

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОЕ
ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Минск, 22–25 июня 2021 года)

В двух частях

Часть 2

**Минск
Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси
2021**

Плодородие почв и эффективное применение удобрений : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 22–25 июня 2021 г. В 2 ч. Ч. 2 / редкол. : В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – 261 с. – ISBN 978-985-7149-66-7.

Освещены результаты исследований почвенной и агрохимической наук по генезису, классификации, диагностике, эволюции и производительной способности почв, рациональному использованию удобрений и повышению урожайности сельскохозяйственных культур, экологически безопасному и экономически выгодному землепользованию.

Авторская редакция сохранена.

Редакционная коллегия:

В. В. Лапа (главный редактор), М. В. Рак, Н. Н. Цыбулько,
С. А. Касьянчик, Н. Ю. Жабровская, Т. М. Серая,
Т. Н. Азаренок, Г. В. Пироговская, Ю. В. Путятин,
Н. А. Михайловская, Е. Г. Мезенцева

ISBN 978-985-7149-66-7 (Ч. 2)
ISBN 978-985-7149-64-3

© РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2021
© Оформление. Республиканское научное
унитарное предприятие «Институт системных
исследований в АПК Национальной академии наук
Беларуси», 2021

РАСШИРЕННОЕ ВОСПРОЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

УДК 631.878

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ТОРФА

Анисимова Т. Ю.

*Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа –
филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Владимир, Россия*

Важнейшая роль в повышении плодородия почв, увеличении урожайности сельскохозяйственных культур и улучшении их качества принадлежит органическим удобрениям, в том числе и на основе торфа. Торф относится к возобновляемым природным ресурсам и имеет большое значение при решении проблемы сохранения и повышения плодородия почв. В России в длительных полевых опытах в основном изучается эффективность подстилочного навоза. В данной работе поставлена цель изучения эффективности удобрений на основе торфа.

Исследования проводили в Судогодском районе Владимирской области на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института органических удобрений и торфа в течение двух ротаций четырехпольного зернопропашного севооборота. Чередование культур: картофель (сорт Скарб) – ячмень (сорт Зазерский 85) – однолетние травы (вико-овсяная смесь) – озимая пшеница (сорт Заря). Объект исследования – дерново-подзолистая супесчаная почва, сформированная на красном буром покровном моренном суглинке (Umbric Albelubisols) с содержанием гумуса – 1,5 %, pH_{KCl} – 5,2; H_t – 1,64 мг·экв/100 г почвы; содержание подвижных фосфора и калия составило 128 и 116 мг/кг почвы.

Использовали следующие виды органических удобрений: навоз подстилочный солоmistый, торф низинный, торфо-пометный компост. Органические удобрения вносили под вспашку под картофель, один раз в четыре года в первой и второй ротации севооборота в течение 8-ми лет. Дозы торфосодержащих органических удобрений были эквивалентны количеству азота, вносимого с подстилочным навозом – 200 кг N/га, принятого в опыте за стандарт. С учетом содержания азота, средние дозы органических удобрений при внесении под картофель составляли (т/га): навоз подстилочный – 52,6; низинный торф – 58,7; торфо-пометный компост – 27,5. В опыте изучали их действие (в год внесения под картофель) и последствие (1–3-й годы после внесения при выращивании ячменя, вико-овсяной смеси и озимой пшеницы) как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными удобрениями.

Дозы минеральных удобрений зависели от содержания общего фосфора и калия в органических удобрениях. При этом дозы были не выше 280 кг N на 1 га (N_{280}), 200 кг P_2O_5 га (P_{200}), 320 кг K_2O га (K_{320}) за ротацию севооборота. Аммиачную селитру (NH_4NO_3), двойной суперфосфат [$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$] и калийную соль (KCl) вносили перед посевом яровых культур и картофеля, а также во время возобновления весеннего вегетационного периода для озимой пшеницы. Пестициды применялись в зависимости от результатов фитосанитарного мониторинга в соответствии с принципами комплексной защиты растений.

Размещение вариантов в опыте систематическое. Повторность трехкратная, площадь делянки 48 м² (6 x 8). Исследования проводили по следующей схеме: 1) контроль – без удобрений (К), 2) навоз подстилочный (НП), 3) низинный торф (Т), 4) торфо-пометный компост (ТПК), 5) навоз подстилочный + $N_{80}PK$, 6) торф + $N_{80}PK$, 7) торфо-пометный компост + $N_{80}PK$.

Для оценки суммарной продуктивности севооборота: картофель – ячмень – однолетние травы – озимая пшеница, урожайность культур была переведена в зерновые единицы. Для этого использовали следующие коэффициенты перевода: для озимой пшеницы, ячменя – 1,0; картофеля – 0,25; однолетних трав – 0,14. Прибавка урожайности от различных видов удобрений рассчитана к абсолютному контролю (без удобрений). Баланс питательных веществ определяли, как разность между поступлением N, P и K с удобрениями (кг/га) и их выносом с урожаем возделываемых культур. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы STATVUA.EXE.

Почвенные образцы отбирали из пахотного слоя почвы (0–20 см) с каждой делянки до закладки опыта, а затем ежегодно осенью после уборки культур. Смешанный образец состоял из 20 индивидуальных проб, взятых с помощью тростевого бура. После высушивания почву просеивали через сито с диаметром ячейки 2 мм и анализировали для определения pH, содержания подвижных соединений фосфора и калия, содержание гумуса.

Исследования показали, что после первой ротации севооборота содержание гумуса общего в почве при внесении торфо-пометного компоста и торфа было аналогично контрольному варианту, а при внесении подстилочного навоза и всех видов органических удобрений совместно с $N_{80}PK$ существенно выше – на 0,14–0,16 %. Содержание гумуса после второй ротации севооборота варьировало от 1,02 % (Т) до 1,18 % (НП + $N_{80}PK$) и свидетельствовало о достоверном влиянии удобрений. В контроле его содержание снизилось с 0,93 до 0,81 % (рис. 1). Влияние применения минеральных удобрений также было достоверным.

В то же время, применение торфа в чистом виде снижало содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве по сравнению с исходным, а также способствовало подкислению почвы, особенно при совместном внесении с $N_{80}PK$ (на 0,53 pH). Существенное влияние на улучшение физико-химических свойств почвы оказало внесение торфо-пометного компоста + $N_{80}PK$ ($F > F_{05}$).

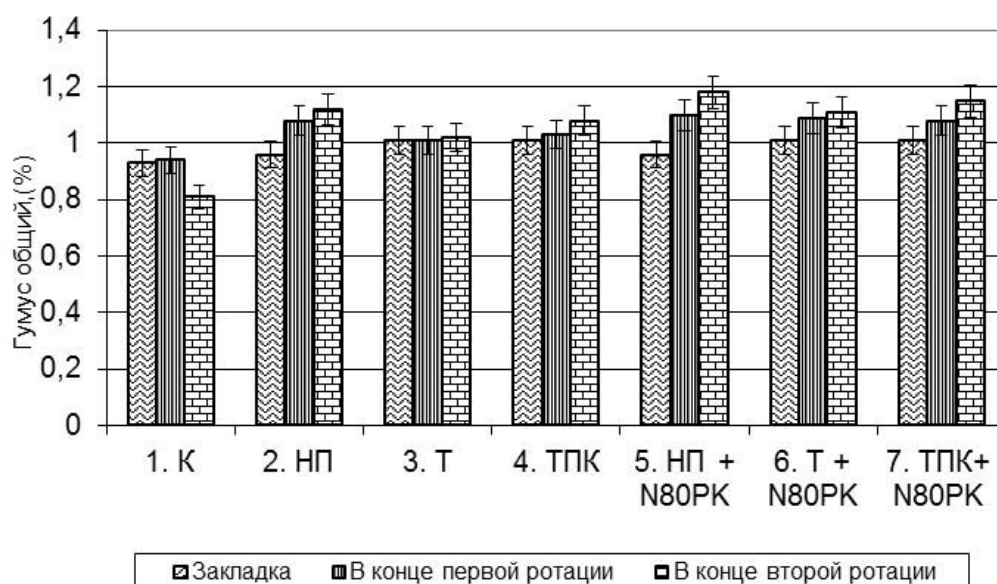


Рис. 1. Влияние применения удобрений на содержание гумуса общего в почве

Наибольшая суммарная продуктивность севооборота в среднем за две ротации при применении органических удобрений отмечена в варианте с торфо-пометным компостом, которая составила 12,13 т з. е./га при 8,03 т з. е./га в контроле (табл. 1). По фону минеральных удобрений во всех вариантах опыта продуктивность культур была выше по сравнению с контролем и с органической системой удобрения, наибольшие прибавки получены в вариантах с подстилочным навозом и торфо-пометным компостом – 11,08–11,36 т з. е./га.

Таблица 1

Продуктивность культур в среднем за две ротации, т з. е./га

Культура	Контроль	НП		Т		ТПК		НСР _{0,05}
	0	0	NPК	0	NPК	0	NPК	
Картофель	3,24	4,65	6,50	4,19	5,20	5,50	6,48	0,74
Ячмень	0,84	1,58	2,22	1,00	1,76	1,68	2,25	0,44
Вико-овсяная смесь	1,76	1,90	2,36	1,84	2,41	2,21	2,61	0,40
Озимая пшеница	2,19	2,62	3,24	2,22	3,16	2,74	3,26	0,36
Продуктивность культур (в среднем за ротацию)	8,03	10,75	14,32	9,25	12,53	12,13	14,60	1,91
Среднегодовая продуктивность, т з. е. /га	2,01	2,69	3,58	2,31	3,13	3,03	3,65	0,49

Среди используемых видов удобрений наиболее длительным действием обладал торфо-помётный компост. Результаты исследований показали, что в среднем за две ротации севооборота при использовании органических удобрений без минеральных удобрений дополнительно получено от 1,21 до 4,07 т з. ед./га, что составляло 0,3–1,02 т з. ед./га в год.

В сочетании с минеральными удобрениями уровень прибавки был гораздо выше – от 4,47 до 6,77 т з. ед./га, или 1,12–1,69 т з. ед./га в год (табл. 2). Общее содержание NPK было доведено до оптимального уровня, среднегодовое внесение питательных веществ в зернопропашном севообороте составило N₇₀P₂₂K₆₆.

В конце первой ротации севооборота в вариантах с навозом и навозом + NPK получен положительный баланс биофильных элементов, часть их не использовалась урожаем культур и оставалась для воспроизводства плодородия почвы. В варианте с навозом было внесено 445,4 кг/га NPK, вынос с урожаем четырёх культур составил 322,1 кг/га, в варианте НП + N₈₀PK отмечен ещё больший положительный баланс – внесено 632,8 кг/га, вынос составил – 469,1 кг/га NPK (табл. 2).

Таблица 2

Баланс NPK, кг/га

Варианты	Внесено			Вынос			Баланс, + –		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
I ротация									
К	–	–	–	89,1	22,4	54,4	–89,1	–22,4	–54,4
НП	200,0	79,4	166,0	156,0	36,6	129,5	44,0	42,8	36,5
Т	200,0	41,0	33,2	102,0	30,8	99,6	98,0	8,9	–66,4
ТПК	200,0	69,8	86,3	158,0	45,3	132,0	42,0	41,9	–45,7
НП + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	238,0	49,3	181,8	42,0	37,9	83,8
Т + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	135,0	37,7	120,4	145,0	49,7	145,3
ТПК + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	183,0	49,7	176,0	97,0	37,5	89,6
II ротация									
К	–	–	–	150,0	39,4	126,2	–150,0	–39,4	–126,2
НП	200,0	57,6	96,3	180,0	48,8	161,9	20,0	8,7	–65,6
Т	200,0	20,9	29,9	132,0	40,5	120,4	68,0	–19,5	–90,5
ТПК	200,0	74,6	57,3	183,0	51,4	164,3	17,0	23,1	–102,1
НП + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	216,0	61,0	201,7	64,0	26,2	63,9
Т + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	190,0	52,3	180,9	90,0	34,9	84,7
ТПК + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	227,0	64,5	222,4	53,0	22,7	43,2
В среднем за две ротации									
К	–	–	–	119,6	30,9	90,3	–119,6	–30,9	–90,3
НП	200,0	68,5	131,1	168,0	42,7	145,7	32,0	25,7	–14,5
Т	200,0	31,0	31,5	117,0	35,6	110,0	83,0	–4,7	–78,4
ТПК	200,0	72,2	71,8	170,5	48,4	148,2	29,5	23,8	–76,4
НП + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	227,0	55,2	191,7	53,0	32,0	73,9
Т + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	162,5	45,0	150,6	117,5	42,2	115,0
ТПК + N ₈₀ PK	280,0	87,2	265,6	205,0	57,1	199,2	75,0	30,1	66,4

В вариантах с торфом и торфо-помётным компостом отмечен отрицательный баланс по калию – 66,4 и 45,7 кг/га соответственно. Наибольший отрицательный баланс, но уже по всем элементам питания, отмечен в контроле – 165,9 кг/га NPK. Варианты с совместным внесением органиче-

ских и минеральных удобрений существенно превосходят варианты с органическими удобрениями в чистом виде, баланс по питательным элементам положительный, при внесении 632,8 кг/га NPK, вынос составил 293,1–469,1 кг/га.

В конце второй ротации севооборота в вариантах с органическими удобрениями отмечен отрицательный баланс по калию, который менялся от 65,6 (НП) до 90,5 кг/га в варианте с торфом также и по фосфору – 19,5 кг/га, при более резком отрицательном балансе питательных веществ в контроле – 315,6 кг/га NPK. Это можно объяснить тем, что с органическими удобрениями во второй ротации было внесено меньшее количество питательных веществ при сравнительно равной продуктивности культур. Также, это свидетельствует о неустойчивости плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы. При сочетании органических и минеральных удобрений получен положительный баланс NPK, в варианте с торфом он составил 209,6 кг/га, в варианте с подстилочным навозом – 154,1 кг/га, при внесении торфо-помётного компоста – 118,9 кг/га.

Применение органических удобрений на основе торфа в зернопропашном севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве способствовало оптимизации агрохимических показателей почвы, что впоследствии оказало влияние на увеличение продуктивности культур зернопропашного севооборота. Наибольший прирост суммарной продуктивности севооборота в среднем за две ротации при применении органических удобрений, внесенных в равных по азоту дозах, отмечен в варианте с торфо-пометным компостом и составил 12,13 т з. е./га, при 8,03 т з. е./га в контроле. При совместном применении органических и минеральных удобрений продуктивность культур была выше по сравнению с органической системой удобрения в среднем на 12–35 %.

Сочетание органических удобрений на основе торфа и минеральных удобрений способствовало сбережению запасов подвижного фосфора, обменного калия и общего гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы. Это достигалось положительным балансом по азоту, фосфору и калию во всех ротациях севооборота.

УДК 635.22

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ДВУХ СОРТОВ БАТАТА (*Ipomea batatas*, L.)

Ардисламов Н. А., Романенков В. А., Болышева Т. Н.

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Батат – одна из самых распространенных культур в субтропических районах мира. Он находит широкое употребление в кулинарии и диетологии. Раннеспелые сорта батата в настоящее время успешно выращива-

ются в условиях континентального климата Евразии и Северной Америки. Интродукция сортов батата в РФ и странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) имеет большую экономическую перспективу. Для изучения технологии выращивания батата и особенностей влияния на его урожай и качество минеральных удобрений в 2018 и 2019 гг. были заложены два полевых опыта с сортами батата Победа и Махалли. Технология выращивания батата в обоих опытах была одинаковой: посадка осуществлялась рассадой, Растения располагались на делянках шириной 200 см, длиной 700 см в два ряда по 10 растений. Расстояние между растениями в ряду – 70 см, расстояние между рядами – 70 см, расстояние между делянками – 50 см. В Краснодарском крае использовали только минеральные удобрения, в республике Кыргызстан применяли органические и минеральные удобрения. Уборка батата производилась вручную.

Полевой опыт в Краснодарском крае был заложен в мае 2018 г. на базе Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур. Почва опытного участка – агродерновая, среднесуглинистая слабощелочная по показателю pH водной вытяжки, содержание гумуса – низкое, обеспеченность почвы доступными для растений формами фосфора – высокая, обменного калия – низкая. Почва характеризовалась низким уровнем содержания биодоступных форм цинка и меди. Варианты опыта были следующие: контроль; $N_{100}P_{60}K_{100}$; $N_{200}P_{60}K_{200}$; $N_{100}P_{60}K_{100}Zn_2$; $N_{200}P_{60}K_{200}Zn_2$; $N_{100}P_{60}K_{100}Cu_{0,5}$; $N_{100}P_{60}K_{100}Zn_2Cu_{0,5}$; $N_{200}P_{60}K_{200}Zn_2Cu_{0,5}$. В качестве удобрения использовались аммиачная селитра, двойной суперфосфат и сульфат калия. Микроэлементы вносились в виде хелатов. Доза цинка – 2 кг/га д. в., доза меди – 0,5 кг/га д. в. Уборка батата проводилась в октябре 2018 г.

Полевой опыт в республике Кыргызстан проведен на базе Кыргызского научно-исследовательского института земледелия, в Сокулукском районе Чуйской области. Почва опытного участка – сероземно-луговая, щелочная по показателю pH водной вытяжки, содержание гумуса – низкое. Обеспеченность почвы доступными для растений формами фосфора и обменного калия – высокая. Почва характеризовалась низким уровнем содержания биодоступных форм цинка и меди. В почву весной внесен компост из бобовых сидератов. Схема опыта включала 5 вариантов: контроль, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}Cu_{0,5}$, $N_{60}P_{60}K_{60}Zn_2$, $N_{60}P_{60}K_{60}Cu_{0,5}Zn_2$. Доза цинка – 2 кг/га, меди – 0,5 кг/га. В опыте использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат, хлористый калий, хелаты меди и цинка. Закладка опыта проводилась в мае 2019 г., уборка урожая и отбор образцов производились в октябре 2019 г.

Клубни батата очищали от почвы, взвешивали, сортировали по фракциям и, соответственно, по долевному участию фракции составляли средний образец. В клубнях обоих сортов были определены следующие показатели качества: содержание белка, крахмала, дисахаридов и моносахаридов, инулина [4].

Изучение отзывчивости батата на применение возрастающих доз минеральных удобрений и микроудобрений позволило установить, что при внесении первой дозы полного минерального удобрения ($N_{100}P_{60}K_{100}$) урожай батата удваивается по сравнению с контролем. Дальнейшее увеличение дозы полного минерального удобрения было малоэффективно (табл.1). Применение отдельно цинкового и медного удобрения на фоне двух доз полного минерального удобрения позволило повысить урожайность клубней батата: в случае применения цинкового удобрения величина урожая колебалась в интервале 150–156 ц/га, а в случае применения медного удобрения – в интервале 147–180 ц/га. Внесение медного удобрения на фоне высокой дозы полного минерального удобрения ($N_{200}P_{60}K_{200}$) позволило получить самый высокий урожай в опыте – 180 ц/га. Внесение медного удобрения на фоне высокой дозы минерального удобрения увеличило урожай клубней батата на 21 % по сравнению с вариантом $N_{200}P_{60}K_{200}$. Совместное применение цинкового и медного удобрения на фоне обеих доз полного минерального удобрения оказалось малоэффективно: урожай клубней на этих вариантах колебался в интервале 143–144 ц/га.

Таблица 1

**Влияние удобрений на урожай и качество батата сорта Победа
(Краснодарский край)**

Вариант	Урожай- ность клубней, ц/га	Белок	Моно- сахар- иды	Дисаха- риды	Инулин	Крахмал
Контроль	76,5	5,0	7,43	6,3	9,6	33,7
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀	144,6	8,0	2,97	9,7	9,6	36,5
N ₂₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀	148,6	8,5	9,55	5,3	11,2	44,5
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ +Zn ₂	150,2	8,0	4,91	10,6	10,4	40,1
N ₂₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀ +Zn ₂	156,0	7,1	5,06	6,9	10,8	38,6
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ +Cu _{0,5}	146,6	8,1	4,76	9,8	11,2	33,9
N ₂₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀ +Cu _{0,5}	180,3	7,4	4,34	9,3	9,4	42,5
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ +Zn ₂ +Cu _{0,5}	144,2	8,3	11,04	7,6	16,8	41,3
N ₂₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀ +Zn ₂ +Cu _{0,5}	143,7	8,8	5,94	8,6	11,8	39,7
НСР ₀₅	59	1,5	11,09	3,7	1,9	8,7

Внесение полного минерального удобрения в обеих дозах позволило увеличить содержание белка в клубнях батата на 60–75 % по сравнению с контрольным на всех вариантах опыта, содержание крахмала в клубнях при этом увеличивалось незначительно, а при совместном внесении полного минерального удобрения и микроудобрений содержание крахмала в клубнях достоверно не отличалось от контрольного варианта.

Содержание суммы сахаров варьировалось от 12 до 19 % на сухой вес. Внесение минерального удобрения в одной дозе совместно с цинком и медью повышало содержание сахаров по сравнению с вариантами $N_{200}P_{60}K_{200}+Zn_2$ и $N_{100}P_{60}K_{100}+Cu_{0,5}$.

Содержание инулина в клубнях батата является главным показателем его качества. Содержание полисахарида зависит от сортовых особенностей культуры. На контрольном варианте в клубнях батата содержалось 9,57 % инулина. При внесении низкой дозы $N_{100}P_{60}K_{100}$ значимых отличий от контроля не наблюдалось. Увеличение дозы минерального удобрения, а также внесение медных и цинковых удобрений позволили повысить уровень содержания инулина до 11–12 %.

Внесение полного минерального удобрения и его сочетаний с микроэлементами на сероземно-луговой почве оказало положительное влияние на урожайность клубней батата. Показатель урожайности увеличился на 44,3 % по сравнению с контролем. Самый высокий урожай (531 кг/га) получен на варианте с использованием полного минерального удобрения с медным и цинковым удобрениями ($NPK+Cu_{0,5}Zn_2$) (табл. 2). Опыт по изучению перспектив репродукции батата в Республике Кыргызстан свидетельствует о возможности получения высоких урожаев этой культуры. Низкие дозы полного минерального удобрения совместно с использованием цинковых и медных удобрений позволяют получать высокие урожаи батата (*Ipomea batatas* L.) на сероземно-луговой почве.

Таблица 2

**Влияние удобрений на урожай и качество батата сорта Махалли
(Республика Кыргызстан)**

Вариант	Урожай- ность клубней, ц/га	Белок	Моно- саха- риды	Дисахариды	Инулин	Крахмал
		% на сухое вещество				
Контроль	368	10,86	16,8	8,2	4,8	42
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	497	10,51	18,9	17,0	7,5	35
NPK+Cu _{0,5}	434	9,12	15,9	18,6	6,5	41
NPK+Zn ₂	465	12,88	16,1	5,1	6,7	46
NPK+Cu _{0,5} Zn ₂	531	9,95	18,6	4,3	7,3	51
HCP _{0,05}	83	4,90	6,3	10,7	1,5	23,0

Содержание белка в клубнях батата сорта Махалли при внесении полного минерального удобрения и его сочетаний с микроэлементами достоверно не отличалось от контрольного варианта и колебалось в интервале 9,9–10,9 %. Содержание белка в данном сорте в среднем на 25 % превосходит содержание белка в сорте Победа.

Сорт к моменту уборки характеризовался очень высоким содержанием моносахаридов. Уровень их содержания при внесении минеральных удобрений в клубнях достоверно не отличался от контрольного варианта и составлял 16–18,9 % на сухое вещество, что в 2–3 раза выше, чем в клубнях батата сорта Победа.

По данным ряда авторов [1–3, 5, 8] содержание суммы сахаров в клубнях батата может колебаться в очень широких пределах от 7 до 40 %.

Внесение полного минерального удобрения оказало существенное влияние на содержание инулина в клубнях батата сорта Махалли,

увеличив его содержание в 1,4–1,6 раза по сравнению с контролем на всех вариантах опыта. Аналогичная закономерность отмечалась и для сорта Победа. Следует отметить, что содержание инулина в клубнях батата сорта Победа было выше в 1,3–1,4 раза, чем в сорте Махалли (табл. 1, 2).

Содержание крахмала в клубнях батата сорта Махалли колебалось в очень широком интервале – 35–51 %, что соответствует данным, полученным Abdel-Razzak и др. [1] и Боднюк [3]. Самое высокое содержание крахмала отмечено на варианте с внесением обоих микроэлементов на фоне полного минерального удобрения. Таким образом, совместное внесение меди и цинка на фоне полного минерального удобрения способствовало синтезу крахмала в клубнях батата.

Заключение. Интродукция батата в Республике Кыргызстан и в Краснодарском крае РФ очень перспективна и позволит решить проблему импортозамещения. Опыты по изучению влияния минеральных удобрений на урожай и качество клубней двух сортов батата, проведенные в Краснодарском крае РФ и республике Киргизстан позволяют заключить, что:

1. Применение полного минерального удобрения должно быть неотъемлемой частью технологии выращивания батата. Величина доз минеральных удобрений должна рассчитываться исходя из свойств обеспеченности почвы элементами минерального питания. Эффективность традиционных минеральных удобрений повышается при использовании микроудобрений.

2. Применение полного минерального удобрения оказало значимое влияние на содержание инулина – главного показателя качества батата.

3. Изученные сорта батата отличались по ряду показателей качества: содержанию белка, крахмала, сахаридов, инулина. Сорт Победа характеризовался более высоким содержанием инулина, но меньшим содержанием белка, крахмала и моносахаридов.

Список литературы

1. Abdel-Razzak H.S., Moussa A.G., Abd El-Fattah M.A. and El-Morabet G.A. Response of Sweet Potato to Integrated Effect of Chemical and Natural Phosphorus Fertilizer and Their Levels in Combination with Mycorrhizal Inoculation. *Journal of Biological Sciences* 13 (3), 2013. – P. 112–122.
2. Melvin Sidikie George, Guoquan Lu, Weijun Zhou. Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Field Crops Research*. – V. 77. – Issue 1. – 2002. – P. 7–15.
3. Боднюк, А. Г. Влияние калийных удобрений на формирование урожая батата в условиях влажных субтропиков Западной Грузии.: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04. Ун-т дружбы народов им. Патриса Лумумбы. – М., 1971.
4. Методы биохимического исследования растений / Ермаков А. И. [и др.] // Л.: Агропромиздат. – 1987. – Т. 143.
5. Зорин, Д. А. Интродукция *Ipomoea batatas* Lam. в Среднем Предуралье / Д. А. Зорин, А. В. Федоров // Современные научные исследования и разработки. – 2017. – №8(16). – С. 207–209.
6. Практикум по агрохимии / Минеев В. Г. [и др.]; МГУ им. М. В. Ломоносова. – М.: Издательский Дом, 2001.

7. Устименко-Бакумовский, Г. В. Растениеводство тропиков и субтропиков / Г. В. Устименко-Бакумовский. – М.: Колос, 1980. – 327 с.

8. Филиппова, А. Р. Особенности содержания крахмала и сахара в клубнях батата / А. Р. Филиппова, А. В. Федоров, Д. А. Зорин // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: материалы Всерос. науч.-практ. конф. 17–20 фев. 2015 г., в 2 т. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – Т. I. – С. 127–130.

УДК 633:615

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНО ОБРАБОТАННЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Бобомуродов Ш. М., Ташкузиев М. М., Бердиев Т. Т.

НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

Введение. Эффективное плодородие почв определяется содержанием в них питательных веществ в доступной для растений формах. Недостаток или избыток того или иного элемента минерального питания оказывает определённое воздействие на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. Для создания оптимального режима питания растений необходимы знания основных закономерностей потребления питательных веществ.

С урожаем любой сельскохозяйственной культуры с полей выносятся большое количество элементов минерального питания и органического вещества. Чтобы компенсировать эти потери, необходимо возратить недостающее количество элементов питания в виде удобрений.

Одним из важнейших приёмов повышения плодородия почв и урожайности культур является применение минеральных удобрений, особенно фосфорных.

Из многочисленных имеющихся данных известно, что коэффициент использования фосфора из почв и удобрений невысокий. Это связано с тем, что основная часть фосфора удобрений не усваивается растениями и переходит в трудно растворимую форму.

Миграция фосфорных удобрений в почвах незначительная, усвояемая их часть недостаточна для растений, так как основная часть фосфора удобрений связана с почвенными карбонатами и полуторными окислами и остается в виде запасов в балансе питательных веществ в системе почва – растение – удобрение.

В настоящее время проведение исследований по мобилизации почвенных фосфатов в карбонатных почвах сероземной зоны, предотвращение ретроградации (переход в труднодоступную форму), фосфатов является актуальной. Поэтому, изыскание способов активации почвенного фосфора и повышения эффективности фосфора удобрений позволит улучшить фосфорный и питательный режим почвы и повысить ее плодородие.

Объекты и методы исследования. В связи с вышеизложенным, нами проведены исследования по мобилизации фосфора в условиях полевых опытов на орошаемых луговых почвах Среднечирчикского района Ташкентской области в фермерском хозяйстве «Серфайз Диёр» массива Юнгичкали на посевах хлопчатника.

Полевые производственные опыты с хлопчатником проведены по методике СоюзНИХИ. Анализы почвы выполнялись по общепринятой методике, описанной в руководствах СоюзНИХИ.

Опыты ставились по следующей схеме:

1. $N_{150}P_{105}K_{75}$ – контроль, нормы приняты в хозяйстве;
2. $N_{100}P_{70}K_{50}$ – контроль, фон, норма удобрений снижена на 33 %;
3. Фон + 2 т/га бактериально обработанные фосфорно-гуминовые удобрения;
4. Фон + 1,5 т/га ВМГ;
5. Фон + 2,5 т/га ВМГ ;
6. Фон + 2,5 т/га биогумус

Все агротехнические мероприятия, принятые в фермерском хозяйстве.

Результаты исследований. В полевом опыте до посева хлопчатника проведен отбор почвенных образцов (пахотный – 0–30 см и подпахотный горизонт – 30–50 см) и определено содержание валовых и подвижных форм основных элементов питания – азота, фосфора и калия.

Полученные данные позволили установить, что луговые почвы содержат невысокое количество азота, фосфора и калия. В почвах опыта содержание валового азота в пахотном и подпахотном горизонтах составляет 0,017–0,028 % и относятся к недостаточно обеспеченным. Количество валового фосфора по профилю почв колеблется от 0,17 до 0,25 %. Валового калия в пахотном, 0–30 см слое почв, – 0,657–0,950 %, в нижележащем горизонте колеблется от 0,565 до 0,940 %. По этим показателям, содержание общего азота соответствует низким показателям, фосфора – средним, калия – низким.

В проведенных нами исследованиях почвы полевого участка в исходном состоянии содержат нитратного азота в верхнем, пахотном и подпахотном горизонтах почв 11,0–20,5 мг/кг и 11,0–26,0 мг/кг соответственно. Почвы низко обеспечены подвижным фосфором: содержание его в пахотном и подпахотном горизонтах составляет соответственно 18,0–23,0 мг/кг и 11,0–24,0 мг/кг. Содержание обменного калия в 0–30 см слое почв колеблется от 144,6 до 223,8 мг/кг, в нижнем, подпахотном слое снизилось до 137–178 мг/кг почвы.

В период бутонизации хлопчатника в почвах по вариантам опыта отмечено различное количество подвижных форм основных элементов питания. Среднее содержание нитратного азота в пахотном горизонте почв опыта колебалось от 11,6 до 21,5 мг/кг, в подпахотном – от 2,8 до 17,9 мг/кг. В полуметровом слое почв количество нитратов колебалось в пределах 12,3–36,9 мг/кг почвы (табл.).

Таблица

**Влияние новых форм органических удобрений на динамику
питательного режима почвы, мг/кг**

Варианты	Глубина, см	Бутионизация, 17.06.2016			Цветение – плодoобразoвание, 04.07.2016		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8
N ₁₅₀ P ₁₀₅ K ₇₅ Контроль	0–30	19,0	46,0	203,9	14,0	33,3	151,9
	30–50	17,9	40,0	189,6	10,3	36,0	91,4
	0–50	36,9	86,0	593,5	24,3	69,3	243,3
N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀ ФОН	0–30	18,9	42,0	198,9	14,1	24,0	172,3
	30–50	17,9	47,0	125,3	10,7	36,0	96,2
	0–50	36,8	89,0	324,2	24,8	60,0	268,5
Фон+2 т/га фос- форно гумин. удобрения	0–30	15,9	33,0	188,6	32,7	40,0	175,9
	30–50	9,1	34,0	188,5	18,2	36,0	140,3
	0–50	25,0	67,0	377,4	40,9	76,0	316,2
Фон+1,5 т/га ВМГ	0–30	21,5	47,0	181,2	29,4	58,0	172,2
	30–50	12,6	32,0	153,1	16,1	28,0	147,0
	0–50	34,4	79,0	344,3	45,5	86,0	319,2
Фон+2,5 т/га ВМГ	0–30	19,2	41,0	181,4	46,2	41,0	171,6
	30–50	3,2	42,0	154,7	33,9	54,9	137,4
	0–50	12,3	83,0	33,6,1	80,6	95,9	309,0
Фон+2,5 т/га Биогумус	0–30	11,6	35,0	204,8	27,5	64,0	164,4
	30–50	2,8	22,0	202,7	22,4	41,0	132,6
	0–50	14,4	37,0	407,5	49,9	105,0	297,0

Продолжение таблицы

Варианты	Глубина, см	Массовое плодoобразoвание, 18.08.2016			Созревание, 20.09.2016		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	9	10	11	12	13	14
N ₁₅₀ P ₁₀₅ K ₇₅ Контроль	0–30	21,2	26,0	198,8	24,7	22	143,6
	30–50	23,6	19,0	136,2	16,3	12	135,1
	0–50	44,8	45,0	335,0	41,0	34	288,7
N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀ ФОН	0–30	15,7	24,0	161,8	28,8	32	138,2
	30–50	12,4	24,0	163,9	16,0	26	132,5
	0–50	28,1	48,0	325,7	44,8	58	270,7
Фон+2 т/га фос- форно гумин. удобрения	0–30	27,0	38,0	175,9	30,2	38	168,7
	30–50	21,0	32,0	167,5	12,4	30	132,2
	0–50	48,0	70,0	343,4	42,6	68	300,9
Фон+1,5 т/га ВМГ	0–30	24,7	42,0	222,8	19,2	40	204,8
	30–50	17,0	32,0	163,8	22,3	32	168,7
	0–50	41,7	74,0	386,6	41,5	72	373,5
Фон+2,5 т/га ВМГ	0–30	31,3	40,0	175,1	40,2	32	168,7
	30–50	26,2	44,0	148,2	24,0	30	135,7
	0–50	57,7	84,0	323,3	64,2	62	304,4
Фон+2,5 т/га Биогумус	0–30	39,0	53,0	245,8	40,0	44	145,5
	30–50	29,2	34,0	163,9	24,7	36	168,7
	0–50	68,2	87,0	409,7	64,7	40	314,2

В этой фазе наибольшее содержание нитратного азота отмечено в пахотном горизонте варианта 4, где внесено 1,5 т/га ВМГ и составило 21,5 мг/кг, а 0–50 см слое – 34,4 мг/кг. Количество подвижного фосфора в почвах по вариантам опыта колебалось в пахотном горизонте почв от 33,0 мг/кг до 47,0 мг/кг. В нижележащих горизонтах почв отмечено снижение содержания подвижного фосфора от 42 мг/кг до 22,0 мг/кг. Наибольшее его количество отмечено на варианте с внесением 1,5 и 2 т/га ВМГ, где его количество составило в 0–50 см слое 79–83 мг/кг соответственно.

Среднее содержание обменного калия в фазу бутонизации хлопчатника было несколько выше исходного его количества и колебалось в верхнем горизонте почв по вариантам опыта от 181,2 мг/кг до 204,8 мг/кг. Наиболее высоким содержанием обменного калия отличаются почвы 6-варианта, где внесено 2,5 т/га биогумуса. Количество подвижного фосфора в 0–50 см слое почв по вариантам опыта колебалось от 336,1 мг/кг до 407,5 мг/кг.

В период цветения-плодообразования количество нитратного азота в пахотном горизонте почв 1 и 2-ого контрольных вариантов было в среднем 14,0–14,1 мг/кг, на 3-ем варианте с внесением бактериально обработанных фосфорно-гуминовых удобрений и на варианте 5, где внесено 2,5 т/га ВМЖ количество нитратного азота в пахотном горизонте почв составило 29,4 мг/кг и 46,2 мг/кг соответственно. На вариантах опыта 4 и 6 количество нитратного азота было сравнительно меньше – 27,5 и 29,4 мг/кг. Содержание нитратов в полуметровом слое почв, где применяли испытуемые удобрения, составило 40,9–80,6 мг/кг, а в контрольных вариантах 1 и 2 – 24,3 и 24,8 мг/кг, что в 2–3 раза меньше, чем в вариантах 3–6.

Среднее содержание подвижного фосфора в верхних горизонтах в период цветения – плодообразования в почвах контрольных вариантов колебалось от 24,0 до 33,3 мг/кг. Наиболее высокое количество его отмечено на вариантах с внесением удобрений: на 3-ем варианте, где внесены бактериально-обработанные фосфорные удобрение содержание фосфора составило 40,0 мг/кг, на 4-ом варианте с внесением 1,5 т/га ВМГ – 58,0 мг/кг и на 6-ом, биогумусном варианте – 64,0 мг/кг. В нижележащих, подпахотных горизонтах, количество подвижного фосфора снизилось соответственно до 36; 28; 41 мг/кг. Содержание подвижного фосфора в 0–50 см слое почв составило 76,0–105,0 мг/кг, а в контрольных вариантах – 60–69,3 мг/кг.

Содержание обменного калия в фазу цветения-плодообразования хлопчатника уменьшилось по сравнению с предыдущей фазой развития хлопчатника: на контрольных вариантах содержание его было в пахотном и подпахотном горизонтах соответственно, 151,9; 91,4 мг/кг и 172,3; 96,2 мг/кг, на варианте 3 с бактериально обработанными фосфорно-гуминовыми удобрениями количество обменного калия было в среднем

175,9 мг/кг в пахотном горизонте и снизилось до 140,3 мг/кг в нижележащем горизонте. В почвах вариантов 4 и 5, где внесены 1,5 т/га и 2,5 т/га ВМЖ, количество обменного калия в пахотном и подпахотном горизонтах было соответственно 172,2; 147 мг/кг и 171,6; 137,4 мг/кг, что близко к контрольным вариантам. Наименьшим содержанием обменного калия отличаются почвы, где внесен биогумус: в пахотном горизонте количество его составило 164,4 мг/кг и снизилось в нижележащем – до 132,6 мг/кг. В полуметровом слое почв, где вносили испытываемые удобрения, количество обменного калия на 53,7–76 мг/кг выше, чем в контрольных вариантах.

В период цветения-плодообразования хлопчатник потребляет из почвы и удобрений самое большое количество азота, фосфора и калия. На основании полученных данных можно резюмировать, что для нормального развития хлопчатника и накопления плодоеlementов почвы вариантов опыта, где внесены органические и органоминеральные удобрения (в 3, 4, 5, 6) обеспечены подвижными формами азота, фосфора и обменного калия в достаточных количествах.

В фазу массового плодообразования хлопчатника содержание нитратного азота и фосфора в почвах опыта заметно снизилось за счет усиленного поглощения их растениями. В почвах контрольных вариантов 1 и 2, содержание нитратов в пахотном горизонте было соответственно 21,2 мг/кг и 15,7 мг/кг.

На вариантах, где внесены бактериально обработанные фосфорно-гуминовые удобрения – ВМЖ и биогумус, количество нитратов увеличилось относительно контрольных вариантов и составило в среднем, в пахотном горизонте почв, соответственно, 27,0; 24,7; 31,3 и 39,0 мг/кг. Наиболее высокое его содержание отмечено на варианте, где внесен биогумус. Количество подвижного фосфора в почвах всех вариантов опыта уменьшилось по сравнению с предыдущей фазой развития хлопчатника. В контрольных вариантах 1 и 2 содержание его составило 24,0–26,0 мг/кг; в почвах с испытываемыми удобрениями – от 38,0 до 53,0 мг/кг. Наибольшее содержание подвижного фосфора отмечено в почве варианта, где внесен биогумус – 53 мг/кг, затем следует почва вариантов с ВМЖ – 40,0 и 42,0 мг/кг и 38 мг/кг в варианте 3, где внесены бактериально обработанные фосфорно-гуминовые удобрения. По сравнению с предыдущей фазой развития хлопчатника, цветения-плодообразования, на варианте с внесением биогумуса, в почвах пахотного горизонта, отмечено самое высокое содержание обменного калия – 245,8 мг/кг против 198,8 мг/кг. Внесение 1,5 т/га ВМЖ также способствовало увеличению содержания обменного калия в почвах до 222,8 мг/кг. В слое 0–50 см в вариантах 3–6, количество подвижных форм азота, фосфора и калия было соответственно 41,7–68,2; 70,0–87,0; 323,0–409,7 мг/кг, что выше содержания на контрольных вариантах, где их количество составило 28,1–44,8; 45–48 и 335–325,7 мг/кг.

Однако при внесении бактериально обработанных фосфорно-гуминовых удобрений в количестве 2,5 т/га ВМГ содержание обменного калия в почвах осталось на уровне предыдущей фазы цветения-плодонакопления – 175,1–175,9 мг/кг.

В фазу созревания хлопчатника содержание нитратного азота в почвах контрольных вариантов составило в пахотном и подпахотном горизонтах соответственно 24,7; 16,3; и 28,8 16,0 мг/кг. Наибольшее количество в пахотном горизонте нитратного азота отмечено на вариантах, где внесены 2,5 т/га ВМГ и 2,5 т/га биогумуса и составило 40,2–40,0 мг/кг почвы. Наименьшее количество его содержалось на варианте с внесением 1,5 т/га ВМГ в количестве 19,2 мг/кг. Количество подвижного фосфора в этот период развития хлопчатника на контрольных вариантах составило 22,0 и 32,0 мг/кг. На вариантах с испытуемыми удобрениями подвижный фосфор в пахотном слое колебался в пределах 32,0 и 44,0, причем наибольшее его количество отмечено на вариантах, где внесено 1,5 т/га ВМГ и 2,5 т/га биогумуса. По сравнению с предыдущей фазой развития, в фазе созревания хлопчатника содержание подвижного фосфора уменьшилось в почвах всех вариантов опыта.

Такая же закономерность отмечена и по содержанию обменного калия в фазе созревания хлопчатника. Наименьшее его количество отмечено на контрольных вариантах: в пахотном горизонте оно составило соответственно 138,2 и 143,6 мг/кг. Высокое содержание обменного калия, относительно других вариантов, отмечено на варианте с внесением 1,5 т/га ВМГ – 204,8 мг/кг. На остальных вариантах, где внесены другие испытуемые удобрения, количество калия в пахотном горизонте почв было в пределах 145,5–204,8 мг/кг.

В полуметровом слое количество нитратов, подвижного фосфора и обменного калия составило соответственно 41,5–64,7; 40,0–72,0; 300,9–373,5 мг/кг почвы, что превышает содержание элементов питания в почвах контрольных вариантов на 7,5–23,9; 6–38 и 11,3–84,3 мг/кг соответственно.

В нижележащих горизонтах почв отмечено снижение содержания подвижных форм элементов питания на всех вариантах опыта.

Выводы. Полученные данные позволяют сделать заключение о том, что применение бактериально обработанных фосфорно-гуминовых удобрений, ВМГ и биогумуса повышают содержание подвижных форм азота, калия и, особенно, фосфора в почвах и даёт возможность сократить внесение минеральных удобрений до 33–35 %.

Выявлено, что применение биогумуса в норме 2,5 т/га способствует увеличению в течении вегетации хлопчатника в 0–50 слое почвы содержание нитратного азота на 7,5–23,9 мг/кг, подвижного фосфора на 24,0–42,0 мг/кг, обменного калия на 43,0–75,0 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом.

ДИНАМИКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ МАГНИЕМ И СЕРОЙ ПАХОТНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ И ОТЗЫВЧИВОСТЬ ГОРОХА НА МАГНИЙ- И СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ УДОБРЕНИЯ

Богdevич И. М., Путятин Ю. В., Станилевич И. С.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Магний является важным элементом для роста и развития растений, он входит в состав хлорофилла и участвует в процессе фотосинтеза. Магний – полифункциональный элемент питания, так как он выполняет структурообразующую роль, входя в состав органелл, клеток, мембран, клеточных стенок, и выполняет важную функциональную роль в составе около 300 ферментов. Велика его роль в образовании и развитии генеративных органов. Недостаток или избыток магния приводит к нарушению биохимических процессов в растениях.

Сера – важный элемент питания растений. По физико-биохимическому значению она стоит в одном ряду с азотом, фосфором, калием, участвует в синтезе незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов, углеводном и азотном обмене. Известно положительное действие серы на величину и качество урожая: повышение содержания белка в зерновых культурах, масличности семян крестоцветных культур.

Эффективность магниевых и серосодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры в Беларуси изучена недостаточно. Имеющиеся немногочисленные работы преимущественно выполнены в условиях острого дефицита магния в дерново-подзолистых почвах. Установление количественных параметров как дефицита, так и избыточного содержания обменного магния в почве для эффективного применения магниевых удобрений, обеспечивающих окупаемость затрат и высокое качество продукции для наиболее ценных сельскохозяйственных культур является важной научной задачей.

Цель работы – критический обзор мониторинга обеспеченности пахотных почв Беларуси обменным магнием и подвижной серой с учётом отзывчивости зерновых культур на магний и серосодержащие удобрения. Актуальность исследований обусловлена большим диапазоном различий концентрации магния в почвах.

Материалы и методика исследований. Материалы агрохимического обследования почв за период 1980–2020 гг. представлены областными проектно-изыскательскими станциями химизации сельского хозяйства, верифицированы и систематизированы в республиканской электронной базе данных. В полевом стационарном опыте в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с контрастными уровнями содержания обменного магния исследовали дей-

ствие серосодержащего удобрения (сульфата аммония) и некорневых подкормок сульфатом магния на урожайность зерна гороха посевного.

Агрохимические показатели почвы: содержание гумуса – 1,8–2,1 %, pH_{KCl} – 5,8–6,0, фосфор – 530–570, калий – 310–345, кальций – 840–1230, магний – 45–240 мг/кг, сера – 9–11 мг/кг почвы. Опыт заложен в двух полях, на каждом создано 4 уровня обеспеченности почвы обменным магнием, MgO: I уровень – 76–83 мг/кг, II – 150–153 мг/кг, III – 230–245 мг/кг, IV – 305–328 мг/кг. Соотношения на уровнях Ca:Mg — 13,2; 5,2; 3,6; 2,2; K:Mg — 1,8; 0,8; 0,6; 0,4.

На каждом блоке содержания обменного магния в почве исследовали действие базового варианта удобрений, серы в дозе S_{36} , некорневых подкормок сульфатом магния. Опыт развернут в двух полях. Повторность опыта 4-х кратная, размещение делянок рандомизированно. Общая площадь делянки – 15 м², учётная площадь – 8 м². Некорневые подкормки гороха 4 %-ным раствором сульфата магния проводили в фазе бутонизации.

Обеспеченность пахотных почв магнием и серой. Магний находится в почве и растениях в виде двухвалентного катиона. Ионы магния, обменно поглощённые почвенными коллоидами, наиболее доступны для растений. Дерново-подзолистые почвы Беларуси в середине прошлого столетия характеризовались крайне низким содержанием обменного магния. Крупномасштабное обследование почв сельскохозяйственных земель на содержание магния начато с 1976 года. Средневзвешенное содержание магния в пахотных почвах многих районов тогда было в пределах 36–62 мг MgO на кг почвы. В республике проведено семь циклов известкования кислых почв, где в качестве мелиоранта использовали доломитовую муку с содержанием MgO ~20 %. Это привело к долговременному повышению содержания в почвах обменных форм магния, которое в последние годы стабилизировалось на уровне 243–259 мг/кг почвы (рис. 1).

Содержание подвижной серы в дерново-подзолистых почвах колеблется в больших пределах и связано, в основном, с содержанием органических веществ, на долю которых приходится 70–90 % валового запаса серы. Количество доступных для растений сульфатов зависит от темпов минерализации гумуса, поступления серы с навозом, минеральными удобрениями и осадками. Средневзвешенное содержание сульфатной серы в гумусовом горизонте пахотных почв Беларуси за последние тридцать лет уменьшилось наполовину и составляет 5,4 мг/кг почвы.

Обеспеченность пахотных почв обменным магнием и подвижной серой существенно различается по областям Беларуси. Согласно агрохимическому обследованию почв (2017–2020 гг.), средневзвешенное содержание обменного магния MgO в почвах Витебской области (347 мг/кг) примерно вдвое превышает аналогичный показатель в Брестской области (табл. 1).

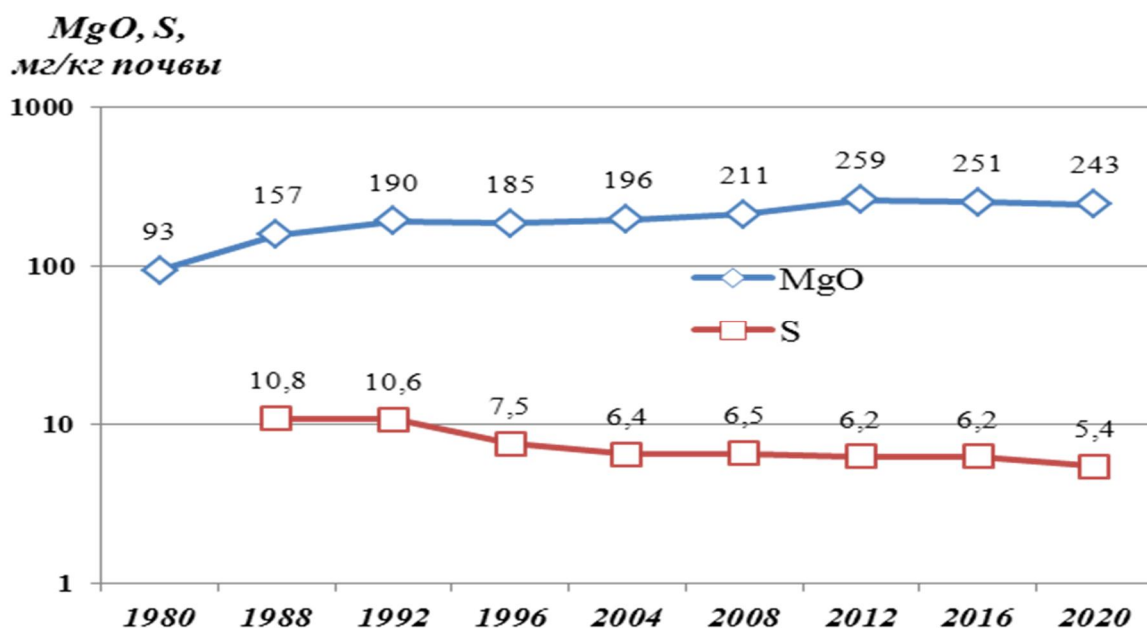


Рис.1. Динамика средневзвешенного содержания обменного магния и подвижной серы в пахотных почвах Беларуси

Таблица 1

**Распределение площади пахотных почв Беларуси
по группам содержания обменного магния***

Область	По группам содержания MgO, мг/кг, %						Средневзвешенное содержание MgO, мг/кг почвы
	<60	61–90	91–150	151–300	301–450	>450	
Брестская	5,1	13,5	30,2	39,0	10,1	2,1	178
Витебская	0,1	0,2	1,6	29,2	46,7	22,2	347
Гомельская	0,4	1,7	14,3	62,4	15,5	5,7	247
Гродненская	1,8	5,5	23,7	57,2	10,4	1,4	200
Минская	1,3	3,4	14,0	49,1	29,6	2,6	250
Могилёвская	0,3	7,3	12,2	49,1	26,2	4,9	248
Беларусь	1,6	5,5	16,5	47,3	23,0	6,1	243

* По состоянию на 01.01.2021г., Брестская и Могилёвская области – на 01.01.2020 г.

На долю почв слабо обеспеченных магнием, <90 мг/кг, в Беларуси приходится 7,1 % площади пашни с различиями от 0,3 % в Витебской до 18,6 % в Брестской областях. Диапазон оптимального содержания обменного магния для формирования высокой урожайности полевых культур обычно соответствует четвертой группе обеспеченности. В настоящее время 76,4 % площади пахотных почв Беларуси характеризуется оптимальной и высокой обеспеченностью обменным магнием. Доля почв с высоким и избыточным содержанием магния MgO >300 мг/кг составляет около 30 % площади пашни с колебаниями от 12,2 % в Брестской до 68,9 % в Витебской областях.

Наблюдается заметная пестрота и по содержанию серы в почвах: от 56,3 % площади пашни в Гомельской области до 84,0 % в Могилёвской области характеризуется очень низким (менее 6 мг/кг) содержанием подвижной серы (табл. 2). Доля площади высоко обеспеченных серой почв, с содержанием свыше 18 мг/кг незначительна и различается по областям республики от 0,7 до 5,4 %.

Таблица 2

**Распределение площади пахотных почв Беларуси
по группам содержания подвижной серы***

Область	По группам содержания S, мг/кг, %				Средневзвешенное содержание S, мг/кг почвы
	< 6,0	6,1–12,0	12,1–18,0	> 18,0	
Брестская	61,8	30,6	6,9	0,7	5,87
Гомельская	56,3	31,2	7,1	5,4	6,81
Гродненская	79,8	18,0	1,3	0,9	5,07
Минская	70,5	25,3	3,2	1,0	5,03
Могилёвская	84,0	10,8	3,4	1,8	4,08
Беларусь	70,3	23,6	4,4	1,8	5,35

*По состоянию на 01.01.2021г., Брестская и Могилёвская области – на 01.01.2020 г.

Содержание сульфатной серы в почве является одним из параметров для прогноза величины и качества урожая сельскохозяйственных культур и эффективности серосодержащих удобрений. Однако необходимость применения серосодержащих удобрений определяется рядом факторов, включая биологические особенности культур, степень окультуренности почв, концентрации и соотношения $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$, сбалансированность доз удобрений и другие.

Устойчивый тренд снижения содержания сульфатной серы в пахотных почвах повышает актуальность применения серосодержащих удобрений. Недостаток серы не только снижает урожайность и качество растениеводческой продукции, но и уменьшает эффективность использования азота из удобрений растениями. Повышение содержания в почве обменных форм магния снижает доступность серы корням растений, поскольку легкодоступная для растений сера находится в форме сульфатов одновалентных катионов.

По результатам исследований, проведённых в 2016–2017 гг., установлена зависимость урожайности зерна гороха посевного от обеспеченности почвы обменным магнием (табл. 3). Повышение содержания магния с I до III уровня способствовало росту урожайности зерна в контрольном варианте на 10,6 ц/га, в фоновом варианте $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ на 6,5 ц/га. Повышение содержания магния в почве до IV уровня было избыточным и сопровождалось снижением урожайности в контрольном варианте на 3,5 %, в фоновом варианте на 4,6 %.

Применение серосодержащего удобрения (S_{36}) в виде сульфата аммония было эффективным на первых двух уровнях содержания магния в

почве, прибавка урожайности зерна, соответственно, составила 4,6 и 3 ц/га. Повышение обеспеченности почвы обменным магнием выше уровня MgO 230 мг/кг не сопровождалось достоверной прибавкой урожайности зерна гороха от серосодержащего удобрения. Эффективными оказались некорневые подкормки растений гороха раствором сульфата магния на фоне серосодержащего удобрения также только на первых двух уровнях содержания магния в почве.

Таблица 3

Урожайность зерна гороха на фоне N₃₀P₆₀K₁₂₀, при внесении серосодержащих и магниевых удобрений на различных уровнях содержания в почве обменного магния (среднее, 2016–2017 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га по уровням содержания MgO, мг/кг почвы				Прибавка зерна к контролю и к фону от серы и некорневых под- кормок сульфатом магния, ц/га			
	76–83	150– 153	230– 245	305– 328	76–83	150– 153	230– 245	305– 328
Контроль	29,2	36,2	39,8	38,4				
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	39,0	43,9	45,5	43,4	9,8	7,7	5,7	5,0
Фон+ S ₃₆	43,6	46,9	45,7	43,9	4,6	3,0	0,2	0,5
Фон + Mg _{1,5}	45,6	49,0	47,3	42,5	6,6	5,1	1,8	–0,9
Фон+ S ₃₆ + Mg _{1,5}	48,6	50,7	47,1	42,8	9,6	6,8	1,6	–0,6
НСР ₀₅ варианты уровни	2,61 1,17							

Прибавка урожайности зерна, соответственно, составила 9,6 и 6,8 ц/га, а затраты на удобрения окупались с рентабельностью 70–100 %. Наибольшая урожайность зерна гороха 50,7 ц/га получена в варианте N₃₀P₆₀K₁₂₀+S₃₆+Mg_{1,5} при содержании MgO 150–153 мг/кг почвы.

Заключение. Длительное применение для известкования кислых почв доломитовой муки с содержанием MgO ~20 % привело к 3–4 кратному повышению средневзвешенного содержания обменных форм магния в пахотных почвах Беларуси, которое в последние годы стабилизировалось на уровне MgO 259–243 мг/кг почвы, но сильно различается по административным регионам, полям и участкам. Обеспеченность пахотных почв подвижной (сульфатной) серой, за последние 40 лет, наоборот, снизилась наполовину в целом по республике, с большой региональной пестротой. Эти изменения повышают актуальность дифференцированного применения магниевых и серосодержащих удобрений с учётом комплекса агрохимических свойств почв.

В серии модельных полевых опытов установлено, что содержание в почве обменных форм магния служит критерием как для определения интервала оптимальной обеспеченности магнием возделываемых культур, так и для прогноза эффективности серосодержащих удобрений и магниевых подкормок растений.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГРЕЧИХИ

Брескина Г. М.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Гречиха – ценная крупяная и медоносная культура. Она имеет огромное продовольственное и кормовое значение. В хозяйствах Центрально-Черноземного региона зачастую возделываются сорта гречихи без учета их биологии и продуктивности, однако известно, что при интенсивной технологии ее возделывания урожайность может возрасти до 2,0 т/га и более [9]. Однако в настоящее время во всем мире ведется пропаганда получения экологически чистой продукции. Наблюдается постепенный переход к биологизации земледелия. Все шире применяются препараты биологического происхождения [3, 4, 6].

Отечественные ученые изучали влияние препарата GEBIO на выживаемость, сохраняемость, продуктивность и урожайность гречихи в условиях Приморского края. В результате проведенных исследований было установлено, что трехкратная обработка растений гречихи по вегетации препаратом GEBIO увеличивает количество боковых ветвей и зерен на растении, в результате чего повышается продуктивность одного растения с 2,73 до 3,07 г. Урожайность гречихи увеличивается с 2,20 до 2,49 т/га [5].

Получение высоких урожаев с необходимым качеством зерна во многом зависит как от сорта, так и от агротехнических приемов, применяемых при возделывании [7]. В условиях северо-востока ЦЧР одним из основных приемов агротехники, определяющим уровень урожайности гречихи, является выбор оптимального срока посева, который календарно может меняться даже в одном хозяйстве. В нашем случае важным приемом получения наиболее высокого урожая гречихи с хорошим качеством зерна предусмотрено использование побочной продукции культур в сочетании с микробиологическими препаратами.

Исследования ведутся с 2017 года на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенном в Курской области Медвенского района с. Панино в зерновом севообороте: ячмень яровой – гречиха – кормовые бобы – озимая пшеница. Опыт закладывали в соответствии с общепринятыми методиками [1] в трехкратной повторности, гречиху выращивали по рекомендуемой агротехнологии. После уборки культур всю побочную продукцию на всех вариантах применяли в качестве удобрения, а на варианте 2, 3 и 4 с дополнительными добавками. Органическому веществу в системе агроценозов принадлежит основная роль. Вывозя с полей большую часть органического вещества и не возмещая его органическими удобрениями, мы создаем условия для замедления и далее полного прекращения процесса почвообразования [8]. Использование в качестве удобрения соломы злаковых позволит вернуть часть органического вещества в почву.

Основные действующие компоненты биопрепаратов, применяемых в нашем опыте – это культуры двух микроорганизмов: гриба *Trichoderma*, представленного в форме биопрепарата *Грибофит* – это экологически безопасный биофунгицид, ростостимулятор, фосфатмобилизатор. Препарат содержит споры и мицелий гриба *Trichoderma*, а также, продуцируемые грибом в процессе производственного культивирования, биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны). *Имуназот* – биологический препарат на основе ризосферных бактерий *Pseudomonas*, фосфатмобилизатор контактного и системного действия. Обладает ростстимулирующей активностью, повышает всхожесть и энергию прорастания, способствует усиленному развитию корневой системы растений.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) измельченные растительные остатки (контроль); 2) измельченные растительные остатки + азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 т соломы зерновых культур; 3) измельченные растительные остатки, обработанные биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га); 4) измельченные растительные остатки, обработанные биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + азотные удобрения из расчета 5 кг д.в. N на 1 т соломы зерновых культур.

Обработку биопрепаратами измельченных растительных остатков почвы перед заделкой проводили опрыскивателем ОП–2000/24. Внесение аммиачной селитры осуществляли навесным разбрасывателем РН-0,8. Измельченные растительные остатки заделывали в почву дисковой бороной на глубину 10–12 см. Через 40–60 дней после этого проводили основную отвальную обработку почвы под зерновые культуры на глубину 20–22 см. Наблюдение за ростом и развитием посевов гречихи проводили на фиксированных площадках 1м×1м в пятикратной повторности, учет сбора семян осуществляли вручную с метровых площадок по диагонали в трехкратной повторности [2].

Почва опытного поля – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. При закладке эксперимента в пахотном слое почвы среднее содержание гумуса (по Тюрину) составляло $4,98 \pm 0,15$ %. Реакция почвенной среды нейтральная. Содержание обменного кальция составляло 22,0–23,3 мг-экв./100 г почвы, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия – 8,8–12,0 мг/кг и 9,7–11,2 мг/кг соответственно, общего азота (по Кьельдалю) – 0,22–0,23 %, обменного аммония (по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85) – 10,9–13,2 мг/кг, нитратного азота (по методу Гранвальд-Ляжу) – 4,8–5,1 мг/кг почвы.

Измерение листовой поверхности культуры гречихи с использованием Android-приложения Петтиоль (Petiole) в полевых исследованиях проводилось в период всходов и уборки культуры.

Результаты исследования по определению площади листовой поверхности культуры гречихи в опыте с биопрепаратами в период всходов культуры показали преимущество минеральных удобрений, где наблюдалось увеличение данного показателя на 2,2 и 5,65 см² по сравнению с вариантом по внесению биопрепаратов и контролем, соответственно.

В период уборки культуры гречихи определение площади листовой поверхности выявило преимущество использования минеральных удобрений и совместного их внесения с биопрепаратами, где наблюдалось увеличение данного показателя по сравнению с контролем в 2 раза. Но тенденция изменения листовой поверхности в сторону увеличения ее на варианте с минеральными удобрениями сохранялась в момент уборки, так же как и в период всходов культуры. Но стоит заметить, что прием использования биопрепаратов к моменту уборки урожая гречихи обеспечил величины площади листовой поверхности на уровне внесения минеральных удобрений, разница составила – 1,2 см². По доли вклада факторов в варьирование площади листовой поверхности преимущество сохранялось за минеральными удобрениями – 57 % (табл.).

Таблица

Доля вклада факторов в варьирование площади листа растений гречихи, числа растений в период полных всходов, числа растений перед уборкой, выживаемости растений и урожайности

Факторы	Площадь листовой поверхности, см ²	Числа растений в период полных всходов, шт./м ²	Числа растений перед уборкой, шт./м ²	Выживаемость, %	Урожайность, ц/га
Биопрепараты	40	64	53	40	7
Минеральные удобрения	57	14	42	52	93

Густота продуктивного стеблестоя гречихи к уборке определялась полевой всхожестью семян и выживаемостью растений. Лучшими показателями полевой всхожести семян и выживаемости растений к уборке гречихи отмечены на варианте заделки растительных остатков с минеральными удобрениями и комплексного внесения минеральных удобрений с микробиологическими препаратами – 86,5–87,2 %. По доли вклада в варьирование показателей полевой всхожести значительно преобладали биопрепараты (64 %), но по выживаемости растений на 12 % преимущество оставалось за минеральными удобрениями.

Урожайность гречихи на контрольном варианте составляла 13,87 ц/га, при применении биопрепаратов наблюдалась лишь тенденция увеличения выхода основной продукции до 14,81 ц/га при НСР₀₅=2,97 ц/га. Применение азотных удобрений с растительными остатками увеличило значимо выход зерна по сравнению с контролем на 6,16 ц/га, а совместное применение биопрепаратов и азотных удобрений на 2,98 ц/га, то есть преимущество сохраняется за азотными удобрениями, доля вклада фактора в варьирование урожайности гречихи: биопрепараты – 7 %, азотные удобрения – 93 %.

Таким образом, применяемые биопрепараты в нашем опыте позволили повысить всхожесть семян, однако в течение вегетационного периода их влияние ослабло и растущие и развивающиеся растения гречихи стали больше нуждаться в минеральном питании.

Список литературы

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Доспехов, Б. А. Практикум по земледелию / Б. А. Доспехов., И. П. Васильев, А. М. Туликов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
3. Кадырова, Ф. З. Влияние биологически активных препаратов на продуктивность растений гречихи / Ф. З. Кадырова, Л. Р. Климова // Плодородие. – 2020. – № 3. – С. 44–47.
4. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении биопрепаратов на основе ризосферных бактерий (PGPR) / Л. З. Каримова [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – №4(55). – С. 53–58.
5. Павлова, О. В. Влияние препарата GEBIO на продуктивность гречихи в условиях приморского края / О. В. Павлова // Аграрный вестник Приморья. – 2020. – № 2(18). – С. 15–18.
6. Сажина, С. В. Влияние неблагоприятных погодных условий на развитие гречихи на фоне обработки биопрепаратами / С. В. Сажин, А. А. Сажин // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса; Рязанский гос. агротехнологич. ун-т им. П. А. Костычева. – 2020. – С. 163–167.
7. Приемы возделывания гречихи на темно-серых лесных почвах Центрального Черноземья / В. А. Семькин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 5. – С. 52–58.
8. Сорокин, И. Б. Растительное органическое вещество как основа почвенного плодородия / И. Б. Сорокин, Э. В. Титова, Л. В. Касимова // Земледелие. – 2008. – № 1. – С. 14–15.
9. Щукин, Р. А. Продуктивность сортов гречихи в условиях северо-востока ЦЧР / Р. А. Щукин // Инновационные технологии в растениеводстве: материалы науч.-практ. конф., 27 мар. 2009 г. / Под ред. Н. Н. Бабича, Г. Н. Пугачева. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2009. – С. 77–82.

УДК 631.8:[633.321+633.358]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО И ГОРОХА ПОЛЕВОГО

Вильдфлуш И. Р., Мишура О. И.

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

Из многолетних бобовых трав наибольшие площади посева в Беларуси занимают многолетние виды клевера. Доминирующим из них является клевер луговой, или красный – 400 тыс. га в смесях трав и почти 200 тыс. га в чистом виде. Клевер луговой наиболее приспособленная культура к почвенным и погодным условиям республики. Посевы клевера лугового способны давать 120 ц/га сена и более.

В настоящее время горох является одной из наиболее распространенных зернобобовых культур. В мировом земледелии он возделывается на всех континентах земного шара и по посевным площадям (около 7 млн га) занимает пятое место после сои, фасоли, арахиса и нута. В Республике Беларусь максимальная посевная площадь отмечена в 1998 г. и составила 166,9 тыс. га. Однако в последние годы посевные площади под чистыми и смешанными посевами гороха в нашей стране стабилизировались на уровне 80–100 тыс. га.

Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с оптимизацией соотношения в почве макро- и микроэлементов. Причем это важно не только для роста урожайности, но и повышения качества продукции растениеводства и животноводства. Одним из приемов снижения энергетических затрат и повышения экономической эффективности является использование комплексных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания для конкретных сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Разработаны новые формы микроудобрений в хелатной форме эффективность которых значительно выше, чем простых солей. Повысить эффективность применения микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые хорошо совместимы с регуляторами роста растений. При этом первостепенное значение имеют регуляторы роста природного происхождения (Экосил, Гуматы и др.), которые имеют преимущества, поскольку они включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [4].

Целью исследований было изучение влияния макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клевера лугового и гороха полевого, а также определение их агроэкономической эффективности при возделывании этих культур.

Исследования с клевером проводились в 2012–2013 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком, на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытных участков имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию (pH_{KCl} 5,8–6,2), среднее содержание гумуса (1,67–1,71 %), повышенное – подвижного фосфора (202–228 мг/кг), среднее и повышенное – калия (191–213 мг/кг). Общая площадь делянки в опытах – 36 м², повторность – четырехкратная, способ учета урожая сплошной, поделаноchnый. Клевер сорта ТОС высевался сеялкой СПУ-3 под ячмень с нормой высева семян 10 кг/га.

Минеральные удобрения применяли в форме аммонизированного суперфосфата и хлористого калия, некорневые подкормки клевера микроудобрениями проводили ЭлеГум-В (150 г/л В, 10 г/л гуминовых веществ), ЭлеГум-Сu (50 г/л Сu, 10 г/л гуминовых веществ), МикроСил-Бор, Медь (4 г/л В, 40 г/л Сu, 130 г/л N, 30 мг/л экосила), Адоб В (в одном литре – 150 г В). ЭлеГум-В, ЭлеГум-Сu и МикроСил-Бор, Медь вносились

в дозе 1л/га, молибдат аммония (0,08 кг/га) и борная кислота (0,6 кг/га) в фазе отрастания клевера. Регуляторы роста Эпин и Экосил применялись также в фазе отрастания клевера в дозе 80 мл/га и 50 мл/га соответственно.

Опыты с горохом проводились в 2014–2015 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком, в УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытных участков имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию (pH_{KCl} 5,4–6,1), низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижного фосфора (225–291 мг/кг), среднее и повышенное подвижного калия (186–238 мг/кг), низкое и среднее подвижной меди (1,19–2,20 мг/кг) и низкое – цинка (2,9 мг/кг). Предшественником гороха был овес. Общая площадь делянки в опытах – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная. Норма высева полевого гороха сорта Зазерский усатый – 1,5 млн/га всхожих семян. В опыте применяли удобрения аммофос, хлористый калий, комплексное АФК удобрение для зернобобовых культур марки 6–21–32 с 0,16 % В и 0,09 % Мо. В фазу бутонизации проводили обработки посевов гороха борной кислотой и молибдатом аммония в дозе 50 г/га В и 40 г/га Мо, Адоб В – 0,33 л/га, МикроСтим-Бор (5 г/л N, 150 г/л В, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ – 1 л/га), регулятором роста Экосил 75 мл/га. Комплексное удобрение кристалон применялось в фазе выбрасывания усов (кристалон желтый) в дозе 2 кг/га и в фазе начала выбрасывания усов (кристалон особый) – 2 кг/га.

При внесении в подкормку весной N₁₆P₆₀K₉₀ урожайность зеленой массы клевера лугового возросла по сравнению с вариантом без удобрений на 177 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании клевера лугового в среднем за 2012–2013 гг.

Вариант	Урожайность зеленой массы (сумма 2 укосов), ц/га	Сырой белок, %	Выход сырого белка, т/га	Окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
Без удобрений	664	23,14	3,27	–	–	–
N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ в подкормку весной – фон	835	24,03	4,27	103,0	131,9	44,6
Фон + Эпин	853	24,75	4,49	113,9	157,5	50,0
Фон+ Экосил	839	24,53	4,38	105,4	131,1	42,8
Фон + ЭлеГум В	923	24,93	4,90	156,0	299,8	86,2
Фон + МикроСил-Бор, Медь	952	24,93	5,05	172,3	356,5	101,1
7. Фон + ЭлеГум-Сu	839	24,59	4,34	99,4	105,6	34,4
8. Фон + В, Мо	895	25,52	4,86	97,0	98,4	24,4
9. Фон + Адоб В	931	25,06	4,97	132,0	322,8	92,3
НСР ₀₅	18,1	3,9	–	–	–	–

Обработка посевов клевера регуляторами роста эпином, экосилом и микроудобрением ЭлеГум-Си не способствовало на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ весной в подкормку повышению урожайности зеленой массы. Некорневая подкормка бором и молибденом, Адоб В и ЭлеГум-В на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зеленой массы клевера на 60, 96, 84 ц/га. Максимальная урожайность зеленой массы (952 ц/га), окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы (172,3 кг), выход сырого белка (5,05 т/га) были при применении МикроСил-Бор, Медь на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$. Существенных различий по содержанию сырого белка в зеленой массе клевера по вариантам опыта не отмечено.

Расчеты экономической эффективности по методике, разработанной в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [5] показали, что все удобряемые варианты опыта были экономически выгодными. Наибольший чистый доход (356,5 долл/га) и рентабельность (101,1 %) были получены при применении МикроСил В, Си на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$.

Минеральные удобрения существенно повышали урожайность семян гороха. Внесение до посева $N_{10}P_{40}K_{60}$ увеличивало урожайность семян по сравнению с вариантом без удобрений в среднем за 2 года на 12,8 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг семян 11,5 кг (табл. 2). Увеличение доз минеральных удобрений до $N_{30}P_{75}K_{120}$ способствовало дальнейшему повышению урожайности семян гороха, но при этом несколько снижалась окупаемость 1 кг NPK кг семян.

Применение до посева комплексного АФК удобрения с В и Мо для зернобобовых культур по сравнению с вариантом с эквивалентными дозами ($N_{18}P_{63}K_{96}$), внесенными в форме аммофоса и хлористого калия, повышало урожайность семян на 3,5 ц/га.

Таблица 2

Эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании гороха (среднее за 2014–2015 гг.)

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK кг семян	Сырой белок, %	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
Без удобрений	16,4	—	22,3	—	—
$N_{10}P_{40}K_{60}$	29,2	11,5	23,0	102,6	146
$N_{18}P_{63}K_{96}$ – фон	32,9	9,3	23,3	122,6	122
$N_{30}P_{75}K_{120}$	34,6	8,1	24,0	132,1	116
АФК удобрение с В и Мо (экв. по NPK с 3 вариантом)	36,4	11,3	24,5	94,6	54
Фон + В и Мо	34,8	10,4	24,9	133,6	117
Фон + Адоб В	37,2	11,7	24,2	160,7	133
Фон + Кристалон (особый+желтый)	38,8	12,6	24,5	152,8	102
Фон + Экосил	37,1	11,7	24,2	152,7	124
Фон + МикроСтим-Бор	36,9	11,6	24,7	158,0	132
НСР ₀₅	1,5	—	1,3	—	—

Весьма эффективным было применение регулятора роста Экосила, под влиянием которого урожайность семян возросла на 4,3 ц/га. Эффективным оказалось некорневые подкормки микроудобрениями и комплексным удобрением Кристалон. На фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ применение бора и молибдена повышало урожайность семян на 1,9 ц, Адоб В – на 4,4 ц, МикроСтим-Бор – на 4,0 ц и кристаллоном – на 5,9 ц/га. Наиболее высокая урожайность семян (36,4–38,8 ц/га) и окупаемость 1 кг NPK кг семян (11,3–12,6 кг) отмечены в вариантах с применением комплексного АФК удобрения с В и Мо, Адоб В, кристалона и регулятора роста Экосил.

Некорневая подкормка на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ бором и молибденом и МикроСтим-Бор повышала содержание сырого белка в семенах гороха на 1,6 и 1,4 % соответственно. В этих вариантах было и максимальным (24,9 и 24,7 %) содержание сырого белка в семенах.

Применение удобрений во всех вариантах опыта обеспечивало получение чистого дохода и было рентабельным (табл. 2). Более высокий чистый доход (158,0–160,7 долл/га) был в вариантах с применением МикроСтима-Бор и Адоб В на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$. В этих вариантах была и одна из самых высоких рентабельность (132–133 %). Наибольшая рентабельность применения удобрений (146 %) отмечена в варианте с применением самых низких доз удобрений ($N_{10}P_{40}K_{60}$). Однако чистый доход (102,6 долл/га) был существенно ниже, чем в большинстве других удобряемых вариантах.

Заключение. Некорневые подкормки бором и молибденом, Адоб В, ЭлеГум В и МикроСтим-Бор, Медь на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ увеличивали урожайность зеленой массы клевера лугового на 60, 96, 84, 117 ц/га. Максимальная урожайность зеленой массы клевера (952 ц/га), окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы (172 кг), выход сырого белка (5,05 т/га), чистый доход (356,5 долл/га) и рентабельность (101,1 %) были получены при применении МикроСил-Бор, Медь на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$.

На фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ применение бора и молибдена повышало урожайность семян гороха на 1,9 ц, Адоб В – на 4,4 ц, МикроСтим-Бор – на 4,0 и кристалона – на 5,9 ц/га. Наиболее высокая урожайность семян гороха (36,4–38,8 ц/га) и окупаемость 1 кг NPK кг семян (11,3–12,6 кг) отмечены в вариантах с применением комплексного АФК удобрения с В и Мо, Адоб В, кристалона и регулятора роста Экосил на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$. Более высокий чистый доход (158,0–160,7 долл/га) и одна из самых высоких рентабельность (132–133 %) были при применении МикроСтим-Бор и Адоб В на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$.

Список литературы

1. Пироговская, Г.В. Комплексные удобрения в технологии возделывания картофеля на дерново-подзолистых почвах / Г. В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – №1(58). – С. 153–169.
2. Комплексные удобрения для сельскохозяйственных культур: перспективные разработки / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – С. 244–248.

3. Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения агрохимии, 2011. – 48 с.

4. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями Микро-Стим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1. – С. 180–192.

5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии – Минск, 2010 – 24 с.

УДК 631. 53. 021: 633.3: 631.5 (477.7)

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ДОННИКА БЕЛОГО ОДНОЛЕТНЕГО

Влащук А. М., Дробит А. С., Прищепо Н. Н., Белов В. О.

*Институт орошаемого земледелия НААН Украины,
г. Херсон, Украина*

Земледелие является одной из древнейших отраслей, как сельскохозяйственного производства, так и производственной деятельности человека. В процессе взаимодействия с природой человечество постоянно занималось решением первоочередной задачи жизнеобеспечения – производством пищевых продуктов, которые являются единственным источником получения человеком внутренней энергии. Чтобы обеспечить население продовольствием, в частности продуктами животноводства, нужно приложить максимум усилий для повышения экономической эффективности кормопроизводства.

Одним из главных источников получения необходимых кормов для животноводческой отрасли являются кормовые травы, которые по продолжительности вегетации и своими биологическим особенностям делятся на многолетние и однолетние, а они, в свою очередь, на бобовые и злаковые. Бобовые травы положительно влияют на структуру почвы, обогащают ее биологическим азотом, что является экономически выгодным благодаря уменьшению применения минеральных удобрений; также они составляют протеиновую основу кормовой базы для животноводства.

Ценной бобовой кормовой культурой, которая формирует высокие урожаи зеленой массы, считается донник (также известный как сладкий клевер). Донник белый однолетний обладает на редкость ценным для земледелия и растениеводства комплексом агробиологических и хозяйственных признаков: незаменим при освоении засоленных земель – трудно назвать другое бобовое растение, конкурирующее с донником по солеустойчивости; отличный предшественник для озимых и яровых зерновых культур, особенно для твердой и сильной пшеницы и кукурузы; одна из лучших парозанимающих кормовых культур под озимые и яровые зерно-

вые культуры; прекрасная кормовая культура, по содержанию протеина и других питательных веществ мало уступающая люцерне; удобен для размещения в любых севооборотах, в том числе в зерно-паровых с короткой ротацией; нетребователен к почвенному плодородию; имеет высокую кормовую продуктивность зелёной массы в первый и второй год жизни; даёт устойчиво высокие урожаи семян, в этом с ним не конкурирует ни одна многолетняя бобовая трава; холодостойкий и засухоустойчивый; хорошо очищает почву от проволочника, зерновых нематод и корневых гнилей.

Культура может произрастать на самых разнообразных почвах: засоленных, песчаных, суглинистых и подзолистых, но лучше с щелочной или нейтральной реакцией, является незаменимой для возделывания на солонцах. Донник белый признан наилучшим фитомелиорантом – солевыносливой культурой, его корни слабо проницаемы для солей, в связи с чем рост зелёной массы и корней на солонцах у данной культуры не снижается. Имея хорошо развитую корневую систему стержневого типа, донник полностью преодолевает солонцовые горизонты на глубину около 40–60 см, его корни хорошо разрыхляют естественную структуру солонцовых горизонтов – по образующимся ходам живых и мёртвых корней соли из солонцовых горизонтов вымываются в более глубокие слои почвы. Таким образом, происходит рассоление солонцов или биологическая их мелиорация. Этому во многом способствует и огромная органическая масса, накапливаемая донником в почве и подпочве (около 200 ц/га сырой массы). Кроме того, на его мощно развитых корнях образуется много клубеньков с азотофиксирующими бактериями. В результате этого в почве накапливается немало азота, который легко усваивается последующими культурами. Почвенный покров представляет особую форму природных ресурсов многостороннего использования в сельском хозяйстве. Вместе с растительным покровом он регулирует режим биосферы, качество и чистоту воздуха, воды, пищи и здоровья населения.

Для полноценного введения донника белого однолетнего как конкурентоспособной культуры в производство нужно проводить селекционную работу по выведению новых сортов и, вместе с тем, совершенствовать технологию выращивания в зонах его использования. В данном направлении ведем работу Института орошаемого земледелия НААН. В частности, в 2018 г. в Государственный реестр сортов растений Украины внесен новый сорт донника белого однолетнего – Пивденный (*Melilotus albus* Medik).

На сегодняшний день наблюдается недостаточное количество научной литературы по вопросам биологии донника белого однолетнего и разработке технологии выращивания этой культуры с учётом изменений климатическим условий. Не проводится селекционная работа по созданию новых сортов и практически полностью отсутствует семеноводство донника белого однолетнего, недостаточно изучено применение различных приёмов агротехники при выращивании семенных посевов культуры.

Наиболее действенным методом получения стабильно высоких урожаев семян донника белого однолетнего является усовершенствование технологии выращивания, которая базируется на эффективном определении ширины междурядий и доз внесения удобрений.

В процессе формирования высокопродуктивных посевов донника белого однолетнего большая роль принадлежит сорту. Полная реализация урожайного потенциала сортов культуры возможна только при условии создания благоприятных условий выращивания, соблюдении всех мероприятий, удовлетворяющих требования данного сорта. Поэтому целью проведенных нами исследований было определить особенности формирования семенной продуктивности различных сортов донника белого однолетнего путём оптимизации ширины междурядий и доз азотного удобрения в условиях юга Украины.

Опыт закладывали на протяжении 2016–2018 гг. в Институте орошаемого земледелия НААН Украины в богарных условиях. Почва – тёмно-каштановая, типичная для южной степной зоны Украины. Исследования проводили в четырёхкратной повторности, с размещением участков методом рендомизации. В трёхфакторном полевом опыте изучали: фактор А (сорт) – Пивденный, Донецкий однолетний; фактор В (ширина междурядий) – 15, 30, 45, 60 см; фактор С (доза азотного удобрения) – без удобрений, N_{30} , N_{60} , N_{90} .

Одним из недостатков выращивания донника белого однолетнего является низкая всхожесть его семян из-за твердой оболочки. Для повышения всхожести проводят передпосадочную обработку семян скарификацией (нацарапывание оболочки). Эта технологическая операция способствует повышению лабораторной всхожести семян на 65 %, полевой – на 45 %.

Исследованиями установлено, что на семенную продуктивность донника белого однолетнего влияли все факторы опыта. Урожайность семян исследуемых сортов культуры, в среднем за 2016–2018 гг., находилась в пределах 280–556 кг/га. Наибольший урожай семян донника, в среднем за три года исследований, по фактору А (сорт) – 417 кг/га был получен при посеве сорта Пивденный. Среди вариантов ширины междурядий (фактор В) наилучшие показатели были при посеве с шириной междурядий 45 см, когда урожайность составила в среднем 439 кг/га. По фактору С (доза азотного удобрения) максимальная средняя урожайность семян культуры – 473 кг/га получена при использовании дозы азотного удобрения N_{60} .

Максимальную среднюю урожайность – 556 кг/га, в среднем за три года исследований, сформировал сорт Пивденный при посеве с шириной междурядий 45 см и использовании дозы азотного удобрения N_{60} . Наибольшая урожайность для сорта Донецкий однолетний – 478 кг/га, в среднем за 2016–2018 гг., была получена при посеве с шириной междурядий 45 см и использовании дозы азотного удобрения N_{60} . Таким образом, для обоих изучаемых в опыте сортов донника белого однолетнего оптимальной была ширина междурядий 45 см и доза азотного удобрения N_{60} .

Согласно результатов проведенных в 2016–2018 гг. исследований установлено, что, на формирование семенной продуктивности донника белого однолетнего в большей или меньшей степени влияли все факторы опыта.

Наиболее благоприятные условия для формирования урожая семян культуры образовались на посевах сорта Пивденный, который показал самую высокую среднюю урожайность по фактору А (сорт) – 417 кг/га. По фактору В (ширина междурядий) наибольшую урожайность в среднем за три года – 439 кг/га – получили при посеве с шириной междурядий 45 см. Наилучший показатель семенной продуктивности – 473 кг/га – установлен при использовании дозы азотного удобрения N_{60} (фактор С).

Максимальную среднюю урожайность семян донника – 556 кг/га, в среднем за 2016–2018 гг., сформировал сорт Пивденный при посеве с шириной междурядий 45 см и использовании дозы азотного удобрения N_{60} .

Следует отметить, что на всех вариантах опыта наивысшие показатели урожайности были получены в 2016 году, который по количеству выпадения осадков был наиболее благоприятным.

УДК 633. 2/3: 31.531

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКРОВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА ПОЛЕВУЮ ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И ГУСТОТУ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ ФЕСТУЛОЛИУМА

Гавриков С. В., Макаро В. М., Бабич Б. И.

*Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси,
г. Щучин, Беларусь*

Создание устойчивой кормовой базы, обеспечивающей получение дешёвых высокопитательных кормов, является важнейшим фактором интенсификации животноводства. В последние годы в производстве находит всё большее распространение такая многолетняя злаковая культура, как фестулолиум – межродовой гибрид, сочетающий в себе хорошую зимостойкость овсяницы луговой и повышенное содержание сахаров, присущее райграсу многоукосному. Корм из фестулолиума хорошо поедается скотом на пастбищах и пригоден для производства сена и сенажа. Продолжительность жизни при высокой продуктивности составляет 5–6 лет. Эта культура характеризуется быстрым отрастанием и оптимальным соотношением белков и углеводов [1].

Закладка семенных посевов фестулолиума производится в основном под покров различных зерновых культур, убираемых на зерно или однолетних кормовых смесей на зелёный корм. Однако внесение высоких доз азотных удобрений под покровную культуру приводит к изреживанию травостоя в первый год жизни и снижению его семенной продуктивности на

второй и последующие годы использования посева. Поэтому в настоящее время важное значение имеет поиск агроприёмов, обеспечивающих получение травостоев этой культуры с оптимальным количеством растений после уборки покровной зерновой культуры и в последующем получение устойчивой семенной продуктивности в годы использования на семена [2].

Цель исследований:

- установить влияние озимых покровных культур и вносимых под них различных доз азотных удобрений на полевую всхожесть семян и сохранность растений подсеянного фестулолиума;
- выявить особенности формирования и развития семенных травостоев в год уборки семян фестулолиума и дать экономическую оценку выращивания семян этой культуры.

Место проведения исследований – опытное поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси». Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: pH – 5,9–6,0, гумус – 1,2–1,3 %, содержание P_2O_5 – 230–250 и K_2O – 150–160 мг/кг почвы.

Схема опыта:

1. Фактор А – норма высева семян фестулолиума: 4 и 6 млн всхожих семян/га;
2. Фактор В – покровная культура: озимая рожь, озимая пшеница, озимое тритикале;
3. Фактор С – дозы азотных удобрений, внесённые под зерновые культуры: N_{60} , N_{90} , N_{120} .

Предшественник – редька масличная. Учетная площадь делянки 50 м², повторность – четырёхкратная [3].

Подсев фестулолиума сорта Пуня проводился под покров озимых зерновых культур ранней весной рядовым способом с нормами высева 4 и 6 млн всхожих семян на гектар. В качестве покровных культур высевались озимая рожь сорт Пралеска, озимая пшеница сорт Фигура и озимое тритикале сорт Гренадо. Норма высева покровных культур снижалась на 25 % и составляла: для озимого тритикале – 3,7 млн, озимой пшеницы и озимой ржи – 3,4 млн всхожих семян/га. Дозы азотных удобрений в исследованиях с зерновыми культурами варьировали от 60 до 120 кг/га по действующему веществу, в год уборки семян фестулолиума весной по всем вариантам опыта применяли 60 кг/га азота.

В результате установлено, что вид покровной культуры, дозы вносимых под неё азотных удобрений и нормы высева семян фестулолиума повлияли на густоту стояния растений и полевую всхожесть семян (табл. 1).

В среднем за годы исследований, под покровом озимой ржи отмечено минимальное количество всходов фестулолиума – 151–157 шт./м² при норме высева 4 млн всхожих семян/га и 228–235 шт./м² – при 6 млн всхожих семян/га. Под озимыми пшеницей и тритикале данный показатель при изучаемых нормах высева составил, соответственно, 242–253 и 239–246 шт./м².

Таблица 1

Полевая всхожесть семян и сохранность растений фестулолиума в зависимости от вида покровной культуры и дозы азотных удобрений (среднее 2013–2015 гг.)

Вариант		Густота стояния растений, шт./м ²	Полевая всхо- жесть семян, %	Количество растений, вышедших из-под по- крова, шт./м ²	Сохран- ность расте- ний, %	Урожай- ность по- кровной культуры, ц/га
вид покровной культуры (фактор В)	дозы азотных удобрений (фактор С)					
норма высева семян фестулолиума – 4 млн всхожих семян/га (фактор А)						
Озимая рожь	N ₆₀	151	37,8	104	26,0	45,7
	N ₉₀	157	39,3	105	26,3	51,9
Озимая пшеница	N ₆₀	175	43,8	130	32,5	64,6
	N ₉₀	170	42,5	110	27,5	68,8
	N ₁₂₀	166	41,5	107	26,8	70,4
Озимое тритикале	N ₆₀	167	41,8	136	34,0	53,1
	N ₉₀	161	40,3	123	30,8	57,7
	N ₁₂₀	174	43,5	114	28,5	62,3
норма высева семян фестулолиума – 6 млн всхожих семян/га (фактор А)						
Озимая рожь	N ₆₀	235	39,2	188	31,3	46,4
	N ₉₀	228	38,0	175	29,2	52,4
Озимая пшеница	N ₆₀	242	40,3	200	33,3	63,8
	N ₉₀	253	42,2	176	29,3	65,9
	N ₁₂₀	245	40,8	180	30,0	71,3
Озимое тритикале	N ₆₀	243	40,5	204	34,0	54,2
	N ₉₀	239	39,8	187	31,2	58,7
	N ₁₂₀	246	41,0	179	29,8	63,0
НСР ₀₅ : Фактор А		6,0		4,5		1,30
Фактор В		5,7		3,7		1,10
Фактор С		5,5		4,0		1,18

Аналогичные результаты получены и при анализе полевой всхожести семян этой культуры. Максимальные ее показатели получены в зависимости от дозы азотных удобрений при закладке семенного травостоя под покров озимых пшеницы и тритикале – 40,3–43,8 % при норме высева 4 млн всхожих семян/га и 39,8–42,2 % – при норме высева 6 млн всхожих семян/га. Всхожесть семян при подсеве под озимую рожь в сравнении с подсевом под озимую пшеницу и озимое тритикале снизилась на 3,2–6,0 и 1,0–4,0 % при норме высева 4 млн всхожих семян/га и дозах внесения азотных удобрений N₆₀ и N₉₀. При норме высева 6 млн всхожих семян/га и этих же дозах удобрений она была ниже на 1,1–4,2 и 1,3–1,8 % соответственно.

Исследованиями установлено, что при подсеве фестулолиума с нормой высева 4 млн всхожих семян/га после выхода растений из-под покрова зерновых культур оптимальная структура его травостоя формируется при использовании в качестве покровной культуры озимых пшеницы и тритикале с внесением в подкормку азота в дозе N₆₀ (130–136 растений/м²). Продуктивность зерновых при этом составила: озимая пшеница – 64,6 ц/га, озимое тритикале – 53,1 ц/га, а сохранность растений фестулолиума под их покровом – 32,5 % и 34,0 % соответственно. Подсев культуры под озимую рожь с нормой высева 4 млн всхожих семян/га являлся неце-

лесообразным, так как после уборки покровной культуры в травостое фестулолиума насчитывалось только 104–105 растений/м² при сохранности растений культуры 26,0–26,3 %.

Увеличение количества высеванных семян фестулолиума под покров различных озимых зерновых культур до 6 млн всхожих семян/га благоприятно сказывалось на структуре травостоя. При изучаемых дозах азотных удобрений (N_{60–120}) из-под их покрова вышло оптимальное количество растений. После озимой ржи их количество составило 175–188 шт./м², озимой пшеницы – 176–200 шт./м², озимого тритикале – 179–204 шт./м². Сохранность растений фестулолиума колебалась в пределах 29,2–34,0 %, при урожайности зерна у ржи – 46,4–52,4 ц/га, пшеницы – 63,8–71,3 ц/га и тритикале – 54,2–63,0 ц/га.

Количество генеративных побегов и урожайность семян фестулолиума в год уборки семенного травостоя зависела от нормы высева семян этой культуры, вида покровной культуры и дозы вносимых под неё азотных удобрений.

В среднем за годы исследований травостои, заложенные с нормой высева 4 млн всхожих семян/га под покров озимой ржи, сформировали 847–894 шт./м² генеративных побегов, озимой пшеницы – 1087–1219 шт./м², озимого тритикале – 1100–1196 шт./м² (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность семян фестулолиума и экономическая эффективность их выращивания (среднее 2013–2015 гг.)

Вариант		Количество генератив- ных побе- гов, шт./м ²	Урожай- ность семян фестулоли- ума, ц/га	Стоимость продукции, USD/га	Рентабель бель- ность, %
вид покровной культуры (фактор В)	дозы азотных удобрений (фактор С)				
норма высева семян фестулолиума – 4 млн всхожих семян/га (фактор А)					
Озимая рожь	N ₆₀	847	7,0	716,7	0,2
	N ₉₀	894	7,2	766,8	3,4
Озимая пшеница	N ₆₀	1219	8,9	1110,9	30,6
	N ₉₀	1096	7,9	1084,0	23,2
	N ₁₂₀	1087	7,7	1085,2	19,6
Озимое тритикале	N ₆₀	1196	9,1	972,7	16,6
	N ₉₀	1100	7,8	925,9	7,6
	N ₁₂₀	1115	7,9	966,9	8,5
норма высева семян фестулолиума – 6 млн всхожих семян/га (фактор А)					
Озимая рожь	N ₆₀	1144	7,8	771,1	6,9
	N ₉₀	1132	7,6	795,0	6,1
Озимая пшеница	N ₆₀	1394	8,6	1085,3	26,4
	N ₉₀	1400	8,4	1090,7	23,3
	N ₁₂₀	1380	8,5	1143,1	24,9
Озимое тритикале	N ₆₀	1379	8,8	962,2	14,3
	N ₉₀	1362	8,6	983,7	13,3
	N ₁₂₀	1395	8,5	1009,9	12,3
НСР ₀₅ : Фактор А		18,8	0,16		
Фактор В		24,8	0,23		
Фактор С		19,7	0,17		

Семенная продуктивность фестулолиума по вариантам опыта при данной норме высева варьировала от 7,0 ц/га до 9,1 ц/га. Наибольшие показатели семенной продуктивности (8,9–9,1 ц/га) обеспечил подсев фестулолиума под озимые пшеницу и тритикале, где оптимальная доза азотных удобрений составила N_{60} .

Создание семенного травостоя фестулолиума с нормой высева 6 млн всхожих семян/га способствовало увеличению числа генеративных побегов на единице площади. Подсев с данной нормой, в сравнении с аналогичными вариантами при 4 млн всхожих семян/га, под покров озимой ржи увеличивал количество продуктивных стеблей на 238–297 шт./м², озимой пшеницы – на 175–304 шт./м², озимого тритикале – на 183–280 шт./м² соответственно.

Исследованиями установлено, что существенно повысили свою урожайность семенные посевы, вышедшие из-под покрова озимой ржи, с применением азотных удобрений в дозах N_{60-90} до 7,6–7,8 ц/га, озимой пшеницы при внесении N_{90-120} – до 8,4–8,5 ц/га и озимого тритикале при внесении N_{90-120} – до 8,5–8,6 ц/га.

Анализ экономической эффективности выращивания семян показал, что стоимость продукции с единицы площади зависела от уровня семенной продуктивности фестулолиума, урожайности зерна зерновых культур, а также цены на фуражное зерно. При использовании в качестве покровной культуры озимой ржи она составляла 716,7–795,0 USD/га, озимой пшеницы – 1084,0–1143,1 дол. США/га, озимого тритикале – 925,9–1009,9 USD/га.

Максимальные величины стоимости продукции и рентабельность производства семян фестулолиума были получены в вариантах при его подсеве с нормой высева 4 млн всхожих семян/га под покров озимой пшеницы с внесением азотных удобрений в дозе N_{60} – 1110,9 USD/га и 30,6 %, а также озимого тритикале – 972,7 USD/га и 16,6 %.

Таким образом, для создания оптимального семенного травостоя в первый год жизни и получения в год уборки 8,4–9,1 ц/га семян норма высева фестулолиума должна устанавливаться с учетом уровня азотного питания озимой покровной культуры. При планируемом внесении азотных удобрений в дозе N_{60} следует производить подсев 4 млн всхожих семян фестулолиума. При повышении доз азотных удобрений под эти культуры до N_{90-120} , необходимо увеличить норму высева семян фестулолиума до 6 млн всхожих семян/га.

Список литературы

1. Возделывание различных сортов фестулолиума на семена / Н. И. Переправо [и др.] // Адаптивное кормопроизводство. – 2013. – № 3(15). – С. 37–42.
2. Шайкова, Т. В. Влияние норм высева, сроков сева и уровней минерального питания на продуктивность фестулолиума в условиях Псковской области / Т. В. Шайкова, Т. Е. Кузьмина // Кормопроизводство. – 2014. – № 4. – С. 12–15.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М: Колос, 1985. – 351 с.

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

Гальцова А. Д., Арзамазова А. В., Кинжаев Р. Р.

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Нефть и нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных загрязнителей природной среды, в том числе почвенных экосистем. Они значительно изменяют естественные процессы в почвах и влекут за собой огромный ущерб для её обитателей.

При попадании нефти и продуктов ее переработки в почву происходят нарушения морфологических, физических, химических и биологических свойств, определяющих её экологические функции. Изменяются водно-физический режим, структура; трансформируются процессы миграции химических веществ, биогеохимические циклы азота и углерода [1]. В результате почва теряет своё плодородие вплоть до полного отчуждения из землепользования.

В связи с этим проблема восстановления нарушенных в результате нефтезагрязнения почв становится наиболее актуальной. При этом наиболее эффективным приёмом рекультивации является стимулирование биологических процессов разрушения нефти в почве, в рамках которого обязательно применение агрохимических средств (минеральных удобрений, известкующих материалов, стимуляторов роста растений).

Целью нашего исследования была оценка влияния различных доз нефтезагрязнения на продуктивность ячменя, агрохимические свойства и ферментативную активность чернозема выщелоченного и темно-серой лесной почвы.

Объекты и методы. Исследования проводились в вегетационном опыте, длительностью 75 дней, схема опыта представлена в таблице 1. Опыт был заложен в сосудах Митчерлиха, вместимостью 5 кг почвы. Повторность опыта – трехкратная.

В вегетационном опыте были использованы чернозем выщелоченный и темно-серая лесная почва. Загрязненные и незагрязненные нефтью образцы почв были отобраны с сельскохозяйственных территорий Республики Башкортостан. Загрязненные варианты опыта создавались путем тщательного перемешивания незагрязненной почвы с загрязненной, содержащей известное количество поллютанта. Таким образом, были получены варианты с заданным содержанием загрязняющего вещества. Уровни загрязнения были выбраны исходя из значений региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефтепродуктов (ДОСНП). Доза 3000 мг/кг соответствует региональному нормативу, принятому для Республики Татарстан, а доза 2000 мг/кг является промежуточной между вышеуказанным нормативом и ДОСНП, принятым на территории РФ – 1000 мг/кг почвы.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика исследуемых почв

Тёмно-серая лесная почва			
Показатель	Вариант		
	Контроль	2000 мг НП/ кг	3000 мг НП/кг
pH _{KCl}	5,64 ± 0,38	6,63 ± 0,28	6,96 ± 0,14
Гумус, %	5,14 ± 0,20	–	–
P ₂ O ₅ , мг/кг	98,38 ± 17,27	103,64 ± 26,19	96,05 ± 9,79
K ₂ O, мг/кг	89,31 ± 28,16	95,11 ± 16,85	83,21 ± 1,71
Сu, мг/кг	3,32 ± 0,72	3,67 ± 0,40	3,39 ± 0,20
Чернозём выщелоченный			
Показатель	Вариант		
	Контроль	2000 мг НП/ кг	3000 мг НП/кг
pH _{KCl}	5,85 ± 0,13	6,37 ± 0,17	6,81 ± 0,07
Гумус, %	6,57 ± 0,55	–	–
P ₂ O ₅ , мг/кг	109,07 ± 1,04	96,49 ± 11,06	102,93 ± 16,92
K ₂ O, мг/кг	99,94 ± 3,31	98,92 ± 7,38	96,75 ± 10,58
Сu, мг/кг	4,81 ± 0,24	4,48 ± 0,03	4,40 ± 0,01

В качестве культуры в вегетационном опыте был использован ячмень сорт Михайловский (*Hordeum vulgare* L.), всхожесть семян составила 95 %. Посев производили по 30 зерен на сосуд, а после прореживания оставили по 20 растений в каждом сосуде. В течение опыта влажность в сосудах поддерживали на уровне 60 % от полной влагоёмкости путем полива водопроводной водой.

Для установления влияния нефтезагрязнения почв на рост и развития растений в течении вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, оценивали количество проростков, их высоту. По окончании опыта произвели учет надземной и подземной биомассы.

В почвах были определены следующие показатели: pH солевой вытяжки по ГОСТ 26483 [2], гумус по Тюрину в модификации ЦИНАО [3], подвижные формы фосфора и обменного калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО [4], активность ферментов (уреазы, фосфатазы и дегидрогеназы) по методам А. Ш. Галстяна, содержание нефтепродуктов на инфракрасном спектрометре [5]. В растительных образцах определяли содержание макроэлементов после мокрого озоления общепринятыми методиками [6].

Статистическую обработку данных производили с помощью пакета Statistica 10.0. К данным был применен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), а также было произведено попарное сравнение средних с использованием LSD test.

Результаты и обсуждение. Контрольные образцы почв, согласно результатам проведенного агрохимического анализа, можно отнести к категории высококультурных: содержание гумуса составило 5,14 % в тёмно-серой лесной почве и 6,57 % в чернозёме выщелоченном. Реакция среды – нейтральная. Уровень содержания обменного калия был повышенным во всех вариантах опыта. По содержанию подвижных форм фосфора тёмно-серая лесная почва относилась к категории среднеобеспеченных, а чернозём выщелоченный характеризовался повышенным содержанием этого элемента.

Среди всех изученных агрохимических свойств почвы значимое влияние нефтепродукты оказали лишь на реакцию среды. Внесение поллютанта привело к некоторому подщелачиванию почв. Значения pH солевой вытяжки тёмно-серой лесной почвы повысились на 1 ед. для дозы нефтепродуктов 2000 мг/кг почвы и на 1,3 ед. для большей дозы загрязнения. Почвенная кислотность чернозёма выщелоченного увеличилась в меньшей степени – на 0,5 ед. pH в варианте с меньшей дозой загрязнения и на 1 ед. в варианте с содержанием нефтепродуктов – 3000 мг/кг почвы. Подщелачивание почв могло произойти в результате высокого содержания в нефтепродуктах ионов натрия, магния, кальция, а также сульфид-ионов.

В результате фенологических наблюдений было выявлено негативное влияние нефтезагрязнения на прорастание семян ячменя на тёмно-серой лесной почве при наибольшей дозе загрязнения – 300 мг/кг почвы. На чернозёме выщелоченном отрицательных воздействий поллютанта на количество не наблюдалось во всех вариантах опыта. Помимо количества проростков в ходе исследования оценивались также сроки прохождения фенофаз растений (табл. 2).

Таблица 2

Сроки прохождения отдельных фаз развития ячменя

Почва	Вариант	Всходы	Выход в трубку	Колошение
Тёмно-серая лесная	Контроль	09–10/VII	14–15/VIII	02–03/IX
	2000 мгНП/кг	11–12/VII	16–17/VIII	03–05/IX
	3000 мгНП/кг	11–13/VII	16–17/VIII	04–06/IX
Чернозем выщелоченный	Контроль	09–10/VII	13–14/VIII	01–02/IX
	2000 мгНП/кг	11–12/VII	15–17/VIII	03–04/IX
	3000 мгНП/кг	11–12/VII	15–17/VIII	03–04/IX

Для растений, произрастающих на загрязненной почве характерно нарушение нормального ритма развития. Появление всходов было на 1–2 суток позже, чем на контроле. Подобная тенденция сохраняется также для времени начала остальных фаз. Следует отметить, что угнетение ростовых процессов ячменя на тёмно-серой лесной почве оказалось сильнее, фазы выхода в трубку и колошение начались на сутки позже, чем у растений, произрастающих на чернозёме выщелоченном.

Изменения надземной и подземной биомассы ячменя под действием нефтепродуктов имели схожую динамику (рис. 1). Значимое снижение продуктивности надземных органов растений на тёмно-серой лесной почве составило 69,2 % и 80,9 % от контрольного варианта, а на чернозёме выщелоченном – 64,7 % и 81,1 % в варианте с дозой 2000 мг/кг и 3000 мг/кг соответственно. Угнетение подземных органов растений также было значительным. На тёмно-серой лесной почве корневая биомасса сократилась на 57,8 % и 80,2 % в вариантах с дозой загрязнения 2000 мг/кг и 3000 мг/кг соответственно. Подземная биомасса растений ячменя также уменьшилась на чернозёме выщелоченном на 33 % в варианте с меньшей дозой загрязнения и на 52 % в варианте с большим содержанием поллютанта.

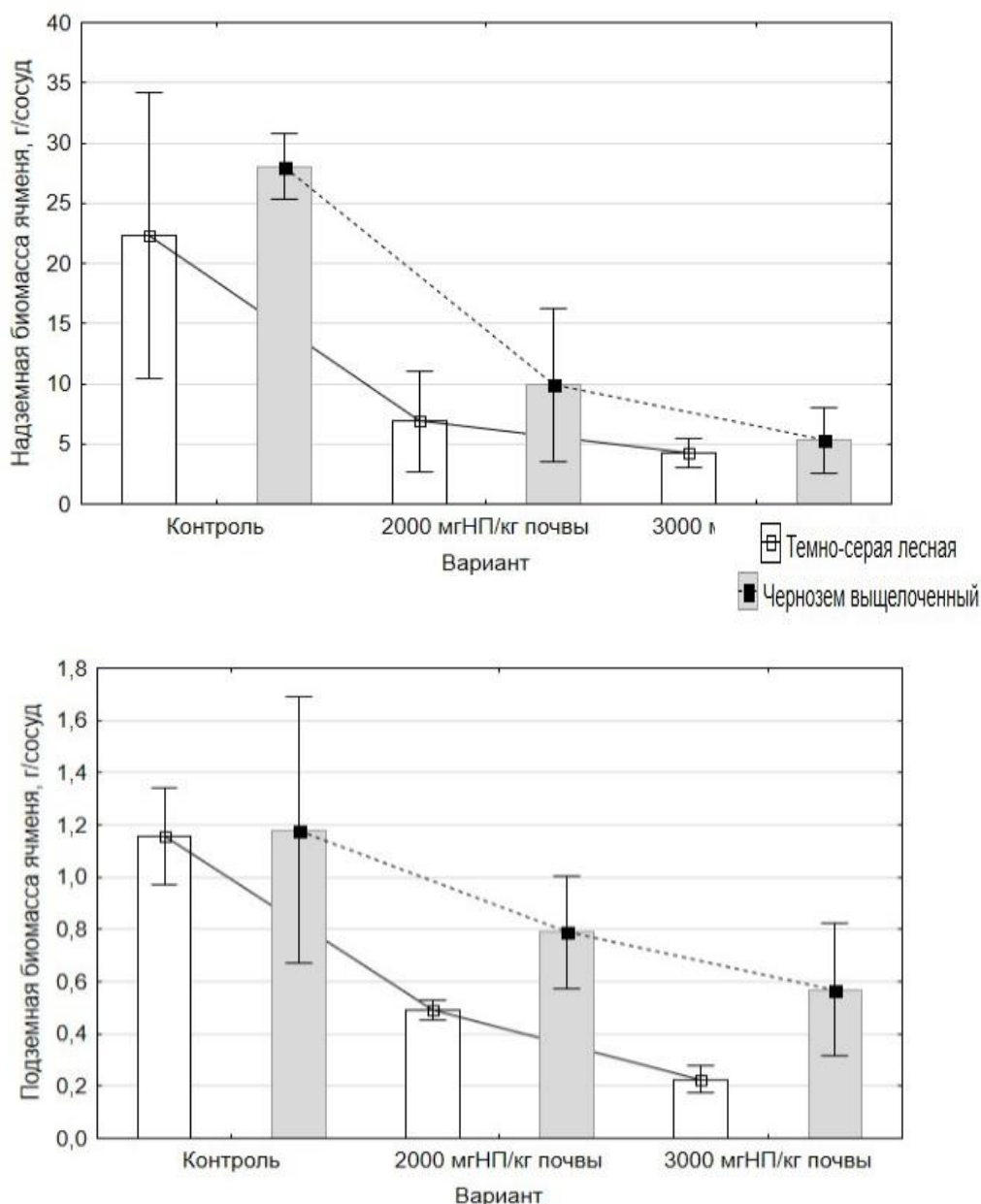


Рис. 1. Надземная и подземная биомасса ячменя

Для оценки качества полученной биомассы ячменя было определено содержание в ней основных макроэлементов: азота, фосфора и калия. Содержание общего азота и калия, при этом, оказалось на уровне, оптимальном для развития данной культуры, а содержание фосфора – ниже оптимума. Однако, значимого влияния нефтепродуктов на содержание основных макроэлементов в растении обнаружено не было.

Ферментативная активность почвы – показатель, который отражает биологические свойства почвы, и, как показано многими авторами, этот показатель достаточно репрезентативен и чувствителен к изменениям агроэкологических факторов. Показатели ферментативной активности почв можно использовать для диагностики плодородия и окультуренности почв [7, 8]. Для характеристики биологических свойств

почв были определены активности двух ферментов класса гидролаз (уреазы и фосфатазы) и фермента класса оксидоредуктаз (дегидрогеназа).

В чернозёме выщелоченном значимого влияния на ферментативную активность изученные дозы загрязнителя не оказали. В тёмно-серой лесной почве активность уреазы в тёмно-серой лесной почве имела тенденцию к возрастанию в загрязнённых вариантах, а активность фосфатазы – к снижению. Однако существенное изменение активности ферментов под влиянием нефтезагрязнения наблюдалось только для дегидрогеназы: в варианте с 2000 мг НП /кг почвы ее активность возросла на 16 %, а в варианте 3000 мг НП /кг – на 47 %. Следовательно, можно констатировать стимулирующее влияние нефтезагрязнения в изученных дозах, которое может быть связано, с дополнительным привнесением органического вещества, и с накоплением продуктов окисления нефти, являющихся субстратом для данного фермента.

За время вегетации снизилось содержание нефтепродуктов в почве. В тёмно-серой лесной почве количество нефти уменьшилось на 26,7 % в варианте с меньшей дозы загрязнения и на 21,3 % в варианте с большей дозой нефтепродуктов в почве. Однако, статистически эти изменения не значимы. В чернозёме выщелоченном наблюдается схожая тенденция. На варианте с дозой 2000 мг/кг почвы содержание нефти уменьшилось на 38 %, а на варианте с дозой загрязнения 300 мг/кг – на 12,9 %.

Выводы:

1. Нефтезагрязнение (давностью 2–3 месяца) в дозах 2000 и 3000 мг/кг не оказало негативного влияния на агрохимические свойства темно-серой лесной почвы и чернозема выщелоченного.
2. Во всех загрязнённых вариантах обеих исследуемых почв, зафиксировано снижение надземной (от 65 до 81 % от контроля) и корневой (от 35 до 80 %) биомассы ячменя, что свидетельствует о токсическом влиянии нефти на растения.
3. Уровень содержания макроэлементов в растениях контрольных и загрязнённых вариантов значимо не различается.
4. В черноземе выщелоченном не наблюдалось отрицательного влияния нефтезагрязнения на ферментативную активность почвы. В темно-серой лесной почве активность дегидрогеназы под влиянием нефтезагрязнения значимо возросла: в варианте с 2000 мг нефти/кг на 16 %, а в варианте 3000 мг нефти /кг – на 47 %. Активность уреазы имела тенденцию к возрастанию в загрязнённых вариантах, а активность фосфатазы – к снижению.
5. Остаточное содержание нефтепродуктов в загрязнённых почвах за время вегетационного опыта имело тенденцию к снижению от 13 до 38 %.

Список литературы

1. Пиковский, Ю. И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем: Сб. науч. тр. – 1988. – С. 7–22.
2. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО.

3. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.
4. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.
5. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органо-генных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии.
6. Практикум по агрохимии; под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2001. – 688 с.
7. Девятова Т. А. Биоэкологические принципы мониторинга и диагностики загрязнения почв // Вестник ВГУ. – Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2005. – № 1. – С. 105–106.
8. Ефремов А. Л. Ферментативная активность и свободные аминокислоты в почвах пойменных лугов Белорусского Полесья // Почвоведение. – № 7. – 2003. – С. 828–834.

УДК 631.8:551.583.13

ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ В ПЕРИОДЫ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Гладких Е. Ю., Ревтье-Уварова А. В.

*Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского
г. Харьков, Украина*

Одними из важнейших факторов ограничения доступности элементов питания для растений на черноземных почвах Украины являются экстремальные гидротермические условия (главным образом недостаточное количество осадков). Среднегодовая норма осадков в черноземной зоне Украины составляет около 578 мм [1]. В то время как для устойчивого ведения сельского хозяйства необходимо не менее 700 мм осадков в год. Наиболее опасен дефицит влаги в почве в период вегетации, но в этот период количество осадков на 15–27 % меньше нормы, а это влечет за собой стрессовые засухи для растений.

Недостаток почвенной влаги угрожает способности черноземов обеспечивать сельскохозяйственные культуры элементами питания. Влажность почвы – один из ключевых факторов, регулирующих круговорот азота и фосфора в агроэкосистемах [2, 3]. Дефицит почвенной влаги снижает доступность макро- и микронутриентов для растений, поскольку большая их часть абсорбируется из почвенного раствора [4–6]. Недостаток влаги в почве ограничивает микробную активность и, в зависимости от интенсивности и продолжительности засухи, может привести к полному подавлению их метаболизма. Любое негативное влияние засухи на микробную минерализацию органических веществ, которое влияет на количество неорганических элементов питания, доступных для усвоения растениями, может потенциально ухудшить минеральное питание растений [7–10].

Целью работы было определить на разных агрохимических фонах зависимость динамики элементов питания в почве, их доступность и эффективность использования растениями от экстремальных гидротермических условий.

Для достижения поставленной цели исследований проведен анализ и обобщение накопленных материалов и результатов многолетнего стационарного полевого опыта, заложенного в 1969 году на черноземе типичном тяжелосуглинистом в условиях ОП «ОХ «Граковское» (ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского», Украина). На разных агрохимических фонах, созданных путем применения минеральных удобрений в запас (последствие с 1983 года) и систематически изучали зависимость содержания макроэлементов в почве от годового количества осадков. Методика создания агрохимических фонов изложена в статье [11]. Дополнительно на существующих агрохимических фонах был заложен микроделяночный опыт с целью исследования эффективности ранневесенней подкормки сельскохозяйственных культур азотом в годы, отличающиеся гидротермическим режимом, влияния остаточных фосфатов удобрений на использование влаги почвы, эффективность азотных удобрений.

Схема микроделяночного опыта следующая:

1. Контроль (без удобрений);
2. Навоз (140 т/га) + P_{1800} (в запас, последствие с 1983 г.);
3. Навоз (140 т/га) + P_{1800} (в запас, последствие с 1983 г.) + N_{60} (ранневесенняя подкормка);
4. Навоз (140 т/га) + $N_{1800}P_{1800}K_{1800}$ (в запас, последствие с 1983 г.);
5. Навоз (140 т/га) + $N_{1800}P_{1800}K_{1800}$ (в запас, последствие с 1983 г.) + N_{60} (ранневесенняя подкормка).

Исследования проведены в годы контрастные по условиям влагообеспеченности – в 2016 г. количество осадков за вегетационный период (апрель – июль) составляло 338 мм, в 2017 г. – 127 мм, в 2018 г. – 101 мм при среднем многолетнем показателе 166 мм.

Анализ и обобщение накопленных материалов и результатов многолетнего стационарного опыта демонстрируют тесную корреляционную зависимость между показателями годового количества осадков и содержанием азота в почве (рис. 1). Проведенные исследования доказывают повышение естественного содержания азота с увеличением количества осадков (коэффициент корреляции составляет 0,89). Регрессионный анализ позволил определить, что увеличение годового количества осадков на 100 мм повышает содержание нитратного азота в почве на 0,7 мг/100 г почвы. Также установлена высокая корреляционная зависимость ($r = 0,53$) между содержанием нитратного азота и влагой в почве (рис. 2).

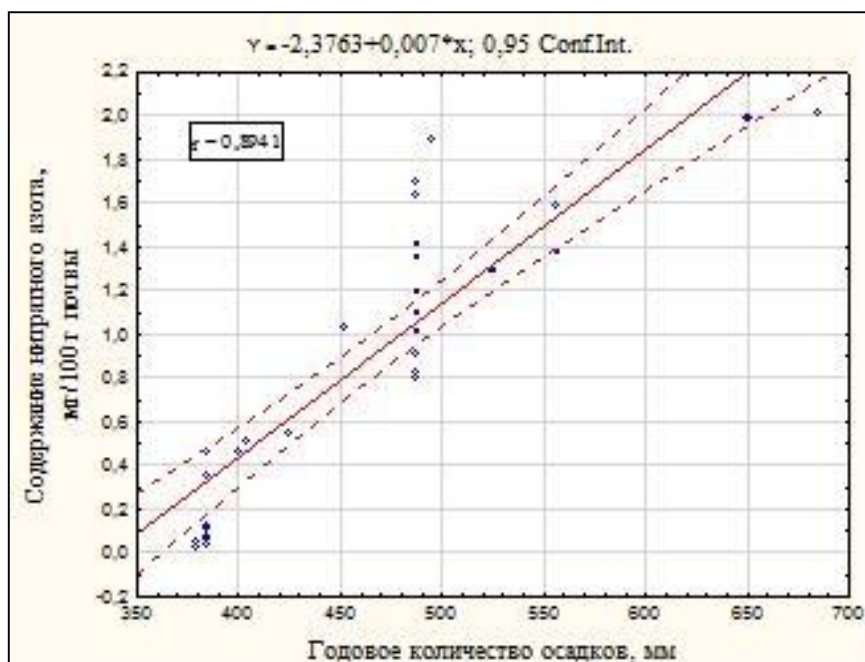


Рис. 1. Зависимость содержания азота в почве от годового количества осадков

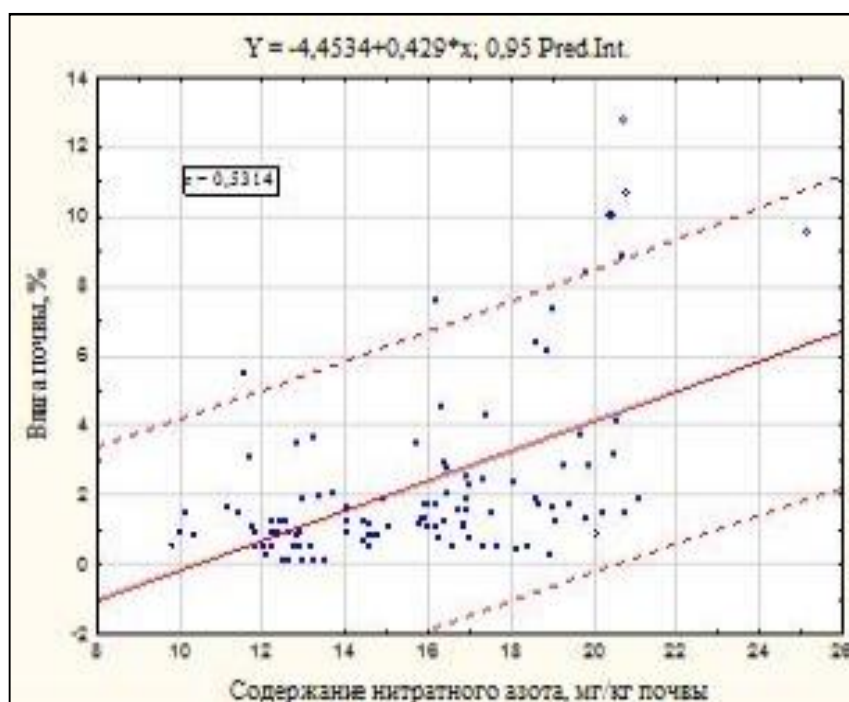


Рис. 2. Зависимость содержания азота и влаги в почве

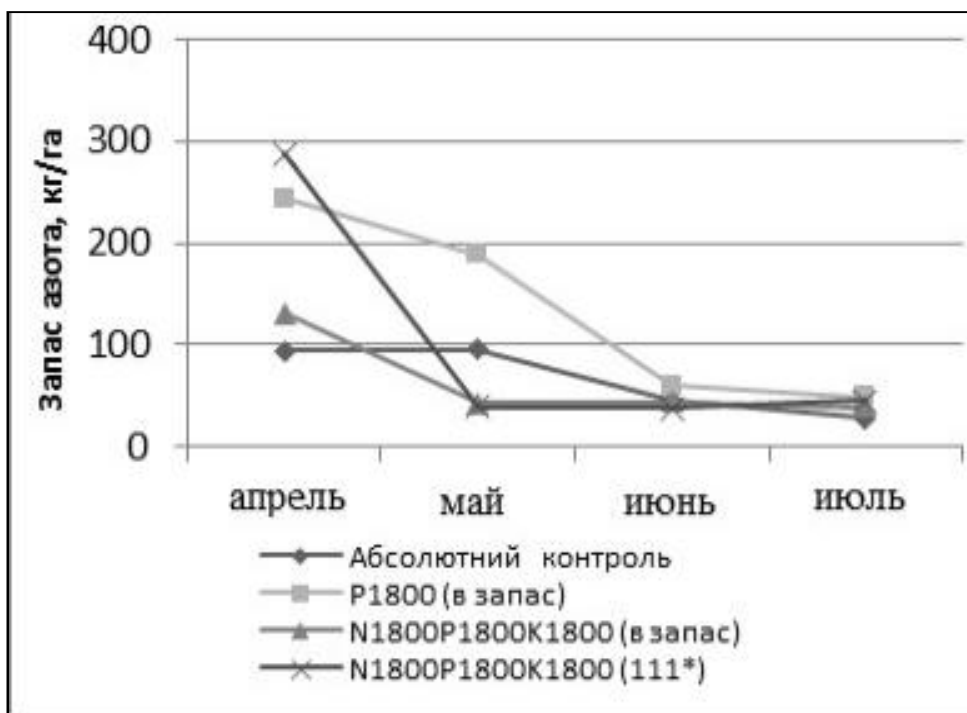
Изменение содержания фосфора и калия так же, как и азота снижается с уменьшением влажности почвы [5, 12]. Однако сумма годовых осадков в меньшей мере влияет на эти показатели, в частности на изменение содержания доступных фосфатов в черноземе (коэффициент корреляции 0,46). В целом, согласно Sun et al. [13] и Kathju et al. [14], синергизм влаги, азота и фосфора уменьшается в следующем порядке: N и влажность > P и влажность > N и P. Очевидно, наиболее мощным фактором сдвига содержания подвижных форм фосфора в почве является внесение минеральных

удобрений, однако, обеспеченность влагой также следует принимать во внимание. Ведь, как показывает большинство исследований по изучению саморегулирования системы «почва-растение» к изменениям климата, засушливость влияет на баланс и соотношение между N и P в почвах, а соответственно и на доступность этих элементов растениям, особенно в период их вегетации, что обуславливается наличием синергетических связей между исследуемыми макроэлементами питания. Результаты собственных исследований показывают тесную зависимость ($r = 0,84$) между соотношением $N_{\text{мин.}}:P_{\text{подв.}}$ в почве и среднегодовым количеством осадков. Полученные результаты следует толковать следующим образом – со снижением количества осадков существенно сужается диапазон соотношения N:P, что косвенно свидетельствует о снижении доступности макроэлементов для растения.

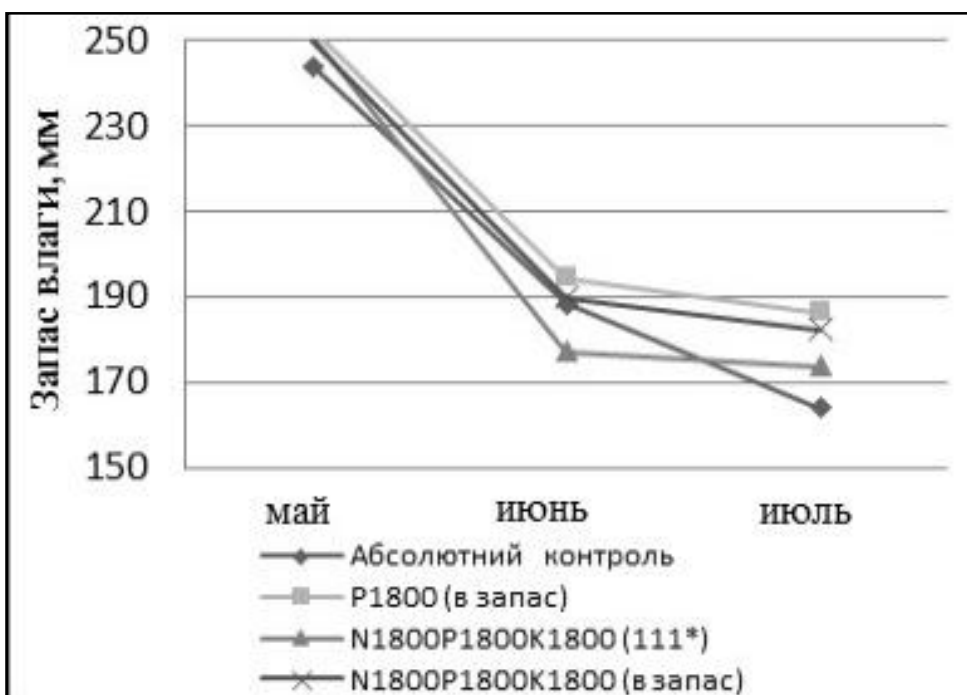
Оптимизация корневого питания растений за счет внесения минеральных удобрений позволяет существенно расширить диапазон почвенной влаги, доступной растениям и за счет этого увеличить водопотребление посевов в условиях недостаточного увлажнения. Результаты наших исследований в стационарном полевом опыте косвенно подтверждают тесную связь питательного режима почвы с запасами влаги. Установлено, что применение фосфорных удобрений (в запас), способствуя накоплению остаточных фосфатов в почве и повышению ее общей окультуренности, улучшает эффективность использования как влаги, так и азота почвы (рис. 3а, 3б). На фосфатных фонах (варианты 2 и 4) сохранение запасов влаги в метровом слое почвы было выше на 2,1–5,4 %, запасов азота – на 20–35 %.

Полученные закономерности по запасам азота и влаги почвы на исследуемых агрохимических фонах отразились на урожайности сельскохозяйственных культур и эффективности ранневесенней подкормки их азотом. В условиях недостаточного увлажнения эффективность подкормки азотом в значительной степени зависела от обеспечения почвы фосфором, при достаточном увлажнении наблюдается та же закономерность, но эффективность подкормки существенно снижается.

В экстремальных условиях 2017 года, когда в начале вегетации запасы продуктивной влаги в 0–100 см слое почвы оценивались как недостаточные, а в конце вегетации как очень низкие, на высоких агрохимических фонах эффективность азотной подкормки была выше в сравнении с оптимальным по увлажнению 2016 годом. Это выражалось в повышении прироста урожая ячменя ярового в 1,5–1,8 раза, в сравнении с приростами урожая кукурузы на силос. В 2018 году, который характеризовался как засушливый в начале и конце вегетационного периода, на высоких фосфатных фонах была получена существенная прибавка урожая чечевицы (табл. 1) притом, что в 2018 году средняя урожайность чечевицы в Украине составляла 1,5 т/га.



(а)



(б)

Рис. 3. Динамика запасов азота (а) и влаги (б) в слое почвы 0–100 см в течение вегетации на различных агрохимических фонах

Примечание. 111 – одинарная доза полного минерального удобрения систематически (для зерновых колосовых составляет 60 кг/га)

Таблица 1

**Эффективность разных комбинаций внесения удобрений в годы
с контрастными гидротермическими условиями**

Варианты опыта		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
		кукуруза на силос		ячмень яровой		чечевица	
Агрохимический фон	Ранне-весенняя подкормка азотом, кг/га д. в.	урожай, т/га	прибавка, %	урожай, т/га	прибавка, %	урожай, т/га	прибавка, %
Контроль (без удобрений)	0	9,9	–	2,30	–	1,41	–
Навоз+P ₁₈₀₀ (в запас)	0	11,3	14,1	2,81	22,2	1,60	13,5
	60	13,6	37,3	3,61	56,9	–	–
Навоз + N ₁₈₀₀ P ₁₈₀₀ K ₁₈₀₀ (в запас)	0	11,1	12,1	2,52	9,5	1,74	23,4
	60	12,3	24,2	3,30	43,5	–	–
HCP ₀₅	–	0,98	–	0,47	–	0,08	–

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что целенаправленное управление питанием растений является одним из наиболее эффективных и одновременно пластических методов усиления адаптации растений к экстремальным погодным условиям, способствуя рациональному использованию влаги и питательных веществ в течении вегетационного периода. В частности, оптимизация уровня удобрения даже более важна в условиях дефицита влаги, поскольку снижение доступности питательных веществ является одним из основных факторов, ограничивающих рост растений в условиях засухи.

Список литературы

1. Адаменко, Т. Зміни клімату і сільське господарство України. Німецько-Український агрополітичний діалог. – 2019. – 36 с.
2. Garg B.K. Nutrient uptake and management under drought: nutrient–moisture interaction. Curr Agric, 2003. – № 27. – P. 1–8.
3. McWilliams D. Drought strategies for cotton, cooperative extension service circular, College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University, USA. 2003.
4. Lucash M.S., Eissenstat D.M., Joslin J.D., McFarlane K.J., Yanai R.D. Estimating nutrient uptakenutrient uptake by mature tree roots under field conditions: challenges and opportunities. Trees, 2007. – No. 21. – P. 593–603.
5. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. UK, London: Academic Press, 2012. – P. 178–189.
6. Herschbach C., Mult S., Kreuzwieser J., Kopriva S. Influence of anoxia on whole plant sulphur nutrition of flooding tolerant poplar (Populus tremula x P. alba) // Plant Cell Environ, 2005. No. 28. – P. 167–175.
7. Borken W., Matzner E. Reappraisal of drying and wetting effects on C and N mineralization and fluxes in soils // Glob Chang Biol., 2009. – No. 15. – P. 808–824.
8. Schimel J., Balser T. C., Wallenstein M. Microbial stress response physiology and its implications for ecosystem function // Ecol., 2007. – No. 88. – P. 1386–1394.
9. Van Meeteren M.M., Tietema A., Van Loon E.E., Verstraten J.M. Microbial dynamics and litter decomposition under a changed climate in a Dutch heathland // Appl Soil Ecol., 2008. – No. 38. – P.119–127.

10.Jensen K., Beier C., Michelsen A., Emmett B. Effects of experimental drought on microbial processes in two temperate heathlands at contrasting water conditions // Appl Soil Ecol., 2003. – No. 24. – P. 165–176.

11.Носко, Б.С. Использование метода моделирования фонов при изучении агрохимических свойств почв // Агрохимия. – 1981. – № 1. – С. 122–127.

12.Sanchez-Rodriguez E., Rubio-Wilhelmi M.D., Cervilla L.M., Blasco B., Rios J.J., Leyva R., Romero L., Ruiz J.M. Study of the ionome and uptake fluxes in cherry tomato plants under moderate water stress conditions // Plant Soil., 2010. – No. 335. – P. 339–347.

13.Sun Z., Zheng J., Sun W. Coupled effects of soil water and nutrients on growth and yields of maize plants in a semi-arid region. Pedosphere., 2009. – No. 19. – P. 673–680.

14.Kathju S., Burman U., Garg B.K. Influence of nitrogen fertilization on water relations, photosynthesis, carbohydrate and nitrogen metabolism of diverse pearl millet genotypes under arid conditions // J. Agric Sci Camb., 2001. – No. 137. – P. 307–318.

УДК 664.64.016.8:633.11:631.84

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЯ

Господаренко Г. Н., Любич В. В., Калантыр В. В.

*Уманский национальный университет садоводства,
г. Умань, Украина*

Пшеница твердая является важной зерновой культурой, занимающей около 10 % посевных площадей пшеницы во всем мире. Средиземноморский бассейн является крупнейшим производственным районом, а также эту культуру выращивают в Северной и Восточной Африке, Европе, Северной Америке, Индии и Австралии. Продуктивность пшеницы твердой сильно зависит от погодных условий вегетационного периода. Для повышения урожайности осуществляют генетическое улучшение сортов пшеницы путем введения новых генов или аллелей, которые придают устойчивость к стрессу окружающей среды, а также применяют удобрения (Abu-Zaitoun S. Y. et al., 2018). Одним из сильных факторов, влияющих на урожайность и качество, являются элементы питания, формы их соединений и способы применения. В увеличении урожайности и улучшении качества зерна большое значение принадлежит минеральному питанию растений за счет повышения содержания в почве доступных элементов. Удобрения способствуют формированию большей площади и эффективности функционирования ассимиляционного аппарата, росту и накоплению сухого вещества, увеличению продуктивности фотосинтеза, повышению продуктивности растений (Каленська С. М., Шутий О. І., 2016).

Экспериментальную часть исследований проведено в стационарном полевом опыте (№ 87 регистрации НААН Украины), заложенном в 2011 г. на черноземе оподзоленном на опытном поле Уманского НУС в Правобережной Лесостепи Украины с географическими координатами

по Гринвичу 48 ° 46 ' северной широты и 30 ° 14' восточной долготы. Опыт одновременно развернут на четырех полях, позволяет ежегодно получать данные урожайности всех культур севооборота (пшеница озимая, кукуруза, ячмень, соя). Схема применения удобрений в полевом севообороте под пшеницу твердую озимую сорта Андромеда включает варианты опыта: без удобрений (контроль), N₇₅, N₁₅₀, P₆₀K₈₀, N₁₅₀K₈₀, N₁₅₀P₆₀, N₇₅P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₈₀, N₁₅₀P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₄₀, N₁₅₀P₃₀K₈₀. Согласно схеме опыта фосфорные и калийные удобрения вносятся под вспашку, азотные – под предпосевную культивацию и в подкормку. Нетоварная часть урожая культур севооборота (солома, стебли) остаются на поле на удобрение.

Повторение опыта трехразовое. Общая площадь опытной делянки 110 м², учетная – 72 м². Почва – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый на лессе с содержанием гумуса 3,8 %, содержание азота легкогидролизуемых соединений – низкое, подвижных соединений фосфора и калия – повышенное, рН_{KCl} – 5,7.

В варианте опыта производственного контроля доза удобрений рассчитана по хозяйственному выносу основных элементов питания культурами севооборота. Схему опыта составлено так, чтобы по результатам проведенных исследований можно было определить возможность снижения доз отдельных видов минеральных удобрений.

При проведении дисперсионного анализа подтверждали или опровергали «нулевую гипотезу». Для этого определяли значение коэффициента «р», который показывал вероятность соответствующей гипотезы. В случаях, когда $p < 0.05$ «нулевая гипотеза» опровергалась, а влияние фактора было достоверным.

Исследованиями установлено, что урожайность пшеницы твердой озимой изменялась от 3,37 до 4,31 т/га в зависимости от вида и доз применения удобрений. Причиной низкой урожайности зерна пшеницы твердой могут быть неблагоприятные погодные условия, которые сложились в осенний период 2019 г. Полные всходы этой культуры были получены только 25 января 2020 г. Кроме этого, определенное количество растений погибло во время провокационного прорастания осенью. Кущения у растений пшеницы наступило в марте. В фазу выхода в трубку растения подверглись заморозку. По количеству осадков первая половина вегетационного периода была благоприятной для развития растений, поскольку их выпало 171,4 мм. Однако в период формирования зерновок выпало лишь 38,5 мм осадков, а в период созревания высокая температура воздуха способствовала запалу зерна. Поэтому неблагоприятные погодные условия повлияли на величину урожая зерна и эффективность применения удобрений.

Применение под пшеницу твердую озимую только N₇₅ увеличивало урожайность до 3,90 т/га или на 16 % по сравнению с вариантом без удобрений, а внесение N₇₅ на фоне P₃₀K₄₀ – до 3,98 т/га или на 18 %. На фосфорно-калийном фоне этот показатель увеличивался только на 5 %. На варианте опыта N₁₅₀ урожайность зерна увеличивалась

до 4,06 т/га или на 20 %. Применение азотных и калийных удобрений способствовало повышению урожайности зерна на 22 %, азотных и фосфорных – на 24, а полного минерального удобрения – на 28 % по сравнению с участками без удобрений. На вариантах опыта с неполным возвратом фосфора и калия с удобрениями урожайность пшеницы твердой озимой составляла 4,13–4,18 т/га или на 3–4 % меньше по сравнению с полным минеральным удобрением.

Применение удобрений повышало содержание белка в зерне пшеницы твердой озимой с 13,8 до 17,4 %. Подкормка растений только азотными удобрениями (N₇₅ и N₁₅₀) повышала этот показатель соответственно на 18 % и 23 %. На варианте опыта с фосфорно-калийным фоном содержание белка в зерне по сравнению неудобренными участками увеличивался на 2 %. Применение полного минерального удобрения повышало его до 17,4 %, а на вариантах с различным соотношением фосфорных и калийных удобрений было на уровне 17,0–17,2 %.

Несмотря на неблагоприятные факторы окружающей среды, из видов минеральных удобрений пшеница твердая озимая лучше реагирует на улучшение азотного питания. Таким образом, в системе удобрения этой культуры можно уменьшать дозу фосфорных и калийных удобрений, поскольку их неполное возвращение несущественно снижает урожайность и содержание белка в зерне.

УДК 631.112. 631.44.

СОДЕРЖАНИЕ ОБМЕННОГО КАЛИЯ ПОД ПШЕНИЦЕЙ ОЗИМОЙ ПОСЛЕ 55-ЛЕТНЕГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

Господаренко Г. Н., Черно Е. Д.

*Уманский национальный университет садоводства,
г. Умань, Украина*

В период интенсивной химизации земледелия (1970–1980 гг.) содержание обменного калия в почвах постепенно возрастало. В конце 1980-х годов в Украине на 1 га вносили 148 кг NPK и 8,7 т органических удобрений. Был достигнут бездефицитный баланс всех питательных веществ. Длительное применение калийных удобрений дозами, которые превышали вынос калия урожаем, он закреплялся в корнеобитаемом слое в обменной и необменной формах и оставался доступным для растений. В этот период темпы его накопления составляли 24–35 % на Полесье и несколько меньше в Лесостепной зоне Украины – 5–9 % за пять лет.

В последние десятилетия, в связи со значительным повышением цен на минеральные удобрения, а в следствии и резким сокращением их внесения, наблюдается снижение содержания обменного калия. Так, в 2015 г. было внесено 79 кг д. в., в том числе 55 – азотных удобрений,

12,5 – фосфорных, 11,5 кг д. в. – калийных, что почти вдвое меньше, чем в 1990 г. В результате этого баланс питательных веществ в последние годы складывается отрицательный и составляет около 130 кг/га в год. В настоящее время средневзвешенное содержание обменного калия в почвах Лесостепи Украины является недостаточным для формирования оптимального режима питания растений [1]. Это объясняет тот факт, почему реализация генетического потенциала пшеницы в 1980-х гг. была на уровне 50 %, а через 10 лет снизилась до 25–30 % [2–4]. Все это привело к тому, что в порядке минимумов основных элементов питания он перешел на второе место после азота, а в ряде регионов и первое, при этом интенсивность баланса калия в земледелии Украины достигает всего 60 %. Несмотря на отрицательный баланс основных элементов питания в земледелии, Украина по итогам 2019 года собрала рекордный урожай зерновых и зернобобовых в объеме 75,08 млн т. Средняя урожайность по стране составила 4,91 т/га, в т. ч. пшеницы озимой – 4,04 т/га. Это может быть связано с тем, что растения обеспечиваются питательными веществами, включая калий, с почвенных запасов, созданных в годы интенсивной химизации. При этом в ряде регионов все еще не наблюдается снижение содержания обменного калия в пахотном слое почв.

Особенности динамики обменного калия в различных почвах обсуждались многими исследователями [5, 6]. Существует мнение, что каждая почва в соответствии со своими первичными параметрами характеризуется определенным устойчивым (стационарным) равновесием калийного режима, который определяется стабильным содержанием в почве отдельных форм калия [7]. Почва стремится вернуться к устойчивому состоянию форм калия при тех или иных внешних воздействиях, вызывающих их положительные или отрицательные отклонения от стационарных значений [8].

Целью исследований было изучить влияния длительного систематического применения удобрений в полевом севообороте на содержание обменного калия в черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом. Опыт одновременно реализуется на 10 полях, что позволяет получать данные по всем культурам севооборота. Повторность опыта трехкратная. В опыте использовали полуперепревший подстилочный навоз КРС, аммиачную селитру, суперфосфат гранулированный, калий хлористый. В I и II ротациях севооборота калийные удобрения использовали в виде 40 %-й калийной соли смешанной. В севообороте применяется органическая, минеральная и органоминеральная системы удобрений с одинарным, двойным и тройным уровнями насыщенности площади севооборота основными элементами питания. Дозы минеральных удобрений определяли по количеству N, P₂O₅, K₂O, которые находились в соответствующих нормах навоза и, в зависимости от культуры, дифференцированно вносили под культуры севооборота. Одинарная норма минеральных удобрений составляла N₄₅P₄₅K₄₅, органических – 4,5 т навоза на 1 га севооборотной площади, тогда как при органоминеральной системе удобрений дозы основных элементов питания уравнивались с соответствующими уровнями минеральной системы.

Отбор образцов почвы проводили после 55-летнего применения удобрений в слоях почвы через каждые 20 см до глубины 160 см. Обменный калий определяли по методу Чирикова. После пятилетнего применения удобрений (1969 г.) содержание обменного калия в почве на контрольном варианте опыта составляло: в слое 0–20 см – 115 мг/кг, 20–40 – 100 мг/кг, 40–60 – 100, 60–80 – 103 и 80–100 см – 98 мг/кг почвы.

Исследованиями установлено, что 55-летнее применение различных систем и норм удобрений в севообороте способствовало накоплению подвижных форм калия в пахотном и следующих за ним слоях чернозема оподзоленного (табл.).

Таблица

Содержание обменного калия в почве под влиянием длительного применения удобрений в полевом севообороте, мг/кг

Вариант опыта	Слой почвы, см					НСП ₀₅
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	
Без удобрений (контроль)	101	98	80	80	84	4,4
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	140	100	82	80	88	4,9
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	170	118	85	83	90	5,5
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	198	123	88	88	90	5,9
Навоз 9 т	126	93	83	85	90	4,8
Навоз 13,5 т	133	103	85	83	90	4,8
Навоз 18 т	151	117	87	85	91	5,3
Навоз 4,5 т + N ₂₂ P ₃₄ K ₁₈	133	95	81	77	86	4,7
Навоз 9 т + N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆	163	113	88	85	87	5,4
Навоз 13,5 т + N ₆₈ P ₁₀₁ K ₅₄	191	120	88	80	89	5,7
НСП ₀₅	7,5	5,4	4,2	4,0	4,4	

Больше всего обменного калия накапливалось в слое почвы 0–20 см, что обусловлено повышенным содержанием органического вещества, созданием условий для биологической аккумуляции, высокой емкостью поглощения чернозема оподзоленного. Связанный с органическими остатками калий достаточно подвижен. В процессе их минерализации и обменных реакций он переходит в доступную для растений форму. В результате 55-летнего применения удобрений в слое почвы 0–20 см содержание подвижного калия увеличилось во всех вариантах опыта: при минеральной системе на 39–96 %, органической – 25–49 % и органоминеральной – на 32–89 % в зависимости от норм и систем удобрения. Наиболее благоприятным фоном для увеличения содержания этой формы калия были варианты опыта с тройными нормами удобрений.

Единого мнения относительно влияния систем удобрений на содержание обменного калия в пахотном слое почвы не существует. Некоторые ученые считают, что больше подвижного калия накапливается при органической системе удобрения, благодаря более длительному взаимодействию их с почвой. Напротив, другие придерживаются мнения, что

минеральные удобрения, как источник непосредственного калия, эффективнее влияют на увеличение содержания этой формы в почве.

Проведенными исследованиями не выявлено значительного преимущества той или иной системы удобрения после 55-летнего их применения в севообороте на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом. Однако при применении высоких норм минеральных удобрений содержание обменного калия несколько возросло по сравнению с другими системами удобрения того же уровня. Такая же закономерность наблюдалась и в слое почвы 20–40 см.

Установлено, что в слое почвы 20–40 см длительное применение удобрений не способствовало существенному дополнительному накоплению обменного калия в почве. Очевидно, что такое количество калия было недостаточным для обогащения подпахотных слоев подвижными соединениями калия. Исключением были лишь варианты с внесением тройных норм удобрений. Наиболее бедные на обменный калий были слои 40–60 и 60–80 см. По нашему мнению в условиях неустойчивого увлажнения в этих слоях почвы, которые стабильно увлажнены, сосредоточена значительная масса корневой системы пшеницы озимой и других культур полевого севооборота, что способствует большему выносу калия.

Сравнивая показатели содержания обменного калия в контрольном варианте опыта после 5 лет проведения опыта и после 55 лет с момента его закладки, наблюдается его снижение (на 14 мг/кг) только в слое почвы 0–20 см, тогда как в слое 20–40 см оно было несущественным. В тоже время в слоях почвы 40–60, 60–80 и 80–100 см его содержание значительно уменьшилось.

Таким образом, длительное применение удобрений способствует накоплению обменного калия преимущественно в верхних слоях, тогда как более глубокие 40–80 см обедняются на эту форму калия.

Список литературы

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України; под ред. С. А. Балюка [и др.]. – Київ, 2010. – 112 с.
2. Кучер, А. Економіка використання мінеральних добрив в сільському господарстві. Пропозиція. – 2017: <http://propozitsiya.com/ua/ekonomika-vykorystannya-mineralnyh-dobryv-v-silskomu-gospodarstvi>
3. Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління / Под ред. С. А. Балюка [и др.]. – Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. – 452 с.
4. Демиденко, О. В. Відтворення чорнозему в агроценозі / О. В. Демиденко. – Чорнобай: Чорнобаївське КПП, 2020. – 104 с.
5. Господаренко, Г. М. Агрохімія калію / Г. М. Господаренко [и др.]. – Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2021. – 264 с.
6. Афанасьев, Р. А. Влияние длительного применения удобрений в севооборотах на динамику обменного калия / Р. А. Афанасьев, Г. Е. Мерзлая // Плодородие. – 2013. – № 3. – С. 1–5.
7. Карпинец, Т. В. Устойчивые стационарные состояния калийного режима в почвах / Т. В. Карпинец, Г. С. Липкина // Почвоведение. – 1992. – № 3. – С. 61–68.
8. Мельникова, М. Г., Влияние длительного применения удобрений на динамику подвижных форм фосфора и калия чернозема выщелоченного / М. Г. Мельникова, О. А. Минакова, А. Л. Мазлумова // Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 5–7.

КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ В ПОЧВАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Дериглазова Г. М.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Формирование почвенного плодородия определяется сочетанием природных и антропогенных факторов внешнего воздействия. Калий – один из основных зольных элементов. Его роль в питании растений более отчетливо проявляется на фоне высоких доз фосфора и азота. Оптимальное калийное питание повышает крахмалистость и вкусовые качества картофеля, сахаристость корнеплодов сахарной свёклы, накопление жира в семенах масляничных культур, улучшает выполненность зерна злаков [1]. При недостатке калия задерживается синтез белка и накапливается небелковый азот. Использование калийных удобрений на почвах (особенно легкого механического состава), загрязненных радионуклидами, снижает транслокацию радиоактивного цезия в растения [2, 3].

Целинные чернозёмы ЦЧР содержат 1,6–1,7 % валового калия в верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта и 1,2–1,4 % – в материнской породе. Содержание подвижных форм калия в слое 0–20 см заповедных чернозёмов составляет 140–160 мг/кг («Казацкая степь») и 101–105 мг/кг («Ямская степь») [4].

Как правило, чем более тяжёлым механическим составом характеризуются почвы, тем больше в них валового и подвижного калия. Кроме того, почвы тяжёлого механического состава отличаются повышенной фиксацией этого элемента. На чернозёмах в связи с высокой насыщенностью двухвалентными катионами обменный калий почти не накапливается. Преобладает его необменное поглощение.

Курская область расположена в Среднерусской провинции лесостепной зоны, для которой характерны два типа почв: чернозёмы и серые лесные. Доля чернозёмов в структуре пашни составляет 74 %, серых лесных почв – 24,5 % [5]. Климат области умеренно-континентальный и на всей территории почти одинаковый [6]. Продолжительность полного цикла агрохимического обследования почвы составлял пять лет, отбор образцов проводился по единой методике. На каждом элементарном участке отбиралось 15–20 проб с глубины 0–25 см, из которых формировался смешанный образец. Площадь элементарного участка 15 га. Содержание подвижных форм фосфора и калия определяли по Чирикову (ГОСТ 26207–91) [7].

По итогам первого цикла обследования (1969 г.), площадь почв с очень низким содержанием подвижного калия составляла 0,6 %, с низким – 13,8 %, преобладали почвы со средней обеспеченностью этим элементом – 48,1 %. Средневзвешенная величина этого показателя была равна 88 мг/кг почвы (рис. 1) [8, 9]. Затем в течение III–V циклов она возрастала, причем максимальное увеличение в IV цикле соответствовало

наибольшему внесению K_2O с удобрениями. В этом цикле почвы с повышенным содержанием калия стали преобладающими – 41,1 %. А в V цикле доля почв с низкой обеспеченностью сократилась до 0,3 %.



Рис. 1. Распределение почв Курской области по содержанию подвижного калия, % I цикл агрохимического обследования

В следующие 10 лет содержание подвижного калия начало снижаться, что опять привело к появлению пашни с очень низкой обеспеченностью этим элементом (0,4 %). В 2014 году 771,4 тыс. га, или 43,5 % пашни Курской области характеризуются повышенным содержанием подвижного калия, 548,9 тыс. га, или 31 % средним, 366,3 тыс. га, или 20,6 % высоким, 79,4 тыс. га, или 4,5 % очень высоким, почвы с низкой обеспеченностью занимают 7,2 тыс. га, или 0,4 %. Средневзвешенное содержание этого элемента составляло 102 мг/кг почвы, что на 6 % больше, чем в предыдущем цикле.

К X циклу (2019 г.) агрохимического обследования содержание калия в почве Курской области продолжало увеличиваться (рис. 2).

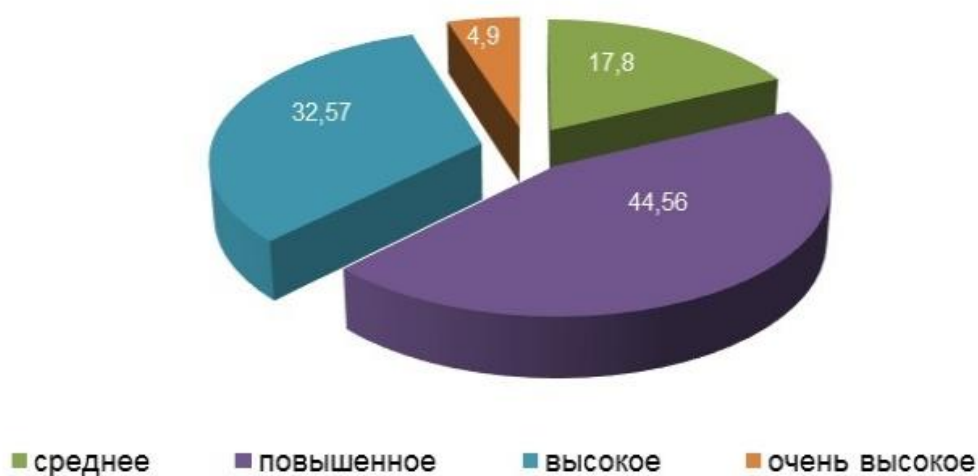


Рис. 2. Распределение почв Курской области по содержанию подвижного калия, % X цикл агрохимического обследования

Почвы со средним содержанием перешли в более обеспеченные группировки и уменьшились на 13,2 %, по сравнению с предыдущим туром обследования. Несколько увеличилось количество почв с повышенным (на 1,1 %) и очень высоким (на 0,4 %) содержанием калия. Преобладали почвы с повышенной обеспеченностью этим элементом.

Динамика средневзвешенного содержания калия в почвах области по турам обследований напоминала параболическую зависимость (рис. 3). С первого до десятого тура обследования средневзвешенное содержание обменного калия возросло на 36,6 % или на 30 мг/кг почвы.

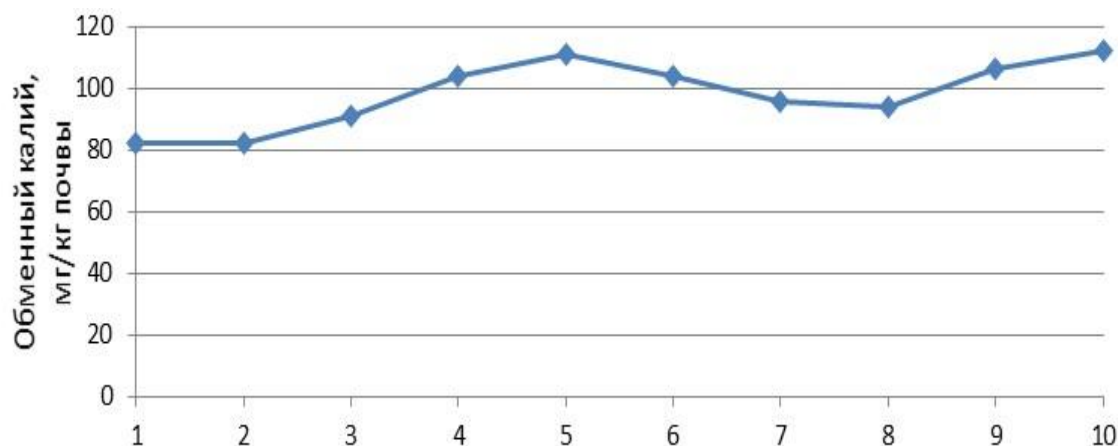


Рис. 3. Средневзвешенное содержание обменного калия в пахотных почвах Курской области по циклам агрохимического обследования, мг/кг почвы

В настоящее время средневзвешенное содержание обменного калия в почвах Курской области составляет 112 мг/кг почвы.

В Курской области наибольшее поступление калия в почву с минеральными и органическими удобрениями наблюдалось в IV цикле агрохимического обследования и составило 45,2 и 23,7 кг д. в./га соответственно, а общее поступление составило 68,9 кг д.в./га (табл. 1).

Таблица 1

**Поступление калия по турам агрохимического обследования
в Курской области, кг д. в./га**

Туры агрохимического обследования	Поступление с удобрениями всего	Поступление с минеральными удобрениями	Поступление с органическими удобрениями
III (1976–1982 гг.)	45,0	29,1	15,9
IV (1983–1989 гг.)	68,9	45,2	23,7
V (1990–1994 гг.)	55,4	37,0	18,4
VI (1995–1999 гг.)	8,4	2,6	5,8
VII (2000–2004 гг.)	9,9	6,4	3,5
VIII (2005–2009 гг.)	20,6	18,4	2,2
IX (2010–2015 гг.)	30,1	28,2	1,9
X (2016–2019 гг.)	35,6	33,3	2,3

В настоящее время поступление калия в почву с удобрениями имеет тенденцию увеличения.

В течение 10 циклов агрохимического обследования средневзвешенная величина рН в почвах Курской области оставалась стабильной – 5,5 ед. Площади почв с кислой, слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды также до VII цикла не претерпели значительных изменений. Однако доля нейтральных почв сокращалась, а среднекислых – увеличивалась. Негативные последствия таких изменений обусловлены, прежде всего, тем, что при кислой реакции среды происходит ухудшение питания растений фосфором и кальцием. Процентное содержание и вынос этих элементов с урожаем резко снижаются. Кроме того, нарушается обмен веществ в растениях, ухудшается синтез белков, задерживаются процессы превращения моносахаридов в дисахариды [8, 10].

Таким образом, хотя в настоящее время наблюдается увеличение средневзвешенного содержания обменного калия в почвах Курской области, но для стабилизации калийного режима чернозёмов и обеспечения сбалансированного минерального питания сельскохозяйственных растений необходимо увеличить поступление этого элемента в агроландшафты с удобрениями, особенно с органическими.

Список литературы

1. Агрохимические свойства чернозёма типичного в зависимости от минеральных удобрений и предшественников озимой пшеницы / Х. Х. Аль Дхухайбави [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 1 (25). – С.146–154.
2. Мониторинг калийного режима чернозёмов ЦЧР / П. А. Чекмарев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – № 8. – 2011. – С. 3–6.
3. Карабутов, А. П. Влияние элементов агротехнологии на калийный режим почвы в длительных опытах / А. П. Карабутов, Г. И. Уваров // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 3 (200). – Вып. 30. – С.125–132.
4. Дубовик, Д. В. Тяжелые металлы в склоновом агроландшафте / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. – 17 с.
5. Экологические факторы и свойства почв склонов ЦЧР; под ред. Е.П. Проценко; Курск. гос. ун-т. – Курск, 2011. – 133 с.
6. Формирование севооборотов для получения заданного качества свекловичного сырья в лесостепи Центрального Черноземья / А. С. Акименко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – №11. – С. 16–20.
7. Лукин, С. В. Агроэкологическая оценка многолетней динамики содержания обменного калия в черноземах западной части ЦЧО / С. В. Лукин, И. И. Васенев, А. С. Цыгуткин // Достижения науки и техники АПК. – № 8. – 2010. – С. 42–46.
8. Хижняков А.Н., Динамика изменения состояния плодородия пахотных почв Курской области за 50 лет / А. Н. Хижняков, Д. Н. Цыганков // Достижение науки и техники АПК. – 2014. – №10. – С. 11–14.
9. Чекмарев П. А. Агрохимическое состояние пахотных почв ЦЧО России / П. А. Чекмарев // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 9. – С. 17–21.
10. Дериглазова Г. М. Изменение кислотности черноземных почв в агроландшафте ЦЧР / Г. М. Дериглазова // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд. МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ ВНИИЗИЗПЭ, 2018. – С. 135–139.

ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ В ПОЧВАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ**Дериглазова Г. М.***Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия*

Фосфор является важным элементом биосферы. В развитии растений по своему влиянию он занимает второе место после азота. В почвах содержание фосфора достигает 0,05–0,15 %, а в зависимости от типа почвы его содержание колеблется от 3,8 до 22,9 т/га [1]. Несмотря на высокое общее содержание фосфора, в почвах он главным образом находится в малоподвижных формах. При поступлении с удобрениями фосфор сильнее других элементов закрепляется почвами в неподвижные формы [2, 3]. В почве фосфор находится в форме органических и минеральных соединений. Органические соединения фосфора в почве составляют от 10–20 % до 70–80 % всех запасов фосфора [4]. С увеличением плодородия почвы возрастает общее количество фосфора. Степень его использования растениями из почвы составляет лишь 3–5 %. Низкая растворимость элемента в почвах является прямой причиной недостатка для растений почвенного фосфора [5]. Достаточная обеспеченность почвы доступными для растений формами фосфорных соединений и восполнение запасов фосфора, отчуждающихся с выносом товарной части урожая является приоритетным направлением, ввиду чрезвычайной важности этого элемента для нормальной жизни и деятельности сельскохозяйственных культур.

Пашня Курской области в 2019 году занимала 1644,7 тыс. га, что составляет 55 % от общей площади территории [6]. В области преобладает два типа почв – черноземы и серые лесные [7, 8]. Их формирование происходило на богатых основными элементами питания лессовидных отложениях. Черноземные почвы в структуре пашни составляют 74 %, а серые лесные – 24,5 %.

Именно по динамике изменения содержания фосфора в почве можно делать вывод о культуре земледелия независимо от форм хозяйствования.

Для анализа мониторинга фосфатного режима почв Курской области мы использовали данные станции агрохимической службы «Курская», данные, представленные в статистических сборниках «Курский статистический ежегодник», выпущенный в 2001–2020 гг., и литературные данные. Продолжительность полного цикла агрохимического обследования почвы составлял пять лет, отбор образцов проводился по единой методике. На каждом элементарном участке отбирается 15–20 проб с глубины 0–25 см, из которых формируется смешанный образец. Площадь элементарного участка 15 га. Содержание подвижных форм фосфора и калия определяли по Чирикову (ГОСТ 26207–91) [9–12].

Первый такой тур состоялся в 1964–1970 гг. В результате его было выяснено, что по содержанию подвижного фосфора пахотные почвы

Курской области в большей степени (57,8 %) относятся к среднему содержанию (рис. 1). 24,1 % почв было с низким содержанием элемента и 11,7 % – с повышенным. Высокое и очень высокое содержание наблюдалось на примерно 3 % пашни. Низкое же содержание встречалось на 1 % пашни.



Рис. 1. Распределение почв Курской области по содержанию подвижного фосфора, % I цикл агрохимического обследования

В прошествии почти 50 лет, в 2014–2018 гг. проводился уже X цикл агрохимического обследования, который показал значительные изменения в агрохимическом состоянии почв. Содержание подвижного фосфора значительно повысилось, исчезли почвы с очень низким его содержанием, процент почв с низким содержанием снизился практически до минимума (0,3 %) (рис. 2). Так же сократилось количество почв со средним содержанием (с 57,8 до 19,7 %).

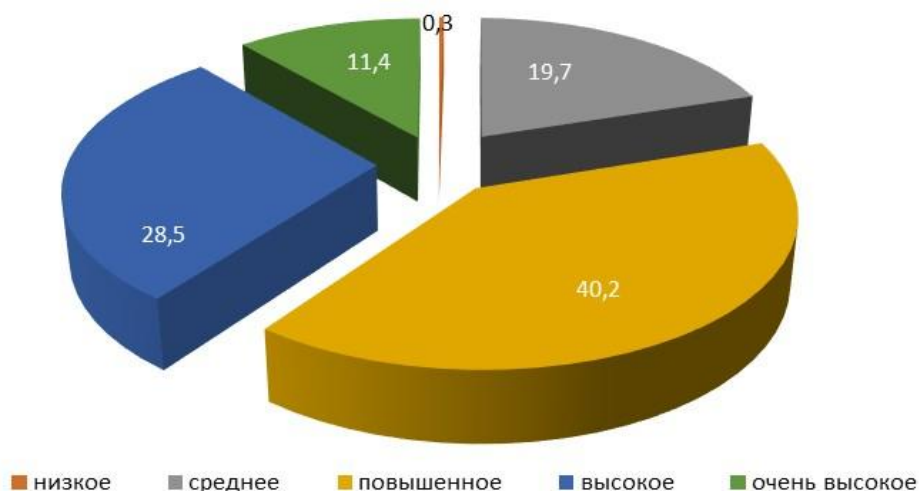


Рис. 2. Распределение почв Курской области по содержанию подвижного фосфора, % X цикл агрохимического обследования

Большая часть (40,2 %) пахотных почв по исследуемому показателю относилась к почвам с повышенным содержанием подвижного фосфора.

Проанализировав динамику изменения средневзвешенного содержания фосфора почв Курской области, можно отметить, что наименьшее его содержание отмечалось в годы первого агрохимического обследования почв и составило 77 мг/кг почвы (рис. 3). В дальнейшем средневзвешенное содержание возрастало и уже к VII циклу составило 139 мг/кг почвы, то есть, возросло в 1,8 раза или на 80 % по сравнению с первым обследованием.

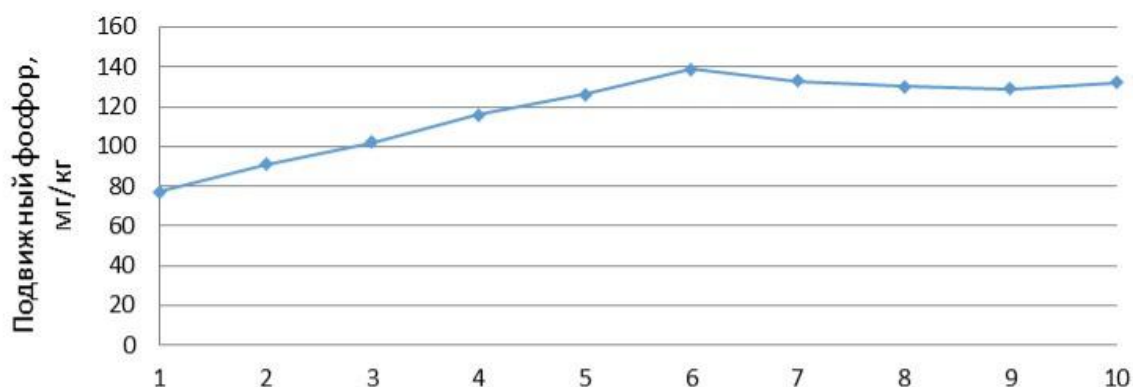


Рис. 3. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных почвах Курской области по циклам агрохимического обследования, мг/кг почвы

В настоящее время средневзвешенное содержание фосфора, можно сказать, стабилизировалось и на протяжении 3 последних циклов изменяется не столь значительно.

Фосфатный режим почв, в первую очередь, зависит от исходных почвенных свойств. Так как формирование почв Курской области проходило на богатых основными элементами питания лессовидных отложениях, то и первоначальное содержание данного элемента находилось не в минимуме. Динамику запасов подвижного фосфора можно проследить на рисунке 4.

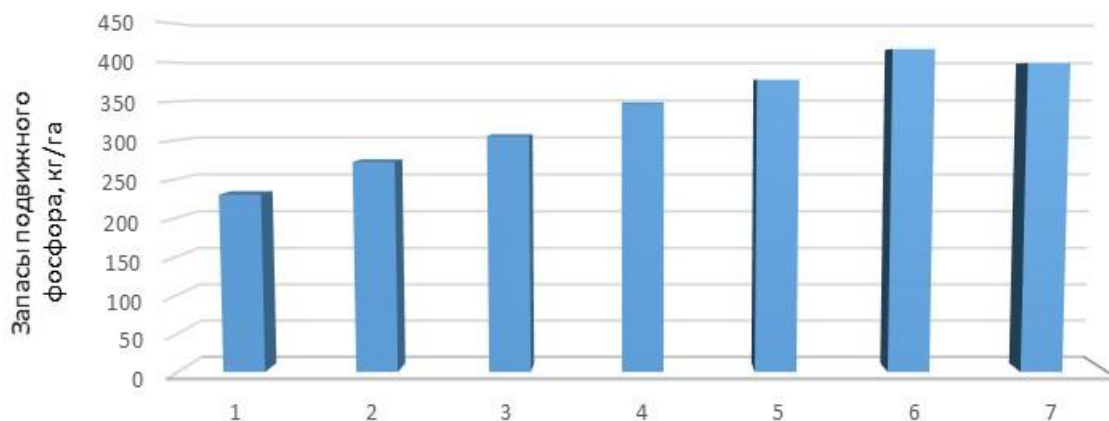


Рис. 4. Запасы подвижного фосфора в почве Курской области, кг/га

Несомненно, что содержание элемента в почве зависит и от его поступления в почву с удобрениями, так как с помощью удобрений мы можем компенсировать вынос элементов с урожаем.

В Курской области наибольшее поступление фосфора в почву с минеральными и органическими удобрениями наблюдалось в IV цикле агрохимического обследования и составило 41,3 и 10,7 кг д.в./га соответственно, а общее поступление составило 52 кг д.в./га (табл. 1). В период VI цикла агрохимического обследования (1995–1999 гг.) внесение как минеральных, так и органических удобрений в области за изучаемый период были наименьшими, поэтому поступление фосфора упало более чем в 7 раз, по сравнению с максимальным внесением удобрений. В дальнейшем, внесение минеральных удобрений имело положительную тенденцию увеличения, в то время как внесение органических удобрений уменьшалось с каждым годом.

Таблица 1

**Поступление фосфора по турам агрохимического обследования
в Курской области, кг д.в./га**

Туры агрохимического обследования	Поступление фосфора с удобрениями, всего	Поступление фосфора с минеральными удобрениями	Поступление фосфора с органическими удобрениями
III (1976–1982 гг.)	32,10	24,80	7,20
IV (1983–1989 гг.)	52,00	41,30	10,70
V (1990–1994 гг.)	38,90	31,20	7,70
VI (1995–1999 гг.)	6,80	3,90	2,90
VII (2000–2004 гг.)	7,30	5,90	1,40
VIII (2005–2009 гг.)	18,40	18,21	0,19
IX (2010–2015 гг.)	27,4	27,23	0,17
X (2016–2019 гг.)	29,6	29,2	0,40

Поступление фосфора практически только от внесения минеральных удобрений пока не может достичь показателей его поступления в VI и V цикле агрохимического обследования.

Повысить доступность фосфора для растений возможно с помощью борьбы с закислением почв. В Курской области в направлении с юга на север отмечено увеличение площади кислых пахотных почв. Доля кислых почв в настоящее время составляет 70,5 % от обследованной площади пашни [6], что на 15,2 % больше, чем в первый цикл агрохимического обследования. В настоящее время объемы известкования почв не покрывают ежегодный прирост кислых почв и, как следствие, количество кислых почв продолжает увеличиваться с каждым годом [9]. А фосфоритование почв Курской области в последние 5 лет совсем не производилось.

Рассматривая баланс фосфора в почве, можно отметить, что начиная с 1976 года, он был положительным, возмещение выноса фосфора составляло около 130 %. Начиная с 2000-х, так как объем применения ми-

неральных и органических удобрений резко сократился, баланс фосфора стал отрицательным. В Курской области с 2000 по 2019 гг. нехватка данного элемента составляла от 7 до 17 кг д. в. на 1 га пашни.

Выводы. В настоящее время в Курской области необходимо восстановить положительный баланс фосфатного режима почв. Для этого, в первую очередь, нужно увеличивать внесение органических удобрений, производить известкование и фосфоритование почв. В противном случае, запасы фосфора в почве будут иссякать с каждым годом, средневзвешенное содержание элемента будет снижаться, таким образом, растения будут недополучать в развитии необходимый элемент и в конечном итоге это грозит снижением урожайности культур.

Список литературы

1. Теучеж, А. А. Изучение роли подвижного фосфора в системе почва – удобрения – урожай / А. А. Теучеж // Научный журнал КубГАУ. – №127(03). – 2017. – С. 17–25.
2. Дубовик, Е. В. Содержание гумуса, азота и фосфора в агрегатах чернозема типичного в прецизионном земледелии / Е. В. Дубовик // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №10. – С. 14–16.
3. Чуян, О. Г. К системе оценки ресурсного потенциала агроландшафтов ЦЧР / О. Г. Чуян, Л. Н. Караулова, О. А. Митрохина // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 11. – Т. 34. – С. 9–15.
4. Фосфор в земледелии Центрально-Черноземного района / П. А. Чекмарев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 5. – С. 21–23.
5. Модель управления агрохимическими свойствами почв для условий Центрального Черноземья / Чуян О.Г. [и др.] // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. – № 8. – 2018. – С. 78–86.
6. Статистический ежегодник Курской области. 2020: Стат.сб. / Курскстат. – Курск, 2020. – 436 с.
7. Статистический ежегодник Курской области. 2010: Стат.сб./ Курскстат. – Курск, 2010 – 365 с.
8. Статистический ежегодник Курской области. 2005: Стат.сб./ Курскстат. – Курск, 2005 – 446 с.
9. Хижняков, А. Н. Динамика изменения состояния плодородия пахотных почв Курской области за 50 лет / А. Н. Хижняков, Д. Н. Цыганков // Достижение науки и техники АПК. – 2014. – № 10. – С. 11–14.
10. Чекмарев, П. А., Мониторинг содержания органического вещества в пахотных почвах ЦЧР / П. А. Чекмарев, С. В. Лукин, Ю. И. Сискевич // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 23–26.
11. Чекмарев, П. А. Агрохимическое состояние пахотных почв ЦЧО России / П. А. Чекмарев // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 9. – С. 17–21.
12. Пироженко, В. В Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области / В. В. Пироженко, Д. Н. Цыганков, О. Н. Мирошниченко // Достижение науки и техники АПК. – 2019. – № 4. – С. 12–15.

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Дробит А. С., Конащук Е. П., Мисевич А. В., Кляуз М. А.

*Институт орошаемого земледелия НААН Украины,
г. Херсон, Украина*

В Украине с исторической точки зрения и в результате специфических региональных особенностей, в частности, благоприятных почвенно-климатических условий именно для агротехники выращивания, основной масличной культурой был и остается подсолнечник. Значение этой культуры в продовольственном обеспечении страны, как и важного экспортного компонента трудно переоценить. Выращивание подсолнечника позволяет получить два важнейших продукта, которые имеют исключительную значимость для развития продовольственной базы Украины: во-первых, ценное растительное масло, которое по своей питательности не уступает животным жирам, и, во-вторых, жмых (шрот) – ценнейший компонент для сбалансированных кормов по протеину и аминокислотам, который масштабно используется в животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве.

При выращивании подсолнечника нужно учитывать почвенно-климатические особенности региона культивирования культуры. Южная степная зона Украины – территория рискованного земледелия, где из-за недостатка влаги товаропроизводители могут потерять весь урожай. Сельхозпроизводителям этой зоны могут угрожать неблагоприятные погодные условия: пыльные бури, засуха и ливни. Поэтому нужно быть очень опытным специалистом, чтобы в данных условиях работать и получать прибыль.

Одной из важнейших проблем агропроизводства является повышение эффективности применяемых удобрений при выращивании подсолнечника. Удобрения являются эффективным средством повышения урожайности продуктивности культуры и относятся к факторам прямого воздействия на растения. Поэтому одной из основных стратегий развития сельскохозяйственного производства Украины остается научно-обоснованная, рациональная система применения минеральных и органических удобрений. Согласно данным многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых проблема дальнейшего стабильного увеличения производства сельскохозяйственной продукции за счет внедрения научно обоснованных систем земледелия, в том числе применение удобрений, остается актуальной на сегодняшний день. В настоящее время данные о влиянии различных видов и доз минеральных удобрений на продуктивность подсолнечника и накопление им элементов питания недостаточны и противоречивы, что определяет значимость и актуальность проведения исследований.

В связи с этим целью работы было определить влияние удобрений на уровень урожайности различных гибридов подсолнечника в условиях южной степной зоны Украины. Эффективность внесения удобрений при выращивании различных гибридов подсолнечника изучали в течение 2018–2020 гг. Агротехника в опыте была общепринятой, кроме факторов, которые изучали. Высевали гибриды подсолнечника раннеспелой группы с периодом вегетации 103–108 дней. Удобрения вносили под основную обработку почвы осенью.

Исследования по изучению элементов технологии выращивания гибридов подсолнечника проводили по следующей схеме: фактор А (гибрид): Златсон, Форвард, Взгляд; фактор В (удобрение): контроль (без удобрений), $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{60}$, $N_{40}P_{80}$. Планирование и проведение исследований, отбор почвенных и растительных образцов, подготовку их к анализу проводили согласно общепринятых методик проведения полевого опыта, методических рекомендаций и пособий.

Вследствие особенностей погодных условий в разные годы исследований была отмечена разница в наступлении и продолжительности фенологических фаз развития гибридов подсолнечника с их удлинением при благоприятных погодных условиях (осадки, умеренная температура воздуха 2019 г.) и сокращением (засуха, дефицит осадков, повышенный температурный режим в 2020 г.). У растений подсолнечника наиболее длительный по продолжительности межфазный период: от всходов до образования корзинок отмечен в 2019 г. В среднем за период проведения исследований продолжительность вегетационного периода у исследуемых гибридов, учитывая одинаковую группу спелости, была почти на одном уровне. Несколько большей продолжительностью периода посев-созревание семян была у гибрида Взгляд в 2018 и 2019 гг. Таким образом установлено, что на продолжительность межфазных периодов гибридов подсолнечника наибольшее влияние имели погодные условия в годы исследований.

Самую высокую семенную продуктивность (фактор А), в среднем за период проведения исследований сформировал гибрид Златсон – 2,34 т/га, в то время как гибриды Форвард и Взгляд Артур – 2,30 и 2,26 т/га, соответственно.

Применение в исследованиях удобрений (фактор В) в целом способствовало повышению урожайности семян подсолнечника относительно вариантов контроля на 5,19–16,04 %. Наибольшую среднюю урожайность семян изучаемых гибридов культуры получили на варианте, где вносили удобрения дозой $N_{40}P_{80}$ – 2,46 т/га. Максимальную урожайность – 2,50 т/га получили при посеве гибрида Златсон и применении удобрений дозой $N_{40}P_{80}$.

На основе проведенных исследований мы пришли к выводу, что максимальную урожайность семян подсолнечника – в пределах 2,50 т/га – можно получить при посеве гибридов Златсон и применении удобрений дозой $N_{40}P_{80}$. Следует отметить, что именно данный вариант удобрения

в проведенных нами исследованиях обеспечил максимальные показатели урожайности у всех изучаемых гибридов: 2,48 и 2,42 т/га у гибридов Форвард и Взгляд, соответственно. На контрольных вариантах (без применения удобрений) максимальную производительность показал гибрид Златсон – 2,15 т / га, другие исследуемые гибриды имели более низкие показатели – 2,12 и 2,10 т/га. Для получения стабильных и высоких урожаев подсолнечника в условиях южной степной Украины рекомендуем высевать гибрид подсолнечника Златсон. Для повышения урожайности семян культуры применять вариант внесения удобрений дозой $N_{40}P_{80}$.

УДК 631.416

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛУГОВЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ПРИАРАЛЬЯ, В ОРГАНАХ ХЛОПЧАТНИКА И ИХ ВЫНОС

Каримбердиева А. А., Ташкузиев М. М.

НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

Проблема биологической продуктивности различных биогеоценозов, а также биологического круговорота микроэлементов, приобретает большое теоретическое и практическое значение в плодородии почв и эффективного применения удобрений. В связи с этим, необходима разработка современных агротехнологий возделывания культур хлопкового комплекса в конкретных регионах с учётом почвенных условий и применяемой агротехники для сохранения и повышения плодородия почвы, и снабжения растений необходимыми микроэлементами, наряду с макроэлементами.

Элементы, поглощаемые растениями и находящиеся в почве, представляют собой то общее, что образует взаимосвязь частей биогеоценоза. Разработка системы мероприятий, направленных на повышение продуктивности почв аридной зоны, требует дальнейшего всестороннего изучения содержания микроэлементов и их роли в биологическом круговороте в биогеоценозах.

Следует отметить, что недостаток какого-либо микроэлемента в почве отрицательно сказывается на продуктивности растения и качестве продукции. Преобладание, а также накопление микроэлемента в опаде (надземной и подземной части) органической массы растений создает предпосылки для проявления засоления (загрязнения) почв в процессе минерализации органических остатков опада.

В связи с этим, при возделывании сельскохозяйственных культур в хлопковом комплексе, необходимо учитывать содержание в почве, наряду с макроэлементами и биофильных микроэлементов и их вынос растениями.

Объекты и методика исследований. Исследования по изучению обеспеченности почв под хлопчатником основными элементами питания гумусом, подвижными формами азота, фосфора, калия и микроэлементами медью, цинком, марганцем и бором, а также содержание микроэлементов в органах хлопчатника и их вынос проведены на следующих почвах:

- новоорошаемые такырно-луговые почвы (Тахтакупырский район, массив «Маржонкуль»);
- староорошаемые луговые аллювиальные почвы (Кегейлийский район, массив им. К. Абдуллаева);
- староорошаемые луговые аллювиальные почвы (Нукусский район, массив «Акмангит»).

Полевые работы, агрохимические анализы почв и растений проведены на основе следующих руководств: «Методика агрохимических анализов почв и растений» СоюзНИХИ, (1963 г.). Определение подвижных форм микроэлементов выполнено согласно «Методика определения микроэлементов в почвах и растениях» (1973 г.), вынос элементов питания растениями определен расчетным путем.

Результаты исследований. Проведённые нами исследования показали, что изученные почвы характеризуются низким содержанием гумуса, где количество его в верхнем, пахотном горизонте не превышает 1 % и колеблется от 0,336 % до 0,955 %. Почвы сильно обеднены нитратным азотом, где содержится 3,3–17,0 мг/кг, количество подвижного фосфора в пахотном горизонте почв колеблется от 15,0 мг/кг до 34,0 мг/кг, иногда до 40,0 мг/кг и значительно снижается в породе.

Обменный калий в пахотном горизонте этих почв содержится в пределах 193,0–301,1 мг/кг, что близко к градации обеспеченности почв этим элементом. В нижележащих горизонтах отмечено снижение его содержания (табл.).

Староорошаемые луговые аллювиальные почвы массива «Акмангит» (Нукусский район) содержат низкое количество подвижной меди, которое колеблется по профилю почв в пределах 0,29–0,39 мг/кг, а в средней части профиля отмечено повышение содержания меди до 0,89 мг/кг («предельные» числа 0,4–0,8 мг/кг). Такая же закономерность в содержании подвижной меди отмечена и для новоорошаемых такырно – луговых почв.

Староорошаемые луговые аллювиальные почвы массива им. К. Абдуллаева характеризуются как среднеобеспеченные подвижной медью и содержат в верхнем горизонте 0,39–0,59 мг/кг, а в нижележащих горизонтах оно снижается до 0,25–0,40 мг/кг. Встречаются также почвы более обеспеченные этим элементом в пределах 0,90–1,40 мг/кг, к ним относятся староорошаемые луговые аллювиальные почвы массива им. К. Абдуллаева и такырно-луговые почвы массива «Маржонкуль».

**Содержание гумуса, подвижных форм азота, фосфора, калия
и микроэлементов в почвах**

Глубина горизонта, см	Гумус, %	подвижные, мг/кг			подвижные, мг/кг			
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Си	Zn	Mn	B
Староорошаемая луговая аллювиальная, Нукусский район массив «Акмангит»								
пахотный п/пахотный порода	0,509–0,809	3,3–10,0	23,0–40,0	193,0–301,0	0,39–0,59	1,0–1,6	118–197	1,8–2,0
	0,339–0,682	5,0–6,0	11,0–34,0	84,0–368,0	0,29–0,40	1,0–1,2	72–144	1,6–2,6
	0,397–0,639	4,5–5,8	5,0–5,2	93,0–169,1	0,25–0,47	0,4–1,0	136–165	0,7–2,0
Староорошаемая луговая аллювиальная, массив им. К. Абдуллаева								
пахотный п/пахотный порода	0,337–0,617	15,0– 17,0	15,0–17,0	140,6–220,9	0,39–0,90	0,9–1,76	140–176	0,8–2,6
	0,339–0,461	3,3–5,3	10,0–13,0	160,0–248,0	0,67–1,4	1,0–2,1	132–168	0,6–2,0
	0,219–0,328	3,3–4,8	4,0–5,1	72,0–160,0	0,39–1,1	1,3–1,8	144–198	0,4–1,0
Новоорошаемая такырно-луговая, массив «Маржонкуль»								
пахотный п/пахотный порода	0,719–0,953	7,0–10,0	15,0–34,0	189–223	0,39–0,90	1,7–2,0	124–176	1,0–1,7
	0,609–0,682	3,3–10,5	5,2–16,0	172–189	0,14–0,67	1,8–2,2	144–207	0,6–1,3
	0,319–0,538	4,5–14,0	5,2–12,0	154–184	0,2–0,67	0,52–1,4	145–154	0,8–1,0

Количество подвижного цинка в профиле староорошаемых луговых аллювиальных почв массива «Акмангит» ниже «предельных» чисел (1,5–2,5 мг/кг) и колеблется по профилю этих почв в пределах 0,4–1,6 мг/кг. Несколько выше его содержание в аналогичных почвах массива им. К. Абдуллаева – от 0,9–2,1 мг/кг. Наиболее обогащены подвижным цинком новоорошаемые такырно-луговые почвы массива «Маржонкуль», где его содержание находится в пределах нормы и их можно отнести к градации среднеобеспеченных этим элементом – 1,4–2,2 мг/кг почвы. Однако в средней части профиля этих почв количество цинка выше, чем в верхнем, пахотном горизонте.

Все изученные почвы характеризуется высоким содержанием подвижного марганца: по всему профилю содержание его колеблется от 118,8–176,0 мг/кг в пахотном горизонте и до 113,0–200,2 мг/кг – в почвообразующей породе, что в 1,2–2,2 раза выше «предельных» чисел (80,0–100,0 мг/кг).

Изученные почвы, в основном, обогащены водорастворимым бором: староорошаемые луговые аллювиальные почвы массива «Акмангит» содержат в 1,8–2,0 раза больше водорастворимого бора, чем «предельные» числа (0,8–1,2 мг/кг), причем по всему профилю этих почв.

В новоорошаемых такырно-луговых почвах массива «Маржонкуль» количество водорастворимого бора в пахотном горизонте почв колеблется от 1,03 мг/кг до 2,0 мг/кг. Нижележащие горизонты почв также содержат высокое его количество – до 1,3–2,4 мг/кг.

Содержание и распределение микроэлементов в хлопчатнике оказывает огромное влияние на их вынос с урожаями возделываемых сельскохозяйственных культур и другими органами для разработки норм внесения соответствующих удобрений под эти культуры.

Вынос микроэлементов в растениях зависит от структуры урожая и содержания их в различных их органах. Структура урожая очень изменчива и зависит от питательного режима почв, норм и видов вносимых удобрений и связана с формированием вегетативных и репродуктивных органов.

С опавшими листьями и корнями растений в почву возвращается часть питательных веществ, а с гузапая (стебли, коробочки) и урожаем выносятся большое количество элементов питания.

Нами изучено содержание микроэлементов в органах хлопчатника осенью, в конце его вегетации. Средний рост одного растения составил 80,0–107,5 см, общая масса – 86,1–272,6 г, вес одной коробочки колебался от 3,8 до 5,1 г.

Исследованиями установлено, что наибольшее количество меди накапливается в листьях хлопчатника и колеблется оно в пределах 3,2–11,8 мг/кг, что составляет 25,8–43,5 % от общего содержания в растении и зависит от возделываемого сорта, типа почвы, а также от проводимых в хозяйствах агротехнических мероприятий и т.д. Остальные органы хлопчатника – стебли, створки, семена, волокно отличаются сравнительно меньшим содержанием меди и количество их можно выразить следующим нисходящим рядом: листья створки хлопок-сырец корни стебли.

Общий вынос меди хлопчатником составляет 0,023–0,174 кг/га и из него 0,02–0,038 кг/га приходится на урожай (хлопок-сырец), что составляет в среднем 21,8–30,0 %, от общего содержания в растении. С вегетативной массой (гузапая, створки, корни) вынос меди составляет 0,086–0,131 кг/га, т. е. 49,2–75,0 % от общего содержания. Основная часть меди выносятся растением, но в почве остаются опавшие листья и корни, которые частично пополняют запасы меди.

Результаты анализов показали, что наибольшее количество цинка, по сравнению с другими органами, содержится в хлопке-сырце (урожай) – от 12,0 до 32,7 кг/га, что составляет 19,5–33,1 % от общего содержания в растении. В листьях хлопчатника содержится несколько меньше цинка – в пределах 18,2–30,0 мг/кг, что составляет 23,2–30,4 % от общего содержания в растении. Наименьшее количество его найдено в стеблях – от 10,0 до 15,3 мг/кг или 8,7–16,1 % от валового.

В составе корней в почву возвращается незначительное количество цинка – 0,032–0,053 кг/га и невысокое количество листьев (опад) – 0,036–0,060 кг/га, то есть почвы обеднены подвижной формой этого элемента, что отрицательно сказывается на питательный режим изученных почв.

Среди изученных микроэлементов растения усваивают большое количество подвижного марганца. Марганец принимает участие в жизненно важных физиологических процессах, протекающих в растениях.

В листьях хлопчатника содержится наибольшее количество марганца – 60,5–92,0 мг/кг и от общего содержания в растении составляет 48,5–61,1 %. Содержание марганца в других органах можно выразить следующим нисходящим рядом: листья створки корни сырец стебли, от

общего содержания в растении вынос его с этими органами хлопчатника составляет соответственно: 5,6–61,8 %; 13,1–22,4 %; 6,8–17,8 %; 17,5–77,0 %; 8,2–12,4 %. Общий вынос марганца хлопчатником с одного гектара колеблется от 0,106 кг/га до 0,932 кг/га. С урожаем хлопка-сырца выносятся с одного гектара 0,016–0,39 кг этого элемента. Запасы марганца в почве частично восполняются за счёт высокого его содержания в листьях хлопчатника и корневых остатков. Распределение бора по органам хлопчатника различное и оно колеблется в широких пределах: в листьях содержится 10,8–61,1 мг/кг; в стеблях – 11,2–16,2 мг/кг; в створках – 15,0–29,3 мг/кг; корнях – 10,0–15,0 мг/кг; хлопке-сырце – 9,0–19,0 мг/кг и это содержание можно представить следующим нисходящим рядом: листья, створки, стебли, хлопок-сырец, корни. В конце вегетации хлопчатника с опадом листьев в почву возвращается большое количество бора и выносятся также много с другими органами.

Таким образом исследованиями выявлено, что при возврате в почву более 50% элементов питания, в частности и микроэлементов, то в почвах создаётся положительный баланс их подвижных форм, необходимых для нормального развития растений. Если возврат микроэлементов менее 50%, то почвы обедняются подвижными формами микроэлементов, что вызывает необходимость внесения различных микроудобрений.

УДК 631.872:633.12:631.445.2

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ГРЕЧИХИ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ ПО СОЛОМЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКА, НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Кирдун Т. М., Серая Т. М., Богатырева Е. Н.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Посевные площади гречихи в Республике Беларусь в последние 5 лет занимали 11,6–16,7 тыс. га, в то время как в 60-х годах прошлого столетия гречиха возделывалась на площади более 300 тыс. га, в 70–80-х годах – 100 тыс. га.

Одной из причин сокращения площадей, занятых под гречихой, является невысокая урожайность зерна, которая в среднем по республике, по данным Белстата, в последние годы была в пределах 9,5–11,4 ц/га. Годовое потребление гречневой крупы в Беларуси составляет около 20 тысяч тонн. Белорусские производители удовлетворяют потребность в гречке в среднем на 30 %. Для обеспечения населения республики гречневой крупой собственного производства необходимо, наряду с расширением площадей, существенно увеличить урожайность.

После уборки гречихи на поле остается солома, использование которой на удобрение уменьшает пораженность последующих зерновых колосовых корневыми гнилями [1]. При этом с каждой тонной запаханной соломы в почву возвращается до 6 кг азота, 6 кг фосфора и до 25 кг калия, которые могут быть использованы последующей культурой [2].

Для благоприятного протекания биохимических процессов в почве при заделке соломы, необходимо обеспечение оптимального углеродно-азотного соотношения (20–30:1) [3, 4]. Так, например, соотношение углерода к азоту в соломе гречихи в среднем составляет 67:1. Для того чтобы его приблизить к оптимальному, компенсирующая доза азотных удобрений по соломе гречихи должна составлять 8 кг/т [2]. Однако по данным многих исследователей далеко не всегда запашка соломы даже с компенсирующими дозами азота обеспечивает повышение продуктивности севооборота. В исследованиях лаборатории органического вещества почвы РУП «Институт почвоведения и агрохимии», проведенных на дерново-подзолистых почвах в модельно-полевых опытах, установлено, что компенсирующие дозы азота оказывали существенное влияние на темпы минерализации соломы только в осенний период, в дальнейшем различия в вариантах с азотом и без азота практически сглаживались [5]. Эти данные позволяют предположить, что необходимость внесения компенсирующих доз азота по соломе существует только в случае ее заделки под озимые культуры, а если солома запахивается под яровые культуры, возможно, такой необходимости нет.

Таким образом, цель исследований заключалась в оценке влияния компенсирующей дозы азота по соломе и скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом их высвобождения из соломы предшественника, на урожайность гречихи.

Гречиху возделывали в стационарном технологическом опыте, заложенном в 2010–2011 гг. в двух последовательно открывающихся полях в ГП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве в севообороте со следующим чередованием культур: кукуруза (2011, 2012 гг.) – подсолнечник (2012, 2013 гг.) – ячмень + сидеральный люпин (2013, 2014 гг.) – гречиха + сидеральный люпин (2014, 2015 гг.) – овес голозерный (2015, 2016 гг.).

Почва опытного участка перед закладкой полевого опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} 5,6–6,0, содержание гумуса – 2,10–2,45 %, подвижных форм P_2O_5 – 138–169 мг/кг и K_2O – 138–165 мг/кг почвы, обменных соединений CaO – 990–1086 мг/кг и MgO – 130–168 мг/кг почвы.

Согласно схеме опыта в 2014 и 2015 гг. под гречиху в среднем запахано 3,9 т/га соломы ярового ячменя, внесена компенсирующая доза азота в виде карбамида (N_{40}), жидкого навоза КРС (30 т/га). Кроме этого под предшествующие культуры было запахано: в 2010–2011 гг. – 3,1 т соло-

мы ячменя, в 2011–2012 гг. – 6,3 т/га растительных остатков кукурузы, в 2012–2013 гг. – 6,1 т/га растительных остатков подсолнечника, при этом внесены компенсирующие дозы азота в виде карбамида по 30 кг д.в./га (по листостебельной массе подсолнечника 42 кг д.в./га) и жидкого навоза КРС (далее ЖН КРС) по 30 т/га.

Исследования проводили с гречихой Сапфир. Норма высева – 2,5 млн шт. всхожих семян/га (80 кг/га). Довсходовую обработку посевов против сорняков проводили гербицидом Гезагард, КС (1,2 л/га).

Полные дозы минеральных удобрений под гречиху составили $N_{40}P_{50}K_{90}$, в вариантах 5, 8, 12 и 15, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в соломе предшественника, под гречиху вносили $N_{40}P_{40}K_{40}$. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки – 31,2 м², учетная – 22,0 м². Схема опыта приведена в таблице 1.

Таблица 1

Влияние удобрений и сроков дополнительного внесения азота при запашке соломы ячменя на урожайность гречихи, среднее за 2014–2015 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га				Урожай жай-ность соломы, ц/га
	2014г.	2015г.	Ø	к кон-тролю	от NPK	от со-ломы с доп. N	от доп. N	
1. Без удобрений	20,0	11,1	15,6	–	–	–	–	11,6
2. Солома	23,8	19,2	21,5	5,9	–	5,9	–	22,8
3. Солома + сидераты	27,8	17,8	22,8	7,2	–	7,2	1,3	20,0
4. Солома + ЖН КРС, 30 т/га	24,3	21,9	23,1	7,5	–	7,5	1,6	29,5
5. Солома + N_{30} осенью	24,6	21,8	23,2	7,6	–	7,6	1,7	26,7
6. Солома + N_{30} весной	26,5	23,6	25,1	9,5	–	9,5	3,6	31,4
7. $N_{40}P_{50}K_{90}$	21,4	13,7	17,6	2,0	2,0	–	–	16,4
8. Солома + сидераты + $N_{40}P_{50}K_{90}$	28,8	18,6	23,7	8,1	0,9	6,1	2,0	30,3
9. Солома + сидераты + $N_{40}P_{40}K_{40}$	29,5	19,5	24,5	8,9	1,7	6,9	2,3	29,3
10. Солома + ЖН КРС, 30 т/га + $N_{40}P_{50}K_{90}$	27,1	19,2	23,2	7,6	0,1	5,6	1,5	30,0
11. Солома + ЖН КРС, 30 т/га + $N_{40}P_{40}K_{40}$	27,5	24,2	25,9	10,3	2,7	8,3	3,7	35,2
12. Солома + N_{30} осенью + $N_{40}P_{50}K_{90}$	26,8	22,3	24,6	9,0	1,4	7,0	2,9	31,5
13. Солома + N_{30} осенью + $N_{40}P_{40}K_{40}$	26,8	23,9	25,4	9,8	2,2	7,8	3,2	31,6
14. Солома + $N_{40}P_{50}K_{90}$	26,4	16,9	21,7	6,1	0,2	4,1	–	22,6
15. Солома + $N_{40}P_{40}K_{40}$	25,5	18,9	22,2	6,6	0,7	4,6	–	26,1
16. Последствие ПН КРС, 60 т/га	20,4	11,6	16,0	0,4	–	–	–	12,7
17. Последствие ПН КРС, 60 т/га + $N_{40}P_{50}K_{90}$	21,4	12,3	16,9	1,3	0,9	–	–	17,9
НСР ₀₅	1,7	1,7	1,7	–	–	–	–	1,7

Погодные условия вегетационных периодов возделывания гречихи существенно различались по количеству осадков и периодам их выпадения, что сказалось на влиянии удобрений и почвенного плодородия на урожайность культуры. При соблюдении элементов технологии возделывания гречихи, за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы в 2014 г. получено 20,0 ц/га зерна, в 2015 г. – 11,1 ц/га.

В погодных условиях 2014 г. запашка соломы предшествующих культур способствовала повышению урожайности гречихи на 3,8 ц/га по сравнению с неудобренным вариантом. Осеннее внесение компенсирующей дозы азота по соломе в виде карбамида было неэффективным. Внесение аналогичной дозы азота весной под предпосевную культивацию обеспечило получение 2,7 ц/га зерна. Внесение $N_{40}P_{50}K_{90}$ не оказало достоверного влияния на урожайность гречихи, в то время как данная доза NPK на фоне запашки соломы увеличила урожайность зерна на 2,6 ц/га. Максимальная урожайность гречихи 28,8–29,5 ц/га получена в вариантах с внесением минеральных удобрений на фоне запашки соломы и сидерата.

Недобор урожая в неудобренном варианте из-за неблагоприятных погодных условий в 2015 г. составил 8,9 ц/га (44,5 %) по сравнению с 2014 г. В среднем по удобренным вариантам в 2015 г. получено на 6,5 ц/га (25,5 %) зерна гречихи меньше, чем в 2014 г. В 2015 г. в условиях аномальной засухи в вариантах, где в качестве органических удобрений вносили солому возделываемых культур, прибавка урожая по сравнению с неудобренным вариантом составила 5,8–13,1 ц/га зерна гречихи, что, вероятнее всего связано с улучшением водно-физических свойств почвы.

В среднем за 2 года в вариантах с внесением скорректированных доз фосфора и калия на фоне запашки соломы (вар. 9, 11, 13) отмечены существенные (1,7–2,7 ц/га) прибавки зерна гречихи в сравнении с вариантом, где запахивали солому в чистом виде (вар. 2), в то время как при внесении полных доз минеральных удобрений наблюдалась лишь тенденция роста продуктивности. Компенсирующая доза азота по соломе ячменя, внесенная осенью, обеспечила рост урожайности гречихи на 1,7–3,2 ц/га, при внесении весной – на 3,6 ц/га.

Урожайность соломы гречихи в зависимости от варианта опыта изменялась от 11,6 до 35,2 ц/га при среднем соотношении к зерну 1,1.

В вегетационные периоды возделывания гречихи (2014–2015 гг.) погодные условия сложились таким образом, что прибавка урожая от внесения минеральных удобрений была низкой и не окупала затраты на удобрения. При органоминеральной системе удобрения, где в качестве органических удобрений вносили солому возделываемых культур, условно чистый доход от применяемых удобрений в зависимости от варианта опыта изменялся от 84 до 177 USD/га при высокой рентабельности данного агроприема (табл. 2).

Таблица 2

Экономическая эффективность применяемых удобрений при возделывании гречихи на зерно, среднее за 2014–2015 гг.

Вариант	Стоимость при- бавки урожая	Затраты		Условно чистый доход	Рентабельность, %	Себестоимость, USD/т
		на удоб- рения	на дора- ботку при- бавки урожая			
		USD/га				
Солома	168	–	15	154	1042	25
Солома + сидераты	206	52	18	136	194	97
Солома + ЖН КРС, 30 т/га	214	45	19	150	236	85
Солома + N ₃₀ осенью	217	16	19	182	513	47
Солома + N ₃₀ весной	271	16	24	231	576	42
N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	57	75	5	–23	–29	401
Солома + сидераты + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	231	127	20	84	57	182
Солома + сидераты + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	254	114	22	118	86	153
Солома + ЖН КРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	217	120	19	78	56	183
Солома + ЖН КРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	294	107	26	161	121	129
Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	257	91	23	143	125	127
Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	280	78	25	177	172	105
Солома + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	174	75	15	84	93	148
Солома + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	188	62	17	110	140	119
Последействие ПН КРС, 60 т/га	11	–	1	10	1042	25
Последействие ПН КРС, 60 т/га + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	37	75	3	–41	–53	603

Снижение доз фосфорных удобрений на 10 кг и калийных на 50 кг в вариантах 9, 11, 13 и 15, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в соломе ячменя, которая была запахана под гречиху, без снижения урожайности позволило уменьшить затраты на удобрения на 13 USD/га, увеличить чистый доход и рентабельность, снизить себестоимость зерна гречихи.

В результате исследования химического состава зерна и соломы гречихи установлено, что в среднем за 2014–2015 гг. содержание элементов питания в зерне варьировало в пределах: азот – 1,51–1,81 %, фосфор – 0,72–0,94 %, калий 0,71–0,76 %, кальций – 0,05–0,07 %, магний – 0,21–0,24 %; в соломе содержание азота составило 0,74–1,07 %, фосфора – 0,35–0,51 %, калия – 2,42–3,45 %, кальция – 0,48–0,68 %, магния – 0,29–0,36 %. Удельный вынос элементов питания с 1 т зерна гречихи и соответствующим количеством побочной продукции составил: азота – 23,8 кг, фосфора – 11,2 кг, калия – 35,1 кг, кальция – 6,9 кг, магния – 5,0 кг.

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании гречихи по соломе предшественника максимальная урожайность – 24,5–25,9 ц/га сформирована в вариантах с внесением компенсирующих доз азота по соломе и применением скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений (N₄₀P₄₀K₄₀).

Список литературы

1. Анохина, Т. А. Запашка соломы в качестве органического удобрения почвы и санирующего средства / Т. А. Анохина, Р. М. Кадыров, Т. Г. Бардиян. – Минск, 2009. – 28 с.
2. Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию и содержание основных элементов питания в побочной продукции сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Е. Н. Богатырева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2 (№ 57). – С. 78–89.
3. Деревягин, В. А. Солома – органическое удобрение: рекомендации / В. А. Деревягин, М. Е. Кравченко, И. В. Русакова : ВНИПТИОУ. – Владимир, 1989. – 66 с.
4. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе (пер. с нем.). – М. : Колос, 1972. – 88 с.
5. Высвобождение элементов питания при заделке соломы в дерново-подзолистые почвы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом / Т. М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 52–59.

УДК 631.454:58.006

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГАЗОННЫХ ТРАВ В Г. МОСКВА

Королев П. С., Большева Т. Н., Горленко А. С., Госссе Д. Д.

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Современные процессы урбанизации, постепенно приводят к увеличению доли населения, проживающего в крупных городах. При этом благоустройство территорий и внешнего облика зеленых насаждений является одним из важных факторов, определяющих качество жизни в городских агломерациях. Газоны являются неотъемлемой частью городского озеленения. В Москве созданию газонов уделяется достаточное внимание. Газоны создаются как посевом, так и настилкой рулонов. Состояние уже созданных газонов и их долговечность определяется комплексом агротехнических мероприятий: регулярной и правильной стрижкой, поливом, подкормками удобрениями. Все эти мероприятия должны проводиться комплексно. Их несоблюдение приводит к деградации газонных покрытий. Для каждой почвенно-климатической зоны, а также для места нахождения газона в городе (парковая зона, разделительная полоса между автотрассами и т.п.) должны быть разработаны стратегии ухода. Минеральные удобрения, которые чаще всего используют для подкормок газонов не должны применяться в избытке, особенно при обильном поливе газонов, а также в городах, где в результате снеготаяния и высокого уровня осадков в летний период возможно попадание компонентов удобрений в ливневую канализацию, а далее в открытые водоемы. В этой связи разработка приемов удобрения газонов в городе Москве требует детализации. Необходимо отработать не только

дозы основного (припосевного) внесения удобрений и подкормок, но и формы самих удобрений для создания долговечных, высокодекоративных газонов.

Суммируя опыт использования удобрений при создании газонов в России и за рубежом, можно заключить, что предпочтение многими авторами отдается комплексным удобрениям, в том числе удобрениям, содержащим микроэлементы [1, 2]. Разночтения наблюдаются в отношении проведения подкормок газонных трав азотными удобрениями. В одних и тех же климатических условиях России и Канады указываются разные сроки прекращения внесения азотных удобрений в качестве подкормок.

Одной из задач при озеленении города Москва является содержание газонов в достойном состоянии. Это подразумевает наличие плотного, зеленого дерна без проплешин и обилия сорняков. Одним из важнейших факторов по уходу за газонами является их регулярное удобрение, так как при регулярной стрижке из почвы выносятся много питательных элементов, а в условиях промывного режима средней полосы России происходит вымывание элементов питания из корнеобитаемой зоны. Отсутствие регламента по удобрению газонов в городе Москва в сочетании с нарушениями правил по уходу за газонами (нерегулярная стрижка и чистка газонов), создает необходимость в перестилке или пересеве газонов каждые 3–4 года.

Для изучения возможности улучшения плотности и декоративности трав пятилетнего газона в 2020 году был заложен полевой опыт в парковой зоне Ботанического сада Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова с новыми комплексными удобрениями с различным содержанием питательных элементов.

Газон был посеян в 2015 году. Использовалась типовая газонная смесь, состоящая из разных сортов мятлика, овсяниц и райграса. За время эксплуатации газон не удобряли, стрижка проводилась нерегулярно. После стрижек газона скошенная трава убиралась нерегулярно, что явилось основной причиной возникновения многочисленных проплешин, которые были покрыты мхом и газонными сорными растениями. До закладки опыта был проведен подсев газонных трав из расчета 10 г семян на кв. м.

Для изучения возможности восстановления декоративного вида газона было предложено проведение ряда мероприятий, главным из которых являлось проведение подкормок минеральными удобрениями. В опыте изучали 4 формы комплексных удобрений:

1. Нитрофоска NPK – 15:15:15;
2. Нитроаммофоска NPK+MgO+S +TE – 18:18:18:2:2 (далее нитроаммофоска + МЭ);
3. Азофоска NPKS – 22:6:6:2;
4. Нитроаммофоска NPKS – 24:10:12:2

Схемой опыта предполагалось проведение двух подкормок газона. Поскольку содержание фосфора и калия в почве было оптимальным для

произрастания газонных трав, дозы всех удобрений рассчитывали по азоту. В первом блоке опыта все удобрения вносили на поверхность скошенного и прочищенного от войлока и мха газона в дозе 30 кг по д. в. азота на 1 га. Во втором блоке опыта дозы удобрений также рассчитывали по азоту – 60 кг по д.в. Через месяц подкормку газона теми же дозами всех удобрений повторили. Площадь опытных делянок – 4 м², повторность трехкратная. Высота травостоя в течение периода вегетации находилась на уровне 4–5 см.

Рабочая гипотеза заключалась в следующем: а) на зрелом газоне, произрастающем на почвах с высоким содержанием фосфора и калия, нет необходимости во внесении одинаковых (выровненных) доз азота, фосфора и калия; б) подкормки газона должны проводиться не реже 1 раза в месяц. Нормы удобрений для подкормок необходимо корректировать с учетом климатических условий сезона, то есть после затяжных дождей повторять подкормки; в) использование в условиях города Москва удобрений, содержащих микроэлементы, не целесообразно, так как в городских почвах содержится достаточно много микроэлементов.

Почва газона, на котором был заложен опыт по изучению эффективности удобрений, имела близкую к нейтральной величину актуальной кислотности (рН 6,36). Внесение всех доз и форм удобрений не оказали достоверного влияния на данный показатель. Так как все изучавшиеся удобрения хорошо растворимы в воде и содержат сильные электролиты, в корнеобитаемом слое была определена электропроводность водной вытяжки. Полученные результаты свидетельствуют о том, что значения данного показателя оптимальны на всех вариантах опыта, а выбранные дозы удобрений не оказали значимого влияния на концентрацию сильных электролитов в корнеобитаемом слое. В соответствии с классификацией А.И. Обухова [3] почвы опыта слабо обеспечены кислотрастворимыми формами меди, в отношении цинка мы можем с уверенностью констатировать, что почва опыта загрязнена этим элементом.

Двукратная подкормка газона удобрениями Нитрофоска (15:15:15), Нитроаммофоска (NPK+MgO+S+TE – 18:18:18:2:2), Азофоска (24:6:6:2) и Нитроаммофоска (24:10:12:2), в дозах, рассчитанных на 30 кг д. в. на га азота, не оказало значимого влияния на содержание доступных для растений форм фосфора и обменного калия в почве вариантов опыта. При увеличении дозы этих удобрений в два раза, была отмечена тенденция к значимому увеличению доступных для растений форм фосфора и обменного калия на вариантах с применением удобрения нитроаммофоска (NPK+MgO+S+TE – 18:18:18:2:2) и нитроаммофоски (15:15:15). Накопление фосфора в почве города не может рассматриваться как положительное явление. При зафосфачивании может происходить ухудшение питания растений азотом и микроэлементами, смыв обогащенных фосфорных частиц может оказывать негативное влияние на парковые водоемы.

Таблица 1

**Влияние форм и доз минеральных удобрений на величину
биомассы газонных трав**

Варианты опыта	кг/га	Укосы по- сле первой подкормки	Укосы по- сле второй подкормки	Укосы перед за- вершением полевого опыта
		г/м ²		
Контроль	–	200,0	210,0	122,5
Нитроаммофоска + МЭ (NPK+MgO+S+TE – 18:18:18:2:2)	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	219,2	246,7	158,1
Азофоска (NPK+S– 24:6:6:2)	N ₃₀ P _{0,6} K _{0,6}	206,7	261,7	148,6
Нитроаммофоска (NPK+S –24:10:12:2),	N ₃₀ P _{1,4} K _{1,7}	235,8	265,8	167,0
Нитрофоска (15:15:15)	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	224,2	274,2	174,9
Нитроаммофоска + МЭ (NPK+MgO+S+TE – 18:18:18:2:2)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	240,0	290,8	147,8
Азофоска (NPK+S– 24:6:6:2)	N ₆₀ P _{1,2} K _{1,2}	227,5	325,0	130,3
Нитроаммофоска (NPK+S –24:10:12:2)	N ₆₀ P _{2,8} K _{3,4}	225,0	345,8	187,8
Нитрофоска (NPK 15:15:15)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	231,67	300,8	167,7
НСР _{0,05}		5,7	12,8	10,6

Биомасса является первичным интегральным показателем, который позволяет оценивать эффективность вносимых в почву минеральных удобрений. Проведенные измерения позволяют утверждать, что варианты опыта различаются статистически.

При анализе величины биомассы были выделены три основные позиции:

1. Влияние доз первой подкормки на величину биомассы газонных трав.

2. Влияние второй подкормки на величину биомассы газонных трав

3. Последействие обеих подкормок

Газон до применения минеральных удобрений имел низкую степень декоративности, изреженность травостоя была значительной, травы плохо кустились. При внесении всех изучавшихся удобрений в первую подкормку в дозе из расчета 30 кг д. в. по азоту величина биомассы газонных трав достоверно увеличилась по сравнению с контролем на всех вариантах. По эффективности действия на величину биомассы растений удобрения можно расположить в следующий ряд по убыванию: нитроаммофоска (N₃₀P_{1,4}K_{1,7}) > нитрофоска (N₃₀P₃₀K₃₀) > нитроаммофоска+МЭ (N₃₀P₃₀K₃₀) > азофоска (N₃₀P_{0,6}K_{0,6}). Таким образом, самая низкая эффективность отмечается при использовании азофоски с низким уровнем содержания фосфора и калия.

При увеличении дозы удобрений в два раза биомасса растений возросла, а эффективность удобрений расположилась в иной убывающий ряд: нитроаммофоска+МЭ ($N_{60}P_{60}K_{60}$) > нитрофоска ($N_{60}P_{60}K_{60}$) > азофоска ($N_{60}P_{1,2}K_{0,6}$) > нитроаммофоска ($N_{60}P_{2,8}K_{3,4}$). Вероятно, такая разная эффективность удобрений после однократного внесения обусловлена изреженностью травостоя исходного газона.

После проведения второй подкормки биомасса газонных трав существенно увеличилась на всех вариантах опыта, что обусловлено интенсивным кущением вновь посеянных на газоне трав.

При повторном внесении всех изучавшихся удобрений в дозе из расчета 30 кг д. в. по азоту величина биомассы газонных трав по сравнению с первым сроком отбора увеличилась на 12–22 %. По эффективности действия на величину биомассы растений удобрения можно расположить в следующий ряд по убыванию: нитрофоска ($N_{30}P_{30}K_{30}$) > нитроаммофоска ($N_{30}P_{1,4}K_{1,7}$) > азофоска ($N_{30}P_{0,6}K_{0,6}$) > нитроаммофоска+МЭ ($N_{30}P_{30}K_{30}$). Действие второй подкормки с использованием удобрения нитроаммофоска+МЭ и азофоски было достоверно одинаковым.

После второй подкормки высокой дозой всех удобрений (60 кг д. в. по азоту) эффективность всех удобрений не выравнивалась, хотя биомасса на всех вариантах увеличивается по сравнению с первой подкормкой. Наивысшая эффективность наблюдается на варианте с внесением нитроаммофоски. Действие второй подкормки удобрениями нитроаммофоска+МЭ ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и нитрофоска ($N_{60}P_{60}K_{60}$) менее эффективно. Высокая эффективность второй подкормки растений высокой дозой азофоски можно объяснить интенсивным кущением злаков на этом варианте. Как было показано в работах К. А. Шуршина [4], дробное внесение удобрений на газоне способствует лучшему развитию травостоя, делая его более густым.

Перед последней стрижкой газона, в конце сентября был проведен отбор и учет величины биомассы газонных трав. На всех вариантах опыта, включая контроль величина биомассы снизилась примерно на 50 %. Разница между величиной биомассы растений на вариантах опыта с разными уровнями доз удобрений стала статистически мало значима. Максимальная биомасса наблюдалась на варианте с применением обеих доз нитроаммофоски.

На основании результатов проведенного полевого опыта можно сделать следующие предварительные выводы:

1. На длительно эксплуатируемых газонах, применение подкормок минеральными удобрениями является необходимым приемом, позволяющим повысить биопродуктивность травостоя.

2. Все удобрения, рассмотренные в опыте, оказали положительное влияние на величину биомассы газонных трав и их окраску. Потенциальные возможности отклика травянистых растений более разнообразны при регулярном применении удобрений, что позволяет получить плотный устойчивый газон.

3. Сравнение эффективности удобрений, рассмотренных в опыте, позволяет утверждать, что самым эффективным удобрением, использованным для восстановления газона являлась нитроаммофоска NPKS – 24:10:12:2.

Список литературы

1. Martinez N. G., Bettez N. D., Groffman P. M. Sources of variation in home lawn soil nitrogen dynamics // Journal of Environmental Quality. – 2014. – № 43(6). – P. 2146–2151.
2. Rosen C. J., Bierman P. M., Eliason R. D. Soil Test Interpretations and Fertilizer Management for Lawns, Turf, Gardens and Landscapes Plants. Department of Soil, Water and Climate. – 2008. – 46 p.
3. Обухов, А. И. Детоксикация дерново-подзолистых почв, загрязненных тяжелыми металлами: теоретические и практические аспекты / А. И. Обухов, И. О. Плеханова // Агрохимия. – 1995. – № 2. – С. 108–116.
4. Шуршин, К.А. Эффективность минеральных удобрений при выращивании газонных трав на осушенных верховых торфяниках / К. А. Шуршин, Т. Н. Большева // Проблемы агрохимии и экологии. 2011. № 3. С. 30–35.

Исследование выполнено в рамках научного проекта «Разработка и оценка комплекса инновационных агрохимических препаратов, мелиорантов и регуляторов роста в условиях агро-, техногенеза и городской среды»

УДК 631.8.022.3:633.112.9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Кулеш О. Г., Мезенцева Е. Г., Симанков О. В., Грачева А. А.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Важнейшим резервом повышения и стабилизации урожайности зерновых культур, в том числе и яровой пшеницы, улучшения качества зерна при более низкой себестоимости его производства может быть совершенствование технологий их возделывания на основе адаптивной интенсификации продукционного процесса.

Исследования с яровой пшеницей сорт Сударыня проводились в 2018–2020 гг. на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: pH – 5,9–6,1, содержание гумуса – 2,3–2,6 %, подвижные соединения фосфатов – 630–720, калия – 210–280 мг/кг почвы.

В опыте предусматривалось применение в основное внесение мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Азотные удобрения в подкормку вносили в форме мочевины (М) в твердом виде и в виде раствора при разбавлении водой совместно с комплексным водорастворимым удобрением – АФК (N₁₆P₁₆K₁₆) согласно схеме опыта.

Значительное влияние на формирование урожая и его качество оказали метеорологические условия в годы исследований (табл. 1).

Таблица 1

**Гидротермические условия по периодам вегетации яровой пшеницы,
2018–2020 гг.**

Показатели	Год	Межфазный период				
		посев – 1-й узел	1-й узел – флаг-лист	флаг- лист – ко- лошение	колошение – молочная спелость	молочная спелость – созревание
Средние t за период, °С	2018	15,8	17,8	18,3	17,1	21,2
	2019	11,4	18,8	22,8	19,4	16,4
	2020	8,2	16,4	21,0	20,1	17,1
Сумма осадков, мм	2018	19,1	2,0	17,7	192,1	11,0
	2019	51,6	14,8	8,1	36,4	63,0
	2020	53,3	90,7	19,9	66,6	35,4

В 2018 году в период от посева и до наступления фазы флаг-листа яровой пшеницы отмечались повышенные температуры воздуха, сопровождавшиеся значительным недостатком влаги. В дальнейшем условия увлажнения улучшились, температурный режим оставался благоприятным, что определило получение зерна высокого качества, но поскольку закладка основных органов происходила при неблагоприятных условиях, урожайность в этом году составила всего 33,8–46,5 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность яровой пшеницы и экономическая эффективность ее
возделывания в зависимости от систем удобрения**

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Чистый доход, руб.	Рента- бель- ность, %
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	сред- нее		
Без удобрений	33,8	43,3	55,4	44,2	–	–
P ₃₀ K ₉₀ – фон	36,0	43,7	58,1	45,9	29	71
Фон + N ₆₀	41,4	55,1	60,6	52,4	215	281
Фон + N ₉₀	44,2	57,7	60,9	54,3	301	191
Фон + N ₁₂₀	44,7	58,3	60,0	54,3	283	153
Фон + N ₁₅₀	43,2	54,9	60,2	52,8	223	116
Фон + N ₉₀₊₃₀	45,1	57,9	63,8	55,6	362	180
Фон + N ₉₀₊₃₀ + МЭ + РР*	46,0	57,8	65,1	56,2	353	168
Фон + N ₉₀₊₀₊₃₀	45,0	58,6	63,8	55,8	370	200
Фон + N ₉₀₊₃₀₊₃₀ + МЭ + РР	44,4	57,2	65,9	55,8	303	120
Фон + N ₉₀ + вр ¹ + вр ² + вр ³ **	46,5	60,0	65,3	57,3	327	125
НСР ₀₅	1,6	1,7	2,5	1,1	–	–

* МЭ+РР – МикроСтим–Медь, Марганец +Экосил

** вр¹+вр²+вр³ – водный раствор 1 (1-й узел) – (N₁₄(М) + АФК, 4кг/га + МикроСтим–Медь, Марганец (1,0 л/га) +Экосил (0,1 л/га)) + водный раствор 2 (флаг–лист) – (N₁₂ (М) + АФК, 3кг/га + МикроСтим–Медь, Марганец (1,0 л/га) +Экосил (0,1 л/га)) + водный раствор 3 (колошение) – (N₉(М) + АФК, 2 кг/га + МикроСил–Бор (1,5 л/га))

Начальный период вегетации 2019 г. характеризовался благоприятными условиями для яровой пшеницы. В то же время, критический период по отношению к влаге у яровой пшеницы (1-й узел – колошение), отличался засушливыми условиями. Менее продолжительный неблагоприятный период, чем в предыдущем году, позволил сформировать более высокую величину урожая – 43,3–60,0 ц/га. 2020 г. характеризовался лучшей влагообеспеченностью, чем предыдущие годы, при пониженном температурном фоне в начальный период роста растений яровой пшеницы. В результате урожайность зерна яровой пшеницы была наибольшей – 55,4–65,9 ц/га, но не максимально возможной.

Погодные условия определили и эффективность удобрений. В 2019 г. отмечались наилучшие за годы исследования условия в период посев – первый узел, в результате отдачи от фосфорных и калийных удобрений, при высоком содержании фосфора и калия в почве, не наблюдалось. При этом прибавки от азотных удобрений, внесенных перед посевом, были наиболее высокими, составив 11,4–14,6 ц/га. Ухудшение условий на последующих этапах роста и развития растений яровой пшеницы привело к тому, что азотные подкормки в твердом виде не привели к значительному росту продуктивности.

Засушливые условия в начале вегетации 2018 г. и холодные в 2020 г. обусловили эффективность внесения фосфорных и калийных удобрений. Достоверное повышение урожайности от данного приема составило 2,2–2,7 ц/га. Прибавки от азотных удобрений составили 5,4–8,7 ц/га в 2018 г. и 1,9–2,8 ц/га в 2020 г. Дополнительный сбор зерна от комплексного применения удобрений с микроудобрениями и Экосилом относительно фонового варианта в 2018 г. не превышал 2,3 ц/га, в 2020 г. – 5,0 ц/га. Можно отметить, что существенная эффективность подкормок азотными удобрениями в твердом виде установлена только в 2020 г. В 2018 и 2019 гг., когда отмечались периоды с засушливыми условиями, наиболее эффективными были подкормки в виде водных растворов.

В результате и в среднем за три года наибольшая продуктивность – 57,3 ц/га зерна была получена в варианте с предпосевным внесением $N_{90}P_{30}K_{90}$ и применением водных растворов удобрений в три подкормки. При внесении в подкормки удобрений в твердом виде наибольшая урожайность – 56,2 ц/га была получена при применении N_{90+30} совместно с микроэлементами и Экосилом на фоне $P_{30}K_{90}$.

Анализ экономической эффективности применения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в среднем за три года показал, что внесение фосфорных и калийных удобрений на высоко окультуренной почве имеет минимальный положительный эффект с рентабельностью 71 % и условно чистым доходом всего 29 руб. (табл. 2).

Высокорентабельным приемом при этом было применение на фоне $P_{30}K_{90}$ азотных удобрений. При внесении азота в один прием рентабельность снижалась с 281 до 116 % по мере повышения дозы удобрений от

N₆₀ до N₁₅₀. Наиболее высокий условно чистый доход – 301 руб. при этом получен при внесении N₉₀P₃₀K₉₀.

Более экономически выгодным было применение высоких доз азотных удобрений в несколько приемов. При разовом внесении N₁₂₀P₃₀K₉₀ рентабельность составила 153 %, условно чистый доход 283 руб. Применение 120 кг/га д.в. азота дробно (N₉₀₊₃₀ и N₉₀₊₀₊₃₀) повышало рентабельность на 27–47 %, чистый доход на 79–87 руб.

Повышение дозы азотных удобрений до 150 кг/га д.в. (Фон + N₉₀₊₃₀₊₃₀ + МЭ + РР) снижало рентабельность до 120 % и условно чистый доход до 303 руб.

Наилучшая в опыте комбинация рентабельности (200 %) и величины условно чистого дохода (370 руб.) отмечалось в варианте с применением N₉₀₊₀₊₃₀ на фоне P₃₀K₉₀.

При применении водных растворов удобрений показатель рентабельности находился на уровне 125 % при условно чистом доходе 327 руб.

Применение высоких доз азотных удобрений не всегда приводит к значительному повышению урожайности, но обеспечивает получение зерна высокого качества (табл. 3). Наибольшее содержание сырого белка в среднем за три года (14,0–14,8 %) отмечалось в вариантах, где азотные удобрения вносились в дозах 120 кг/га д.в. азота и выше, как разово, так и дробно. Те же закономерности наблюдались и в отношении содержания клейковины, в отмеченных выше вариантах данный показатель составил 30,6–33,5 %.

Таблица 3

Влияние различных систем удобрения на качество зерна яровой пшеницы

Варианты опыта	Сырой белок, %				Клейковина, %			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Ø	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Ø
Без удобрений	11,9	9,6	10,3	10,6	25,2	18,0	19,1	20,8
P ₃₀ K ₉₀ – фон	12,1	9,5	11,1	10,9	25,5	18,1	21,6	21,7
Фон + N ₆₀	14,6	11,1	11,2	12,3	34,2	20,2	21,8	25,4
Фон + N ₉₀	15,0	12,7	11,6	13,1	35,3	24,5	23,1	27,6
Фон + N ₁₂₀	15,6	13,7	12,7	14,0	37,2	27,8	26,7	30,6
Фон + N ₁₅₀	15,8	13,8	13,1	14,2	38,1	28,2	28,1	31,5
Фон + N ₉₀₊₃₀	15,6	14,4	12,9	14,3	37,5	29,6	27,2	31,4
Фон + N ₉₀₊₃₀ +МЭ+РР	15,8	14,3	12,9	14,3	38,1	29,7	27,3	31,7
Фон + N ₉₀₊₀₊₃₀	15,8	13,9	13,2	14,3	38,1	28,6	28,8	31,8
Фон + N ₉₀₊₃₀₊₃₀ + МЭ + РР	16,6	14,2	13,6	14,8	41,0	29,4	30,2	33,5
Фон + N ₉₀ + вр ¹ + вр ² + вр ³	15,8	13,4	12,9	14,0	37,9	28,3	27,4	31,2
НСР ₀₅	0,7	0,5	1,2	0,5	2,3	1,1	3,8	1,4

Необходимо отметить, что внесение 150 кг/га азотных удобрений совместно с микроэлементами и Экосилом в варианте Фон + N₉₀₊₃₀₊₃₀ + МЭ + РР в среднем за три года обеспечивало достоверное повышение содержания сырого белка и клейковины относительно других вариантов опыта.

Значительные различия в показателях качества зерна пшеницы отмечались по годам исследования. В 2018 г., при наименьшей продуктивности, в вариантах с внесением азотных удобрений было получено зерно 1-го класса качества – содержание сырого белка выше 14,5 % (14,6–16,6 %) и клейковины выше 32 % (34,2–41,0 %). В 2019 г. в вариантах с внесением 120–150 кг д.в./га азота зерно по качеству соответствовало 2 классу – содержание сырого белка выше 13,5 % (13,7–14,4 %) и клейковины выше 28 % (27,8–29,7 %). В 2020 г. при тех же дозах азотных удобрений зерно соответствовало лишь третьему классу – содержание сырого белка выше 12,0 % (12,7–13,6 %) и клейковины не менее 23 % (26,7–30,2 %). При этом по содержанию клейковины некоторые варианты соответствовали 2-му классу качества.

Результаты исследований показывают, что применение азотных удобрений не только повышает содержание в зерне белка и клейковины, но также улучшает и хлебопекарные свойства зерна (табл. 4).

Таблица 4

Влияние систем удобрения на хлебопекарные свойства зерна яровой пшеницы, 2018–2020 гг.

Вариант	Седиментация, мл			Объемный выход хлеба, мл			Общая оценка хлеба, балл		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Без удобрений	29	20	25	930	800	670	4,4	4,0	3,9
Фон + N ₉₀	42	32	28	1170	890	770	4,4	4,3	4,0
Фон + N ₉₀₊₃₀ + МЭ + РР	46	45	38	1160	870	840	4,4	4,3	4,2
Фон + N ₉₀₊₃₀₊₃₀ + МЭ + РР	48	43	38	1160	820	840	4,4	4,3	4,2
Фон + N ₉₀ + вр ¹ + вр ² + вр ³	49	35	35	960	750	920	4,4	4,3	4,1

В среднем за три года наилучшие показатели, характеризующие хлебопекарные свойства в опыте были получены в варианте Фон + N₉₀₊₃₀ + МЭ + РР и Фон + N₉₀₊₃₀₊₃₀ + МЭ + РР.

В 2018 г. по показателю седиментации (42–49 мл) зерно по всем удобренным вариантам соответствовало показателям сильной муки. В 2019 г. внесение 90 кг/га д.в. азота было недостаточно для получения муки высокого качества, показатель седиментации 43–45 мл достигнут в вариантах Фон + N₉₀₊₃₀ + МЭ + РР и Фон + N₉₀₊₃₀₊₃₀ + МЭ + РР. Условия 2020 г. не позволили получить муку с показателем седиментации выше 40 мл, при этом лучшими были варианты, отмеченные как таковые в 2019 г.

Объемный выход хлеба был высоким во все годы исследования, но наибольшим в 2018 г. В среднем за три года наилучшие показатели получены при внесении N₉₀ и N₉₀₊₃₀ + МЭ + РР на фоне Р₃₀К₉₀.

Высокая общая оценка хлеба в целом за три года получена для всех удобряемых вариантов. При этом наиболее высокую оценку получил хлеб, испеченный из муки, полученной в 2018 г., самую низкую – в 2020 г.

Таким образом, исследования показали, что наиболее оптимальной системой при внесении удобрений в один прием является $N_{90}P_{30}K_{90}$, что способствует получению в среднем 54 ц/га зерна яровой пшеницы, рентабельность данного приема составляет 191 %, условно чистый доход 301 руб.

Наиболее экономически выгодным (рентабельность 200 %, условно чистый доход 370 руб.) является дробное применение 120 кг/га д.в. азотных удобрений в варианте $N_{90+0+30}P_{30}K_{90}$, урожайность при этом составляет в среднем 56 ц/га.

Применение $N_{90+30+30}P_{30}K_{90} + МЭ + РР$ способствует получению зерна наиболее высокого качества – содержание сырого белка в среднем 15 %, клейковины 34 %. Урожайность при данной системе удобрения отмечается на уровне 56 ц/га при рентабельности 120 % и условно чистом доходе 303 руб.

Применение водных растворов $N_{90}P_{30}K_{90}+вр^1+вр^2+вр^3$ позволяет получать максимальную урожайность (57 ц/га) при высокой эффективности в условиях неблагоприятного увлажнения в критические периоды роста и развития растений яровой пшеницы. Рентабельность данного приема составляет 125 %, условно чистый доход – 327 руб.

УДК 631.84:631.633.112.9:631.445.2

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Ломашевич Т. В., Кирдун Т. М.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Введение. В Республике Беларусь одной из ключевых задач сельского хозяйства является производство зерна для полного удовлетворения потребности рынка страны при удешевлении его производства и улучшении качества без нанесения вреда окружающей среде. Озимая пшеница является наиболее ценной и урожайной зерновой культурой. Её зерно содержит большое количество клейковинных белков и других ценных веществ, поэтому широко используется для продовольственных целей: в хлебопечении, кондитерской промышленности, для производства крупы, макаронных изделий. Почвенно-климатические условия Республики Беларусь не позволяют получать высококачественное зерно на уровне сильной пшеницы, однако имеются вполне реальные возможности для повышения качества зерна мягкой пшеницы.

Урожайность озимой пшеницы и качество зерна в значительной мере зависят от обеспечения растений элементами питания в течение всей вегетации. С этой целью под озимую пшеницу рекомендуется вносить органические удобрения.

Основным источником органических удобрений в республике являются все виды навоза. Однако для хозяйств, специализирующихся на

производстве зерна и другой продукции растениеводства при отсутствии или слабом развитии животноводства важным источником органического вещества является солома. Скорость разложения соломы, в первую очередь, зависит от биологической активности почвы, степени ее окультуренности, гранулометрического состава. В связи с этим, одним из направлений данных исследований является установление сравнительной агроэкономической эффективности внесения по соломе, заделываемой под озимую пшеницу, компенсирующей дозы азота в виде КАС и целюлозоразлагающего микробиологического удобрения Жыцень на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве.

Исследования многих научных учреждений стран СНГ и дальнего зарубежья показывают, что в севообороте отвальную вспашку с успехом можно заменить безотвальной обработкой почвы, что позволяет сократить производственные затраты на 30–80 %, получить высокие стабильные урожаи и сохранить окружающую среду. Недостаточная длительность исследований не позволяет делать категорические выводы о безусловном равенстве традиционной и поверхностной обработок в формировании урожая зерновых культур. Поэтому этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Материалы и методы. Опыт с озимой пшеницей сорт Августина заложен на опытном поле Института, расположенном в ПРУП «Э/б им. Котовского» на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве в двух блоках: в 1-м блоке в качестве основной обработки почвы применяется вспашка на глубину 20 см, во 2-м блоке – дискование в один след на глубину 10–12 см. Агрохимическая характеристика почвы: pH_{KCl} – 5,60, содержание гумуса – 2,19 %, подвижных форм P_2O_5 – 156 мг/кг, K_2O – 194 мг/кг, обменных CaO – 1055 мг/кг, MgO – 154 мг/кг, индекс окультуренности – 0,81.

Озимая пшеница посеяна с нормой высева 248 кг/га (6,3 млн семян). В результате подсчета взошедших растений в период осенней вегетации установлено, что возшло 5,5 млн растений пшеницы и, соответственно, полевая всхожесть составила 87 %. Теплая бесснежная зима способствовала практически 100 % перезимовке озимой пшеницы.

В период вегетации озимой пшеницы температуры воздуха в осенне-зимний период были значительно выше средне многолетних данных, в то время как среднесуточная температура в апреле была на 1,7 °С ниже средне многолетней. С сентября 2019 г. по апрель 2020 г. выпало 269 мм осадков при средне многолетнем количестве за этот период – 326 мм, особенно засушливыми были март и апрель: при средне многолетнем количестве осадков 72 мм в период вегетации озимой пшеницы выпало всего 29 мм. Май был холоднее и суше (ГТК 1,18) по сравнению со средне многолетними показателями (ГТК 1,39). Июнь (ГТК 1,45) и июль (ГТК 1,59), основной период формирования и налива зерна был в целом благоприятным для озимой пшеницы, что обеспечило высокую урожайность зерна в опытах.

Результаты и обсуждение. В погодных условиях 2019–2020 гг. за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы сформировано 43,5 ц/га зерна (табл. 1). Внесение $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$ в блоке с традиционной обработкой почвы увеличило урожайность зерна на 20,6 ц/га или 47 % и повысило содержание протеина от 8,54 % до 13,56 % и клейковины от 17,68 до 25,92 % (табл. 2). В результате, пшеница, выращенная без удобрений, может быть пригодна только на фураж, в то время как в удобренных вариантах зерно пшеницы соответствует требованиям, предъявляемым к продовольственному зерну пшеницы 3 класса, в результате закупочная цена по сравнению с фуражным зерном выше на 51,04 USD/т.

Таблица 1

Эффективность применения различных систем удобрения при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Условный чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
Вспашка				
Без удобрений (контроль)	43,5	–		
$P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	64,5	20,6	364	175
Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + $N_{70+40+40}$	64,4	20,5	407	250
ПН КРС, 40 т/га + $P_{40}K_{35} + N_{60+30+40}$	68,3	24,4	372	142
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{50}K_{50} + N_{60+40+40}$	70,9	27,0	415	157
Солома + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	65,1	21,2	372	178
Солома + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40+10}$	68,2	24,3	416	192
Солома + Жыцень, 3 л/га + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	69,9	26,0	428	184
Солома + $N_{20}(KAC) + P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	74,9	31,0	498	202
Солома + $N_{20}(KAC) + P_{65}K_{115} + N_{70до опт +40+40}$	69,8	25,9	426	182
Солома + $N_{20}(KAC) + P_{65}K_{115}$ (по вспашке) + $N_{70+40+40}$	66,5	22,6	379	168
Солома + $N_{20}(KAC) + P_{55}^*K_{45}^* + N_{70+40+40}$	72,2	28,3	473	209
Дискование				
$P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	72,7	28,8	480	210
ПН КРС, 40 т/га + $P_{40}K_{35} + N_{60+30+40}$	68,7	24,8	378	143
Солома + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	72,1	28,2	471	208
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{50}K_{50} + N_{60+40+40}$	71,7	27,8	426	160
Солома + Жыцень, 3 л/га + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	77,7	33,8	538	213
Солома + $N_{20}(KAC) + P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	75,7	31,8	523	222
<i>НСР₀₅ (удобрения)</i>	5,3	5,3		
<i>НСР₀₅ (обработка почвы)</i>	2,3	2,3		

Таблица 2

Влияние удобрений и способа обработки почвы на содержание белка и клейковины в зерне пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Содержание протеина, %	Содержание клейковины, %
Вспашка		
Без удобрений (контроль)	8,54	17,68
P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,56	25,92
Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	12,90	25,63
ПН КРС, 40 т/га + P ₄₀ K ₃₅ + N ₆₀₊₃₀₊₄₀	13,05	25,27
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₅₀ K ₅₀ + N ₆₀₊₄₀₊₄₀	13,02	25,18
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,48	26,61
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀₊₁₀	13,61	26,64
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,34	26,28
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,34	25,73
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N _{70до opt +40+40}	13,55	27,11
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ (по вспашке) + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,37	26,94
Солома + N _{20(КАС)} + P ₅₅ *K ₄₅ * + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,34	25,51
Дискование		
P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	12,39	23,53
ПН КРС, 40 т/га + P ₄₀ K ₃₅ + N ₆₀₊₃₀₊₄₀	12,30	24,26
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,12	25,74
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₅₀ K ₅₀ + N ₆₀₊₄₀₊₄₀	13,17	26,70
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	12,79	24,29
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,11	26,18
<i>НСР₀₅ (удобрения)</i>	0,72	1,37
<i>НСР₀₅ (обработка почвы)</i>	0,68	1,13

Таким образом, за счет внесения удобрений увеличилась не только урожайность, но и качество зерна и, соответственно, условный чистый доход составил 364 USD/га, рентабельность 175 %. В варианте, где озимая пшеница посеяна без удобрений, двукратная некорневая обработка комплексным удобрением Адоб Профит 4–12–38 в дозе по 2 кг/га: 1-ая в фазу кущения осенью, 2-ая в период начала активной вегетации весной, по действию на урожайность была аналогичной внесению P₆₅K₁₁₅, при более высоком условном чистом доходе (+43 USD/га) и рентабельности 250 %. Снижение доз фосфорных и калийных удобрений на 25 и 80 кг д.в. соответственно и азотных удобрений на 20 кг/га на фоне внесения 40 т/га подстильного навоза КРС обеспечило тенденцию роста урожайности до 68,3 ц/га, однако прибавка по сравнению с P₆₅K₁₁₅ + N₇₀₊₄₀₊₄₀ была в пределах НСР₀₅.

Запашка 3 т/га соломы, что в переводе в условный навоз составило 10,5 т/га и снижение дозы подстильного навоза КРС с 40 до 30 т/га и внесение на этом фоне P₅₀K₅₀ + N₆₀₊₄₀₊₄₀ способствовало росту урожайности на 6,4 ц/га по сравнению с внесением P₆₅K₁₁₅ + N₇₀₊₄₀₊₄₀ при рентабельности 157 %. Запашка соломы без компенсирующей дозы азота в ва-

рианте Солома + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$ не привела к угнетению растений озимой пшеницы в осенний период: урожайность была на уровне варианта $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$. Дополнительная некорневая подкормка N_{10} в период колошение – налив зерна обеспечила тенденцию роста урожайности зерна (+3,1 ц/га), однако изменения были в пределах ошибки опыта. Обработка соломы микробным удобрением Жыцень в дозе 3 л/га обеспечило выраженную тенденцию к росту урожайности на 4,8 ц/га при рентабельности 184 %. Внесение компенсирующей дозы азота по соломе (N_{20}) в виде КАС обеспечило достоверный рост урожайности зерна на 9,8 ц/га при рентабельности 202 %. Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом поступления данных элементов с соломой способствовало получению урожайности на уровне внесения полных доз этих удобрений и более высокой рентабельности – 209 %.

В условиях 2019–2020 гг. урожайность озимой пшеницы в блоке с поверхностной обработкой почвы в качестве основной обработки почвы в среднем была на 4,1 ц/га выше по сравнению с аналогичными вариантами в блоке с традиционной обработкой почвы. Запашка соломы без компенсирующей дозы азота не оказала негативного влияния на растения озимой пшеницы. Наибольшая урожайность зерна в блоке с поверхностной обработкой почвы получена в варианте с обработкой соломы микробным удобрением Жыцень – 77,7 ц/га при условном чистом доходе от удобрений 538 USD/га и рентабельности 213 %.

Таким образом, в погодных условиях 2019–2020 гг. урожайность зерна за счет применения удобрений на среднеоккультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве выросла в среднем на 56 % при существенном увеличении содержания белка и клейковины: получено продовольственное зерна 3-го класса качества (на неудобренном варианте – фуражное). Урожайность озимой пшеницы в блоке с поверхностной обработкой почвы в качестве основной обработки почвы в среднем была на 4,1 ц/га выше по сравнению с аналогичными вариантами в блоке с традиционной обработкой почвы. При замене 10 т/га подстилочного навоза КРС на 3 т/га соломы, без снижения урожайности, рентабельность увеличилась на 15 %, снижение доз фосфорных и калийных удобрений под озимую пшеницу с учетом содержания элементов питания в соломе предшественника повысило рентабельность на 7 %. Сроки внесения фосфорных и калийных удобрений (под вспашку или по вспашке) и ранневесенней азотной подкормки (до оптимального и в оптимальный) не оказали существенного влияния на урожайность зерна озимой пшеницы.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГУМУСА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ОПОДЗОЛЕННЫХ ПОЧВ

Лопушняк В. И.

*Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины, г. Киев, Украина*

Известно, что почва является термодинамической системой, состояние которой зависит от объемов поступления в нее минеральных, органических веществ и энергии. Ключевую функцию биогеохимического аккумулятора энергии в почве выполняют гумусовые вещества, которые являются важным фактором формирования ее физико-химических и агрохимических свойств, а также средством выполнения разнообразных экологических функций почвенного покрова. Энергетическое состояние почвы зависит не только от содержания в ней гумуса, но и от его качественного состава.

Целью наших исследований было определить изменение энергетического состояния гумуса в зависимости от различных систем удобрения в полевом зернопропашном коротко ротационном севообороте, а также сравнить продуктивность севооборота при различных условиях минерального питания.

Полевые исследования проводили на темно-серой оподзоленной почве в условиях стационарного полевого опыта кафедры агрохимии и почвоведения Львовского национального аграрного университета в течение 2001–2018 гг. на протяжении более четырех ротаций коротко ротационного полевого плодосменного зернопропашного севооборота с таким чередованием культур: пшеница озимая, свекла сахарная, ячмень яровой с подсевом клевера, клевер луговой.

Схема опыта включала варианты минеральной, органической и органо-минеральной систем удобрения, которые сбалансированы по основным элементам минерального питания: 1) без удобрений (контроль); 2) минеральная система удобрения – $N_{390}P_{210}K_{430}$; 3) органо-минеральная система удобрения – 20 т/га навоза + 5 т/га соломы + $N_{270}P_{153}K_{260}$, насыщенность севооборота органическими удобрениями – 6,25 т/га; 4) органо-минеральная система удобрения – 30 т/га навоза + 15 т/га сидерата + 5 т/га соломы + $N_{100}P_{110}K_{173}$, насыщенность севооборота органическими удобрениями – 12,5 т/га; 5) органо-минеральная система удобрения – 40 т/га навоза + 15 т/га сидерата + 5 т/га соломы + $N_{50}P_{85}K_{113}$, насыщенность севооборота органическими удобрениями – 15,0 т/га; 6) органическая система удобрения – 50 т/га навоза + 15 т/га сидерата + 5 т/га соломы + $N_{25}P_{60}K_{53}$ (компенсационная доза для сбалансирования элементов минерального питания и улучшения процесса минерализации соломы), насыщенность севооборо-

та органическими удобрениями – 17,5 т/га. Во всех вариантах с удобрением сумма $N + P_2O_5 + K_2O$ за ротацию севооборота составила 1030 кг/га.

Аналитические исследования выполняли по общепринятым и стандартизированным методиками, в частности определение содержания гумуса согласно требований государственного стандарта Украины 4289: 2004, его фракционно-группового состава – по методу Пономаревой-Плотниковой, энергоемкость гумуса – по уравнению Орлова, показатели продуктивности агроценозов переводили в зерновые единицы.

Результаты исследований показали, что после четвертой (2012–2016 гг.) ротации севооборота содержание гумуса изменялось количественно и качественно в относительно большом диапазоне значений и зависело от системы удобрения. В слое 0–40 см темно-серой оподзоленной почвы содержание гумуса в вариантах с наибольшей насыщенностью органических удобрений повышалось в сравнении с исходными показателями на 0,65–0,8 %, а на контрольном варианте этот показатель снижался на 0,12–0,27 %. Однако следует отметить, что несмотря на внесение высоких норм органических удобрений и стойкую позитивную тенденцию к повышению содержания гумуса, интенсивность накопления гумусовых веществ в почве повышается несущественно, что очевидно сопряжено генетическими особенностями оподзоленных почв. При внесении удобрений в почву возникают новые уровни стабилизации гумусного состояния, которые обусловлены особенностями поступления органических соединений в почву и их трансформацией.

Показатели фракционно-группового состава гумуса почвы указывают на ухудшение качества гумуса без внесения удобрений, что отображается в повышении доли фульвокислот, в частности агрессивных их фракций ФК–1а и ФК–1, постепенном переходе типа гумуса от гуматно-фульватного к фульватно-гуматному. Минеральная система удобрения только частично приостанавливает процессы ухудшения качества гумуса. В условиях опыта только варианты с насыщением органическими удобрениями на уровне не менее 12,5 т/га обеспечивает повышения доли гуминовых кислот, что отобразилось на повышении соотношения гуминовые:фульвокислоты (Сгк:Сфк). В контрольном варианте это соотношение составило 0,98, а в вариантах, где вносили удобрения, этот показатель изменялся в пределах 1,0–1,2.

Для корректной оценки энергетического состояния почвы, кроме содержания гумуса, учитывали его фракционно-групповой состав, теплоемкость всех групп гуминовых веществ, а также его агрофизическое состояние, которое изменялось в зависимости от разных систем удобрения.

На фоне изменения абсолютных показателей содержания гумуса и его фракционно-группового состава повышалась энергоемкость гумуса в вариантах с удобрениями до 4,9–5,1 ГДж/га, или на 0,2 ГДж/га в сравнении с контролем. Исследованиями установлено тесную корреляционную связь между валовыми запасами энергии, аккумулированными в гумусе и соотношением Сгк:Сфк.

Улучшение качественного состава гумуса и повышение его содержания, а также энергоемкости обеспечивает возрастание продуктивности севооборота до 6,7–8,6 т/га на фоне снижения показателей на контроле от 5,4 до 4,8 т/га зерновых единиц после четвертой ротации.

Исследованиями установлено высокую тесноту связи между энергоемкостью гумуса и продуктивностью севооборота ($R^2 = 0,82$).

УДК 631.879.36:635.24(477.86)

ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИКАРПАТЬЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ПОД ТОПИНАМБУР

Лопушняк¹ В. И., Грицуляк² Г. С.

*¹Национальный университет биоресурсов и
природопользования Украины, г. Киев, Украина*

*²Ивано-Франковский национальный технический университет
нефти и газа, г. Ивано-Франковск, Украина*

Топинамбур, как культура многоцелевого использования, имеет большие перспективы для выращивания в Украине. Высокая экологическая пластичность, неприхотливость при возделывании, высокая отзывчивость на внесение удобрений способствует распространению этой культуры для выращивания на кормовые, энергетические и другие цели. Однако, высокая экономическая эффективность выращивания зерновых и масличных культур в Украине ограничивает расширение площадей под топинамбуром в кормовых севооборотах и в плантациях энергетических культур. Поэтому под топинамбур отводят преимущественно площади деградированных почв, которые отличаются низкой биопродуктивностью и ухудшенными агрохимическими свойствами.

Агроценозы топинамбура характеризуются высокой продуктивностью и выходом возобновляемой энергии с единицы площади. При средней урожайности 30–40 т/га клубней и 60–70 т/га зеленой массы топинамбура выход биоэтанола может достигать 6,7 т/га и более [9]. Такой уровень урожайности не является рекордным для этой культуры. Многие авторы указывают на значительно более высокие показатели урожайности клубней на уровне 40–50 т/га и зеленой массы 80–90 т/га, а общей продуктивности биомассы – на уровне 120 т/га [4, 8]. Такие тенденции подтверждены также нашими исследованиями [6, 9]. Здесь следует отметить, что при бессменном выращивании топинамбура после нескольких лет высокой продуктивности биологический урожай существенно снижается [8, 9].

Исследователи указывают, что применением удобрений можно обеспечить рост урожая клубней и зеленой массы на 100–120 % [1, 4, 10].

Поэтому удобрение топинамбура играет ключевую роль в удовлетворении физиологических требований культуры к условиям минерального питания и обеспечении высокой производительности агрофитоценозов. В условиях выращивания топинамбура на деградированных почвах роль системы удобрения топинамбура только возрастает.

Другим аспектом наших исследований было изучение эффективности использования осадка сточных вод для удобрения топинамбура. Поскольку для земледелия Украины на современном этапе характерен острый недостаток органических удобрений и низкие уровни их внесения, которые в несколько раз ниже научно-обоснованных норм. Актуальной проблемой остается поиск нетрадиционных видов удобрений для восполнения органического вещества почвы и обеспечения ее экологического равновесия в агроэкосистемах. Известно, что внесение нетрадиционных удобрений на дерново-подзолистой почве существенно влияет на изменение агрохимических параметров дерново-подзолистой почвы [7].

Целью наших исследований было изучить влияние внесения осадка сточных вод в разных количествах на изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и продуктивность топинамбура.

Полевые исследования проводили на протяжении 2016–2020 гг. В почвенно-климатических условиях Ивано-Франковской области на дерново-подзолистых деградированных почвах на территории населенного пункта Майдан (жд. ст. Ценжив) по общепринятым в агрономии методикам исследований [3]. Определение содержания гумуса в почве проводили по методу Тюрина, определения подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова, содержание соединений азота нитратных и аммонийных форм методом Корнфилда.

На опытном поле выращивали сорт топинамбура Львовский, который отличается интенсивным ростом и высокой продуктивностью [5]. Высаживали свежесобранные клубни во второй декаде апреля с площадью питания $0,198 \text{ м}^2$ (60 x 33 см). Таким образом густота стояния составляла 50,5 тыс. растений/га. Посадку осуществляли в нарезанные борозды на глубину до 10 см. Способы обработки почвы под топинамбур не отличались от общепринятых в почвенно-климатической зоне под картофель.

Общая площадь каждого опытного участка – 84 м^2 , учетная – 50 м^2 , повторность трехкратная.

Схему полевого опыта составляли варианты с различными нормами внесения осадка сточных вод и компостов, изготовленных на их основе с добавлением соломы. В наших исследованиях принимали во внимание следующие варианты опыта: 1. Без удобрений – контроль; 2. $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$; 3. ОСВ – 20 т/га + $\text{N}_{50}\text{P}_{52}\text{K}_{74}$; 4. ОСВ – 30 т/га + $\text{N}_{30}\text{P}_{33}\text{K}_{66}$; 5. ОСВ – 40 т/га + $\text{N}_{10}\text{P}_{14}\text{K}_{58}$.

Все варианты, кроме контроля, сбалансированы по внесению основных элементов питания.

Почвенные образцы отбирали перед началом закладки опытов и после четвертого года использования плантации топинамбура.

В полевых исследованиях использовали осадок сточных вод иловых карт коммунального хозяйства г. Ивано-Франковск, который размещен в передгорной части региона и имеет туристическо-рекреационное направление в хозяйственной деятельности, в городе отсутствуют вредные производства, загрязняющие выбросы минимальны. Поэтому осадок сточных вод отличается относительно низким содержанием тяжелых металлов. Его химический состав был установлен вследствие наших лабораторных исследований [2].

Для изучения изменений физиологических и биохимических процессов растений под влиянием внесения осадка сточных вод проводили следующие наблюдения: фенологические (визуально); динамику роста растений в высоту (путем промеров) динамику накопления сырой массы и сухого вещества (методом взвешивания и высушивания до воздушно-сухого состояния) учет урожая зеленой массы; учет урожая клубней; определения средней массы одного растения. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы Excel 2016, Statistika 6.

Исследованиями установлено существенное влияние различных доз внесения осадка сточных вод на агрохимические свойства дерново-подзолистой деградированной почвы (табл.).

Таблица

Изменение агрохимических показателей свойств дерново-подзолистой почвы предгорной части Прикарпатья

Вариант опыта	Слой почвы, см	pH _{KCl}	Гумус, %	N	P	K
				мг/кг почвы		
Без удобрений (контроль)	0–20	5,4	1,69	63,3	79,4	104
	20–40	5,0	1,62	23,8	72,1	101
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	5,2	1,70	69,3	86,1	142
	20–40	5,1	1,61	26,4	81,5	108
ОСВ – 20 т/га + N ₅₀ P ₅₂ K ₇₄	0–20	5,8	1,72	71,2	88,6	156
	20–40	5,6	1,61	28,9	81,7	109
ОСВ – 30 т/га + N ₃₀ P ₃₃ K ₆₆	0–20	6,0	1,73	72,4	93,5	156
	20–40	5,9	1,64	29,0	82,4	119
ОСВ – 40 т/га + N ₁₀ P ₁₄ K ₅₈	0–20	6,0	1,74	76,5	95,8	162
	20–40	6,0	1,64	30,6	88,8	119
НСП ₀₅ , %, ммоль/100 г почвы, мг/кг почвы	0–20	0,1	0,01	2,01	1,0	3,1
	20–40	0,1	0,01	1,12	2,0	1,3

Внесение минеральных удобрений с осадком сточных вод способствовало достоверному снижению обменной кислотности дерново-подзолистой почвы, что указывает на его мелиоративный эффект. Следует подчеркнуть, что внесение такого же количества действующего вещества минеральных удобрений обуславливало повышение кислотности после четвертого года использования. Применение удобрений положительно влияло на накопление в почве гумусовых соединений. Внесение минеральных удобрений в норме N₉₀P₉₀K₉₀ не способствовало достоверному повышению содержания гумуса в почве. Однако при внесении осадка сточ-

ных вод в норме 20–40 т/га содержание гумуса в пахотном 0–20 см слое почвы повышалось до 1,72–1,74 %, что на 0,05–0,07 % превышало показатель контрольного варианта, в подпахотном слое (20–40 см) также наблюдалась тенденция к повышению содержания гумуса.

Содержание азота в исследуемых вариантах колебалось в пределах 63,3–77,0 мг/кг почвы. Внесение минеральных удобрений в норме $N_{90}P_{90}K_{90}$ обуславливало содержание азота в пределах 69,3 мг/кг почвы в пахотном (0–20 см) слое, что превышало контроль на 6,0 мг/кг почвы. Возрастающие дозы осадка сточных вод обеспечивали содержание азота в пределах 71,2–76,5 мг/кг почвы в пахотном слое почвы и 5,0–6,8 мг/кг почвы в подпахотном (20–40 см).

Содержание фосфора в почве также подвергалось изменениям под влиянием внесения осадка сточных вод: с 79,1 до 86,1–95,8 кг/га почвы в пахотном (0–20 см) слое и с 72,1 до 81,5–88,8 мг/кг почвы в подпахотном слое (20–40 см) соответственно.

Содержание калия также существенно изменялось в зависимости от внесения удобрений. Минеральные удобрения способствовали повышению содержания калия на 14–38 мг/кг почвы в пахотном слое почвы по сравнению с контролем, а внесение осадка сточных вод норме 20–40 т/га обуславливало повышение содержания калия в пределах 156–162 мг/кг почвы, что на 52–60 мг/кг почвы превышало контроль.

Внесение осадка сточных вод оказывало существенное влияние не только на изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы, но и на формирование урожая зеленой массы и клубней топинамбура. Общий сбор сухой массы на вариантах с удобрениями возрастал на 32–38 % в сравнении с контролем и составлял 10,1–10,5 т/га с увеличением соотношения клубни:зеленая масса с 1,28 до 1,65–1,73. На формирование урожая клубней наиболее существенно влиял показатель массы клубней с одного куста, что можно описать уравнением регрессии: $y = 25,954x + 554,2$, где y – масса клубней с растения, г; x – масса одного клубня, г (при $R^2 = 0,78$).

Список литературы

1. Волкогон, В. В., Екологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур / В. В. Волкогон, О. М. Бердніков, В. І. Лопушняк. – К. : Аграрна наука, 2019. 264 с.
2. Грицуляк, Г. М., Осад стічних вод у системі удобрення верби енергетичної / Г. М. Грицуляк, В. І. Лопушняк. – Львів : Простір М, 2017. – 180 с.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Дубковецький, С. В. Вплив добрив на продуктивність топинамбура / С. В. Дубковецький // Землеробство. – 1998. – Вип. 72. – С. 105–113.
5. Дубковецький, С. В. Топінабур сорту Львівський / С. В. Дубковецький, В. Г. Влох // Вчені Львівського НАУ – виробництву: каталог наукових розробок. – Львів : ЛНАУ, 2008. – Вип. 8. – С. 23.
6. Лопушняк, В. Високопродуктивна енергетична культура для виробництва біоетанолу / В. Лопушняк, П. Слобода // Motrol. – Lublin. – 2012. – Vol. 14. – No 4. – P. 150–154.

7. Персикова, Т. Ф. Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы при применении куриного помёта / Т. Ф. Персикова, М. В. Царёва // Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 18–19 лютого, 2016 р. – Львів, 2016. – С. 56–59.
8. Сарнацкий, П. Л. Нетрадиционные культуры в кормопроизводстве / П. Л. Сарнацкий // Достижения науки и техники АПК. – М., 1990. – № 9. – С. 23.
9. Слобода, П. М. Система удобрення топінамбура // П. М. Слобода, В. І. Лопушняк. – Львів : Простір М, 2017. – 202 с.
10. Lopushniak, V. Bioenergetical appraisal of the technology of Jerusalem artichokes growing at different systems of fertilization in Western Foreststeppe regions of Ukraine / V. Lopushniak, P. Sloboda // Econtechmod. An international quarterly journal. – 2014. – Vol. 3 (4). – P. 29–33.

УДК 631.872:633.11 «324»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Лосевич Е. Б., Воронович С. Д., Сыантович А. А.

*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Беларусь*

В последние годы широкое применение в агрономической практике находят различные препараты на гуминовой основе. Их использование представляет собой малозатратный и ресурсосберегающий прием. Гуминовые удобрения вносятся в малых дозах и являются для растений скорее не источником питательных элементов, а стимулятором роста, способствующим повышению устойчивости к абиотическим и биотическим факторам среды. Гуминовые препараты являются неспецифическими активаторами иммунной системы, кроме того они стимулируют развитие корневой системы, регулируют корневое и некорневое питание. В итоге происходит увеличение продуктивности посевов и улучшение качества продукции [1, 2].

В связи с принятием Закона Республики Беларусь «О производстве и обращении органической продукции», возникает необходимость расширения ассортимента удобрений, разрешенных для использования в органическом сельскохозяйственном производстве. К числу таких удобрений относится Агролиния-С (ЗАО «Биодинамика», Литва), которое уже применяется в ряде стран Западной Европы. Это удобрение произведено из компостированного навоза КРС, а также гуматов из леонардита по специальной технологии, без использования химически агрессивных растворителей. В состав Агролиния-С входят гуминовые кислоты – 25,3 г/л; фульвокислоты – 7,7 г/л; азот – 2,1 г/л; фосфор – 1,1; калий – 3,9 г/л; комплекс микроэлементов (Co, Mo, Mn, Cu, Zn, Cr, Fe, B, Na, Mg, S).

Препарат Гидрогумин (ЧПУП «Биохим», Беларусь), содержит 55–60 % гуминовых веществ, комплекс макро- и микроэлементов,

биологически активные соединения (аминокислоты, витамины, ферменты, фитогормоны, антибиотики).

Гумат калия универсальный, который производится в РБ и РФ, имеет следующий состав: гуминовые вещества – не менее 25 %; микроэлементы (Cu, Zn, Mn, Mo, B, Co, Fe).

Исследования проводились на опытном поле УО «ГГАУ» в 2017–2020 гг. на посевах озимой пшеницы сорта Богатка. Общая площадь делянки составила 25 м², повторность 4-х кратная. Предшествующая культура – редька масличная.

Исследуемые удобрения вносились в подкормки: в фазы выхода в трубку и флаг-листа. Дозы внесения удобрений соответствовали существующим рекомендациям и составляли для Гидрогумина – 1 л/га, для Агролиния-С и Гумата калия универсального – 2 л/га. Расход рабочего раствора – 200 л/га.

В результате проведенных исследований было установлено, что в 2018 году применение гуминовых удобрений обеспечило высокую прибавку относительно фонового варианта N₁₃₀P₆₀K₁₂₀. Она составила 12,2 ц/га (37,8 %) для Гидрогумина и 12,5 ц/га (38,7 %) для Агролинии-С (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на основе гуминовых кислот на урожайность зерна озимой пшеницы

Варианты	Урожайность, ц/га				Прибавка к фону,	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средняя	ц/га	%
N ₁₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – Фон	32,3	39,7	52,6	41,5	–	–
Фон + Гидрогумин	44,5	40,0	56,4	47,0	5,5	13,3
Фон + Агролиния-С	44,8	42,2	58,6	48,5	7,0	16,9
Фон + Гумат калия	–	44,7	55,9	50,3*	4,1*	8,9*
НСР ₀₅	1,44	1,51	2,50	1,82		

*среднее за 2019 и 2020 гг.

Гуминовые препараты являются неспецифическими активаторами иммунной системы, они способствуют повышению устойчивости растений к стрессовым факторам среды. Известно, что эффективность гуминовых веществ значительно возрастает при отклонении условий от оптимума, например в жару и засуху. Июнь и июль 2018 г. характеризовались именно такими погодными условиями.

В 2019 г. эффективность исследуемых удобрений была ниже, достоверная прибавка урожайности была получена лишь в 3 (Агролиния-С) и 4 (Гумат калия) вариантах – 2,5 ц/га (6,3 %) и 5,0 ц/га (12,6 %) соответственно. Эффективным было применение удобрений на основе гуминовых кислот в 2020 году. Наибольшая прибавка урожайности была получена от внесения Агролинии-С – 6,0 ц/га (11,4 %), от Гидрогумина и Гумата калия она составила 4,2 ц/га (8,0 %) и 3,3 ц/га (6,3 %) соответственно.

В среднем за годы исследований можно констатировать, что исследуемые удобрения на основе гуминовых кислот достоверно повышали урожайность озимой пшеницы, причем наибольшее влияние оказало удобрение Агролиния-С, которое обеспечило прибавку к фоновому варианту 7,0 ц/га или 16,9 %.

На качественные показатели зерна, такие как содержание сырых протеина и клейковины, масса 1000 зерен, исследуемые удобрения не оказали достоверного влияния (табл.2). Отмечалась лишь тенденция их повышения в варианте 3 с внесением Агролинии-С.

Таким образом, при некорневой подкормке озимой пшеницы удобрениями на основе гуминовых кислот наибольшей эффективностью характеризовалось удобрение Агролиния-С.

Таблица 2

Влияние удобрений на основе гуминовых кислот на урожайность зерна озимой пшеницы (среднее за 2018–2020 гг.)

Варианты	Сырой протеин, %	Сырая клейковина, %	Масса 1000 зерен, г
N ₁₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – Фон	16,5	28,3	39,6
Фон + Гидрогумин	16,7	28,8	39,9
Фон + Агролиния-С	17,1	29,3	40,2
Фон + Гумат калия	16,7*	28,5*	39,7*
НСР ₀₅	1,2	1,4	0,9

*среднее за 2019 и 2020 г.

Список литературы

1. Кохан, Ю. С. Гуминовые препараты в зерновом хозяйстве // Главный агроном. – 2009. – № 8. – С. 10–12.
2. Агрономическая и экономическая эффективность применения гуминовых удобрений на озимой пшенице / Е. Б. Лосевич [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 104–106.

УДК 633.11:631.811

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ
НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЁМЕ**

Лях Н. М., Пану В. Т., Савин Е. Е.

*Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв им. Н. А. Димо,
г. Кишинёв, Молдова*

За последние десять лет посевные площади озимой пшеницы в Молдове варьировали от 301 до 373 тыс. га при средней урожайности в 1,6–3,7 т/га [12].

Исследования, проведенные в республике, показали, что среднегодовое количество осадков обеспечивает получение 4,4 т/га озимой пшени-

цы. За счет естественного плодородия почв можно получить 2,6 т/га зерна пшеницы [1, 10]. Недобор урожая озимой пшеницы с учетом количества осадков в условиях республики составляет 1,8 т/га. Этот урожай можно покрыть за счет увеличения плодородия почвы путем внесения удобрений и улучшения рекомендаций по их рациональному использованию.

Озимая пшеница положительно реагирует на удобрения. Применение их на выщелоченные черноземы способствовало увеличению урожая на 0,95–2,15 т/га по сравнению с не удобренным вариантом. Увеличение содержания подвижного фосфора в почве с 1,0 мг до 3,0–3,5 мг/100 г почвы на фоне $N_{120}K_{60}$ привело к росту прибавке на 55–56 % [1, 6, 9].

Сельскохозяйственные почвы республики относительно богаты гумусом, средневзвешенное значение составляет 3,1 %. По содержанию фосфора почвы в республике бедные. До 90 % почв оптимально обеспечены доступным калием. Основной запас доступного калия имеет обменную форму, которая в значительной степени восстанавливается за счет разрушения калийсодержащих минералов из почвы [2, 4, 5, 7].

Из режимов питания почв Молдовы в первом минимуме находится азот и фосфор. Для улучшения системы удобрения выщелоченного чернозема были оценены урожай и качество озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания и агрометеорологическими условиями 2011–2020 гг.

Полевые исследования проводились на базе многолетней опытной станции «Иванча» ИПАиОП «Н. А. Димо» из коммуны Иванча, Орхейского района, основанной в 1964 году на черноземе выщелоченном тяжело суглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,4 %; pH_{H_2O} – 6,8; $pH_{сол.}$ – 5,9; $\sum Ca^{2+} + Mg^{2+} = 30,7$ мг·экв./100 г почвы [3]. Предшественник – подсолнечник. Полевые испытания проводились по следующим уровням минерального питания почвы: подвижный фосфор – 1,0 (естественный фон); 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 и 4,5 мг/100 г почвы; калийный фонд за эти годы колебался в пределах 29–32 мг/100 г почвы. Содержание фосфора и калия в почве определяли методом Мачигина (экстрагировали 1 % раствором карбоната аммония в соотношении 1:20, pH – 9). Уровни подвижного фосфора в почве поддерживались путем компенсации экспорта фосфора предыдущим урожаем культуры, внесением фосфорных удобрений при основной обработке почвы [8]. Калийные удобрения в опытах с 2010 г. по настоящее время не применялись. Азот применяли ежегодно в дозах 0, 30, 60, 90, 120 и 150 кг/га д. в. Качество зерна озимой пшеницы определяли по утвержденным ГОСТам [11].

За десять сельскохозяйственных лет исследований агрометеорологические условия были разными. Из десяти – два года были относительно засушливыми – 2012, 2015 и очень засушливым 2020 г., с дефицитом влажности в 17–37 %, менее засушливыми были 2014, 2016 и 2019 гг., по сравнению с многолетним средним значением. Почти нормальными были годы 2011 и 2017 с 563–596 мм, что составляет 102–108 % выше нормы и так называемые «влажные годы» 2013 и 2018 годы, соответ-

ственно – 115–119 %. В среднем атмосферные осадки за 10 лет было на 30 мм меньше среднего многолетнего и составило 522 мм (табл.1).

Осадки за холодный период года (сентябрь–март) создали благоприятные запасы влаги в почве весной, что повлияло на нормальный рост и развитие растений пшеницы. Среднее количество осадков за холодный период на стационарном опыте было близко к норме и составило 99 %. Вариация атмосферных осадков за эти годы была довольно большой – от 128 мм до 409 мм, соответственно составляя 50 % и 159 % по сравнению с многолетним средним значением. В 2012 и 2020 годах количество осадков было всего 50–60 % от нормы, а в 2015 и 2018 годах – на 127–159 % выше нормы.

Таблица 1

Атмосферные осадки на опытной станции «Иванча» в 2011–2020 гг.

Год	Месяц IX 2010 г. – III		IV		V		VI	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2011	245	95	49	117	26	49	195	247
2012	153	60	38	90	114	215	48	61
2013	293	114	20	47	64	121	84	106
2014	261	102	25	60	112	211	36	46
2015	325	127	39	93	10	19	33	42
2016	252	98	31	74	57	107	133	168
2017	251	97	99	236	46	87	60	76
2018	409	159	3	7	27	51	113	143
2019	237	92	37	88	78	147	90	114
2020	128	50	10	24	77	145	71	90
Средние	255	99	35	83	61	115	86	109
Много- летние	257	100	42	100	53	100	79	100

Продолжение таблицы 1

Год	VII		VIII		IV–VIII		Сельскохозяй- ственный год	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
1	10	11	12	13	14	15	16	17
2011	31	51	17	28	318	108	563	102
2012	59	97	22	37	281	95	434	79
2013	126	206	46	77	340	115	633	115
2014	55	90	20	33	248	84	509	92
2015	37	61	15	25	134	45	459	83
2016	3	5	36	60	260	88	512	89
2017	91	149	49	82	345	117	596	108
2018	93	152	13	22	249	84	658	119
2019	36	59	35	58	276	93	513	93
2020	57	93	3	5	218	74	346	63
Средние	59	96	26	43	267	90	522	94
Много- летние	61	100	60	100	295	100	552	100

Примечание. Периодом сельскохозяйственных лет считается 01.09.2010 – 31.08.2020.

Атмосферные осадки за активный период развития полевых культур (апрель–август) за эти десять лет выпало в среднем на 10 % меньше по сравнению со среднемноголетним значением, а в 2015 г. составив всего 134 мм. Наиболее сильная засуха проявилось в июле и августе, где месячное количество осадков в 2015, 2016 и 2020 годах уменьшилось на 75–95 % по сравнению с среднемноголетним значением, а средние температуры воздуха превысили норму на 2,0–3,9 °С.

Применение минеральных удобрений на выщелоченном черноземе привело к увеличению и улучшению качества урожая озимой пшеницы по сравнению с естественным фоном (абсолютный контроль). Урожайность на неудобренном варианте варьировала в эти годы от 1,33 т до 2,97 т/га. На величину продукции на естественном фоне, во многом повлияли агрометеорологические условия. В частности, уровень урожая определялся запасами влаги в почве весной и количеством осадков в мае и июне. Внесение удобрений в эти годы привело к увеличению урожая до 6,32 т/га. В среднем за 8 лет продуктивность озимой пшеницы увеличилась по сравнению с абсолютным контролем на 0,8–2,09 т/га, получив прирост урожая в 39–103 % (табл. 2).

Таблица 2

**Урожай озимой пшеницы, полученный на выщелоченном черноземе,
в зависимости от уровня минерального питания, т/га**

Вариант	Год исследования								Среднее	Прибавка, %
	2011	2012	2013	2014	2016	2018	2019	2020		
Контроль	2,12	1,33	2,37	2,76	2,97	1,55	1,71	1,42	2,03	–
N ₁₂₀ P _{1,0} K	2,89	2,17	2,65	3,34	4,85	2,26	2,84	1,67	2,83	39,4
N ₁₂₀ P _{1,5} K	3,18	2,23	3,77	3,73	5,60	2,93	3,95	1,70	3,38	66,5
N ₁₂₀ P _{2,0} K	3,84	2,32	4,03	4,08	5,81	3,47	4,45	1,70	3,71	82,7
N ₁₂₀ P _{2,5} K	4,08	2,52	4,25	4,26	6,14	3,86	4,88	1,71	3,96	95,1
N ₁₂₀ P _{3,0} K	4,12	2,48	4,65	4,46	6,16	4,09	5,02	1,70	4,09	101,5
N ₁₂₀ P _{3,5} K	4,27	2,60	4,69	4,32	6,02	4,14	5,14	1,75	4,12	102,9
N ₁₂₀ P _{4,0} K	4,24	2,63	4,55	4,26	6,14	4,13	5,08	1,71	4,09	101,5
N ₁₂₀ P _{4,5} K	4,26	2,58	4,58	4,22	6,08	4,20	5,17	1,76	4,11	102,5
P _{3,5} K	3,01	1,92	3,22	3,54	4,21	2,28	2,34	1,60	2,76	35,9
N ₃₀ P _{3,5} K	3,63	2,33	4,03	3,93	4,61	3,02	3,39	1,63	3,32	63,5
N ₆₀ P _{3,5} K	3,87	2,54	4,22	4,28	5,78	3,79	4,01	1,73	3,78	86,2
N ₉₀ P _{3,5} K	4,07	2,68	4,52	4,59	6,32	4,02	4,70	1,78	4,08	101,0
N ₁₂₀ P _{3,5} K	4,22	2,62	4,69	4,19	6,24	4,14	5,14	1,75	4,12	102,9
N ₁₅₀ P _{3,5} K	4,05	2,53	4,58	4,08	6,08	4,04	5,10	1,73	4,02	98,0

* К – фон, содержание обменного калия в почве 29–32 мг/100г почвы.

На удобренных вариантах фосфором прибавка урожая по отношению к фону N₁₂₀P_{1,0}K увеличилась в среднем с 27 % при уровне подвижного фосфора 1,5 мг до 56–64 % – 2,5–3,5 мг/100 г почвы. На варианте P_{3,5}K (РК) прирост урожая по сравнению с абсолютным контролем составил 36 %. Применение азотных удобрений в дозах от 30 кг до 150 кг/га на фоне РК прибавка урожая пшеницы составила 63–103 % в сравнении с абсолютным контролем и 27–67 % – по отношению к РК. В засушливые

годы значительно возросла роль удобрений, способствующих формированию урожая озимой пшеницы. Хотя в эти годы валовой урожай снизился, прибавка к неудобренному варианту в 2012 г. практически удвоилась с 1,33 т/га до 1,92–2,68 т/га. Неоспоримо, значение удобрений в формировании урожая пшеницы высокое. Но, при очень сильной засухе роль удобрений снизилась, и урожай почти уравнился на всех вариантах. В 2020 г., помимо почвенной засухи, на растения пшеницы также повлияла и воздушная засуха, которая, в свою очередь, привела к формированию щуплых зерен и скромного урожая.

Качество озимой пшеницы напрямую зависела от внесения удобрений. Содержание сырой клейковины в зерне пшеницы колебалось от 14,4 до 40,8 %. Среднее значение клейковины за эти восемь лет на абсолютном контроле составило 23,1 %, увеличившись до 27,1–30,3 % на удобренных вариантах. На варианте РК среднее содержание сырой клейковины было на уровне абсолютного контроля. При формировании урожая пшеницы на варианте РК произошло так называемый «эффект разбавления». Урожай озимой пшеницы на этом варианте был в 1,36 раза выше абсолютного контроля, при той же содержание клейковины. Качество клейковины за эти годы относилось ко второй группе по индексу деформации клейковины ИДК (табл. 3).

Таблица 3

Содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания на выщелоченном черноземе, %

Вариант	Год исследования								Среднее, %	Группа ИДК
	2011	2012	2013	2014	2016	2018	2019	2020		
Контроль	20,4	32,4	21,2	22,8	18,4	16,0	23,2	30,8	23,1	II
N ₁₂₀ P _{1,0} K*	26,8	36,0	28,0	29,2	20,8	20,0	25,6	34,0	27,5	II
N ₁₂₀ P _{1,5} K	26,8	40,8	32,8	29,6	20,8	22,8	27,6	34,8	29,5	II
N ₁₂₀ P _{2,5} K	20,8	38,4	30,0	30,0	25,6	23,2	28,4	35,2	29,0	II
N ₁₂₀ P _{3,5} K	20,8	36,4	31,4	30,4	24,6	23,4	29,6	35,2	29,0	II
N ₁₂₀ P _{4,5} K	21,6	38,8	30,2	29,6	24,0	23,2	30,6	35,2	29,1	II
P _{3,5} K	16,0	34,0	23,6	25,2	18,8	14,4	25,2	28,8	23,2	II
N ₆₀ P _{3,5} K	22,4	37,6	28,8	31,2	20,8	18,8	26,0	31,6	27,1	II
N ₉₀ P _{3,5} K	24,4	37,2	31,2	31,2	25,2	22,4	28,0	32,8	29,0	II
N ₁₂₀ P _{3,5} K	23,2	38,4	28,0	28,4	26,4	24,8	30,0	34,0	29,1	II
N ₁₅₀ P _{3,5} K	26,0	38,8	32,8	28,4	26,4	24,4	30,0	36,0	30,3	II

* K – фон, содержание обменного калия в почве 29–32 мг/100 г почвы.

Количество клейковины, полученное при возделывании пшеницы на единицу площади, является интегральным показателем оценки продуктивности культуры. Этот показатель дает нам возможность определить агрономическую эффективность или рентабельность удобрений при производстве пшеницы с высокими хлебопекарными качествами. Внесение минеральных удобрений увеличило выход сырой клейковины с одного гектара в 1,37–2,61 раза в сравнение с неудобренным. В среднем на удоб-

ренных вариантах количество сырой клейковины увеличилось на 168–728 кг/га. Роль азотных удобрений была значительна. Внесение азотных удобрений в дозах 30–150 кг/га на фоне РК привело к получению прибавки клейковины в 364–560 кг/га (табл. 4).

Рентабельность минеральных удобрений была значительной, увеличившись с 37 % до 161 % по отношению к абсолютному контролю. На вариантах с разными уровнями фосфора на фоне $N_{120}P_{1,0}K$ рентабельность от влияния фосфора увеличилась с 44 % до 87 %. Эффективность азотных удобрений в дозах от 30 до 150 кг/га на фоне РК составил 81–124 %. Максимальная рентабельность удобрений при производстве озимой пшеницы с высокими хлебопекарными качествами достигнуто на вариантах $N_{90}P_{3,5}K - N_{150}P_{3,5}K$.

Таблица 4

**Выход сырой клейковины с единицы площади на выщелоченном
черноземе, кг/га**

Вариант	Год исследования								Среднее, кг/га	Рента- бель- ность, %
	2011	2012	2013	2014	2016	2018	2019	2020		
Контроль	432	431	502	629	546	248	397	437	452	–
$N_{120}P_{1,0}K$	774	781	742	975	1009	452	727	568	753	67
$N_{120}P_{1,5}K$	852	910	1237	1104	1165	669	1090	592	952	111
$N_{120}P_{2,5}K$	849	968	1275	1278	1572	895	1386	602	1103	144
$N_{120}P_{3,5}K$	888	946	1473	1313	1481	969	1521	616	1151	154
$N_{120}P_{4,5}K$	920	1001	1383	1249	1459	974	1582	620	1148	154
$P_{3,5}K$	482	653	760	892	791	328	590	461	620	37
$N_{60}P_{3,5}K$	867	955	1215	1335	1202	712	1043	547	984	118
$N_{90}P_{3,5}K$	993	997	1410	1432	1593	900	1316	584	1153	155
$N_{120}P_{3,5}K$	979	1006	1313	1190	1647	1027	1542	595	1162	157
$N_{150}P_{3,5}K$	1053	982	1502	1159	1605	986	1530	623	1180	161

* К – фон, содержание обменного калия в почве 29–32 мг/100г почвы.

Выводы. Применение минеральных удобрений на естественном фоне чернозема выщелоченного по предшественнику подсолнечник привело к увеличению урожая озимой пшеницы с 1,33 т до 6,32 т/га. В среднем за 8 лет урожай пшеницы увеличился по отношению к неудобренному варианту с 2,03 т до 4,12 т/га, получив прибавку от 39 % до 103 %.

Уровни фосфорного питания от 1,5 мг до 3,0–3,5 мг/100 подвижного фосфора в почве привели к увеличению урожайности озимой пшеницы в 27–64 %. Систематическое применение одних фосфорных удобрений с поддержанием уровня подвижного фосфора в почве в 3,5 мг привело к увеличению урожаев пшеницы на 36 %, по отношению к абсолютному контролю. Внесение азотных удобрений в дозах 30–150 кг/га на фоне РК в 3,5 мг/100 г подвижного фосфора привело к получению прибавки урожая в 27–67 %.

Азотные удобрения непосредственно повлияли на качество озимой пшеницы. Содержание сырой клейковины в зернах пшеницы увеличилось с 14,4 % до 40,8 %. На протяжении всего периода исследования

минеральные удобрения не повлияли на качество сырой клейковины, показатели ИДК относились ко второй группе качества.

Максимальная рентабельность с одного гектара по выходу клейковины при возделывании озимой пшеницы было достигнуто на вариантах $N_{90}P_{3,5}K - N_{150}P_{3,5}K$, что составляет 155–161 %.

Список литературы

1. Andrieș S. Optimizarea regimurilor nutritive ale solurilor și productivitatea plantelor de cultură. Editura Pontos, Chișinău, 2007. – P. 14–29, 217–254.
2. Andrieș S. Agrochimia elementelor nutritive fertilitatea și ecologia solurilor. Editura Pontos, Chișinău, 2011. – P. 26–70.
3. Andrieș S., Lungu V., Leah N., – Long-Term Field Experiments as a Foundation for Conserving and Enhancing Soil Fertility. In: Soils World Heritage. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2014. – P. 201–207.
4. Burlacu I. Deservirea agrochimică a agriculturii în Republica Moldova. Editura Pontos, Chișinău, 2000. – P. 26–114.
5. Leah N., Leah T., Andrieș S. Impactul îngrășămintelor chimice asupra calității cernoziomurilor levigate din Moldova Centrală. În: Monitoringul calității solurilor Republicii Moldova (baza de date, concluzii, prognoze, recomandări). Editura Pontos, Chișinău, 2010. – P. 348–355.
6. Lungu V., Andrieș S., Leah N., Grițuc S. Productivitatea culturilor agricole în asolamente de câmp în funcție de sol și nivelul de nutriție în experiențele de lungă durată. In: Cernoziomurile Moldovei – evoluția, protecția și restabilirea fertilității lor. Culegere de articole științifice. – Chișinău: S. n. (Tipogr. „Reclama»), 2013. – P. 241–244. –
7. Programul complex de valorificare a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor. Partea a II-a: Sporirea fertilității solurilor. – Chișinău: Pontos, 2004. – P. 8–29.
8. Recomandări privind aplicarea îngrășămintelor pe diferite tipuri de sol la culturile de câmp. – Chișinău: Pontos, 2012. – 68 p.
9. Toma S. (coordonator), 2008 – Aplicarea îngrășămintelor în agricultura durabilă. Tipografia A.ș.M., Chișinău, pp: 83–116. – ISBN 978–9975–62–216–5.
10. Бонитировка почв / Р. И. Лунева [и др.] // Почвы Молдавии. – Т. 3: Использование, охрана и улучшение / Кишинев: Штиинца, 1986 – С. 29–55.
11. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. – ГОСТ 13586.1–68
12. ***<https://statbank.statistica.md>. Accesat la 15.03.2021.

УДК 633.15:631.8

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ОРГАМИН ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС И ЗЕРНО

Макаро В. М., Гавриков С. В., Бабич Б. И.

*Гродненский зональный институт растениеводства
НАН Беларуси, г. Щучин, Беларусь*

Кукуруза является одной из важнейших культур в сельском хозяйстве Республики Беларусь из-за высокой потенциальной урожайности и универсальности использования.

Условия современного хозяйствования и применение технологий интенсивного типа требуют получения высоких урожаев кукурузы хорошего качества. Основным приемом, направленным на достижение этой цели, является использование минеральных и органических удобрений [1].

В настоящее время выведены новые перспективные сорта и гибриды кукурузы. Появились отвечающие современным требованиям и запросам минеральные и новые органоминеральные удобрения [2]. Поэтому перспективным направлением является оптимизация питания на основе новых форм удобрений.

Изучение эффективности применения органоминерального удобрения Оргамин (массовая доля органических веществ – 10–71 %, азота – 0,6–5 %, фосфора – 1,5–4 %, калия – 0,6–4 %, кальция – 25 %) в посевах кукурузы проводилось в 2018–2019 гг. на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси». Почва участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы: рН – 5,9–6,1, гумус – 1,20–1,34 %, содержание P_2O_5 – 254–273 и K_2O – 212–243 мг/кг почвы.

Исследования проводились на посевах кукурузы сорта Залещицкий. Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. Фон – $N_{60}P_{60}K_{120}$; 3. Фон + Можелит марки Б (массовая доля органических веществ – не менее 20 %, азота – не менее 3 %, фосфора – не менее 6 %, , кальция – не менее 14 %) – 1,67 т/га (эталон); 4. Фон + Оргамин – 1,67 т/га; 5. Фон + Оргамин – 1,92 т/га; 6. Фон + Оргамин – 2,17 т/га.

Урожайность зелёной массы кукурузы в варианте без применения удобрений составила 268,5 ц/га, в фоновом варианте – 362,4 ц/га (табл. 1). Внесение органоминерального удобрения Можелит обеспечило получение урожайности зеленой массы кукурузы на уровне 408,5 ц/га, а Оргамин – 428,1–455,3 ц/га. Следует отметить, что при дозе внесения Можелита и Оргамин, равной 1,67 т/га, получены близкие урожайности зеленой массы. Последующее увеличение дозы Оргамин до 1,92–2,17 т/га способствовало существенному росту (на 37,8–46,8 ц/га) урожайности зеленой массы кукурузы по отношению к эталону.

Таблица 1

**Хозяйственная эффективность применения удобрения Оргамин
в посевах кукурузы, среднее 2018–2019 гг.**

Вариант	Урожайность зелёной мас- сы, ц/га	± к контро- лю, ц/га	Урожайность зерна, ц/га	± к кон- тролю, ц/га
Контроль – без удобрений	268,5	–	41,3	–
$N_{60}P_{60}K_{120}$ – фон	362,4	93,9	58,6	17,3
Фон + Можелит – 1,67 т/га (эталон)	408,5	140,0	67,7	26,4
Фон + Оргамин – 1,67 т/га	428,1	159,6	71,8	30,5
Фон + Оргамин – 1,92 т/га	446,3	177,8	75,5	34,2
Фон + Оргамин – 2,17 т/га	455,3	186,8	78,4	37,1
$НСП_{05}$	36,48		6,60	

Возделывание кукурузы без внесения удобрений обеспечило получение 41,3 ц/га зерна, использование минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{120}$) в фоновом варианте – 58,6 ц/га. Применение на данном фоне Можелита способствовало росту урожайности до 67,7 ц/га, а Оргамин – до 71,8–78,4 ц/га. Органоминеральное удобрение Оргамин дало существенную прибавку (7,9–10,7 ц/га) к эталону только при внесении в дозе 1,92–2,17 т/га. А при одинаковых дозах внесения (1,67 т/га) урожайность зерна от использования Можелита и Оргамин была на одном уровне.

Органоминеральные удобрения также оказали влияние на качественные показатели зеленой массы кукурузы. Содержание переваримого протеина в контрольном варианте составило 7,9 % (табл. 2).

Таблица 2

Качественные показатели зеленой массы кукурузы при применении органоминерального удобрения Оргамин в посевах кукурузы, среднее 2018–2019 гг.

Вариант	Содержание переваримого протеина, %	Химический состав зеленой массы, %		
		азот	фосфор	калий
Контроль – без удобрений	7,9	1,26	0,36	1,25
$N_{60}P_{60}K_{120}$ – фон	8,5	1,37	0,38	1,41
Фон + Можелит – 1,67 т/га (эталон)	8,5	1,37	0,38	1,43
Фон + Оргамин – 1,67 т/га	8,9	1,44	0,41	1,69
Фон + Оргамин – 1,92 т/га	9,2	1,47	0,51	1,80
Фон + Оргамин – 2,17 т/га	9,5	1,52	0,50	1,98

Величина данного показателя при применении $N_{60}P_{60}K_{120}$ и в эталонном варианте находилась на одинаковом уровне – 8,5 %. Использование органоминерального удобрения Оргамин в дозах 1,67–2,17 т/га способствовало увеличению содержания переваримого протеина до уровня 8,9–9,5 % или на 0,4–1,0 % выше, чем при применении эталонного удобрения Можелит (1,67 т/га).

Аналогичная тенденция прослеживается по содержанию азота, фосфора и калия в растениях кукурузы. Наименьшее содержание данных элементов отмечено в контрольном варианте: азот – 1,26 %, фосфор – 0,36 % и калий – 1,25 %. Применение Можелита способствовало росту содержания азота в растениях до уровня 1,37 %, фосфора – до 0,38 % и калия – до 1,43 %. Еще большие величины данных показателей отмечены при внесении органоминерального удобрения Оргамин – 1,44–1,52 % азота, 0,41–0,51 % фосфора и 1,69–1,98 % калия.

Применение Оргамин в возрастающих дозах способствовало росту содержания данных элементов в зеленой массе кукурузы в сравнении с эталонным препаратом на 0,07–0,15 % по азоту, на 0,03–0,13 % по фосфору и на 0,26–0,55 % по калию.

В результате оценки качественных показателей зерна кукурузы установлено (табл. 3), что содержание переваримого протеина по вариан-

там опыта изменялось от 8,8 % до 10,6 %, с минимумом в контрольном варианте. Внесение удобрения Оргамин в дозах 1,67–2,17 т/га способствовало увеличению данного показателя по отношению к эталону на 0,5–1,0 %.

Содержание азота в зерне кукурузы в контрольном варианте составило 1,44 %, фосфора – 0,31 % и калия 0,42 %, а при применении минеральных удобрений их количество возросло: азота – 1,54 %, фосфора – 0,40 % и калия – 0,44 %.

При внесении удобрения Можелит содержание данных элементов увеличилось до 1,57 % – по азоту, до 0,42 % – по фосфору и до 0,45 % – по калию. Использование Оргамин, в сравнении с эталоном, повысило содержание данных элементов на 0,07–0,16 %, 0,02–0,13 % и 0,04–0,09 %, соответственно. Исключение составляет количество фосфора в зерне при дозе Можелита и Оргамин 1,67 т/га, при которой результаты идентичны.

Таблица 3

Качественные показатели зерна кукурузы при применении органо-минерального удобрения Оргамин в посевах кукурузы, среднее 2018–2019 гг.

Вариант	Содержание переваримого протеина, %	Химический состав зерна, %		
		азот	фосфор	калий
Контроль – без удобрений	8,8	1,44	0,31	0,42
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	9,5	1,54	0,40	0,44
Фон + Можелит – 1,67 т/га (эталон)	9,6	1,57	0,42	0,45
Фон + Оргамин – 1,67 т/га	10,1	1,64	0,42	0,49
Фон + Оргамин – 1,92 т/га	10,3	1,67	0,44	0,49
Фон + Оргамин – 2,17 т/га	10,6	1,73	0,55	0,54

Таким образом, внесение органо-минерального удобрения Оргамин в дозах 1,67–2,17 т/га оказало положительное влияние на продуктивность кукурузы, увеличив урожайность зеленой массы по отношению к неудобренному варианту на 59,4–69,6 % и зерна – на 73,8–89,8 %. Оргамин в дозе 1,67 т/га обеспечивал урожайность зеленой массы и зерна на уровне идентичной дозы Можелита, а при ее увеличении до 1,92–2,17 т/га уровни продуктивности выросли на 9,3–11,5 % и 11,5–15,8 %, соответственно.

Применение органо-минерального удобрения Оргамин одновременно способствовало повышению содержания переваримого протеина в зеленой массе и зерне кукурузы.

Список литературы

1. Бельченко, С. А. Влияние систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / С. А. Бельченко, И. Н. Белоус, М. Г. Драганская // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 5. – С. 59–61.
2. Бозиев, Х. К. Влияние разных видов минеральных и новых органо-минеральных удобрений на урожайность и качество зерна гибридов кукурузы на черномоземе: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Х. К. Бозиев. – Владикавказ: 2009. – 23 с.

РОЛЬ РАЗНОГЛУБИННОЙ ЗАДЕЛКИ ПОЖНИВНОГО СИДЕРАТА И СОЛОМЫ В СТАБИЛИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ЗЕРНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ ЦРНЗ РОССИИ

Матюк Н. С., Мазиров М. А., Полин В. Д., Щигрова Л. И.

*Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия*

Снижение уровня плодородия различных почв непосредственно связано с отчуждением определенной части запасов гумуса и биофильных элементов, особенно это четко проявляется при несбалансированном питании растений [8].

Для поддержания исходного уровня плодородия и тем более достижения расширенной его воспроизводства, которое может обеспечить получение стабильных и высоких урожаев при сохранении экологической устойчивости агроландшафтов необходимо постоянное поступление энергетических субсидий в форме возобновляемых источников органического вещества, а также минеральных удобрений на планируемую урожайность [5].

Важную роль в эффективности использования элементов питания играет способ размещения вносимых удобрений в обрабатываемом слое почвы. Глубокая заделка различных форм возобновляемых источников органического вещества замедляет темпы их минерализации, а использование их в виде мульчи или неглубокая заделка, наоборот, ускоряет их разложение и увеличивает газообразные потери азота и углерода, что сокращает период их действия и последствия [3, 7].

В стабилизации агрохимических показателей плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности различных севооборотов особое значение имеет сбалансированное питание растений, которое достигается сочетанием внесения стартовых доз минеральных и применением различных форм органических удобрений, имеющих длительное действие и последствие [1, 2, 4, 6].

Поступление в почву энергетических субсидий в виде возобновляемых источников органического вещества в сочетании с внесением стартовых доз минеральных удобрений является одним из актуальных направлений в биологизации и экологизации земледелия в современных условиях.

Наши исследования по оценке роли возобновляемых источников органического вещества в изменении содержания гумуса в зернопропашном севообороте (однолетние травы – озимая пшеница + пожнивный сидерат – картофель – ячмень) проводили на в опыте Центра точного земледелия РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, заложенном в 2008 г. на дер-

ново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующей агрохимической характеристикой: кислотность почвы близкая к нейтральной (pH_{KCl}) – 5,7, содержание гумуса – 2,4 %, подвижного фосфора – 180–200 мг/кг и обменного калия – 110–120 мг/кг почвы по следующей схеме (табл. 1).

Таблица 1

Схема полевого опыта

Приемы обработки почвы	Культуры севооборота			
	Вика-овес	Озимая пшеница	Картофель	Ячмень
Отвальная (О)	вспашка + культивация	вспашка + культивация	вспашка + фрезерование	вспашка + культивация
Минимальная (М.О)	прямой посев	прямой посев	фрезерование	дискование

Удобрения вносили на планируемую урожайность под однолетние травы и ячмень в количестве 32 кг/га д. в. Проводили азотную подкормку озимой пшеницы: одинарную из расчета 70 кг/га д. в. и двойную 70+70 кг/га д. в. в сочетании с той же дозой удобрений перед ее посевом, а под картофель – комплексные удобрения (нитрофоска) в дозе 160 кг/га д. в. каждого элемента питания.

Исходя из цели работы и поставленных задач, в ходе проведения анализов, наблюдений и учетов использовались общепринятые методы полевых, лабораторных исследований и программ статистической обработки данных: содержание гумуса определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО; общего азота – по методу Кьендаля, учет урожая проводили сплошным методом поделочно с приведением показателей урожайности к требованиям стандартов.

Результаты наших исследований показали, что в стабилизации агрохимических показателей плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности зернопропашного севооборота особое значение имеет сбалансированное питание растений, которое достигается сочетанием внесения стартовых доз минерального удобрения и применением различных форм органических удобрений (солома зерновых, ботва картофеля, пожнивно-корневые остатки, горчица на сидерат) имеющих длительное действие и последствие. Наши исследования показывали, что из изучаемых культур наибольшее количество растительных остатков всех видов после уборки поступило в почву с соломой и пожнивно-корневыми остатками озимой пшеницы с пожнивным посевом горчицы белой на сидерат, которое составило 13,01 т/га при отвальной и 11,31 т/га при минимальной обработке. В сумме за ротацию наибольшее количество органического вещества (17–18 т/га) поступило в почву с побочной продукцией, меньшее (9,5 т/га) с корнями и менее существенное (3–4 т/га) с пожнивно-корневыми остатками.

В сумме за ротацию зернопропашного севооборота со всеми источниками в почву поступило 31,59 т/га при отвальной и 29,96 т/га органического вещества при минимальной обработке, что связано со снижением

массы пожнивного сидерата на 0,41 и корневой системы на 0,46 т/га при прямом посеве озимой пшеницы и пожнивного сидерата (табл. 2).

При возделывании полевых культур структура отдельных компонентов зависела как от их биологических особенностей, так и применяемых приемов агротехники.

Разноглубинные приемы основной и предпосевной обработки под культуры из разных агробиологических групп обеспечивали дифференцированное распределение поступающих в почву различных компонентов органических веществ, что вызывало к концу ротации севооборота дифференциацию обрабатываемого слоя по плодородию при минимальной обработке под ячмень и прямом посеве однолетних трав и озимой пшеницы с более высоким содержанием гумуса в слое 0–10 см.

Установлено, что солома ячменя и озимой пшеницы, а также ботва картофеля, применяемые в качестве возобновляемых источников органического вещества в сочетании с запашкой пожнивного сидерата (горчица белая) и внесением расчетных доз минеральных удобрений оказывали положительное влияние на содержание гумуса в разных слоях корнеобитаемого слоя почвы 0–30 см к концу ротации севооборота.

Таблица 2

Поступление органических остатков с различными компонентами возделываемых культур, т/га сухого вещества

Культура, год	Компоненты органического вещества, т/га			
	Побочная продукция	Пожнивные остатки	Корневая система	Всего
Картофель, 2014	<u>3,70</u>	—	<u>1,81</u>	<u>5,51</u>
	3,54	—	1,56	5,10
Ячмень, 2015	<u>5,76</u>	<u>1,42</u>	<u>2,88</u>	<u>10,06</u>
	5,80	1,63	2,90	10,33
Вико-овсяная смесь, 2016	—	<u>1,14</u>	<u>1,87</u>	<u>3,01</u>
	—	1,22	2,00	3,22
Озимая пшеница, 2017	<u>6,83</u>	<u>1,43</u>	<u>2,67</u>	<u>10,93</u>
	6,02	1,26	2,36	9,64
Поживный сидерат, 2017	<u>1,81</u>	—	<u>0,27</u>	<u>2,08</u>
	1,45	—	0,22	1,67
Всего за ротацию	<u>18,10</u>	<u>3,99</u>	<u>9,50</u>	<u>31,59</u>
	16,81	4,11	9,04	29,96

Примечание. Числитель – отвальная, знаменатель – минимальная система обработки почвы.

Масса растительных остатков и скорость их разложения при разных способах их размещения в пахотном слое почвы способствовали разной интенсивности высвобождения и закрепления органического углерода, что оказывало значительное влияние на изменение его запасов за ротацию севооборота. Наши расчёты показали, что за ротацию зернопропашного севооборота прирост запасов органического углерода в пахотном слое почвы при отвальной системе обработки в среднем по двум фонам

подкормки составил 4,29 т/га, а при минимальной – 3,5 т/га. Учитывая его поступление с различными компонентами, которое равнялось 12,2 т/га за ротацию при ежегодной вспашке и 11,8 т/га при разноглубинной минимальной обработке, в пахотном слое 0–20 см закрепилось 35 % и 30 % соответственно, что свидетельствует о замедлении темпов минерализации при снижении интенсивности обработки почвы (табл. 3).

Таблица 3

Поступление (т/га) и закрепление органического углерода (%) при разноглубинной заделке органического вещества за ротацию севооборота

Обработка	Подкормка, кг/га д. в.	Запасы углерода, т/га			Поступило С орг., т/га	Закрепилось, %
		в начале ротации	в конце ротации	прирост		
Отвальная	70	45,24	49,2	3,95	11,60	34,0
	70+70	46,81	51,44	4,63	12,80	36,1
Минимальная	70	45,87	48,96	3,09	11,24	27,4
	70+70	46,54	50,47	3,93	12,39	31,7

Учитывая его поступление с различными компонентами, которое равнялось 12,2 т/га за ротацию при ежегодной вспашке и 11,8 т/га при разноглубинной минимальной обработке, в пахотном слое 0–20 см закрепилось 35 % и 30 % соответственно, что свидетельствует о замедлении темпов минерализации при снижении интенсивности обработки почвы.

В результате исследований установлено, что изменение содержания гумуса по фазам роста и развития культур, возделываемых в зернопаровом севообороте, определялось массой поступающих растительных остатков после уборки предшественника, скоростью их разложения, которая определялась агрометеорологическими условиями вегетационных периодов и степенью аэрации почвы (табл. 4).

Таблица 4

Изменение содержания гумуса в слое 0–30 см по срокам вегетации полевых культур при разных системах обработки почвы, %

Культура, год	Сроки вегетации	Обработка, слой почвы, см					
		Отвальная			Минимальная		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Картофель, 2014	Начало	2,86	2,94	2,42	2,88	2,94	2,12
	Середина	2,70	2,83	2,28	2,8	2,76	2,02
	Конец	3,08	2,86	2,12	3,16	2,78	2,23
Ячмень, 2015	Начало	2,53	2,71	2,07	2,74	2,36	2,17
	Середина	2,43	2,46	2,01	2,28	2,12	2,04
	Конец	2,24	2,18	1,98	2,05	1,96	1,78
Однолетние травы, 2016	Начало	2,43	2,88	2,44	2,66	2,43	1,98
	Середина	2,48	2,68	2,46	2,24	2,36	1,94
	Конец	2,26	2,46	2,24	2,25	2,15	1,90
Озимая пшеница, 2017	Начало	2,72	3,12	2,55	2,96	2,82	2,23
	Середина	2,81	3,01	2,56	2,81	2,74	2,04
	Конец	2,98	2,86	2,30	3,01	2,71	2,05

Так, при заделке соломы озимой пшеницы и пожнивного сидерата в нижнюю часть пахотного слоя (15–20 см) с последующей фрезерной предпосадочной обработкой на глубину 14–16 см под картофель, лишь часть органических остатков вовлекается в биологический круговорот, а другая подвергается разложению в аэробных условиях.

Поэтому, как в начале, так и в середине вегетации картофеля содержание гумуса в слое 10–20 см было на 0,08–0,13 % выше, чем в слое 0–10 см.

Сохранение соломы ячменя в осенний период на поверхности почвы в виде мульчи, обуславливает примерно одинаковое содержание гумуса в изучаемых слоях в начале вегетации следующей за ним культуры и приводит к дальнейшему его снижению к концу вегетации вико – овсяной смеси, которое составило 0,31 % при отвальной и 0,34 % при прямом посеве.

Более существенный эффект применения соломы ячменя в гумусонакоплении проявился на следующий год при возделывании озимой пшеницы, где запасы гумуса в среднем за вегетацию возросли до 81,8 т/га в вариантах отвальной обработки и до 79,5 т/га при прямом посеве.

Таким образом, при поступлении в почву за ротацию севооборота 30–32 т/га сухого органического вещества с различными компонентами растительного сырья на удобрение (солома зерновых, ботва картофеля, пожнивно – корневые остатки) обеспечивается стабилизация содержания гумуса на уровне 2,8–2,9 %.

Список литературы

1. Литвинович, А. В. Изменение гумусового состояния дерново-подзолистой глееватой песчаной почвы на залежи / А. В. Литвинович, О. Ю. Павлова // Почвоведение. – 2007. – № 11. – С. 1323–1329.
2. Лошаков, В. Г. Севооборот и плодородие почвы / В. Г. Лошаков; под ред. В. Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2012. – 512 с.
3. Роль сидератов в экологизации и биологизации земледелия [Электронный ресурс] / Н. С. Матюк [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2010. – № 1. – Режим доступа: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/>
4. Поспелов, С. Сидерация: восстанавливаем почву, улучшаем будущий урожай / С. Поспелов, В. Самородов // Зерно. – 2011. № 1. – С. 22–25.
5. Сафонов, А.Ф. Содержание органического вещества почвы и его лабильной фракции / А.Ф. Сафонов, А.А. Алферов // Длительному полевому опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований. – М.: Изд-во МСХА, 2002. – С. 95–96.
6. Сологуб, Ю. Зеленое удобрение и побочная продукция в современном земледелии / Ю. Сологуб // АПК – Информ: овощи и фрукты. – 2004. – № 36. – С. 12–14.
7. Стейнфорт, А. Р. Солома злаковых культур / А. Р. Стейнфорт. – М.: Колос. – 1983. – 191 с.
8. Оценка результатов мониторинга содержания и баланса гумуса в длительных опытах Геосети / Сычев В. Г. [и др.] // Плодородие. – 2017. – №6(99). – С.28–30.

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ В АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Мезенцева Е. Г., Кулеш О. Г., Зенькова С. М.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Плодородие почв является базой устойчивого развития аграрной отрасли. При систематическом известковании, применении органических и минеральных удобрений улучшаются режимы питания почв, физические и биологические свойства, т.е. идёт постепенное окультуривание. На стадии окультуренности большинство агрохимических свойств дерново-подзолистых почв достигают оптимальных параметров. В результате чего формируется высокий потенциал почвенного плодородия, что, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на повышение продуктивности возделываемых культур. Поддержание достигнутого уровня плодородия почв – одно из важнейших условий эффективного ведения сельского хозяйства республики.

Установлено, что в среднем по республике доля участия естественного почвенного плодородия в формировании продуктивности пахотных земель составляет порядка 50 %, удобрений – 50 %, причём более 70 % в доле последних приходится на минеральные удобрения.

Объёмы применения минеральных удобрений и продуктивность пашни. Наращивание объёмов применения минеральных удобрений в Республике Беларусь в предыдущие годы позволило существенно повысить содержание в почве подвижных соединений фосфора и калия и увеличить продуктивность пашни в среднем по стране до 42,6–44,8 ц/га к. ед. (рис.).

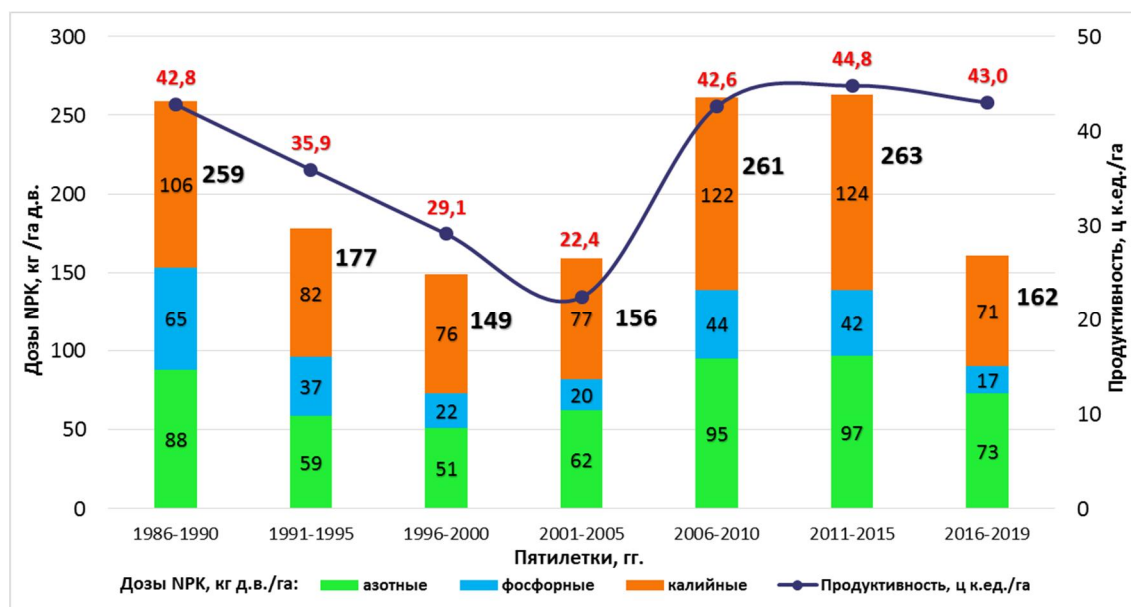


Рис. Уровни применения минеральных удобрений и продуктивность сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь

Анализ применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры показывает, что среднегодовое внесение минеральных удобрений за предыдущую пятилетку (2011–2015 гг.) достигло 263 кг/га д. в. (рис.). В настоящее время объёмы применения минеральных удобрений снизились и в среднем за 2016–2019 гг. составили 162 кг/га д. в. NPK (за 2016–2020 гг. – 169 кг/га). По отношению к предыдущему периоду внесение азотных удобрений уменьшилось на 25 %, фосфорных – 59 %, калийных – 43 %. Наиболее существенный дефицит минеральных удобрений сложился в Могилёвской и Витебской областях, где внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений сократилось на 40–44 %, 67–80 % и 55–64 % соответственно. Более благополучная ситуация с применением минеральных удобрений характерна для Гродненской и Брестской областей. Однако, и там объёмы внесения NPK также снизились на 11–14 %, 46–55 % и 30–34 % соответственно азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Одной из проблем применения минеральных удобрений является несбалансированность их внесения. Если за 2011–2015 гг. в среднем по стране при внесении 263 кг/га д. в. NPK соотношение азотных, фосфорных и калийных удобрений составляло 1,0:0,4:0,7, то в последние годы (при ежегодном внесении 162 кг/га д. в. NPK) – 1,0:0,2:1,0.

Вместе с тем, несмотря на снижение объёмов применения удобрений, продукционная способность пашни остаётся высокой и составляет в среднем по стране 43 ц/га к. ед. Это свидетельствует о достаточно высоком потенциале плодородия почв, созданным за предшествующий период применения удобрений, когда наблюдалось постепенное накопление питательных веществ в почвах пахотных земель. Расчёты показали, что в среднем за период 2016–2019 гг. при применении 162 кг/га д. в. минеральных удобрений на пахотных землях Республики Беларусь и окупаемости 1 кг NPK 9,4 к. ед., условный чистый доход составил 16 USD/га при 13 % рентабельности.

Баланс элементов питания. Важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений является оценка состояния баланса элементов питания в системе удобрение – почва – растение. Показатели баланса позволяют сопоставить вынос питательных элементов с урожаем основной и побочной продукции и возмещение с удобрениями и другими источниками. Основой системы применения удобрений на окультуренных дерново-подзолистых почвах должно быть поддержание за ротацию севооборота бездефицитного баланса азота, фосфора и калия в почвах с их оптимальным содержанием.

При анализе баланса элементов питания важно учитывать уровень получаемых урожаев сельскохозяйственных культур (продуктивность за ротацию севооборота, выраженная в кормовых единицах) – с ростом урожайности культур величины баланса фосфора и калия снижаются, значительно увеличивается дефицит азота.

Баланс азота, фосфора и калия в земледелии Республики Беларусь, рассчитанный за период 2011–2019 гг., достаточно объективно отражает

характер использования минеральных (и органических) удобрений. Установлено, что за счёт высоких доз применения минеральных и органических (9–10 т/га севооборотной площади/год) удобрений за предшествующий период в среднем по стране сформировался положительный баланс азота, фосфора и калия – 29, 26 и 60 кг/га соответственно. В связи с тем, что в последние годы применение азотных удобрений сократилось в среднем до 72 кг д. в./га, фосфорных и калийных удобрений – в 2,5 и 1,8 раз соответственно, баланс азота снизился на 22 кг/га, фосфора – на 25 кг/га и калия – на 44 кг/га. Интенсивность баланса азота характеризуется как бездефицитная (106 %), фосфора – на уровне нулевого (101 %). Что касается калия, сложившаяся ситуация более благоприятная – в среднем за 2016–2019 гг. поступление этого элемента превышало расход на 17 кг/га при положительной величине интенсивности баланса (117 %).

Баланс основных элементов питания по регионам страны отражает уровни применяемых минеральных и органических удобрений, полученной продуктивности пашни, а также запасы подвижных фосфатов и калия, сформированных ранее, за счёт чего даже при сниженных дозах удобрений продуктивность остаётся устойчиво высокой. В связи с этим баланс азота, фосфора и калия по областям несколько различается.

При сложившемся уровне применяемых азотных удобрений за 2016–2019 гг. основной его особенностью являлся выраженный дефицитный характер в Витебской и Могилёвской областях (–1...–3 кг/га), что свидетельствует о недостатке этого элемента для формирования высокой урожайности возделываемых культур, и подтверждается интенсивностью баланса азота на уровне 97–99 %. В других областях баланс азота положительный, с максимальными значениями в Гродненской и Брестской областях (12 и 26 мг/кг соответственно). Однако компенсация выноса элемента на уровне 102–117 % может оказаться ниже необходимой потребности, особенно на почвах с высоким и очень высоким содержанием подвижных фосфатов и калия. Установлено, что для таких почв оптимальные параметры интенсивности баланса азота составляют 130–140 %.

Резкое снижение доз применяемых фосфорных удобрений за последние годы обусловило отрицательный баланс этого элемента в Могилёвской (–4 кг/га), Гродненской (–1 кг/га) и Витебской областях (–8 кг/га). Необходимо отметить, что если в Могилёвской и Витебской областях отрицательный баланс фосфора сложился за счёт дефицита вносимых фосфорных удобрений, то в Гродненской – за счёт наибольшего по стране выноса фосфора сельскохозяйственными культурами для формирования максимального по стране уровня продуктивности (53,6 ц/га к. ед.). Положительный баланс сложился в Гомельской и Брестской областях – соответственно 7 и 12 кг/га, несколько меньший (3 кг/га) – в Минской. В Витебской и Могилёвской областях вынос фосфора превысил их внесение с органическими и минеральными удобрениями, а для Гродненской области отмечен слабodeфицитный, на уровне нулевого баланс фосфора с интенсивностью 98 %.

Внесение высоких доз калийных удобрений в предыдущий период обусловило формирование положительного баланса калия во всех регионах страны с максимальными показателями по Брестской и Гомельской областям. Это связано с большими объёмами внесения калийных удобрений – на уровне 84–142 кг д. в./га, обусловленными введением Программы по преодолению последствий на ЧАЭС. В связи с сокращением в последние годы доз вносимых калийных удобрений (37–96 кг д. в./га) отмечена тенденция снижения величины баланса калия по отношению к предыдущему периоду по всем областям страны. При этом в Брестской, Гомельской, Гродненской и Минской областях сохраняется положительный баланс калия (15–47 мг/кг), характеризующийся интенсивностью баланса на уровне 118–153 %. Внесение 37–51 кг калийных удобрений на гектар пахотных земель в Витебской и Могилёвской областях впервые, за более чем 30-ти летний период, обусловило отрицательный баланс калия (–3...–12 кг/га) при дефицитной его интенсивности на уровне 90–92 %.

Пути повышения эффективности минеральных удобрений. Неравномерное распределение минеральных удобрений по отдельным полям в предыдущий период способствовало образованию фонда почв как с низким, так и очень высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия. Данные последнего тура крупномасштабного агрохимического обследования почв свидетельствуют, что почвы Беларуси по содержанию подвижных соединений фосфора и калия по отдельным полям различаются в 3–4 и более раз. Удельный вес почв, слабо обеспеченных фосфором составляет 23 %, со средним и повышенным содержанием – 52 %. Почвы, слабо обеспеченные калием, составляют 25 %, со средним и повышенным содержанием – 55 %. Около 20 % обследованной площади пашни занимают почвы с высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора и калия.

Применение избыточных доз удобрений (сверх выноса урожая) на таких почвах приводит к снижению их окупаемости, рентабельности использования, миграции калия и ретраградации фосфатов, ухудшению качества продукции и состава микроорганизмов почвы. В этой связи, особенно в условиях резкого снижения вносимых доз минеральных удобрений на пахотных землях страны, необходимо более эффективно использовать сформированный потенциал плодородия почв на основе дифференцированного подхода к планированию урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от состояния плодородия почв, предшественника и ресурсных затрат на получение прибавки урожайности в агротехнологиях различной интенсификации. Использование удобрений в производственных условиях должно основываться на критериях экономической целесообразности, поддержания или повышения запасов элементов питания в почвах до экологически безопасного уровня и улучшения качества продукции. С целью регулирования содержания в почвах элементов питания и более эффективного использования минеральных удобрений на уровне, необходимом для получения планируемых урожаев

и поддержания нижней границы оптимума этих элементов, дозы фосфорных и калийных удобрений рассчитываются для почв разной окультуренности. Так, например, для низкоплодородных почв применяемые дозы РК должны составлять 110–120 % компенсации выноса этих элементов с урожаем, а для почв с высоким их содержанием – 20–30 %. Такой подход к определению доз минеральных удобрений позволяет наиболее эффективно их использовать и выравнивать агрохимическую пестроту полей.

К настоящему времени агрохимической наукой республики разработан ряд рекомендаций, включающих альтернативные методические решения, которые позволяют получать планируемую урожайность сельскохозяйственных культур за счёт повышения окупаемости применяемых удобрений и более эффективного использования достигнутого потенциала почв.

Основными мероприятиями по повышению эффективности минеральных удобрений для обеспечения формирования высокой продуктивности сельскохозяйственных являются:

- внесение минеральных удобрений в строго расчётных дозах на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур, а также необходимого количества микроудобрений с учётом биологической потребности возделываемых культур и уровня плодородия почвы;
- более совершенная технология внесения минеральных макро- и микроудобрений в комплексе с биологически активными веществами и регуляторами роста растений;
- внедрение адаптивных сортов сельскохозяйственных культур при более совершенных технологиях их возделывания;
- применение пестицидной защиты растений от комплекса вредителей, болезней и сорняков.

УДК 631.452:631.445.4

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ ЦЧР В ПРОЦЕССЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Митрохина О. А.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Почва – важнейшее природное богатство. Она обладает способностью удовлетворять потребности выращиваемых сельскохозяйственных культур в элементах питания для создания высоких урожаев, это и является её основным свойством, называемым плодородием.

Обладая свойством плодородия, почва выступает как основное средство производства в сельском хозяйстве, ведь до 98 % продуктов питания производится на земле. Однако при длительном использовании почв без соответствующих мероприятий по поддержанию этого плодородия (при-

менение органических и минеральных удобрений, известкование кислых почв, комплексное агрохимическое окультуривание полей) оно со временем снижается и утрачивается. При этом снижаются и урожаи выращиваемых сельскохозяйственных культур [1].

В условиях ЦЧЗ значительная доля пахотных угодий расположена на склоновых землях. Рельеф является одним из важнейших факторов почвообразования и главной причиной пространственной неоднородности почв. Главным фактором повышения продуктивности почв является учет особенностей почвенного плодородия склоновых земель и применение соответствующего уровня агротехники [2].

Использование склоновых агроландшафтов в сельскохозяйственном производстве без учета данных особенностей приводит к перерасходу антропогенной энергии, нарушая экологическую ситуацию. В этой связи данные исследования актуальны как с теоретической, так и с практической точки зрения [3].

Плодородие почв в значительной степени определяется запасами гумуса и азота, но, кроме перечисленных показателей, важными агрохимическими показателями почвы, во многом определяющими уровень качества и урожайности сельскохозяйственных культур, является содержание подвижного фосфора, калия, кислотности и микроэлементов.

Со времени классических исследований черноземных почв В. В. Докучаевым и П. А. Костычевым почвоведы обращают внимание на связь между экспозицией склонов и содержанием гумуса в черноземах. Деградация черноземов происходит под влиянием двух процессов: минерализации гумуса и эрозии. Оба эти процесса развиваются, когда не обеспечивается компенсация потерь гумуса (не применяют органические удобрения, не соблюдается противоэрозионная агротехника) [4].

Важный фактор почвенного плодородия, оказывающий значительное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур – кислотность почвы. Уровень кислотности зависит от многих факторов, но главным образом от климата, литологического состава почвообразующих пород, направления почвообразовательного процесса, степени эродированности почв и хозяйственной деятельности человека [5].

Содержание азота в почве зависит от ее гранулометрического состава, окультуренности, эродированности, но в основном содержание данного элемента в почвах зависит от содержания в них органического вещества и величины гумусового горизонта, так как практически весь азот почвы депонирован в гумусе. Общий запас азота в пахотном слое одного гектара колеблется от 1,5 т в супесчаной дерново-подзолистой почве до 15 т в мощном черноземе. Однако оптимальные условия азотного питания растений определяются, прежде всего, наличием в почве минеральных соединений азота, так как именно эта форма азота доступна растениям [6–9].

Фосфор – один из важнейших биогенных элементов. Содержание фосфора в почвах связано с содержанием в них органического вещества, с величиной рН, гидротермическим режимом и системой обработки почв.

Все процессы обмена веществ в растениях связаны с образованием фосфорной кислоты. Хорошая обеспеченность фосфором улучшает углеродный обмен, что способствует повышению морозоустойчивости и засухоустойчивости растений. Обеспеченность подвижными формами фосфора является одним из основных показателей окультуренности почв [10–11].

Калий, наряду с фосфором, является одним из основных зольных элементов. Содержание калия в почве во многом зависит от почвенно–климатических условий, степени эродированности почвы, типа почв.

Роль микроэлементов в физиологических и биохимических процессах неизмеримо велика. Почва является источником микроэлементов для растений, животных и людей. Они входят в состав витаминов, ферментов, гормонов. Недостаток или избыточное количество микроэлементов в кормах и продуктах питания приводят к нарушению обмена веществ и возникновению заболеваний у растений, животных и людей. Содержание микроэлементов в почвах зависит от содержания их в почвообразующих породах и от почвообразовательных процессов.

Наши исследования были направлены на изучение уровня плодородия черноземов типичных Курской области в зависимости от агроландшафта и временного фактора (рис.1).

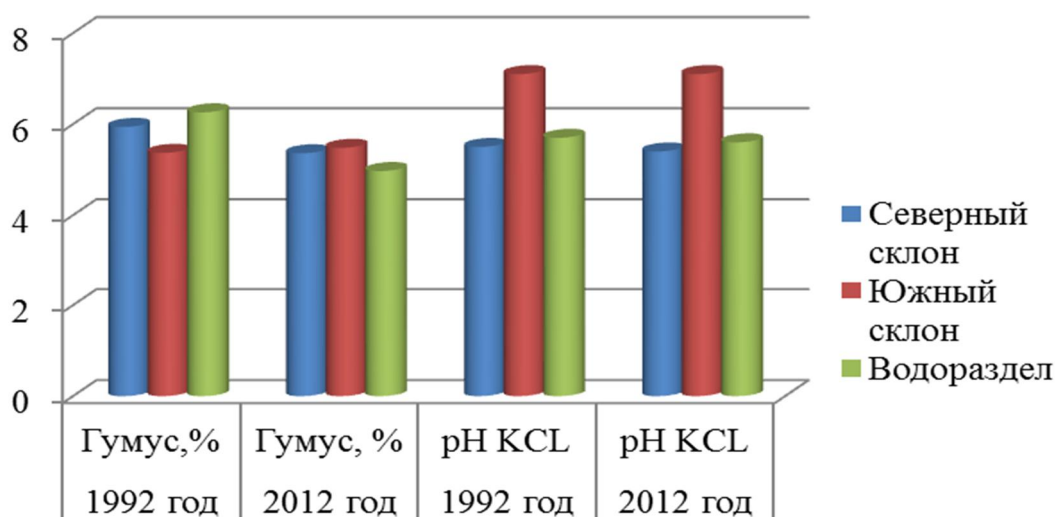


Рис. 1. Изменение содержания гумуса и кислотности по элементам рельефа

Так, в среднем за 25 лет (1992–2017 гг.) уровень органического вещества в черноземах типичных Медвенского района Курской области имел небольшую тенденцию к снижению. На северном склоне потери органического вещества составили 0,58 %; на водоразделе – 0,78 %; а на южном склоне – 0,4 %.

Уровень кислотности, по нашим данным, практически не менялся.

Содержание подвижного фосфора также претерпевало незначительные изменения на протяжении данного времени.

Содержание подвижного калия на северном склоне повысилось на 19,2 %, на водоразделе повышение составило 53 %, на южном склоне 17,3 % (рис. 2). Возможно, это связано с внесением удобрений и небольшим выносом данного элемента с урожаем сельскохозяйственных культур.

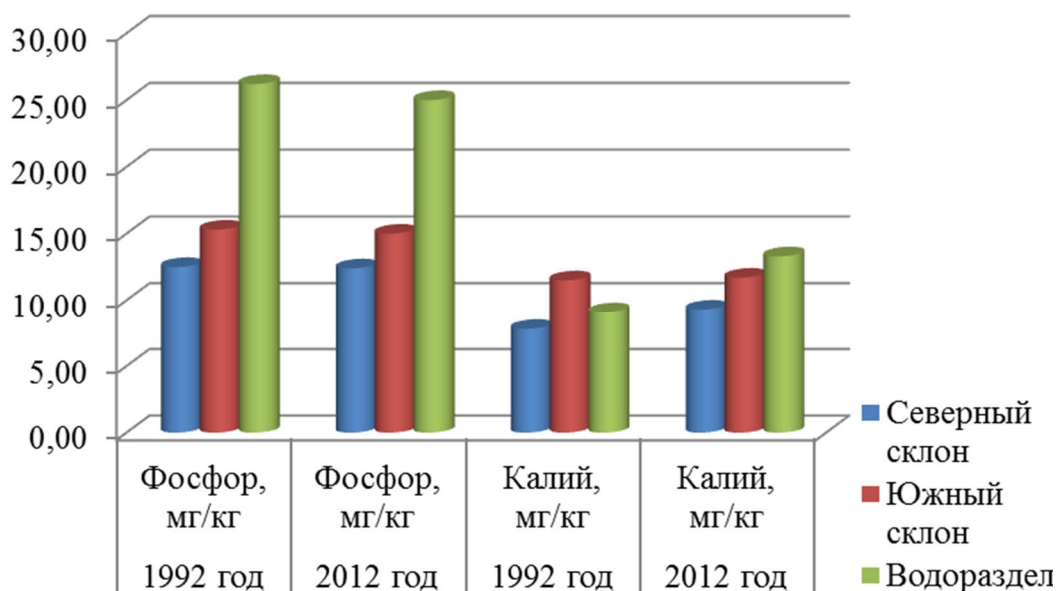


Рис. 2. Изменение содержания подвижных форм фосфора и калия по элементам рельефа

Азот минеральный снижался на северном склоне на 46 %, на водоразделе – на 20,4 %, на южном склоне на 49 %. Содержание азота щелочно-гидролизуемого увеличивалось на северном склоне на 3,24 %; на водоразделе и южном склоне происходило снижение на 2,8 % и 4,8 % соответственно в сравнении с исходными значениями (рис. 3). Южный склон отличается большей эродированностью в сравнении с полярными склонами, что приводит к более выраженным процессам выноса органики и питательных элементов; этим можно объяснить более низкое содержание различных форм азота на изучаемом склоне.

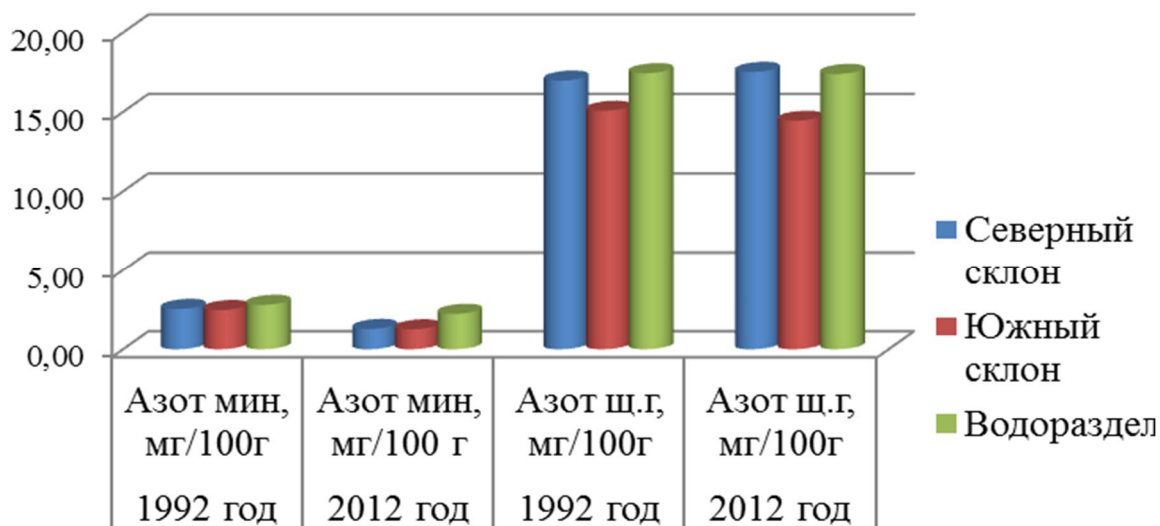


Рис. 3. Изменение содержания азота минерального и щелочногидролизуемого по элементам рельефа

Содержание микроэлементов рассматривалось за 12-ти летний период (1992–2004). За данный временной период содержание меди в среднем на северном склоне уменьшилось на 40 %, содержание цинка и марганца увеличивалось на 20–32 % соответственно (рис. 4).

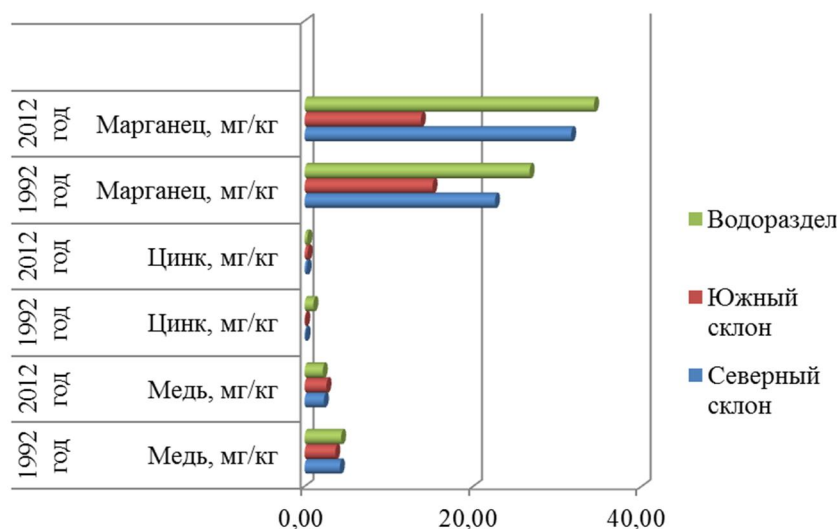


Рис. 4. Изменение содержания микроэлементов по элементам рельефа

Эту особенность мы связываем с более высоким содержанием этих элементов в обменных фондах подстилающих пород и в связи с увеличением внесения минеральных удобрений.

На водораздельном плато наблюдалось существенное понижение содержания таких микроэлементов как медь – на 40 %, цинк – на 53 % и увеличение содержания марганца на 28 %, южный склон отличался пониженным содержанием изучаемых микроэлементов в сравнении с исходными данными.

В целом, анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что уровень плодородия почв опытных участков полей Курского ФАНЦ за 20 лет претерпевал изменения: уровень кислотности почв и содержание фосфора изменялись незначительно, содержание калия повышалось, уровень азота и микроэлементов в почвах снижался, исключение составляет марганец. Следовательно, деятельность человека вносит коррективы в изменение уровня почвенного плодородия и необходимо применение соответствующих мероприятий по его поддержанию. Поэтому знание процессов изменения агрохимических показателей почвы в склоновых агроландшафтах в сельскохозяйственном производстве является актуальным и важным вопросом.

Список литературы

1. Сокаев, К. Е. Динамика плодородия почв республики Северная Осетия-Алания / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев // Достижение науки и техники АПК. – 2016. – № 12. – Т. 30. – С. 56–60.
2. Дубовик, Д. В. Агроэкологическое обоснование приемов повышения урожая и качества зерна озимой пшеницы на склоновых землях центрального Черноземья: дис. докт. с.-х. наук / Д. В. Дубовик. – Курск, 2007. – 326 с.
3. Смирнова Л. Г. Эколого-ландшафтное обоснование воспроизводства плодородия почв в эрозионном рельефе юго-западной лесостепной провинции ЦЧЗ России: дис. докт. биол. наук. – М., 2007
4. Каштанов, А.Н. Агроэкология почв и склонов / А. Н. Каштанов, В. Е. Явтушенко. – М., 1977. – 233 с.

5. Мониторинг кислотности пахотных почв ЦЧР / П. А.Чекмарев [и др.] / – Достижение науки и техники АПК/ – № 7. – 2011. – С. 6–8.
6. Содержание и формы азота в почве. – Режим доступа: <https://studref.com/374068/agropromyshlennost>.
7. Семина, С. А. Приемы повышения продуктивности яровой пшеницы / С. А. Семина, Н. И. Остробородова // Агротехнические основы технологий возделывания сельскохозяйственных культур. – Пенза, 2018. – С. 209–222.
8. Осипов, А. И. Некорневое питание растений и его роль в повышении продуктивности возделываемых культур / А. И. Осипов, Е. С. Шкрабок // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона; ФГБНУ «Верневолжский аграрный научный центр». – Иваново, 2018.– С. 187–194.
9. Русяев, И. Г. Приемы возделывания яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья: дис. канд. с.-х наук / И. Г. Русяев; Пензенский гос. аграр. ун-т. – Пенза, 2018.
10. Милащенко, Н. З. Плодородие черноземов России / Н. З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 1998. – 688 с.
11. Дериглазова, Г. М. Влияние экспозиции склона на содержание подвижного фосфора в почвах ЦЧР / Г. М. Дериглазова // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Об-ва почвоведов им. В. В. Докучаева. – Курск. – С. 118–122.

УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ (Cu, Zn, Mn) НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГАЗОННЫХ ТРАВ

Огородникова^{1,2} С. В., Пичугина¹ Е. М.

¹*МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

²*Московский авиационный институт, г. Москва, Россия*

Работа посвящена влиянию удобрений и микроэлементов на рост и развитие газонных трав. Объектом исследования является газонная травосмесь «Универсальная». Полученные результаты показывают, что внесение удобрений и микроэлементов в почву положительно влияет на развитие газонной травы и приводит к росту биомассы более, чем в 2 раза по сравнению с контролем в начале вегетации.

Газон не только является неотъемлемым элементом декора ландшафта города, но и выполняет различные экологические функции – снижает концентрацию вредных газов в атмосфере и запыленность, защищает открытые почвенные участки от ветровой и водной эрозии, регулирует микроклимат.

Выполнение газонами своих функций в условиях городской среды во многом зависит от их устойчивости к постоянной антропогенной нагрузке. Известно, что при закладке газона используются грунты на 70 % состоящие из торфа. Такие грунты, как правило, обеднены микроэлементами. На кафедре агрохимии и биохимии растений показано, что

при выращивании газонных трав на таких грунтах растения страдают от недостатка микроэлементов [1, 4].

Микроэлементы являются незаменимыми для роста и развития растений. Функции каждого из микроэлементов в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим. Эти элементы могут входить в состав органических соединений, участвуют в обмене углеводов, жиров и белков как компоненты ферментов, повышают устойчивость растений к изменениям температуры и дефициту влаги. Недостаток или избыток любого из микроэлементов могут вызывать нарушение обмена веществ и физиолого-биохимических процессов у трав, ухудшение их роста и развития, в связи с чем необходимо изучить содержание микроэлементов в газонных травах и их влияние на рост и развитие в условиях города. В литературе такие данные практически отсутствуют. Не установлено оптимальное содержание микроэлементов в газонных травах, не изучено влияние микроэлементов на основные показатели качества газонных трав.

Объектом исследования является газонная травосмесь «Универсальная», в состав которой входят райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.), райграс однолетний (*Lolium multiflorum*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*) и овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* L.) в равных соотношениях (20 %).

Полевой опыт был заложен 17 июня 2019 на базе стационара факультета Почвоведения МГУ. Площадь делянки составляла 1 м². Для создания органогенного горизонта конструкторозема был использован навалый грунт (аналог сертификата «Московского Экологического Регистра» (МЭР), состав которого включал 30 % очищенного песка и 70 % низинного торфа.

Норма высева семян составила 20 г/м², в качестве удобрения была использована нитроаммофоска (16:16:16) 60 кг/га почвы. Изучаемые микроэлементы (Cu, Zn, Mn) вносились в форме сернокислых солей CuSO₄·5(H₂O), ZnSO₄, MnSO₄·5(H₂O) в виде раствора в дозе 25 мг/кг почвы в трех повторностях в десяти вариантах [2]: 1. Контроль (без добавления удобрений). 2. NPK. 3. NPK + Cu. 4. Cu. 5. NPK + Zn. 6. Zn. 7. NPK + Mn. 8. Mn. 9. NPK + Cu + Zn + Mn. 10. Cu + Zn + Mn.

В 2020 году удобрения не вносили и проводили изучение последствий удобрений (NPK и микроудобрений) на рост и развитие газонных трав. Биомассу трав учитывали каждые 20–30 дней в течение двух летних сезонов, всего было произведено 3 учета за каждый сезон. В процессе учета сырой биомассы проводилась срезка травы с 0,5 м² каждой делянки и взвешивание.

Результаты учета зеленой массы газона «Универсальный» за 2019 год после внесения удобрений и микроэлементов свидетельствуют о том, что применение меди, цинка и марганца на фоне минеральных удобрений привело к увеличению биомассы по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние элементов питания на сырую массу побегов газона
«Универсальный» за 2019 г., г/м²**

Вариант	Укос 1	Укос 2	Укос 3	Общая биомасса за 3 укоса
Контроль	162,9	91,6	88,7	343,2
Cu	91,3	86,1	86,4	263,7
Zn	83,3	66,0	59,3	208,5
Mn	168,7	104,5	79,3	352,5
Cu + Zn + Mn	156,1	98,6	99,9	354,6
NPK	463,7	127,2	147,2	738,1
NPK + Cu	530,3	178,7	111,7	820,6
NPK + Zn	457,3	128,1	68,1	653,4
NPK + Mn	438,9	183,8	103,1	725,8
NPK+ Cu + Zn + Mn	393,6	148,1	101,6	643,3
НСП	178	70	60	

Наибольшее увеличение сырой биомассы газона отмечается в первом укосе, при этом все варианты с применением микроэлементов на фоне минеральных удобрений достоверно отличаются от контроля более чем в два раза, что говорит об их положительном влиянии в начале периода вегетации.

Во втором укосе отмечается достоверное отличие вариантов NPK + Cu и NPK + Mn от контроля, тогда как остальные варианты, в том числе со внесением NPK, отличаются от контроля незначительно, что также свидетельствует о положительном влиянии на рост трав меди и марганца на фоне минеральных удобрений.

В третьем укосе наблюдается незначительное повышение биомассы во всех вариантах с микроэлементами на фоне NPK, кроме варианта NPK + Zn.

В целом можно отметить незначительное отрицательное влияние внесения цинка и меди, так как биомасса в этих вариантах минимальная по сравнению с остальными и контролем.

Результаты учета зеленой массы газона «Универсальный» за 2020 г. говорят об отсутствии выраженного эффекта последствия удобрений и микроэлементов, так как значимых различий между вариантами выявлено не было (табл. 2).

В целом отмечается увеличение общей биомассы в вариантах с NPK, медью и марганцем на фоне NPK.

Проведенное исследование показывает, что в целом внесение меди и марганца под газон «Универсальный» совместно с минеральными удобрениями привело к достоверному увеличению их биомассы по сравнению с контролем более чем в 2 раза в первый год после внесения.

Однако во второй год после внесения удобрений достоверного увеличения биомассы выявлено не было, что говорит об отсутствии положительного эффекта последствия микроэлементов и минеральных удобрений.

**Влияние элементов питания на сырую массу побегов газона
«Универсальный» за 2020 г., г/м²**

Вариант	Укос 1	Укос 2	Укос 3	Общая биомасса за 3 укоса
Контроль	96,0	122,7	110,8	329,5
Cu	70,0	125,9	115,7	311,6
Zn	63,0	116,5	117,5	297,0
Mn	85,8	117,9	80,7	284,5
Cu + Zn + Mn	101,6	105,1	83,9	290,6
NPK	106,3	121,4	104,4	332,1
NPK + Cu	122,9	106,9	115,0	344,9
NPK + Zn	97,0	101,8	79,4	278,2
NPK + Mn	93,7	142,3	105,8	341,7
NPK + Cu + Zn + Mn	91,7	136,3	93,5	321,5
НСР	46	72	65	

Список литературы

1. Госсе, Д. Д., Влияние гуминовых удобрений на рост и развитие газонных трав в условиях мегаполиса / Д. Д. Госсе, М. А. Панина, В. С. Егоров // Гуминовые вещества в биосфере: материалы VII Всерос. науч. конф. с междунар. участ. и III Междунар. науч. школы; 4–8 дек. 2018 г.; М.: МАКС Пресс. – С. 130–131.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Мешалкина, Ю. Л. Математическая статистика в почвоведении: практикум / Ю. Л. Мешалкина, В. П. Самсонова. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 84 с.
4. Шуршин, К. А. Эффективность минеральных удобрений при выращивании газонных трав на осушенных верховых торфяниках К. А. Шуршин, Т. Н. Большева // Проблемы агрохимии и экологии. – №3. – 2011. – С. 30–35.

УДК 635.22:631.52:631.51

**УРОЖАЙ И ЛЕЖКОСТЬ СОРТОВ БАТАТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
СРОКАХ ВЫСАДКИ РАССАДЫ**

Остонакулов Т. Э., Турсунов Г. С.

*Самаркандская научно-опытная станция НИИОБКиК,
г. Самарканд, Узбекистан*

Батат как основная продовольственная культура возделывается в тропических и субтропических странах мира. Его клубни отличаются богатым содержанием крахмала и сахара.

Учеными Республики Н. Н. Балашевым, Г. А. Земаном [2], Р. Ф. Мавляновой, С. М. Меджидовым [5], Х. Н. Атабаевой, Ж. Б. Худойкуловым [1], Т. Э. Остонакуловым, В. И. Зуевым, О. К. Кодирхужаевым [7, 8] и другими проведены исследования по изучению сортов и отдельных элементов технологии возделывания батата, как ускоренно размно-

жающаяся, адаптирующаяся и высокоурожайная культура, даны определенные рекомендации по возделыванию этой культуры. Кроме того, в Государственном реестре Республики Узбекистан с 2021 г. на территории страны разрешены к посеву сорта батата Хазина, ГулДУ, Сирдарё, Сочакинур, Тайлаки, принят на государственное испытание сорт Филиал. Однако исследования по комплексному изучению элементов технологии возделывания и хранения в разрезе сортов батата проведены недостаточно.

Цель исследования – на основе изучения роста, формирования урожая, урожайности и сохраняемости клубней новых сортов батата при различных сроках высадки рассады в условиях орошаемых типичных сероземных почв Самаркандской области, выделение перспективных сортов и их оптимальных сроков высадки рассады, обеспечивающих получение устойчивого и высококачественного урожая, пригодных для длительного хранения.

Полевые опыты проводили в 2019–2020 гг. в условиях орошаемых типичных сероземных почв фермерского хозяйства «Барот Турдиев» Иштиханского района Самаркандской области. Механический состав почвы среднесуглинистый, глубина залегания грунтовых вод 10–12 м. В опыте сравнительно изучали сорта батата Хазина (стандарт), Сочакинур, Тайлаки, Филиал и сроки высадки рассады 10, 20, 30.04; 10, 20, 30.05 и 10.06 по схеме 90х20 см. У всех изученных сортов батата брали одинакового размера пророщенных семенных клубней массой 120–150 г, сажали на глубину 4–5 см в пленочные рассадники, поддерживали влажность почвы на уровне 65–70 % в течение 45–48 дней. После этого была получена готовая рассада с 4–5 настоящими листьями по срокам высадки. Перед высадкой рассады гребни укрывали пленкой, поливали, затем для высаживания рассады сделали дырки. Площадь делянки 36 м², повторность 4-кратная.

На опытном участке все учеты, наблюдения, измерения и анализы были проведены по общепринятым методикам и агрорекомендациям [4, 6]. Данные показатели урожайности были подвергнуты математической статистической обработке дисперсионным методом с использованием программ Microsoft Excel по Доспехову [3].

С целью изучения сохраняемости клубней сортов батата по сортам и срокам высадки рассады при уборке урожая отобраны в ящики по 40 кг клубней массой среднего веса. Затем высушивали клубни в течение 8–10 дней, размещали в подвальном помещении обычного хранилища и ежемесячно определяли естественную убыль, сухую и мокрую гниль, образование ростков, а также изменения биохимического состава клубней – сухого вещества – термостатным методом, крахмал – по удельному весу, сахар – цианатным методом, витамина С – по методу И. К. Мурри.

Степень сохраняемости клубней, если общие потери до 3 %, дали 3 балла, оценивались отлично; 3–5 баллов – хорошо; 5–8 баллов – удовлетворительно; 8–10 баллов – плохо; свыше 10 баллов – оценивались очень плохо.

Выход рассады с каждого семенного клубня у изученных новых сортов батата при различных сроках высадки рассады колебался от 13,5 до 20,7 штук. У всех сортов батата наибольший выход рассады отмечен при сроках высадки рассады от 30 апреля до 10 мая. При сроке высадки 10 апреля по сортам было получено 13,5–19,1 штук, при высадке 20 апреля – 14,5–20,2; 30 апреля – 15,0–20,7 штук с 1 клубня, а при дальнейших сроках высадки наблюдали уменьшение выхода рассады.

Длина вегетационного периода по сортам и срокам высадки составила 122–143 дня. При высадке рассады 10 апреля вегетационный период у сорта батата Хазина составил 143 дня, а у других сортов – 126–134 дня. При дальнейших сроках высадки наблюдали сокращение вегетационного периода на 2–7 дней и составил 122–136 дней.

С целью изучения влияния сроков высадки рассады сортов батата на рост и развитие растений на 30, 60, 90 и 120 день после высадки рассады в поле определяли высоту растений, количество боковых побегов, облиственность и площадь листовой поверхности растений.

Выявлено, что на 30-й день вегетации растений самые высокорослые по сортам (25,8–34,6 см), ветвистые (2,2–4,9 шт.), облиственные (59–78 шт.) и площадью листовой поверхности (0,18–0,21 м²) были получены при высадке рассады 30 апреля. Данная закономерность сохранялась до конца вегетации растений и составила, соответственно, 158,1–191,6 см, 13,6–15,6 шт., 219–274 шт., 0,66–0,78 м². Превосходство по росту и развитию растений отмечены у сортов Сочакинур, Тайлаки и Филиал по сравнению со стандартным сортом Хазина. По-другому можно отметить, что на 120-й день вегетации растений у стандартного сорта Хазина сформировано 36,6 тыс. м² площади листовой поверхности с 1 гектара, а у других изученных сортов батата наблюдали на 3,9–6,6 тыс. м² больше с 1 га.

Продуктивность и морфологические признаки сортов батата по срокам высадки рассады существенно отличались, у стандартного сорта Хазина урожай клубней с куста составил 987–1108 г, количество клубней – 6,5–6,7 штук, средняя масса одного клубня с куста – 149,5–165,4 г. Эти показатели у новых сортов батата наибольшие, самая высокая продуктивность с куста 1262–1389 г, количество клубней 8,0–8,2 шт., средняя масса одного клубня 156,1–169,4 г по срокам высадки рассады была получена у сорта Сочакинур.

Урожайность по сортам и вариантам опыта колебалась в пределах 34,5–53,6 т/га. У стандартного сорта Хазина при высадке рассады 10 апреля урожайность составила 34,5, при высадке 20 апреля – 37,8, при высадке 30 апреля самая высокая – 40,3 т, а в последующие сроки урожайность снижается и составляет 35,0–37,6 т/га. Наибольшая прибавка урожая (5,8 т/га или 116,8 %) была получена при высадке рассады 30 апреля. При этом урожай товарных клубней был наибольший – 39,5 т/га, или 98,2 %. У других изученных сортов батата самая высокая урожайность (50,2–53,6 т/га), из них товарный урожай 49,4–53,6 т/га, или 98,5–99,0 % был получен при высадке рассады 30 апреля. При этом прибавка урожая составила 6,4–7,2 т/га, или 114,6–115,5 %.

С целью определения сохраняемости клубней новых сортов батата при различных сроках высадки рассады при уборке брали по 40 кг урожая клубней среднего размера, собирали в ящики, после высушивания в течение 8–10 дней размещали в подвальное помещение обычного хранилища и ежемесячно в процессе хранения в ноябре, декабре, январе и феврале – определяли общие потери, то есть естественную убыль, сухую и мокрую гниль, образование ростков, а также изменения биохимического состава клубней. После хранения установили выход здоровых стандартных клубней при хранении.

Естественная убыль по сортам и срокам высадки рассады изменялась от 3,5 до 6,6 %, а общие потери от 3,5 до 7,3 %. После хранения выход здоровых стандартных клубней составлял 92,5–96,5 %. Самая высокая степень лежкости клубней (3,5–5,0 балла) отмечена у сортов батата Филиал, Тойлоки и Сочакинур при высадке рассады 30 апреля. При этом сроке высадки рассады у стандартного сорта Хазина также наблюдали самые низкие общие потери клубней (6,5 балл). При ранней или поздней высадке рассады на 0,2–1,7 % снижается выход здоровых стандартных клубней при длительном хранении.

Отмечено, что высадка рассады в оптимальные сроки (30 апреля) способствует получению наибольшего (93,5–96,5 %) выхода здоровых стандартных клубней при хранении.

Изучение изменения биохимического состава клубней новых сортов батата при различных сроках высадки рассады в процессе хранения по месяцам – в ноябре, декабре, январе и феврале, показало, что содержание сухого вещества, крахмала, сахара, белка и аскорбиновой кислоты в значительной степени отличается. В процессе хранения в ноябре-январе месяце биохимические показатели резко не изменялись, а в феврале наблюдали существенное снижение сухого вещества, крахмала, сахара, белка и витамина С. Самые высокие качества с биохимическим составом, то есть содержание сухого вещества – 21,3–23,3 %, крахмала – 13,3–14,1 %, сахара – 5,3–5,5 %, белка – 1,8–2,0 %, витамина С – 6,7–12,6 мг/ %, были получены при сроке высадки рассады новых сортов батата 30 апреля.

Таким образом, сроки высадки рассады у новых сортов батата существенно влияют на рост, развитие и продуктивность растений и при этом отмечены наибольший выход рассады (15,0–20,7 шт. с 1 клубня), высокорослый (158,1–191,6 см), ветвистый (13,6–15,6 шт. с куста) с мощной ботвой, облиственный (219–274 шт.) и площадью листовой поверхности (0,66–0,78 м² с 1 куста) при высадке рассады 30 апреля. По срокам высадки и изучаемым сортам батата урожайность колебалась в пределах 34,5–53,6 т/га и самый высокий урожай товарных клубней (50 т/га и более) наблюдали при высадке рассады 30 апреля у сортов батата Сочакинур, Тойлоки и Филиал. При этом отмечен наибольший (93,5–96,5 %) выход здоровых стандартных клубней с хорошим биохимическим составом при хранении.

Список литературы

1. Атабаева, Х. Н. Ўсимликшунослик. Дарслик / Х. Н. Атабаева, Ж. Б. Худойкулов. – Ташкент, 2018. – С. 279–282.
2. Балашев, Н. Н. Овощеводство / Н. Н. Балашев, Г. О. Земан. – Ташкент, 1981. – С. 355–357.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1985. – С. 280–285.
4. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков. – Л., 1987. – 456 с.
5. Мавлянова, Р. Ф. Технология выращивания батата в Узбекистане: рекомендация / Р. Ф. Мавлянова, С. М. Межидов. – Ташкент, 2003. – 18 с.
6. Методика исследований по культуре картофеля (ВНИИКХ). – М., 1967. – 210 с.
7. Остонакулов, Т. Э. Сорта сладкого картофеля и особенности технологии их возделывания / Т. Э. Остонакулов, А. А. Шамсиев // Картофель и овощи. – № 12. – 2020. – С.18–20.
8. Остонакулов, Т. Э. Овощеводство / Т. Э. Остонакулов, В. И. Зуев, О. Қ Қодирхужаев // Плодоводство и овощеводство: учебник. – Ташкент, 2019. – 552 с.

УДК 631.4:635.21:631.55

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ СРЕДНЕРАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИДЕРАТНЫХ КУЛЬТУР

Остонакулов¹ Т. Э., Усмонов² Н. Н., Рузиева² М. К.

¹*Самаркандская научно-опытная станция НИИОБК_УК,
г. Самарканд, Узбекистан*

²*Каршинский инженерно-экономический институт,
г. Карши, Узбекистан*

Приоритетными направлениями в повышении плодородия почвы и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур является широкое использование сидератных культур [1, 2, 3, 6].

Однако, эффективность сидератных культур на плодородие почвы и в картофелеводстве Узбекистана изучены недостаточно.

С целью изучения влияния различных сидератных культур на элементы плодородия почвы, рост, развитие, формирование урожая, урожайность и семенные качества ранних и среднеранних сортов картофеля проводили полевые опыты в условиях орошаемых типичных сероземных почв фермерского хозяйства «Хисор» Яккабагского района Кашкадарьинской области в 2016–2020 гг.

Объектом исследования была взяты 1, 2 репродукции семенного материала раннего сорта Кувонч-1656м, Binella, Cosmos, Гала; среднераннего сорта Sante, Kondor, Arizona, Saviola (Голландия), Бахро-30 и Бардошли-3. Изучали следующие сидератные культуры: 1. Озимая вспашка (контроль); 2. Весенняя вспашка; 3. Рапс – Немерчанский-2268; 4. Мас-

личная редька – Радуга; 5. Ячмень – Тимур; 6. Горох – Восток-55; 7. Горчица сизая – Юбилейная; 8. Горох + масличная редька.

Площадь деланки по сидератам – 168 м², а по сортам 28–56 м², повторность опыта трех–четырёхкратная. Посев сидератов осуществляли 18–25 октября, норма высева: рапса – 16,0; ячменя – 160; гороха – 70; горчицы сизой – 14,0; масличной редьки – 20,0 кг/га; а при совмещенном посеве культур норму брали пополам. Поливали 2 раза – осенью и весной.

У озимых сидератов за 10–12 дней до посадки картофеля определяли урожайность биомассы в период массового цветения или колошения, затем с помощью агрегата КИР–1,5 измельчали, дисковали и запахивали на глубину 28–30 см.

На опытных участках все учеты, анализы, наблюдения и мероприятия проводили на основе общепринятых методик и рекомендаций [4, 5]. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью программы Microsoft Excel и SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Установлено, что в условиях староорошаемых типичных серозёмных почв Кашкадарьинской области при изучении посева рапса, масличной редьки, ячменя, гороха и сизой горчицы в чистом виде, а также смеси гороха+редьки масличной в качестве сидератных культур в летние и осенние периоды, урожайность биомассы с гектара составила осенью 19,3–30,2 т, весной 22,1–35,1 т. Наивысшая урожайность биомассы в оба периода получена в условиях посева масличной редьки в чистом виде и смеси гороха+масличной редьки. Урожайность биомассы осенних сидератов была на 3,7–4,9 т/га выше летних сидератов.

После внесения биомассы сидератных культур как зелёных удобрений улучшились механические, физические, водные свойства, микробиологические особенности и плодородие почвы, особенно при внесении в осенний период гороха, сизой горчицы, рапса в чистом виде и смеси гороха+масличной редьки, в пахотном слое по сравнению с контрольным вариантом наблюдалось увеличение доли макроагрегатов на 5,1–8,9, микроагрегатов на 4,3–5,8 %, водопроницаемость на 67,9–118,1 м³ или больше на 14,3–24,5 %, уменьшение объемной массы на 0,02–0,04 г/см³, степень засорённости сорняками не превышала 7,4–17,5 % или 1 и 2 баллов, количество дождевых червей на 1 м³ пахотного слоя увеличилось в 3,1–6,3 раза, в результате чего содержание гумуса составило до 0,02–0,03 %, валового азота, фосфора и калия, особенно нитратного азота 7,4–10,04, подвижного фосфора 14,4–16,3, обменного калия 10,4–21,1 мг/кг.

При изучении рапса, масличной редьки, ячменя, гороха и сизой горчицы в осенний период, рапса и сизой горчицы на семена в летний период урожайность семян с гектара составила: осеннего рапса – 22,7–24,3, осенней сизой горчицы – 17,8–19,6 ц, масличной редьки – 22,0–23,5, гороха – 26,7–28,5, осеннего ячменя – 83,0–85,0, весеннего рапса – 15,5–16,7; сизой горчицы – 13,5–14,5 ц. Рапс и сизая горчица обеспечили дополнительный урожай семян на 7,2–7,6 и 4,3–5,1 ц/га семян при осеннем посеве по сравнению с весенним периодом.

Все сорта картофеля, испытанные после осенних и летних сидератных культур, имели высокую полевую всхожесть семенных клубней, интенсивное появление всходов, рост и развитие, что существенно повлияло на продолжительность вегетационного периода. При использовании в качестве сидератных культур гороха, сизой горчицы в чистом виде и смеси гороха+масличной редьки картофель ранних сортов Кувонч-1656м, среднеранних сортов Бахро-30, Sante, Kondor, Arizona, Saviola и Бардошли-3 показал повышение полевой всхожести семенных клубней на 2,7–3,5 %, появление всходов раньше на 3–5 дней и увеличение вегетационного периода до 4–10 дней.

При использовании сидератных культур рост и развитие среднеранних сортов картофеля происходит интенсивнее, чем у скороспелых, формирует высокорослую (высотой 66,4–83,6 или 10,0–16,4 см), многостеблевую (4,2–5,7 или более 1,1–1,7 шт.), мощную ботву (401,6–495,3 г) и корневую систему с широкой листовой поверхностью (69,6–72,1 или более 19,9–21,3 тыс. м²). В результате продуктивность этих сортов составила 593,0–998,8 г с куста, количество клубней – 6,7–11,2, средняя масса одного клубня – 74,7–91,4 г. Наименьший рост, развитие и листообразование наблюдали у всех сидератных культур (49,1–68,9 тыс. м²/га) при посадке картофеля раннего сорта Кувонч-1656м и ячменя как сидератной культуры (64,4–67,3 тыс. м²/га).

В условиях летних сидератов урожайность сортов картофеля с гектара составила 30,2–36,7 тонн. Самые высокие урожаи (32,4–36,7 т/га) были получены у среднеранних сортов Бахро-30, Sante, Kondor, Arizona и Бардошли-3 после летних сидератных культур гороха и сизой горчицы в чистом виде и смеси гороха и масличной редьки. При этом дополнительный урожай по сравнению с контрольным вариантом (осенняя вспашка) составил с гектара 4,4–9,0 т или 19,9–32,5 %.

Путем правильного подбора летних сидератов и среднеранних сортов картофеля показано, что можно повысить урожайность на 29–36 т/га, в том числе урожай семенных клубней на 20–27 т с коэффициентом размножения 6,0–8,0. При посадке репродукции семенных клубней этих сортов картофеля была получена наибольшая урожайность (22,6–27,7 т/га), доля вырожденных клубней снизилась до 3,0–3,6 %, получен здоровый экологически чистый урожай.

Наивысшая урожайность (29,4–39,6 или 6,0–11,4 т/га дополнительно, из них товарная урожайность 28,2–39,1 т/га, урожай семенных клубней 19,5–29,2 т/га, коэффициент размножения в пределах 5,9–8,6) у среднеранних сортов картофеля Kondor, Arizona, Saviola и Бардошли-3 зафиксированы при использовании гороха, сизой горчицы и смеси гороха+масличной редьки в качестве осенних сидератных культур.

При применении в картофелеводстве гороха, рапса, сизой горчицы в чистом виде и смеси гороха + масличной редьки в качестве сидератных культур полевая всхожесть семенных клубней сортов картофеля составила 96,0–98,6 %, всходы появляются раньше на 3–4 дня, вегетационный

период удлинялся до 6–7 дней, высота растения достигла прироста 9,8–15,6 см, количество стеблей в кусте на 1,4–2,0 шт. больше, отмечено резкое снижение заражения растений вирусными заболеваниями (явной: 7,6–16,1, скрытой: 23, 4–27,9 %), улучшилось семенное качество клубней. Особенно резко снизилось заражение растений и клубней вирусными заболеваниями по сортам после применения в осенний период сизой горчицы, рапса, гороха, редьки масличной в чистом виде и смеси гороха + масличной редьки. При этом повысилась урожайность с гектара на 23,5–30,0 т/га и обеспечено производство здоровой (доля вырожденных клубней менее 3,5–4,0 %) экологически чистой товарной продукции.

Таким образом, в условиях орошаемых типичных сероземных почв для получения 35–38 т/га и более урожаев эффективными оказались среднеранние сорта картофеля – Sante, Kondor, Arizona, Saviola, Бахро-30, Бардошли-3 и озимые сидератные культуры – горох, горчица сизая и горох + масличная редька. При этом улучшаются механический состав, физические, водные свойства, микробиологические особенности и другие элементы плодородия почвы, а также снижаются степени засоренности посевов сорняками.

Список литературы

1. Орипов, Р. О. Фитосанитарное и биоэнергетическое значение промежуточных культур / Р. О. Орипов. – Ташкент, 1988. – 50 с.
2. Холиков, Б. М. Повторные культуры и плодородие почвы Б. М. Холиков // Сельское хозяйство Узбекистана. – 2004. – № 5. – С. 42.
3. Терехов, И. В. Сидераты эффективны / И. В. Терехов // Картофель и овощи. – 2015. – № 7. – С. 33–34.
4. Методика исследований по культуре картофеля. М. : ВНИИКХ, 1967. – 204 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1985. – 351 с.
6. <https://floristics.info/ru/stati/ogorod/2475-sideraty-kogda-seyat-i-zakapyvat-zapakhivat.html>.

УДК 631.86

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕСЕНИЯ СОЕВОЙ МЕЛАССЫ В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАСТЕНИЙ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM*) И ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE*)

Пашкевич Е. Б., Королев П. С.

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

В настоящее время соя – одна из самых популярных культур в мире, так как она является первичным сырьем для производства многих продуктов питания и кормов с высокой энергетической ценностью. В Российской Федерации и за рубежом активно разрабатываются и применяются методы глубокой переработки сои с получением белковых продук-

тов – концентратов и изолятов, при этом, основным недостатком подобных технологий является большое количество побочных продуктов, требующих дальнейшей переработки.

Соевая меласса отличается сбалансированностью аминокислотного, макроэлементного и микроэлементного состава с большим количеством простых и сложных сахаридов. Соевая меласса водной промывки (коммерческое название «БиоАксель»), с которой проводились исследования, содержит также большое количество микроорганизмов, принимающих участие в почвенных процессах, и является отходом, образующимся при получении соевого белка. Во всем мире, наряду с проблемой защиты почв, также остро стоит проблема утилизации отходов. Отходы лесоперерабатывающей и пищевой промышленности не могут быть должным образом утилизированы или переработаны из-за удаленности свалок от предприятий, экономически невыгодной транспортировки до отходоперерабатывающих заводов. Наиболее экологически безопасным и полезным методом решения этой проблемы является переработка таких отходов с дальнейшим внесением их в почву в качестве органического удобрения.

Цель исследования – оценить возможность применения высушенной соевой мелассы в качестве органического удобрения в условиях вегетационного опыта.

Объекты и методы исследования. Вегетационный опыт был заложен 5 февраля и закончен 19 марта 2018 года в фитотроне Почвенного института имени В.В. Докучаева. Температура – 22°C, интенсивность освещения – 10000 люкс. Сосуды, объемом 1 литр, набивали почвой (тип почвы – подзол иллювиально-железистый супесчаный), далее в них высевали сельскохозяйственные культуры: горох (*Pisum* sp.), сорт «Амброзия» и ячмень (*Hordeum* sp.), сорт «Михайловский». Опыт состоял из пяти вариантов в 3-х повторностях, вариант 1 (К) – Контроль, в почву ничего не вносили, вариант 2 (N) – в почву вносили аммиачную селитру (NH_4NO_3) в дозе 100 мг/кг действующего вещества (азота) на кг почвы или 300 кг/га, вариант 3 (M) – в почву вносили мелассу, рассчитанную по содержанию в ней азота – 100 мг/кг почвы, масса мелассы – 2,73 г/сосуд, вариант 4 (O) – одновременное внесение минерального азота (NH_4NO_3) и мелассы в дозе по 50 мг/кг почвы азота каждого агрохимиката, вариант 5 (Ф) – фолиарное (на лист) внесение мелассы, всего было проведено 3 обработки водным раствором мелассы до полного смачивания растений с концентрацией 1 г мелассы и 300 мл воды, т.е. с разведением 1:300.

Почву, перед тем, как набить сосуды, перемешивали в лотке с точной навеской минерального или органического удобрения.

Содержание агрохимических показателей в почве определяли: рН – потенциометрически, подвижного фосфора из вытяжки Кирсанова – фотометрически с окрашиванием по Дениже, обменного калия из вытяжки Кирсанова – на пламенном фотометре [1].

Содержание макроэлементов в сухих растениях и валовый азот в почве определяли после мокрого озоления по Гинзбург в концентрированной серной кислоте с добавлением конц. хлорной кислоты в качестве

катализатора: азота – методом Кьельдаля, фосфора – фотометрически с окрашиванием по Дениже (фотометр КФК–3–01 «ЗОМЗ», Россия), калия – на пламенном фотометре «LEKI FP640».

Цинк и медь – после сухого озоления и растворения навески 1 м азотной кислотой на атомно-абсорбционном спектрометре.

Содержание элементов в сухой мелассе, в почве и микроэлементов в растениях определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе Agilent 7700x ICP–MS. C/N соотношение в мелассе определяли C/N – анализатором Elementar Vario III.

Результаты и их обсуждения. Иллювиально-железистый супесчаный подзол, перед закладкой опыта имел следующие характеристики: pH – 5,6, обменный (доступный растениям) калий – 109,3 мг/кг воздушно-сухой почвы (низкая обеспеченность), подвижный (доступный растениям) фосфор – 330 мг/кг воздушно-сухой почвы (очень высокая степень обеспеченности), цинк (Zn) – 6,5 мг/кг воздушно-сухой почвы, магний (Mg) – 63,0 мг/кг воздушно-сухой почвы, медь (Cu) – 0,75 мг/кг воздушно-сухой почвы, натрий (Na) – 12,0 мг/кг воздушно-сухой почвы.

Анализ сухой мелассы показал, что ее влажность $\approx 5\%$, содержание азота – 3,66 %, общий калий 5,41 %, в том числе водорастворимый – 1,43 % мелассы, общий фосфор – 1,89 %, в том числе водорастворимый – 0,11 %. C/N соотношение – 11,27 (углерода – 41,24 %). Кроме того, в мелассе обнаружено следующее содержание элементов: Ca – 3264 мг/кг, S – 2118 мг/кг, Cr – 137,9 мг/кг, Co – 0,5 мг/кг, Mn – 31,8 мг/кг, Fe – 936,0 мг/кг, Ni – 89,2 мг/кг, Cu – 14 мг/кг, Zn – 55,3 мг/кг, Na – 206 мг/кг, Mg – 4500 мг/кг.

Через 42 суток опыт был завершён, зеленая масса сельскохозяйственных культур взвешена. Прибавка зеленой массы по сравнению с контролем составила: на варианте 3 с внесением мелассы (М) горох – 33,5 %, ячмень – 18,6 %; на варианте 4 с внесением мелассы и минерального удобрения (О): горох – 39,3 %, ячмень – 0,5 %, на варианте 5 с фоллиарной обработкой растений водным раствором мелассы (Ф): горох – 10,1 %, ячмень – 18,6 % (рис. 1). Однако, более объективные данные получаются при сравнении массы высушенных растений. После высушивания растений на воздухе и учета массы, показано, что прибавка зеленой сухой массы на варианте 3 с внесением мелассы (М) составила: горох – 49,6 %, ячмень – 19,9 %; на варианте 4 с внесением мелассы и минерального удобрения (О): горох – 11,8 %, ячмень – 32,1 %, на варианте 5 с фоллиарной обработкой растений водным раствором мелассы (Ф): горох – 4,4 %, ячмень – 55,6 % (рис. 2).

Определение в почве после уборки опыта pH и макроэлементов показало, что валовый азот (определенный методом Кьельдаля после мокрого озоления с серной кислотой) на Контрольных вариантах опыта – 0,34 %, на варианте N – 0,28 %, на варианте М – 0,31 %, на варианте О – 0,20 %, на варианте Ф – 0,36 %, при значительном выносе азота с вариантов N, М, О и Ф по сравнению с контролем, остается примерно одинаковым. Не отмечен значительный вынос растениями доступных форм фосфора и калия (табл. 1).

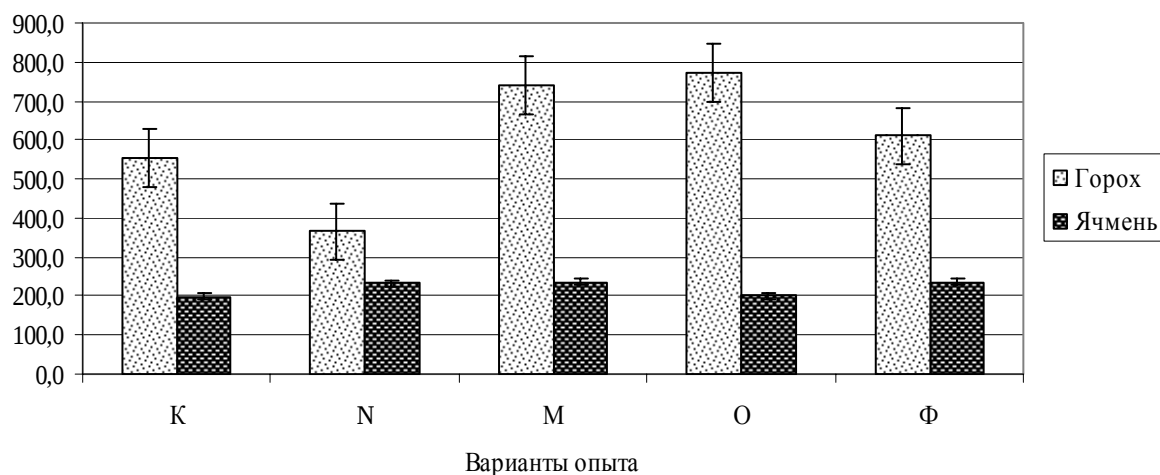


Рис. 1. Зеленая масса в пересчете на массу сто растений по вариантам опыта.
Вертикальные линии на графиках – стандартные отклонения.
НСР_{0,95} для зеленой массы гороха – 5,0, ячменя – 3,0.

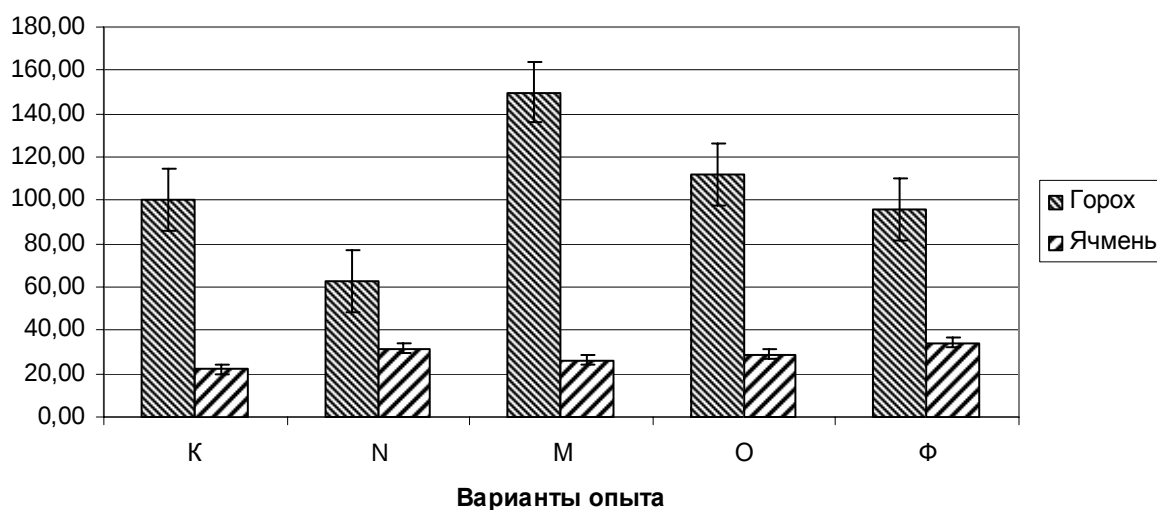


Рис. 2. Сухая масса в пересчете на сто растений по вариантам опыта.
Вертикальные линии на графиках – стандартные отклонения.
НСР_{0,95} для зеленой массы гороха – 3,8, ячменя – 0,9.

Таблица 1

Величина pH, содержание подвижного фосфора, обменного калия в почве после уборки урожая и макроэлементов в растениях

Варианты опыта		Почва			Растения, % от сухого веса		
		рН	мг/кг				
			P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ячмень	К	6,3	85,5	54,5	2,77	0,37	3,33
	Н	6,2	179,0	54,5	4,64	0,36	2,89
	М	6,4	121,0	109,1	3,62	0,43	4,26
	О	6,0	216,5	90,0	3,49	0,38	3,61
	Ф	5,8	123,0	54,5	4,94	0,47	3,34
Горох	К	6,1	106,5	72,7	3,47	0,39	2,14
	Н	5,8	158,0	54,5	5,04	0,30	1,84
	М	6,1	147,5	127,3	3,85	0,29	2,43
	О	5,8	126,5	100,0	4,66	0,33	2,34
	Ф	5,9	108,5	72,7	3,96	0,25	2,14

Определение в растениях макро- и микроэлементов (цинка и меди) показало, что при внесении в почву мелассы соотношение N:P:K в растениях становится более оптимальным, по сравнению с другими вариантами опыта. В растениях ячменя и гороха повышается содержание цинка во всех вариантах опыта по сравнению с контролем, содержание меди падает в растениях ячменя и повышается в растениях гороха (табл. 2).

Таблица 2

Содержание цинка и меди в растениях, мг/кг сухого веса

Варианты опыта		Zn	Cu
Ячмень	K	40,27	11,01
	N	70,09	7,95
	M	55,83	6,75
	Ф	67,37	7,89
	O	52,53	5,77
Горох	K	53,69	10,57
	N	83,67	10,31
	M	76,25	10,46
	Ф	89,78	6,88
	O	91,22	15,63

Выводы. Вегетационный опыт с двумя культурами показал, что меласса может вноситься в почву как органическое или органоминеральное удобрение пролонгированного действия, увеличивая биомассу выращиваемых сельскохозяйственных культур. Отмечена разная отзывчивость на внесение мелассы в почву, лучше всего реагирует горох. При внесении мелассы в почву оптимизируется N:P:K соотношение в растениях, увеличивается активность микробного сообщества, после минерализации повышается концентрация микроэлементов.

Фолиарная обработка растений водным раствором мелассы увеличивает их биомассу, что, вероятно, связано с наличием в ее составе аминокислоты финилаланина, предшественника индолилуксусной кислоты.

Список литературы

1. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии: учебное пособие / В. Г. Минеев. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 689 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УДОБРЕНИЙ В ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Подольяк¹ А. Г., Персикова² Т. Ф., Карпенко³ А. Ф.

¹Гомельская ОПИСХ, г. Гомель, Беларусь

²БГСХА, г. Горки, Беларусь

³ГГУ им. Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь

В настоящее время экономически обоснованное использование материально-производственного потенциала и земельных ресурсов сельскохозяйственного производства является залогом успешной работы товаропроизводителей. Главными задачами специалистов растениеводческой отрасли является повышение эффективности использования, как почвенного плодородия, так и вносимых в неё удобрений, на основании агрохимического обследования и контроля состояния почв. Помощниками в этом деле для сельхозпроизводителей служат областные станции химизации. Так, основными направлениями деятельности Гомельской ОПИСХ является изучение баланса элементов почвенного питания, контролирование использования удобрений, известковых материалов с составлением планов, проектно-сметной документации и контролирование проведения агрохимических мероприятий.

Цель проведённых исследований заключалась в оценке эффективности использования плодородия и вносимых удобрений в районах области под урожай 2020 г., на основании данных Гомельской ОПИСХ.

Известкование является важным и наиболее радикальным средством улучшения свойств кислых почв. Поэтому в плане 2020 г. предусматривалось произвестковать 40,6 тыс. га кислых почв. Внесение известковых материалов фактически составило на 100 % площадей. Одновременно было произвестковано 15,9 тыс. га сельскохозяйственных земель загрязнённых цезием – 137 с плотностью более 1 Ки/км² и стронцием – 90 более 0,15 Ки/км².

Потребность в органических удобрениях, при сложившейся структуре посевных площадей, по области определена в количестве 13,7 млн т, или в расчёте по 18,3 т на 1 га пашни. Фактическое внесение их на пашню составило лишь 7,6 млн т., или по 9,2 т на 1 га. За счёт промежуточных культур в почву поступило 106,2 тыс. т. органики и за счёт многолетних трав 7,7 тыс. т. Этого оказалось недостаточно для обеспечения бездефицитного баланса гумуса. Дефицит удобрений достиг 5,9 млн т или 43 % от потребности из-за чего в хозяйствах области наблюдается деградация гумуса. В течение года, на приготовление компостов было использовано только 351,3 тыс. т. соломы и 59,6 тыс. т. других видов подстилки. Фактическая окупаемость 1 т органических удобрений, вне-

сенных под зерновые и зернобобовые культуры, составила 22,7 кг зерна. По районам окупаемость 1 т органики колебалась от 26,2 кг зерна в Буда-Кошелёвском до 17,0 кг в Житковичском и 17,8 кг в Хойникском районах, при нормативной оплате 25 кг зерна.

Фактическая оплата 1 т органических удобрений, внесенных под все сельскохозяйственные культуры, возделываемые на пашне, составила 29,8 к. ед. при нормативной оплате 35 к. ед.

Потребность в минеральных удобрениях под урожай 2020 г. составила 277,5 тыс. т. действующего вещества NPK, в том числе 110,0 тыс. т азотных, 48,9 тыс. т. фосфорных и 118,6 тыс. т. калийных. Фактически было внесено 155,5 тыс. т. действующего вещества NPK или 56 % к потребности, в том числе 72,3 тыс. т. азотных или 65,7 %, 16,7 тыс. т фосфорных или 34,2 %, 66,3 тыс. т калийных или 55,9 % к потребности. На 1 га сельскохозяйственных земель области в 2020 г. было внесено 130 кг NPK, что на 16 кг больше уровня прошлого года. На 1 га пашни внесено 182 кг, что было на 19 кг больше уровня 2019 г., а на 1 га посевной площади внесено 158 кг или больше уровня предыдущего года на 17 кг.

В 2020 г. под зерновые и зернобобовые культуры было внесено 174 кг/га суммы NPK или на 20 кг больше, чем в 2019 г.

Эффективность использования плодородия почв и удобрений, внесенных под все сельскохозяйственные культуры в 2020 г., составила 85,1 %, что на 6,7 % выше уровня прошлого года. Нормативная окупаемость минеральных удобрений не достигнута ни в одном из районов области. Наиболее низкая окупаемость отмечена в Наровлянском – 67,7 %, Ельском – 71,5 % и Хойникском – 69,8 % районах.

Окупаемость удобрений, внесенных под зерновые и з/бобовые культуры, выше нормативной достигнута только в трех районах Мозырском – 108,2 %, Буда-Кошелёвском – 104,8 % и Речицком – 102,6 %.

Анализируя баланс элементов питания сельскохозяйственных культур, возделываемых на пашне, видно, что приход азота, фосфора и калия, в среднем по области, превышает их отчуждение, и только в Добрушском и Жлобинском районах по калию сложился отрицательный баланс.

Наиболее приход превышает расход калия в Ельском районе – 76,6 кг/га, Наровлянском – 55,6, Брагинском – 54,2. В среднем по области на 1 га пахотных почв остались не востребованными 9,0 кг фосфора и 19,4 кг калия. Интенсивность баланса по азоту составляет 110 %, по фосфору – 134 % и по калию – 119 %.

В 2020 г. под кукурузу на силос было внесено 185 кг/га суммы NPK, и 18,5 т/га органических удобрений. Уровень использования ресурсов составил 61,8 %. Нормативная окупаемость удобрений не достигнута ни в одном из районов. Наиболее низкая прибавка урожая кукурузы отмечена в Наровлянском – 41,2 %, Брагинском – 47,6 %, Кормянском – 49,4 и Хойникском – 49,8 % районах.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА МИКРОБНЫЙ КОМПЛЕКС АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ОСУШЕННОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ РЕДИСА

Полякова Н. В., Кулагина Н. А.

Нижегородская ГСХА, г. Нижний Новгород, Россия

Аллювиальные болотные почвы, несмотря на высокое содержание органического вещества и валовых форм питательных элементов, отличаются слабой биологической активностью и низким количеством доступных растениям питательных элементов. Осушительная мелиорация, регулируя водный режим почв, не устраняет лимитирующего влияния слабой микробиологической активности и низкой обеспеченности питательными элементами, особенно фосфором [1, 2].

Целью исследований было изучить количественный состав и динамику основных групп микроорганизмов аллювиальной осушенной почвы под влиянием минеральных удобрений и биопрепаратов и установить зависимость урожая редиса от показателей микробного комплекса.

Исследования проводились в 2017–2018 гг. в условиях вегетационного опыта в сосудах вместимостью 5 кг почвы; опытная культура – редис сорта Тарзан, повторность вариантов трехкратная.

Схема опыта приведена в таблицах, удобрение в опыте – нитрофоска (0,1 г д. в. на 1 кг почвы), биопрепараты (Азотовит и Фосфатовит) вносили по 0,03 мл д. в. на 1 кг почвы. Контроль – без удобрений и биопрепаратов.

В качестве объекта исследования была выбрана аллювиальная болотная иловато-торфяно-глеевая осушенная глинистая почва, сформированная на песчано-иловатых аллювиальных отложениях в понижениях центральной поймы реки Кудьма.

Почва характеризовалась слабокислой реакцией среды, степенью насыщенности основаниями на уровне 86 %, низким содержанием доступных форм фосфора (от 4,5 до 16,0 мг/кг почвы) и калия (от 16,0 до 25,7 мг/кг почвы), содержание общего углерода составляло 4,9–5,1% [1].

Для определения численности функциональных групп микроорганизмов были использованы пять видов питательных сред (МПА, КАА, Чапека-Докса, Гаузе, Голодный Агар).

Результаты исследований показали, что численность гетеротрофных микроорганизмов (на среде МПА) в 2017 г. (табл. 1) находилась в диапазоне от 368 на контроле до 430 тыс. колоний на варианте 2 с НРК, т. е. в 1,2 раза выше, чем на контроле. Влияние биопрепаратов, если сравнивать варианты их совместного внесения с вариантом 2, по своему действию было менее заметным, чем влияние одних минеральных удобрений. В 2018 г. численность почвенных микроорганизмов на среде МПА

была в 1,6–1,7 раза ниже по сравнению с 2017 г., что можно объяснить более прохладными погодными условиями вегетационного периода 2018 г., при этом количество гетеротрофов по вариантам практически не изменилось в сравнении с контролем.

Численность грибной микрофлоры на среде Чапека-Докса в оба периода исследований была примерно одинаковой, в вариантах с удобрениями и биопрепаратами она увеличилась по сравнению с контролем в 1,2 раза. Однако биопрепараты при совместном внесении оказали скорее ингибирующую роль на активность почвенных грибов, о чем свидетельствует снижение их количества по сравнению с вариантом, где вносились одни минеральные удобрения.

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов в опыте с редисом на численность микроорганизмов почвы (тыс. колоний в 1 г почвы)

Варианты	Питательные среды				
	МПА	Чапек-Докса	Гаузе	КАА	Голодный агар
2017 г.					
Контроль	368	196	208	129	215
НРК	430	261	244	223	267
НРК + Азотовит	466	243	262	256	300
НРК + Фосфатовит	442	242	251	224	277
НРК + Азотовит + Фосфатовит	455	235	274	250	295
НСР ₀₅	15	14	22	20	15
2018 г.					
Контроль	234	227	210	173	242
НРК	249	289	232	189	260
НРК + Азотовит	253	284	236	196	273
НРК + Фосфатовит	244	252	222	183	261
НРК + Азотовит + Фосфатовит	250	270	234	190	262
НСР ₀₅	15	15	18	14	17

Активность актиномицетов (среда Гаузе) наиболее заметно проявилась в 2017 г. с более комфортными для развития данных микроорганизмов погодными условиями, в 2018 г. численность актиномицетов была ниже и достоверных различий в вариантах с удобрениями и биопрепаратами не обнаружено.

Активность амилалитических микроорганизмов (среда КАА) в 2017 г. в вариантах опыта с удобрениями и биопрепаратами повысилась по сравнению с контролем в 1,7–1,9 раза, наиболее заметно в вариантах с внесением Азотовита (варианты 3 и 5). Это может быть обусловлено тем, что амилалитическая микрофлора участвует в разложении безазотистых соединений почвы и одновременно с этим обеспечивает иммобили-

зацию азота [3], поэтому дополнительное поступление штаммов микроорганизмов в составе Азотовита способствовало активизации данной почвенной группы микрофлоры.

Аналогичная динамика наблюдалась с олигокарбофильными микроорганизмами, определяемыми на Голодном агаре, функция которых заключается в завершении минерализации органических соединений. Наибольшая численность данных микроорганизмов за все периоды наблюдений установлена в вариантах с Азотовитом (NPK + Азотовит и NPK + Азотовит + Фосфатовит).

Оказывая положительное влияние на биологические свойства аллювиальной болотной почвы, минеральные удобрения и биопрепараты способствовали значительному повышению урожайности редиса (табл. 2). В 2017 г. продуктивная масса редиса повысилась во всех вариантах опыта с применением минеральных удобрений и биопрепаратов в 2,5–6,0 раз относительно контроля; в 2018 г. – в 5,3–11,0 раз. Максимальная урожайность корнеплодов редиса наблюдалась в варианте с совместным внесением Азотовита и Фосфатовита на фоне NPK и составила 84,8 в 2017 г. и 93,8 г/сосуд в 2018 г. Подобный эффект объясняется тем, что совместное использование биопрепаратов на фоне NPK способствовало лучшему усвоению питательных элементов вследствие активизации почвенной микрофлоры по сравнению с отдельным внесением минеральных удобрений.

Таблица 2

Урожайность корнеплодов и зеленой массы редиса

Вариант	2017 год				2018 год			
	корнеплоды		ботва		корнеплоды		ботва	
	г/сосуд	+/- к контролю	г/сосуд	+/- к контролю	г/сосуд	+/- к контролю	г/сосуд	+/- к контролю
Контроль	14,4	–	14,2	–	8,6	–	11,7	–
NPK	37,6	+23,2	51,5	+37,3	45,4	+36,8	27,6	+15,9
NPK + Азотовит	52,5	+38,1	61,9	+47,7	51,2	+42,6	29,7	+18,0
NPK+Фосфатовит	68,1	+53,7	76,0	+61,8	87,0	+78,4	41,8	+30,1
NPK + Азотовит + Фосфатовит	84,8	+70,4	90,0	+75,8	93,8	+85,2	47,1	+35,4
НСР ₀₅	6,3		10,5		8,8		4,5	

Методом корреляционного анализа была установлена тесная зависимость урожайности корнеплодов и ботвы редиса с содержанием в почве аммонифицирующей микрофлоры (МПА). Коэффициент корреляции составил 0,87 и 0,81 соответственно. Это обусловлено тем, что аммонификаторы участвуют в усвоении растениями азота, необходимого для формирования урожая. Аналогичной была взаимосвязь урожайности редиса с олигокарбофилами (на Голодном агаре): $r=0,84-0,87$. Взаимосвязь урожайности редиса с актиномицетами (среда КАА) проявилась более

сильно ($r=0,91-0,94$) вследствие физиологических функциональных особенностей актиномицетов, меланоиды которых представляют собой гуминоподобные вещества, участвующие в процессах трансформации гумуса. Почвенные микроскопические грибы практически не оказали влияния на урожайность редиса в опыте ($r=0,46$ в 2017 г.; $r=0,41$ в 2018 г.).

Таким образом, в результате исследований установлено, что наиболее эффективное влияние на урожай редиса в опыте оказало использование биопрепаратов на минеральном фоне. Биопрепараты Азотовит и Фосфатовит, полученные на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов, совместно с минеральными удобрениями оказывали стимулирующее действие на микробиологические свойства аллювиальной осушенной почвы и ее продуктивность, а также на усвоение растениями питательных веществ, находящихся в аллювиальной осушенной почве в трудно доступной форме.

Список литературы

1. Оценка биологической и ферментативной активности аллювиальных осушенных почв в зависимости от генезиса и вида угодий // Н. В. Полякова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2019. – № 1. – С. 16–19.
2. Кулагина, Н. А. Динамика окислительно-восстановительного потенциала в зависимости от температурного режима и влажности аллювиальной осушенной почвы / Н. А. Кулагина, Н. В. Полякова // Вестник НГСХА, 2020. – № 12. – С.5–9.
3. Мишустин, Е. Н. Удобрения и почвенно-микробиологические процессы / Е. Н. Мишустин // Агрономическая микробиология. – Л.: Наука, 1976. – С. 191–204.

УДК 631.4;574;504

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК МИНЕРАЛЬНЫМ АЗОТОМ

Проценко¹ Е. П., Бабкина² Л. А., Неведров¹ Н. П., Баранов¹ А. А.

¹*Курский государственный университет*

²*Курский медицинский университет, г. Курск, Россия*

Городской мусор является серьезным источником загрязнения почв органическими веществами, которые влияют на химический состав почвы, вызывая ухудшение её качества. Коммунальные отходы (ТКО) представляют серьезную опасность, поскольку существенно влияют на все компоненты окружающей природной среды: являются мощным загрязнителем атмосферного воздуха (метан, сернистый газ, растворители и др.), почв и грунтовых вод (тяжелые металлы, растворители, диоксины, инсектициды, соединения фосфора, азота и др.), причем это влияние распространяется на расстоянии от свалок до 1,5 и более км [1, 2]. Свалки неизбежно становятся мощным источником химического и биологического загрязнения [3, 5].

Город Курск – развитый промышленный, культурный, научный и финансовый центр Курской области, расположенный на площади более 18 тыс. га, с численностью населения более 500 тыс. человек. В Курске сосредоточено около половины всех промышленных предприятий области.

В результате деятельности промышленных предприятий, объектов торговли, учреждений здравоохранения, населения города и т. д. на территории города образуются различные виды отходов, как производства, так и потребления, в том числе: промышленные, бытовые, медицинские, биологические, древесные, строительные, отходы, содержащие нефтепродукты, ртутьсодержащие и др.

Общая площадь мест захоронения бытовых отходов составляет более 3 тыс. га, отмечается тенденция к её увеличению. Общее количество полигонов и свалок ТБО, расположенных на территориях муниципальных районов области, составляет более 40 единиц. Практически все объекты размещения отходов не отвечают экологическим и санитарно-эпидемиологическим требованиям, что создает значительную экологическую и эпидемиологическую опасность, влечет за собой нарушение природного ландшафта, загрязнение почвы, подземных и грунтовых вод, атмосферного воздуха [3, 4].

В составе бытовых отходов несанкционированной свалки присутствует органическая фракция (бумага, картон, пищевые отходы, дерево, текстиль, кости, кожа), которая является идеальной средой для протекания биохимических превращений по типу брожения и гниения. Одним из продуктов биохимической деструкции отходов являются соединения азота, которые накапливаются в почвах вследствие отсутствия естественных «потребителей» – растительности и со стоками поступают в поверхностные и грунтовые воды.

Связанное с нитрификацией подкисление почв улучшает растворимость и, следовательно, доступность фосфора, железа и др. элементов, что в случае свалок способствует эвтрофикации водоемов. Процесс нитрификации ускоряется при повышении аэрации почвы, нейтральных значений pH, повышении температуры. Потери нитратного азота из почвы могут происходить также в результате процесса денитрификации, который происходит в анаэробных условиях, в отсутствии кислорода. Денитрификация особенно активно идет при щелочных значениях pH и избытке органического вещества, богатого углеводами.

В качестве материала исследования была выбрана несанкционированная свалка, располагающаяся в частном районе на ул. Коммунистической г. Курска. Площадь свалки составляла 20 м², высота – 0,1 м. Территория свалки имеет равнинный характер с небольшим уклоном. Данная несанкционированная свалка находится в частном жилом секторе. Рядом располагаются приусадебные участки, огороды. Недалеко от свалки протекает река Кур, присутствуют насаждения из древесной растительности. Свалка образовалась в результате несанкционированного сброса отходов местными жителями.

Отходы в основном представлены полиэтиленовыми пакетами, пластмассовыми бутылками, стеклянными, жестяными банками, различными резиновыми изделиями, обрывками тканей, строительными материалами, а также встречаются изделия из фольги, электрические батарейки.

Количество нитратов в почвенных пробах, взятых в различных точках захлавленной территории представлено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание нитратов в почве на территории несанкционированной свалки

№ пробы		Количество нитратов, мг/кг
1	центр свалки	$268,8 \pm 10,77$
2	периферия свалки	$160,87 \pm 3,81$
3		$222,23 \pm 4,35$
4		$121,23 \pm 1,68$
5		$172,93 \pm 2,48$
6	3 м от свалки	$42,43 \pm 0,84$
7		$101,6 \pm 1,88$
8		$40,5 \pm 0,72$
9		$68,4 \pm 1,59$
контроль	100 м от свалки	$49,47 \pm 1,91$

Анализ содержания нитратов в почвенных пробах показал, что наибольшее количество нитратов наблюдается в почвах, взятых из центральной части свалки. На периферии свалки и на некотором удалении от нее наблюдается снижение количества нитратов в почве.

Сравнительный анализ содержания нитратов в почвах на территории свалки и вне свалки показал, что концентрация нитратов достоверно выше в почвенных пробах в местах несанкционированной свалки ($t_{st}=7,85$). Различия в количестве нитратов в почвенных пробах на расстоянии 3 м от края свалки и в контрольной пробе статистически не достоверны ($t_{st}=1,52$).

Во всех почвенных пробах, взятых на территории свалки, наблюдается превышение ПДК нитратов (ПДК=130 мг/кг), за исключением пробы 4. В почвах за пределами места несанкционированного размещения отходов превышение ПДК нитратов отсутствует.

Почвенные организмы способствуют взаимным превращениям нитратов и аммония. В рамках задач настоящего исследования нами было проведено измерение количества ионов аммония в почвах несанкционированной свалки. Результаты определения количества ионов аммония в почвенных образцах представлены на рисунке 1. Наибольшее количество ионов аммония наблюдается в почвах, взятых из центральной части свалки. На периферии свалки и на некотором удалении от нее наблюдается снижение количества ионов аммония в почве. Сравнительный анализ содержания ионов аммония в почвах на территории свалки и вне свалки показал, что концентрация ионов аммония достоверно выше в почвенных пробах в местах несанкционированной свалки ($t_{st}=8,05$).



Рис. 1. Сравнительная характеристика содержания ионов аммония в почвах несанкционированной свалки

Во всех почвенных пробах, взятых на территории свалки, наблюдается присутствие ионов аммония. Центральная часть свалки характеризуется высоким содержанием ионов аммония (более 6 мг/кг), периферия – средним количеством (4–6 мг/кг). Почвенные образцы, взятые на расстоянии 3 м от края свалки, имеют низкую концентрацию ионов аммония, что характерно для фоновых серых лесных почв города.

Для изучения миграции нитратного азота по почвенному профилю было изучено содержание нитратного азота на пяти объектах.

Расположение несанкционированных свалок (объектов).

Объект 1. Расположение: территория пляжа «Здоровье» (урочище Солянка), фоновая незагрязненная отходами почва. Объект 2. Расположение: берег реки Сейм. Свалка находится в непосредственной близости от реки, рядом находятся лесные насаждения. Свалка состоит преимущественно из коммунальных отходов, а именно пищевых отходов, пластика, алюминиевых банок и стекла. Площадь: приблизительно 60 м². Объект 3. Расположение: пересечение улицы Косухина и Майского бульвара. Свалка находится недалеко от жилых домов, между автостоянкой и гаражами. Крупных лесных массивов и водоемов по близости нет. Свалка состоит преимущественно из коммунальных отходов, а именно пищевых отходов, пластика, дерева, различных металлов, стеклянных и пластиковых бутылок. Площадь: приблизительно 30 м². Объект 4. Расположение: свалка отходов на берегу теплого канала. Канал для сброса отработанной тёплой воды с ТЭЦ–1 практически на всем протяжении, недалеко от жилых домов на улице Серегина. По берегам канала имеются лесные насаждения. Свалка состоит преимущественно из коммунальных отходов, а именно пищевых отходов, пластика, алюминиевых банок и стекла. Площадь: приблизительно 150 м². Объект 5. Расположение: свалка за территорией пляжа "Здоровье" (урочище Солянка). Свалка находится недалеко от реки Сейм, практически на берегу, рядом находятся лесные насаждения. Свал-

ка состоит преимущественно из бытовых отходов, а именно пищевых отходов, которые преобладают, пластика, алюминиевых банок и стекла. Площадь: приблизительно 60 м².

Как следует из рисунка 2, свалка объекта 2 практически соответствует фону (объекту 1) по распределению нитратов в почвенном профиле. В объектах 3 и 4 наблюдалось значительное увеличение содержания нитратного азота в верхней части профиля (в два и более раза превышает ПДК), что, вероятно, связано с разложением органических пищевых отходов. В то время как на объекте 5 (свалка за территорией пляжа Солянка) наблюдалось избыточное накопление нитратов в верхней части профиля и миграция их на глубину 120–140 см, что, по-видимому, связано с тем, что на данном объекте наблюдались более легкие песчаные аллювиальные почвы, в отличие от зональных среднесуглинистых темно-серых лесных почв.

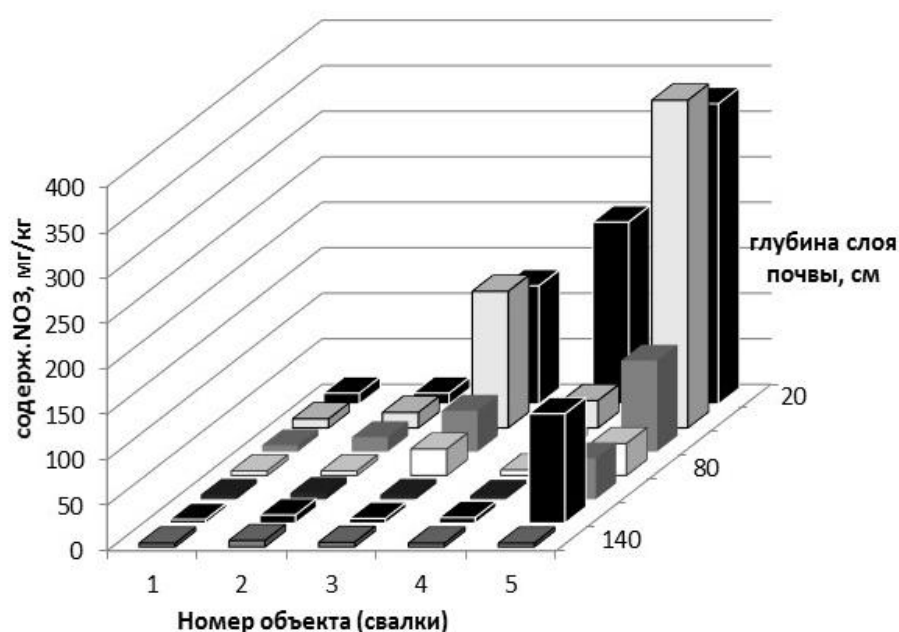


Рис. 2. Распределение нитратного азота по глубине почвенных слоев несанкционированных свалок ТКО, мг/кг

Список литературы

1. Грибанова, Л. П., Влияние полигонов ТБО на природную среду / Л. П. Грибанова, Л. А. Вовк // ЖКХ. – 1989. – №1. – С. 33–36.
2. Грибанова, Л. П. Оценка геохимических изменений геологической среды на полигонах ТБО / Л. П. Грибанова, Зайцев А. С. // Инженерная геология. – 1990. – С. 54.
3. Кулагина, Г. М. Микробное загрязнение почвы в местах несанкционированных свалок / Г. М. Кулагина, Ю. С. Иванова, Т. А. Зудова // Успехи современного естествознания. – 2005. – №1. – С. 81–82.
4. Об утверждении комплексной инвестиционной программы по обращению с твердыми бытовыми и промышленными отходами «Отходы (2012–2015 гг.): постановление Администрации Курской области от 20 февраля 2012 г №159–па.
5. Неведров, Н. П., Экологическая оценка почв ландшафтно-геохимических катен Сеймского округа г. Курска / Н. П. Неведров, Е. П. Проценко, М. Ю. Фомина // Экология урбанизированных территорий. – 2017. – №3. – С. 18–26.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ КАРБОНАТОВ В ПОГЛОЩАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ ПОЧВЫ

Прудников В. А., Степанова Н. В.

Институт льна, аг. Устье, Оршанский р-н, Витебская обл.

За последние пять лет средняя урожайность льняной тресты в Беларуси составляет 32 ц/га, а её расчетный номер – 0,87 единицы. Из низкосортной тресты невозможно получить волокно высокого качества, а рентабельность производства такого волокна низкая. Лён-долгунец – культура кальциефоб, которая плохо развивается на почвах с избыточным насыщением карбонатами в результате внесения высоких доз извести и неравномерного распределения известкового материала по площади поля. На переизвесткованных почвах наблюдается физиологическое заболевание льна – кальциевый (карбонатный) хлороз, вызываемый несбалансированностью питания растений и в первую очередь из-за не усвоения микроэлементов [1, 2, 3, 4].

Целью наших исследований являлось изучение влияния насыщения почвенного поглощающего комплекса карбонатами на структурные процессы, происходящие в растениях льна-долгунца, а также на урожайность и качество льносырья. Исследования проводились на опытном поле РУП «Институт льна» с уровнем обменной кислотности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в диапазоне pH_{KCl} от 5,0 до 6,5 и содержанием обменных кальция от 622 до 812, магния от 140 до 189, марганца от 10,3 до 1,7 мг/кг почвы. Содержание в пахотном слое почвы гумуса было в пределах 1,80–1,87 %, подвижных фосфатов 160–200, калия 127–150, бора 0,64–0,99, цинка 3,1–4,9, меди 1,6–1,9 мг/кг и не зависело от уровня кислотности. Опыты закладывались с использованием среднеспелого сорта льна-долгунца Грант с нормой высева 22 млн всхожих семян на гектар и применением агротехники возделывания согласно действующему технологическому регламенту. Измерение размеров и форм индивидуальных микроструктур стебля льна осуществлялось при использовании микроскопа NICON с компьютерным анализатором.

Анализ роста и развития льна-долгунца в период вегетации показал, что в фазе «ёлочка» растения, выращенные на почве с содержанием обменных кальция 622–633 и магния 140–147 мг/кг почвы (pH_{KCl} 5,0–5,5) имели высоту 12 см и сырую биомассу 100 растений 39,2 г (табл. 1). Посев на почве с кислотностью pH_{KCl} 5,6–6,0 сформировал биомассу 100 растений 33,5–31,6 г при высоте 10–9 см. Степень угнетения льна кальциевым хлорозом, рассчитанная по сырой биомассе растений [5], составила 14–19 %. Следовательно, угнетение льна кальциевым хлорозом начиналось в фазе «ёлочка» при содержании в поглощающем комплексе

почвы обменных кальция 651 и магния 148 мг/кг (pH_{KCl} 5,6). При посеве льна на почве с содержанием обменных кальция 705–812 и магния 167–189 мг/кг (pH_{KCl} 6,1–6,5) угнетение растений кальциевым хлорозом достигало 29–40 %.

Таблица 1

Влияние обменной кислотности почвы на биометрические показатели льна-долгунца, 2016–2018 гг.

Кислот- ность поч- вы, рН _{KCl}	Содержание карбонатов в почве, мг/кг		Биомасса 100 растений, г		Длина стебля, см	Степень угнетения кальциевым хлорозом, %
	кальций	магний	сырая	сухая		
фаза «ёлочки» льна						
5,0	622,3	140,4	39,2	5,8	12,0	0
5,5	632,7	147,3	39,2	5,8	12,0	0
5,6	651,4	148,2	33,5	5,5	10,5	14,5
6,0	687,3	160,7	31,6	4,6	9,0	19,6
6,1	705,4	167,3	27,8	4,2	8,5	29,1
6,2	756,5	177,4	26,6	4,0	8,0	32,1
6,3	762,3	180,2	24,7	3,8	7,0	37,0
6,5	812,3	188,5	23,6	3,5	6,6	39,8
фаза ранней желтой спелости льна						
5,0	622,3	140,4	209,7	91,1	93	0
5,5	632,7	147,3	200,6	87,6	89	4,3
5,6	651,4	148,2	173,4	73,3	86	17,3
6,0	687,3	160,7	163,8	67,0	84	21,9
6,1	705,4	167,3	148,6	57,6	74	29,1
6,2	756,5	177,4	138,6	56,7	72	33,9
6,3	762,3	180,2	130,0	52,8	65	38,0
6,5	812,3	188,5	121,5	49,8	62	42,1

Угнетение льна-долгунца высоким содержанием кальция и магния в почве прослеживалось на протяжении всей вегетации. В фазе ранней желтой спелости растений на почве с содержанием обменных кальция 622 и магния 140 мг/кг (pH_{KCl} 5,0) длина стеблей достигала 93 см, сырая биомасса 100 растений – 209,7 г. При посеве льна на почве с кислотностью pH_{KCl} 5,6–6,0 установлено снижение длины стеблей на 7–9 см (на 7–10 %), биомассы 100 растений – на 36,3–45,9 г (на 17–22 %), угнетение льна кальциевым хлорозом составило 17–22 %. При посеве льна на почве с кислотностью pH_{KCl} 6,1–6,5 угнетение растений повышалось до 29–42 % при снижении длины стеблей на 19–31 см (на 20–33 %).

Лён-долгунец возделывается для получения льняного волокна, в котором наиболее ценной является длинная фракция с высокими прядильными свойствами. Качество волокна зависит от формы и строения лубяных пучков и элементарных волокон. Высоким качеством обладает волокно с некрупными, но ровными по диаметру элементарными волокнами граненой формы с толстыми стенками и небольшими просветами внутри. Расположение таких волокон в пучке должно быть плотное с ми-

нимальной степенью одревеснения. О высоком количестве и качестве волокна дает представление анатомическое изображение поперечного среза стебля льна-долгунца, сформированного на почве с pH_{KCl} 5,2, содержащей обменных кальция 625 и магния 142 мг/кг (рис. 1). Стебель имеет луб с плотно сложенными волокнистыми пучками многогранной формы, общая площадь которого $402,9 \text{ мм}^2$; элементарные волокна среднего размера $385,1 \text{ мкм}^2$ с небольшими внутренними просветами около 9 мкм^2 и плотным расположением в пучках. Эти признаки свидетельствуют о формировании высокого качества волокна.



Рис. 1. Поперечный разрез стебля льна-долгунца, выращенного на почве с содержанием обменного кальция 625 и магния 142 мг/кг (pH_{KCl} 5,2)

В зависимости от кислотности почвенного раствора, положение волокон в стебле и их размеры сильно изменяются. На почве с содержанием обменных кальция 812 и магния 189 мг/кг (pH_{KCl} 6,5) в стеблях льна-долгунца формировались рыхлые пучки, общая площадь которых составляла $162,7 \text{ мм}^2$ (рис. 2). Элементарные волокна были не однотипные по величине и форме с большими внутренними просветами $45,9 \text{ мкм}^2$ и располагались в пучке не плотно, что свидетельствует о низкой разрывной нагрузке волокна. А небольшое количество пучков с большими разрывами между элементарными волокнами – это признак низкого содержания волокна в стеблях льна.

С увеличением содержания кальция с 625 и магния с 142 мг/кг, (pH_{KCl} 5,2) до 812 кальция и 189 мг/кг магния (pH_{KCl} 6,5) в стебле снижалось: количество образовавшихся волокнистых пучков с 29 до 22 шт. (на 24 %), площадь одного пучка с $14,1$ до $7,3 \text{ мм}^2$ (на 48 %), количество элементарных волокон в пучке с 39,8 до 26,3 шт. (на 34 %), размер элементарных волокон с $385,1$ до $329,6 \text{ мкм}^2$ (на 14 %). Таким образом, с увеличением насыщения почвы карбонатами (увеличением уровня pH_{KCl}) в стеблях льна-долгунца снижается содержание волокна и ухудшается его качество.



Рис. 2. Поперечный разрез стебля льна-долгунца, выращенного на почве с содержанием обменного кальция 812 и магния 189 мг/кг (рН_{KCl} 6,5)

Анализ полученных результатов исследований показал, что в условиях вегетации льна-долгунца 2016–2018 гг. при выращивании его на почве с содержанием обменных кальция 622–633 и магния 140–147 мг/кг (рН_{KCl} 5,0–5,5) урожайность тресты составила 64,5 ц/га номером 2,50, урожайность волокна – 22,3 ц/га, в том числе длинного 17,2 ц/га номером 12 (табл. 2).

Таблица 2

Влияние обменных кальция и магния на урожайность и качество льнопродукции, 2016–2018 гг.

Кислотность почвы, рН _{KCl}	Урожайность, ц/га			Качество, номер			Потери урожая, %		
	треста	волокно		треста	волокно		треста	волокно	
		общее	длинное		длинное	короткое		общее	длинное
5,0–5,5	64,5	22,3	17,2	2,50	12	3	–	–	–
5,6–6,0	59,5	19,2	13,4	2,00	11	3	8	14	22
6,1–6,2	46,9	14,4	8,8	1,25	10	3	27	35	49
6,3–6,5	36,6	10,1	4,7	0,75	8	3	43	55	73
НСР ₀₅	3,8	0,97	0,63						

На почве с содержанием обменных кальция 651–687 и магния 148–161 мг/кг (рН_{KCl} 5,6–6,0) по сравнению с рН_{KCl} 5,0–5,5 урожайность тресты снижалась на 5,0 ц/га (на 8 %), а её качество на 0,50 единиц (на 1 сортономер). Урожайность общего волокна снижалась на 3,1 ц/га (на 14 %), в том числе длинного на 3,8 ц/га (на 22 %), качество длинного волокна – на 1 номер.

При увеличении содержания обменных кальция до 762–812 и магния 180–189 мг/кг (рН_{KCl} 6,3–6,5) потери урожайности тресты достигали

27,9 ц/га (43 %), волокна 12,2 ц/га (55 %), в том числе длинного 12,5 ц/га (73 %). Качество льнотресты снижалось до 0,75 единиц (на 5 сортономеров), длинного волокна – до 8 номера (на 4 номера).

Расчет экономической эффективности выращивания льна–долгунца при реализации льнопродукции семенами и трестой на внутреннем рынке по ценам 2018 г. установил, что с увеличением показателя рН_{КС} почвы с 5,2 до 6,2 снижение прибыли составило с 1,84 до 0,41 тыс. руб., рентабельности выращивания – с 113 до 29 %. Почва с рН_{КС} 6,5 обеспечила 0,51 тыс. руб. убытков при рентабельности минус 40 % (табл. 3).

Таблица 3

Расчетная экономическая эффективность выращивания и переработки льна–долгунца в зависимости от обменной кислотности почвы, в ценах 2018 г.

Кислотность почвы, рН _{КС}	При выращивании льна					При выращивании и переработке льна				
	урожайность, ц/га		номер тресты	прибыль, руб./га	рентабельность, %	урожайность волокна, ц/га		номер волокна	прибыль (убытки), руб./га	рентабельность, %
	семена	треста				длинное	короткое			
5,2	8,9	64,4	2,50	1840,8	112,8	18,5	4,8	12	1339,4	24,4
5,9	7,5	59,5	2,00	1259,5	81,4	14,1	5,2	11	–1355,5	–26,3
6,2	5,9	46,9	1,25	405,9	28,9	7,8	5,5	10	–2449,5	–58,0
6,5	4,5	36,7	0,75	–514,1	–39,9	3,6	4,2	8	–2274,5	–69,3

При переработке льнотресты, выращенной на почве с рН_{КС} 5,2, получены урожайность длинного волокна 18,5 номером 12 и короткого 4,8 ц/га номером 3, прибыль с гектара посева 1,34 тыс. рублей при рентабельности производства волокна 24 %. Возделывание льна–долгунца на почве с рН_{КС} 5,9 при урожайности длинного волокна 14,1 ц/га номером 11 и короткого волокна 5,2 ц/га номером 3 было убыточно (рентабельность минус 26 %). При возделывании льна на почве с рН_{КС} 6,2–6,5 при урожайности длинного волокна 7,8–3,6 ц/га номером 10–8 и короткого волокна 5,5–4,2 ц/га номером 3 убытки достигали 2,45–2,27 тыс. руб./га при рентабельности получения волокна минус 58–69 %.

Список литературы

1. Прудников, В.А. Влияние кислотности почвы на урожайность льна–долгунца / В.А. Прудников // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 4. – С. 17–19.
2. Bear, F. Influence of calcium on availability of other soil cations / F. Bear, S. Toth // Soil sei. – 1998. – V. 65 – № 1. – P. 69–74.
3. Rainey, J. W. Reactions between trace elements salts and N–P–K Carriers in Fertilizers / J. W. Rainey, A. A. Nikitin // Agron J. – 1992. – V. 44. – № 10. – P. 541–546.
4. Тихомирова, В. Я. Очаговые неинфекционные болезни льна–долгунца / В. Я. Тихомирова, Л. М. Захарова // Защита и карантин растений. – 2013. – № 4. – С. 49–50.
5. Прудников, В. А. О методике определения степени угнетения льна–долгунца кальциевым хлорозом / В. А. Прудников // Земледелие и защита растений. – 2019. – № 1. – С. 50–51.

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ПРИЕМОВ УДОБРЕНИЯ СОЛОМОЙ НА СОХРАНЕНИЕ И ПРИУМНОЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ

Русу А. П., Булат Л. И.

*Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв им. Н. А. Димо,
г. Кишинёв, Молдова*

Введение. После аграрной реформы 90-х годов прошлого века в Республике Молдова наблюдается процесс все более отчужденного разделения между основными отраслями сельского хозяйства – растениеводством и животноводством. С технологической точки зрения это явление кажется удобным, поскольку производство становится более специализированным, более удобным и более простым в организации. Но такое разобщение производства пагубно влияет на нормальный круговорот материи и элементов в природе, а, следовательно, и на развитие в целом сельского хозяйства.

Хозяйства, в которых имеются оба вида производства, более точно имитируют, существующий в природе, биологический круговорот. Они более основательно адаптированы к метеорологическим переменам. В них накапливаются меньше отходов. К примеру, побочная продукция соломы из растениеводства используется как подстилка в животноводстве. А накапливаемый здесь навоз служит для удобрения полей и возврата ранее взятых из почвы элементов плодородия. Обе отрасли образуют как бы симбиоз, тесную и взаимовыгодную ассоциацию.

Когда растениеводство отделено от животноводства страдают обе отрасли, но, прежде и больше всего животноводство. Ныне отчетливо наблюдается повсеместное сокращение поголовья скота, а следовательно, и массы выхода навоза. В этой ситуации, помимо все уменьшающегося количества навоза, необходимо искать и использовать другие материалы и приемы для компенсации потерь гумуса и поддержания плодородия почв.

Цель исследований была направлена на проверку эффективности и совершенства приемов использования излишков соломы. Известно, что среди фермеров часто утверждается, что солома зерновых культур имеет незначительный удобрительный эффект. По этой причине солому часто сжигают. Мы решили пересмотреть это мнение и более подробно изучить влияние соломы на основной показатель плодородия, на гумус почвы.

Объекты и методы исследований. Полевой опыт был заложен в 2009 г. на опытной станции Института почвоведения, агрохимии и охраны почвы им. Н. А. Димо в селе Урсоая Кахульского района Молдовы. Почва – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый слабосмытый. Исследования проводились в севообороте со следующим чередованием культур: пшеница – кукуруза – кукуруза или ячмень – подсолнечник – ячмень –

горох. Солома пшеницы или ячменя экспериментировалась в чистом виде, отдельно (без удобрений) и совместно с другими удобрениями в четырехкратной повторности (табл. 1). Все испытуемые материалы вносились один раз на четыре года, – в 2009, 2013 и 2017 гг. Неизмельченная солома, выгруженная из копнителя комбайна, взвешивалась согласно схеме опыта и распределялась вручную на делянки площадью 120 м². Другие, испытуемые с соломой, удобрения накладывались равномерно на солому один раз для четырех лет. Заделка и перемешивание удобрений с верхним слоем почвы осуществлялась тремя проходами тяжелой дисковой бороной.

Результаты исследований и их обсуждение. Как и во всех почвах, вовлеченных в хозяйственный оборот, в период проведения эксперимента на контрольном варианте отчетливо наблюдалось явление быстрой потери по годам гумуса (рис). За 10 лет в пахотном слое данного варианта уровень гумуса снизился с 2,96 % в 2009 г. до 2,71 % в 2019 г. Различие между величинами составляет 0,25 % гумуса от массы почвы, или в абсолютных единицах – 5700 кг/га гумуса ($0,25 \cdot 2280000/100$). Следовательно, в указанных условиях ежегодно минерализовалось 570 кг/га гумуса (5700кг/10лет). Эта величина в общих чертах соответствует опубликованным для данной зоны нормативам [2].

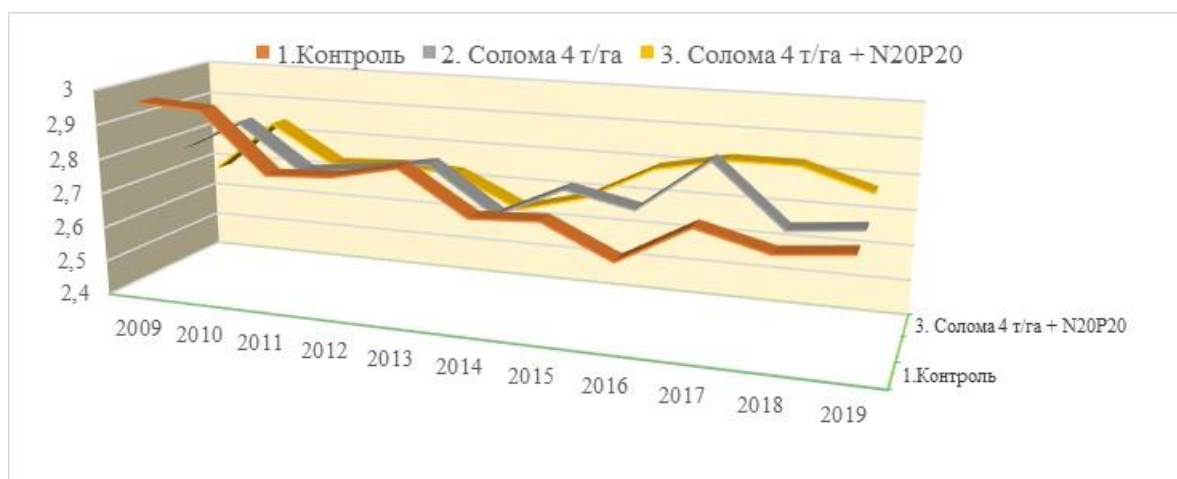


Рис. Динамика содержания гумуса по годам в слое 0 – 20 см, %

В почве варианта № 2, удобренной одной соломой, содержание гумуса тоже уменьшилось по сравнению с его исходным уровнем, но в 3,6 раза меньше, чем в контрольном варианте (5700/1596) (табл.). Разность между данными показателями в 4104 кг/га (5700 – 1596), можно оценить как прибавку гумуса от внесенной соломы. А вернее всего предполагаем, что это количество гумуса почвы, которое внесенная солома сохранила от минерализации. На этом варианте одна тонна соломы удержала от минерализации 342 кг гумуса (4104 кг гумуса/12 т соломы).

Склонны думать, что внесенная как удобрение солома легче и быстрее поддается микробиологической переработке, чем гумус почвы. А имея более доступный питательный материал в виде соломы, микрофлора почвы расходует ее, сохраняя гумус от разложения. Своеобразное

подтверждение высказанной гипотезы получили в варианте № 5, удобренного 8 т/га соломы. По сравнению с исходным содержанием, здесь получено приращение гумуса. Правда, прибавка в 1596 кг/га небольшая, ниже предела достоверности опыта.

Таблица

Содержание и баланс гумуса за десять лет в слое 0–20 см чернозема обыкновенного при различных приемах удобрения соломой

Вариант опыта	Содержание гумуса, %		Разность между годами		Внесено орг. в-в, кг/га	Из внесен. орг. в-в гумифицировалось, %
	2009 г.	2019 г.	%	кг/га		
1	2	3	4= см 3– см 2	5=см 4*2280 000/ 100	6	7=см 5* 100/см 6
Контроль, без удобрений	2,96	2,71	–0,25	–5700	0	0
Солома 4 т/га	2,79	2,72	–0,07	–1596	9608	0
Солома 4 т/га + N ₂₀ P ₂₀	2,69	2,77	0,08	1824	9608	19
Солома 8 т/га + N ₂₀ P ₂₀	2,63	2,80	0,17	3876	19216	20
Солома 8 т/га	2,66	2,73	0,07	1596	19216	8
N ₂₀ P ₂₀	2,66	2,63	–0,03	–684	0	0
N ₁₇₀ P ₁₈₀	2,58	2,54	–0,04	–912	0	0
Солома 4 т/га + N ₁₄₀ P ₁₇₅	2,55	2,68	0,13	2964	9608	31
Солома 4 т + навоз ов. 16 т/га	2,65	2,79	0,14	3192	20926	15
Навоз овечий 20 т/га	2,75	2,84	0,09	2052	13640	15
НСП 0,5	0,03	0,13	0,08	1824	–	–
Sx, %	2,24	1,59	1,92	1,92	–	–

Примечание: В формулах подсчета «ст» означает столбик таблицы.

Если допустить, что почва варианта № 5 не удобрялась соломой, тогда, как и на контроле минерализовалось бы 5700 кг/га гумуса. Таким образом, общее количество гумуса сохраненного от разложения и синтезированного из соломы на этом варианте составило 7296 кг/га (1596+5700). На данном варианте одна тонна соломы способствовала предохранению от минерализации и увеличению запаса гумуса в 304 кг (7296 кг гумуса/24т соломы).

Исследования подтвердили явление усиления гумификации соломы при сочетании с химическими или органическими удобрениями. В варианте Солома 4 т/га + N₂₀P₂₀ среднегодовой прирост гумифицированного органического вещества, по сравнению с исходным содержанием 2009 г., составил 182 кг/га (1824/10). В почве варианта Солома 8 т/га + N₂₀P₂₀ прирост гумуса был в два раза выше, пропорционально дозе соломы, и составил 388 кг/га. Этот случай косвенно указывает на то, что азот в данной почве не был ограничивающим фактором процесса гумификации двойной дозы соломы. Следовательно, черноземные почвы, с их значительной нитрификационной способностью, могут обеспечить микрофлору азотом для разложения большого количества растительного материала, в том числе соломы.

На варианте № 8, Солома 4 т/га + N₁₄₀P₁₇₅, прирост гумифицированного вещества составил 2964 кг/га. Таким образом, была подтверждена положительная корреляция между увеличением содержания гумифицированной соломы и дозой внесенных химических удобрений. На варианте № 8 прибавка гумуса была в 1,6 раза больше (2964/1824), чем на варианте № 2, где доза химических удобрений была значительно меньше. Следовательно, и на черноземных почвах, для более полной и интенсивной гумификации соломы ее необходимо дополнять достаточным количеством азота.

Среди испытываемых приемов, в наибольшей степени повысил содержание гумуса в почве вариант № 9, Солома 4 т + навоз овечий 16 т/га. Тут прибавка гумуса за десять лет достигла 3192 кг/га. Правда, на этом варианте в три этапа с удобрениями внесено больше всего органического вещества – 20926 кг/га. Помимо этого, в данной удобрительной смеси с навозом привнесено азота, готовых гумифицированных веществ и обилие микрофлоры, что благоприятствовало процессу синтеза гумуса.

Однако, если анализировать на каком из вариантов полнее гумифицировалось используемая солома, то получается что первое место в испытываемой схеме занял вариант № 8, Солома 4 т/га + N₁₄₀P₁₇₅. Здесь из одной тонны внесенных органических веществ синтезировалось 308 кг гумуса (2964/9,608). По данному показателю на втором месте расположился вариант № 4 с 202 кг и на третьем – вариант № 9 с 153 кг гумуса от одной тонны органических веществ.

В относительных величинах степень гумификации соломы варьировала от 15 до 30 %. Из литературы известно, что в обычных природных условиях органическое вещество, попадающее в почву, может быть гумифицировано с аналогичной долей [1, 3, 4]. Но есть источники на уровне учебников и методических указаний, в которых утверждается, что коэффициент гумификации соломы может достигать значений в 60–67 % [Методические указания..., 1986; Lixandru et al., 1990]. Следовательно, когда солома, внесенная в почву, снабжается достаточным количеством азота и другими биофильными элементами, скорость гумификации органических веществ может быть очень высокой.

Выводы

1. Установлено, что в условиях юга Молдовы из пахотного слоя обыкновенного чернозема минерализуется ежегодно в среднем по 570 кг/га гумуса.

2. Поскольку органические вещества соломы более доступны микрофлоре, чем компоненты гумуса, удобрение соломой сохранило от минерализации гумус почвы. Одна тонна соломы удержала от минерализации 300–340 кг гумуса.

3. Доказана пропорциональная связь между гумификацией соломы и дозой ее внесения равно как и от количества азотно-фосфорных удобрений. Для более полной и интенсивной гумификации солома должна дополняться достаточным количеством азота. В таких условиях из одной тонны соломы образовалось 150–300 кг гумуса.

Список литературы

1. Изменение содержания элементов питания и углерода в соломе сельскохозяйственных культур в процессе ее трансформации в дерново-подзолистых почвах / Е. Н. Богатырева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1 (48). – С. 73–78. [Электронный ресурс]. URL: http://www.brissa.by/?page_id=285 [дата обращения: 25.03.2021].
2. Гумусовое состояние почв // Программа освоения деградированных земель и повышения плодородия почв. Кишинэу: Понтос, 2005. – Ч. 2. – С. 8.
3. Жуков, А. И. Регулирование баланса гумуса в почве / А. И. Жуков, П. Д. Попов. – М.: Росагропромиздат, 1988. – С. 13.
4. Кравченко, Р. В. Растительные остатки и плодородие почвы / Кравченко, Р. В., М. Т. Куприченков // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 79 (05). – С. 8–10. [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/45.pdf> [дата обращения: 25.03.2021].
5. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. – М.: ВИУА, 1986. – Ч. 1. – С. 98.
6. Ghinea L. et al. Cercetări în domeniul chimiei și biologiei solului. În: Analele I.N.C.D.A. Fundulea, Vol. LXXV, volum jubiliar, 2007. – P. 412–415. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.incda-fundulea.ro/anale/75/75.22.pdf> (рум.) (дата обращения: 25.03.2021).
7. Lixandru Gh. et al. Agrochimie. Manual. – București: Editura didactică și pedagogică, 1990. – P. 324, 279 (рум.).

УДК 631.8:631.582

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

Рыбак А. Р., Щетко А. И.

*Гродненский зональный институт растениеводства
НАН Беларуси, г. Щучин, Беларусь*

Устойчивое производство сельскохозяйственной продукции невозможно без стабильной кормовой базы, в том числе и без возделывания такой культуры, как клевер луговой, являющейся одной из основных многолетних бобовых трав, получивших наибольшее распространение в Республике Беларусь. Интенсивная технология возделывания клевера лугового предусматривает не только увеличение применения удобрений, но и их научно обоснованное использование, так как система удобрения культуры должна способствовать формированию высокой продуктивности с хорошими показателями качества продукции, с сохранением и увеличением плодородия почв [1].

Исследования по изучению эффективности применения удобрений под клевер луговой проводили на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси». Длительный стационарный полевой опыт включает два поля зерно-травяно-пропашного се-

вооборота (яровая пшеница – озимое тритикале – кукуруза – ячмень – клевер луговой) на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта следующая: pH_{KCl} 5,05–6,36, содержание гумуса – 1,02–2,02 %, P_2O_5 – 162–396, K_2O – 86–271 мг/кг почвы. Фосфорные и калийные удобрения внесены весной в начале вегетации клевера лугового. Общая площадь делянки 75 м², учетная – 50 м², повторность опыта – четырехкратная. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема опыта (XIII ротация севооборота)

Внесено удобрений за ротацию севооборота	Внесение удобрений под клевер
1. Без удобрений	без удобрений
2. $N_{270}P_0K_{480}$	K_{90}
3. $N_{270}P_{150}K_{480}$	$P_{30} K_{90}$
4. $N_{270}P_{150}K_{480}$ + н. 25 т	$P_{30} K_{90}$
5. $N_{270}P_{150}K_{480}$ + н. 50 т	$P_{30} K_{90}$
6. $N_{270}P_{150}K_{480}$ + н. 75 т	$P_{30} K_{90}$
7. навоз 75 т	–
8. $N_{270}K_{480}$ + н. 50 т	K_{90}
9. $N_{380}P_{150}K_{480}$ + н. 50 т	$P_{30} K_{90}$
10. $N_{380}P_{150}K_{630}$ + н. 50 т	$P_{30} K_{120}$
11. $N_{460}K_{600}$ + н. 50 т	K_{120}
12. $N_{460}P_{150}K_{600}$ + н. 50 т	$P_{30} K_{120}$
13. $N_{460}P_{300}K_{630}$ + н. 50 т	$P_{60} K_{120}$
14. $N_{460}P_{300}K_{630}$ + н. 50 т	$P_{60} K_{120}$
15. $N_{diag}P_{300}K_{630}$ + н. 50 т	$P_{60} K_{120}$

В результате проведенных двухлетних исследований (2016, 2019 гг.) установлено, что в сумме за два укоса урожайность сухого вещества клевера лугового по вариантам опыта составила 3,09–6,76 т/га, выход кормовых единиц варьировал от 2,69 до 5,63 т/га, а сбор переваримого протеина от 361 до 1101 кг/га. (табл. 2).

Наименьшие значения данных показателей получены в варианте без применения удобрений. Рост урожайности на 1,24 т/га сухого вещества, выход кормовых единиц на 0,99 т/га и сбор переваримого протеина на 218 кг/га отмечен в варианте с внесением только калийных удобрений в дозе K_{90} . Использование $P_{30}K_{90}$ обеспечило 4,64 т/га сухого вещества, 3,94 т/га кормовых единиц и 685 кг/га переваримого протеина. Близкие значения данных показателей получены и в варианте с применением $P_{30}K_{90}$ на фоне последействия 25 т/га органических удобрений. Внесение $P_{30}K_{90}$ на фоне последействия 50 и 75 т/га органических удобрений привело к дальнейшему росту урожайности до 5,12 и 5,48 т/га, сбора кормовых единиц до 4,28 и 4,59 т/га, соответственно. Но использование минеральных удобрений на фоне последействия 75 т/га не привело к существенному росту урожайности по сравнению с предыдущим вариантом.

**Влияние различных систем удобрения на продуктивность клевера
лугового (среднее за 2016, 2019 гг.)**

Вариант	Урожайность сухого вещества, т/га	Выход кор- мовых единиц, т/га	Сбор переваримого протеина, кг/га
1. Без удобрений	3,09	2,69	361
2. K ₉₀	4,33	3,68	579
3. P ₃₀ K ₉₀	4,64	3,94	685
4. P ₃₀ K ₉₀ [*]	4,73	3,94	703
5. P ₃₀ K ₉₀ ^{**}	5,12	4,28	665
6. P ₃₀ K ₉₀ ^{***}	5,48	4,59	717
7. последствие 75 т/га навоза	3,38	2,87	413
8. K ₉₀ ^{**}	4,95	4,21	670
9. P ₃₀ K ₉₀ ^{**}	5,24	4,51	737
10. P ₃₀ K ₁₂₀ ^{**}	6,43	5,54	997
11. K ₁₂₀ ^{**}	5,18	4,42	697
12. P ₃₀ K ₁₂₀ ^{**}	6,63	5,57	852
13. P ₆₀ K ₁₂₀ ^{**}	6,76	5,63	1101
14. P ₆₀ K ₁₂₀ ^{**}	6,06	5,09	945
15. P ₆₀ K ₁₂₀ ^{**}	5,83	4,65	894
НСР ₀₅	0,53	0,48	48,6

* – последствие 25 т/га навоза; ** – последствие 50 т/га навоза; *** – последствие 75 т/га навоза

В варианте без внесения удобрений под клевер на фоне последствия 75 т/га органических удобрений сбор сухого вещества составил 3,38 т/га, что оказалось на уровне контроля.

Повышению урожайности на 1,19 т/га сухого вещества, выхода кормовых единиц на 1,03 т/га и сбора переваримого протеина на 260 кг/га на фоне P₃₀ и последствия 50 т/га навоза способствовало увеличение дозы калийных удобрений с K₉₀ до K₁₂₀. Увеличение дозы фосфорных удобрений с P₃₀ до P₆₀ на фоне последствия 50 т/га навоза и K₁₂₀ привело к незначительному повышению сбора сухого вещества и кормовых единиц. Только сбор переваримого протеина возрос существенно на 249 кг/га.

Максимальную урожайность сухого вещества клевера лугового 6,76 т/га, выход кормовых единиц 5,63 т/га и сбор переваримого протеина 1101 кг/га обеспечил вариант опыта, где минеральные удобрения в дозе P₆₀K₁₂₀ вносили на фоне последствия 50 т/га навоза.

Список литературы

1. Лапа В. В. Ресурсосберегающие технологии применения удобрений под сельскохозяйственные культуры в Республике Беларусь // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2019. – С. 3–5.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Сапего Н. А.

Институт льна, аг. Устье, Оршанский р-н, Витебская обл., Беларусь

Успех в получении высоких урожаев семян льна масличного в условиях Беларуси во многом определяется применяемой системой удобрений, поскольку в общем перечне среди агротехнических мероприятий этот фактор имеет решающее значение [1]. В последние годы появилось новое поколение принципиально новых, содержащих целый ряд макро- и микроэлементов, составов удобрений. Применение их для некорневой подкормки сельскохозяйственных культур, особенно масличных (рапс озимый и яровой, а также некоторых других, включая лен масличный), повышают устойчивость к стрессовым ситуациям, укрепляют иммунитет растений, улучшают сопротивляемость к болезням [2].

В настоящее время сотрудниками РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси разработаны новые составы жидких комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений для льна масличного (хлорсодержащее и бесхлорное) с одинаковым набором компонентов NPK (5:7:10) добавлением хелатных форм микроэлементов В (0,15 %), Zn (0,10 %), Cu (0,10 %) [3, 4].

Изучение эффективности использования, разработанных институтом почвоведения и агрохимии жидких комплексных удобрений (хлорсодержащее и бесхлорное), в том числе с добавлением биологически активных добавок (регуляторов роста растений – Экогум, Экосил, Эпин), а также удобрений жидких для льна масличного (ТУ ВУ 400048086.026 Калий монофосфат жидкий (марка Б; P_2O_5 (7,21 %), K_2O (не менее 4,79 %) без добавок и с микродобавками В (0,15 %), Zn (0,10 %)) в качестве некорневых подкормок [3,4], в период вегетации льна масличного и стало целью наших исследований, которые проведены в 2018 и 2019 годах на полях РУП «Институт льна» Оршанского района Витебской области. В качестве объекта использовался крупносемянный сорт льна масличного Илим.

Опыты проводились в четырехкратной повторности при учетной площади делянки $12,5 \text{ м}^2$, общей – 16 м^2 . Норма высева – 10 млн всхожих семян на гектар. Почва поля дерново-подзолистая, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: $pH_{(KCl)}$ – 5,03–5,05; гумус – 1,50–1,75 %; P_2O_5 – 208–242 мг/кг; K_2O – 208–273 мг/кг; CaO – 93,7–113,8 мг/кг; MgO – 26,0–27,1 мг/кг; Cu – 1,5–2,9 мг/кг; Zn – 2,2–2,9 мг/кг; В – 0,5–0,8 мг/кг.

Все работы по обработке почвы, севу, уходу за посевами выполняли в оптимальные сроки в течение одного дня, согласно регламенту [5].

Схема опыта включала следующие варианты:

1. абсолютный контроль (без удобрений);
2. $N_{60}P_{40}K_{80}$ – фон;
3. фон + удобрение жидкое комплексное для льна с хелатными формами микроэлементов (хлорсодержащее), далее – УЖК;
4. фон + удобрение жидкое комплексное для льна с хелатными формами микроэлементов (бесхлорное), далее – УЖК2;
5. фон + УЖК2 + Экосил;
6. фон + УЖК2 + Экогум;
7. фон + ТУ ВУ 400048086.026 Калия монофосфат жидкий (марка Б), далее – РК;
8. фон + ТУ ВУ 400048086.026 Калия монофосфат жидкий (марка Б), далее – РК, В, Zn.

В качестве основного удобрения в почву вносили $N_{60}P_{40}K_{80}$ (смесь стандартных удобрений: карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый кальций). Жидкие комплексные удобрения, как хлорсодержащие, так и бесхлорные вносили в некорневую подкормку в два срока: первый – в фазе всходы – начало фазы «елочка» (4 л/га), второй – в фазе «елочка» (6 л/га).

Метеорологические условия 2018–2019 гг. отличались как от среднелетних, так и между собой, что дало возможность проследить влияние комплексных микроудобрений на урожайность льна масличного в различных условиях вегетации.

Анализ влияния новых форм удобрений на урожайность семян льна масличного показал, что в условиях 2019 г. она была довольно высокой: в вариантах с применением удобрений – от 18,1 до 21,7 ц/га, в то время как на абсолютном контроле урожайность маслосемян составила 15,2 ц/га, на базовом варианте (фоне) – 18,1 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность семян льна масличного за 2018–2019 гг.

Варианты	Урожайность семян (12 % влажности), ц/га			
	2018 г.	+, – к контролю	2019 г.	+, – к контролю
Абсолютный контроль	10,6	–	15,2	–
Фон – $N_{60}P_{40}K_{80}$	15,6	+5,0	18,1	+2,9
$N_{60}P_{40}K_{80}$ * + УЖК	17,5	+6,9	19,2	+4,0
$N_{60}P_{40}K_{80}$ + УЖК2	16,7	+6,1	20,5	+5,3
$N_{60}P_{40}K_{80}$ + УЖК2 + Экосил	19,5	+8,9	21,7	+6,5
$N_{60}P_{40}K_{80}$ + УЖК2 + Экогум	19,0	+8,4	19,2	+4,0
$N_{60}P_{40}K_{80}$ + УЖК2 + Эпин	18,9	+8,3	21,1	+5,9
$N_{60}P_{40}K_{80}$ + РК	18,1	+7,5	18,5	+3,3
$N_{60}P_{40}K_{80}$ + РК, В, Zn	19,7	+9,1	19,2	+4,0
Среднее	18,5	+7,5	19,9	+4,5

В 2018 г. более засушливом по сравнению с 2019 г., на базовом варианте урожайность маслосемян составила 15,6 ц/га, что на 5,0 ц/га выше абсолютного контроля. Сочетание двух подкормок на фоне $N_{60}P_{40}K_{80}$ обеспечило максимальную урожайность 19,7 ц/га, что превысило базовый вариант на 20,8 %.

В 2019 г., более благоприятном по метеорологическим условиям, урожайность маслосемян оказалась на порядок выше. Максимальная урожайность маслосемян была получена в варианте $N_{60}P_{40}K_{80} + \text{УЖК2} + \text{Экосил}$ – 21,7 ц/га, также и с добавлением Эпин – 21,1 ц/га.

При этом наиболее эффективно в оба исследуемых года проявило себя жидкое комплексное удобрение (бесхлорное) с добавлением регуляторов роста Экогум и Экосил. Это можно объяснить тем, что регулятор роста способствовал хорошему развитию растений и нарастанию зеленой массы, которая больше всех пострадала от засухи в период налива и созревания семян.

Анализ урожайности в среднем за 2 года показал, что внесение нормативной дозы минеральных удобрений, рекомендованной регламентом [5], повысил урожайность льносемян в 1,3 раза и обеспечил прибавку 4,0 ц/га. Обработки посевов жидким комплексным удобрением, как хлорсодержащим, так и бесхлорным, обеспечивали дополнительную прибавку по отношению к фону еще на 1,5 ц/га (хлорсодержащее удобрение) и 1,7 ц/га (бесхлорное).

Существенных различий между этими видами подкормок не было, средний показатель составил всего 0,2 ц/га или 1,2 % по отношению к фону. Следовательно, при возделывании льна масличного можно применить жидкие комплексные удобрения, как хлорсодержащие, так и бесхлорные.

Таблица 2

Влияние на урожайность семян льна масличного новых форм комплексных удобрений в почву с некорневой обработкой посевов в фазу «елочка» (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант	Среднее, ц/га	Отклонение			
		от контроля		от фона	
		ц/га	%	ц/га	%
Абсолютный контроль	12,9	–	–	–4,0	23,7
Фон – $N_{60}P_{40}K_{80}$	16,9	+4,0	31,0	–	–
$N_{60}P_{40}K_{80} + \text{УЖК}^*$	18,4	+5,5	42,6	+1,5	8,9
$N_{60}P_{40}K_{80} + \text{УЖК2}^{**}$	18,6	+5,7	44,2	+1,7	10,1
$N_{60}P_{40}K_{80} + \text{УЖК2} + \text{Экосил}$	20,6	+7,7	59,7	+3,7	21,9
$N_{60}P_{40}K_{80} + \text{УЖК2} + \text{Экогум}$	19,1	+6,2	48,1	+2,2	13,0
$N_{60}P_{40}K_{80} + \text{УЖК2} + \text{Эпин}$	20,0	+7,1	55,0	+3,1	18,3
$N_{60}P_{40}K_{80} + \text{РК}$	18,3	+5,4	41,9	+1,4	8,3
$N_{60}P_{40}K_{80} + \text{РК, В, Zn}$	19,5	+6,6	51,2	+2,6	15,4

Применение некорневых обработок регуляторами роста на фоне использования жидких комплексных удобрений на бесхлорной основе совместно с обработкой посевов Экосил, Экогум и Эпин обеспечивают увеличение урожайности маслосемян на 2,2–3,7 ц/га или 13–21,9 ц/га. Дополнительная обработка посевов микроудобрениями также обеспечивает увеличение урожайности маслосемян на 1,4–2,6 ц/га или 8,3–15,4 %. При этом дополнение микроудобрений бором и цинком на фоне фосфорно-

калийной подкормки по вегетирующим растениям в фазу «елочка» увеличивает прибавку урожайности в среднем на 1,3 ц/га или 6,7 %, что является статистически значимой величиной.

Выводы

1. Применение новых форм жидких комплексных удобрений с микроэлементами на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве позволяет в среднем увеличить урожайность семян на 1,5–3,7 ц/га или на 8,9–21,9 % по сравнению с базовым вариантом – $N_{60}P_{40}K_{80}$.

2. Наиболее эффективным, обеспечивающим среднюю прибавку 3,7 ц/га или 21,9 %, обеспечивало применение регулятора роста Экосил, наименьшее – использование Экогума – 2,2 ц/га или 13 %.

3. Применение некорневых подкормок как макро–, РК, так и в их сочетании с микроэлементами В и Zn. Это сочетание увеличивает урожайность по сравнению с фоном на 2,6 ц/га или 15,4 %.

Список литературы

1. Прудников, В. А. Система удобрений льна масличного / В. А. Прудников [и др.]. – Устье: РУП «Институт льна», 2011. – 32 с.
2. Рак, М. В. Некорневые подкормки микроудобрениями в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М. В. Рак, М. Ф. Дембицкий, Г. М. Сафронюк, // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 2. – С. 7 – 11.
3. Система применения удобрений: учебное пособие / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы – Гродно: ГГАУ, 2011. – 418 с.
4. Пироговская, Г. В. Экономическая эффективность применения комплексных удобрений с модифицирующими добавками в технологии возделывания льна масличного / Г. В. Пироговская, Ю. Г. Милоста // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2013. – № 4. – С. 46–54.
5. Отраслевой регламент. Возделывание льна масличного на семена. Типовые технологические процессы / сб. отраслевых регламентов: «Организационно-технические нормативы возделывания кормовых и технических культур // НАН Беларуси, НПЦ НАНБ по земледелию – под ред. В.Г. Гусаков – Минск – 2012. – С. 348–362.

УДК 631.8.022.3:635.631:631.445

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ТЫКВЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

Серая¹ Т. М., Богатырева¹ Е. Н., Белявская¹ Ю. А. Путырский² И. Н.

¹*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

Плоды тыквы – ценнейший пищевой и диетический продукт питания, источник богатого набора биологически активных веществ, содержат полезные человеческому организму достаточно хорошо усвояемые белки, пектин, углеводы, крахмал, органические кислоты, жиры, витами-

ны, минеральные соли и другие вещества. Химический состав плодов тыквы в значительной степени зависит от различных технологических приемов выращивания, вида и сорта, а также почвенно-климатических условий и других факторов. Несмотря на то, что культура является традиционной для Республики Беларусь и хорошо произрастает в почвенно-климатических условиях страны, потребность в ней не удовлетворяется как для потребления в свежем виде, так и для перерабатывающих предприятий. Получение стабильного урожая тыквы с высокими показателями качества возможно только при сбалансированном удовлетворении потребности растений в макро-, микроэлементах и других необходимых для роста и развития веществах, т. к. недостаток или избыток хотя бы одного компонента угнетает растение, а следовательно, снижает урожайность и качество продукции [1–5]. Поэтому исследования, связанные с усовершенствованием систем питания под тыкву, являются актуальными.

Полевые технологические опыты проведены на опытных полях Института почвоведения и агрохимии: в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием гумуса в пределах 1,89–2,63 %, подвижных форм P_2O_5 – 176–247 мг/кг, K_2O – 146–183 мг/кг, pH_{KCl} 5,87–6,10; в ОАО «Гастеловское» Минского района на дерново-подзолистой высокоокультуренной суглинистой почве с содержанием гумуса в пределах 2,48–3,10 %, подвижных форм P_2O_5 – 531–755 мг/кг, K_2O – 323–401 мг/кг, pH_{KCl} 6,34–6,64.

Подстилочный навоз КРС (ПН КРС) вносили осенью под вспашку, минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) – весной под культивацию.

В период вегетации согласно схеме опыта проведены подкормки посевов тыквы комплексным удобрением Адоб Профит 4–12–38 в дозе 2 кг/га в фазу 3–4 настоящих листьев и в фазу бутонизация – начало цветения; органоминеральным удобрением Солюкат Плюс 0–16–34 в дозе 1 кг/га в фазу начало формирования плодов и через 10–15 дней после первой обработки; органоминеральным удобрением «Вермиплант» (вытяжка из вермикомпоста) в дозе по 5 л/га: 1-я обработка в фазу 3–4 настоящих листьев, 2-я – в фазу бутонизация – начало цветения и через 10–14 дней после 2-й обработки; комплексным удобрением Кристалон коричневый 3–11–38 в дозе по 2 кг/га в фазу бутонизация – начало цветения и в фазу начало формирования плодов.

Тыква – культура отзывчивая на внесение органических удобрений. На дерново-подзолистой супесчаной почве в варианте с внесением 60 т/га подстилочного навоза КРС урожайность в опыте в среднем за 3 года составила 35,5 т/га, на суглинистой почве – 44,3 т/га (табл. 1). Применение минеральных удобрений на фоне подстилочного навоза КРС увеличило урожайность тыквы на 12,8 т/га на супесчаной почве и на 10,9 т/га на суглинистой почве. Из некорневых подкормок посевов тыквы существенную прибавку урожая на супесчаной почве оказали удобрения Кристалон коричневый – 2,8 т/га и Вермиплант – 3,8 т/га, на суглинистой почве

только Вермиплант – 4 т/га. В среднем по опыту на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве урожайность была на 14 % выше, чем на среднекультуренной супесчаной почве.

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность тыквы Улыбка

Вариант	Урожайность, т/га				При- бавка
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	
Дерново-подзолистая супесчаная почва					
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	22,1	39,8	44,5	35,5	–
ПН КРС, 60 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	39,4	50,2	55,3	48,3	12,8
Фон + Адоб Профит 4–12–38, (2+2) кг/га	33,6	55,7	56,7	48,7	13,2
Фон + Вермиплант, (5+5+5) л/га	43,7	56,9	55,8	52,1	16,6
Фон + Солюкат Плюс 0–16–34, (1+1) кг/га	34,7	56,0	57,4	49,4	13,9
Фон + Кристалон коричневый, (2+2) кг/га	40,5	55,8	57,0	51,1	15,6
<i>HCP₀₅</i>	1,8	1,8	2	1,9	1,9
Дерново-подзолистая суглинистая почва					
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	38,8	47,5	46,7	44,3	–
ПН КРС, 60 т/га + N ₉₀ P ₃₀ K ₁₂₀ – фон	54,0	54,7	57,0	55,2	10,9
Фон + Адоб Профит 4–12–38, (2+2) кг/га	46,8	59,5	58,3	54,9	10,6
Фон + Вермиплант, (5+5+5) л/га	59,2	60,9	57,5	59,2	14,9
Фон + Солюкат Плюс 0–16–34, (1+1) кг/га	46,4	57,7	59,6	54,6	10,3
Фон + Кристалон коричневый, (2+2) кг/га	53,3	56,1	57,3	55,6	11,3
<i>HCP₀₅</i>	2,9	2,1	2,2	2,4	2,4

В сравнении с кабачком тыква отличается невысоким содержанием нитратов в зрелых плодах. Максимальное накопление нитратов во все годы исследования отмечено при органоминеральной системе удобрения без некорневых подкормок и составило, в среднем за три года, 99 мг/кг (изменяясь по годам от 80 до 127 мг/кг) на супесчаной почве и 91 мг/кг (58–117 мг/кг) на суглинистой (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на накопление нитратов плодами тыквы Улыбка

Вариант	Содержание нитратов, мгNO ₃ ⁻ /кг			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
Дерново-подзолистая супесчаная почва				
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	38	94	55	62
ПН КРС, 60 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	80	127	90	99
Фон + Адоб Профит 4–12–38, (2+2) кг/га	60	89	85	78
Фон + Вермиплант, (5+5+5) л/га	56	136	87	93
Фон + Солюкат Плюс 0–16–34, (1+1) кг/га	49	66	72	62
Фон + Кристалон коричневый, (2+2) кг/га	42	56	74	57
<i>HCP₀₅</i>	4	9	7	7
Дерново-подзолистая суглинистая почва				
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	45	74	63	61
ПН КРС, 60 т/га + N ₉₀ P ₃₀ K ₁₂₀ – фон	58	117	99	91
Фон + Адоб Профит 4–12–38, (2+2) кг/га	53	90	89	77
Фон + Вермиплант, (5+5+5) л/га	47	119	94	87
Фон + Солюкат Плюс 0–16–34, (1+1) кг/га	13	86	80	60
Фон + Кристалон коричневый, (2+2) кг/га	9	88	85	61
<i>HCP₀₅</i>	4	7	7	6

Некорневая подкормка удобрением Вермиплант в 3 срока по 5 л/га, оказав положительное влияние на рост урожайности тыквы, существенно не повлияла на накопление нитратов в плодах – их содержание в среднем за три года было на уровне фона, как на супесчаной, так и на суглинистой почве.

Некорневые подкормки посевов тыквы удобрениями Адоб Профит 4–12–38, Солюкат плюс 0–16–34 и Кристалон коричневый 3–11–38, не оказав существенного влияния на урожайность, способствовали снижению нитратов в плодах на 21–42 % на супесчаной почве и на 15–34 % на суглинистой почве.

В результате сравнительного анализа содержания нитратов в сортах тыквы установлено, что наиболее низким их накоплением отличались сорта Дачница и Руж Виф Д'Этамс (табл. 3).

Таблица 3

Сортовая специфичность накопления нитратов плодами тыквы

Сорт	Сроки созревания	Содержание нитратов, мг/кг	% к контролю
2019 г.			
Золотая Корона	среднеспелый	148	100
Ишки Кури	ранний	152	103
Стофунтовая	среднепоздний	144	97
Бамбино	среднеранний	156	105
2020 г.			
Золотая Корона	среднеспелый	80	100
Ишки Кури	ранний	111	139
Улыбка	раннеспелый	82	103
Руж Виф Д'Этамс	среднепоздний	60	75
Дачница	раннеспелый	30	38

Установлено, что содержание нитратов в различных частях тыквы неодинаково (рис. 1). Наибольшая концентрация нитратов находится в нижней части плода, месте крепления плети и экзокарпия. Меньшее содержание нитратов в эндокарпии. Мезокарпий (основная часть плода) содержит среднее значение между экзокарпием и эндокарпием, и определяет основное содержание нитратов в плоде.



Рис. 1. Содержание нитратов в различных частях тыквы, мг/кг сырой массы

Таким образом, в технологии возделывания тыквы рекомендуются некорневые подкормки одним из удобрений: Адоб Профит 4–12–38, (2+2) кг/га, Солюкат Плюс 0–16–34, (1+1) кг/га или Кристалон коричневый 3–11–38, (2+2) кг/га на фоне 60 т/га подстилочного навоза КРС и $N_{90}P_{60}K_{150}$ (на среднеокультуренной почве) и $N_{90}P_{30}K_{120}$ (на высокоокультуренной суглинистой почве), обеспечивающие при урожайности 49–55 т/га снижение содержания нитратов на 19–53 %.

Список литературы

1. Переднев, В. П. Удобрение овощных культур / В. П. Переднев. – Минск: Ураджай, 1987. – 144 с.
2. Переднев, В. П. Урожай и качество овощей при длительном внесении удобрений / В. П. Переднев, П. Я. Пивень // Качество овощей и бахчевых культур. – М. Колос, 1981. – С.172.
3. Бадина, В. М. Действие и последствие органических удобрений на урожайность, качество овощных культур и плодородие почвы: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04. – Горки: БСХА, 1989. – 18 с.
4. Дерюгин, И. П. Питание и удобрение овощных культур: 2-е изд. перераб. и доп. / И. П. Дерюгин, А. Н. Кулюкин. – М.: Изд-во МСХА. – 1998. – 326 с.
5. Борисов, В. А. Оптимизация питания овощных культур / В. А. Борисов // Картофель и овощи. – 1997. – № 1. – С. 21–23.

УДК 635.21: 631.531.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА КАРТОФЕЛЕ

Сидоренко Т. Н., Тихонова Л. Г.

*Гомельская ОСХОС НАН Беларуси,
аг. Довск, Рогачевский р-н, Гомельская обл., Беларусь*

Использование хелатированной формы микроэлементов является одним из основных элементов интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных растений и широко применяется в мировой практике. Уже в 1961 г. США применили в растениеводстве до 13,5 тыс. т хелатов (комплексонатов) и до 200 тыс. т микроудобрений в широком ассортименте используются сегодня. Показано, что применение комплексонатов по действию на величину урожая картофеля является эффективным приёмом на ряде почвенных разностей Европейской части России. Прирост урожая клубней составляет: на низинном торфянике – 12,8–16,4 %, на дерново-подзолистой супесчаной почве – 11,0–18,2 %, на дерново-подзолистой суглинистой – 18,9 %. Поражённость клубней грибными заболеваниями снижается при возделывании на торфянике: по ризоктониозу с 9,0–11,0 % до 4,6–7,35 %, по фитофторозу с 3,7–5,9 % до 2,3–3,6 %. На дерново-подзолистой супесчаной почве поражаемость

снижается: по фитофторозу с 6,0–10,3 % до 3,3–4,1 %; по ризоктониозу – с 4,4–4,5 % до 0,4–0,8 %; по парше – с 8,7–11,8 % до 3,6–4,8 % [1, 2].

Экосил – регулятор роста, полученный на основе тритерпеновых кислот, экстрагированных из хвои пихты сибирской, произрастающей в Саянах, обладает сверхвысокой физиологической и энергетической активностью. Энергия, сконцентрированная в тритерпеновых кислотах, при обработке сельскохозяйственных культур микродозами, действует на скорость физиологических и биохимических процессов (как катализатор в химических реакциях).

Опыт показывает, что обработка семенных клубней регуляторами роста способствует увеличению числа проснувшихся почек в глазках клубня, что положительно влияет на количество ростков, образующихся на клубне, густоту стеблестоя и урожайность картофеля. Активизация ростовых процессов в семенном клубне в самом начале развития картофельных растений способствует более раннему появлению всходов и наступлению основных фаз онтогенеза. Более интенсивное развитие растений дает возможность быстрее перейти на питание собственной корневой системой, эффективнее использовать для формирования вегетативных органов запасы продуктивной весенней влаги, полнее и на протяжении более длительного периода потреблять элементы питания из почвы, в более ранние сроки накопить урожай [2].

Картофель больше других культур нуждается в глубоко разрыхлённой, хорошо проницаемой для воды, воздуха и тепла почве. Так как урожайность картофеля больше всего лимитируется влагообеспеченностью, все мероприятия должны быть направлены на возможно большее сохранение почвенной влаги, улучшение влагосберегающей способности почвы и уменьшения испарения. Существует прямая зависимость урожайности картофеля от плотности и водопроницаемости почвы. Для создания оптимальных условий для роста столонов объемная масса дерново-подзолистых суглинистых почв должна находиться в пределах 1,0–1,2, а супесчаных – 1,3–1,4 г/см³ [3].

Исследования проводились в севообороте опытной станции на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой связным песком, а с глубины 120–130 см мореным суглинком. Пахотный горизонт характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН (KCl) – 4,41; подвижные формы P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову) – 249 и 168; Ca – 629; Mg – 133; B – 0,4; Cu – 1,38; Zn – 3,25 мг/кг почвы; Cs¹³⁷ (цезий 137) – 4,1; Sr⁹⁰ (стронций 90) – 0,06–0,08 Ки/км²; гумус – 1,69 %. Предшественник озимое тритикале.

Сорт картофеля Палац различался по продуктивности и эффективности использования почвенного плодородия, в варианте без применения удобрений в среднем за два года сформировал урожайность 23,8 т/га, был отзывчивым на внесение органических удобрений (30,7 т/га). Наиболее высокая прибавка от применения органических удобрений получена в ва-

рианте с глубиной обработки почвы 20–25 см и составила соответственно 6,9 т/га. В среднем за два года максимальная урожайность 42,7 т/га накоплена, при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{80}K_{180}$ на фоне 40 т/га органических удобрений с применением микроудобрения Наноплант и глубиной обработки почвы, как 20–25 см, так 30–35 см.

Применение минеральных удобрений увеличило урожайность на 11,6–16,8 т/га. Предпосадочная обработка клубней картофеля БИО препаратом Экосил при глубине обработки почвы, как 20–25 см, так 30–35 см обеспечило незначительную прибавку урожая 1,0–1,0 т/га при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{80}K_{180}$ на фоне 40 т/га. По остальным вариантам с применением Экосил урожайность оставалась на уровне контроля. Обработка клубней картофеля микроудобрениями Наноплант обеспечило прибавку урожая почти по всем вариантам опыта на 1,3–2,1 т/га. Максимальная прибавка (2,1 т/га) получена при глубине обработки 20–25 см, с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{80}K_{180}$ на фоне 40 т/га. От применения микроудобрений Cu , Mn , B ($5+0,5+15/10$ л H_2O) урожайность находилась на уровне контроля по всем вариантам. Кроме вариантов с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{80}K_{180}$ на фоне 40 т/га и глубиной обработки почвы 20–25 см и 30–35 см, прибавка составила 1,6–1,7 т/га (табл.).

Изменение глубины обработки почвы с 20–25 на 30–35 см не приводило к повышению урожайности картофеля по вариантам, она оставалась близкой к контролю. Изменение глубины обработки почвы с 20–25 см на 30–35 в наших исследованиях на легких почвах, экономически не выгодно.

Анализ структуры урожая показал, выход товарных клубней составил 70,0–90,2 %, средняя масса одного клубня колебалась от 42,2 до 81,8 г, число клубней на один куст 10,3–13,1 шт. Применение минеральных удобрений, БИО препарата Экосил, микроудобрения Наноплант и Cu , Mn , B , позволило увеличить массу клубней на 1 куст до 0,809 – 0,909 кг. При этом выход товарных клубней составил 83,9–90,2 %, при средней массе одного клубня 63,2–81,8 г. Максимальный выход клубней товарной фракции отмечен, при глубине обработки почвы 20–25 см и 30–35 см по двум вариантам – фон 40 т/га + $N_{120}P_{80}K_{180}$ + микроудобрения Наноплант и Cu , Mn , B (89,0–90,2 %).

Расчет окупаемости 1 кг д.в. NPK урожаем клубней показал, что наиболее высокая окупаемость 66,4 кг получена, при глубине обработки почвы 30–35 см, в варианте с применением органических удобрений в дозе 40 т/га, минеральных $N_{60}P_{40}K_{120}$ и предпосадочной обработкой клубней Cu , Mn , $B(5+0,5+15/10$ л H_2O). Окупаемость одной тонны органических удобрений урожаем клубней, более высокой (165 кг) была, при глубине обработки почвы 20–25 см в варианте с предпосадочной обработкой клубней БИО препарата Экосил.

Таблица

**Влияние удобрений, глубины обработки почвы и микроэлементов
на урожайность картофеля сорт Палац, 2017–2018 гг.**

Вариант		Урожай- жай- ность, т/га	Общая прибавка т/га	+/- фактор		
дозы удобрений (фактор А)	микроэлементы (фактор В)			В	А	С
Глубина обработки почвы 20–25 см, (фактор С)						
Контроль	Контроль – без обработки	23,8	–	–	–	–
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	24,4	–	+0,6	–	–
	Наноплант	25,7	–	+1,9	–	–
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	24,9	–	+1,1	–	–
Фон 40 т/га	Контроль – без обработки	30,7	6,9	–	+6,9	–
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	31,0	6,6	+0,3	+6,3	–
	Наноплант	31,5	5,8	+0,8	+5,0	–
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	30,7	5,8	–	+5,8	–
Фон 40 т/га +N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	Контроль – без обработки	38,0	14,2	–	14,2	–
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	38,4	14,0	+0,4	+13,6	–
	Наноплант	38,9	13,2	+0,9	+12,3	–
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	38,6	13,7	+0,6	+13,1	–
Фон 40 т/га +N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₈₀	Контроль – без обработки	40,6	16,8	–	+16,8	–
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	41,7	17,3	+1,1	+16,2	–
	Наноплант	42,7	17,0	+2,1	+14,9	–
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	42,3	17,4	+1,7	+15,7	–
Глубина обработки почвы 30 – 35 см, (фактор С)						
Контроль	Контроль – без обработки	24,1	–	–	–	+0,3
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	24,8	–	+0,7	–	+0,4
	Наноплант	25,4	–	+1,3	–	–0,3
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	24,9	–	+0,8	–	–
Фон–40 т/га	Контроль – без обработки	30,0	5,9	–	+5,9	–0,7
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	30,5	5,7	+0,5	+5,2	–0,5
	Наноплант	31,5	6,1	+1,5	+4,6	–
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	30,8	5,9	+0,8	+5,0	+0,1
Фон 40 т/га +N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	Контроль – без обработки	37,9	13,8	–	+13,8	–0,1
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	38,7	13,9	+0,8	+12,8	+0,3
	Наноплант	39,8	14,4	+1,9	+11,6	+0,9
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	39,5	14,6	+1,6	+12,1	+0,9
Фон 40 т/га +N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₈₀	Контроль – без обработки	41,1	17,0	–	–	+0,5
	Экосил, 15мл/5л Н ₂ О	42,1	17,3	+1,0	+15,9	+0,4
	Наноплант	42,7	17,3	+1,6	+15,7	–
	Сu,Мn,В(5+0,5+15/10л Н ₂ О)	42,3	17,4	+1,2	+16,2	–
НСР ₀₅ , т/га		4,5	4,5	1,5	1,5	2,2

Список литературы

1. Продуктивность картофеля и применение различных систем удобрений в сберегающем и биологизированном земледелии / Л. С. Федотов [и др.] // Научное обеспечения и инновационное развитие картофелеводства: материалы науч.-практ. конф. и корд. совещ. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ карт. хоз-ва; под ред. Е. А. Симаква. – М., 2008. – Т. 2. – С. 143–150.

2. Фицуру, Д. Д. Поликом-картофель – новое комплексное хелатное микроудобрение для некорневой подкормки картофеля / Д. Д. Фицуру [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-прак. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С. А. Турко [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – С. 199–200.

3. Банадысев, С. А. Особенности применения современных технологий возделывания картофеля. / С. А. Банадысев, М. И. Юхневич // Картофелеводство: сб. науч. тр. / БелНИИ картофелеводства; редкол. С.А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2000, Вып. 10. – С. 230–231.

УДК 631.816: 631.417.2

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

**Скрыльник Е. В., Герасименко Я. А., Кутовая А. Н.,
Гетманенко В. А., Товстый Ю. Н.**

*Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

Органическое вещество почвы, его состав, запасы, особенности качественных характеристик являются основными показателями плодородия почв, изменение которых в значительной степени зависит от интенсивности приемов земледелия, таких как системы применения удобрений [1–2]. Сохранение и повышение плодородия дерново-подзолистой почвы непосредственно связано с применением органических и минеральных удобрений, которые существенно влияют на физические, физико-химические и агрохимические свойства [3]. За результатами исследований [4], в условиях длительного (60 лет) применения органических и минеральных удобрений в 8-польном севообороте на легкосуглинистых почвах исходный уровень гумуса на контроле (без удобрений) и минеральной системе удобрения снизился на 30–40 %. Уменьшение содержания гумуса сопровождалось изменением основных параметров его качественного состава: снижением содержания гуминовых кислот, усилением фульватизации, обеднением органического вещества почвы активными соединениями, которые легко минерализуются. Низкий уровень содержания химически и физиологически активных органических веществ в составе гумуса почв приводит к незащищенности устойчивой центральной части макромолекулы гуминовых кислот (ГК), вызывая ее трансформацию и подвергая биологическому и химическому разрушению, что приводит к снижению содержания общего углерода почвы и потери плодородия.

Цель исследований – определение гумусного состояния дерново-подзолистой почвы под влиянием различных систем удобрения в условиях Западного Полесья Украины.

В результате исследования гумусного состояния дерново-подзолистой почвы Волынской государственной сельскохозяйственной опытной станции Института сельского хозяйства Западного Полесья удалось определить, что при длительном (53 года) сельскохозяйственном использовании под зернопропашным севооборотом при разной агрохимической нагрузке были обнаружены признаки трансформации гумуса с разной степенью выраженности на уровнях его организации. Установлено, что в условиях применения органоминеральной системы удобрения содержание ГК первой фракции увеличилось в 3 раза, при минеральной системе почти в 2 раза по сравнению с контролем и неудобренным фоном (табл. 1). Это свидетельствует о том, что подвижные органические вещества быстро минерализуются и являются источником питательных веществ для сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Влияние различных систем удобрения на групповой и фракционный состав гумуса дерново-подзолистой почвы

Вариант	C _{общ}	C _{ГК}				C _{ФК}					C _{гум}
		1	2	3	сумма	1а	1	2	3	сумма	
	%										
Без внесе- ния удобре- ний (кон- троль)	0,57	<u>0,04</u> 7,0	<u>0,09</u> 15,8	<u>0,14</u> 24,6	<u>0,27</u> 47,4	<u>0,04</u> 7,0	<u>0,14</u> 24,6	<u>0,01</u> 1,7	<u>0,10</u> 17,5	<u>0,29</u> 50,8	<u>0,01</u> 1,8
Фон (Са- СО ₃)	0,62	<u>0,05</u> 8,1	<u>0,04</u> 6,5	<u>0,09</u> 14,5	<u>0,18</u> 29,0	<u>0,04</u> 6,5	<u>0,16</u> 25,8	<u>0,04</u> 6,5	<u>0,20</u> 32,3	<u>0,44</u> 71,1	<u>0,004</u> 0,6
Фон + ми- неральная система	0,64	<u>0,07</u> 10,9	<u>0,02</u> 3,1	<u>0,14</u> 21,9	<u>0,23</u> 35,9	<u>0,02</u> 3,1	<u>0,14</u> 21,9	<u>0,08</u> 12,5	<u>0,16</u> 25,0	<u>0,40</u> 62,5	<u>0,01</u> 1,6
Фон + орга- ническая система	0,65	<u>0,05</u> 7,7	<u>0,07</u> 10,7	<u>0,12</u> 18,5	<u>0,24</u> 36,9	<u>0,02</u> 3,1	<u>0,15</u> 23,1	<u>0,04</u> 6,2	<u>0,19</u> 29,2	<u>0,40</u> 61,5	<u>0,01</u> 1,5
Фон + орга- номине- ральная си- стема	0,73	<u>0,15</u> 20,5	<u>0,05</u> 6,8	<u>0,06</u> 8,2	<u>0,26</u> 35,6	<u>0,02</u> 2,7	<u>0,17</u> 23,3	<u>0,02</u> 2,7	<u>0,24</u> 32,8	<u>0,45</u> 61,6	<u>0,02</u> 2,7
НСР ₀₅	0,04	<u>0,02</u> 3,7	<u>0,03</u> 5,8	<u>0,02</u> 6,0	—	<u>0,02</u> 3,6	<u>0,01</u> 1,5	<u>0,03</u> 4,3	<u>0,05</u> 7,2	—	<u>0,01</u> 0,3

Примечания: Над чертой – % к почве, под чертой – С фракции в процентах к С_{общ}.

Известкование уменьшало содержание ГК-2, связанных в почве с кальцием, в два раза по сравнению с неудобренным контролем. На фоне известкования только при органической системе удобрения наблюдалась положительная тенденция к повышению содержания ГК-2 в пахотном слое почвы. Внесение минеральных удобрений приводило к снижению содержания ГК-2 в два раза по сравнению с фоном известкования и в 4,5 раз по сравнению с неудобренным контролем. На фоне увеличения

содержания ГК соответственно уменьшается содержание ФК-2 при органо-минеральной системе удобрения. Применение только минеральных удобрений увеличило содержание ФК-2 в два раза по сравнению с фоном известкования.

Содержания фульвокислот, связанных с минеральной частью почвы (ФК-3), увеличилось по всем системам удобрения на фоне известкования.

Известкование дерново-подзолистой почвы привело к существенному снижению соотношения $S_{ГК}/S_{ФК}$ с 0,93 (на контроле) до 0,41 изменяя тип гумуса с гуматно-фульватного на очень фульватный, что является признаком негативной направленности процесса гумификации (табл. 2).

Таблица 2

Влияние длительного применения удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы

Показатель	Без удобрений (контроль)	Фон ($CaCO_3$)	Фон + минеральная система	Фон + органическая система	Фон + органо-минеральная система
Содержание гумуса, %	1,19	1,30	1,34	1,36	1,53
Собщ, %	0,57	0,62	0,64	0,65	0,73
$S_{ГК}$, % к Собщ	47,4	29,0	35,9	36,9	35,6
Степень гумификации	очень высокая	средняя	высокая		
$S_{ФК}$, % к $S_{заг}$	50,8	71,1	62,5	61,5	61,6
$S_{ГК}/S_{ФК}$	0,93	0,41	0,57	0,60	0,57
Тип гумуса	гуматно-фульватный	очень фульватный	фульватный		
ГК-1, % к сумме ГК	14,8	27,8	30,4	20,8	57,6
ГК-2, % к сумме ГК	33,3	22,2	8,7	29,2	19,2
ГК-3, % к сумме ГК	51,8	50,0	60,8	50,0	23,1
Степень подвижности системы ГВ	0,64	0,76	0,56	0,52	0,92

Применение минеральных и органических удобрений в различных дозах на фоне известкования влияет на соотношение $S_{ГК}/S_{ФК}$ изменяя тип гумуса в пахотном слое почвы с очень фульватного на фульватный.

Известкование увеличило содержание гумуса в пахотном слое на 9,2 % по сравнению с контролем. При условии внесения минеральных и органических удобрений на фоне известкования содержание гумуса увеличилось на 12,6 и 14,3 % соответственно по сравнению с контролем. При органо-минеральной системе на фоне известкования определены наиболее благоприятные условия для накопления гумуса в пахотном слое почвы по сравнению с контролем этот показатель увеличился на 28,6 %.

Различия гумусного состояния дерново-подзолистой почвы в слое 0–20 см при разной агрохимической нагрузке диагностированы по комплексу характеристик. Степень гумификации органического вещества под влиянием известкования изменилась с очень высокой на среднюю, а применение удобрений способствовало изменению степени гумификации на высокую. На фоне высокой степени гумификации органического вещества прослеживается низкое содержание «свободных» гуминовых кислот, кроме органоминеральной системы, где их содержание соответствует среднему показателю. При длительном сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистой почвы на вариантах с применением удобрений, содержание «свободных» гуминовых кислот в пахотном слое увеличилось в 2–3 раза по сравнению с контролем. Содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2), под влиянием удобрений изменилось с низкого уровня (контроль) на очень низкий, кроме органической системы. Содержание прочно связанных гуминовых кислот (ГК-3) в органическом веществе дерново-подзолистой почвы по вариантам опыта осталось высоким (≥ 20). Степень подвижности всей системы гумусовых веществ (ГВ) изменилось в сторону увеличения при органоминеральной системе и уменьшилось при минеральной и органической системах удобрения в сравнении с контролем и фоном известкования.

Выводы. Длительное сельскохозяйственное использование дерново-подзолистой почвы под зернопропашным севооборотом при органоминеральной системе удобрений на фоне известкования способствует повышению содержания гумуса в пахотном слое почвы до 1,53 %, изменению степени гумификации органического вещества с очень высокого на высокий. Внесение в почву свежего органического вещества в виде навоза при органической и органоминеральной системах удобрения увеличивает содержание подвижных гумусовых веществ и способствует активизации новообразования гуминовых кислот.

Список литературы

1. Лапа, В. В. Плодородие почв и использование удобрений в Республике Беларусь / В. В. Лапа. – Плодородие. – 2014. – № 3. – С. 19–20.
2. Шарков, И. Н. Концепция воспроизводства гумуса в почвах / И. Н. Шарков // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 21–27.
3. Кочик, Г. М. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту за різних систем основного обробітку і удобрення / Г. М. Кочик // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН. – 2015. – С. 47–57.
4. Шевцова, Л. К. Трансформация органического вещества легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений в льняном севообороте / Л. К. Шевцова, К. П. Хайдуков, Н. Н. Кузьменко // Агрохимия. – 2012. – № 10. – С. 3–12.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МИНЕРАЛИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Смирнова Т. С.

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, г. Москва, Россия

Обработаны и проанализированы результаты инкубационного эксперимента с почвенными архивными образцами 1990 и 2017 гг. длительного полевого опыта Верхневолжского федерального аграрного научного центра «Влияние длительного применения систем удобрений на продуктивность зернопропашного севооборота, качество продукции и плодородие дерново-подзолистой почвы» закладки 1968 г. Пахотная дерново-подзолистая супесчаная почва, подстилаемая с глубины 40–60 см суглинком, содержит 16–18 % физической глины, 0,5–0,6 % Сорг, 1,4–2,5 и 10,4 мг/100 г подвижных P_2O_5 и K_2O соответственно, pH_{KCl} 6,2–6,5 [4]. Рассмотрение опыта в качестве объекта исследования даёт возможность сравнения медленно протекающих процессов изменения запасов органического вещества в конкретных климатических условиях для четырёх контрастных вариантах применения удобрений: чистый пар, контроль (без удобрений), навоз 20 т/га, навоз 10 т/га + $N_{50}P_{25}K_{60}$, $N_{100}P_{50}K_{120}$.

Образцы почвы отбирались после уборки урожая из слоя 0–20 см. Пробы почвы с каждого повторения смешивались и высушивались на открытом воздухе с удалением видимых остатков растений в ходе просеивания через сито с диаметром отверстий 3 мм. Воздушно-сухие образцы использовались для определения содержания органического вещества.

Минерализационную способность почвенных образцов исследовали с помощью биокинетического метода. Его обоснование приведено в работах [1–3].

Инкубационный период длится определённое статистическим методом количество суток, которое является средним показателем длительности вегетационного периода по изучаемой области. Условия инкубации почвенных образцов: навески воздушно-сухой почвы массой 200 мг предварительно высушивали в течении 24-х часов в сушильном шкафу при 65 °С, затем увлажняли каждый флакон с образцами до 60 % ППВ, оставляли в термостате при 22 °С на 150–180 суток.

Продолжительность инкубации образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы составляла 176 суток, что соизмеримо с вегетационным периодом во Владимирской области. Повторность инкубации двукратная. Первое измерение концентрации $C-CO_2$ инкубируемых образцов проводили через 3–4 часа после увлажнения, а последующие – через один, два,

три дня и далее один раз в неделю. После каждого срока отбора газовых проб флаконы с инкубируемыми образцами проветривали в течение 20 мин и закрывали силиконовой пробкой до следующего измерения. Газовые пробы анализировали на хроматографе Кристалл–Люкс–4000М. Определяли скорость выделения $C\text{-CO}_2$ (мг/100 г в сутки) за время экспозиции по формуле 1.

$$C\text{-CO}_2 = \Delta\text{CO}_2 \cdot 12 \cdot V \cdot 60 \cdot 100 / 100 \cdot 22,4 \cdot \Delta t \cdot m, (1)$$

где ΔCO_2 – прирост CO_2 , об. %; 12 – атомная масса углерода; V – объем воздуха во флаконе над почвой, мл; 60 – пересчет на час; 100 – пересчет на 100 г почвы; 22,4 – объем грамм-молекулы CO_2 , мл; Δt – время экспозиции, мин; m – навеска почвы, г.

Кумулятивная величина продуцирования $C\text{-CO}_2$ (мг/100 г) устанавливалась путем прибавления количества выделившегося углерода в каждый срок измерения к сумме за предыдущие сроки (рис. 1, 2).

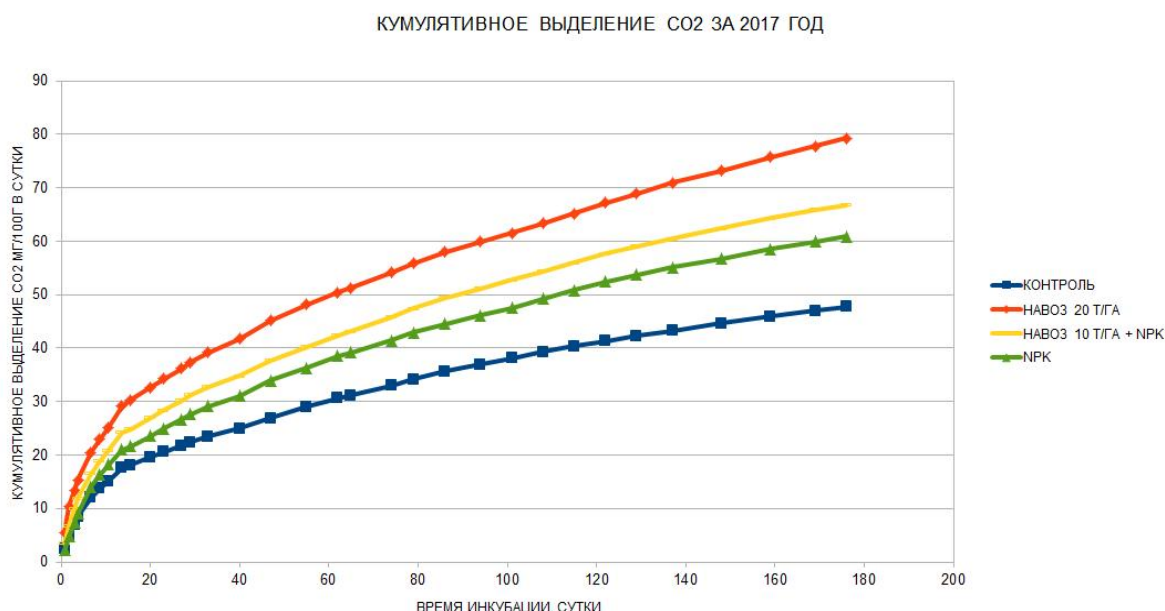


Рис. 1. Кумулятивное выделение $C\text{-CO}_2$ почвой в образцах 2017 г.

Количество выделяющегося из почвы $C\text{-CO}_2$ зависело от уровня содержания почвенного органического вещества (далее – ПОВ), степени его защищенности, активности микробного сообщества. Чем больше выделяется $C\text{-CO}_2$ из почвы, тем больше содержится ПОВ, и оно менее защищено, также выше активность почвенных микроорганизмов, потребляющих ПОВ в качестве источника энергии и питания. Поэтому измерение эмиссии $C\text{-CO}_2$ является основным способом количественной оценки минерализуемого пула ПОВ. Наибольшая скорость продуцирования $C\text{-CO}_2$ почвами отмечена через 24–48 часов после увлажнения образцов почв [4].

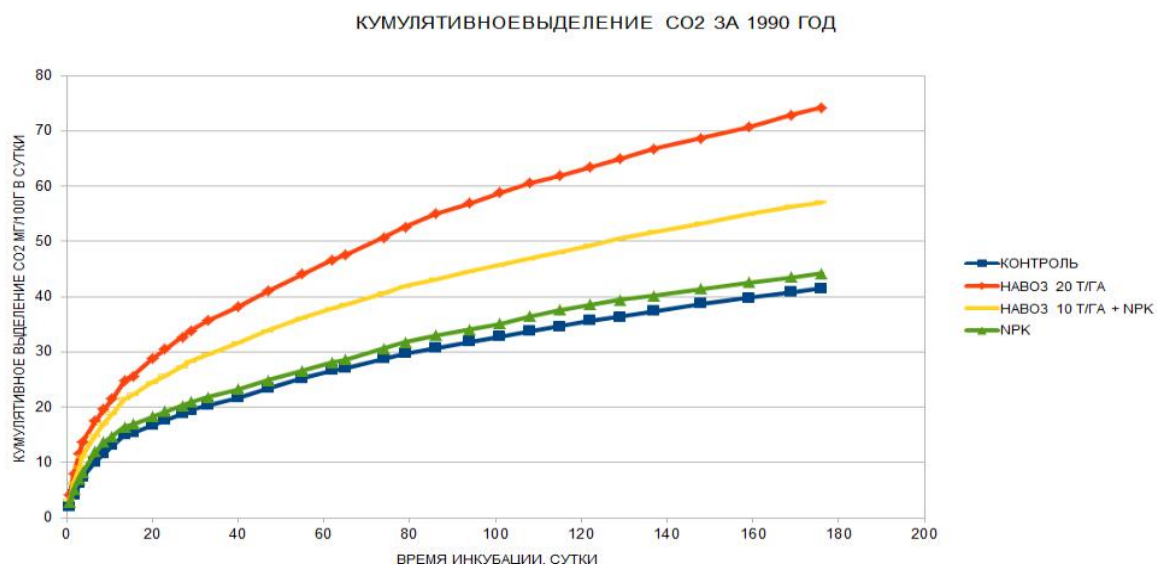


Рис. 2. Кумулятивное выделение C-CO₂ почвой почвой в образцах 1990 г.

Биокинетический метод определения обеспеченности почвы активным органическим веществом с дальнейшим разделением на фракции изучен аналитическим путём аппроксимации кумулятивной кривой C-CO₂, уравнением кинетики первого порядка с расчетом содержания потенциально-минерализуемого углерода на дату начала инкубации по формуле 2:

$$C_t = C_0 \cdot (1 - \exp(-k_1 \cdot t)), \quad (2)$$

где C_t – кумулятивное количество C-CO₂ (мг/100 г почвы) за время t (сутки);

C_0 – содержание углерода (мг/100 г) потенциально-минерализуемого органического вещества;

k_1 – константа скорости минерализации органического вещества почвы.

Благодаря данному уравнению удалось определить процентную долю содержания потенциально – минерализуемого углерода по вариантам опыта, который представлен в таблице 1.

Таблица 1

Содержание органического углерода и потенциальная минерализационная способность ПОВ в вариантах длительного полевого опыта

Вариант	Сорг, мг/100 г·1000	Со(Спм)		k, сут [^] –1
		мг/100г	% от Сорг	
2017 г.				
Контроль	500	44±4,0	8,8	0,024±0,002
Навоз 20 т/га	830	71±3,0	8,6	0,025±0,002
10 т/га + NPK	710	61±3,2	8,6	0,024±0,001
NPK	640	57±1,0	8,9	0,022±0,001
1990 г.				
Контроль	510	38±4,0	7,5	0,024±0,004
Навоз 20 т/га	770	69±2,0	8,9	0,022±0,000
10 т/га + NPK	590	52±7,7	8,7	0,028±0,008
NPK	520	41±4,0	7,8	0,025±0,003

Чем больше в почве содержится $C_{\text{орг}}$, тем выше её обеспеченность C_0 , но ниже степень минерализуемости органического вещества почвы.

Полученные результаты исследования могут быть использованы при оценках минерализационной способности легкими дерново-подзолистыми пахотными почвами, а также устойчивости данного процесса при изменении агрогенных воздействий и ожидаемых климатических изменений.

Минерализационная способность органического вещества снижалась в следующем ряду вариантов опыта на дерново-подзолистой супесчаной почве: органическая система удобрения > органо – минеральная > минеральная > контроль.

По сравнению с образцами 1990 г. в 2017 г. на вариантах с внесением органических, минеральных и органо-минеральных удобрений значительно увеличилось содержание органического углерода в почве, самые контрастные изменения произошли на вариантах с внесением минеральных и органо-минеральных удобрений (прирост на обоих вариантах одинаково составил 18,75 %), что также говорит о возрастании содержания потенциально-минерализуемого углерода на этих участках, но и о снижении минерализации ПОВ. При этом константа скорости минерализации на протяжении 27 лет остаётся неизменной. Такие показатели могут быть вызваны качеством вносимых удобрений, секвестрирующей ёмкостью почвы – её постепенным увеличением, обилием микроорганизмов и способностью лёгких супесчаных почв поддерживать углеродные потоки в течении времени при постоянном внесении единых доз удобрений без существенных изменений.

Ряд, характеризующий обеспеченность почв потенциально минерализуемым органическим веществом, устойчив во времени, а количество потенциально минерализуемого углерода возрастало с ростом запасов общего C почвы. Запасы органического углерода почвы снижались в тот же период в ряду: органическая система удобрения > органо-минеральная > минеральная > контроль.

Список литературы

1. Минерализуемость органического вещества и углеродсеквестрирующая емкость почв зонального ряда / В. М. Семенов [и др.] // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 819–832.
2. Семенов, В. М. Сравнительная характеристика минерализуемого пула органического вещества в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем / В. М. Семенов, А. С. Тулина // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 53–63.
3. Семенов, В. М. Агроэкологические функции растительных остатков в почве / В. М. Семенов, А. К. Ходжаева // Агрохимия. – 2006. – № 7. – С. 63–81.
4. Оценка обеспеченности почв активным органическим веществом по результатам длительных полевых опытов / В. М. Семенов [и др.] // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 19–31.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЛУБОКОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ И ПОДСОЛНЕЧНИК

Смыченко В. Н.

*Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

Многочисленными исследованиями доказано, что локальный способ внесения минеральных удобрений является более эффективным чем разбросным, как в физиологическом, так и в агрохимическом отношении (В. К. Трапезников и др., 1999; А. И. Фатеев, 2002; Р. М. Nkebiwe et al., 2016). Однако, современные климатические изменения, подорожание энергоносителей и повышенная требовательность современных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур к условиям минерального питания побуждают к совершенствованию технологических аспектов локализации внесения удобрений. В частности, ряд исследователей указывает на целесообразность более глубокого размещения ленты минеральных удобрений в пахотном слое почвы, что позволяет достичь большей эффективности и стабильности использования элементов питания (R. Borges, A. P. Mallarino, 2001; Билтуев и др., 2015; I. Patuk et al., 2020). Однако, оптимальные условия локализации обусловлены особенностями физиологии и морфологии каждой культуры, агрохимических свойств почв и строением почвенного профиля.

Целью исследования является оценка преимуществ более глубокого расположения ленты минеральных удобрений при выращивании ячменя ярового и подсолнечника на черноземах оподзоленных тяжелосуглинистых в северо-восточной части Украины.

Для реализации поставленной цели в течение 2019–2020 гг. нами проведено исследования в мелкоделяночном полевом опыте на территории ГП «ОХ «Граковское» ННЦ «ИПА им. А. Н. Соколовского» (с. Коротыч Харьковского района Харьковской области).

Схема опыта: 1) контроль (без удобрений); 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$ (локально) на глубину 10–12 см ниже посевного рядка; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$ (локально) на глубину 20–22 см ниже посевного рядка; 4) $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}P_{30}K_{30}$ (локально) на глубину 10–12 см и 20–22 см ниже посевного рядка; 5) $N_{60}P_{60}K_{60}$ (локально) на глубину 20–22 см ниже посевного рядка. В 1–4 вариантах применяли минеральные удобрения в виде нитроаммофоски, в 5 варианте – в виде аммофоса, аммиачной селитры и калий хлористого. Учет урожайности ячменя ярового и подсолнечника проводили методом пробных снопов.

Полученные за два года данные свидетельствуют о существенном положительном влиянии локального способа внесения минеральных

удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и содержание элементов питания в почве.

Содержание влаги в пахотном слое почвы под ячменем в течении вегетации за 2 года колебалось от 13,6 % до 23, %, а после сбора урожая – от 9,9 % до 24,0 %, то есть находилось в интервале между влажностью устойчивого увядания и влажностью разрыва капиллярной каймы. Наибольшее содержание доступных форм элементов питания в зоне локализации удобрений в начале и конце вегетации под ячменем наблюдалось в третьем и пятом варианте, где вносили комплексные удобрения на глубину 20–22 см. Наибольший прирост урожая зерна получен на 3 варианте с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ (локально) на глубину 20–22 см.

Таблица

Урожайность ярового ячменя и подсолнечника в зависимости от глубины внесения удобрений

Варианты опыта	Урожайность, т/га			
	ячмень		подсолнечник	
	2019	2020	2019	2020
Контроль (без удобрений)	3,30	3,50	1,10	0,89
$N_{60}P_{60}K_{60}$ (комплексные) 10–12 см	4,68	4,51	2,75	2,17
$N_{60}P_{60}K_{60}$ (комплексные) 20–22 см	6,36	4,60	2,73	2,19
$N_{60}P_{60}K_{60}$ (комплексные) 10–12 см та 20–22 см	5,45	4,55	3,30	2,80
$N_{60}P_{60}K_{60}$ (смесь простых форм) 20–22 см	4,34	4,03	3,70	3,14
HCP_{05}	0,92	0,58	1,22	1,06

Содержание влаги в пахотном слое почвы под подсолнечником в течении вегетации за 2 года колебалось от 18,6 % до 20,6 %, а после сбора урожая – от 13,9 % до 21,6 %. Наибольшее содержание минерального азота под подсолнечником за 2 года наблюдалось в 5 варианте, где вносили удобрения на глубину 20–22 см. Содержание подвижного фосфора и калия в ленте внесения удобрений в начале и в конце вегетации было наибольшим в этом же варианте, а средняя урожайность за 2 года составила 3,42 т/га, что на 2,42 т/га больше контроля. Таким образом, оптимальная глубина расположения ленты удобрений под подсолнечник составила также 20–22 см.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования одной ленты минеральных удобрений локально на глубине 20–22 см, что положительно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур в современных климатических условиях.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕСЕНИЯ ПРЕПАРАТА ПОЛИБАКТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЛЬНОСОЛОМЫ И ЛЬНОТРЕСТЫ

Снежинский А. А.

Институт льна, аг. Устье, Оршанский р-н, Витебская обл., Беларусь

Лен-долгунец – единственная в Республики Беларусь (РБ) прядильная культура, которая, наряду с другими полевыми культурами, предпочитает органические удобрения. Однако устойчивый дефицит последних требует постоянного поиска достойных источников органических веществ удовлетворяющих потребность сельскохозяйственного производства в элементах питания. Биологизация земледелия и повышения плодородия почвы предполагает не только внесение органических удобрений, но и заправку растительных остатков, особенно соломы, применение симбиотических ассоциативных азотфиксаторов и других микробных биопрепаратов [1].

Наряду с огромным ростом на рынке спроса и предложения на биопрепараты, не только стремительно растут требования потребителей, но и ужесточается нормативная база по их качеству, создавая определенные трудности у производителей [2].

Основные трудности для большинства представленных на рынке современных биологических препаратов заключаются в довольно узком спектре применения, высокой чувствительности к почвам и условиям окружающей среды. Немногие из них могут использоваться в разных местах по всему миру так же, как химические препараты. Отсюда и разработка, и торговля конкретным продуктом вынуждено локализуется в пределах одной страны [2].

В настоящее время с 2020 г. в число препаратов, рекомендованных для применения на льне-долгунце, входит биопрепарат Полибакт, который и стал объектом нашего внимания при возделывании сорта льна-долгунца Грант, лидирующего в республике по площадям, занимаемой этой культурой.

Полибакт – комплексный микробный препарат, предназначен для восстановления микробиоценоза почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Он стимулирует жизнедеятельность микроорганизмов основных эколого-трофических групп, ускоряет процессы минерализации растительных остатков в почве, характеризуется фитопротекторным, ростстимулирующим, деструктивным, фосфатмобилизующим и азотфиксирующим свойствами. Экологически безопасен [3].

В ходе нашей работы обработку послеуборочных растительных остатков озимой пшеницы, которая была предшествующей культурой, проводили водной суспензией препарата Полибакт, путем опрыскивания. Норма расхода препарата Полибакт составляла 3 л/га. Затем в определен-

ный промежуток времени, а именно через 3–5 часов после его внесения запахивалась плугом ПЛН–4–35 для заделки растительных остатков.

Обработка растительных остатков и их заплата проводилась в первую пятидневку сентября, т. е. оптимальный срок зяблевой вспашки, благодаря чему процессы стимуляции жизнедеятельности микроорганизмов и минерализации растительных остатков в почве проходили в благоприятный температурный период.

Согласно полученным нами результатам по величине урожайности, как льнотресты, так и льносоломы, во время наших исследований отмечается не зависимо от того, благоприятный год или нет. В 2018 г. наблюдается увеличение урожайности льнотресты на 8,4 ц/га, или на 16,3 % соответственно. В 2019 г. урожайность льнотресты увеличилось на 13,1 ц/га или 36,8 % по отношению к контролю. В 2020 г. рост урожайности льнотресты составил 9,9 ц/га или 24,6 %.

Аналогичные результаты наблюдались и по льносоломе (рис. 1, 2).



Рис. 1. Урожайность льнотресты за годы исследования с применением препарата Полибакт



Рис. 2. Урожайность льносоломы за годы исследования с применением препарата Полибакт

Список литературы

1. Тихонович, И. А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ / И. А. Тихонович, А. А. Завалин // Плодородие. – 2016. – 25 – С. 28 – 32.
2. Сафроновская, Г. М. Проблемы и перспективы обработки семян биопрепаратами / Г. М. Сафроновская // Наше сельское хозяйство. – 2019. – прил. к № 1. – С. 71 – 76.
3. Комплексный микробный препарат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mbio.bas-net.by/prod/polybact/> – Дата доступа: 18.03.2021.

УДК 632.95:633.853.494.321

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ И СРОКА СЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ

Стрелкова Е. В.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

Важнейшим компонентом в технологии производства пива с древнейших времен остается ячменный солод. Для его получения используют около 13 % от общего объема ячменя, произведенного в мире [1, 3]. В настоящее время, в связи с повышением потребности отечественной пивоваренной промышленности в ячмене, наиболее остро встает вопрос об улучшении качества зерна этой культуры, так как использование низкокачественного сырья ведет к производству низкосортной продукции и сопровождается большим перерасходом зерна. Основной проблемой при возделывании этой культуры является его относительно невысокая урожайность, что связано с ограничением применения азота в дозе не выше 60 кг/га д. в. для получения сырья с содержанием белка в зерне не более 11,5–12,0 %. Уровень содержания белка в зерне является главным фактором контролирующим выход пивоваренной продукции и её качество [2, 3]. Биохимический состав зерна ячменя формируется под влиянием комплекса факторов внешней среды, уровня плодородия почвы, условий увлажнения и температурного режима в период вегетации растений. Наряду с этим в одинаковых почвенно-климатических условиях целенаправленным использованием агротехнических приемов можно существенно изменять физические показатели зерна и его химический состав. Поэтому актуальной проблемой является оптимизация основных элементов технологии возделывания пивоваренного ячменя для конкретных условий произрастания, с учетом сортовых особенностей с целью формирования максимального урожая зерна высокого качества.

Исследования по совершенствованию основных элементов технологии возделывания пивоваренного ячменя проводили в 2019–2020 гг. в Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,8–2,3 %, P_2O_5 – 182–260 мг/кг, K_2O – 162–300 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,8–6,4. Для посева использовали семена районированных сортов. Технология возделывания пивоваренного ячменя в опытах проводилась в соответствии с отраслевыми регламентами [5], за исключением изучаемых факторов. Определение содержания белка в зерне и солоде ячменя осуществляли косвенным методом на инфракрасном спектрофотометре.

Уровень урожайности ячменя на 65–70 % зависит от действия приемов, осуществляемых до и во время сева, и только на 30–35 % от элементов технологии, проводимых после сева. Последние, как правило, не столько повышают урожай, сколько сохраняют заложенный в него уровень [4].

Для получения высокого урожая зерна пивоваренного ячменя хорошего качества необходимо размещать пивоваренный ячмень в севообороте по предшественникам, которые создают предпосылки для формирования максимального урожая зерна с хорошими технологическими свойствами. Лучшими предшественниками для него являются пропашные культуры. Однако в последнее время в Беларуси значительно возросли посевные площади озимого и ярового рапса, которые составляют около 400–450 тыс. га. Результаты исследований свидетельствуют о том, что крестоцветный предшественник может представлять несомненный интерес для возделывания пивоваренного ячменя. Так, в условиях недостаточного увлажнения урожайность пивоваренного ячменя сорта Бровар при возделывании после озимого рапса составила 23,9 ц/га и находилась практически на таком же уровне, как и после люпина узколистного (24,3 ц/га), который относится к наиболее благоприятным предшественникам для зерновых культур.

Исследования, проведенные в почвенно-климатических условиях Минской области республики, свидетельствуют о том, что оптимальный уровень азотного питания пивоваренного ячменя определяется не только плодородием почвы, но и погодными условиями, складывающимися в течение вегетационного периода, а также сортовыми особенностями культуры. Так, при возделывании пивоваренного ячменя сорта Талер на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 1,8–2,1 % при преобладании неблагоприятных погодных условий во время вегетации растений урожай зерна при внесении N_{45} и N_{90} составил, в среднем за период исследований, соответственно 33,0 и 35,0 ц/га. При этом необходимо отметить, что в течение двух лет более высокая доза азота обеспечивала достоверную прибавку урожая зерна, а содержание белка в нем варьировало в пределах 11,3–11,7 %. У сорта Атаман урожай зерна при дозе азота N_{45} составил в среднем 31,8 ц/га, а при дозе N_{90} – 32,4 ц/га. Содержание белка в зерне этого сорта, как правило, превышало допустимый уровень независимо от дозы азота (табл. 1).

Таблица 1

Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя (дерново-подзолистая легкосуглинистая почва)

Вариант	Урожайность (среднее за 2 года), ц/га	Содержание белка, %	
		2019г.	2020г.
Сорт Талер			
N ₄₅ P ₈₀ K ₉₀	33.0	10.7	11.4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	35.0	11.3	11.5
Сорт Атаман			
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	31.8	13.6	12.7
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	32.4	14.3	14.4
НСР _{05 азот}	1.2		
НСР _{05 сорт}	0.9		

На дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием гумуса 2,0–2,2 % при относительно благоприятных погодных условиях во время вегетации растений урожай зерна сортов пивоваренного ячменя Талер, Бровар, Сильфид и Ксанаду при внесении азота в дозе N₆₀ составил в среднем за период исследований 52,1; 55,6; 53,9 и 50,0 ц/га, а N₉₀ – 55,6; 58,6; 55,4 и 51,6 ц/га соответственно, т. е. увеличился на 6,8; 5,4; 2,8 и 3,2 %. В сложившихся погодных условиях прибавка урожая зерна была практически всегда не достоверна. При этом необходимо отметить, что содержание белка в зерне изучаемых сортов даже при использовании азота, как правило, отвечало требованиям, предъявляемым к пивоваренному ячменю (табл. 2).

Таблица 2

Влияние азотных удобрений на урожайность пивоваренного ячменя (дерново-подзолистая супесчаная почва)

Вариант	Урожайность (среднее за 2 года), ц/га	Содержание белка, %	
		2019г.	2020г.
Сорт Талер			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	52.1	8.7	11.5
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	55.6	8.6	11.4
Сорт Бровар			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	55.9	10.3	11.8
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	58.6	9.7	12.1
Сорт Сильфид			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	53.9	10.4	11.3
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	55.4	9.6	11.9
Сорт Ксанаду			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	50.0	9.0	11.4
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	51.6	9.4	10.9
НСР ₀₅ азот	6.3		
НСР ₀₅ сорт	7.3		

Высокий урожай зерна с хорошими пивоваренными качествами обеспечивает сев ячменя в оптимальные сроки, т. е. при наступлении физической спелости почвы. Нарушение этих сроков приводит, как правило

к его снижению и ухудшению качества зерна [5, 6]. Установлено, что в условиях центральной зоны Беларуси при севе пивоваренного ячменя через 10–30 дней после оптимального срока снижение урожайности в среднем за период исследований у сорта Бровар составило 13,0–39,2 %, а у сорта Сильфид 12,0–44,4 %. Содержание белка в зерне изучаемых сортов пивоваренного ячменя при севе через 10–30 дней после оптимального срока повысилось (в относительном выражении) у сорта Бровар: среднем на 3,8–28,3 %, а у сорта Сильфид 0,9–26,8 %. При этом необходимо отметить, что лишь при первом и втором сроках сева содержание белка в зерне изучаемых сортов не превышало базисный уровень 11,5 %.

Важнейшим фактором, определяющим уровень урожайности изучаемых сортов являются погодные условия во время вегетации растений. Доля влияния азотных удобрений в формировании урожая зерна пивоваренного ячменя в наиболее благоприятных условиях вегетации составила 21,4 и сорта 37,0 %. В менее благоприятных условиях эти показатели были 50,8 и сорта 26,4 %. В экстремальных засушливых погодных условиях 43,8 и сорта 32,2 %. Это свидетельствует о том, что значение азотных удобрений при возделывании пивоваренного ячменя возрастало по мере ухудшения погодных условий в период вегетации растений в то время как значимость сорта увеличивалась по мере улучшения метеорологических факторов. Подобная закономерность отмечалась и по значимости сроков сева в формировании урожая зерна пивоваренного ячменя. Так, в благоприятных погодных условиях, доля влияния сроков сева на урожайность этой культуры составляла 63,9 %, а сорта 23,6 %. В это же время в экстремальных погодных условиях с ярко выраженным дефицитом влаги и повышенными среднесуточными температурами воздуха эти показатели были соответственно 98,8 и 0,2 %. Элементы технологии возделывания пивоваренного ячменя влияют не только на формирование урожайности, но и на показатели качества зерна. Так, доля влияния погодных условий в период вегетации на содержание белка в зерне составила 67,5 %, азотных удобрений – 6,2 % и сорта 5,6 %. Доля влияния сроков сева на содержание белка в зерне составила 63,9 %.

Оптимальный уровень азотного питания пивоваренного ячменя определяется плодородием почвы, погодными условиями и сортовыми особенностями этой культуры. Для отечественных сортов (Талер, Бровар) при возделывании на почвах с невысоким содержанием гумуса целесообразно использовать азот в дозе N_{90} .

Долевое участие погодных условий в период вегетации растений в формировании урожая зерна пивоваренного ячменя в зависимости от особенностей технологии возделывания изменялось в пределах 67,2–91,2 %, а сроков сева в зависимости от складывающихся метеорологических факторов 63,9–98,8 %.

Доля влияния азотных удобрений на урожайность этой культуры в зависимости от погодных условий и особенностей технологии возделывания составляла 32,4–58,6 %, сорта 35,0–58,6 %.

По влиянию на содержание белка в зерне пивоваренного ячменя долевое участие изучаемых факторов располагается в убывающей последовательности погодные условия 67,5 %, сроки сева 63,9 %, азотные удобрения 6,2 %, сорт 5,6 %.

Список литературы

1. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата ризобактерин на урожайность и качество пивоваренного ячменя / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, И. В. Глатанкова // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 161–170.
2. Емельяненко, Б. М. Влияние условий выращивания на продуктивность и технологические свойства пивоваренных сортов ячменя интенсивного типа в условиях лесостепной зоны Центрально-Черноземного района РСФСР: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Б. М. Емельяненко; Курская гос. с.-х. опытная станция. – Курск, 1990. – 19 с.
3. Кадыров, А. М. Возделывание пивоваренного ячменя в Беларуси / А. М. Кадыров. – Минск: УП «Орех», 2005. – 56 с.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; под ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск, 2012. – 288 с.
5. Сенченко, В. Г. Возделывание пивоваренного ячменя в Республике Беларусь: аналит. обзор / В. Г. Сенченко; 2-ое изд., доп. – Минск: Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2004. – 44 с.
6. Ячмень пивоваренный. Технические условия: ТУВУ 1902395017732010. Введ. 01.07.10. – Минск: Технические условия: Государственный комитет по стандартизации РБ, 2010. – 9 с.

УДК 631.8

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД И ИЗВЕСТИ НА СОСТОЯНИЕ РЬ И Cd В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Сунгатуллина А. Н.

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Основными путями утилизации ОСВ являются сжигание, захоронение в санитарно-эпидемиологических целях или внесение в почву как удобрение, что влечет за собой улучшение структуры и буферной способности почвы [1]. Внесение ОСВ под сельскохозяйственные культуры является альтернативным способом утилизации [2, 3]. Применение очищенного осадка сточных вод в качестве средства улучшения свойств почвы может восполнить большую часть потребности в азоте и фосфоре для многих сельскохозяйственных культур. Кроме того, использование осадка в сельском хозяйстве, по сравнению с сжиганием или захоронением, требует меньших экономических затрат [4]. Однако осадок сточных вод

может содержать большое количество токсичных тяжелых металлов, таких как Pb, Cd, Ni, Cr и Hg из-за смешивания промышленных сточных вод с бытовыми сточными водами [2, 3]. Самыми токсичными среди них, оказывающими отрицательное воздействие на физиологические и биохимические процессы в растениях, являются Cd и Pb [5]. Целью исследования являлось изучение последствий длительного систематического применения возрастающих доз ОСВ и мелиорирующего действия извести на эколого-агрохимическую обстановку в агроценозе.

Исследования проводились в полевом мелкоделяночном опыте заложенном в 1984 г. на опытном поле Всероссийского НИИ органических удобрений и торфа – филиала ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», занесённом в Реестр Географической сети опытов с удобрениями в 2017 и 2018 гг. Размер деланки 1,5 x 2 м.

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилая моренным суглинком. Схема опыта включала контроль и варианты с последствием ОСВ. Аэробностабильный осадок с очистных сооружений г. Владимир вносили один раз за ротацию четырехпольного севооборота в дозах 15 и 120 т/га на фоне известкования доломитовой мукой в дозах 3 и 9 т/га. С 1984 по 1995 гг., 2000, 2007, 2010, 2015 г. осенью с периодическим известкованием доломитовой мукой в дозах 3, 9 т/га в 1984, 1990, 2006 гг. С 2001 по 2006 гг. ОСВ в почву не вносили – проводили исследования по фитореимедации вариантов опыта. Применяемый ОСВ соответствовал требованиям при использовании его в качестве удобрения [6]. Валовое содержание Pb в используемом ОСВ колебалось в пределах от 220 до 227 мг/кг при допустимом максимуме 500 мг/кг, а подвижных форм соответствовало диапазону 1,5–2,4 мг/кг. Содержание Cd в ОСВ находилось в пределах от 80 до 145 мг/кг валовых форм при допустимой концентрации 30 мг/кг и 7,1–43,3 мг/кг подвижных форм. В период исследования чередование культур в севообороте было следующим: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сорт Памяти Федина, яровой тритикале (*Triticosecale* Wittm. & A. Camus), сорт Россияка, овес (*Avena sativa* L.), сорт Друг, люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.). В 2017 г. в опыте выращивали яровой тритикале, сорт Россияка, в 2018 г. – овёс, сорт Друг.

Отбор смешанных почвенных образцов производился осенью, после уборки урожая из пахотного слоя (0–20 см) тростевым буром в двух повторностях. Почвенные образцы были проанализированы по следующим агрохимическим показателям: pH солевой вытяжки, подвижные формы фосфора и калия определяли в вытяжке Кирсанова: фосфор – колориметрически по Дениже, калий – методом пламенной фотометрии; содержание органического углерода – колориметрически по методу Тюрина в модификации Никитина. Определение содержания Pb и Cd в почве проводили в вытяжках 1М HCl (кислоторастворимые формы Pb и Cd), в вытяжке 1М ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) с pH 4,8 (обменные соединения) и 1%-м раствор ЭДТА в ААБ выделяет не только обменные, но комплексные соединения тяжелых металлов, на атомно-абсорбционном

спектрофотометре Hitachi-1981. Содержание форм Pb и Cd, прочносвязанных с органо-минеральными почвенными компонентами определяли по разности показателей в вытяжках 1%-ого раствора ЭДТА в ААБ и ААБ [7]. Полученные результаты анализов почвы были статистически обработаны с помощью пакета программы «Excel».

Метеорологические условия в годы проведения исследований были близки к средним многолетним. При в 2017 г. количество осадков во II и III декады мая и I декаду июня находилось в пределах нормы, температура воздуха держалась на оптимальном уровне для фазы всходов и кущения.

В 2018 г. в I и II декаду июля при среднесуточной температуре в пределах климатической нормы выпала двукратная норма осадков. С третьей декады июля в 2017 и 2018 гг. установилась жаркая и сухая погода [8].

Влияние ОСВ на агрохимические показатели почвы исследовали по прошествии трех лет. На вариантах с применением ОСВ и извести на третий год последствий ОСВ внесенного в 2015 г. отмечено достоверное снижение обменной и гидролитической кислотности почвы по сравнению с контролем. При этом последствие возрастающих с 3 до 9 т/га доз извести сохранялось и на 3 год после внесения и сопровождалось достоверным снижением данных показателей. Величина $H_{гидр.}$, на фоне последствий внесения 9 т/га извести снизилась в среднем на 52% по сравнению с контролем. Положительные изменения одновременно происходили в ППК – сумма поглощенных оснований и емкость катионного обмена возрастали пропорционально дозам ОСВ. При этом на фоне с последствием большей дозы извести наблюдалось повышение величины $S(Ca+Mg)$, в среднем на 15%.

Последствие длительного применения ОСВ способствовало достоверному увеличению содержания P_2O_5 по сравнению с контролем в среднем в 2 раза (15 т/га) и 5,1 раза (120 т/га), K_2O в среднем в 1,15 и в 1,5 раза соответственно. На всех вариантах с последствием ОСВ наблюдалось достоверное увеличение содержания органического вещества в почве по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы 2018 г. (0–20 см)

Вариант	рН КCl	H _Г	S (Ca+Mg)	ЕКО	P ₂ O ₅ подв.	K ₂ O подв.	C _{орг.} , %
		ммоль/100г			мг/кг		
Контроль	6,2	0,87	7,64	8,51	408	30	1,47
15 т/га ОСВ + 3 т/га извести	6,47	0,6	7,94	8,54	816	34	1,6
120 т/га ОСВ + 3 т/га извести	6,62	0,55	8,75	9,3	2080	46	2,33
15 т/га ОСВ + 9 т/га извести	6,72	0,47	8,55	9,02	882	35	1,65
120 т/га ОСВ + 9 т/га извести	6,78	0,44	8,98	9,42	2135	43	2,82
НСР _{0,05}	0,12	0,03	0,11		8,13	1,4	0,11

Как уже было сказано, главным лимитирующим фактором применения ОСВ в сельском хозяйстве являются высокие концентрации ТМ. Содержание кислоторастворимых форм Cd в почве на варианте с минимальной дозой осадка в 2017 г. превышало ОДК в среднем в 9,3 раза, на вариантах 120 т/га ОСВ в 20,6 раза (табл. 2). Содержание Cd в 2018 г. в пахотном слое почвы существенно не изменилось. Максимальное значение для 2 и 3 года последствия наблюдалось на варианте 120 т/га ОСВ + 3 т/га извести. Содержание обменно-поглощенного Cd в 2017 г. было ниже по сравнению с 2018 годом на 24–45 %. Максимальные значения наблюдались на вариантах внесения ОСВ в дозе 120 т/га. Последствие высокой дозы извести не способствовало снижению концентрации обменной формы Cd на второй и третий годы последствия ОСВ. Как известно, Cd наиболее подвижен в кислых почвах в интервале pH 4,5–5,5, тогда как в щелочных он относительно неподвижен. При росте pH до щелочных значений, по-видимому, появляется одновалентный гидроксокомплекс CdOH⁺, который не может легко занимать позиции в ионообменном комплексе [9].

Таблица 2

Содержание различных фракций Cd и Pb в почве, мг/кг

Вариант	2017 г.			2018 г.		
	1М HCl	ААБ+ ЭДТА -ААБ	ААБ pH _{4,8}	1М HCl	ААБ+ ЭДТА -ААБ	ААБ pH _{4,8}
КАДМИЙ						
Контроль	2,8	0,85	1,55	2,55	0,45	1,66
15 т/га ОСВ + 3 т/га извести	4,38	1,26	3,14	5,00	1,80	4,50
120 т/га ОСВ + 3 т/га извести	10,83	4,49	5,37	10,90	6,10	6,68
15 т/га ОСВ + 9 т/га извести	4,95	1,56	2,38	3,25	0,60	2,40
120 т/га ОСВ + 9 т/га извести	9,73	3,69	5,12	10,55	2,17	7,43
НСР _{0,95}	0,28		0,63	1,34		0,67
ОДК*	0,5			0,5		
СВИНЕЦ						
Контроль	8,25	3,58	2,15	8,25	3,25	2,00
15 т/га ОСВ + 3 т/га извести	10,68	4,25	2,3	8,50	2,93	2,40
120 т/га ОСВ + 3 т/га извести	18,88	11,33	2,93	21,85	8,63	2,80
15 т/га ОСВ + 9 т/га извести	8,63	6,03	2,1	13,75	5,78	2,20
120 т/га ОСВ + 9 т/га извести	18,6	10,38	2,88	20,05	9,48	2,90
НСР _{0,95}	0,49		0,27	1,48		0,62
ОДК*	32,0			32,0		
ПДК*			6,00			6,00

*ОДК/ПДК – (СанПиН 2.1.3685—21)

По данным [10], энергия связи при адсорбции Cd больше у органического вещества. Содержание органосвязанных форм Cd в 2017 г. было выше на вариантах опыта по сравнению с контролем, в 2018 г. тенденция сохранилась. Ввиду специфики органического вещества ОСВ, его быстрой минерализации, в 2018 г. наблюдалось сниженное содержание рассматриваемых форм Cd по сравнению с 2017 г. на вариантах с максимальной дозой извести 9 т/га, что очевидно связано с переходом их из органосвязанной формы в обменную, более доступную для растений форму. В 2018 г. наблюдалось повышение концентрации органосвязанной формы Cd на вариантах с внесением извести 3 т/га на 35–42 % по сравнению с 2017 г. На вариантах 9 т/га извести в 2018 г. наблюдалась обратная тенденция, показатели были ниже на 61–70 % по сравнению с предыдущим 2017 г. исследования. В данном случае известкование 9 т/га имеет более пролонгированный эффект по сравнению с меньшей дозой известкования.

Содержание подвижных форм Pb в почве во второй и третий год последействия ОСВ не превышало ОДК. Максимальные значения наблюдались на фоне внесения ОСВ 120 т/га. Известкование 9 т/га способствовало достоверному снижению концентрации по сравнению с дозой извести 3 т/га в 2018 г. на 9 %. Содержание кислоторастворимых форм Pb в 2018 г. выше, чем в 2017 г, это можно объяснить разложением органического вещества и переходом Pb из труднодоступных соединений в подвижную форму. По некоторым данным [11], Pb ассоциируется главным образом с глинистыми минералами, оксидами Mn, гидроксидами Fe, Al и органическим веществом. Концентрация обменной формы Pb так же не превышала ПДК для двух лет исследования. В третий год последействия ОСВ наблюдалось достоверное повышение показателя в среднем на 4,2 %. На варианте с 120 т/га ОСВ + 3 т/га извести наблюдалась обратная закономерность, полученный результат в 2018 г. был ниже чем в 2017 г. на 4,4 %. В 2018 г. концентрация органосвязанной формы Pb была снижена в среднем на 6 % на фоне известкования 9 т/га и на 27 % на фоне 3 т/га извести.

Нами установлены значимые корреляционные зависимости между подвижными и обменными формами Cd и Pb с содержанием органического углерода ($R = 0,88–0,98$ для Pb; $R = 0,91–0,98$ для Cd). Так же в оба года исследования высокая корреляционная зависимость была отмечена между концентрацией обменных и подвижных форм Pb и Cd с содержанием подвижного фосфора ($R = 0,96–1,0$ для Pb; $R = 0,94–0,98$ для Cd). Благоприятный режим фосфора в почвах снижает токсическое действие тяжелых металлов, прежде всего тех, которые обладают способностью образовывать нерастворимые фосфаты (как в почвах, так и в растениях) [12].

Урожайность культур была достоверно выше на вариантах опыта с внесением 120 т/га ОСВ по сравнению с контролем. Максимальная прибавка урожая составила 94 % на второй год исследования на варианте с максимальной дозой ОСВ и извести, так же наблюдалось достоверное увеличение содержания азота в зерне. Максимальная прибавка урожая овса составила 70 % к контролю, известкование на величину урожайности не повлияло [13].

Последствие длительного применения ОСВ и известкования почвы способствовало улучшению агрохимических свойств почвы, но сопровождалось увеличением концентрации Pb и Cd по сравнению с контролем. Последствие известкования не способствовало снижению концентрации Cd в почве до нормативного уровня. Концентрация Pb в почве находилась на безопасном для растений уровне. Выявлено увеличение концентрации обменных форм Cd и уменьшение форм Cd, связанных с органическим веществом на фоне 3 т/га извести на третий год последействия внесения ОСВ. Концентрация обменных форм Pb за оба года исследования осталась на одном уровне, тогда как концентрация органо-связанной формы была уменьшена. Отмечена высокая коррелятивная связь между содержанием фосфора и содержанием обменных и подвижных форм Pb ($R = 1,00$).

Список литературы

1. Babatunde A. O., Zhao Y. Q. Constructive approaches toward water treatment works sludge management: an international review of beneficial reuses // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. – 2007. – Т. 37. – №. 2. – С. 129–164.
2. Singh R. P., Agrawal M. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2010. – Т. 73. – №. 4. – С. 632–641.
3. Roy T. et al. Effect of sewage sludge and inorganic fertilizers on productivity and micronutrients accumulation by Palak (*Beta vulgaris*) and their availability in a Typic Haplustept // *Journal of the Indian Society of Soil Science*. – 2013. – Т. 61. – №. 3. – С. 207–218.
4. Lamastra L., Suci N. A., Trevisan M. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potential use as fertilizer // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. – 2018. – Т. 5. – №. 1. – С. 1–6.
5. Мазей, Н. Г. Влияние ионов Cd^{+2} и Pb^{+2} на рост и развитие растений пшеницы/ Н. Г. Мазей // *Известия Пензенского государственного педагогического университета. Серия: Естественные науки*. – 2008. – № 10 (14). – С. 33–38.
6. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
7. Минкина, Т. М. Состав соединений тяжелых металлов в почвах / Т. М. Минкина, О. Г. Назаренко, Г. В. Мотузова. – Ростов-на-Дону: Южный федер. ун-т, 2009. – 208 с.
8. Гидрометцентр России: [сайт]. URL: [http:// old.meteoinfo.ru/](http://old.meteoinfo.ru/)
9. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – С. 105.
10. Jasiewicz C. Effect of copper and fertilization with various forms of nitrogen on some physiological indices in maize // *Acta Agraria et Silvestria. Series Agraria (Poland)*. – 1981.
11. Ruszkowska M. et al. Yields of winter wheat and the nutrient balance under differentiated water conditions of the soil in lysimetric experiment. – 1979.
12. Янин, Е. П. Ремедиация территорий, загрязненных химическими элементами: общие подходы, правовые аспекты, основные способы (зарубежный опыт) / Е. П. Янин // *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов*. – 2014. – №. 3. – С. 62.
13. Сунгатуллина, А. Н., Последствие длительного применения осадка городских сточных вод в сочетании с известкованием дерново-подзолистой супесчаной почвы на состояние меди в системе почва-растение // А. Н. Сунгатуллина, В. С. Егоров, В. А. Касатиков // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2020. – №. 3. – С. 28–32.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Тарасов С. И., Кравченко М. Е., Бужина Т. А.

*Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа –
филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Владимир, Россия*

На протяжении всего периода эксплуатации крупные животноводческие комплексы вынуждены ежегодно применять удобрения на основе бесподстилочного навоза в интенсивном режиме, на одних и тех же полях, что обусловлено причинами экономического, технологического характера, ограниченностью имеющихся в хозяйствах земель. Исследования по изучению агроэкологических последствий длительного применения различных доз бесподстилочного навоза малочисленны. В литературе имеются сведения, основанные на результатах краткосрочных полевых опытов по определению влияния бесподстилочного навоза на изменение свойств почвы. Однако, согласно требованиям ГОСТ 17.4.3.06–86, данные исследования не являются репрезентативными. В рамках «Программы длительных опытов географической сети по комплексному применению удобрений и других средств химизации» на опытном поле ВНИИОУ (Владимирская область, Судогодский район, п. Вяткино) в долгосрочном опыте начиная с 1983 г., изучаются агроэкологические последствия систематического длительного применения различных доз бесподстилочного навоза в интенсивном режиме на одном и том же поле с бессменным травостоем.

Почва участка дерново-подзолистая, супесчаная на мощной суглинистой морене. Схема полевого опыта включает следующие варианты: 1. Без удобрений (контроль); 2. Бесподстилочный навоз (БН), в дозе N_{300} ; 3. БН, N_{400} ; 4. БН, N_{500} ; 5. БН, N_{700} ; 6. Минеральные удобрения $N_{300}PK$ (эквивалентно варианту 2). Площадь опытной делянки 70 м^2 , учетной – 54 м^2 . повторность четырехкратная. Опытная культура – коострец безостый (*Bromopsis inermis* Leyss) сорта Моршанский 760. Агротехника общепринятая для зоны Владимирской области. Используемый на удобрение бесподстилочный навоз КРС характеризовался низким содержанием сухого вещества, азота, фосфора, калия, высокой степенью биологического загрязнения. При внесении удобрений перед отрастанием трав единовременная доза бесподстилочного навоза не превышала N_{300} . При большей норме бесподстилочный навоз применяли дробно под три укоса: N_{400} ($300+100+0$); N_{500} ($300+100+100$); N_{700} ($300+200+200$). Общепринятыми методами проводились агрофизические, агрохимические, токсикологические исследования, определялась численность микроорганизмов Биологиче-

скую активность почвы изучали методом аппликации, весовым способом, по интенсивности дыхания, ферментативной активности, оценку почвоутомления – по степени подавления всхожести семян тестовых культур, суммарную фитотоксичность – по степени подавления роста корней проростков редиса.

В соответствии с результатами 38-летних исследований (1983–2020 гг.) регулярное применение удобрений обусловило заметное изменение содержания органического вещества в почве. Ежегодное увеличение содержания гумуса в дерново-подзолистой, супесчаной почве при дозах N300, N700 составило, соответственно 0,06 и 0,08 %, что свидетельствует о повышении потенциального плодородия почв. За период исследований в вариантах опыта с внесением бесподстилочного навоза в дозах N₃₀₀, N₇₀₀ в почву поступало органического вещества в составе пожнивнокорневых остатков и навоза соответственно 535 и 954 т/га. Коэффициенты минерализации поступившего органического вещества в почве данных вариантов опыта составили, соответственно 88 и 91 %. При использовании бесподстилочного навоза содержание гумуса повышалось как в пахотном, так и в нижележащих горизонтах почвы. Максимальной дозе бесподстилочного навоза (N₇₀₀) соответствовало наибольшее увеличение содержания органического вещества в нижележащих горизонтах, что, вероятно, обусловлено миграцией подвижных органических веществ из верхнего перегнойно-аккумулятивного горизонта, ростом биомассы корневой системы трав. Длительное, ежегодное применение бесподстилочного навоза повысило качество органического вещества почвы: увеличило в ней содержание гуминовых и фульвокислот. В результате заметного увеличения содержания углерода гуминовых кислот в вариантах с применением бесподстилочного навоза тип гумуса трансформировался из фульватного в гуматно-фульватный. Регулярное применение бесподстилочного навоза повысило качество гуминовых кислот: увеличило содержание наиболее ценных гуминовых кислот, связанных с кальцием и полуторными окислами (фракции ГК-2, ГК-3). Систематическое применение бесподстилочного навоза увеличило содержание в почве водорастворимых и лабильных гумусовых соединений, тем самым повысило ее эффективное плодородие.

Увеличение содержания в почве органического вещества, сопровождалось положительными изменениями ее структуры, физических, гидрофизических свойств. Дерново-подзолистая супесчаная почва контрольного варианта опыта характеризовалась неблагоприятными воднофизическими свойствами: высокой плотностью, незначительными величинами порозности, влажности завядания, диапазона активной влаги, особенно в нижних ее горизонтах. Данные характеристики свидетельствуют о низкой способности почвы аккумулировать влагу, долго ее удерживать. Длительное применение бесподстилочного навоза способствовало формированию более мелкокомковатой, зернистой структуры почвы в результате увеличения в ней доли агрегатов 10–0,25 мм. Почва

вариантов с более высоким содержанием гумуса характеризовалась меньшей объемной массой, более высокими показателями порозности, влажности завядания, диапазона активной влаги. На фоне высоких доз (N_{700}) бесподстилочного навоза отмечался рост влагоемкости почвы, содержания в ней доступной для растений влаги как в пахотном, так и в нижележащих горизонтах. Длительное применение бесподстилочного навоза оказало заметное влияние на изменение агрохимических свойств почвы: отмечалось заметное увеличение содержания в ней нитратного, аммонийного азота, подвижного фосфора, калия, обменных магния, кальция. С увеличением дозы бесподстилочного навоза содержание данных элементов в почве повышалось. Наблюдаемое при использовании бесподстилочного навоза увеличение содержания в почве подвижных фосфатов, аммонийного азота, обменных кальция и магния, вероятно, явилось причиной снижения ее гидролитической и обменной кислотности, повышения суммы поглощенных оснований. Увеличение содержания биогенных элементов отмечалось, как в пахотном, так и в нижележащих горизонтах почвы. За 38 лет исследований при внесении бесподстилочного навоза в дозе N_{300} коэффициенты накопления (K_n – отношение реального содержания элемента в почве C_i к фоновому C_f) нитратов, фосфатов, калия в пахотном слое почвы составили, соответственно, $K_n_{NO_3} = 6$, $K_n_{P_2O_5} = 143$, $K_n_{K_2O} = 23$; в дозе N_{700} – $K_n_{NO_3} = 46$, $K_n_{P_2O_5} = 230$; $K_n_{K_2O} = 27$. В сравнении с дозой N_{300} применение бесподстилочного навоза в дозе N_{700} обусловило увеличение коэффициента опасности (K_o – отношение C_i к $C_{ПДК}$): по нитратам с 0,12 до 0,72. К сожалению в настоящее время в РФ не установлены гигиенические нормативы безопасности содержания фосфатов, калия в почве. Указанные в ГН 2.1.7.2041 ПДК фосфатов (200 мг/кг) и ПДК калия (360 мг/кг) разработаны для ограничения применения суперфосфата и хлорида калия и не распространяются на другие виды удобрений. Отсутствие гигиенических нормативов не позволяет оценить безопасность почвы с содержанием фосфатов в количестве 887–1429 мг/кг, калия – более 400 мг/кг. Как свидетельствуют результаты мониторинговых исследований, проведенных специалистами ВНИИОУ в хозяйствах Владимирской и Ивановской областей, высокое накопление биогенных элементов в пахотном горизонте почвы является причиной их миграции по профилю почвы, увеличения рисков загрязнения грунтовых вод нитратами, нитритами, фосфатами. В отличие от применения бесподстилочного навоза регулярное длительное внесение минеральных удобрений повысило гидролитическую кислотность почвы, содержание в ней подвижного алюминия, фосфора, калия, снижение содержания обменных кальция, магния, степени насыщенности поглощенного комплекса, обменной кислотности. Регулярное применение бесподстилочного навоза не оказало заметного увеличения содержания тяжелых металлов в почве, что, вероятно, было связано с их низким содержанием в самом бесподстилочном навозе. Достоверным было лишь незначительное увеличение содержания подвижной меди и по-

движного цинка в почве варианта с использованием бесподстилочного навоза в дозе N_{700} , уровень которых был в 16–20 раз ниже значений ПДК. Косвенными доказательствами низкой токсичности почвы, обусловленной наличием тяжелых металлов, при регулярном применении бесподстилочного навоза в дозе N_{700} , являются значения величины $Ca + Mg/Cu$; $Ca + Mg/Ni$, соответствующие 32,3 (против 10 по ПДК) и 109 (против 5 по ПДК). При значениях $Ca + Mg/Cu$ менее 10 и $Ca + Mg/Ni$ менее 5 почва практически не самовосстанавливается и характеризуется крайне высокой токсичностью.

Исследования санитарного состояния почвы показали, что почва контрольного варианта, в основном, является слабо загрязненной по значению коли-титра и чистой по остальным показателям: титр-энтерококков, титр-термофилов, наличию яиц и личинок гельминтов. Применение минеральных удобрений не оказало влияния на санитарное состояние почвы. Вместе с тем, использование бесподстилочного навоза, не отвечающего требованиям нормативов, заметно снижало в почве значения коли-титра, титра-энтерококков и титра-термофилов. С увеличением дозы внесения бесподстилочного навоза биологическое загрязнение почвы усиливалось и распространялось не только в горизонте 0–10, но и в нижележащем: 10–20 см, почва из категории «почва безопасная, относительно безопасная» трансформировалась в почву «опасную, загрязненную». Использование минеральных и органических удобрений значительно увеличило в почве численность сапрофитной микрофлоры. В сравнении с внесением бесподстилочного навоза (N_{300}) применение минеральных удобрений ($N_{300}PK$) в 2 раза и более повышало в почве количество нитрифицирующих, денитрифицирующих, целлюлозоразрушающих микроорганизмов, грибов. Высокая обсемененность почвы нитрифицирующими и денитрифицирующими микроорганизмами при использовании минеральных удобрений, вероятно, обусловлена наличием в нем легкодоступного аммонийного азота аммиачной селитры. Увеличение численности грибов, актиномицетов, целлюлозоразрушающих микроорганизмов свидетельствует о более интенсивной минерализации органического вещества в почве под влиянием минеральных удобрений. Известно, что на начальном этапе минерализации органического вещества почвы принимают участие преимущественно грибы и целлюлозоразрушающие микроорганизмы, на окончательном – актиномицеты. Ежегодное применение бесподстилочного навоза в дозе N_{700} по своему действию на численность почвенной микрофлоры оказало влияние, аналогичное воздействию минеральных удобрений, сопровождалось заметным размножением грибов, актиномицетов, нитрифицирующих и денитрифицирующих микроорганизмов. Данные изменения почвенного микробиоценоза отмечались как в пахотном, так и в нижележащих горизонтах. В соответствии с литературными данными наблюдаемые изменения почвенного микробиоценоза при использовании высоких доз бесподстилочного навоза, скорее всего, следует рассматривать как негативные. Высокая обсемененность почвы де-

нитрифицирующими микроорганизмами снижает удобрительный потенциал бесподстилочного навоза. Увеличение численности нитрифицирующих бактерий, согласно результатам исследований, приводит к накоплению нитратов в почве, в продукции растениеводства, повышает риск загрязнения грунтовых вод. По литературным данным, высокая численность грибов и актиномицетов обуславливает увеличение содержания в почве фитотоксичных веществ, подавляющих рост и развитие растений.

В исследованиях установлена прямая зависимость актуальной (полевой, естественной) и потенциальной (искусственной) биологической активности почвы. Наименьшая биологическая активность почвенных микроорганизмов отмечалась в неудобренной почве. С увеличением дозы удобрений степень разложения полотна, желатина фотопленки, интенсивность дыхания почвы возрастала, достигая максимума при N_{700} . Наибольшим дозам бесподстилочного навоза соответствовала максимальная активность ферментов, что имеет чрезвычайно важное значение для ускорения обменных процессов в системе: почва – растения –микробиота. При использовании бесподстилочного навоза в почве повышалась активность ферментов – катализаторов процессов как разрушения, так и синтеза нового органического вещества. В исследованиях выявлена крайне низкая активность почвенных ферментов в варианте с минеральными удобрениями, что может быть обусловлено неблагоприятным изменением кислотности почвенного раствора под их влиянием.

Как свидетельствуют результаты микробиологических и биохимических исследований, бесподстилочный навоз, вероятно, нейтрализует факторы, обуславливающие почвоутомление. Внесение жидкого навоза, навозных стоков резко повышало в почве содержание наиболее доступного для микроорганизмов легкогидролизуемого азота, подвижного органического вещества, содержание азота в почвенных микроорганизмах. В почве при внесении органических удобрений снижалось соотношение C:N и повышалась суммарная активная биомасса почвенных микроорганизмов.

В соответствии с результатами исследований многолетнее, 38-летнее, ежегодное применение бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав (костреца безостого) обусловило повышение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы, улучшение ее структурного состояния, агрофизических, агрохимических, биологических свойств, рост ее биогенности. Вместе с тем регулярное применение бесподстилочного навоза в дозах, более N_{300} , сопровождалось увеличением экологических рисков: приводило к накоплению в почве нитратов до уровня, превышающего значения ПДК, фосфатов, калия, миграция которых в нижележащие горизонты может явиться причиной загрязнения грунтовых вод. Высокое содержание в почве фосфатов, калия, как правило, приводит к дисбалансу элементов питания в растениях, снижению качества продукции растениеводства. Увеличение численности аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирую-

ших микроорганизмов, актиномицетов, микромицетов повышает непроемкие потери азота удобрений, риски загрязнения почвы, растительной продукции, грунтовых вод нитритами, нитратами, стимулирует рост токсичности почвы, снижает качество растительной продукции. Согласно результатам проведенных исследований, экологически наиболее целесообразным является регулярное применение в агроценозах с длительным бессменным возделыванием культур интенсивного типа бесподстилочного навоза в дозах, не превышающих N_{300} .

УДК 631.861

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОСТРЕЦА БЕЗОСТОГО

Тарасов С. И., Кравченко М. Е., Бужина Т. А.

*Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа –
филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Владимир, Россия*

В хозяйствах с крупными животноводческими комплексами в качестве кормовой культуры значительное распространение получил кострец безостый (*Bromopsis inermis* Leyss), характеризующийся высокой продуктивностью, хорошей отзывчивостью на систематическое внесение бесподстилочного навоза, значительной устойчивостью произрастания в неблагоприятных экологических условиях. В хозяйствах, как правило, травостой костреца интенсивно используется 5–6 лет. Однако, учитывая, что все работы, связанные с обновлением травостоя крайне дорогостоящие мероприятия, в большинстве хозяйств практикуется долготнее использование злаковых трав. Согласно результатам немногочисленных исследований, систематическое, регулярное применение бесподстилочного навоза и помета позволяет получать стабильные урожаи многолетних трав высокого качества, не проводить дорогостоящее перезалужение старовозрастного травостоя. Вместе с тем до сих пор не установлены временные границы эксплуатации старовозрастных травостоев в целях утилизации бесподстилочного навоза, помета, формирования высоких урожаев кормовых трав, не изучены причины высокопродуктивного долготлетия многолетних трав при систематическом применении бесподстилочного навоза, не определены факторы, регламентирующие длительное использование полей их утилизации. Согласно результатам исследований, проводимых на опытном поле ВНИИОУ, 38-летнее ежегодное внесение бесподстилочного навоза в интенсивном режиме (N_{300} – N_{700}) обусловило значительное повышение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы, резкое увеличение содержания в ней фосфатов, калия уровень безопасности которых из-за отсутствия ПДК трудно установить.

В этой связи большой практический интерес представляет определение влияния изменяющегося плодородия почвы на урожайность и качество костреца безостого в агроценозах с бессменным его возделыванием на протяжении 38 лет.

В рамках «Программы длительных опытов географической сети по комплексному применению удобрений и других средств химизации» на опытном поле ВНИИОУ (Владимирская область, Судогодский район, п. Вяткино) в долгосрочном опыте «Изучить эффективность длительного применения жидкого навоза, навозных стоков при возделывании многолетних трав» (опыт № 02.11.17.105.04), регистрационный № 088 в «Реестре аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами РФ»), начиная с 1983 г., изучаются агроэкологические последствия систематического длительного применения различных доз бесподстилочного навоза в интенсивном режиме на одном и том же поле с бессменным травостоем костреца безостого. Схема полевого опыта включает следующие варианты: 1. Без удобрений (контроль); 2. Бесподстилочный навоз (БН), в дозе N_{300} ; 3. БН, N_{400} ; 4. БН, N_{500} ; 5. БН, N_{700} ; 6. Минеральные удобрения $N_{300}PK$ (эквивалентно варианту 2). Площадь опытной делянки 70 м^2 , учетной – 54 м^2 . повторность четырехкратная. Опытная культура – кострец безостый (*Bromopsis inermis* Leyss) сорта Моршанский 760. Агротехника возделывания костреца безостого общепринятая для зоны Владимирской области. Бесподстилочный навоз КРС и минеральные удобрения равномерно распределяли по всей поверхности делянки перед отрастанием трав. При внесении удобрений единовременная доза бесподстилочного навоза не превышала N_{300} . При большей норме бесподстилочный навоз применяли дробно под три укоса: $N_{400}(300+100+0)$; $N_{500}(300+100+100)$; $N_{700}(300+200+200)$. Урожай зеленой массы костреца безостого учитывали сплошным способом со всей учетной площади каждой делянки. Ботанический состав травостоя анализировали методом пробного снопа. Химический состав, качество урожая зеленой массы трав определяли стандартизированными методами. Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы STAT.EXE.

Согласно результатам исследований многолетнее использование травостоя костреца безостого в варианте без удобрений приводило к его сильному изреживанию, снижению продуктивности. В первые 5 лет содержание костреца в травостое снижалось до 84 %, через 10 лет – до 15 %, через 18 лет – до 4 %. В 2001 г. видовой состав травостоя полностью изменился. В травостое отсутствовала доминирующая культура. В его составе было более 20 биологически сильно отличающихся видов растений: мятлик луговой, земляника, одуванчик лекарственный, пижма, лисохвост луговой, клевер ползучий, кошачья лапка, овсяница красная, кульбаба осенняя, яснотка, колокольчик, поповник и пр., доля содержания которых в травостое в течение одного вегетационного периода могла

меняться. При интенсивном выпадении атмосферных осадков в фитомассе резко повышалась численность клевера ползучего, в засушливые периоды – кощачьей лапки, пижмы, земляники.

Совершенно иные результаты исследований получены в вариантах с регулярным применением удобрений. На протяжении всех лет исследований доминирующее положение в травостое данных вариантов опыта занимал кострец безостый. Положительное влияние бесподстилочного навоза на высокую степень участия культурных видов многолетних трав в травостоях показано в многочисленных краткосрочных исследованиях. Подавляющее преобладание нитрофильных многолетних злаковых трав в агроценозах авторы обуславливали высоким уровнем их обеспеченности азотом в условиях интенсивного применения жидкого навоза, навозных стоков.

Согласно результатам исследований урожайность зеленой массы травостоев различалась по годам и не зависела от их возраста, определялась дозой применяемых удобрений, уровнем плодородия почвы, погодными условиями вегетационных периодов. К примеру, наибольший урожай костреца безостого за все 38 лет исследований был получен в 2019, 2020 гг, вегетационные периоды которых отличались обильным выпадением осадков, умеренно высокой температурой. На протяжении всех лет исследований урожайность зеленой массы повышалась с увеличением доз бесподстилочного навоза. В сравнении с контрольным вариантом опыта применение бесподстилочного навоза в дозах N_{300} – N_{700} повышало урожайность в среднем, соответственно, на 300–500 %. Применение бесподстилочного навоза и минеральных удобрений в дозах, эквивалентных по содержанию основных биогенных элементов питания, обеспечивало одинаковое увеличение урожая костреца. Согласно литературным данным высокая продуктивность многолетних трав, при использовании бесподстилочного навоза, вероятно, обусловлена их биологическими особенностями. Многолетние злаковые травы обладают мощной корневой системой, проникающей на глубину более 2 метров и высокой способностью к отрастанию за счет надземных и видоизмененных подземных побегов. Развитая мочковатая корневая система способствует более полному усвоению питательных веществ, внесённых с удобрениями, надёжно обеспечивает растения физиологически активными веществами, стимулирующими рост, развитие растений, их высокую продуктивность, устойчивость к стрессовым условиям произрастания. В соответствии с результатами проводимых исследований значительное увеличение урожайности костреца в вариантах с применением удобрений было обеспечено интенсивным побегообразованием, накоплением биомассы подземных побегов.

Как следует из результатов 38-ми летних исследований качество зеленой массы костреца безостого при регулярном применении удобрений определялось прежде всего величиной дозы применяемых удобрений, уровнем плодородия почвы, погодными условиями вегетационного периода и не зависело от возраста травостоя. Регулярное применение бесподстилочного навоза обусловило в зеленой массе многолетних трав уве-

личение содержания общего азота, сырого протеина, каротина, жира, снижение количества сырой клетчатки, водорастворимых углеводов. Увеличение дозы жидкого навоза, навозных стоков с N_{300} до N_{700} во все годы исследований повышало сбор сырого протеина в сравнении с контролем соответственно в 5 и 7 раз, сбор кормовых единиц с 1 га возрастал в 4–5 раз. По результатам исследований во все годы исследований применение бесподстилочного навоза повышало в зеленой массе костреца содержание калия, фосфора, уменьшало – кальция, магния. Снижение содержания в зеленой массе кальция и магния, вероятно, обусловлено высоким содержанием в жидком навозе, навозных стоках азота и калия, являющихся элементами – антогонистами для кальция, калия – для магния. Изменение содержания макроэлементов в растениях костреца при использовании высоких доз удобрений (N_{500} и более) приводило к опасному нарушению их соотношений: $K / Ca + Mg (> 2,2)$, $K / Na (> 4,5)$, Ca/P (в сторону трехкратного превышения содержания фосфора над количеством кальция), что снижало качество зеленой массы, безопасность ее применения на корм. Важным показателем сбалансированности кормов минеральными веществами является соотношение суммы грамм– эквивалентов кислотных элементов к сумме грамм – эквивалентов щелочных элементов. Наиболее благоприятным отношением считается 0,6–1,0:1. Согласно результатам исследований систематическое применение бесподстилочного навоза в дозе N_{700} , а также минеральных удобрений повышало данное соотношение до критических значений. Избыточное содержание в корме кислотных грамм-эквивалентов может обусловить развитие ацидоза, сопровождаемое снижением общей резистенции животных. Вследствие использования бесподстилочного навоза в сверхвысоких дозах (N_{500} и более) в зеленой массе костреца отмечалось сверхнормативное накопление нитратов, нарушение сахаропротеинового отношения, что ухудшало кормовую ценность зеленой массы, безопасность ее использования. Регулярное применение различных доз бесподстилочного навоза не оказало заметного влияния на содержание в зеленой массе костреца токсичных элементов (тяжелых металлов, мышьяка), что связано с чрезвычайно низким их содержанием в бесподстилочном навозе. Высокое качество зеленой массы костреца при использовании бесподстилочного навоза в дозах, не превышающих N_{300} , на протяжении всех лет его бессменного пользования, вероятно, обусловлено биологическими особенностями данного растения и значительным уровнем плодородия почв в условиях регулярного применения бесподстилочного навоза. Кострец безостый относится к группе поликарпических растений. На протяжении всего периода вегетации у данных растений последовательно появляются побеги, которые развиваются по монокарпическому типу. Каждый год побеги к концу вегетационного периода полностью или частично отмирают. Сохраняются лишь жизнеспособные почки, дающие впоследствии побеги возобновления. Систематическое применение бесподстилочного навоза, повышая плодородие почвы, положительно действует на накопление подземной

массы в результате интенсивного кущения, появления новых побегов, развития новых корней, способствует ежегодному обновлению травостоя.

Согласно результатам исследований, одним из факторов, ограничивающих длительное применение доз бесподстилочного навоза, превышающих N_{300} является снижение коэффициентов использования биогенных элементов из удобрения, уменьшение рентабельности его использования. За прошедшие 38 лет систематического применения с бесподстилочным навозом в расчете на 1 гектар было внесено при дозе N_{300} – 11,4 т азота; 3,7 т P_2O_5 ; 7,5 т K_2O . При максимальной дозе N_{700} – 26,6 т азота; 8,9 т P_2O_5 ; 18,0 т K_2O . При выносе урожаем многолетних трав с 1 га хозяйственный баланс элементов питания почти во всех вариантах с использованием удобрений складывался положительно, что обусловило значительное изменение агрохимических показателей плодородия почвы.

С увеличением длительности проведения исследований, с повышением дозы внесения бесподстилочного навоза, плодородия почв, коэффициенты использования кострецом безостым биогенных элементов заметно снижались. Так в период 1983–1990 гг. коэффициенты использования NPK кострецом из бесподстилочного навоза при дозе внесения N_{300} составляли, соответственно: 0,5:0,3:0,7. В 2020 г. они снизились, соответственно до 0,29:0,35:0,46. Коэффициенты использования NPK кострецом из бесподстилочного навоза при дозе внесения N_{700} в 1983–1990 гг. соответствовали – 0,45:0,3:0,6, в 2020 г. составляли лишь 0,18:0,21:0,28.

По результатам проведенных исследований рассчитан баланс азота при длительном применении удобрений в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого. С увеличением дозы бесподстилочного навоза с N_{300} до N_{700} повышались непроизводительные потери азота удобрения с 36 % до 61 %, что снижало агрономическую и экономическую эффективность его применения. Высокие потери азота при внесении сверхвысоких доз бесподстилочного навоза, как показали результаты полевых и мониторинговых исследований в хозяйствах индустриального животноводства, повышают экологические риски, обуславливая занитрирование почвы, растительной продукции, грунтовых вод. Газообразные потери азота являются основой формирования кислотных дождей.

Таким образом, согласно результатам проведенных исследований, длительное (1983–2020 гг.) систематическое применение бесподстилочного навоза в интенсивном режиме обусловило повышение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы, способствовало высокопродуктивному долголетию костреца безостого, его доминированию в травостое. Вместе с тем регулярное применение жидкого навоза, навозных стоков в сверхвысоких дозах (более N_{300}) оказалось нецелесообразным, что было обусловлено:

– опасным увеличением содержания в почве нитратов, подвижного фосфора, калия, активным развитием денитрифицирующих и нитрифицирующих бактерий, актиномицетов, грибов – продуцентов фитотоксических веществ;

– снижением качества костреца безостого вследствие накопления в зеленой массе нитратов, калия, фосфора в токсичных концентрациях, дисбаланса макроэлементов, сахаропротеинового отношения, соотношения кислотных и щелочных грамм–эквивалентов;

– снижением коэффициентов использования биогенных элементов растениями из удобрений;

– уменьшением рентабельности применения удобрений.

В соответствии с результатами исследований экологически и экономически наиболее целесообразным является регулярное применение в агроценозах с длительным бессменным возделыванием многолетних трав бесподстилочного навоза в дозах, не превышающих N_{300} .

УДК 631.41

ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТИ КУЛЬТУР ХЛОПКОВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ВЕДЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

**Ташкузиев М. М., Бердиев Т. Т., Очиллов С. К., Карабеков О. Г.,
Каримов Х. Х., Атамуратов Ж.**

НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

Введение. В настоящее время во всем мире одной из важной проблемы является экологическая и продовольственная безопасность. Ограничен верхний тонкий слой земли, обладающий свойством плодородия, на котором производят более 93,9 % продовольственной продукции. К настоящему времени, по сравнению с сохранением и восстановлением плодородия почвы, ускоряется процесс его потери. В связи с этим необходимо принять меры, направленные на разработку технологий, направленных на улучшение экологического состояния земель сельскохозяйственного использования и получено экологически чистой продукции растениеводства [1, 2].

Нами в последние 2018–2020 гг., в рамках грантовых проектов, применяли агротехнологии ведения органического земледелия для сохранения, повышения плодородия почвы, получения экологически чистых почвенных условий и органической продукции при последовательном возделывании основных культур: хлопчатника, озимой пшеницы с посевами повторных и промежуточных (рожь) культур [3, 4].

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на староорошаемом типичном сероземе на территории экспериментального опытного участка Аккавак НИИССАВК (бывший УзНИИХ) Ташкентской области применением различных органических удобрений посевами основных (хлопчатник, озимая пшеница), повторных и промежуточных культур. На первый год из основных культур выращивали хлопчатник и с осени возделывается пшеница.

Опыты проводились по методике СоюзНИХИ (1981). Анализы почв выполнены по общепринятым методикам, описанным в руководствах СоюзНИХИ (1977) и Е. В. Аринушкиной (1970). Опыты ставились в 5 вариантах, повторность 3-х кратная, размер делянки – 96 м², общая площадь – 1440 м². Опыты для всех культур состоят из следующих вариантов: 1. N₁₆₀P₁₁₀K₈₀ – контроль, с минеральными удобрениями. 2. Биогумус, 10 т/га. 3. ВМГ – отход производства биогазовой технологии, 10 т/га. 4. Полуперепревший навоз, 30 т/га. 5. Полуперепревший навоз, 40 т/га. Для хлопчатника, озимой пшеницы и повторных культур в контрольном варианте минеральные удобрения вносятся по указанной выше норме, а органические удобрения вносятся один раз для основных, повторных и промежуточных культур, без применения минеральных удобрений.

Результаты и их обсуждение. В конце вегетации хлопчатника на варианте 1, где применялись только минеральные удобрения, в 0–30 и 30–50 см слоях его количество несколько снизилось и составило 0,995 и 0,864 % соответственно, что равно 0,065 и 0,041 % или на 2,60 и 1,64 т/га. На варианте 2, где вносили только биогумус в норме 10 т/га, в сравнении с исходными содержанием, в этих слоях почвы отмечено увеличение гумуса на 0,066 и 0,017 % или на 2,64 и 0,68 т/га, а в 0–50 см слое – на 3,32 т/га. На других вариантах с органическими удобрениями также отмечается увеличение его количества. Так, на варианте 3, где вносили в норме 10 т/га органического удобрения ВМГ, отмечено увеличение количества гумуса в этих слоях на 0,064 и 0,034 % или на 2,56 и 1,36 т/га, а в 0–50 см слое – на 3,92 т/га. А на вариантах 4 и 5, где вносили только органические удобрения в виде навоза из расчета 30 и 40 т/га, в этих слоях отмечено увеличение гумуса, соответственно, на 0,053 и 0,24 % (или 2,12 и 0,96 т/га, в 0–50 см. слое – на 3,08 т/га) и 0,056 и 0,038 % или 2,24 и 1,52 т/га, в слое 0–50 см на 3,76 т/га (табл.).

Таблица

Динамика содержания гумуса и подвижных элементов питания за ротацию севооборота

№	Глуб см	14.04.2018				15.07.2019				04.10.2020			
		Гумус, %	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0–30	1,06	15,1	19	128	0,99	18,0	20	231	1,16	24,6	23	220
	30–50	0,90	13,7	16	115	0,77	15,0	15	177	1,04	12,5	16	204
2	0–30	0,94	14,4	29	176	1,19	25,2	35	278	1,23	29,1	32	285
	30–50	0,92	12,5	22	136	1,11	14,3	26	211	1,16	19,2	27	250
3	0–30	0,87	16,1	31	176	1,03	15,1	39	273	1,21	30,2	36	285
	30–50	0,72	14,4	27	136	0,77	10,5	29	211	1,10	17,3	21	250
4	0–30	0,96	20,7	31	174	1,12	15,9	40	273	1,18	32,2	45	295
	30–50	0,89	16,4	27	136	0,94	6,3	30	208	1,12	21,9	44	275
5	0–30	1,05	17,3	38	216	1,13	17,8	45	285	1,27	44,2	45	285
	30–50	0,89	12,9	30	136	1,12	6,3	33	203	1,16	30,3	33	265

Результаты анализа по содержанию гумуса в конце вегетации озимой пшеницы (15.07.2019) повторяют ту же закономерность, что было отмечено по хлопчатнику. Так, на варианте 1, где применяли только минеральные удобрения, в сравнении с исходным содержанием (14.04.2018) в 0–30 и 30–50 см слоях почвы отмечено снижение содержания гумуса на 0,071 и 0,131 %, что равно 2,84 и 5,24 т/га, а для слоя 0–50 см составляет 8,08 т/га.

На варианте–2, где вносили 10 т/га биогумуса, в 0–30 и 30–50 см слоях почвы отмечено увеличение содержания гумуса на 0,249–0,188 % или 9,96–7,52 т/га (для слоя 0–50 см равное 17,48 т/га) и варианте 3 с внесением ВМГ – на 0,156–0,045 % или на 6,24–1,80 т/га (в слое 0–50 см равное 8,04 т/га). На вариантах 4 и 5 также отмечено заметное увеличение количества гумуса в сравнении с исходным его содержанием. Так, на варианте 4 эти показатели в 0–30 см и 30–50 см слоях составили 1,164 и 0,05 % или 6,56–2,00 т/га (для 0–50 см слоя равное 8,56 т/га), а на варианте 5 с высокой нормой 40 т/га навоза – 0,081 и 0,229 % или 3,24–9,16 т/га (для слоя 0–50 см равное 12,40 т/га).

В опыте с хлопчатником, наряду с увеличением в почве содержания гумуса, за период его вегетации по всем основным фазам развития на вариантах 2–5 с органическими удобрениями, отмечено заметное увеличение количества питательных элементов в почве в сравнении с контрольным вариантом 1, где применяли только минеральные удобрения. Об этих изменениях были отмечены в нашем предыдущем сообщении [4].

По предлагаемой агротехнологии, после хлопчатника на этих делянках всех вариантов вносили минеральные и органические удобрения, в соответствии схемы опыта, возделывали озимой пшеницы, при соблюдении агротехники этой культуры.

По данным этой таблицы выявляется, что в сравнении с вариантом, где вносили только минеральные удобрения, на вариантах с различными органическими удобрениями без минеральных, по основным фазам вегетации озимой пшеницы не наблюдается уменьшения в почве содержания подвижных элементов питания и отмечается заметное увеличение количества доступного растениям фосфора и калия, при равном или несколько большем содержании минерального азота.

В фазе созревания пшеницы в вариантах с органическими удобрениями, отмечено близкое количество минерального азота в 0–50 см слое почвы, при заметном увеличении содержания доступного фосфора и калия на фоне органических удобрений в сравнении с контрольным вариантом. Так, на вариантах 4 и 5 в слое 0–50 см почвы по фосфору отмечено увеличение в сравнении с контрольным на 35 и 43 мг/кг, по калию – на 73 и 80 мг/кг.

Эти положительные результаты в отношении улучшения питательного режима почвы и обогащения ее органическим веществом сказались на росте, развитии и урожайности озимой пшеницы.

Урожайность пшеницы в контрольном варианте с минеральными удобрениями средняя из повторений составила 51,6 ц/га, на вариантах только с органическими удобрениями прибавка составила: от 10 т/га биогумуса – 10,6 ц/га, BMG – 5,8 ц/га, от навоза 30 и 40 т/га – 0,3 ц/га и 3,8 ц/га соответственно.

На третий год проведения опыта с хлопчатником в исходном состоянии (12.03.2020) в 0–30 и 30–50 см слое почвы на варианте–1, где применяли только минеральные удобрения, содержалось гумуса 1,108 и 1,060 %, а на вариантах с органическими удобрениями эти показатели составили соответственно: 1,100 и 1,054 %; 1,025 и 1,004 %; 1,083 и 1,004 %; 1,112 и 1,002 %.

Эти данные показывают, по истечении одной ротации севооборота, содержание гумуса по вариантам опыта стабилизировалось и отмечается тенденция увеличения в конце вегетации (04.10.2020) в сравнении с исходным его содержанием.

Так, по сравнению с исходным содержанием (14.04.2018) первого года возделывания хлопчатника, в конце ротации севооборота (04.10.2020) при повторном его выращивании, в варианте 1 с минеральными удобрениями в 0–30 и 30–50 см слоях почвы отмечено некоторое увлечение содержания гумуса на 0,104 и 0,131 % или 4,16–5,24 т/га (для слоя 0–50 см на 9,40 т/га).

На варианте 2, где вносили 10 т/га биогумуса, в 0–30 и 30–50 см слоях почвы отмечено увеличение содержание гумуса на 0,291–0,236 % или 11,64–9,44 т/га (в слое 0–50 см равное 21,08 т/га) и на варианте–3 с внесением 10 т/га BMG – на 0,340 и 0,378 % или 15,6 и 15,1 т/га (в слое 0–50 см равное 28,7 т/га). На вариантах 4 и 5 также отмечено заметное увеличение содержания гумуса в сравнении с исходным его содержанием. Так, на варианте 4 эти показатели в 0–30 и 30–50 см слоях составили 0,216–0,234 %, или 8,64 и 9,36 т/га (для 0–50 см слое равное 18,0 т/га), а на варианте 5 с высокой (40 т/га навоза) нормой – 0,214 и 0,263 %, или 8,56 и 10,52 т/га (для 0–50 см слоя–19,1 т/га).

Следовательно, за одну ротацию севооборота, в контрольном варианте только с минеральными удобрениями в 0–30 и 30–50 см слое отмечено увеличение содержания гумуса на 0,104 и 0,131 %, что в пересчете на 0–50 см слой почвы составляет 9,40 т/га. На вариантах с органическими удобрениями в этих слоях отмечено увеличение гумуса соответственно: 0,291–0,236 %; 0,340–0,378%; 0,216–0,160 % и 0,214–0,263 %; что равно для слоя 0–50 см в т/га: 21,1; 30,7; 18,04 и 19,1.

Аналогичные положительные результаты получены и в опытах с хлопчатником второго раза его возделывании в отношении увеличения в почве содержания минерального азота (NH_4+NO_3), подвижного фосфора и обменного калия, что было отмечено за вегетацию хлопчатника первого года выращивания, озимой пшеницы и повторной культуры – маша.

В опыте первого года возделывания хлопчатника урожайность из трех сборов и трех повторности, составила 32,4 ц/га в контрольном вари-

анте с минеральными удобрениями. На вариантах опыта только с органическими удобрениями получены прибавка: при применении ВМГ и биогумуса в норме 10 т/га в количестве 1,0 и 1,7 ц/га соответственно, а на вариантах с навозом в норме 30 и 40 т/га, урожайность была меньше на 1,4 и 1,1 ц/га, соответственно.

В опыте второго раза возделывания хлопчатника урожайность на контрольном варианте с минеральными удобрениями составила 36,7 ц/га. На вариантах опыта только с органическими удобрениями прибавка составила: от применения навоза в норме 30 и 40 т/га – 2,7 ц/га и 0,6 ц/га соответственно, от 10 т/га биогумуса – 2,3 ц/га и ВМГ – 1,2 ц/га.

При урожайности маша в контрольном варианте с минеральными удобрениями в среднем из трех повторений порядка 15,0 ц/га, на вариантах только с органическими удобрениями прибавка от 10 т/га биогумуса и ВМГ составила 4,0 и 3,8 ц/га соответственно и от 30 т/га и 40 т/га навоза – 1,5 т/га и 2,0 т/га соответственно.

Заключение

Последовательное выращивание хлопчатника и озимой пшеницы с посевами повторных и промежуточных культур по предлагаемой агротехнологии, направленной на биологизацию земледелия, за вегетацию растений показало увеличение минерального азота в 1,2–1,5 раза, подвижного фосфора 1,5–2,0 раза, обменного калия – 1,2–1,4 раз на вариантах с органическими удобрениями по сравнению с внесением одних минеральных удобрений.

Применение органических удобрений без минеральных, способствовало заметному обогащению почвы органическим веществом, выражающимся увеличению содержания гумуса в 0–30 и 30–50 см слое почвы от 0,216–0,234 % до 0,340–0,378 %, что равно для 0–50 см слоя 18,0 и 28,7 т/га. А на варианте с минеральными удобрениями отмечено увеличение содержания гумуса в 0–50 см слое почвы на 9,40 т/га.

Урожайность пшеницы в контрольном варианте только с минеральными удобрениями средняя из повторений составила 51,6 ц/га, на вариантах только с органическими удобрениями прибавка составила от 3,8 до 10,6 ц/га.

В опыте второго раза возделывания хлопчатника урожайность на контрольном варианте с минеральными удобрениями составила 36,7 ц/га. На вариантах опыта только с органическими удобрениями прибавка составила: от применения навоза в норме 30 и 40 т/га–2,7 ц/га и 0,6 ц/га соответственно, от 10 т/га биогумуса–2,3 ц/га и ВМГ–1,2 ц/га.

При урожайности маша в контрольном варианте в среднем из трех повторений составила порядка 15,0 ц/га, а на вариантах только с органическими удобрениями прибавка от 10 т/га биогумуса и ВМГ составила 4,0 и 3,8 ц/га соответственно и от 30 т/га и 40 т/га навоза – 1,5 т/га и 2,0 т/га соответственно.

Список литературы

1. Агротехнология повышение плодородия почвы пустынной зоны Приаралья при возделывании хлопчатника / М. М Ташкузиев [и др.] // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд-ния МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева», г. Курск, 24–25 апр. 2019.– Курск: Курский ФАНЦ, 2019. – С. 356–359.
2. Агротехнологии, направленные на повышение плодородия почвы и урожайности возделываемых культур / М. М Ташкузиев [и др.] // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул, – 2013. – С. 235–237.
3. Ташкузиев, М. М. Агротехнология повышения плодородия почв сероземного пояса в системе культур хлопкового севооборота / М. М. Ташкузиев, С. К. Очилов, Т. Т. Бердиев // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд-ния МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева». г. Курск, 24–25 апр. 2019.– Курск: Курский ФАНЦ, 2019. – С. 32–36.
4. Повышение плодородия почвы, урожайности возделываемых культур биологизацией земледелия / М. М Ташкузиев [и др.] // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд-ния МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева». г. Курск, 24–25 апр. 2019. – Курск: Курский ФАНЦ, 2019. – С. 352–356.

УДК 631.416

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ХЛОПКОВОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

**Ташкузиев М. М., Каримбердиева А. А.,
Бердиев Т. Т., Очилов С. К.**

НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

Введение. Для сохранения и повышения плодородия почв и получение высоких и качественных урожая сельскохозяйственных культур, наряду с минеральными удобрениями широко применяются нетрадиционные агроруды. Мировые запасы только бентонитовых глин составляет более 10 млрд т, и они нашли свое применение в различных сфера народного хозяйства.

В настоящее время в связи с недостатком и дороговизной органических и минеральных удобрений, применение местных сырьевых ресурсов (агроруд) приобретает важное значение, и они компенсируют этот недостаток [1].

Ведутся научные исследования по применению нетрадиционных агроруд основных месторождений Узбекистана и других отходов промышленности под хлопчатник, зерновые и другие сельскохозяйственные культуры.

Важно также научно обосновать нормы и сроки применения нетрадиционных агроруд под возделываемые культуры, их влияние на содержание, а почве подвижных форм элементов питания, а также на изменение содержания их в течение вегетации растений.

Эффективность применения местных сырьевых ресурсов находится в зависимости от рационального их использования с учётом норм внесения под различные культуры органоминеральных удобрений, содержания в почвах микроэлементов и т. д. [2].

Объекты и методика исследования. Объектом исследования являются орошаемые луговые аллювиальные почвы, распространённые на левобережной части низовьев Амударьи, местные сырьевые ресурсы – бентонит, глауконит, культура – хлопчатник.

Исследования проведены постановкой полевых опытов на среднезасоленных орошаемых луговых почвах массива «Дустлик» Ходжейлийского района Каракалпакстана.

Исследования проводились в соответствии с принятыми методическими руководствами: «Методика проведения полевых опытов, СоюзНИХИ» (1980 г.), «Методы агрохимических исследований почв Средней Азии» (1963 г.), «Методика определения подвижных микроэлементов в почвах и растениях» (1973 г.).

Опыты имели следующие варианты: **1.** Контроль $N_{150}P_{105}K_{75}$; **2.** Контроль, сокращенная норма $N_{115}P_{80}K_{56}$; **3.** $N_{115} P_{80} K_{56} + 1,5$ т/га бентонит; **4.** $N_{115}P_{80}K_{56} + 3$ т/га бентонит; **5.** $N_{115}P_{80}K_{56} + 0,8$ т/га глауконит; **6.** $N_{115}P_{80}K_{56} + 20$ т/га навоз.

Результаты исследований. Новоорошаемые луговые аллювиальные почвы по механическому составу, в основном средне- и тяжелосуглинистые, средне засоленные, низко плодородные.

В изученных почвах в верхнем горизонте гумуса содержится в пределах 1,0% и уменьшается до 0,699–0,973 % в подпахотном горизонте, а в породе снижается в 3–4 раза по сравнению с пахотным горизонтом. Почвы сильно обеднены нитратным азотом, подвижным фосфором и обменным калием.

Перед посевом хлопчатника нами изучено содержание в почвах валовых микроэлементов, в пахотном горизонте количество валовой меди составляет 28,2 мг/кг и уменьшается вниз по профилю почв. Валового цинка в верхнем горизонте – 41,0 мг/кг, но в породе увеличивается до «эталонного» содержания – 52,0 мг/кг. Почвы обогащены валовым марганцем – до 65 мг/кг, валовым бором – от 65,0 мг/кг до 82,0 мг/кг.

Почвы опыта обеднены подвижными медью и цинком в верхнем, пахотном горизонте, содержание их составляет соответственно 0,20–0,41 мг/кг и 0,95–1,40 мг/кг, содержание подвижного марганца больше «предельных» чисел – 104,5–144,1 мг/кг, водорастворимого бора в 1,3–2,4 раза выше «предельных» чисел, «Предельные» числа по Е. К. Кругловой, для меди – 0,4–0,8 мг/кг; для цинка – 1,5–2,5 мг/кг, для марганца – 80–100 мг/кг, для водорастворимого бора – 0,8–1,2 мг/кг [3].

Данные по содержанию подвижных форм микроэлементов в почвах опыта в течение вегетации хлопчатника приведены в таблице.

Медь. Содержание подвижной меди в период бутонизации хлопчатника в пахотном горизонте контрольного варианта 1 составляет 0,21 мг/кг и увеличивается до 0,26 мг/кг на контроле со сниженной нормой минеральных удобрений. Наиболее высокое количество меди в этот период отмечен в верных горизонтах на вариантах, где внесено 3 т/га бентонита и 0,8 т/га глауконита – 0,30 и 0,36 мг/кг, но эти данные находятся на ниже «предельных» чисел.

В период цветения и в начале накопления плодоеlementов на всех вариантах опыта содержание меди значительно снизилось за счет усиленного поглощения растениями по сравнению с фазой бутонизации. На вариантах с внесением бентонитов, глауконитов и навоза при заниженной норме минеральных удобрений, количество меди было выше по сравнению с контрольными вариантами. Относительно высокое содержание меди наблюдалось при внесении 3 т/га бентонита, 0,8 т/га глауконита и 20 т/га навоза, что составляет, соответственно, 0,24 мг/кг; 0,28 мг/кг и 0,23 мг/кг (табл.).

Таблица

Среднее содержание подвижных форм микроэлементов в почвах полевого опыта в течение вегетации хлопчатника, мг/кг

№	Глубина, см	Медь			Цинк			Марганец			Бор		
		бутонизация	цветение	созревание	бутонизация	цветение	созревание	бутонизация	цветение	созревание	бутонизация	цветение	созревание
1.	0–30	0,21	0,11	0,35	1,1	0,8	1,0	198,0	158,0	188,0	1,8	1,3	1,3
	30–50	0,18	0,15	0,22	0,6	0,5	0,9	181,0	135,0	166,2	1,6	1,1	0,8
2.	0–30	0,26	0,21	0,30	0,85	0,8	1,0	199,0	137,0	166,0	1,7	1,1	1,4
	30–50	0,22	0,14	0,17	0,71	0,4	0,7	171,0	120,0	142,6	1,43	1,0	0,9
3.	0–30	0,24	0,22	0,37	1,3	1,0	1,4	161,0	158,0	182,0	1,9	1,4	1,9
	30–50	0,22	0,19	0,28	1,1	0,7	0,9	134,0	131,0	127,0	1,5	1,2	1,3
4.	0–30	0,30	0,24	0,42	1,3	0,9	1,4	170,0	156,0	198,1	2,1	1,4	2,4
	30–50	0,25	0,15	0,32	1,0	0,5	0,6	153,0	136,0	112,0	1,8	1,1	0,9
5.	0–30	0,36	0,28	0,44	1,4	0,9	1,5	203,0	170,0	178,0	2,3	1,5	2,1
	30–50	0,18	0,17	0,26	1,0	0,3	0,7	172,0	114,0	79,0	2,0	1,4	1,9
6.	0–30	0,26	0,23	0,50	1,1	0,9	1,9	246,0	140,0	158,2	1,9	1,5	2,4
	30–50	0,18	0,13	0,27	0,8	0,4	1,2	170,0	110,0	107,0	1,5	1,2	1,3

Содержание подвижной меди в почвах всех вариантов опыта в период созревания хлопчатника по сравнению с другими фазами развития увеличилось, особенно на вариантах, где внесено 20 т/га навоза – 0,50 мг/кг, 0,8 т/га глауконита – 0,44 мг/кг и 3 т/га бентонита – 0,42 мг/кг. В подпахотных горизонтах также увеличилось количество подвижной меди в этот период развития хлопчатника.

Цинк. Выявлено, что на всех вариантах опыта содержание подвижного цинка низкое – меньше нижних границ «предельных» чисел и составляет в период бутонизации на контрольных вариантах 0,85–1,1 мг/кг – в пахотном горизонте и снижается до 0,6–0,71 мг/кг в подпахотном.

На вариантах, удобренных бентонитом, глауконитом и навозом количество подвижного цинка несколько выше и колеблется в верхнем горизонте в пределах 1,1–1,3 мг/кг почвы. Подпахотные горизонты также содержат больше цинка, чем на контрольных вариантах – 0,8–1,1 мг/кг. По сравнению с контрольным вариантом-1 больше цинка в почвах вариантов, где внесены агроруды – бентониты, глаукониты, при заниженной норме минеральных удобрений.

В фазу цветения хлопчатника в пахотном горизонте почв с внесением бентонита, глауконита и навоза количество цинка выше, чем на контрольных вариантах и составляет 0,9–1,0 мг/кг, но меньше по сравнению с фазой бутонизации хлопчатника.

В период созревания хлопчатника содержание подвижного цинка в почвах всех вариантов опыта заметно повышается, даже на контрольных вариантах. Наибольшее количество цинка отмечено на варианте с внесением 20 т/га навоза, где в пахотном горизонте содержится 1,9 мг/кг, на вариантах с внесением бентонита и глауконита – 1,4–1,5 мг/кг, то есть на нижней границе «предельных» чисел. Это свидетельствует о том, что в этот период развития хлопчатника замедляется процесс поглощения им подвижного цинка. Полученные данные показывают, что в период цветения хлопчатника внесение агроруд заметно снижает их отрицательное действие на почвы.

Марганец. В фазу бутонизации хлопчатника содержание подвижного марганца в почвах всех вариантов опыта в 1,6–2,4 раза превышает «предельные» числа. На контрольных вариантах опыта количество подвижного марганца в верхних горизонтах составляет 198,0–199,0 мг/кг. Наиболее высокое содержание подвижного марганца отмечено на вариантах с внесением 0,8 т/га глауконита и 20 т/га навоза и в пахотном горизонте составляют 203,0–246,0 мг/кг.

Варианты с внесением 1,5 т/га и 3,0 т/га бентонита менее обеспечены подвижным марганцем – 161–170 мг/кг.

В цветении хлопчатника содержание марганца в почвах уменьшается на всех вариантах опыта и составляет на контрольных вариантах 137,0–158,0 мг/кг в пахотном горизонте и снижается до 120,0–135,0 мг/кг – в подпахотном.

Варианты, удобренные агрорудами более обеспечены марганцем от 3 до 14–33 мг/кг по сравнению с периодом бутонизации хлопчатника за счёт усиленного поглощения его растением.

В период созревания хлопчатника отмечена тенденция увеличения содержания марганца по сравнению с фазой цветения. На контрольных вариантах также увеличено количество подвижного марганца и в пахот-

ных горизонтах составляет 166,0–188,0 мг/кг. В нижележащих подпахотных горизонтах количество его уменьшается.

Установлено, что во все периоды развития хлопчатника, независимо от удобренности почв, количество подвижного марганца превышает «предельные» числа, что связано с протеканием на этих почвах окислительно-восстановительных процессов, режимом орошения и других факторов.

Бор. В период бутонизации хлопчатника почвы всех вариантов опыта содержат высокое количество водорастворимого бора. Наиболее высокое его количество отмечено в почвах опытных вариантов, где внесены местные сырьевые ресурсы. Внесение бентонита и глауконита способствовало увеличению содержания водорастворимого бора в пахотном горизонте от 1,9 до 2,3 мг/кг, что в 2,0–2,3 раза выше «предельных» чисел. Наиболее высокое его содержание отмечено при внесении в почву 0,8 т/га глауконита. В нижележащем, подпахотном горизонте количество его снижается, но остается выше «предельных» чисел (0,8–1,2 мг/кг).

В цветение хлопчатника в почвах всех вариантов опыта количество водорастворимого бора уменьшается почти до 1,4–1,5 мг/кг в пахотном и до 1,0–1,4 мг/кг в подпахотном горизонте.

В период созревания хлопчатника в почвах контрольного варианта содержание водорастворимого бора уменьшается по сравнению с фазой бутонизации и близко к содержанию в предыдущей фазе. На вариант с местными агрорудами отмечено, что внесение 3,0 т/га бентонита и 20 т/га навоза способствовало повышению содержания водорастворимого бора до 2,4 мг/кг, что больше, чем в предыдущие фазы развития хлопчатника. Внесение бентонита в количестве 1,5 т/га и 0,8 т/га глауконита способствовало повышению содержания водорастворимого бора до 1,9–2,1 мг/кг, что больше, чем почвах в период цветения, но меньше, чем в фазу бутонизации.

Выводы. Установлено, что применение ресурсосберегающих технологий с внесением местных сырьевых ресурсов в хлопковом севообороте на почвах низкообеспеченных подвижными медью и цинком мало повлияло на изменение их содержания в период вегетации хлопчатника.

В период цветения хлопчатника отмечено поглощение подвижных форм меди, цинка, марганца и бора из почв опытных вариантов за счет внесения агроруд и навоза. На низко плодородных средне засоленных луговых аллювиальных почвах внесение местных сырьевых ресурсов и навоза оказало не существенное влияние на содержание водорастворимого бора: оно было в 1,5–2,4 раза выше, предельных чисел.

Список литературы

1. Тунгушова, Д. А. Эффективность применения нерадиационных агроруд в хлопководстве: автореф. дис. д. с-х наук / Д. А. Тунгушова. – Ташкент, 2019. – 58 с.
2. Бауатдинов, С. Агроруды Каракалпакстана и удобрения на их основе / С. Бауатдинов. – Нукус: Илм, 2019. – 430 с.
3. Круглова, Е. К. Микроэлементы в почвах и их влияние на хлопчатник / Е. К. Круглова. – Ташкент: Изд-во «Фан», 1966. – 180 с.

СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ СЕРОЗЕМНОЙ ЗОНЫ КАШКАДАРЬИНСКОГО ОАЗИСА И АГРОТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ, ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ КУЛЬТУР ХЛОПКОВОГО СЕВООБОРОТА

Ташкузиев М. М., Очилов С. К.

НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

Первоочередная задача для решения вопроса повышения и воспроизводства почвенного плодородия в практике фермерских хозяйств, земледельцев и, в том числе кластеров, должна быть основана не только на мобилизации природных ресурсов почвы, но и возвращению, дополнению утраченной ее части. А для этого, необходимо обязательное применение органических, минеральных, органо-минеральных удобрений, компостов, сидерация (посев промежуточных культур), освоение севооборотов, чередование культур, способствующие получению высокого урожая и биомассы. Этим способом достигается обогащение почвы органическим веществом (гумусом) [1, 2, 3].

На основе проведенных в период 2003–2008 гг. исследований, нами применительно к незасоленным почвам сероземной зоны разработана агро-технология, направленная на обогащение почвы органическим веществом, повышение ее плодородия и урожайности возделываемых культур [4].

Такая же агро-технология, с некоторой модификацией, была разработана для сероземно-луговых и такырно-луговых почвах пустынной зоны в отдельных фермерских хозяйствах Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей республики в период 2008–2011 гг. [5].

В настоящей работе приводятся сведения по химическому состоянию почв данного региона и влиянии применения агро-технологии на показатели ее плодородия и урожайность возделываемых культур.

Методика и материалы. Объектом проведения генетико-географических исследований явились распространенные в сероземной зоне Кашкадарьи орошаемые типичные, светлые сероземы, луговые, сероземно-луговые и лугово-сероземные почвы. Эти исследования проводились по общепринятым в почвоведении методикам [6]. Полевые опыты по применению отмеченной выше агро-технологии ставились на территории фермерского хозяйства «Хусниддин Жура бобо набираси». В опыте – 4 варианта, повторность опыта – 3-х кратная, площадь – 3 га. Размер каждой делянки составил 167 м x 20 ряд x 0,6 м = 2004 м². Почва – сероземно-луговая. Сущность применяемой агро-технологии описана в работе [4]. Полевые опыты проводились по методике СоюзНИХИ [7]. Анализы почв выполнялись по общепринятым методикам, описанные в руководствах СоюзНИХИ [8], Е. В. Аринушкиной [9].

Результаты и их обсуждение. Изучено химические, физико-химические свойства, состояние плодородия, основных почв сероземной зоны Кашкадарьинского оазиса, сформированных в различных геоморфологических районах и почвообразующих породах.

Из данных таблицы видно, что в пахотном и подпахотном горизонтах староорошаемого типичного серозема содержится гумуса, соответственно, 1,020–0,776 %, в средней части – 0,465 % и в породе 0,386 %, что по грациям гумусного состояния почв они относятся к средне- (1,0–1,5 %) и низкообеспеченным (0,5–1,0 %) в верхней части почв, к очень низко обеспеченным (>0,5 %) в нижних слоях почв. Отмечено, что распределение общего азота по почвенному профилю соответствует содержанию гумуса, где его количество составляет 0,044–0,078 %, 0,42 и 0,028 % и они считаются низко- и очень низкообеспеченными азотом. Соотношение C:N равно 6,4–8,0, что указывает на достаточную обеспеченность гумуса этих почв азотом. В профиле этой почвы содержится недостаточное количество валового фосфора – 0,098–0,132 % и среднее содержание – 1,09–1,42 %, содержание валового калия составляет 1,09–1,42 %. Количество карбонатов по профилю почв колеблется в пределах 5,86–6,23 %, гипса содержится в количестве 0,025–0,099 % и почва является среднекарбонатной и негипсированной.

Таблица

Химические и физикохимические свойства орошаемых почв сероземной зоны Кашкадарьи, %

Глуб. см	Гу- мус	N	C:N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CO ₂	Гипс	Σ мг/экв	% от суммы			
									Ca	Mg	K	Na
Р. 77 – Староорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый слабозасоленный												
0–44	1,03	0,08	7,6	0,132	1,42	5,9	0,03	16,73	46,6	47,8	1,73	3,83
44–52	0,78	0,04	10,2	0,130	1,19	6,1	0,07	15,20	48,7	46,0	1,91	3,36
52–90	0,47	0,04	6,4	0,106	1,25	6,0	0,08	14,46	45,6	47,0	2,00	5,33
90–125	0,386	0,03	8,0	0,098	1,09	6,2	0,10	11,80	46,6	45,8	1,61	6,02
Р. 127 – Новоорошаемый светлый серозем, легкосуглинистый, сильнозасоленный												
0–39	0,62	0,12	3,1	0,196	1,26	7,3	0,27	12,36	42,0	50,2	2,10	7,28
39–53	0,34	0,08	2,6	0,144	1,15	6,7	3,27	10,50	38,1	51,4	3,62	6,86
53–95	0,26	0,07	2,2	0,152	1,19	7,1	2,72	10,53	45,6	47,5	1,80	5,13
95–128	0,21	0,05	2,3	0,134	1,20	6,9	1,76	10,13	53,3	39,5	1,88	5,33
Р. 84 – Новоорошаемая сероземно-луговая, среднесуглинистая, слабо засоленная												
0–29	1,12	0,10	6,4	0,112	2,01	6,6	0,19	15,07	45,1	46,5	3,78	4,65
29–50	0,90	0,06	8,4	0,078	1,98	5,4	0,71	13,48	41,5	47,5	4,01	6,97
50–73	0,82	0,06	7,9	0,090	1,77	6,1	1,05	14,64	41,0	46,5	4,03	8,54
73–85	0,61	0,05	7,7	0,087	1,24	6,7	2,02	13,92	44,5	43,1	3,02	9,34
85–114	0,56	0,04	8,1	0,080	1,10	6,0	0,24	12,48	48,1	40,1	4,33	7,53
Р. 83 – Ново орошаемая луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная												
0–27	1,13	0,16	4,0	0,096	1,63	6,5	1,05	15,26	47,8	44,6	2,88	4,72
27–54	1,12	0,10	6,8	0,672	1,48	6,1	0,70	14,47	48,4	44,9	2,49	4,28
54–80	0,67	0,09	4,3	0,074	1,33	7,3	0,85	13,05	47,5	46,0	2,30	4,21
80–105	0,41	0,05	5,2	0,070	1,18	7,0	0,50	10,94	45,7	47,5	2,65	4,11

Емкость обмена в профиле орошаемого типичного серозема относительно высокая – 11,80–16,73 мг-экв/100 г и, как по гумусу, отмечена высокая ёмкость поглощения верхних горизонтов, к низу она постепенно уменьшается. Почва насыщена основаниями, что составляет 92,32–94,73 % от емкости, количество обменного натрия равно 3,36–6,02 % и она считается, в основном не солонцеватой, в отдельных слоях – слабосолонцеватой.

Исследования по этим показателям светлого серозема выявляют, что по содержанию гумуса пахотный горизонт почв относится к низкому (0,5–1,0 %), а нижние слои – к очень низкому (<0,5%) уровню обеспеченности им; азота содержится в профиле почвы в пределах 0,052–0,116 % и отношение C:N равно 2,2–3,1, что указывает на высокую обогащенность гумуса азотом; по содержанию общего фосфора и калия они близки к типичным сероземам. Содержание карбонатов и гипса по профилю почв составляет, соответственно, 6,71–7,34 % и 0,272–3,267 % и они отличаются от орошаемого типичного серозема несколько большей карбонатностью и гипсированностью, емкость обмена этих почв не высокая – 10,13–12,36 мг-экв/100 г, насыщенность основаниями составляет 92,79–89,52%, относительное содержание натрия равно 5,13–7,28 % и относятся почвы к слабосолонцеватым. Это свидетельствует о том, что в сравнении с орошаемыми типичными сероземами, эти почвы характеризуются низким содержанием гумуса, большей обогащенностью гумуса азотом, высокой карбонатностью, гипсированностью, низкой емкостью обмена, меньшей насыщенностью основаниями и слабой солонцеватостью.

Так, в сравнении с орошаемым типичным сероземом автоморфного режима увлажнения, характеризующимися лучшими показателями по рассматриваемым свойствам, гидроморфные и полугидроморфные почвы отличаются несколько высокими показателями в содержании гумуса, азота и калия по всему почвенному профилю, что заметно сказывается при пересчетах на их запасы. Они близки по емкости обмена и показателями насыщенности основаниями, однако в них, особенно в сравнении с светлым сероземом, в большинстве генетических горизонтах доля кальция превышает долю магния, что также считается положительным показателем в отношении физических, физико-химических свойств почвы.

Приведенный выше анализ химического, физико-химического состояния орошаемых почв сероземной зоны Кашкадарьи показывает, что здесь, под воздействием различных факторов почвообразования, геоморфологических, гидрологических и других условий, сформированы почвы разного типа, подтипа, обладающие разными свойствами и уровнем плодородия. Для сохранения, восстановления и повышения плодородия этих почв необходимо применять разработанные нами инновационные агротехнологии, направленные на улучшение основных свойств почв, повышение продуктивности возделываемых культур при сельскохозяйственном использовании.

Осенью 2010 г. под урожай хлопчатника, в соответствии с рекомендациями, внесена полная норма органических, 60 % годовой нормы фосфорных и 50 % калийных удобрений. Весной высевали хлопчатник сорта Бухара-8. Осенью, после уборки урожая хлопка сырца вносились минеральные удобрения и высевали пшеницу сорта Бабур, летом, после уборки урожая пшеницы, выращивали кукурузу сорта Карасув 350 АМВ, совмещенной с бобовыми (маш, соя). Осенью, после внесения органических и минеральных удобрений, высевали промежуточные культуры (овес, рапс), весной распахивали как зеленое удобрение и высевали семена хлопчатника. Так проходило чередование культур и в этом опыте норма вносимых минеральных удобрений сокращается в 1,5–2 раза.

Результаты исследований, полученные за ротацию культур в этих опытах, показали, что применение агротехнологии способствовало обогащению почвы органическим веществом: на контрольном варианте с полной нормой минеральных удобрений ($N_{200}P_{140}K_{100}$) в 0–50 см, слое почвы отмечено увеличение гумуса и общего азота на 0,123% и 0,011 % или на 4,92 т/га и 0,44 т/га, соответственно. На вариантах, где применяли 20 т/га и 40 т/га навоза со сниженной в 1,5 и 2 раза нормы минеральных удобрений, отмечено увеличение содержания гумуса и азота на 0,390–0,551 % и 0,034–0,039%, большое или 15,6–22 т/га по гумусу и 1,56–1,36 т/га по азоту. На варианте, где внесено 5 т/га биогумуса, эти показатели составили 0,571% или 22,84 т/га и 0,024% или 0,96 т/га соответственно.

Результаты по урожайности возделываемых культур приведены в работах 4 и 5. В них показано, что по сравнению с контрольным вариантом, где внесены только минеральные удобрения, на вариантах с органическими удобрениями, где применяли агротехнологии с внесением заниженных норм минеральных удобрений, в зависимости от варианта опыта, урожайность хлопчатника увеличилась на 1,2–9,0 ц/га, урожайность зерна пшеницы на 6,1–12,4 ц/га, зерна кукурузы – на 9,2–24,8 ц/га и зеленая масса – на 6,0–33,8 ц/га.

Заключение. В исследуемом регионе среди автоморфных почв по химическим, физико-химическим свойствам обладает лучшими показателями по уровню плодородия обладают староорошаемые типичные сероземы. Орошаемые гидроморфные и полугидроморфные почвы, находящиеся постоянно в контакте с неглубокозалегающими грунтовыми водами, по этим показателям находятся в несколько лучших условиях. К тому же, они сами различаются между собой условиями формирования, гидрологией, материнской породой, а также использованием в сельскохозяйственном производстве.

Для улучшения основных химических, физико-химических, физических свойств рассматриваемых почв, повышения их плодородия и урожайности возделываемых культур, рекомендуется применение агротехнологии, включающую внесение высоких норм органических удобрений, чередования культур с посевами повторных и промежуточных культур в системе хлопкового севооборота.

Список литературы

1. Ташкузиев, М. М. Концепция научных основ оптимизации химического состава почвы, повышения их плодородия и предложения производству / М. М. Ташкузиев, М. А. Зиямухамедов. – Ташкент, 2004. – 40 с.
2. Ташкузиев, М. М. Органическое вещество некоторых почв сероземного пояса и агротехнологии, направленные на повышения их плодородия / М. М. Ташкузиев, А. А. Шербеков // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2008.
3. Ташкузиев, М. М. Методические указания по использованию содержания в почве общего гумуса и подвижных гумусовых веществ в качестве показателей ее плодородия / М. М. Ташкузиев. – Ташкент, 2006. – 47 с.
4. Агротехнологии, направленные на повышение плодородия почвы и урожайность возделываемых культур / М. М. Ташкузиев [и др.] // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Алтайского ГАУ. – Барнаул: АГАУ, 2013. Кн. 2. – С. 235–237.
5. Ташкузиев М. М. Агротехнология повышения плодородия почв сероземного пояса в системе культур хлопкового севооборота / М. М. Ташкузиев, С. Қ. Очилов, Т. Т. Бердиев // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Курского отд-ния МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева», г. Курск, 24–25 апр. 2019. – Курск: Курский ФАНЦ, 2019. – С. 32–36.
6. Роде, А. А. Система методов исследования в почвоведении / А. А. Роде. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 19–26.
7. Методика полевых опытов с хлопчатником в орошаемых условиях. СоюзНИХИ. – 1981.
8. Методы агрохимических анализов почв и растений Средний Азии, СоюзНИХИ. – Ташкент, 1977.
9. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.

УДК 631.4:551.3

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ АРИДНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЕ КРИТЕРИЕВ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ ПОЧВ

Ташкузиев М. М., Шадиева Н. И.

НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

Введение. Исследованиями ряда авторов доказано, что содержание, распределение, состав гумуса, а также строение и свойства гумусовых веществ являются характерными для каждого почвенного типа и они могут служить надежным диагностическим и классификационным признаком [1, 2].

Известно, что накопление гумуса в почве и его качество зависит от многих факторов, как климатических условий, рельефа местности, количества и качества разложившей биомассы растений, химического состава

почвы, ее водно-физических свойств, теплового режима, а также периода биологической активности (ПБА) в зональном ряду почв [3, 4].

Для обобщения данных гумусного состояния почв многие исследователи широко используют систему показателей, предложенной [5, 6]. В последней [6] уточненной и более расширенной системе показателей, как указывают авторы, охвачены все основные признаки, уровни, количественные пределы, пригодную не только для почв Российской Федерации, но и для почв всей нашей планеты. Такая система должна быть значительно более широкой.

Нами, на основе предложенной Д. С. Орловым и др. уточненной системы показателей гумусного состояния почв, с использованием имеющихся собственных материалов, а также данных других авторов по Центрально-азиатскому региону, применительно почвам сероземной и пустынной зоны, ранее в (2006 г.) была разработана модифицированная система гумусного состояния почв, соответствующая аридным почвам [6, 7]. Она в течение ряда лет апробировалась и использовалась многими исследователями.

К настоящему времени, на основе имеющихся новых данных, включены ряд показателей-признаков, пределы их величин, характеризующие гумусное состояние и гумусообразование в данном регионе. Для подтверждения значимости предложенных признаков, их уровня, характера и предела величины, при оценке гумусного состояния почв, применительно аридному региону, в настоящей статье приводятся результаты отдельных исследований, где использована эта система показателей.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служили основные типы, подтипы, разновидности почв зонального ряда с охватом предгорной и горной территории сероземной и пустынной зоны региона, при составлении предложенной усовершенствованной системы показателей гумусного состояния почв. При рассмотрении вопросов роли отдельных факторов почвообразовании, климата, рельефа и др., на гумусное состояние и гумусообразование в качестве объектов были выбраны предгорные и горные почвы Северного Туркестана в левобережье реки Санзар. Для этих целей использованы сравнительно-географические, сравнительно-химико-аналитические методы исследования. Анализы химического состава почвы проводились по общепринятым методикам, описанным в руководствах Е. В. Аринушкиной [8] и Агрохимические методы исследования почв [9]. Общий гумус определяли по И. В. Тюрину, фракционно-групповой состав гумуса – по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [10]. Период биологической активности почвы – по Д. С. Орлову. [4].

Результаты исследований и их обсуждение. Как было отмечено выше, на основе предложенной Д. С. Орловым и др. уточненной системы показателей гумусного состояния почв [6], нами в 2006 г. была разработана модифицированная система гумусного состояния почв, применительно сероземной и пустынной зоны [7], которая в последствии дополнена ряда новыми показателями. Эти материалы приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели гумусного состояния почв и условия гумификации
применительно аридным почвам**

№	Признак	Уровень, характер признака	Пределы величин
1.	Мощность гумусового горизонта, см	сверх мощный	0–90 и более
		глубокий	0–90
		высоко мощный	0–80
		мощный	0–70
		типичный мощный	0–60
		типичный	0–50
		средне типичный	0–40
		среднемощный	0–30
		слабо-среднемощный	0–20
		маломощный	0–10
		очень маломощный	0–5
2.	Содержание гумуса в генетических горизонтах почвенного профиля, %	сверхвысокое	>5,0
		очень высокое	3,0–5,0
		высокое	2,0–3,0
		выше среднего	1,5–2,0
		среднее	1,0–1,5
		низкое	0,5–1,0
3.	Запасы гумуса в пахотном слое 0–30 см, т/га	малое	<0,5
		сверхвысокие	>200
		очень высокие	120–200
		высокие	80–120
		выше среднего	60–80
		средние	40–60
	Запасы гумуса в почвенном слое 0–100 см, т/га	низкие	20–40
		очень низкие	<20
		сверхвысокие	>400
		очень высокие	240–400
		высокие	160–240
		выше среднего	120–160
		средние	80–120
		низкие	40–80
		очень низкие	<40
4.	Распределение гумуса по профилю	резко убывающее	
		постепенно убывающее	
		медленно убывающее	
		равномерное	
		медленно нарастающее	
		бимодальное	
5.	Обогащенность гумуса азотом, C:N	полимодальное	
		сверхвысокая	<3
		очень высокая	3–5
		высокая	5–8
		выше средней	8–11
		средняя	11–14
		ниже средней	14–17
		низкая	17–20
		очень низкая	>20

Продолжение таблицы 1

6.	Степень гумификации органического вещества, Сгк/Собщ х 100%	сверхвысокая очень высокая высокая средняя слабая очень слабая сверхслабая	>50 40–50 30–40 20–30 10–20 5–10 0–5
7.	Тип гумуса, Сгк/Сфк	чисто гуматный гуматный фульватно–гуматный гуматно–фульватный фульватный очень фульватный чисто фульватный	>2,0 1,5–2,0 1,0–1,5 0,75–1,0 0,5–0,75 0,25–0,5 <0,25
8.	Доля «свободных» гуминовых кислот, % от суммы Гк	очень высокая высокая средняя низкая очень низкая крайне низкая	>80 60–80 40–60 20–40 10–20 0–10
9.	Доля гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} , % от суммы Гк	очень высокая высокая средняя низкая очень низкая крайне низкая	>80 60–80 40–60 20–40 10–20 0–10
10.	Доля прочносвязанных с минеральной основой ГК, % от суммы Гк	сверх высокая очень высокая высокая средняя низкая	>40 30–40 20–30 10–20 <10
11.	Оптическая плотность гуминовых кислот, $E_{0,001\%C}$ 465 нм, 1 см	сверхвысокая очень высокая высокая средняя низкая очень низкая крайне низкая	>0,25 0,25–0,20 0,15–0,20 0,10–0,15 0,05–0,10 0,02–0,05 <0,02
12.	Содержание водорастворимых органических веществ ($C_{\text{вод}}$), %от Собщ	сверхвысокое очень высокое высокие выше среднего среднее низкое очень низкое	>4,0 2,0–4,0 1,0–2,0 0,5–1,0 0,2–0,5 0,1–0,2 <0,1
13.	Содержание фракции Фк–1а ($C_{\text{фк–1а}}$), % от С общ.	сверхвысокое очень высокое высокое среднее низкое очень низкое	>50 25–50 15–25 5–15 2–5 <2

14.	Показатель гумификации ПГТ=СгкХ Е 0,001%С 465 нм, 1 см	очень высокая высокая средняя низкая очень низкая	3,5–4,5 2,5–3,5 1,5–2,5 0,5–1,5 <0,5
15.	рН водной вытяжки	очень сильнощелочная сильнощелочная щелочная слабощелочная нейтральная слабокислая	>10,6 9,6–10,5 8,1–9,5 7,1–8,0 7,0 5,6–6,9
16.	ПБА, дни	очень длительный длительный продолжительный средней продолжительности непродолжительный короткий очень короткий неустойчивый	>170 150–170 130–150 110–130 90–110 60–90 40–60 <40

Как видно из данных этой таблицы, для характеристики гумусного состояния широтного и вертикального ряда почв сероземной и пустынной зоны представлены 16 признаков и для них уровни, характер признака и пределы их величин.

В связи с ограниченностью объема текста статьи не останавливаясь на значимости отдельных показателей гумусного состояния и количественные показатели величин, вкратце отметим те изменения, которые различаются от предложенной системы показателей по [6].

В предложенной нами настоящей системе показателей гумусного состояния почв аридного региона полностью придерживаются основные принципы уточненной Д. С. Орловым и др. [6] расширенной системы показателей гумусного состояния почв для Российской Федерации, и она (система) вносит уточнения в отношении ряда признаков, характера и пределы величины для почв аридного региона.

Так, в предложенной нами модифицированной системе показателей гумусного состояния, существенные изменения внесены при определении предела величины содержания гумуса в генетических горизонтах почвенного профиля, и в соответствии с этим, по запасам гумуса. В связи с этим, применительно орошаемым, богарным почвам учитываются содержание, запасы гумуса и других элементов, рассчитанный на пахотный 0–30 см слой, введены дополнительно отдельные величины для этого слоя (пункты 2 и 3). Такие изменения в отношении определения предела величин по содержанию и запасам гумуса имеют особое значение при характеристике почв по уровню их плодородия, что важно при бонитировке (оценке) почв, составлении картограмм по содержанию гумуса и типа гумуса применительно рассматриваемых почв равнинной, предгорной и горной территории аридной зоны. Кроме того, в соответствии с этими изменениями,

в данной системе были внесены частичные изменения при определении (установлении) предела величин обогащенности гумуса азотом (пункт 5), доли прочносвязанных с минеральной основой Гк (пункт 10), содержания водорастворимых солей (пункт 12) и pH водной вытяжки (пункт 15), где исключены показатели pH величины, ниже 5,6.

Ниже остановимся на результатах исследований по использованию отдельных критериев гумусного состояния предгорных и горных почв, раскрывающие отдельные вопросы гумусообразования и их плодородия. Для почв, распространенных в предгорных и горных районах, свойственным является увеличение количества атмосферных осадков, в результате этого увеличиваются емкость и виды растительного покрова, содержание гумуса, мощность гумусового горизонта, ускоряются заметно процессы гумусообразования.

Одним из важного фактора в гумусообразовании являются климатические условия и рельеф местности. Применительно агроландшафта исследованного региона, на основе анализа материалов Гидрометеорологического центра Узбекистана [11, 12, 13], нами рассматривались влияния двух основных факторов – климата и рельефа, непосредственно оказывающих влияние на гумусообразование.

Распределение содержания гумуса в генетических горизонтах почвенного профиля является важным показателем его гумусного состояния. Содержание гумуса является значимым диагностическим показателем в определении эродированности горных и предгорных почв. В почвах вертикальной зональности, в соответствии с увеличением высоты, содержание гумуса в их горизонте «А» увеличивается от малообеспеченных до средне-, выше средне- и высокообеспеченных. Это свидетельствует о лучших условиях формирования гумуса в горных почвах, и их преобладании в процессах гумификации, протекающих в сероземах.

Количество общего углерода в светлых сероземах, распространенных в предгорных равнинах, составляет 0,62 % или 1,05 % гумуса, в типичных сероземах, распространенных в предгорных адырах 0,92 % или 1,58 % гумуса, в темных сероземах и карбонатных, типичных горных коричневых почвах, распространенных в низкогорьях составляет соответственно 1,01 % или 1,74 % гумуса, 1,11 % или 1,91 % гумуса и 1,54 % или 2,65 % гумуса, а в горно коричневых слабо выщелоченных и светло-бурых лугово-степных почвах распространенных в высокогорьях составляет соответственно 1,73 % или 2,98 % гумуса и 2,05 % или 3,53 % гумуса (табл. 2).

С учетом разработанных указанными выше учеными положений по учету биологически активных дней, применительно имеющихся распространения почвах в исследуемом регионе нами показатели ПБА обобщены по многолетним данным гидрометеорологического центра Узбекистана. Используя эти сведения с данными климата, составу гумуса, гумусному состоянию, запасы энергии гумуса показаны взаимосвязи БА с типом гумуса, количеством гумусовых кислот, гумификацией органического вещества, энергетических показателей последнего.

Важным качественным показателем почвы является отношение в составе гумуса Сгк:Сфк и по этому отношению можно рассуждать об условиях гумусообразования, типа гумуса почвы и о свойствах почвы. Это отношение указывает, насколько благоприятны условия для накопления в почве гумуса.

Таблица 2

Состав гумуса, климатические показатели, период биологической активности и запасы энергии гумуса в горных и предгорных почвах

Показатели	Серозем			Горная коричневая почва			Светло-бурая лугово-степная почва
	светлый	типичный	темный	карбонатная	типичная	слабо выщелоченная	
Годовые осадки, мм	250	350	450	500	550	600	650
С общий, %	0,61	0,92	1,01	1,11	1,54	1,73	2,05
Σ ГК	18,9	25,7	27,6	32,5	31,5	31,8	39,9
Σ ФК	25,1	30,9	30,6	27,5	26,1	26,2	30,6
Сгк+Сфк	44,0	56,6	58,2	60,0	57,6	57,9	70,5
Сгк:Сфк	0,75	0,83	0,90	1,18	1,21	1,21	1,30
ПБА, дни	75	79	90	93	95	100	97
Запасы энергии гумуса в 0,5 м слое млн. ккал/га	*240,6 264,6	344,1 470,0	422,8 582,9	453,0 603,1	499,1 657,9	576,8 757,4	844,7 870,7

*в сероземах – южная экспозиция, в горных почвах – северная экспозиция

В рассматриваемых почвах в 0–30 см слое отношение Сгк:Сфк характеризуется следующими показателями: в сероземах светлых, типичных и темных от 0,75 до 0,90, относится гуматно-фульватному (0,75–1,0); в южной экспозиции карбонатных горно коричневых почв 0,93 – гуматно-фульватный тип, типичных и слабо выщелоченных горно коричневых и светло-бурых лугово-степных почв 1,02–1,12 – гуматно-фульватный (1,0–1,5). В северных экспозициях высокогорных почв эти показатели составляют 1,18; 1,21; 1,21; 1,30 соответственно и относится также фульватно-гуматному типу (1,0–1,5), но несколько с большей гуматностью.

В соответствии с показателями типа гумуса, (отношения Сгк:Сфк) изменяются ПБА рассматриваемых почв: в сероземах светлых, типичных, темных составляет 75; 79; 90 дней соответственно, а в высокогорных почвах эти показатели составляют 93; 95; 100 и 97 дней и наиболее высокие показатели (100 дней) приходится слабо выщелоченным коричневым почвам.

Из приведенных данных выявляется, в различных почвенно-климатических зонах различия периода биологической активности (ПБА), по атмосферным осадкам, гидротермическим условиям оказывают огромное влияние на количество и качество гумуса. Кратковременность этого показателя (73–79 дней) в богарных светлых и типичных сероземах,

главным образом, характеризуется низким содержанием влаги. В богарных темных сероземах (90 дней) и горных коричневых, светло-бурых лугово-степных почвах, с самой высокой продолжительностью ПБА (95–100 дней), создаются наилучшие условия для накопления гуминовых кислот, ценных в гумусообразовании. Уровень гумификации в исследованных почвах горных зон выше по сравнению с почвами сероземного пояса предгорных равнин на 2,1–2,4 раза.

Степень гумификации органического вещества (Сгк:Собщ. $\times 100\%$) в почвах высокогорий значительно выше, чем в предгорных равнинах и адырах. По показателям гумусного состояния, в соответствии с классификацией [6, 7] в высокогорных светло-бурых лугово-степных почвах его величина самая высокая – 39,9 %, в трех подтипах горных коричневых почвах составляет 31,5–32,5 %, в темных сероземах – 27,6 %, типичных сероземах 25,7 %, светлых сероземах – 18,9 % и изменяется от высокого (30–40 %) до слабого (10–20 %) уровня. Этот показатель превышает в 1,6–2,1 раз в высокогорных и горных почвах в сравнении с почвами предгорных равнин.

Выводы. Предложена новая модифицированная система показателей гумусного состояния почв применительно аридному региону и даны отдельные результаты исследований по данному вопросу и гумусообразовании в этих почвах.

В гумусообразовании в почвах имеют важное значение климатические факторы и рельеф местности. Гидротермические показатели, изменение их на поверхности земли в зависимости от рельефа оказывают существенное влияние на процессы гумусообразования. Также полученные результаты выявляют различия периода биологической активности (ПБА) и зависимости его в различных почвенно-климатических зонах от атмосферных осадков, гидротермических условий и значение величины этого показателя на содержание и состава гумуса почвы.

Выявлено, в исследованных почвах, увеличение показателей типа гумуса и ПБА от светлых сероземов к светло-бурым лугово-степным почвам. Если в светлых сероземах понижающим фактором являются осадки, то в светло-бурых лугово-степных почвах – температурный.

Список литературы

1. Кононова, М. М. Органическое вещество почвы / М. М. Кононова. – М.: АНССР, 1963. – 313 с.
2. Орлов, Д. С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, Н. И. Суханова. – М.: Наука, 1996. – С. 207–211.
3. Алиев, С. А. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества / С. А. Алиев. – Баку: ЭЛМ, 1978. – 253 с.
4. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: МГУ, 1990. – С. 239–253.
5. Гришина, Л. А. Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина, Д. С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 42–47.
6. Орлов, Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.

7. Ташкузиев, М. М. Методические указания по использованию содержания в почве общего гумуса и подвижных гумусовых веществ, как показателей их плодородия / М. М. Ташкузиев. – Ташкент, 2006. – 47 с.
8. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.
9. Агрохимические методы исследования почв. – М., 1975. – С.47–62.
10. Понамарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Понамарева, Т. А. Плотникова. – Л., 1980. – С. 110–204.
11. Абдуллаев, А. К. Тепловой режим и многолетние значения температуры почвы на различных глубинах по территории Узбекистана / А. К. Абдуллаев, О. Г. Султашева. – Ташкент: Узгидромет, 2008. – 164 с.
12. Агроклиматические ресурсы Джизакской и Самаркандской областей Узбекистана. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 218 с.
13. Чуб, Е. В. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы республики Узбекистан / Е. В. Чуб. – Ташкент: Voris–nashriyot, 2007. – 133 с.

УДК 631.2:631.445.2

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГУМУСА В ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ ПОСЛЕ КОНВЕРСИИ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ В ДРУГИЕ ВИДЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Трипольская Л., Казлаускайте-Ядзявиче А., Бакшене Е.

*Центр аграрных и лесных наук Литвы, Вокеский филиал
Института земледелия, г. Вильнюс, Литва*

Принципы устойчивого земледелия подразумевают отказ от использования малопродуктивных земель для производства сельскохозяйственной продукции. При конверсии малопродуктивных пахотных угодий в другие типы землепользования основной задачей является предотвращение деградации почвы и восстановление ее плодородия, путем увеличения запасов органического вещества (ОВ), которое тесно коррелирует с физическими и химическими свойствами почвы, улучшает ее сорбционные свойства и влагоемкость (Wasak, Drewnik et. al., 2015; Kämpf et. al., 2016). Эффективность конверсии зависит не только от свойств почвы, но и от климатических факторов, влияющих на формирование биомассы растений и процессы ее дальнейшей деструкции в почве (Yashin et. al., 2018). Дискутируется, что из-за потепления климата количество осадков может увеличиться на 25–30 %, что увеличит эмиссию CO₂ и NO₂, вертикальную и латеральную миграцию органического углерода (C_{орг}), и соответственно, приведет к уменьшению запасов гумуса и ускорению деградации почв.

В Европейской части, для снижения процессов деградации почв, пахотные угодья часто трансформируют в культурные луга (Bugalho et. al., 2008; Ajayi et. al., 2016; Valkó et. al., 2016). Особо малопродуктивные почвы могут быть оставлены как залежи, в которых со временем формируются натуральные травяные фитоценозы. Они малопродуктивны, но вы-

полняют важные функции в экосистемах: ускоряют аккумуляцию углерода в почве, способствуют сохранению биологического разнообразия, уменьшают CO_2 эмиссию (Huang et al., 2012; Jin et al., 2014). На кислых почвах эффективным методом конверсии является и посадка сосновых плантаций. Они отличаются не только высокой продуктивностью, по сравнению с травяными фитоценозами, но и более быстрым восстановлением натуральной экосистемы и накоплением $\text{C}_{\text{орг}}$ в почве.

Оценивая эффективность конверсии малопродуктивных пахотных угодий в другие виды землепользования важно учитывать не только изменение концентрации $\text{C}_{\text{орг}}$ в почве, но и изменение толщины гумусного горизонта, отражающее общие запасы органического вещества в почве. Для оценки стабильности ОВ не менее важно исследование его качественного состава. Применяемые агротехнические приемы должны способствовать формированию стабильных фракций гумуса, обуславливающих длительное сохранение плодородия почвы, в то время как подвижные гумусовые вещества легко разлагаются или вымываются в нижележащие слои (Пироговская и др., 2009, Shibu et. al., 2006, Guan et. al., 2018).

Целью данной работы было оценить влияние трансформации пахотной почвы в другие типы землепользования на количественный и качественный состав гумуса песчаной почвы.

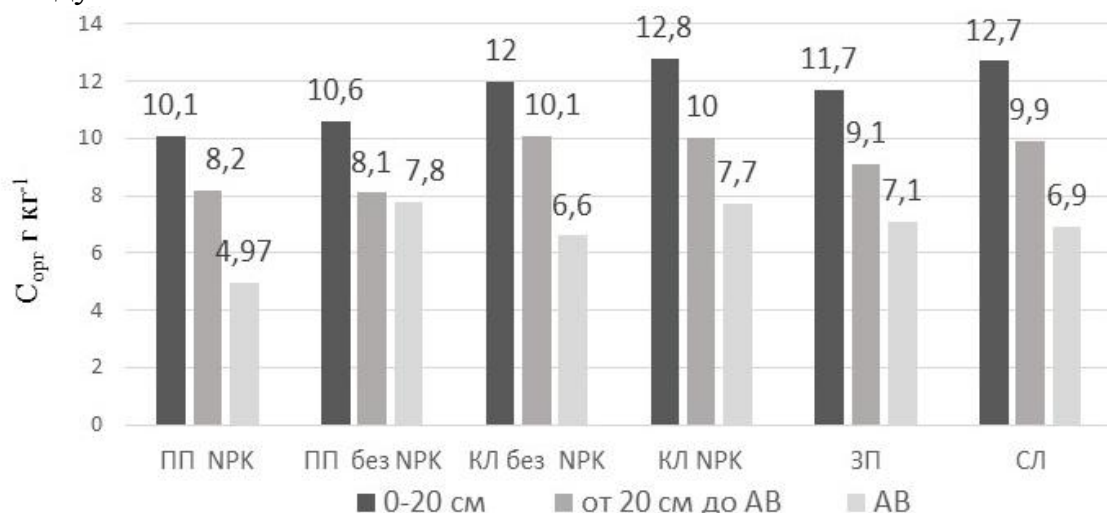
Эксперимент заложен в 1995 г на дерново-подзолистой песчаной почве в Вокаском филиале Института Земледелия Центра аграрных и лесных наук Литвы ($54^{\circ}33'49.8''$ N $25^{\circ}05'12.9''$ E). Исследовали различные методы конверсии пахотной почвы в следующие типы землепользования: 1. Культурный луг (удобряемый NPK и без удобрений). 2. Залежь. 3. Сосновый лес. Контроль – пахотная почва (удобряемая NPK и без удобрений). Размер площадок каждого вида землепользования – 400 м^2 .

На площадке пахотной почвы (ПП) применяли севооборот, в котором выращивали различные культуры, рекомендуемые для возделывания на легких почвах. Нормы удобрений рассчитаны по агрохимическим свойствам почвы и физиологическим потребностям растений. На площадке культурного луга (КЛ) выращивали смесь из гибридной люцерны и 4 видов злаковых трав. Проводили 2 укоса. Удобрляли $\text{N}_{90+30}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$. На площадке залежи (ЗП) сформировалась натуральная растительность, характерная для песчаных почв данного региона. Травостой скашивался один раз в третьей декаде июля. На площадке леса (СЛ) были посажены сосны (*Pinus sylvestris*) $10000 \text{ ед. га}^{-1}$. После прореживания в 2015 г. плотность посадки составила 3509 ед. га^{-1} .

Почвенные образцы для определения количественного и качественного состава гумуса в почве разных площадок землепользования были взяты через 23 г. после конверсии пахотной почвы в культурный луг, залежь и сосновый лес. Так как за этот период произошло существенное изменение толщины А горизонта, образцы почвы брали из слоя 0–20 см, от 20 см до начала АВ горизонта и из АВ горизонта. Содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ (г С кг^{-1}) в почве определено методом сухого сжигания, концентра-

ция гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) методом Пономаревой и Плотниковой, концентрация водорастворимого $C_{орг}$ ($C_{лабил}$) – методом детекции инфракрасного излучения.

В год закладки эксперимента концентрация $C_{орг}$ в А горизонте составляла 9,5–9,9 г С кг⁻¹. Спустя 23 года после конверсии пахотной почвы в другие типы землепользования существенно изменилась толщина А горизонта и концентрация $C_{орг}$ в почве. Толщина А горизонта более увеличилась на площадке СЛ (+4 см) и КЛ (+2 см). Меньшая концентрация $C_{орг}$ в слое 0–20 см (10,6–10,7 г С кг⁻¹) установлена в ПП и по сравнению с концентрацией в начале эксперимента, существенно не изменилась (рис. 1). Увеличение концентрации $C_{орг}$ (+1,0–2,9 г С кг⁻¹) произошло в почве КЛ, ЗП и СЛ. По сравнению со слоем 0–20 см, от 20 см до АВ горизонта концентрация $C_{орг}$ уменьшилась в среднем на 1,1–3,4 г С кг⁻¹ (15,8–27,0 %), в АВ горизонте – на 5,0–7,7 г С кг⁻¹ (33,0–53,3 %) во всех исследуемых типах землепользования.



ПП – пахотная почва, КЛ – культурный луг, ЗП – залежная почва, СЛ – сосновый лес.

Рис. 1. Изменение концентрации органического углерода в почве после конверсии пахотной почвы в другие виды землепользования (1995–2018 гг.)

Биохимические различия биомассы растений каждого типа землепользования оказали влияние и на качественный состав гумуса. В слое 0–20 см концентрация гуминовых кислот в зависимости от типа землепользования варьировала в пределах 0,700–1,967 г С кг⁻¹, фульвокислот – от 0,400 до 0,733 г С кг⁻¹. По сравнению с удобряемой ПП существенно больше ГК формировалось в почве СЛ (256 % в слое 0–20 см и 383 % в АВ горизонте). Также больше ГК установлено в почве КЛ и ЗП. Содержание ГК в слое от 20 см до АВ горизонта уменьшилось в среднем на 23,8–73,9 %, в АВ горизонте – на 85,7–95,7 %. В связи с большей подвижностью фульвокислот в почве, их концентрация в разных слоях изменялась не так существенно, как гуминовых кислот. По сравнению со слоем 0–20 см, от 20 см до АВ горизонта их концентрация снизилась только на 16,7–20,0 %, в АВ горизонте – на 66,7–80,0 %. Водорастворимых фракций $C_{орг}$ в слое 0–20 см было в среднем от 0,199 до 0,272 г С кг⁻¹ (1,54–2,82 %

от $C_{орг}$). С глубиной концентрация $C_{лабил}$ уменьшалась более медленно, чем концентрация ГК и ФК (соответственно на 0–22,2 % в слое от 20 см до АВ горизонта и на 17,3–48,8 % в АВ горизонте). Больше всего водорастворимых гумусовых веществ формировалось в почве СЛ.

Соотношение ГК и ФК в пахотной почве в слое 0–20 см, в зависимости от применения удобрений, было 1,23–1,53, однако, с глубиной, из-за более быстрого вымывания фульвокислот, в АВ горизонте снижалось до 0,5–0,75 (рис. 2). В почве СЛ и ЗП при разложении остатков ОВ гуминовых кислот формировалось больше, вследствие чего соотношение ГК:ФК увеличилось и составило 2,53–2,68, а наибольшее было в почве удобряемого КЛ (3,20).

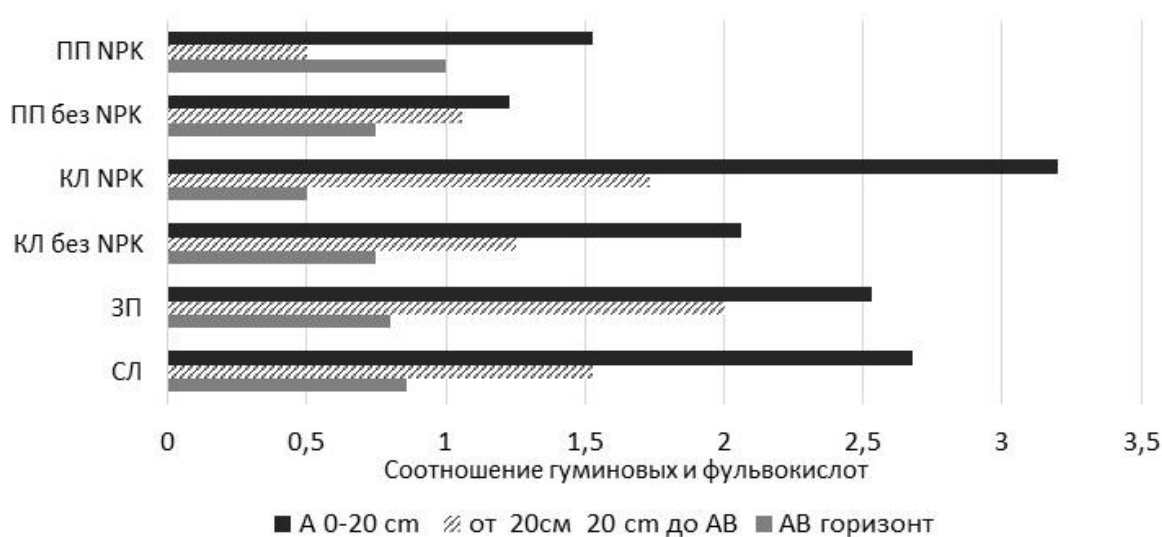


Рис. 2. Изменение соотношения гуминовых и фульвокислот в зависимости от типа землепользования в А и АВ горизонтах почвы

Однако, из-за интенсивной миграции фульвокислот во всех типах землепользования, соотношение ГК и ФК в слое от 20 см до АВ горизонта резко снижалось до 0,5–1,06, а в АВ горизонте – до 0,5–1,0. Тип гумусообразования изменился до гуматно-фульватного или фульватного. Эти данные свидетельствуют о том, что на песчаных почвах увеличение толщины А горизонта происходит в основном в результате вымывания фульвокислот и водорастворимого $C_{орг}$. Более интенсивно эти процессы происходят в почве СЛ, удобряемого КЛ и ЗП.

Обобщение. Эффективность конверсии малопродуктивных пахотных почв в другие типы землепользования должна оцениваться комплексно, учитывая социально-экономические последствия, изменение плодородия почвы, секвестрацию $C_{орг}$, позволяющее снизить эмиссию CO_2 из почвы. Снижение эмиссии газов, вызывающих парниковый эффект, на данный момент является одной из основных задач в программе Зеленого курса Европы, направленного на снижение влияния деятельности человека на изменение климата. С точки зрения аккумуляции углерода в почве наиболее эффективно на песчаных пахотных почвах высаживать лес (+460 кг $C_{орг}$ га⁻¹ в год) или превращать их в залежь (355 $C_{орг}$ га⁻¹ в год). Культурные луга с оптимальным применением удобрений, также способ-

ны обеспечить высокие темпы накопления $C_{\text{орг}}$ в почве ($+250 C_{\text{орг}} \text{ га}^{-1}$ в год) и вместе с тем обеспечивают сохранение сельскохозяйственной деятельности. Связывание углерода в этих видах землепользования происходит за счет формирования более устойчивых к разложению гуминовых кислот, которые аккумулируются в верхних слоях (0–20 см) почвы. Но при этом, увеличение толщины А горизонта происходит в результате более интенсивного вымывания фульвокислот и водорастворимых органических соединений. Вследствие этого, в А горизонте, ниже 20 см, существенно изменяется тип гумусообразования с гуматного в слое 0–20 см (Сгк:Сфк 1,53–3,20) до гуматно-фульватного (Сгк:Сфк 0,5–1,53) и фульватного в АВ горизонте (Сгк:Сфк 0,80–0,36). Таким образом, после конверсии пахотных угодий в лес или травяные ценозы происходит более интенсивная аккумуляция $C_{\text{орг}}$ не только в верхних слоях А горизонта, но и в АВ горизонте. Различная скорость миграции гуминовых и фульвокислот, определяет формирование в нижележащих слоях фульватного типа гумуса и ускоряет элювиальные процессы в профиле почвы.

УДК 631.8: 631. 527

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ШЛАМА ОТ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ

Фицуро Д. Д., Сердюков В. А., Гасило Д. С.

*НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству,
аг. Самохваловичи, Минский р-н, Беларусь*

Исследования по испытанию органического удобрения на основе шлама от производства молочных продуктов при выращивании картофеля проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве технологическом севооборота РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2018 гг.

Цель исследований: определить влияние органического удобрения на основе шлама от производства молочных продуктов на урожайность и качество картофеля.

Исследуемое органическое удобрение – это шлам от молокопереработки (ОАО «Туровский молочный комбинат», Беларусь; по ТУ–ВУ 490871155.015–2016) по внешнему виду представляет собой творожистую массу серо-белого цвета. Массовая доля питательных веществ в удобрении, %: азот – 4,2, фосфор – 3,1, калий – 0,3; подвижного фосфора – 2405 мг/100 г а. с. в.; подвижного калия – 277 мг/100 г а. с. в.; массовая доля золы – 11,5 % на сухое в-во; кислотность – 5,7; массовая доля влаги – 64,4 %.

Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы технологического полевого опыта представлена в таблице 1. Следует отметить достаточно кислую реакцию рН почвы, довольно высокое содержание калия и фосфора в почве, среднее и высокое содержание меди (2–3-я группа), высокое и избыточное – бора (3–4-я группа), низкое и среднее содержание цинка (1–2-я группа), среднее содержание марганца (2-я группа) и очень низкое содержание магния в почве (1-я группа).

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика пахотного (0–22 см) слоя почвы
опытного участка севооборота, 2017–2018 гг.**

Показатели	Единица измерения	Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва
Гумус (по Тюрину)	%	1,93–2,02
рН в КС1		4,3–4,4
P ₂ O ₅ (по Кирсанову)	мг/кг	398,2–440,1
K ₂ O (по Кирсанову)	мг/кг	353,8–421,4
Медь	мг/кг	1,3–3,1
Бор	мг/кг	2,49–3,14
Цинк	мг/кг	1,22–1,96
Марганец	мг/кг	6,89–10,3
Магний	мг/кг	3,05–7,92

Опыт проводили согласно методических рекомендаций и методик при выращивании картофеля «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» [1], «Методика исследований по культуре картофеля» [2].

Схема полевого опыта при использовании органического удобрения (шлама от молокопереработки) при выращивании среднепозднего сорта картофеля Нара, включала варианты:

Контроль – без удобрений

- +0,5т/га шлам молпрод. локально
- +1,0 т/га шлам молпрод. в разброс
- +3,0 т/га шлам молпрод. в разброс

Сидерат (рапс озимый) – Фон

- +0,5т/га шлам молпрод. локально
- +1,0 т/га шлам молпрод. в разброс
- +3,0 т/га шлам молпрод. в разброс

Фон +N₆₀P₄₀K₁₂₀

- +0,5т/га шлам молпрод. локально
- +1,0 т/га шлам молпрод. в разброс
- +3,0 т/га шлам молпрод. в разброс

Фон +N₁₂₀P₉₀K₁₈₀

- +0,5т/га шлам молпрод. локально
- +1,0 т/га шлам молпрод. в разброс
- +3,0 т/га шлам молпрод. в разброс

Повторность опыта 4-х кратная, площадь опытной делянки – 30 м². Предшественник озимый рапс на зерно и сидерат рапса с запашкой на зябь. Минеральные удобрения (N₆₀P₄₀K₁₂₀; N₁₂₀P₉₀K₁₈₀) вносили весной, согласно схемы опыта. Подготовка почвы к посадке включала: закрытие почвенной влаги культиватором КПС–4, вспашку ПЛН–3–35, чизелевание АЧУ–2,8 и предпосадочную культивацию, нарезку гребней культиватором КРН–4,2. Посадка картофеля выполнена сажалкой СН–4БК – 75 см в первой декаде мая. В период вегетации картофеля проведены междурядные обработки по формированию гребней АК–3,0 и ГР–4. В уборку выполняли учёт урожайности и его структуру по фракциям, а после уборки биохимические показатели клубней (содержание сухих веществ, белка, витамина С, нитратов). Статистический материал полевых опытов обработан методом дисперсионного анализа [3].

Результаты исследований. Влияние испытуемого органического удобрения на биометрические показатели не выявлено. Только в двух вариантах, с дозой внесения шлама 3,0 т/га отмечен минимальный рост высоты растений 0,8 см и +2,0 см, что соответственно всего +1,1 % и + 2,9 % (на фоне сидерата и Фон +N₆₀P₄₀K₁₂₀) (табл. 2).

Таблица 2

Влияние внесения органического удобрения (шлам от молокопереработки) на биометрические показатели картофеля, сорт Нара, 2017–2018 гг.

Вариант опыта	Количество стеблей, шт	Высота растений, см	± высота куста от удобрений, см	± высота куста от шлам молпрод., см	% высоты куста от шлам молпрод.
Контроль – без удобрений	4,3	69,5	–	–	–
+0,5т/га шлам молпрод.*	3,6	63,5	–	–	–
+1,0 т/га шлам молпрод.	3,9	64,0	–	–	–
+3,0 т/га шлам молпрод.	3,8	63,5	–	–	–
Сидерат (рапс) – Фон	5,1	69,5	–	–	–
0,5т/га шлам молпрод.	4,0	67,0	–	–	–
1,0 т/га шлам молпрод.	3,9	64,5	–	–	–
3,0 т/га шлам молпрод.	4,4	71,5	2,0	2,0	2,9
Фон +N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	4,8	71,2	1,7	–	–
0,5т/га шлам молпрод.	4,1	69,0	–	–	–
1,0 т/га шлам молпрод.	3,6	65,0	–	–	–
3,0 т/га шлам молпрод.	4,2	72,0	2,5	0,8	1,1
Фон +N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	4,0	72,5	3,0	–	–
0,5т/га шлам молпрод.	4,4	71,5	2,0	–	–
1,0 т/га шлам молпрод.	4,2	68,5	–	–	–
3,0 т/га шлам молпрод.	4,2	72,0	2,5	–	–

* Шлам молпрод. – шлам от производства молочных продуктов вносили 0,5 т/га локально при посадке в ряды; 1,0 т/га и 3 т/га вразброс перед посадкой картофеля.

Различия между вариантами, по росту и развитию растений картофеля не выявлено и не поддаются отличию между собой.

Исследованиями установлен рост урожайности клубней при локальном внесении 0,5 т/га в сравнении «без удобрений – контроль» на 4,3 т/га (14,6 %), вразброс 1,0 т/га – 5,7 т/га (+19,4 %), 3,0 т/га – 6,6 т/га +22,4 % (табл. 3). На фоне сидерата (рапс озимый) 0,5 т/га шлама обеспечил прибавку 3,5 т/га (11,2 %), 1,0 т/га – 6,9 т/га (+22,1 %), 3,0 т/га – 5,4 т/га (+17,3 %). На фоне сидерата + дозы $N_{60}P_{40}K_{120}$ установлена минимальная прибавка при внесении 1,0 т/га и 3,0 т/га шлама 0,7 т/га и 0,3 т/га соответственно. При внесении дозы шлама локально 0,5 т/га на фоне более высокой дозы $N_{120}P_{90}K_{180}$ + Фон прибавка составила 1,3 т/га (3,5 %), 1,0 т/га – 5,8 т/га (+15,8 %), 3,0 т/га – 9,1 т/га (+24,8 %).

Таблица 3

Влияние внесения органического удобрения (шлам от молокопереработки) на урожайность картофеля, сорт Нара, 2017–2018 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Общая прибавка урожая, т/га	Прибавка урожая от сидерата, т/га	Прибавка урожая от NPK, т/га	Прибавка урожая от шлама мол-прод, удобрения, т/га	% прибавки урожая от шлама молпрод, удобр.
Контроль – без удобрений	29,4	–	–	–	–	–
0,5 т/га шлам молпрод.*	33,7	4,3	–	–	4,3	14,6
1,0 т/га шлам молпрод.	35,1	5,7	–	–	5,7	19,4
3,0 т/га шлам молпрод.	36,0	6,6	–	–	6,6	22,4
Сидерат (рапс) – Фон	31,2	1,8	1,8	–	–	–
0,5 т/га шлам молпрод.	34,7	5,3	1,8	–	3,5	11,2
1,0 т/га шлам молпрод.	38,1	8,7	1,8	–	6,9	22,1
3,0 т/га шлам молпрод.	36,6	7,2	1,8	–	5,4	17,3
Фон + $N_{60}P_{40}K_{120}$	37,5	8,1	1,8	6,3	–	–
0,5 т/га шлам молпрод.	36,7	7,3	1,8	5,5	–	–
1,0 т/га шлам молпрод.	38,2	8,8	1,8	6,3	0,7	1,9
3,0 т/га шлам молпрод.	37,8	8,4	1,8	6,3	0,3	0,8
Фон + $N_{120}P_{90}K_{180}$	36,6	7,2	1,8	5,4	–	–
0,5 т/га шлам молпрод.	37,9	8,5	1,8	5,4	1,3	3,5
1,0 т/га шлам молпрод.	42,4	13,0	1,8	5,4	5,8	15,8
3,0 т/га шлам молпрод.	45,7	16,3	1,8	5,4	9,1	24,8
НСР _{0,05}	3,44	–	–	–	–	–

* Шлам от производства молочных продуктов вносили 0,5 т/га локально при посадке в ряды; 1,0 т/га и 3 т/га вразброс перед посадкой картофеля.

Необходимо отметить, что статистическая обработка данных показывает достоверный рост урожайности в большинстве вариантах опыта, т. е. показатели по урожаю превышают наименьшую существенную разность между вариантами.

Анализ биохимических показателей клубней при внесении шлама показывает колебания показателей сухого вещества и крахмала, суммарного белка, витамина С в клубнях. Содержание нитратов в клубнях при внесении шлама не превышает ПДК (предельно допустимая концентрация составляет 150 мг/кг) (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние внесения органического удобрения (шлам от молокопереработки)
на биохимические показатели клубней, сорт Нара, 2017–2018 гг.**

Вариант опыта	Сухое ве- щество, %	Крах- мал, %	Суммарный белок, %	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг
Контроль – без удобрений	18,8	12,5	1,02	22,1	97,0
0,5т/га шлам молпрод.*	18,6	12,4	0,92	22,2	97,0
1,0 т/га шлам молпрод.	20,1	13,6	0,92	27,3	119,1
3,0 т/га шлам молпрод.	19,4	12,9	0,97	25,7	106,3
Сидерат (рапс) – Фон	18,5	12,3	0,98	20,9	106,3
0,5т/га шлам молпрод.	18,4	12,2	0,96	22,8	121,8
1,0 т/га шлам молпрод.	19,1	12,8	0,99	21,4	84,6
3,0 т/га шлам молпрод.	18,6	12,4	0,94	21,8	108,9
Фон +N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	18,3	12,1	0,95	22,8	121,8
0,5т/га шлам молпрод.	18,2	12,0	0,94	26,2	82,3
1,0 т/га шлам молпрод.	19,0	12,7	0,94	24,1	106,3
3,0 т/га шлам молпрод.	17,7	11,7	0,93	24,5	116,3
Фон +N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	18,0	11,9	0,99	22,1	106,3
0,5т/га шлам молпрод.	18,0	11,9	0,93	22,8	124,9
1,0 т/га шлам молпрод.	18,0	11,9	0,92	22,8	119,1
3,0 т/га шлам молпрод.	17,6	11,6	0,97	25,7	106,3

* Шлам от производства молочных продуктов вносили 0,5 т/га локально при посадке в ряды; 1,0 т/га и 3 т/га вразброс перед посадкой картофеля.

Выводы

В результате проведённых исследований по испытанию органического удобрения на основе шлама от молокопереработки при выращивании картофеля установлено:

1. Минимальный рост высоты растений только в двух вариантах (на фоне сидерата и Фон +N₆₀P₄₀K₁₂₀) с дозой внесения шлама 3,0 т/га +0,8 см и +2,0см, что соответственно всего +1,1 % и + 2,9 %.

2. Внесение испытуемого органического удобрения локально 0,5 т/га в сравнении с вариантом «контроль – без удобрений» обеспечивает рост урожайности клубней на 4,3 т/га (14,6 %), вразброс 1,0 т/га – на 5,7 т/га (+19,4 %), а 3,0 т/га – на 6,6 т/га +22,4 %. На фоне сидерата (рапс озимый) доза шлама 0,5т/га обеспечила прибавку 3,5 т/га (11,2 %), а увеличение на 1,0 т/га – 6,9 т/га (+22,1 %) и доза 3,0 т/га – 5,4 т/га (+17,3 %).

3. При внесении дозы шлама локально 0,5 т/га на фоне более высокой дозы минеральных удобрений N₁₂₀P₆₀K₁₈₀ + Фон прибавка составила 1,3 т/га (3,5 %), 1,0 т/га – 5,8т/га (+15,8 %), 3,0 т/га – 9,1 т/га (+24,8 %).

4. Анализ биохимических показателей клубней при внесении шлама показал колебания показателей сухого вещества и крахмала, суммарного белка, витамина С в клубнях. Содержание нитратов в клубнях при внесении испытуемого органического удобрения на основе шлама не превышает ПДК.

Список литературы

1. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля // МСХП Респ. Беларусь, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси; редкол: С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.
2. Методика исследований по культуре картофеля // ВНИИ картофельного хозяйства; редкол. Н. С. Бацанов [и др.]. – М.: 1967. – 265 с.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

УДК 631.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРОХИМИКАТОВ И ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНЫХ ТРЕНДОВ

Хомяков Д. М.

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

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 – 116,2 млн га, сенокосов – 18,7 млн га, пастбищ – 57,2 млн га, залежи – 4,3 млн га, многолетних насаждений – 1,2 млн га [1]. Площадь пашни по данным Росстата [2] – 115,8 млн га, сельскохозяйственных угодий – 220,0 млн га. Как используются сейчас 24 млн га пашни остается вне проводимого опросным путем с мест учета, поскольку площадь посевов – около 80 млн га, а паров – до 12 млн га (табл. 1). Сравнение данных разных источников свидетельствует об отсутствии в них точной и исчерпывающей информации по этим важнейшим вопросам природопользования и учета объектов недвижимости (земельных участков).

Государственные документы, которые бы определили, сколько, каких и где расположенных пахотных почв и сельскохозяйственных угодий нужно России для реализации политики устойчивого развития отсутствуют. Оценка ситуации была дана в решении Президиума Совета законодателей РФ при Федеральном Собрании РФ 18.12.2020 «О мерах по обеспечению плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [3]. «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 назначе-

ния 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.»

Методология проведения работы заключается в сборе, обобщении, и системном анализе статистических данных (ряды наблюдений за прошедший 35-летний период), характеризующих особенности динамики интенсификации сельскохозяйственного производства России и факторов его обусловивших.

Результаты и обсуждение. Индексы производства продукции многоукладного сельского хозяйства страны по всем категориям хозяйств (в сопоставимых ценах в процентах к предыдущему году) отражают неравномерную динамику. Они колебались от плюс 6,9 % в 2001 году, до минус 12,1 % в 2010, а в кризисный 2020 год составили плюс 1,5 % [2]. Для различных отраслей АПК интенсификация идет 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).

Аналогично по продукции животноводства и птицеводства, для получения которых используются корма на основе зерна. В расчете на 100 га используемых сельскохозяйственных угодий: скот и птица на убой в живом весе (т) – увеличение в 4,9 раза, молока (т) – в 1,4 раза. Яйца (тыс. шт.) в расчете на 100 га посевной площади зерновых и зернобобовых культур – в 1,7 раза. При этом существенно уменьшилась энерговооруженность (л. с. на 100 га посевов) с 330 в 2000 г. до 200 в 2020, а также количество работников, занятых в растениеводстве и животноводстве, которое сейчас не превышает 2 млн человек. Снизилась объемы применения всех агрохимических средств, посевная площадь колебалась в районе 76,0–79,7 млн га (табл. 1).

Эффект достигнут за счет современных элементов агротехнологий – сортов, семян, средств защиты растений, пока в основном импортируемых. Сыграли роль: 1) государственная поддержка АПК, начавшаяся с 2004 г.; 2) ограничения импорта – следствие контрсанкций с 2014 г., повлекшее увеличение внутренних цен на продукты питания; 3) преференции отечественным товаропроизводителям; 4) курсовая разница – за последние семь лет по отношению к резервным рубль девальвирован в 2,5 раза. Наблюдается улучшение агрометеорологических условий, что связывают с глобальными климатическими процессами. Баланс тепла и влаги на протяжении вегетационного периода, начиная с 2010 года, в большинстве регионов станы складывается более благоприятно, хотя отмечаются и экстремальные явления.

Таблица 1

**Площади посевов, паров, их сумма, применение минеральных удобрений
в пересчете на 100 % питательных веществ (д.в.), внесение известковых
материалов в России с 1986 по 2020 гг. [2] (расчет автора)**

Период, годы	Средняя площадь, млн гав год			Применение мине- ральных удобрений в среднем в год		Внесение извест- ковых материа- лов, млн т физи- ческой массы в среднем в год
	чистых паров	посевов	в сумме	млн т д. в.	кг д. в/га посевов	
1986–1990	14,2	118,0	132,2	13,0	110,2	31,0
1991–1995	15,1	109,9	125,0	5,3	48,2	16,0
1996–2000	18,0	92,2	110,2	1,4	15,2	2,0
2001–2005	16,2	79,7	95,9	1,4	17,6	2,5
2006–2010	14,0	76,0	90,0	1,8	23,7	2,1
2011–2015	13,0	77,5	90,5	1,9	24,5	2,1
2016–2020	11,8	79,7	91,5	2,6	32,2	2,3

С точки зрения фундаментальных положений почвоведения и агрохимии ясно, что материальной основой роста продуктивности посевов и увеличения валовых сборов культур, стали ранее сформировавшиеся и накопленные ресурсы плодородия почв. К ним мы отнесли: запас органического вещества (гумуса), макро- и микроэлементов минерального питания растений, комплекс режимов и параметров (физических, химических, физико-химических и биологических), позволяющий осуществлять продукционный процесс и формировать урожай возделываемых сельскохозяйственных культур (товарную продукцию), реализуя возросший биоклиматический потенциал.

Как можно оценить качество управления использования почвенных ресурсов в агропроизводстве РФ?

Устойчивое развитие предполагает **«климатически нейтральное»** сельское хозяйство, где: 1) обязательно обеспечивается воспроизводство плодородия почв, желательно расширенное, достигающиеся за счет технологий, включающих оценку и корректировку расходных и приходных статей баланса элементов минерального питания растений в агроценозах; 2) максимально используются ресурсы органического вещества, включая отходы животноводства (вернее вторичные ресурсы); 3) не происходит снижения запасов гумуса в пахотных почвах (декарбонизация); 4) полностью исключена их деградация и все виды эрозии; 5) не допускается неконтролируемое обращение и поступление углерод-, фосфор- и азотсодержащих соединений в окружающую среду.

В стране продолжается асидизация агроландшафтов. Из пахотного слоя почвы происходит отчуждение кальция и магния за счет внутрипрофильной миграции (вымывания) и выноса с урожаями. Применение минеральных удобрений и выпадение кислых атмосферных осадков усиливает этот процесс. Известкование относится к химической мелиорации почв. На 1 га в среднем необходимо вносить 6–9 т известковых материа-

лов с периодичность 5–7 лет. Их применение за прошедший 20-ти летний период составляло не более 2,3 млн т физической массы в год – 25 кг/га пашни, находящейся в обороте [2]. Темпы известкования недопустимо уменьшились (табл. 1), растут доля и площади кислых пахотных почв. Они выявляются уже в южных регионах страны, снижается эффективность агротехнологий, качество урожаев [4, 5].

Средним объемом применения минеральных удобрений (д. в.) в год за пятилетний период, рассчитан нами с использованием данных Росстата (табл. 1). За 2001–2005 гг. – 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. В соотношении вносимых N, P₂O₅, K₂O (д. в.) превалирует азот – 1,0:0,4:0,27, что далеко от оптимального и научно обоснованного, учитывая агрохимические параметры пахотных почв России: 1,0:0,6:0,4.

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. Торф в качестве удобрения сейчас не используется.

Сегодня в стране 35 млн условных голов скота, в 1990 г. 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. Суммарное содержание N, P₂O₅ и K₂O (д. в.) в органике составляет 2,9 млн т, что превышает объемы их ежегодного применения в стране (табл. 1). Их стоимость при текущих ценах на минеральные удобрения превышает 75 млрд руб.

Увеличение доступности и снижение стоимости органических ресурсов в сельском хозяйстве РФ невозможны без корректировки административных требований. 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 так же нарушению научно обоснованных агротехнологий. А ведь именно органо-минеральная система удобрения наиболее эффективна, способствует формированию устойчивости агроценозов, позволяет осуществлять воспроизводство плодородия пахотных почв, накапливать в них органическое вещество (углерод, гумус) и экологически безопасно использовать (утилизировать) отходы животноводства.

«Зеленая агрохимия» – это недопустимость неконтролируемого поступления химических элементов и веществ в окружающую среду, сокращение числа стадий полного цикла получения агрохимикатов, а также утилизацию и 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.

Планируется в период с 2021 по 2030 гг. повторное возвращение в сельскохозяйственный оборот от 9 до 13 млн га ранее использовавшихся площадей, в настоящее время покрытых древесно-кустарниковой растительностью. Цель – в ближайшей перспективе расширить посевы зерновых и зернобобовых до 50 млн га. Достигнуть: валового сбора зерна в весе после доработки не менее 141 млн т, его экспорта свыше 50 млн т. При этом вынос с товарной и соответствующим количеством побочной продукции 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.

В создавшихся условиях это продолжит тенденцию эксплуатации плодородия отечественных почв за счет будущих поколений граждан страны. С середины 1990-х годов в пахотных почвах наблюдается отрицательный не компенсируемый баланс основных элементов минерального питания сельскохозяйственных культур, оцениваемый нами в 80–100 кг д.в./га ежегодно. Почвы остаются недооцененным национальным богатством России и основой будущей «зеленой» экономики.

Заключение. При формировании планов развития АПК, считается, что способность почв постоянно предоставлять «природо–ресурсный» кредит, как это происходит на протяжении последних 30-ти лет, пока еще до конца не исчерпана. Это не так. Деградация почв с каждым годом усиливается [4, 5]. Существует момент, когда она 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.

Во время пандемии в условиях стагфляции и диспаритета цен у хозяйств возникает необходимость сокращать растущие издержки. В первую очередь ограничиваются закупки агрохимикатов, рынок которых не регулируется. Ускорившиеся темпы инфляции, повышение налога на добычу полезных ископаемых в 3,5 раза и благоприятная мировая конъюнктура обуславливает быстрый рост их стоимости. В прогнозы Минсельхоза РФ по увеличению в среднесрочной перспективе ежегодных объемов применения химических мелиорантов (до 4–6 млн т физической массы известковых материалов) и минеральных удобрений (до 4–8 млн т д. в.) могут быть внесены существенные коррективы.

Список литературы

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. Решение Президиума Совета законодателей Российской Федерации при Федеральном Собрании Российской Федерации от 18.12.2020 «О мерах по обеспечению плодородия земель сельскохозяйственного назначения». Ссылка: <http://www.szrf.km.duma.gov.ru/Resheniya-Prezidiuma-Soveta-zakonodatele/item/24830774/>. Время обращения: 10.03.2021.

4. Кашин, В. И. Доклад на заседании Президиума Российской академии наук на тему «Основные направления комплексного развития сельских территорий России и научное обеспечение их реализации» 22.12.2020.– М.: Комитет Государственной Думы по аграрным вопросам.– Ссылка: <http://www.komitet2-20.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/24761650/>. Время обращения: 10.03.2021.

5. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.

УДК 631.8, 631.416.2

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПАХОТНЫХ ПОЧВ МИНЕРАЛЬНЫМ АЗОТОМ

Христенко А. А.

*Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

Для определения уровня обеспеченности почв азотом используется ряд химических и биохимических методов.

Ранее проведенный статистический анализ обширного материала, охватывающего большинство типов почв Украины и частично почв России (созданная информационная база данных агрохимических свойств почв) показал, что информационная ценность таких показателей как общий азот, азот по Тюрину-Кононовой и азот по Корнфильду, для оценки реальной обеспеченности почв доступным растениям азотом довольно низка. Поэтому эти методы целесообразно использовать только при проведении узкоспециализированных научных исследований. Кроме того, было полностью подтверждено известное положение, а именно: определение содержания минерального или нитратного азота позволяет получить наиболее объективную оценку азотного состояния почв [1].

Поэтому в данной работе основное внимание посвящено закономерностям состояния и динамики содержания именно минерального (нитратного) азота, поскольку такая информация является наиболее актуальной и практически значимой.

На основе информации, имеющейся в литературе, установить корреляцию между типами почв и обеспеченностью их питательными веществами – практически невозможно. Тем не менее, существует некий интегральный показатель, позволяющий получить определенную информацию о генетических особенностях типов почв и их азотном состоянии – это содержание гумусовых веществ.

Как известно, тип почвы во многом определяется климатическими факторами. Одним из наиболее объективных показателей, характеризующих климатические условия территорий, является гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Значения данного коэффициента за ве-

гетационный период колеблются от 1,8 в зоне Украинского Полесья до 0,45–0,60 в подзоне Сухой Степи [2]. При значениях этого коэффициента менее 0,9 единицы, фактором лимитирующим урожай сельскохозяйственных культур и обуславливающим низкую эффективность удобрений (в том числе азотных), является именно недостаток влаги. Поэтому, несмотря на высокий технический и технологический уровень современного земледелия, эффективное плодородие почв продолжает определяться комплексным воздействием почвенных и климатических факторов.

На рисунке 1 в пределах каждой природной зоны содержание общего гумуса представлено в порядке утяжеления гранулометрического состава почв. Как видно из данного рисунка, чем благоприятнее водный и температурный режим природной зоны и, чем тяжелее гранулометрический состав, тем, как правило, больше общего гумуса содержится в пахотном слое почв (рис.1).

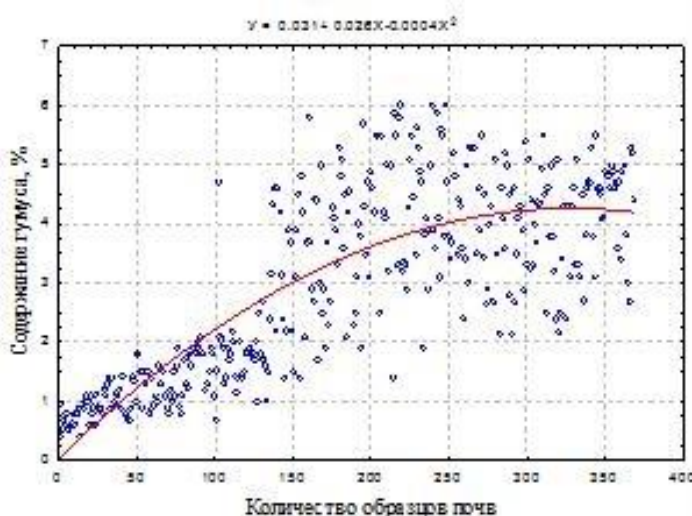


Рис. 1. Содержание гумуса в пахотном слое экстенсивно используемых почв Украины (информационная база данных)

Примечание. 1–132 – почвы Украинского Полесья, 133–265 – почвы Лесостепи, 265–366 почвы Степи.

Этот факт хорошо известен, но в данном случае важна другая закономерность, а именно то, что несмотря на различия в содержании гумусовых веществ (от 0,7 % в легких дерново-подзолистых почвах Полесья, до 6,8 % в тяжелых лугово-черноземных почвах) содержание минерального азота в пахотном слое неудобренной или мало удобренной пашни находилось, как правило, в пределах 9,0–25,5 мг/кг почвы, а нитратного азота – 1,5–17,0 мг/кг почвы, то есть в пределах очень низких и низких, редко – средних значений обеспеченности азотом.

При этом, между количеством общего гумуса и содержанием нитратного или минерального азота связь практически отсутствует: коэффициенты корреляции между этими показателями очень низкие ($r = 0,07–0,24$). Так, например, согласно полученному уравнению при наличии 1 % общего гумуса содержание нитратного азота составляет 8,0 мг/кг почвы (низкая обеспеченность азотом), а при 6 % – 9,1 мг/кг почвы (низкая обеспеченность азотом).

Поскольку данная выборка охватывает все основные почвы Украины, можно сделать предварительный вывод о том, что высокое содержание консервативного гумуса, а, следовательно, и валового азота вовсе не гарантирует хорошую обеспеченность этих почв минеральным азотом. А представления о тесной связи количества доступных растениям соединений азота с генезисом пахотных почв, не совсем соответствуют действительности.

Анализ собственных и литературных данных показывает, что высокое содержание минерального азота (нитратного и аммонийного) отмечается фактически в трех случаях: после черного пара, после распашки пласта многолетних бобовых трав, а также при внесении повышенных доз органических и азотных удобрений. Причем, как правило, такое содержание азота наблюдается в течение не более 7–9 месяцев.

Поэтому на всех неокультуренных почвах Полесья и Лесостепи эффективность азотных удобрений очень высока. В зоне Степи в связи с недостатком влаги, эффективность азота снижается. Так, согласно полученной математической модели, если при значении $ГТК_{V-IX}$, например, 1,6 (Тернопольская область), окупаемость 1 кг азота удобрений составляет 62,6 кг корнеплодов сахарной свеклы, то при значении 0,8 (Запорожская область), окупаемость снижается до 27,5 кг корнеплодов.

Факт недостаточной обеспеченности пахотных почв Украины азотом (в том числе черноземов) полностью подтверждается данными стационарного полевого опыта заложенного в 1969–1970 годах на черноземе типичном тяжелосуглинистом (Харьковский район, Харьковская обл.) Схема и методика проведения данного опыта приведена в работе [3].

В первые годы после распашки 40-летней залежи содержание нитратного азота на контрольном варианте опыта было несколько выше (рис. 2). В дальнейшем его содержание стабилизировалось на более низком уровне, а некоторые различия определялись климатическими условиями конкретного года.

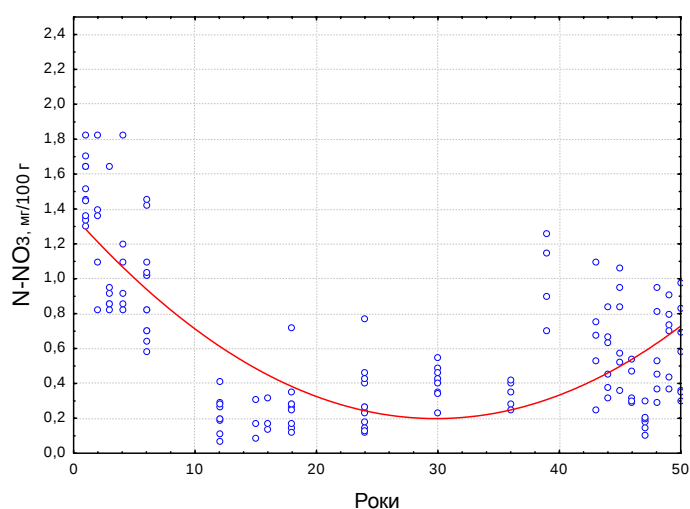


Рис. 2. Динамика природного содержания нитратного азота в слое 0–60 см чернозема типичного в течение 50 лет исследований

Содержание минерального и нитратного азота в течение всех этих лет находилось, в основном, в пределах очень низких и низких значений обеспеченности азотом.

На взгляд автора данной статьи само наличие группировки «очень низкая обеспеченность азотом» является не совсем корректным. Присутствие этой группировки вызывает довольно странную ситуацию: чернозем, считающийся наиболее плодородной почвой и часто именуемый «царем» почв, очень часто характеризуется совсем не «царскими» значениями данного азотного показателя.

Вероятнее всего, низкая природная обеспеченность пахотных почв, в том числе черноземов, доступным азотом объясняется нехваткой легко-разлагаемого органического вещества (детрита и новообразованных гумусовых веществ) вызванной низким уровнем применения минеральных и органических удобрений, практически полным отсутствием посевов многолетних бобовых трав и неполной заделкой в почву растительных и пожнивных остатков. Можно сказать, что в настоящее время в почвах большинства полей совершенно недостаточно «сырья» для его «переработки» в минеральный азот.

Принято считать, что оптимизация ряда почвенных факторов, в том числе гидротермических условий способствует повышению микробиологической активности почв, тем самым повышая и их обеспеченность азотом [4,5].

Статистическая обработка (регрессионный анализ) данных стационарного полевого опыта показала, что, действительно, существует определенная зависимость (положительная динамика) между запасами минерального азота в почве (нитратного + аммонийного) и количеством выпадающих осадков.

Данная зависимость описывается уравнением регрессии:

$$N_{\text{мин.}} = -25,886 + 0,086O_{\text{с}} - 0,00006O_{\text{с}}^2$$

где $N_{\text{мин.}}$ – запас минерального азота ($N-NO_3 + N-NH_4$) в слое 0–60 см, кг/га;

$O_{\text{с}}$ – суммарное годовое количество осадков, мм.

Коэффициент корреляции (r) составляет 0,49, то есть соответствует средним значениям. Относительно невысокое значение данного коэффициента объясняется тем, что на накопление минерального азота влияет ряд факторов: различия в периодичности выпадения осадков, температурном режиме и т. д. Кроме того, разовое выпадение большого количества осадков может способствовать вымыванию нитратов за пределы слоя 0–60 см. Тем не менее, между суммарным количеством осадков и накоплением $N_{\text{мин.}}$ существует достоверная зависимость.

Таким образом, можно отметить, что климатические условия оказывают определенное влияние на обеспеченность пахотных почв азотом. При этом, как правило, даже при благоприятных значениях этого фактора, содержание минерального или нитратного азота не превышает значений соответствующих средней обеспеченности этим элементом питания (рис. 3).

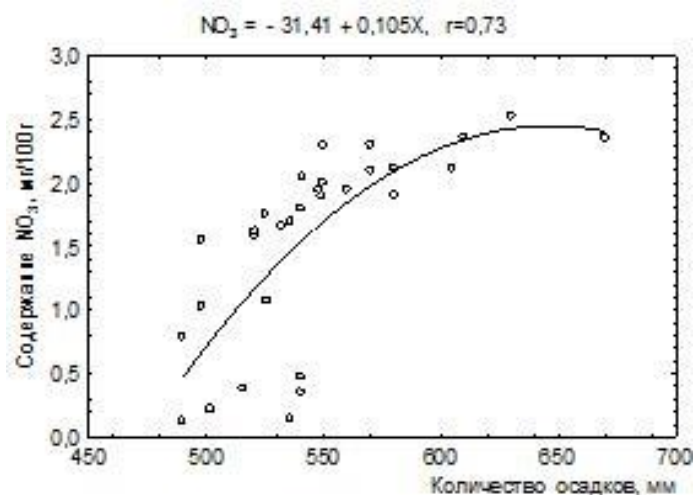


Рис. 3. Зависимость содержания нитратного азота в слое 0–60 см чернозема типичного тяжелосуглинистого от суммарного годового количества осадков

То есть, создание оптимальных условий для роста и развития растений за счет повышения уровня агротехники, широкого использования приемов направленных на накопление и сохранение почвенной влаги, мелиоративного воздействия, способствует и лучшей обеспеченности почв азотом. Тем не менее, абсолютное повышение содержания минерального азота под влиянием этих факторов является незначительным и не может служить альтернативой применению азотных удобрений.

Таким образом, азотная система почв является более динамичной в сравнении с другими трофическими системами. В соответствии с принципами химической термодинамики (второго закона) фосфатная и калийная системы неудобранных пахотных почв должны прийти к такому уровню динамического равновесия, который наиболее вероятен в условиях поверхности Земли. Поэтому при проведении химического анализа образца экстенсивно используемой почвы в экстрагирующий раствор будет переходить строго определенное количество P_2O_5 или K_2O (зависящее от метода) соответствующее границе низкой и средней обеспеченности почв фосфором или калием [4].

В отличие от абстрактного показателя, именуемого подвижный (доступный, усвояемый, обменный) фосфор (калий), такой показатель как минеральный азот (во всяком случае, его нитратная составляющая) является соединением реально присутствующим в почвенном растворе, что и определяет возможность определенной динамики величины азотного уровня почв под влиянием ряда факторов.

Выводы. Статистически-математический анализ данных полевых опытов и информационной базы данных агрохимических свойств почв, показал, что тип почвы и, соответственно почвенно-климатические условия, оказывают незначительное влияние на обеспеченность пахотных почв соединениями азота доступных растениям. Тем не менее, в условиях более засушливого климата на богаре можно ожидать определенного ухудшения азотного состояния почв, вследствие снижения в них микробиологической активности и количества новообразованного органического вещества.

Повышение влагообеспеченности почв несколько повышает содержание в них минерального азота, но данный фактор не может служить альтернативой применению азотных удобрений.

Список литературы

1. Христенко, А. О. Оцінка азотного стану ґрунтів і рівня забезпеченості рослин азотом хімічними методами / А. О. Христенко, Е. Ю. Гладких, Т. А. Юнакова // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 12. – С. 17–20.
2. Полупан, М. І. Розвиток українського агрономічного ґрунтознавства: генетичні та виробничі аспекти / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. А. Величко. – Київ: Аграрна наука, 2015. – 400 с.
3. Носко, Б. С. Использование метода моделирования фонов при изучении агрохимических свойств почв. – Агрохимия. – 1981. – № 1. – С. 122–127.
4. Ягодин, Б. А. Теоретические основы фиксации молекулярного азота / Б. А. Ягодин // Агрохимия и почвоведение. – М., 1978. – С. 5–13.
5. Hoelt R.G. Fertilizer nitrogen: Providing food and protecting the environment. // Better crops. – 1990. – Vol. 74. – № 4. – P. 4–8.
6. Христенко, А. А. Теоретические и практические аспекты оценки состояния и динамики азотных, фосфатных и калийных систем почв / А. А. Христенко. – Харьков: ФЛП Бровин А. В., 2019. – 180 с.

УДК 631.86:631.445.24

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Царёва М. В.

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

В условиях интенсивного использования земель происходит существенное изменение свойств почвы. Агрохимические показатели почвы в значительной мере определяют состояние её окультуренности. Высокоплодородные почвы лучше противостоят механическим и техногенным нагрузкам, снижают негативное действие токсических веществ. Основными факторами, позволяющими целенаправленно воздействовать на процесс воспроизводства плодородия почв являются научно обоснованное применение минеральных и органических удобрений, соблюдение всех звеньев технологий возделывания сельскохозяйственных культур [1]. В качестве показателей окультуренности почв используются содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия, и микроэлементов Биогеохимические исследования свидетельствуют об определенной зависимости между содержанием микроэлементов в почве, величиной урожайности сельскохозяйственных культур и качеством продукции [2].

Цель исследований: установить влияние подстилочного куриного помёта и подстилочного навоза КРС при органической и органомине-

ральной системе удобрения под кукурузу на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава.

Исследования проводились в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» в 2016–2018 гг. Опыты были заложены на дерново-подзолистой средне-суглинистой и связно-супесчаной почве по следующей схеме: контроль (без удобрений), 80 т/га куриный помёт на соломенной подстилке, 80 т/га куриный помёт на соломенной подстилке+ $N_{160}P_{70}K_{120}$; 80 т/га навоз КРС на соломенной подстилке; 80 т/га навоз КРС на соломенной подстилке+ $N_{160}P_{70}K_{120}$. Предшественник кукурузы – яровая пшеница.

Химический состав органических удобрений и агрохимические показатели почвы определяли по общепринятым методикам.

Анализ трехлетних исследований показывает, что химический состав подстилочного куриного помета в годы исследований изменялся и содержание элементов питания колебалось от низкого до высокого, отмечается избыточное содержание меди и цинка: содержание общего азота колебалось в подстилочном курином помете от 6,2 (2016 г.) до 18,6 (2017 г.); P_2O_5 от 7 (2016 г.) до 14,3; K_2O от 5,8 (2016 г.) до 19,6 (2017 г.); Zn от 129,4 (2016 г.) до 569,4 (2017 г.); Cu от 43,3 (2016 г.) до 99,1 (2017 г.). В подстилочном навозе КРС содержание общего азота колеблется от 4,8 (2016 г.) до 9,0 (2017 г.); P_2O_5 от 5,2 до 11,9; K_2O от 5,2 до 6,5 мг/кг, низкое содержание меди 1,1 (2016 г.), 1,33 мг/кг (2017 г.), высокое содержание цинка 8,9 (2016 г.) и избыточное 16,4 мг/кг (2017 г.).

В годы проведения исследований температура воздуха была выше среднемесячной за исключением апреля. Количество осадков в июле 2016, 2017, 2018 гг. было выше средней многолетней и составило 153, 236 и 212 %, в августе 88, 46 и 70 % соответственно.

Анализ агрохимических показателей почвы в годы исследований показал, что перед посевом кукурузы отмечалось высокое содержание фосфора (278–333 мг/кг), повышенное и высокое содержание калия (216 – 360 мг/кг), от низкого до избыточного содержание меди (1,15–7,94 мг/кг), от среднего до высокого содержание цинка (4,56–9,63 мг/кг) (табл.1).

Таблица 1

Агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой и связно-супесчаной почвы перед посевом кукурузы

Агрохимические показатели	Кукуруза					
	д/п сс*	д/п сг*	д/п сс*	д/п сг*	д/п сс*	д/п сг*
	2016	2016	2017	2017	2018	2018
P_2O_5	324	278	333	288	313	319
K_2O	216	331	256	209	360	347
Cu	1,98	1,15	3,14	6,12	2,63	7,94
Zn	7,07	4,56	9,63	9,36	9,43	3,59

* д/п сс – дерново-подзолистая связносупесчаная почва.

* д/п сг – дерново-подзолистая среднесуглинистая почва.

Перед уборкой кукурузы, как показали результаты исследований, система удобрения, гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы, погодно-климатические условия оказали влияние на её плодородие. Фосфор и калий являются важнейшими элементами, влияющими на качество урожая, состав органических соединений в растении принимают активное участие в образовании белковых веществ и нормализации процессов синтеза [3].

При внесении куриного помета при органической системе удобрения снижалось содержание подвижного фосфора в связно-супесчаной почве от 7 (2016 г.) до 10 мг/кг (2017 г.), среднесуглинистой от 9 (2016 г.) до 10 мг/кг (2017 г.) и увеличивалось на 49 мг/кг в 2018 г.; при органо-минеральной системе удобрения содержание подвижного фосфора уменьшалось на 6 (2016 г.) и 24 мг/кг (2018 г.) в связно-супесчаной на 6 (2017 г.) и на 50 мг/кг (2018 г.) в среднесуглинистой почве (табл. 2).

Таблица 2

Агрохимические показатели почвы перед уборкой кукурузы

	Куриный помет						Куриный помет + NPK					
	дерново-подзолистая связно-супесчаная			дерново-подзолистая среднесуглинистая			дерново-подзолистая связно-супесчаная			дерново-подзолистая среднесуглинистая		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
P ₂ O ₅ , мг/кг	317	322	384	269	278	368	318	322	289	263	282	269
K ₂ O, мг/кг	218	214	324	281	247	267	262	277	348	383	283	278
Cu, мг/кг	3,12	3,27	2,69	5,98	6,27	6,32	3,12	3,33	2,73	6,14	6,28	6,08
Zn, мг/кг	9,16	9,69	9,52	9,21	9,55	4,52	9,24	9,70	9,65	9,07	9,48	9,32

Содержание подвижного калия при органической системе удобрения снижалось на связно-супесчаной почве от 36 (2018 г.) до 42 мг/кг (2017 г.), среднесуглинистой на 50 (2016 г.), 38 (2017 г.) и 80 мг/кг в 2018 г.; при органо-минеральной системе удобрения в связно-супесчаной почве увеличивается содержание подвижного калия на 21 (2017 г.), 46мг/кг (2016 г) и уменьшается на 12 мг/кг в 2018 г., в средне-суглинистой увеличивается на 52 (2016 г.) ,74 мг/кг (2017 г.) и уменьшается на 69 мг/кг в 2018 г.

Содержание меди увеличилось в связно-супесчаной почве при органической системе удобрения на 1,14 (2016 г.), 0,13 (2017 г.), 0,03 мг/кг (2018 г.), среднесуглинистой на 4,83 (2016 г.), 0,15 (2017 г.) мг/кг, но снизилось на 1,62 мг/кг в 2018 г.; при органо-минеральной системе удобрения содержание подвижной меди увеличилось на связно-супесчаной почве на 1,14 (2016 г.),0,19 (2017 г.) и 0,10 мг/кг (2018 г.), на средне-суглинистой на 4,99 (2016 г.) ,0,16 мг/кг (2017 г.), снизилось на 1,86 мг/кг почвы в 2018 г.

Содержание цинка увеличилось при органической системе удобрения в связно-супесчаной почве на 2,09 мг/кг (2016 г.), 0,03 (2017 г.) и на 0,09 мг/кг в 2018г., среднесуглинистой на 4,65 (2016 г.), 0,19 (2017 г.),

0,93 мг/кг (2018 г.); при органо-минеральной системе удобрения на связно-супесчаной почве увеличивалось на 2,17 (2016 г.), 5,14 (2017 г.), 0,22 мг/кг (2018 г.), средне-суглинистой почве на 4,51 (2016 г.), 0,12 (2017 г.) и на 5,73 мг/кг (2018 г.).

При оценке эффективности навоза КРС на соломенной подстилке после уборки кукурузы установлено, что при органической системе удобрения снижается содержание подвижного фосфора, по сравнению с его содержанием в почве до посева, в связно-супесчаной почве на 7 мг/кг (2016 г.), среднесуглинистой на 63 мг/кг (2016 г.) и 83 мг/кг (2017 г.); при органо-минеральной системе удобрения на связно-супесчаной почве снижается на 14 мг/кг, среднесуглинистой на 51 (2016 г.) и на 81 мг/кг (2017 г.). В 2017 году на связно-супесчаной почве отмечается увеличение содержания подвижного фосфора на 3 мг/кг при органической и на 7 мг/кг почвы при органо-минеральной системе удобрения (табл. 3).

Содержание подвижного калия при органической системе удобрения уменьшается в связно-супесчаной почве в 2016 г. на 14 мг/кг, среднесуглинистой на 59 мг/кг почвы; при органо-минеральной системе удобрения увеличивается на 106 мг/кг на связно-супесчаной и уменьшается на 12 мг/кг среднесуглинистой почве. В 2017 г. в связно-супесчаной почве при органической и органо-минеральной системе удобрения содержание калия уменьшается на 11 и 7 мг/кг почвы соответственно, но увеличивается на среднесуглинистой при органической на 20, органо-минеральной на 4 мг/кг.

Содержание подвижной меди увеличивается при органической системе удобрения в связно-супесчаной почве на 1,11 (2016 г.) и 13 мг/кг (2017 г.), среднесуглинистой на 4,93 (2016 г.) и 9,0 мг/кг (2017 г.) почвы; при органо-минеральной системе удобрения на связно-супесчаной почве на 0,44 (2016 г.), и на 18 мг/кг (2017 г.), среднесуглинистой на 4,73 мг/кг (2016 г.) почвы и 0,9 (2017 г.) мг/кг.

Содержание подвижного цинка в 2016 г. увеличилось при органической системе удобрения на связно-супесчаной почве на 2,41 мг/кг, среднесуглинистой на 4,69 мг/кг; при органо-минеральной на 2,47 и 4,61 мг/кг соответственно; в 2017 г. на связно-супесчаной почве при органической системе удобрения увеличилось на 9 мг/кг, при органо-минеральной на 7 мг/кг, на среднесуглинистой почве изменений нет.

Таблица 3

Агрохимические показатели почвы перед уборкой кукурузы

	Навоз (КРС)				Навоз (КРС)+NPK			
	дерново-подзолистая связно-супесчаная		дерново-подзолистая среднесуглинистая		дерново-подзолистая связно-супесчаная		дерново-подзолистая среднесуглинистая	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
P ₂ O ₅ , мг/кг	317	337	215	205	310	340	227	207
K ₂ O, мг/кг	202	245	272	229	322	249	343	213
Cu, мг/кг	3,09	3,27	6,08	6,21	2,42	3,32	5,88	6,22
Zn, мг/кг	9,48	9,72	9,25	9,36	9,54	9,70	9,17	9,37

Таким образом, при внесении под кукурузу 80 т/га куриного помета или навоза КРС на дерново-подзолистой связно-супесчаной или средне-суглинистой почве при органической и органо-минеральной системе удобрения снижается содержание подвижного фосфора от 7 до 59 мг/кг, и калия при органической системе удобрения от 12 до 80 мг/кг, но увеличивается содержание калия от 21 до 74 мг/кг при органо-минеральной системе удобрения. Содержание меди и цинка не зависимо от условий постоянно увеличивается, что и сказывается в дальнейшем на высоком избыточном их содержании в почве.

Список литературы

1. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. В. Г. Гусакова. – Минск, 2010 – 106 с.
2. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / М. В. Рак [и др.]. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 28 с.
3. Вильдфлуш, И. Р. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. В. Лапа. – Минск: Технопринт, 2005. – 276 с.

УДК 633.28, 631.53.02

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА И МИКРОУДОБРЕНИЯМИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ

Чирко Е. М., Гончаревич Т. В.

Брестская ОСХОС НАН Беларуси, г. Пружаны, Беларусь

Обработка семенного материала с использованием микроэлементов и стимуляторов роста является основой для получения здоровых, дружных всходов, так как способствует повышению посевных качеств семян, защищает семена и проростки от многих возбудителей болезней, уменьшает стрессовую нагрузку от применения пестицидов и действия неблагоприятных факторов среды [1]. Применение регуляторов роста оказывает существенное влияние на равномерное появление всходов и энергию прорастания, что впоследствии отражается на общем состоянии посевов, росте и развитии растений в онтогенезе, на урожайность и качественные показатели [2].

Лабораторные исследования проведены в 2019 г. Опыт закладывался в четырехкратной повторности по 50 семян в каждой повторности. Семенной материал обрабатывался растворами препаратов в соответствии с принятой схемой исследований. В качестве контроля служил вариант, где семена были обработаны дистиллированной водой. Проращивание

проводилось в темноте в термостате при температуре +20 °С. Исходя из опыта предыдущих лабораторных исследований по изучению посевных качеств зерновых и зернобобовых культур, проращивание осуществлялось в бумажных рулонах, что обеспечивает равномерное увлажнение проращиваемых семян на протяжении всего времени наблюдения, исключая их пересыхание и вероятность плесневения.

Схема лабораторного опыта по изучению влияния предпосевной обработки регуляторами роста и микроудобрениями на посевные качества и развитие проростков суданской травы

Фактор	Градация
Предпосевная обработка	Контроль (дистиллированная вода)
	Экосил, 40 мл/т
	Гидрогумат, 0,5 л/т
	Наноплант – Fe – Актив, 60 мл/т
	Наноплант – Co, Mn, Fe, Cu, 70 мл/т

Учет лабораторной всхожести в соответствии с методикой по определению посевных качеств семян суданской травы проводился на 10 суток. Кроме этого определялась интенсивность ростовых процессов у прорастающих семян по длине проростка и корня, суммарной массе корней и массе проростков.

Учет лабораторной всхожести показал, что обработка семян суданской травы регуляторами роста и микроудобрениями положительно сказывается на повышении лабораторной всхожести (рис. 1).

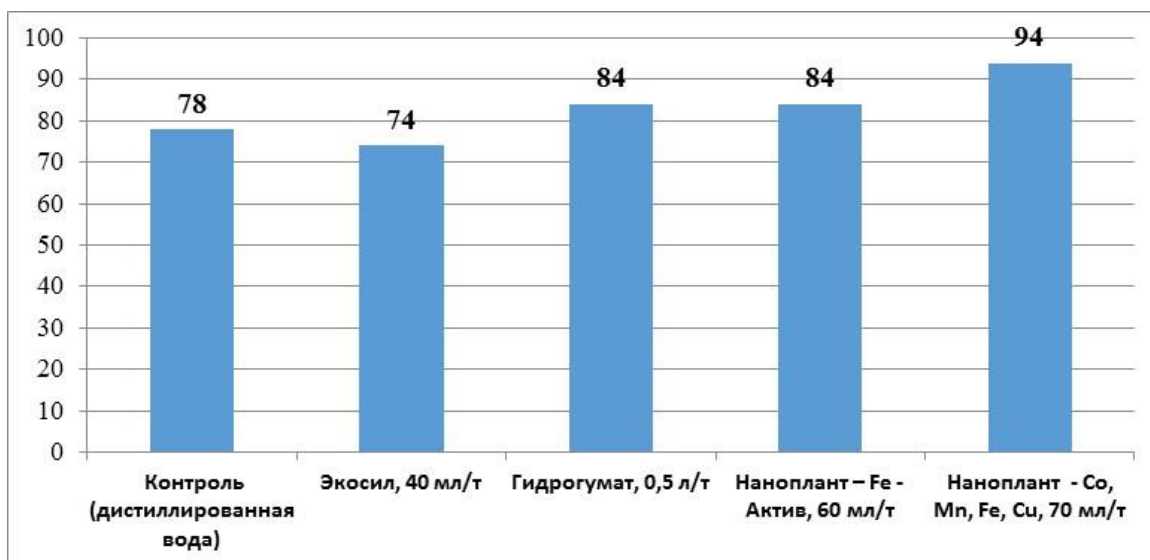


Рис. 1. Влияние обработки семян регуляторами роста и микроудобрениями на лабораторную всхожесть суданской травы, %, 2019 г.

Так, применение гидрогумата, 0,5 л/т и Наноплант – Fe – Актив, 60 мл/т, обеспечили повышение лабораторной всхожести по отношению к контролю на 6 %. На фоне использования Нанопланта – Co, Mn, Fe, Cu, 70 мл/т всхожесть возросла еще на 10 % и составила 94 %. Обработка семян экосилом, 40 мл/т привела к снижению лабораторной всхожести по сравнению с контрольным вариантом на 4 %.

Применение препаратов стимулирующего действия на ранних этапах онтогенеза путем предпосевной обработки семян позволяет повысить интенсивность обменных процессов при прорастании и более эффективно использовать запасные вещества семени. В результате этого активизируется рост проростков, их развитие, повышается жизнеспособность и, как следствие, в дальнейшем положительно сказывается на продуктивности культуры. В некоторой степени, полевою всхожесть семян можно прогнозировать по начальному росту проростков исходя из гармоничности роста корней и ростка [3, 4]. Параметры органов проростков семян позволяют с достоверной вероятностью судить о биологической полноценности семян, их урожайных свойствах и пригодности для посева [5].

С этой целью проведена оценка влияния испытываемых препаратов на длину ростка и зародышевого корешка семени (табл. 1).

Таблица 1

Влияние обработки семян на длину ростка и зародышевого корешка, см, 2019 г.

Вариант	Длина ростка, $\bar{x}$ см*	Длина корешка, $\bar{x}$, см*
Контроль (дистиллированная вода)	14,2 ± 1,33	16,5 ± 1,59
Экосил, 40 мл/т	9,3 ± 1,50	9,2 ± 1,81
Гидрогумат, 0,5 л/т	14,4 ± 1,31	17,1 ± 1,66
Наноплант – Fe – Актив, 60 мл/т	13,4 ± 1,21	16,5 ± 1,49
Наноплант – Co, Mn, Fe, Cu, 70 мл/т	14,5 ± 1,06	14,7 ± 1,67

* $\bar{x} \pm t_{05} S_{\bar{x}}$

На фоне применения экосила отмечалось значительное торможение линейного роста надземной и подземной части проростка, в данном случае длина ростка снизилась на 4,9 см, а длина корешка – на 7,3 см. Наиболее положительное влияние на увеличение линейного роста органов проростка оказал гидрогумат, где получен прирост как ростка, так и корневой системы. Препараты Наноплант – Fe – Актив и Нанопланта – Co, Mn, Fe, Cu стимулирующего эффекта на изменение длины органов проростка не оказывали.

Линейные размеры, в частности речь идет о длине ростка и корневой системы, являются важными характеристиками, используемыми для *морфофизиологической оценки проростков*, однако не всегда отображают биологическую полноценность семян, в частности силу роста. При выходе на поверхность проростку необходимы определенные усилия для преодоления сопротивления слоя почвы. И здесь важна не только длина ростка, но и немаловажное значение имеет его толщина и плотность. Поэтому масса сухих органов проростков позволяет установить действие регуляторов роста на проростки суданской травы именно в этом аспекте. Для характеристики была взята сухая масса ростков и корней (из расчета на 10 проростков) по каждому изучаемому варианту (рис. 2).

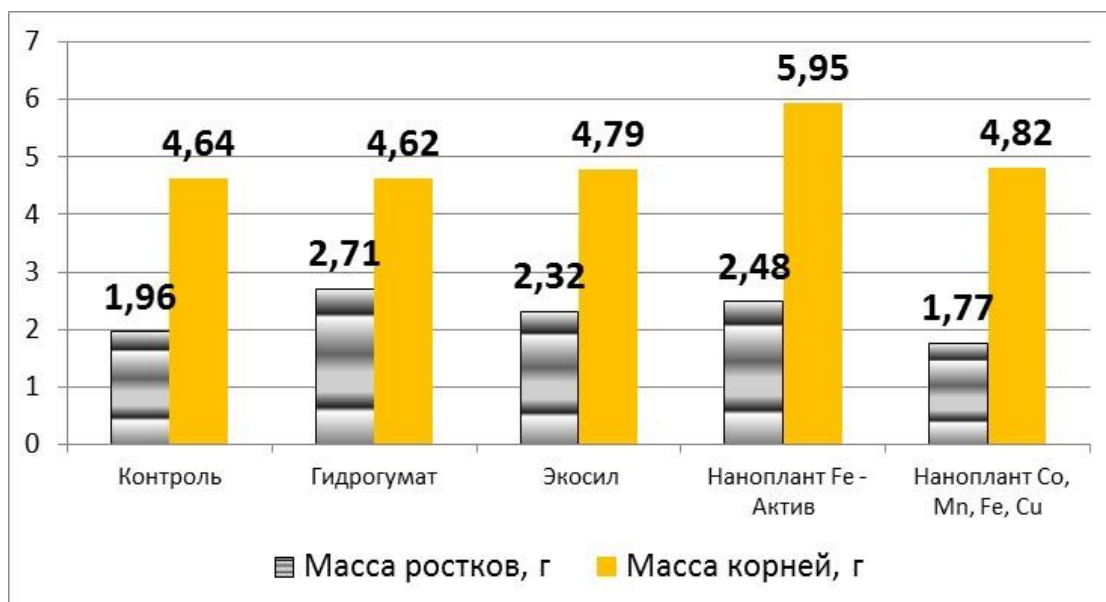


Рис. 2. Влияние регуляторов роста на изменение массы органов проростков суданской травы, г (в пересчете на сухое вещество 10 проростков), 2019 г.

Установлено, что обработка семян обеспечивала увеличение сухой массы корневой системы проростков во всех вариантах (за исключением гидрогумата), не смотря на то, что длина корневой системы на фоне обработки данным препаратом была самой максимальной (табл. 1). В тоже время именно гидрогумат обеспечивает наибольшую массу ростков (2,71 г), что превышает контрольный вариант на 38 %. Действие Нанопланта – Co, Mn, Fe, Cu на увеличение длины ростка также было положительным, но при этом по массе ростки значительно уступали контрольному варианту (минус 0,19 г).

Стимуляция ростовых процессов, выражающаяся в одних случаях в изменении длины проростка, а в других в увеличении корневой системы свидетельствует о различиях в направленности действия изучаемых препаратов на перераспределение пластических веществ между проростком и корнями. Коэффициент отношения сухой массы побега к сухой массе корней ($K_{\text{росток/корень}}$) используется именно для установления этой направленности в развитии. Более низкая величина данного коэффициента свидетельствует о хорошем развитии подземной части проростка. И наоборот, при высокой величине $K_{\text{росток/корень}}$ можно говорить о стимуляции роста побега [6].

В нашем опыте использование гидрогумата и экосила в большей степени стимулировало развитие надземной части проростка, и коэффициент $K_{\text{росток/корень}}$ составил 0,59 и 0,48 соответственно. Это выше показателя контрольного варианта, где коэффициент был равен 0,42. Развитию корневой системы в наибольшей степени способствовало использование препарата Нанопланта – Co, Mn, Fe, Cu. Коэффициент соотношения массы ростка и корня в данном случае составил 0,37. Для суданской травы, которая имеет высокую засухоустойчивость по своей биологии, но отличается медленным первоначальным ростом и длительным периодом от

посевов до всходов, более актуальным является повышение силы роста. Поэтому здесь предпочтительнее использование для предпосевной обработки гидрогумата и экосила.

Список литературы

1. Коновалов, Н.Н. Урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от обработки семян растений стимуляторами роста и микроудобрениями в условиях Лесостепи ЦЧР: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09. / Н. Н. Коновалов; ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени К. Д. Глинки». – Воронеж, 2009. – 22 с.
2. Зауралов, О.А. Об эффективности ускоренных сроков предпосевной обработки семян зерновых культур регуляторами роста в полевых условиях / О. А. Зауралов // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – № 5. – С. 94 – 98.
3. Ларионов, Ю. С. Степень развития органов проростков семян бобовых культур как показатель их потенциальной продуктивности / Ю.С. Ларионов, А.П. Горбатая // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2 (88). – С. 17–18.
4. Сосненко, С. В. Определение урожайных свойств семян яровой пшеницы на основе оценки органов проростков / автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09. / С. В. Сосненко.– Курган, 2002.– 17 с.
5. Петуховский, С. Л. Фенотипическая изменчивость органов проростков семян яровой пшеницы как критерий урожайных свойств генотипа сорта в конкретных условиях выращивания / С. Л. Петухов, Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова // Омский научный вестник. – 2013. – № 2 (124). – С. 71–75.
6. Яблонская, Е. К. Экзогенная регуляция продукционного процесса, качества зерна и устойчивости к фитопатогенам озимой мягкой пшеницы: автореф. дис. докт. с.-х. наук: 03.01.05. Е.К. Яблонская; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2015. – 47 с.

УДК 632.93:633.34

ФИТОСАНИТАРНАЯ ОЦЕНКА ПОСЕВОВ СОИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Чуян Н. А.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

С целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства за счет увеличения урожайности и качества выращенной продукции в последние годы получили развитие агробиотехнологии с использованием микробиологических препаратов, обеспечивающих защиту растений от болезней и стимуляцию их роста. В отличие от химических препаратов, многолетнее использование микробиологических средств обеспечивает не только снижение количества возбудителей болезней в почве, но и существенно увеличивает ее плодородие [1].

Поскольку сжигать солому при недостатке органики и минеральных удобрений в современных экономических условиях просто недопустимо, поэтому снизить инфекционный фон как на полях, так и в высеваемом семенном материале можно обработкой семян протравителями, в том числе и биопрепаратами на основе антагонистических по отношению к патогенам штаммов бактерий [2].

Биопрепараты не заменяют удобрений, а дополняют их в системе питания культуры, повышают коэффициент использования питательных веществ из почвы и удобрений. Кроме того основные действующие компоненты биопрепаратов и другие биологически активные вещества в полной мере могут обеспечить высокую эффективность их действия от болезней и вредителей [3]. Применение биопрепаратов на семена позволяет значительно уменьшить количество применяемых пестицидов, снизить загрязнение окружающей среды фунгицидами [4]. Поэтому, мы решили провести эксперимент с применением биопрепаратов по сое без обработки посева гербицидами.

Цель работы – изучить влияние действия биопрепаратов (Грибофит и Имуназот) с побочной продукцией культур на удобрение и комплексного их внесения с азотными удобрениями на фитосанитарное состояние посева сои.

Исследования проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенном в с. Панино Медвенского района Курской области. Оценку засоренности сои проводили в 2020 году на четырех вариантах научно–производственного опыта. На всех вариантах опыта после уборки предшествующих культур всю побочную продукцию (измельченные растительные остатки) использовали в качестве удобрения путем поверхностной заделки их в почву [5].

Схема опыта включала следующие варианты:

- 1) измельченные растительные остатки (контроль);
- 2) измельченные растительные остатки + азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на т соломы зерновых культур;
- 3) измельченные растительные остатки + биопрепараты (обработка семян биопрепаратами Грибофит (2 л/т) и Имуназот (3 л/т) перед посевом + обработка почвы перед посевом биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + обработка растительных остатков перед заделкой Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га);
- 4) измельченные растительные остатки + биопрепараты (обработка семян биопрепаратами Грибофит (2 л/т) и Имуназот (3 л/т) перед посевом + обработка почвы перед посевом биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + обработка растительных остатков перед заделкой Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на т соломы зерновых культур).

Основные действующие компоненты агробиотехнологии, применяемые в нашем опыте – это культуры двух микроорганизмов: гриба *Trichoderma*, представленного в форме биопрепарата Грибофита и *Pseudomonas*, представленного в форме Имуназота. Грибофит – это экологически безопасный биофунгицид, ростостимулятор, фосфатмобилизатор. Препарат содержит споры и мицелий гриба *Trichoderma*, а также, продуцируемые грибом в процессе производственного культивирования, биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны). Имуназот – биологический препарат на основе ризосферных бактерий *Pseudomonas*, фосфатмобилизатор контактного и системного действия. Обладает ростстимулирующей активностью, повышает всхожесть и энергию прорастания, способствует усиленному развитию корневой системы растений.

Обработку почвы и побочной продукции культур биопрепаратами проводили опрыскивателем ОП-2000/24. Внесение аммиачной селитры осуществляли навесным разбрасывателем РН-0,8 перед заделкой пожнивно–корневых остатков. Измельченные растительные остатки заделывали в почву дисковой бороной на глубину 10–12 см. Через 40 дней после этого проводили основную отвальную обработку почвы под зерновые культуры на глубину 20–22 см.

Почва опытного поля – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке.

Учет засоренности посевов сои проводили глазомерно – числительным и количественным методами в период полных всходов и перед уборкой урожая. Для характеристики степени засоренности обследуемых посевов глазомерным учетом была использована четырех бальная шкала по А. И. Мальцеву [6]. Для количественного учета засоренности применяют рамки размером 0,25 м² (50×50 см) на каждой опытной делянке по диагонали накладывали в 4-х точках учетные рамки. Сорняки внутри рамки выдергивали и подсчитывали по биологическим группам и указывали преобладающие сорняки.

Следует заметить, что соя – растение светолюбивое и влаголюбивое, со сравнительно малоразвитой корневой системой, она слабо конкурирует с сорняками, особенно в первой половине своей вегетации, что связано с медленным ростом в период от появления всходов до образования первых тройчатых листьев [7]. Соя с первых дней развития нуждается в защите от сорняков, поскольку неглубокое проникновение корневой системы в почву, небольшая высота растений и медленный рост в начале вегетации снижают конкурентоспособность этой культуры по отношению к сорным растениям [8]. Сорняки быстро развивая вегетативные органы затеняют сою и ослабляют ее фотосинтез, конкурируют за воду и элементы питания, снижают температуру почвы на 2–4 °С, удлиняют вегетацию культуры, являясь резервуарами болезней и вредителей. Они не только снижают урожайность, но и ухудшают качество продукции, увеличивают затраты на производство [9].

В посевах сои на всех вариантах опыта преобладали двудольные сорняки: в первую очередь, многолетние корневищные – вьюнок полевой (*Convōlvulus arvēnsis*) и осот желтый (*Sonchus arvensis*), численность, которых в среднем за период вегетации сои на учетных делянках достигала 18–37 шт/м², численность щетинника сизого (*Setaria pumila*) составляла 22 шт/м², щирицы зеленой (*Amaranthus viridis* L.) – 46 шт/м², редьки дикой (*Raphanus raphanistrum*) – 46 шт/м², горчицы полевой (*Sinapis arvensis*) – 39 шт/м², хвоща полевого (*Equisetum arvense*) – 21 шт/м². Из однодольных сорняков широко представлены злаковые сорняки, численность проса куриного (*Echinochloa crusgalli* (L.)) достигала 110 шт/м², овсюга обыкновенного (*Avena fatua*) – 70 шт/м².

По степени засоренности все варианты опыта на момент появления всходов характеризовались как средне засоренные (сорняки встречаются в посеве в незначительном количестве, немногие экземпляры их обычно теряются среди массы культурных растений).

Но если учесть, что при введении опыта с применением микробиологических препаратов было исключено применение гербицидных препаратов, которые способны ингибировать развитие микробного сообщества на участках с применением биопрепаратов, то использование данной агробιοтехнологии приводило к засоренности посева сои с момента появления ее всходов на вариантах при использовании биопрепаратов с измельченными растительными остатками (вариант 3) и совместного внесения их с азотными удобрениями (вариант 4).

Глазомерный учет засоренности сои. (в среднем за период ее вегетации) вариантов 3 и 4. показал преимущество распространения овсюга обыкновенного (*Avena fatua*) – на 28 %, проса куриного (*Echinochloa crusgalli* (L.)) – на 30 % и щетинника сизого (*Setaria glauca* (L.) Beauv.) – на 20 %. По общей классификации данные опытные участки характеризовались как средне- и сильно засоренными.

В период полных всходов наблюдалось повсеместно на всех вариантах распространение сорной растительности, что связано с отсутствием обработки посевов почвенными гербицидами. Но после появления полных всходов была проведена обработка сои гербицидами (Хармони – 10 г/га + Базагран – 1,25 л/га) на опытных участках с внесением растительных остатков (вариант 1 – контроль) и азотных удобрений (вариант 2). В период перед уборкой провели очередную диагностику засоренности посева сои.

Учет засоренности посева сои по глазомерно-числительному методу перед уборкой выявил сильно (сорняки встречаются в посеве обильно, но культурные растения преобладают) и очень сильно засоренные (сорные растения преобладают над культурными растениями, глушат их) участки, где преимущественно обилие сорняковой растительности наблюдалось на варианте с обработкой микробиологическими биопрепаратами (Имуназотом и Грибофитом) и в комплексе с азотными удобрениями.

Установлено, что при использовании гербицидов сорняки успели отрасти и на обрабатываемых участках засоренность к периоду уборки составляла – 17,7 шт/м² на варианте с внесением одних растительных остатков (вариант 1) и 16,6 шт/м² на варианте с азотными удобрениями (вариант 2). На фоне внесения измельченных растительных остатков с микробиологическими препаратами (Грибофит + Иммуназот) и комплексного внесения их с азотными удобрениями без обработки гербицидами выявлен значительный прирост сорняковой растительности (рис.).

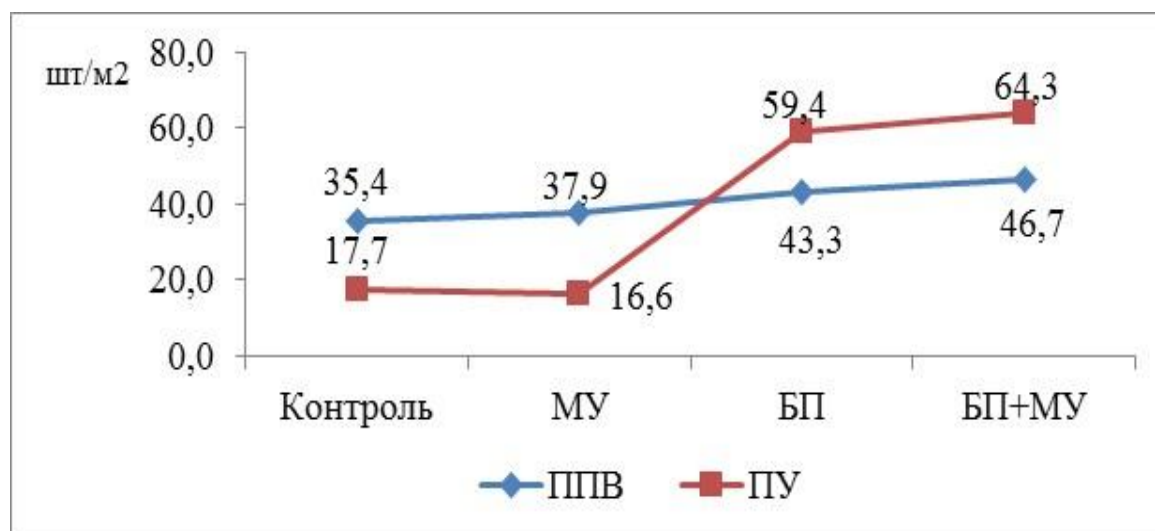


Рис. Засоренность посева сои, шт/м², в период полных всходов и перед ее уборкой (ППВ – период полных всходов; ПУ – перед уборкой).

Учитывая высокую численность и разнообразный видовой состав сорного фитоценоза, необходимо применять гербициды против разных групп сорняков, начиная с ранней стадии их развития и продолжая контроль в период вегетации [10].

Визуально нами была проведена оценка распространения заболеваемости посевов сои по всем вариантам опыта. Несмотря на то, что соя возделывалась впервые на участке нашего эксперимента, на ее посевах формировался комплекс болезней. На всех вариантах опыта, независимо от факторов (биопрепаратов и азотных удобрений) наблюдалось обламывание черешков и стеблей в местах поражения. Источником инфекции могли быть как зараженные семена, так и послеуборочные остатки. На всходах сои отмечено незначительное проявление пятнистости листьев фузариозного характера (*Fusarium sp.*). Имело место проявление на посевах пероноспороза *Peronospora manshurica*, причиной распространения которого являются зараженные семена. Но на варианте с обработкой микробиологическими препаратами (вариант 3) выявлено незначительное распространение названных заболеваний, здесь же в меньшей степени проявлялись признаки септориоза *Septoria glycines*. или ржавой пятнистости сои в первой половине вегетации культуры.

Таким образом, использование биопрепаратов Имуназота и Грибофита с измельченными растительными остатками в качестве органического удобрения) и совместного их применения с азотными удобрениями (10 кг д.в. N на т соломы зерновых культур) без обработки гербицидами приводило к сильной засоренности посевов, что способствовало неустойчивому развитию сои и формированию низкого ее урожая. Это говорит о необходимости использования протравителей для защиты сои от сорняковой растительности в условиях применения микробиологических препаратов.

Для сдерживания развития заболеваний культуры сои важно соблюдение севооборота, оптимального срока сева, своевременной уборки и сушки зерна, но и возможно использование микробиологических препаратов (Имуназота и Грибофита).

Список литературы

1. Щучка, Р. В. Особенности влияния биопрепаратов и стимуляторов роста и способа их применения на урожай и качество семян сои / Р. В. Щучка. – Елец: ЕГУ им. И. А. Бунина, 2016. – 90 с.
2. Бусыгин, Е. И. Эффективность комплексного применения биологических и химических средств защиты растений / Е. И. Бусыгин // Защита и карантин растений. – 2017. – № 3. – С. 7–9.
3. Высоцкая, Е. А. Оптимизация биоресурсного потенциала подсолнечника с использованием в технологии возделывания биологически активных препаратов / Е. А. Высоцкая, М. А. Крекотень // Вестник Воронежского государственного университета. – 2017. – № 1. – С. 20–26.
4. Ерохин, А. И. Эффективность применения биопрепарата Агат–25 при обработке семян гречихи и кормовых бобов / А. И. Ерохин, Т. С. Наумкина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №3(7). – С. 51–53.
5. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах Лесостепи ЦЧЗ. – Курск, 2005. – 20 с.
6. Досрехов, Б. А. Практикум по земледелию / Б. А. Досрехов, И. П. Васильев, А. М. Туликов. – М.: Колос, 1987. – 383с.
7. Соя в России // В. А. Федотов [и др.] – М.: Агролига России, 2013. – 294 с/
8. Кадыров, С. В. Обоснование борьбы с сорняками и пути повышения конкурентоспособности сои по отношению к ним / Соя и другие бобовые культуры в Центральном Черноземье: Сб. науч. трудов. – Воронеж, 2001. – С. 163–167.
9. Бабич, А. А. Интегрированная система борьбы с сорняками в просевах сои / А. А. Бабич // Аграрная наука. –1995. – №1. – С. 25–26.
10. Лысенко, Н. Н. Защита сои в Орловской области / Н. Н. Лысенко, Ю. В. Кузмичева // Защита и карантин растений. – 2017. – №7. – С. 23–26.

СОДЕРЖАНИЕ

Анисимова Т. Ю. Повышение продуктивности дерново-подзолистых супесчаных почв при внесении органических удобрений и торфа	3
Ардисламов Н. А., Романенков В. А., Большева Т. Н. Влияние минеральных и микроудобрений на урожай и качество двух сортов батата (<i>Ipomea batatas</i> , L.)	7
Бобомуродов Ш. М., Ташкузиёв М. М., Бердиев Т. Т. Влияние бактериально обработанных органоминеральных удобрений на основе гуминовых веществ на питательный режим почв	12
Богдевич И. М., Путятин Ю. В., Станилевич И. С. Динамика обеспеченности магнием и серой пахотных почв Беларуси и отзывчивость гороха на магниевые и серосодержащие удобрения	18
Брескина Г. М. Применение биопрепаратов и азотных удобрений при выращивании гречихи	23
Вильдфлуш И. Р., Мишура О. И. Эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании клевера лугового и гороха полевого	26
Влащук А. М., Дробит А. С., Прищепо Н. Н., Белов В. О. Применение удобрений при выращивании донника белого однолетнего	31
Гавриков С. В., Макаро В. М., Бабич Б. И. Влияние различных доз азотных удобрений в зависимости от покровной культуры на полевую всхожесть семян и густоту стояния растений фестулолиума	34
Гальцова А. Д., Арзамазова А. В., Кинжаев Р. Р. Влияние нефтезагрязнения на продуктивность ячменя и ферментативную активность почв	39
Гладких Е. Ю., Ревтьё-Уварова А. В. Динамика элементов питания в почве и эффективность их использования растениями в периоды экстремальных гидротермических условий	44
Господаренко Г. Н., Любич В. В., Калантыр В. В. Формирование урожайности и качества зерна пшеницы твердой озимой в зависимости от удобрения	50
Господаренко Г. Н., Черно Е. Д. Содержание обменного калия под пшеницей озимой после 55-летнего применения удобрений в севообороте	52
Дериглазова Г. М. Калийный режим в почвах Курской области	56
Дериглазова Г. М. Фосфатный режим в почвах Курской области	60
Дробит А. С., Конащук Е. П., Мисевич А. В., Кляуз М. А. Оптимизация минерального питания подсолнечника	65

Каримбердиева А. А., Ташкузиев М. М. Содержание микроэлементов в луговых аллювиальных почвах Приаралья, в органах хлопчатника и их вынос	67
Кирдун Т. М., Серая Т. М., Богатырева Е. Н. Система удобрения гречихи, возделываемой по соломе предшественника, на дерново-подзолистой супесчаной почве	71
Королев П. С., Большева Т. Н., Горленко А. С., Госсе Д. Д. Влияние новых форм комплексных удобрений на рост и развитие газонных трав в г. Москва	76
Кулеш О. Г., Мезенцева Е. Г., Симанков О. В., Грачева А. А. Эффективность удобрений в различных погодных условиях при возделывании яровой пшеницы	81
Ломашевич Т. В., Кирдун Т. М. Влияние различных систем удобрения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы	86
Лопушняк В. И. Энергетическое состояние гумуса как фактор повышения биопродуктивности оподзоленных почв	91
Лопушняк В. И., Грицуляк Г. С. Динамика агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы Прикарпатья при внесении осадка сточных вод под топинамбур	93
Лосевич Е. Б., Воронович С. Д., Сыантович А. А. Эффективность применения удобрений на основе гуминовых кислот на посевах озимой пшеницы	97
Лях Н. М., Пану В. Т., Савин Е. Е. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания на выщелоченном чернозёме	99
Макаро В. М., Гавриков С. В., Бабич Б. И. Применение органоминерального удобрения Оргамин при возделывании кукурузы на силос и зерно	105
Матюк Н. С., Мазиров М. А., Полин В. Д., Щигрова Л. И. Роль разноглубинной заделки пожнивного сидерата и соломы в стабилизации содержания гумуса в зернопропашном севообороте ЦРНЗ России	109
Мезенцева Е. Г., Кулеш О. Г., Зенькова С. М. Минеральные удобрения: современные тенденции эффективности в АПК Республики Беларусь	114
Митрохина О. А. Оценка изменения показателей плодородия черноземов типичных ЦЧР в процессе сельскохозяйственного использования	118
Огородникова С. В., Пичугина Е. М. Влияние микроэлементов (Cu, Zn, Mn) на рост и развитие газонных трав	123
Остонакулов Т. Э., Турсунов Г. С. Урожай и лежкость сортов батата при различных сроках высадки рассады	126

Остонакулов Т. Э., Усмонов Н. Н., Рузиева М. К. Плодородие почвы и урожай среднеранних сортов картофеля в зависимости от сидератных культур	130
Пашкевич Е. Б., Королев П. С. Оценка возможности внесения соевой мелассы в качестве органического удобрения на примере растений гороха (<i>Pisum sativum</i>) и ячменя (<i>Hordeum vulgare</i>)	133
Подоляк А. Г., Персикова Т. Ф., Карпенко А. Ф. Эффективность использования плодородия почв и удобрений в Гомельской области	138
Полякова Н. В., Кулагина Н. А. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на микробный комплекс аллювиальной осушенной почвы и урожай редиса	140
Проценко Е. П., Бабкина Л. А., Неведров Н. П., Баранов А. А. Загрязнение почв несанкционированных свалок минеральным азотом	143
Прудников В. А., Степанова Н. В. Продуктивность и качество льна-долгунца в зависимости от содержания карбонатов в поглощающем комплексе почвы	148
Русу А. П., Булат Л. И. Влияние разных приемов удобрения соломой на сохранение и приумножение содержания гумуса в черноземе обыкновенном	153
Рыбак А. Р., Щетко А. И. Влияние различных систем удобрений в севообороте на продуктивность клевера лугового	157
Сапего Н. А. Эффективность применения новых форм жидких комплексных удобрений для повышения урожайности семян льна масличного	160
Серая Т. М., Богатырева Е. Н., Белявская Ю. А. Путырский И. Н. Влияние систем удобрения на урожайность и качество тыквы на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности	163
Сидоренко Т. Н., Тихонова Л. Г. Эффективность применения микроэлементов на картофеле	167
Скрыльник Е. В., Герасименко Я. А., Кутовая А. Н., Гетманенко В. А., Товстый Ю. Н. Гумусное состояние дерново-подзолистой почвы при длительном внесении удобрений в условиях Полесья Украины	171
Смирнова Т. С. Исследование динамики минерализационных процессов почвенного органического вещества на дерново-подзолистой супесчаной почве	175
Смыченко В. Н. Эффективность глубокого локального внесения удобрений под яровой ячмень и подсолнечник	179
Снежинский А. А. Эффективность внесения препарата Полибакт для повышения урожайности льносомы и льнотресты	181
Стрелкова Е. В. Влияние погодных условий и срока сева на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя	183

Сунгатуллина А. Н. Последствие применения осадка сточных вод и извести на состояние Pb и Cd в дерново-подзолистой почве	187
Тарасов С. И., Кравченко М. Е., Бужина Т. А. Влияние длительного применения бесподстилочного навоза на изменения свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы	193
Тарасов С. И., Кравченко М. Е., Бужина Т. А. Влияние длительного применения бесподстилочного навоза на урожайность и качество костреца безостого	198
Ташкузиев М. М., Бердиев Т. Т., Очилов С. К., Карабеков О. Г., Каримов Х. Х., Атамуратов Ж. Показатели плодородия почвы и урожайности культур хлопкового севооборота при ведении органического земледелия.	203
Ташкузиев М. М., Каримбердиева А. А., Бердиев Т. Т., Очилов С. К. Результаты исследований влияния ресурсосберегающих технологий в хлопковом севообороте на динамику содержания в почве подвижных форм микроэлементов	208
Ташкузиев М. М., Очилов С. К. Состояние плодородия почв сероземной зоны Кашкадарьинского оазиса и агротехнологии обогащения органическим веществом, повышение урожайности культур хлопкового севооборота	213
Ташкузиев М. М., Шадиева Н. И. Система показателей гумусного состояния почв аридной зоны Центрально-азиатского региона и использование ее критериев в условиях горных и предгорных почв ..	217
Трипольская Л., Казлаускайте-Ядзявиче А., Бакшене Е. Количественные и качественные изменения гумуса в песчаной почве после конверсии пахотных угодий в другие виды землепользования ..	225
Фицура Д. Д., Сердюков В. А., Гастило Д. С. Влияние органического удобрения на основе шлама от производства молочных продуктов на урожайность и качество картофеля	229
Хомяков Д. М. Использование агрохимикатов и почвенных ресурсов в сельском хозяйстве Российской Федерации: анализ длительных трендов	234
Христенко А. А. Влияние почвенно-климатических условий на обеспеченность пахотных почв минеральным азотом	239
Царёва М. В. Оценка влияния органических удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы	244
Чирко Е. М., Гончаревич Т. В. Влияние обработки семян регуляторами роста и микроудобрениями на рост и развитие проростков суданской травы	248
Чуян Н. А. Фитосанитарная оценка посевов сои при использовании биопрепаратов в условиях Курской области	252

Научное издание

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И
ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

Материалы Международной
научно-практической конференции
(Минск, 22–25 июня 2021 г.)

Ответственный за выпуск Н. Ю. Жабровская

Редакторы Т. Н. Самосюк, А. С. Атлас

Издано по заказу РУП «Институт почвоведения и агрохимии».
Подписано в печать 11.06.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 15,22. Уч.-изд. л. 17,12.
Тираж 100 экз. Заказ 17.

Издатель и полиграфическое исполнение: Государственное предприятие
«Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/39 от 20.09.2013.
Ул. Казинца, 103, 220108, Минск.