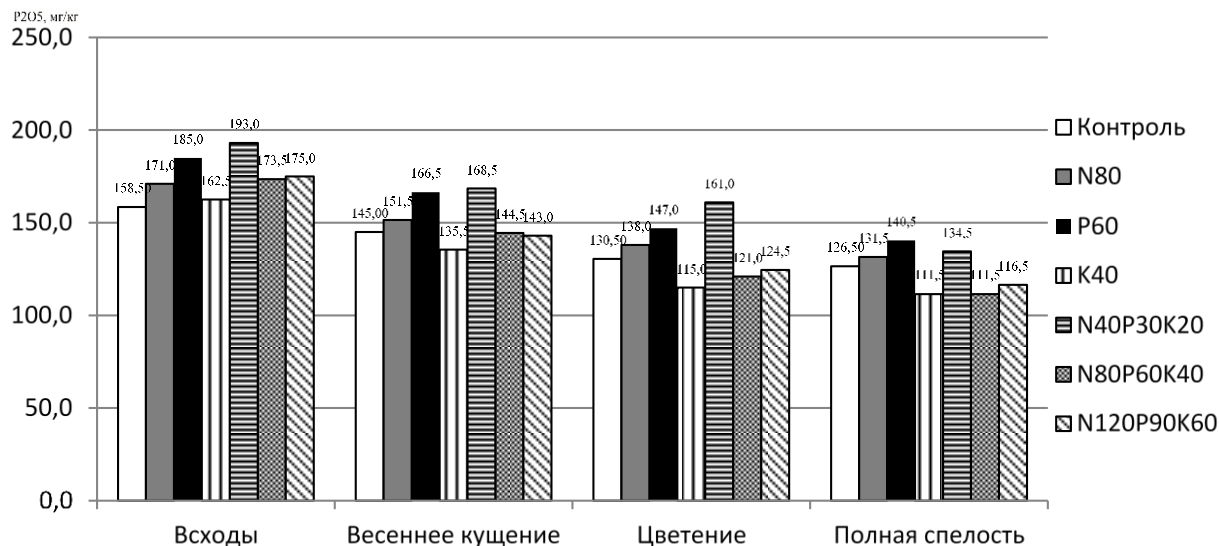


Рисунок 3 – Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора в образце почвы в зависимости от видов и норм минеральных удобрений в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

Содержание обменного калия в черноземе выщелоченном варьировало под влиянием изменяющегося гидротермического фактора и во многом зависело от потребления калия растениями озимой пшеницы (рисунок 4).

В пахотном слое почвы в начале роста и развития растений озимой пшеницы выявлены существенные различия в содержании подвижного калия

между всеми вариантами опыта и контролем. На контроле – 129 мг/кг. Калийные (K_{40}) удобрения в пахотном слое увеличивали содержание подвижного калия в этот период до 152 мг/кг, полное удобрение в двойной и тройной нормах ($N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$) до 159 и 178 мг/кг соответственно.

Минеральные удобрения являются одним из факторов, способных существенно изменять содержание элементов питания в растениях озимой пшеницы.

Содержание азота, фосфора и калия в растениях озимой пшеницы было выше, выращенных на удобренных вариантах, чем на неудобренных, что безусловно отразилось на урожае культуры.

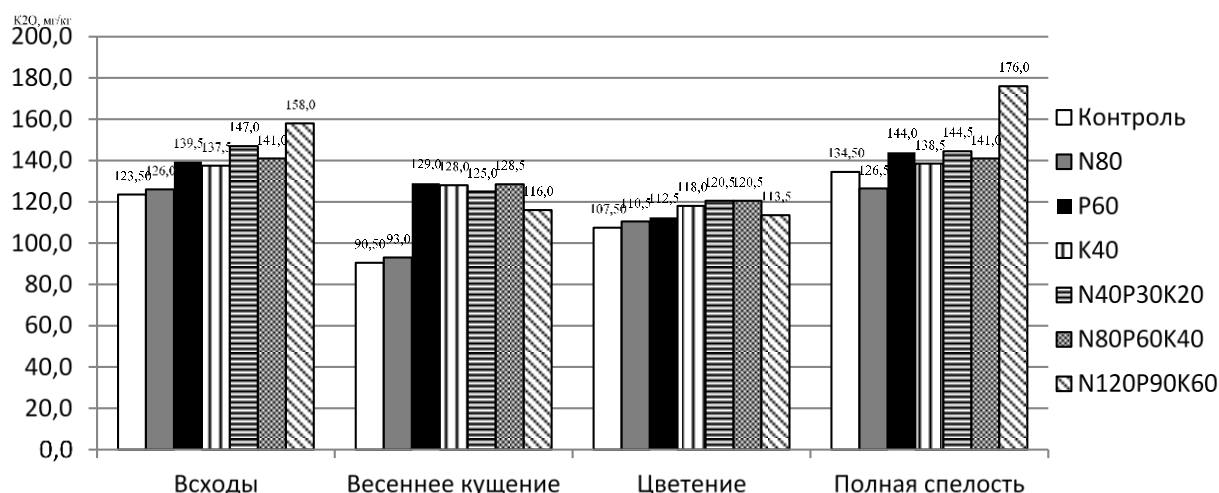


Рисунок 4 –Динамика средневзвешенного содержания подвижного калия в образце почвы в зависимости от видов и норм минеральных удобрений в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

Урожайность озимой пшеницы по повторностям в условиях зернотравяно-пропашного севооборота несколько варьировала, но была близка по значениям. На контроле средняя урожайность зерна составила 5,12 т/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность озимой пшеницы, выращиваемой в условиях зернотравяно-пропашного севооборота после подсолнечника

Вариант опыта	Урожайность, т/га			Прибавка урожая	
	I	II	средняя	т/га	%
Контроль	5,15	5,09	5,12	—	—
N_{40}	6,19	6,12	6,16	1,04	20,3
P_{30}	6,04	5,66	5,85	0,73	14,3
K_{20}	5,27	5,18	5,23	0,11	2,2
$N_{40}P_{30}K_{20}$	5,98	5,96	5,81	0,69	13,5
$N_{80}P_{60}K_{40}$	6,62	6,70	6,67	1,55	30,1
$N_{120}P_{90}K_{60}$	6,93	6,82	6,88	1,86	34,4
НСР ₀₅	—	—	0,32	—	—

Наибольшую прибавку обеспечили азотные удобрения – 1,04 т/га, что выше контроля на 20,3 %. Достоверная прибавка получена от фосфорных удобрений, которая была равна 0,73 т/га (14,3 %). Калийные удобрения

способствовали увеличению урожайности на 0,11 т/га (2,2 %), однако по результатам дисперсионного анализа здесь получена недостоверная прибавка.

Внесение азотных N_{80} , фосфорных P_{60} и калийных K_{40} удобрений повышало урожайность зерна, которая была равна 6,07; 5,38 и 4,95 т/га. Прибавки от применяемых удобрений были не равнозначны и варьировали от 1,16 до 0,47 и 0,04 т/га, что в относительных процентах составляло – 23,0; 9,6 и 0,8 %. Данные показатели свидетельствуют о наибольшей эффективности на черноземе выщелоченном азотных удобрений.

Дифференцированные нормы полного удобрения $N_{40}P_{30}K_{20}$; $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ способствовали значительно большему увеличению урожая зерна культуры. Урожайность на этих вариантах – 6,21; 6,66 и 6,71 т/га. Это выше контроля на 1,34; 1,78 и 1,82 т/га или на 27,3; 36,3 и 37,1 % соответственно. Из приведенных данных видно, что полные удобрения, улучшая уровень минерального питания растений озимой пшеницы по мере увеличения норм, обеспечивали достоверную прибавку и существенно повышали показатель за счет улучшения структуры урожая.

Заключение. Одинарные нормы полного ($N_{40}P_{30}K_{20}$) минерального удобрения повышали урожай относительно контроля на 13,5 % и достоверная прибавка зерна озимой пшеницы была равна 0,69 т/га. Двойные и тройные нормы полного минерального удобрения ($N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$) существенно увеличили урожайность зерна, и его прибавки составили 1,55 и 1,86 т/га соответственно, что выше контроля на 30,1 и 34,4 %. Наименьшая существенная разница по урожайным данным между этими вариантами показывают отсутствие достоверных различий между ними. Поэтому с целью обеспечения наилучших экономических показателей в агротехнологии производства зерна озимой пшеницы, выращиваемой на черноземе выщелоченной после подсолнечника в зернотравяно-пропашном севообороте, следует рекомендовать дозу $N_{80}P_{60}K_{40}$.

Библиографический список

1. Али Али Кадем А. Урожайность пшеницы озимой в зависимости от применения минеральных удобрений и предшественников в аграрных ландшафтах Кубани / Али А.К.А., Онищенко Л.М., Шаляпин В.В., Лакиза С.А. // В сборнике: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. Сост. Л. С. Новопольцева. Под ред. И.С. Белюченко. – 2020. – С. 32-34
2. Лакиза С.А. Оптимизация минерального питания в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в условиях Кубани / Лакиза С.А., Онищенко Л.М., Шаляпин В.В. / В сборнике: Современные аспекты управления плодородием агроландшафтов и обеспечения экологической устойчивости производства сельскохозяйственной продукции. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию ФГБОУ ВО «Донского государственного аграрного университета»: (к 75-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ, доктора с.-х. наук, профессора Агафонова Евгения Васильевича). пос. Персиановский, 2020. – С. 36-40.
3. Сычев, В.Г. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями / В.Г. Сычев, М.И. Лунев, А.В. Кузнецов [и др.] // Плодородие пахотных почв Российской Федерации (по данным локального мониторинга). – Вып. 8. – М.: ВНИИА, 2010. – 52 с.
4. Официальный сайт Росстата РФ (режим доступа: <http://rosstat.gov.ru>).

УДК: 631.1:004.04

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЦИФРОВОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА БАЗЕ QGIS

Шпак В.А.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
п.г.т. Краснообск, Новосибирская область, Новосибирский район

E-mail: shpakva54@gmail.com

Резюме. Предлагается схема интеграции исходных данных на базе QGIS-сервера, для целей формирования необходимого хранилища оцифрованных данных. Исходные данные, размещенные в оцифрованном хранилище данных, используются далее для различных модельных, статистических, имитационных и других расчетов необходимых для решения задач в системе поддержки принятия решений в цифровом земледелии.

Ключевые слова: база данных, хранилище данных, QGIS, СППР, цифровое земледелие, API-запросы, модели, агрофизические и агрохимические показатели.

В Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий РАН проводятся исследования по проблеме создания систем поддержки принятия решений (СППР) в точном земледелии [1]. Современные подходы в СППР состоят в том, чтобы из большого множества наблюдаемых и измеряемых условий и факторов, влияющих на целевые сельскохозяйственные показатели, выбрать именно те, которые наиболее значимы в любой системе управления, претендующей на выработку адекватных решений.

Сбор, накопление фактической агрономической информации и создание баз данных (БД) являются важнейшими задачами. Первым этапом при создании БД является извлечение данных из различных источников. Этот процесс включает в себя изучение различных источников информации, в том числе сюда входит эмпирический опыт специалистов и экспертов в сельском хозяйстве. Вторым этапом является описание «полей данных», их структурирование для формирования требуемых БД.

Среди известных подходов к реализации задач СППР [2] можно выделить следующие: принятие решения на основании выбора значимых факторов влияния; анализ временных рядов на основании геопространственных данных; построение критериев оценивания на основании имеющихся данных и продукционных правил; имитационное моделирование процессов и математических моделей, определенным образом встроенных в СППР.

Сценарии практического применения перечисленных подходов обладают общими свойствами: выбор исходных данных, выделение ключевых параметров и приемлемых диапазонов их изменения, использование математических моделей. Прогнозирование целевых показателей происходит путём варьирования величин независимых параметров, влияющих на их значения, внутри соответствующим им границ диапазонов.

Согласно методологическому подходу [1], исходные данные,

используемые для решения СППР, размещаются в оцифрованном виде в хранилище данных в виде, в котором их можно использовать для различных модельных, статистических, имитационных и других расчетов.

В настоящей работе в развитие этого подхода предлагается схема интеграции исходных данных на базе QGIS-сервера для целей формирования необходимого хранилища оцифрованных данных. Эта схема представлена на рис. 1. Преимуществом QGIS [3] является возможность создания и поддержки в актуальном состоянии наборов данных на единой платформе по земельным, гидрологическим, производственным ресурсам; почвенным, минеральным, агрофизическим и агрохимическим показателями.

Применение QGIS в описанной на схеме конфигурации позволяет осуществить переход к решению важнейших задач в цифровом земледелии, таких как:

- оперативно следить за состоянием сельскохозяйственных культур путем анализа спутниковых снимков и снимков с БПЛА;
- оперативно обрабатывать и подготавливать к дальнейшему применению треки объектов полевых мобильных приборов и устройств;
- осуществлять мониторинг процесса развития сельскохозяйственных культур, выявлению различных отклонений и выработки рекомендаций по нормализации процесса развития;
- осуществлять мониторинг фитосанитарного состояния полей, распознавать виды сорняков и культурных растений и корректировать систему защиты растений в зависимости от складывающихся погодных и агротехнологических условий;
- управления возделыванием сельскохозяйственных культур, путем разработки приложений по увеличению урожайности, выявлению болезней, улучшению качества урожая сельскохозяйственных культур;
- проводить бизнес-планирование урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от прогнозируемых на будущий хозяйственный сезон значений тепло и влагообеспеченности, запасов минеральных удобрений и др. значимых природных и агротехнологических факторов;
- планировать посевную и уборочную кампанию, с учетом складывающихся погодных и агротехнологических условий и имеющихся технических ресурсов.

Представленный выше перечень задач – это конкретные функции системы поддержки принятия решений. На них может опираться лицо принимающее решение (ЛПР) при принятии управленческих решений процессом функционирования сельскохозяйственного предприятия.

Далее более подробно остановимся на описании сбора данных и их источников, необходимых для СППР в точном земледелии в соответствии со схемой, представленной на рис.1.

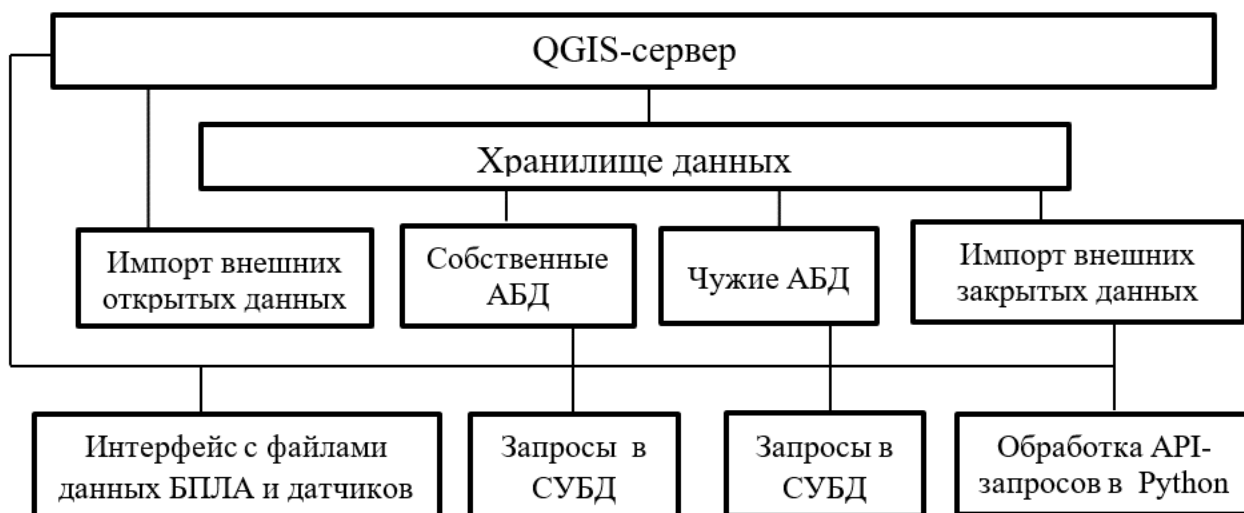


Рисунок 1 – Схема формирования хранилища данных, из их источников, на базе QGIS.

Приняты обозначения: АБД – аграрная база данных, СУБД – система управления БД, БПЛА – беспилотный летательный аппарат

Сбор данных по земельным участкам и ландшафтам. QGIS позволяет подключиться к уже существующим базам данных о земельных участках или создавать их самостоятельно, связывая пространственные границы с учетными данными организации.

QGIS имеет набор инструментов для импорта данных о земельных участках и их рельефе. Пользователям доступен сервис Росреестра и подключение к другим картографическим веб-сайтам. Примеры таких веб-сайтов: Yandex, Google, OSM, SRTM.

На основе данных о рельефе в QGIS может проводиться автоматизированный расчет морфометрических характеристик (углы наклона, крутизна, экспозиция склонов, направление стока, выделение водосборных бассейнов), позволяющих провести классификацию территории и применить комплексные характеристики, основанные на составлении специальных индексов. С помощью QGIS можно выявить закономерности в распределении количественных характеристик, определяющих влажность почвы, содержание солей и удобрений в поверхностном слое почвы.

Облачный сервис QGIS Online предоставляет множество картографических внутренних функций доступа, которые могут быть использованы в различных приложениях, с целью получения дополнительной информации: многоспектральные и разновременные снимки Landsat-8 и MODIS; базовые карты на основе космической съёмки и БПЛА; рельеф и различные производные продукты, например экспозиция или уклоны.

Сбор данных для мониторинга вегетации. Интерфейсы доступа к ежедневным данным космической съемки, к данным зондирования с БПЛА, полевой информации через веб- и мобильные приложения – это необходимые компоненты, позволяющие следить за ходом вегетации на каждом поле, своевременно и оперативно выявлять отклонения, которые могут повлиять на

урожайность.

Для сельского хозяйства значимой является информация о состоянии растительного и почвенного покрова. С помощью QGIS возможен импорт данных об этих параметрах из общедоступных веб-сайтов.

QGIS имеет доступ к обновляемому архиву космических снимков Landsat-8. Дополнительно возможен доступ и к снимкам MODIS, Kosmosnimki, Метеор-М1 и М2 КМСС.

В QGIS реализован интерфейс доступа к оцифрованным снимкам с БПЛА. Съёмка с БПЛА значительно превосходит по пространственному разрешению съёмку с космических аппаратов и может практически не зависеть от облачности при полете на малых высотах. Для пользователей платформы QGIS доступны соответствующие приложения, которые интегрированы в единую геоинформационную платформу.

В сельском хозяйстве использование БПЛА особенно актуально в цифровом земледелии, которое значимо зависимо от точных данных о рельефе, полной информации о состоянии растительного и почвенного покрова.

Полевой сбор данных. Эффективное цифровое земледелие требует регулярного отбора проб почвы, образцов растительности и измерений свойств других объектов мониторинга развивающейся сельскохозяйственной культуры. Для этого применяются соответствующие приборы, датчики и др. устройства, которые могут быть дополнительно оснащены мобильной связью или GPS-регистраторами, фиксирующими показания измерений и передающие их, по соответствующим каналам, на сервер.

Для сбора и хранения динамических данных в реальном времени на сервере используется программное обеспечение, обеспечивающее: сжатие и хранение данных реального времени в виде временных рядов; OPC-интерфейс; интерфейс к реляционным базам данных; файловый интерфейс. Полученная информация помещается в собственную базу данных или сразу в Хранилище данных.

Использование мобильных устройств, в связке с корпоративной геоинформационной системой, позволяет подготовить оперативные отчёты о текущем состоянии сельскохозяйственных культур.

Благодаря наличию в QGIS редактируемых карт, загруженных в офлайн на смартфон или планшет, возможно осуществление рабочих функций сотрудникам в поле за пределами зон доступа сотовой связи. Сервис также позволяет отслеживать местоположение сотрудников персонала в момент проведения ими порученных сельскохозяйственных работ.

Отдельные геопространственные измерения и пробы требуется, как правило, интерполировать на всю рассматриваемую область. В QGIS для этого имеются инструменты в виде модулей QGIS Spatial Analyst и QGIS Geostatistical Analyst, что в итоге позволяет иметь полную картину распределения сельскохозяйственного показателя в пределах рассматриваемого земельного участка или строить соответствующие тематические карты. Импорт внешних закрытых данных.

Сбор данных с внешних не общедоступных источников. При решении некоторых задач в СППР возникает необходимость в импорте данных с источников, не имеющих открытого доступа. Как правило, это веб-сайты, которые предоставляют доступ пользователям через платные сервисы с применением, так называемого, API-интерфейса. API-запросы требуют указания специального ключа, предоставляемого на платной основе.

Примером таких веб-сайтов являются различные погодные сайты, предоставляющие более подробную информацию, помимо температуры, осадков и влажности, но также УФ-индекс и уровни загрязнения. Многие из них имеют специальные приложения, разработанные для фермеров, и прогнозирующие будущую погоду на 3-5-7-10 дней с шаговыми значениями несколько раз в сутки в виде таких метеопараметров, как температура воздуха, влажность, скорость ветра и др. параметров. Эти данные позволяют планировать сельскохозяйственные мероприятия в зависимости от погодных условий, а также учитывать вероятность возможных аномальных погодных явлений.

Ответ на сформированный API-запрос к веб-сайту приходит пакетом в формате JSON, который не является табличным форматом и возникает необходимость перевода его в табличный формат. Для этого предлагается использовать скрипты на Python. Python имеет встроенную библиотеку CSV, с помощью которой может работать с CSV файлами.

После запуска скрипта, в котором формируется и запускается API –запрос, получается ответный пакет в формате JSON, который переводится в файл CSV с нужными значениями по названиям полей.

Заключение. Представлена архитектура сбора и интерфейса исходных наборов исходных данных по земельным, гидрологическим, производственным ресурсам; почвенным, минеральным, метеорологическим, агрофизическим и агрохимическим показателями на единой платформе QGIS-сервера. Применение платформы QGIS, в предложенной конфигурации, позволяет сформировать оцифрованное хранилище данных, которое можно использовать для различных модельных, статистических, имитационных и других расчетах, а также осуществить единый подход к созданию СППР для решения важнейших задач в цифровом земледелии.

Библиографический список

1. Каличкин В.К., Корякин Р.А., Куценогий П.К. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2020. – 296 с.
2. Якушев В.В. Точное земледелие: теория и практика. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. – 364 с.
3. QGIS Project. QGIS User Guide. – Выпуск 3.4, 2019. – 615 с.

УДК 631.417.2:631.82:631.445.4 (470.4)

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ СТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Климова Н.Ф., Пронько В.В.

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

E-mail: tania64rys@mail.ru

Резюме. В стационарном опыте, который заложен в 1969-1971 гг. в Саратовской области на черноземе южном, проводятся наблюдения за динамикой органического вещества почвы. В 2018 г. завершена восьмая ротация шестипольного зернопарового севооборота. Установлено, что в неудобренной почве идет снижение запасов органического вещества. На удобренных вариантах интенсивность минерализации соединений углерода зависит от дозы азотных минеральных удобрений.

Ключевые слова: чернозем южный, Поволжье, органическое вещество почвы, минеральные удобрения, стационарный опыт.

Summary. In the stationary experiment, which was laid in 1969-1971. in the Saratov region on the Southern Chernozem, observations are being made of the dynamics of soil organic matter. In 2018, the eighth rotation of the six-field grain-fallow crop rotation was completed. It was found that in unfertilized soil there is a decrease in the reserves of organic matter. On fertilized options, the intensity of mineralization of carbon compounds depends on the dose of nitrogen fertilizers.

Keywords: Southern Chernozem, Volga region, soil organic matter, mineral fertilizers, stationary experiment.

В российской агрохимической литературе одним из самых спорных остается вопрос о влиянии удобрений на агрохимические свойства почвы. При этом в разных публикациях можно встретить абсолютно противоположные точки зрения: от положительной оценки удобрений как главного фактора повышения плодородия почв [1] до их полного отрицания [2]. Встречаются утверждения и о том, что удобрения не влияют на агрохимические свойства почвы. Подробный анализ по этому вопросу можно найти в ранее изданных работах [3-5].

Мы, со своей стороны, считаем, что многообразие точек зрения обусловлено объективными причинами. опыты проводятся на разных типах почв, в неодинаковых почвенно-климатических условиях и с различной продолжительностью лет исследований.

В 1969-1971 гг. (с повторением во времени в Экспериментальном хозяйстве ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока был заложен стационарный опыт с удобрениями. Изучались органические, органоминеральные и минеральные системы удобрений. В первые четыре ротации на опыте был принят шестипольный зернопаропропашной севооборот. В последствии он трансформировался в зернопаровой севооборот со следующим чередованием культур: пар чистый – озимая пшеница – яровая мягкая пшеница – просо – ячмень – овес. В 2018 г. по всем полям стационарного опыта завершена восьмая ротация. Методика проведения исследований и основные результаты, полученные за восемь ротаций, опубликованы ранее [6, 7].

В стационарном опыте ежегодно определяется содержание доступных для

растений соединений азота и фосфора под всеми культурами севооборота. По завершении каждой ротации проводится определение запасов углерода, валовых форм азота, фосфора и их отдельных фракций. Установлено, что на контрольном варианте исходное содержание углерода в среднем по трем полям колебалось от 2,59 % в слое почвы 0-20 см до 2,40 % в слое 20-40 см. За 48 лет наблюдений в удобренной почве минерализовалось 8,45 т/га углерода. Интенсивность и направленность процесса при этом изменялась как по слоям гумусового горизонта, так и во времени. За первые 12 лет на контрольном варианте минерализация углерода происходила в среднем со скоростью 0,18 т/га в год. От всех потерь за восемь ротаций это составило 37,5 %. За последующие 12 лет (к концу 4-ой ротации) в удобренной почве отмечалось наиболее интенсивное снижение содержания углерода за весь период наблюдения: 3,81 т/га или 0,16 т/га в год. От 4-ой к 6-ой ротации потери за 12 лет наблюдения резко сократились и составили 0,97 т/га или в среднем 0,08 т/га в год. В последней восьмой ротации ежегодные потери углерода в удобренной почве не превышали 0,354 т/га.

Систематическое внесение минеральных удобрений в степи Поволжья оказало свое влияние на содержание углерода. На варианте с дозой $N_{15}P_{13}K_8$ на 1 га севооборотной площади потери углерода к концу второй ротации были выше по сравнению с контролем на 18,14 % (на 0,47 т/га или 0,04 т/га в год). К концу 4-ой ротации на рассматриваемом варианте запасы углерода оставались более стабильными: потери были на 1,63 т/га или в среднем на 0,27 т/га в год ниже по сравнению с контролем. По результатам наблюдений в сумме за восемь ротаций на варианте $N_{15}P_{13}K_8$ степень минерализации органического вещества почвы не отличалась от контроля. Следовательно, минимальная доза удобрений не имела существенного значения для гумусообразования по сравнению с контролем (рис. 1).

На варианте с дозой удобрений $N_{34}P_{18}K_{13}$ до конца 5-ой ротации потери углерода происходили относительно равномерно и колебались от 0,12 до 0,20 т/га в год. К концу 6-й ротации была отмечена тенденция накопления углерода. По завершении восьмой ротации потери оказались на 33,2 % ниже по сравнению с контролем. Следовательно, такая доза минеральных удобрений обеспечила относительную стабилизацию содержания гумуса южного чернозема за счет накопления запасов легкодоступных азотистых соединений, повышения прибавки урожаев и поступления большей массы растительных остатков на фоне изменения гидротермического режима осенних месяцев в период 2007-2012 гг. [8].

При среднегодовой дозе удобрений $N_{38}P_{13}K_8$ до конца 4-ой ротации ежегодные потери углерода колебались от 0,04 до 0,39 т/га. К концу пятой ротации они достигли максимума (3,54 т/га за ротацию или 0,51 т/га в год). Мы это склонны связывать с влиянием повышенных доз азота. В шестую и седьмую ротации наблюдалось повышение содержания углерода, его потери по сравнению с исходными показателями сократились и были на 1,35 т/га ниже, чем на контроле (рис. 1).

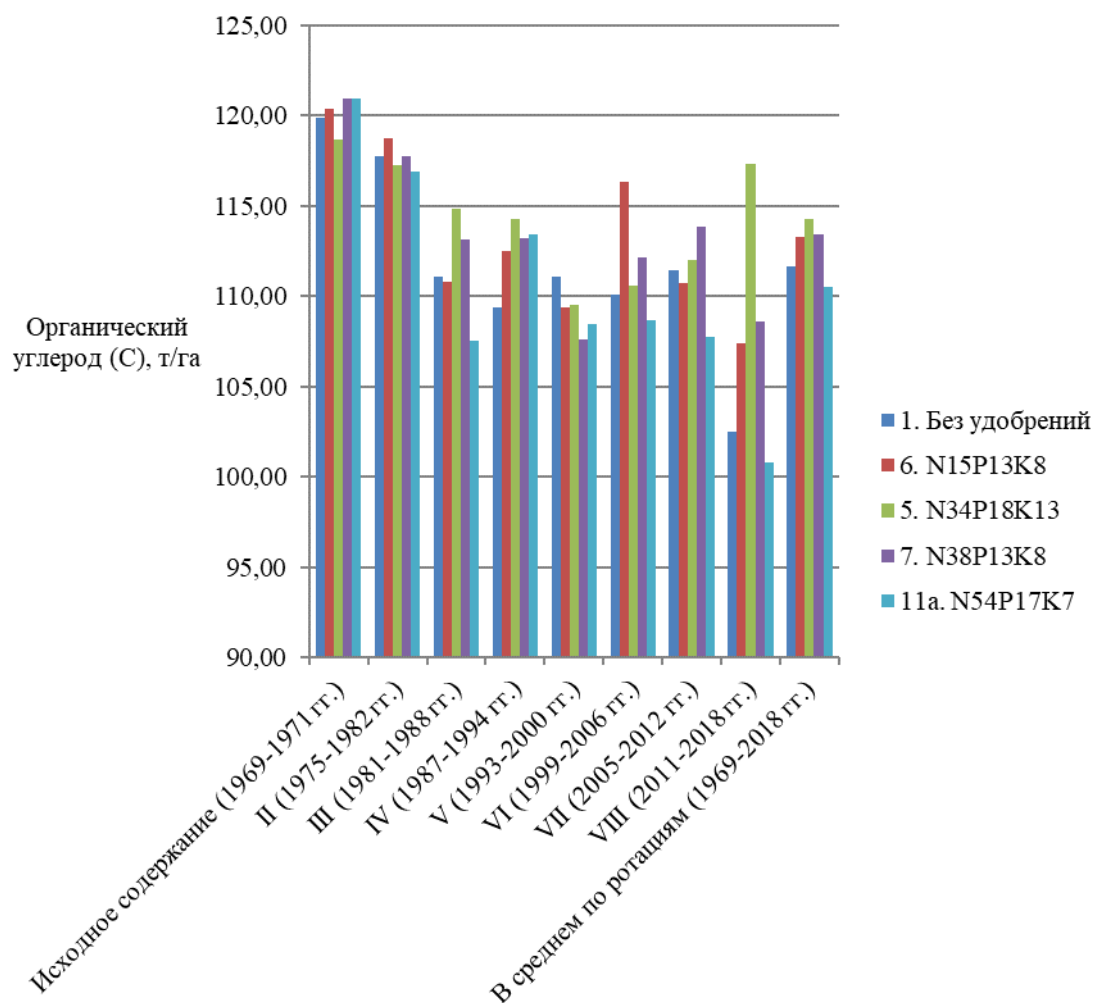


Рисунок – 1 Запасы органического углерода (C) по ротациям севооборота, т/га (в слое 0-40 см)

При систематическом внесении на 1 га севооборотной площади $N_{54}P_{17}K_7$ наблюдались максимальные в условиях наших экспериментов потери углерода. За 48 лет на этом варианте минерализовалось 13,22 т/га углерода органических соединений почвы. Это на 4,77 т/га больше, чем на контроле. Причиной усиления процессов минерализации стало узкое соотношение C:N в почве. Оно и привело к повышенной активности почвенной микрофлоры. В таких условиях процесс минерализации существенно преобладал над процессами гумификации, способствуя интенсивному разложению растительных остатков и гумуса. В восьмой ротации севооборота (2011-2018 гг.) отмеченные тенденции сохранились. Так, на контроле среднегодовые потери гумуса в слое 0-40 см составили 0,354 т/га, на варианте 6 ($N_{15}P_{13}K_8$) – 0,252 т/га, на варианте 11a ($N_{54}P_{17}K_7$) – 0,389 т/га.

Следует отметить, что органические удобрения на запасы углерода влияли по-иному. Так, внесение 40 т/га навоза в первую ротацию способствовало снижению потерь углерода в два раза по сравнению контролем уже к концу второй ротации. Уменьшение его дозы во вторую - пятую ротации привело к повышенной минерализации углерода. Ежегодные потери были выше по сравнению с контролем и составили соответственно в третью ротацию 0,35; в четвертую –

0,20; а в пятую – 0,31 т/га в год. С шестой ротации, когда навоз уже не вносился, наблюдалась стабилизация содержания углерода в почве. Следовательно, внесение очень низких доз 20 т/га навоза за ротацию стимулировало микробиологическую активность и разложение органического вещества в почве.

Заключение. В засушливой черноземной степи Поволжья (высокие температуры в летний период, постоянный дефицит атмосферной влаги) без внесения удобрений идет снижение запасов органического вещества почвы в результате его минерализации. Длительные (48 лет) наблюдения показали, что систематическое внесение разных видов и доз минеральных удобрений на минерализацию соединений углерода влияют неоднозначно. Установлено, что разрушение органического вещества тесно связано с дозами азота. Низкие его дозы (N_{15} на 1 га севооборотной площади) не влияют на запасы почвенного углерода. Высокие дозы (N_{54} на 1 га севооборотной площади) – наоборот усиливают процессы минерализации и в этом случае потери углерода превышают даже неудобренный контроль. Минимальные потери органических соединений в условиях нашего стационарного опыта отмечены при внесении N_{30-35} на 1 га севооборотной площади.

Библиографический список

1. Сайфуллина Л.Б. Процессы гумусообразования в почве под различными элементами агроландшафта в черноземе южном: Автореф. дисс. ... канд. с. - х. наук. – Саратов, 2007. – 22 с.
2. Богданов Ф.М., Серeda Н.А. Влияние различных систем удобрений на гумусное состояние и продуктивность чернозема типичного // *Агрохимия*. – 1998. – №4. – С. 18-24.
3. Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. Влияние длительного систематического применения удобрений на органическое вещество почв // *Почвоведение*. – 1990. – №4. – С. 57-67.
4. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. М.: Агропромиздат. – 1989. – 239 с.
5. Чуб М.П., Медведев И.Ф., Гюрова Э.С. Черноземные почвы Поволжья, их распространение, состав и использование (на примере Саратовской области) // *Плодородие черноземных почв России*. – М.: РАСХН-ВИУА, 1998. – С. 509-553.
6. Сычев В.Г., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. Плодородие черноземов засушливого Поволжья и продуктивность полевых культур при длительном применении минеральных удобрений // *Бюлл. Геосети опытов с удобрениями*. Вып. 26. М.: ВНИИА, 2017. – 48 с.
7. Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. Продуктивность севооборота и баланс питательных веществ при длительном внесении минеральных удобрений в степном Поволжье // *Аграрный научный журнал*. – 2017. – №5. – С. 33-40.
8. Сайфуллина Л.Б., Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Журавлев Д.Ю. Изменение содержания общего углерода и азота в черноземе южном при длительном применении удобрений // *Плодородие*. – 2016. – №4. – с. 19-23.

СОДЕРЖАНИЕ

Масютенко Н.П. К 175-летию В.В. Докучаева – основателя генетического почвоведения.....	3
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Рыбальский Н.Г., Снакин В.В., Емельянов А.В., Скрипникова Е.В., Горбунов А.С., Быковская О.П. Агроэкологические аспекты сохранения и регулирования плодородия почв Центрального Черноземья	5
Азарёнок Т.Н. Методические аспекты диагностики антропогенно-преобразованных почв при проведении почвенных обследований в Беларуси	8
Азарёнок Т.Н., Матыченкова О.В., Матыченков Д.В., Шульгина С.В., Дыдышко С.В. Электронный реестр почв Беларуси	12
Азаров А.В. Азотный режим минерального питания чернозема типичного в зависимости от климатических условий и интенсивности технологических процессов в земледелии.....	17
Адымханов Л.К., Батукаев М.С. Влияние плодородия почвы и продуктивности яблони в условиях Чеченской Республики.....	23
Аличаев М.М., Султанова М.Г. Факторы вызывающие эрозию на склоновых землях и меры предотвращения деградации почв	27
Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Крыленкин Д.В., Фригидов Р.А., Санжаров А.И., Корнеев Ю.Н. Динамика концентрации Zn и Cd в почвенном растворе дерново-подзолистой почвы при выращивании ячменя.....	30
Анисимова Л.Н., Анисимов В.С., Крыленкин Д.В., Санжаров А.И., Фригидов Р.А., Дикарев Д.В., Саруханов А.В. Накопление и миграция Zn и Cd в ячмене.....	33
Артемьева Е.А. Агроэкологические аспекты регулирования почвенного плодородия.....	37
Атанова Е.А. Влияние степени смывости на ферментативную активность черноземов выщелоченных Рамонского района Воронежской области.....	40
Афонченко Н.В. Влияние природных факторов на формирование урожая озимой пшеницы в склоновом агроландшафте.....	44
Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А. Содержание лабильного органического вещества в почве в зависимости от предшественника и удобрений.....	48
Барабанов А.Т., Панов В.И. Развитие основ противоэрозионной мелиорации А.С. Козменко в адаптивно-ландшафтном земледелии.....	51
Боронтов О.К., Косякин П.А., Мерзликина Д.С., Манаенкова Е.Н. Влияние обработки чернозёма выщелоченного на питательный режим, урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы.....	55
Васильев Д.В. Изменение качества семенного потомства ячменя при загрязнении почв цинком.....	57
Волкова В.А., Воронкова Н.А. Медь в минеральном питании яровой мягкой пшеницы.....	60
Вытовтов В.А. Влияние влажности почвы на работу бура-пробоотборника	63
Гармашов В.М. Влияние различных способов, глубины и систем основной обработки почвы на валовое содержание азота, фосфора и калия в черноземе обыкновенном	68
Гармашов В.М., Крячкова М.П. Влияние способов обработки почвы на пищевой режим озимой пшеницы...	71
Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Влияние различных приемов основной обработки на оптимизацию биологической активности оподзоленного чернозема	75
Глазунов Г.П. Использование ГИС-технологий при агроэкологической оценке земель в адаптивно-ландшафтных системах земледелия	80
Говорова О.В. Микробиологическая активность почвы под озимой пшеницей в севооборотах с разным насыщением зерновыми культурами.....	85
Гончарова Л.И., Цыгвинцев П.Н., Рачкова В.М. Формирование биомассы кормовых бобов в ходе онтогенеза и накопление меди в органах растений	88
Гоптарев А.В. Содержание обменного никеля в черноземах выщелоченных и типичных Воронежской области	91
Грицина В.Г., Котлярова Е.Г. Эффективность использования водных ресурсов почвы сортами сои в зависимости от удобрений.....	95
Громовик А.И., Махфуз Х. Генетические особенности гумусового профиля черноземов разного гранулометрического состава.....	99
Гузова Н.С. Влияние микроудобрений на урожайность и накопление микроэлементов озимой пшеницей на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве	103
Гюлаляев Ч.Г. Зависимость удельной электропроводности почвы от ее удельной поверхности, плотности и температуры.....	107
Двойных В.В. Биологическая активность черноземных почв сельскохозяйственного использования	111
Дериглазова Г.М. Влияние кислотности почвы на урожайность в агроландшафте ЦЧЗ	116
Дериглазова Г.М. Влияние физико-химических свойств черноземной почвы на продуктивность.....	119
Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В. Энергетическая и экономическая эффективность различных систем обработки почвы при возделывании гороха.....	123
Дыдышко С.В., Азарёнок Т.Н. Перераспределение фракций гранулометрического состава дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв в процессе агрогенеза.....	127

Евдокименкова М.И., Михайленко И.И., Кувшинова А.А. Экологическая оценка параметров главного колоса адаптированных сортов озимой пшеницы в различных агроэкологических условиях	132
Егоров В.П., Чернов А.В. Оценка пригодности глубокопрофильных склоновых почв предгорий Северного Кавказа под посадку фундука	136
Ермолаев Н.Р., Юдин С.А., Белобров В.П., Айдиев А.Я., Ильин Б.С. Использование индекса minNDTI для дешифрирования растительных остатков	139
Журавлев Д.Ю., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф., Пронько В.В. Динамика запасов соединений азота в черноземе южном степи Поволжья при длительном внесении минеральных удобрений	144
Зарудная Т.Я. Природоохранная роль простейших противозерозионных рубежей	147
Захарова Е.М., Горбунова Н.С., Черепухина И.В. Изменение численности некоторых групп почвенных микроорганизмов при внесении соломы зерновых культур.....	150
Зеленская Е.Я. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в античных и современных районах виноградарства Крыма.....	154
Зинчук Е.Г. Графическое отображение информации на основе почвенной цифровой базы данных.....	158
Золотухин А.Н. Обусловленность динамики и территориальных различий урожайности сои в Центрально-Черноземном регионе.....	159
Иванов В.В., Титов И.Е., Спиридонов С.И. Мобильное приложение для оценки рисков загрязнения ¹³⁷ Cs продукции растениеводства и кормопроизводства	163
Ильина А.А., Проценко Е.П. Влияние антропогенной деятельности на особо охраняемые территории	167
Каличкин В.К., Лужных Т.А., Риксен В.С. Предиктивные модели мобилизации азота почвы на основе байесовских сетей.....	171
Каменева И.А., Якубовская А.И., Гритчин М.В., Приходько А.В., Зубаченко А.А. Влияние сидерата фацелия на микробиологические показатели чернозема южного.....	175
Караулова Л.Н. Оценка урожайности ячменя по метеорологической информации на разных агрофонах	178
Касаткина А.В., Ситникова Л.Е., Ефремова М.В. Влияние эрозионных процессов на современное агроэкологическое состояние черноземов выщелоченных Рамонского района Воронежской области	183
Каторгин Д.И. Влияние удобрений и способов обработки почвы на продуктивность и качество ярового ячменя	186
Климова Н.Ф., Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Пронько В.В. Фосфор и его фракции в черноземе южном степи Поволжья при длительном внесении минеральных удобрений	191
Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Роль лигнина травянистых растений в формировании гумуса чернозёмов	194
Ковалева Н.О. Эволюция черноземов Северного Кавказа и Предкавказья в голоцене	199
Кожемякина Ю.Н., Горбунова Н.С., Куликова Е.В. Особенности миграции никеля в различных ландшафтах	204
Конищев А.А., Конищева Е.Н. К вопросу о переходе в земледелии на цифровые технологии.....	208
Коновалова Е.Я. Интенсивность разложения клетчатки в различных видах севооборотов	213
Крыленкин Д.В., Санжаров А.И., Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Фригидов Р.А., Дикарев Д.В., Саруханов А.В., Корнеев Ю.Н. Динамика форм Cd и Zn в дерново-подзолистой почве при выращивании ячменя.....	217
Кувшинова А.А., Украинский П.А., Михайленко И.И., Евдокименкова М.И. Пространственное распределение подвижных форм фосфора и калия в условиях склоновых агроландшафтов	220
Кузнецов А.В. Влияние вида землепользования на биологическое состояние чернозёма типичного	223
Куницын Н.А., Минакова О.А. Динамика эффективного плодородия под зерновыми культурами при последствии удобрений в севообороте с сахарной свеклой ЦЧР.....	228
Курбаков Д.Н., Кузнецов В.К., Сидорова Е.В., Андреева Н.В., Саруханов А.В., Кречетникова Е.О. Оценка экологического состояния снежного покрова в 30-км зоне влияния ООО «НЛМК-Калуга»	231
Кухарук Е.С., Кривова О.Н. Загрязнение почв и пандемии в Республике Молдова.....	234
Лапа В.В., Матыченков Д.В. Интеллектуальные информационные системы в сельскохозяйственном производстве	237
Логвинов И.В. Продуктивность сахарной свёклы в зависимости от различных агротехнологий возделывания	240
Лукьянов В.А. Структура урожая озимой пшеницы в зависимости от минерального питания в севооборотах ЦЧР	245
Лях Т.Г. Реализация принципов устойчивого развития земельных ресурсов в Республике Молдова.....	249
Макарова Т.Д., Юшкина В.А. Влияние севооборотного фактора на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного	254
Малышева Е.С. Экологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения с применением геоинформационных технологий.....	257
Масютенко М.Н. Выделение CO ₂ из чернозема типичного в зависимости от экспозиции склона и вида севооборота.....	260
Масютенко Н.П. трансформация органического вещества черноземов ЦЧР при сельскохозяйственном использовании.....	264

Мельничук Т.Н., Еговцева А.Ю., Абдурашитова Э.Р., Турин Е.Н., Гонгало А.А., Зубоченко А.А. Влияние прямого посева и микробных препаратов на численность целлюлозолитических микроорганизмов чернозема южного	271
Митрохина О.А. Влияние различных факторов на содержание микроэлементов в почвах ЦЧР	274
Митрохина О.А. Влияние различных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур на территории Курской области	277
Михайленко И.И., Смирнов Г.В., Дорохин К.В., Гринева А.В. Анализ различий содержания основных элементов в почве склоновых агроландшафтов	282
Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г., Непримерова С.В. Рельеф: расчет поправки при определении величин почвенно-экологического индекса	284
Моисеев К. Г. Терлеев В. В. Моделирование кривых десорбции водоудерживающей способности супесчаных почв на основе фрактальной модели PSF	288
Навольева Е.В. Биологическая активность почвы и содержание пожнивно-корневых остатков как показатели эффективного плодородия при различных агроприёмах	292
Настарчук В.И. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель Белгородской области	297
Неведров Н.П., Воронцова В.В. Оценка антропогенной деградации почв и напочвенного покрова сосновых лесов и лесопарков южной части Курска	301
Никитина Л.В. Обеспеченность почв калием и эффективность калийных удобрений в опытах	305
Нитченко Л.Б. Влияние местоположения в рельефе, севооборотов и удобрений на плодородие черноземных почв	310
Нужная Н.А., Гармашов В.М. Влияние приемов минимализации обработки почвы и фона удобренности на засоренность посевов и урожайность кукурузы	315
Окорков В.В. К вопросу о классификации кислых почв и расчете доз мелиорантов	318
Окорков В.В., Шукин Н.Н. Действие и последствие куриного помета на запасы минерального азота в дерново-подзолистой почве и их взаимосвязь с урожайностью зерновых культур	324
Орлова Н.Е., Шахназарова В.Ю., Орлова Е.Е., Поляк Ю.М., Смирнова К.А., Банкина Т.А. Изменения состава гумуса и микробиоты агродерново-подзолистой почвы при внесении биоугля и растительных остатков	330
Паутова В.С. Элементы информационных технологий в адаптивно-ландшафтном земледелии	334
Пироженов В.В., Мирошник О.Н. Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области в агроландшафте	337
Плотникова Т.В., Сидорова Н.В., Егорова Е.В. Агрохимическое оздоровление почвы на фоне совместного применения табачной пыли и птичьего помета в качестве органического удобрения	342
Подгорная М.Е., Диденко Н.А., Лужкова Л.О. Содержание стойких хлорорганических пестицидов в яблоневых агроценозах Краснодарского края	347
Подгорная М.И., Сапожникова Н.А., Соляной А.В. Агроэкологическое состояние и особенности карбонатного профиля черноземов типичных Хохольского района Воронежской области	350
Подлесных И.В. Влияние узкой двухрядной лесной полосы на урожайность культур в укороченном севообороте	354
Подлесных И.В., Архипов А.С. Цифровая трансформация сельского хозяйства	357
Пойменов А.С. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от обработки почвы и доз применяемых удобрений в юго-западной части ЦЧЗ	361
Понько В.А., Иванова М.И. Модель «климат-почва-урожай»	364
Провоторов П.М. Изменение структурно-агрегатного состава черноземов при развитии эрозийных процессов	369
Прущик А.В. Использование новых разработок для исследования склоновых почв	373
Прущик И.А. Влияние обработок почвы на плодородие	376
Пузанова Т.В., Соляной А.В., Поклонский А.В. Агроэкологическое состояние почв ООО «Агро-Ресурс» Новохопёрского района Воронежской области	380
Рамазанов А.В. Результативность фитомелиорантов и удобрений на засоленных почвах Терско-Сулакской подпровинции Дагестана	383
Рыбалкин Б.А. Подходы к разработке искусственного интеллекта для выработки управленческих решений в адаптивно-ландшафтном земледелии	386
Рыспеков Т.Р. Современные подходы к оценке экологического состояния ландшафтов Республики Казахстан	392
Саипов М.А. Биологическая активность лугово-каштановой почвы при использовании различных систем удобрений	396
Салимгареева О.А., Ковалева Н.О., Подлесных И.В. Макро- и субмикроморфология карбонатных стяжений черноземов Курской области в антропогенных агроландшафтах	400
Самбуу А.Д. Изменение плодородия пахотных почв Центрально-Тувинской котловины за 50 лет	405
Санжаров А.И. Морфометрический анализ территории для агроэкологической оценки земель в адаптивно-ландшафтных системах земледелия	411

Саруханов А.В., Крыленкин, Д.В., Курбаков Д.Н., Андреева Н.В., Сидорова Е.В., Кречетникова Е.О. Содержание тяжелых металлов в растительности в районе расположения Смоленской АЭС.....	415
Свиридов В.И. О проблеме формирования бездефицитного баланса почвенного гумуса в хозяйствах Курской области	417
Серегина И.И., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Цыгуткин А.С., Вигилянский Ю.М. Влияние гуминовых удобрений на урожайность люпина белого (<i>Lupinus albus</i>)	422
Серегина И.И., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Цыгуткин А.С., Макарская И.Г., Зайцев Ф.И. Влияние природного стимулятора роста на накопление биомассы и фотосинтетическую активность растений яровой пшеницы на ранних этапах развития.....	425
Сидорова Н.В., Плотникова Т.В., Егорова Е.В. Агроэкологическое обоснование применения гуминового удобрения росток при выращивании рассады табака	429
Стахурлова Л.Д., Стулин А.Ф. Динамика агрохимических показателей черноземов выщелоченных под подсолнечником в длительном опыте с удобрениями	433
Сухановский Ю.П. О проблемах стандартизации в полевых исследованиях.....	437
Сюрис А.И. Регулирование плодородия черноземных почв при применении отходов винных заводов и предприятий производства этилового спирта.....	441
Тарасов С.А., Зарудная Т.Я. Почвозащитная эффективность различных сельскохозяйственных культур в агроландшафтах со сложным рельефом.....	445
Теймуров С.А. Изменение питательных веществ под посевами яровых зерновых культур на лугово-каштановой орошаемой почве.....	449
Терентьева Ю.Ю., Черепухина И.В. Характеристика ферментативной активности почвы в различных типах биоценозов	454
Титов А.Г. Использование почвенных разрезов для мониторинга состояния почвы при противоэрозионной организации территории	457
Трешкин И.А. Воздействие биокомпостов на содержание органического вещества в дерново-подзолистой почве и урожайность зерновых культур.....	461
Тютюнов С.И., Цыгуткин А.С. Биологические особенности белого люпина и их использование в смешанных посевах с зерновыми культурами	465
Хлюпина С.В. Влияние чистого и сидерального паров на плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы.....	471
Холодов Д.В. Смирнова Л.Г. Использование индекса NDVI для прогнозирования урожайности в эрозионных агроландшафтах.....	475
Хомяков Д.М. Значение почвенных ресурсов в стратегии устойчивого развития АПК	478
Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А. Мониторинг содержания нитратного азота в гидроморфных почвах Каменной Степи	483
Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А. Содержание подвижного фосфора в гидроморфных почвах Каменной Степи	487
Чурагулова З.С., Хатмуллин Р.З. Изменение содержания гумуса в пахотном слое черноземов Предуральской лесостепи Республики Башкортостан.....	492
Шаляпин В.В., Онищенко Л.М., Лакиза С.А., Али Али Кадем Али Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в учхозе «Кубань»	497
Шпак В.А. Некоторые подходы к интеграции данных для поддержки принятия решений в цифровом земледелии на базе QGIS.....	503
Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Климова Н.Ф., Пронько В.В. Содержание углерода в черноземе южном степи Поволжья при длительном внесении минеральных удобрений.....	508

Научное издание

Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия.

Сборник докладов XVI международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2021. – 515 с.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов**

Сдано в набор __.04.21 г. Подписано в печать __.04.21 г.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. __. Тираж 500 экз. Заказ № ____.

Отпечатано: «Деловая полиграфия»

ИП Бескровный Александр Васильевич

г. Курск, ул. К.Маркса, 61 Б.

E-mail: zakaz-zachetka@mail.ru