

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

"ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского

Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов

на правах рукописи

ЛЫХМАН ВЛАДИМИР АНАТОЛЬЕВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ
ЧЕРНОЗЕМНЫХ И КАШТАНОВЫХ ПОЧВ
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность – 06.01.03 Агрофизика

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
Доктор биологических наук
профессор **Безуглова О.С.**

Ростов-на-Дону

2017

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Общее понятие о структуре и структурообразовании	10
1.2 Влияние структурного состояния почвы на ее плодородие	16
1.3 Влияние минеральных удобрений на структуру почвы	21
1.4 Роль гумусовых веществ в структурообразовании	25
1.5 Связь структурного состояния почвы с микробиологической	27
и ферментативной активностью	27
1.6 Влияние корневых систем растений на структурное состояние почв	33
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	39
2.1 Почвенно-климатические условия Ростовской области	39
2.2 Объект исследования	42
2.2.1. Характеристика почвы	42
2.2.2. Гуминовые препараты	49
2.2.3. Биологические особенности возделываемых культур	53
2.3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	59
3. ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА	62
3.1. Влияние гуминовых препаратов на структурное состояние почвы	62
3.2 Оценка влияния гуминовых препаратов на распределение фракций агрономически ценных агрегатов чернозёма обыкновенного карбонатного в различные сезоны годового цикла	80
3.3 Связь структурного состояния с биологической активностью почвы и влияние на этот показатель гуминовых препаратов	91
3.4. Влияние гуминовых препаратов на урожайность сельскохозяйственных культур	103
ВЫВОДЫ	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	113
ПРИЛОЖЕНИЯ	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

Анализируя современное состояние сельского хозяйства, следует отметить, что применение новейших методик химизации производства, в том числе и точное земледелие, обеспечивает по сравнению с началом 20 века высокие показатели урожайности. При этом основное внимание уделяется различным методам поддержания в почве расчетного уровня элементов питания и органического вещества. Созданию оптимальных агрофизических свойств в почве, исследованиям влияния нетрадиционных почвоулучшателей (биогумус, вермикомпост, сапропель) на свойства почв, отводится значительно меньше внимания. В то же время эксплуатация почвенного покрова в сельскохозяйственных целях с применением комплекса почвообрабатывающих машинных технологий сопровождается, как правило, деградацией физических свойств: переуплотнением подпахотного и нижней части пахотного горизонтов, а также диспергацией агрономически ценных агрегатов. Снижение количества агрономически ценных агрегатов, их водостойчивости ведет к трансформации пространственно-функциональной организации почв и, как следствие, ухудшению почвенных режимов – резкой смене периодов недостатка и избытка влаги, снижению доступного кислорода, иному температурному режиму. Смена почвенных режимов, в свою очередь, ведет к трансформации химических и биологических свойств, снижению почвенного плодородия и биологического разнообразия

И с этой точки зрения необходимо отметить определенный резерв за использованием биологически активных веществ, а именно гуминовых препаратов, в результате применения которых происходит значительная активизация почвенной микрофлоры и увеличивается скорость биохимических реакций в системе биота ↔ почва ↔ растение. Как следствие оптимизируется дыхание и газовый обмен, разложение и синтез органического вещества, увеличивается запас органического вещества, происходит более быстрая и полная гумификация растительных остатков (Орлов, 1991, 1993; Якименко, 2016; Демин, 2006; Куликова, 2008). Многолетние исследования подтверждают положительное воздействие гуминовых ве-

ществ на структурное состояние возделываемой почвы, а именно, агрофизические свойства, в том числе водопрочность агрегатов (Владыченский, 1949; Кураченко, 2001; Шеин, Милановский, 2005). При этом необходимо отметить роль микробиологической активности в агрегатобразовании. Бактерии и грибы, в процессе своей жизнедеятельности выделяют различные органические вещества, которые являются для почвенных частиц коагулирующим агентом (Гельцер, 1940). Необходимо отметить также важнейшую функцию гуминовых веществ в почве, способствующих формированию органо-минеральной матрицы, обеспечивающую структурную организацию почвы (Зубкова, Карпачевский, 2001; Апарин, 2012). Отметим, что изменение агрофизических показателей, которые сами по себе имеют определенную сезонную динамику и зависят от особенностей ведения земледелия, является одним из признаков трансформации почв, обусловленных антропогенной деятельностью, и слишком часто эти колебания идут со знаком минус, свидетельствующим о деградационных процессах (Королев, 2008). Именно агрофизическая деградация в настоящее время принимает широкие масштабы и представляет существенную угрозу плодородию почв, нормальному функционированию почвенного покрова и наземных экосистем в целом, что и обуславливает актуальность данного исследования.

Степень разработанности темы

Стимулирующее действие гуминовых удобрений и препаратов на растения, активизация их резистентности к негативным последствиям абиогенных и биогенных факторов биогеоценоза были отмечены значительным количеством научно-практических работ (Горовая, 1993; Горовая и др., 1995; Перминова, 2004). Менее изучена роль гуминовых веществ в процессах формирования структурно-агрегатного состава, которые тесно связаны с микробиологической и ферментативной активностью. При этом в комплексе вышеперечисленные факторы определяют плодородие почвы и, как следствие, продуктивность фитомассы.

За последние 50 лет проведено большое количество модельных и полевых экспериментов, которые подтвердили эффективность применения гуминовых соединений, опубликована монография, раскрывающая механизмы влияния гуми-

новых препаратов торфяной природы на продуктивность растительных сообществ (Касимова, Порываева, 2004; Chen, 1990; Clapp et al, 2001). Однако исследований, посвященных влиянию гуминовых препаратов на структурное состояние почв явно недостаточно.

Цель и задачи исследования

Основная цель – выяснить влияние биологически активных веществ на структурно-агрегатное состояние черноземов и тёмно-каштановой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Для достижения цели были поставлены задачи:

1. Дать характеристику основных физико-химических свойств почв экспериментальных участков (чернозёмов обыкновенного карбонатного и южного, темно-каштановой почвы).
2. Определить агрегатный состав и водопрочность агрегатов в чернозёмах (обыкновенном карбонатном, южном) и тёмно-каштановой почве, проследить их динамику в многолетних экспериментах, провести оценку структурного состояния почв в динамике (по соотношению агрегатов разной размерности, коэффициентам структурности и водопрочности почвенных агрегатов).
3. Изучить влияние гуминовых препаратов на распределение фракций агрономически ценных агрегатов чернозёма обыкновенного карбонатного, чернозёма южного, тёмно-каштановой почвы в различные сезоны годового цикла.
4. Установить взаимосвязь между структурно-агрегатным составом и ферментативной активностью.
5. Выявить влияние микробиологической активности на структурное состояние почвы.
6. Определить влияние гуминового препарата ВЮ-Дон на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях научно-исследовательского эксперимента и в производстве.

Научная новизна

Проведенные исследования показали, что гуминовые препараты улучшают такие показатели структурного состояния чернозема обыкновенного карбонатного и других почв Ростовской области, как водопрочность и коэффициент структурности. Изменение этих показателей происходит за счет увеличения в составе фракций доли агрегатов размером от 1 до 0,5 мм, характеризующихся высокой агрономической ценностью в силу своей высокой водопрочности и участия в создании оптимального водно-воздушного режима почвы (Качинский, 1965). Способствует этим изменениям рост биологической активности, определяемый по таким показателям как ферментативная активность и численность микроорганизмов. Установлено, что корреляционная связь между активностью инвертазы и коэффициентом структуры по шкале Чеддока оценивается как сильная ($r = 0,82$; $m_r = 0,17$; $t_r = 4,9$). Корреляционная связь между численностью аммонификаторов и водопрочностью, характеризуется как умеренная ($r = 0,52$; $m_r = 0,16$; $t_r = 3,3$). В ходе полевых экспериментов было отмечено достоверное повышение урожайности зерновых культур озимой пшеницы и ярового ячменя, а также качества зерна, в частности по клейковине и протеину.

Теоретическое и практическое значение

Исследования направлены на научное обоснование применения гуминовых препаратов для улучшения и поддержания оптимального структурного состояния почв. Теоретическая значимость состоит в том, что показан механизм влияния гуминового препарата на структуру почвы: опосредованно, через стимуляцию микроорганизмов ризосферы фитоценозов. Полученные практические и теоретические данные подтвердили целесообразность применения гуминового препарата в производственных условиях, и позволили подобрать наилучший способ его использования. Полученные данные стали основой для подготовки рекомендаций и технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Ростовской области.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 06.01.03 Агрофизика (биологические науки) в части разработки агроприемов рационального использования природных ресурсов, повышения эффективности и устойчивости агроэкосистем, земледелия и растениеводства в полевых и регулируемых условиях. Изучение влияния гуминовых препаратов на структурное состояние почвы и ее водопроходимость отвечает прикладным задачам агрофизики в аспекте создания новых агротехнически эффективных приёмов по повышению плодородия почвы, и в частности, сохранения и восстановления агрономически ценной структуры почв, в том числе за счет нетрадиционных почвоулучшателей (биогумус, вермикомпост и т.д.) на свойства почв.

Положения, выносимые на защиту

1. Применение гуминовых препаратов улучшает и поддерживает агрофизические показатели в оптимальном диапазоне: увеличивается доля агрономически ценных агрегатов, за счет сокращения пылеватой и глыбистой фракций. Это, в свою очередь, приводит к росту таких агрофизических показателей как коэффициент структурности и содержание агрономически ценных водопроходных почвенных агрегатов размерностью от 5 до 0,25 мм, прежде всего, за счет увеличения доли фракций от 1 до 0,5 мм.
2. Гуминовые препараты способствуют сохранению структурного состояния почвы в экстремальный по температурному режиму засушливый период, сглаживая (уменьшая) процессы разрушения комковато-зернистых отдельностей, приводящие к увеличению пылеватой и глыбистой фракций, не являющихся агрономически ценными.
3. Установленная положительная корреляционная связь между численностью аммонификаторов, целлюлозоразрушающих микромицетов и актиномицетов и показателями структурного состояния, а также, активностью каталазы и инвертазы с теми же показателями структурного состояния позволяет предположить возможные механизмы положительного воздействия гуминовых препаратов на

структурное состояние почвы: гуминовые препараты опосредованно – через увеличение биологической активности – улучшают структурное состояние почвы.

4. Исследованные гуминовые препараты оказывают стимулирующее влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений, способствуя формированию более высокого урожая и высококачественной продукции.

Апробация работы. Работа является результатом 6-летних исследований. Основные положения работы были представлены на: 6-й Съезде Общества почвоведов им. В.В.Докучаева (Петрозаводск, 13-18 августа 2012); Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2014» (Москва, 7— 11 апреля 2014 года); «Проблемы и перспективы производства сельскохозяйственных культур в Южном регионе Российской Федерации» (Рассвет, 4-6 июня 2014 г.); Международная научная конференция «Наследие И.В. Тюрина в современных исследованиях в почвоведении» (Казань, 2013 г.); «Актуальные вопросы образования и науки» (Тамбов, 30 декабря 2013 г.); Международная научная конференция «Современное состояние черноземов». (Ростов-на-Дону, 24-26 сентября 2013 г.); Международная научная конференция студентов "Миссия молодежи в науке" (Ростов-на-Дону, 20 ноября 2014 г.); V-й съезде Белорусского общества почвоведов и агрохимиков «Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия» (Минск, 22-25 июня 2015); Международная научная конференция, посвящённая 100-летию Южного федерального университета «Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия» (Ростов-на-Дону, 27-30 мая 2015 г.); VII Всероссийская научно-практическая конференция «Научные проблемы использования и охраны природных ресурсов России» (Самара, 26 – 28 мая 2015 года); XI Международная конференция daRostim-2015 «Теория, практика и перспективы применения биологически активных соединений в сельском хозяйстве» (Сыктывкар, 17–19 июня 2015 г.); Международная научно-практическая конференция, «Научное обеспечение агропромышленного комплекса на современном этапе» (Рассвет, 25 сентября 2015 г.); International Scientific Practical Conference, dedicated to the announcement of 2015 as “The Year of Agriculture” in Azerbaijan (Ganja, Azerbaijan, 23-24 October

2015); International Congress on “Soil Science in International Year of Soils” (Sochi, Russia, 19-23 October, 2015); XXIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2016» (г. Москва); 7-й Съезде Общества почвоведов им. В.В.Докучаева (Белгород, 15-22 августа 2016).

Финансовое обеспечение работы. Исследования выполнены в рамках НИР «Разработка технологии применения новых биопрепаратов и биологически активных веществ на посевах сельскохозяйственных культур, изучение комплексного использования средств химизации в севообороте» Госзадания (№710-2014-0005).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 35 печатных работ, из них 7 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

Личное участие автора составляет около 70%. Все эксперименты проведены при непосредственном участии автора. Отбор почвенных и растительных образцов, а также большинство лабораторных исследований (кроме микробиологических анализов), обработка и интерпретация полученных материалов проведены автором диссертации.

Благодарности. Автор выражает признательность и благодарность за внимание, постоянную поддержку на всех этапах работы своему научному руководителю О.С. Безугловой, глубокую благодарность коллегам и соавторам статей – А.В. Горовцову и Е.А. Полиенко, а также сотрудникам кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ, коллегам из ДЗНИИСХ за поддержку и помощь в работе при закладке полевых опытов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общее понятие о структуре и структурообразовании

Присутствие в почве различных агрегатов естествоиспытатели отмечали еще в 18 веке. Так, М.И. Афонин, изучая в 1771 году высокогумусные чернозёмные почвы, описывал «ореховатый чернозём» (цит. по: Володин, 1992). Один из авторитетных исследователей второй половины 18-го века И.М. Комов отмечал, что чернозём «всегда мягким и сочным бывает, от чего, когда его пашут, то глыбы, плугом подрезанные, блестят и, полежав на воздухе, в мелкие комочки рассыпаются» (цит по: Крупенников, 1981). К концу 19 века этим почвенным феноменом заинтересовались западноевропейские ученые, которые при помощи лизиметрических и лабораторных опытов установили зависимость различных физических свойств почвы от размера её комочков и от содержания пыли (Раманн, 1901).

Сооснователь науки о почве П.А. Костычев (1911) обращал внимание ученого сообщества на необходимость исследования агрофизических свойств почв. Он отмечал, что после обработки плугом целинных почв, нарушается ее структура и, как следствие, снижаются урожаи. При этом он писал, что, если такую почву оставить на год без распашки (перелог), то степная растительность восстанавливает плодородие почвы. Кстати, данный приём широко использовался в хозяйствах того времени, он является предшественником паровой системы земледелия.

Ближе к середине 20 века почвенной структуре в почвоведении стали уделять больше внимания. В данном направлении отметилась целая плеяда известных ученых: И.Н. Антипов-Каратаев, П.В. Вершинин, Н.А. Качинский и др. Первостепенное значение агрофизическому состоянию почвы в плодородии отдавал В.Р. Вильямс. Он считал, что только благоприятные агрофизические условия позволяют эффективно реализовывать различные методы повышения плодородия, в том числе внесение удобрений. В связи с этим, все агротехнические мероприятия были нацелены на формирование и поддержание

почвенной структуры, прежде всего, за счет введения травопольной системы (Бушинский, 1950). При этом, несмотря на все возрастающую популярность данного направления, появлялась информация, что высоким плодородием характеризуются и бесструктурные почвы, если они обладают благоприятным водным и воздушным режимом. К середине 20-го века интерес к травопольной системе стал угасать, что на развитии учения о почвенной структуре и структурообразовании сказалось негативным образом. Тем не менее, к этому моменту уже было доказано, что структурные почвы гораздо устойчивее бесструктурных к заплыванию, дольше сохраняют своё строение, требуют меньших усилий при обработке, они не переуплотняются, устойчивы к дефляции и водной эрозии, что является наглядной демонстрацией взаимосвязи структуры и плодородия почвы. Несмотря на критику травопольной системы и утраты интереса к агрофизике в целом, исследования в данном направлении все же осуществлялись. Так, например, известный академик В.В. Медведев продолжал исследования, применяя метод многофакторных модельных опытов, с использованием математического анализа. Итогом его работы явилась монография (Медведев, 2008).

По классификации П.В. Вершинина (1953) выделяют микроструктуру, макроструктуру и мегаструктуру. Агрегаты размером меньше 0,25 мм называют микроструктурой, от 0,25 до 10 мм – макроструктурой и более 10 мм – мегаструктурой (глыбистой). Агрономическое значение имеют микро- и макроструктура. Согласно исследованиям В.Р. Вильямса: оптимальные условия для вегетации растительных организмов создаются при величине структурных отдельностей в почве от 1 – 10 мм. Работы современных исследователей содержат информацию, о том, что в почвах, в частности в чернозёмах, у которых при нормальных условиях в верхней части пахотного горизонта преобладают агрегаты от 0,25 до 3 мм, транспирация влаги гораздо меньше, чем при доминировании отдельностей размером 5 – 10 мм. По данным В.А. Францессона (1963), почвы с агрегатами менее 0,25 мм, являющимися агрономически неценными, обладают значительной водопроницаемостью, однако, они более

подвержены дефляции, чем отдельности, относящиеся к макроструктуре. В работе зарубежного ученого, отмечается, что наиболее подверженными дефляции являются агрегаты диаметром от 0,05 до 0,4 мм, устойчивыми – 0,4 – 0,8 мм и наиболее дефляционно-резистентными – крупнее 0,8 мм (Blackwood, 2006).

Помимо устойчивости к ветровой эрозии, важнейшим качеством почвенных агрегатов является прочность. П.А. Костычев (1911) писал: «Если почва может образовывать комки или принимать комковатую структуру, то с хозяйственной точки зрения важно знать, как долго может сохраняться эта структура при хозяйственных и естественных условиях данной почвы, или, другими словами, важно знать, насколько прочна эта структура».

Способность почвы противостоять размывающему действию воды называют водопрочностью структуры. Слабопрочные агрегаты под влиянием талых вод и осадков подвергаются деструкции, происходит слитизация более мелких частиц, и появляется корка. В таких почвах нарушается водопроницаемость, аэрация, происходит деградация аэробных микроорганизмов и, как следствие, уменьшается содержание доступных элементов питания для растений. И, наоборот, при возрастании числа водопрочных частиц в почве, уменьшается её связность, которая зависит от наличия межмолекулярных сил в почвенных агрегатах. Связь двух сферических частиц Б.В. Дерягин (1956) отразил выражением:

$$F=4\pi (r_1 * r_2)/(r_1 + r_2) * \gamma , \quad (1)$$

где F — сила прилипания;

r_1 , и r_2 — радиусы частиц;

γ — поверхностное натяжение на границе раздела частиц и среды.

Впоследствии данная формула была преобразована П.В. Вершининым, так как почвенные агрегаты, преимущественно неправильной формы, слипаются только при наличии влаги, однако, в сухом состоянии могут содержать поглощенный воздух.

Необходимо отметить, что структура почвы зависит от влажности, количества органического вещества и состава поглощенных катионов (Вершинин, 1935). По мнению К. К. Гедройца (1912), структурно-агрегатный состав почвы зависит от содержания коллоидных частиц и состава поглощающего комплекса. Основную роль в образовании структуры играют давление и коагуляция. Для коагуляции коллоидной фракции и склеивания частиц почвы важно, чтобы коллоиды пребывали в уплотненном состоянии. Плотное и компактное состояние коллоидных частиц создается, соответственно, только под давлением, которое перманентно возникает при увлажнении, замораживании и высушивании почвы. Свертывание почвенных коллоидов представляет собой необратимый процесс, т. е. при распылении их после коагуляции они теряют способность свертываться вновь (Гедройц, 1912).

В создании структуры цементирующим фактором служит CaCO_3 , образующийся из бикарбоната кальция по реакциям: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ или $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CaO} \rightarrow 2 \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. В первом случае CaCO_3 образуется при высыхании почвы, а во втором – при промывании раствора с бикарбонатом кальция в подпочвенный слой, содержащий в избытке CaO (Гедройц, 1912).

Некоторые американские ученые, в своих работах обращают внимание на трансформацию фосфорных удобрений в растворимые фосфаты, которые в свою очередь, являются цементирующими веществами при агрегировании почвенных частиц (Jansa et al, 2005). Однако отечественные ученые, в частности К.К. Гедройц, утверждали, что главную роль в структурообразовании почвы имеют коллоиды, а именно органическая часть (Гедройц, 1912). Последние 10—15 лет эта гипотеза претерпела некоторые уточнения, связанные с составом гумусовой матрицы почвы, проведенные исследования указывают на то, что почвенные гели это не просто скопление так называемых наночастиц или макромолекул. Данные подтверждают наличие супермолекул, то есть образований, состоящих из множества частиц размером на порядки больше обычных коллоидов (Piccolo et al, 2001). Соответственно, можно сделать вывод, о мно-

гоуровневой организации гумусовой матрицы почвы, а это в свою очередь, позволяет менять свойства почв путем введения различных ионов, которые, уменьшая гидрофильность гумусовых веществ, таким образом будут оказывать сильное влияние на ферментативную активность и фракционный состав гумуса (Swaby, 1949).

Основываясь на всем вышеизложенном необходимо отметить, что при различной хозяйственной или восстановительной деятельности человека на почвах необходимо учитывать все возможные гипотезы механизмов агрегирования. Иными словами, использовать различные методы оструктурирования: биологические, физико-химические, химические и физические.

Помимо стандартных способов, осуществлялись эксперименты по изучению искусственных структурообразователей. Самая ранняя работа была выполнена А.А. Фадеевым и В.Р. Вильямсом (цит.: по Панов, Кулаков, 1984) в конце XIX в. Они подготовили аммиачно-гумусовую вытяжку из северного чернозема и использовали ее для оструктурирования смеси песка и илистой фракции из глины. Позднее подобные опыты были выполнены Свеном Оденом и Н. И. Саввиновым (Savvinov, 1934).

Самые знаковые эксперименты по искусственному оструктурированию почвы были осуществлены П. В. Вершининым, П. В. Константиновой и др. (Вершинин, 1935; Вершинин, Константинова, 1935). В качестве структурообразователей исследовались торфяной клей, смоляной клей и вискоза. Согласно мнению вышеприведенных ученых, внесенные в почву структурообразователи должны покрыть поверхность ее частиц сплошным мономолекулярным слоем. В результате изменится поверхностная энергия на границе двух контактирующих твердых фаз и произойдет их свертывание (Качинский, 1958). По расчетам П. В. Вершинина (1935) для оструктурирования пахотного слоя требуется внести от 0,5 до 1 % структурообразователя на гектар (12—24 тонн). В свое время большой интерес в нашей стране и за рубежом вызвало изучение в качестве структурообразователей полимеров и сополимеров (высокомолеку-

лярных соединений), которые в дальнейшем получили название крилиумы. Это в основном производные трех органических кислот:

1) акриловой ($\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{COOH}$), 2) метакриловой [$\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$] и 3) малеиновой ($\text{COOH}-\text{CH} = \text{CH}-\text{COOH}$) (William J. Orts et al., 2007). Л.Н. Абросимова (1964) в ходе экспериментов выяснила, что при использовании структурообразователей водопрочность агрономически ценных агрегатов в пахотном слое повышается на 10—30%, а в подпахотном — на 22—37%. Искусственно созданная структура почвы сохраняется в течение трех лет. В опытах И. А. Крупеникова и Н. И. Роговской (1966) полимеры позитивно влияли на агрофизические свойства почвы, и увеличивали водопрочность комочков на 20—30%.

Исследованиями выявлено несколько ценных структурообразователей, но их производство обходится дорого, а поэтому они не имеют распространения в сельском хозяйстве.

Н.А. Качинский (1967) утверждал, что искусственные структурообразователи станут широко применяться в сельском хозяйстве в том случае, если они будут:

- 1) способствовать созданию устойчивой, водопрочной и пористой структуры;
- 2) не снижать биологическую активность почвы;
- 3) не растворяться в воде после коагуляции или денатурирования;
- 4) распадаться в течение не ранее одной ротации севооборота;
- 5) дешевыми и обладать активным свойством, чтобы вносить их в небольших дозах (0,6—1 т на 1 га).

В направлении улучшения агрофизических свойств почвы, в частности — структуры почвы, осуществлена масштабная научная и практическая работа, итогом которой являются исследования ряда различных сложных процессов. Однако проблема остается актуальной и ею необходимо заниматься. Почвы с устойчивой структурой, обладают оптимальными агрофизическими свойствами, наиболее благоприятной аэрацией и достаточным для вегетации растений содержанием доступных элементов питания. Такие почвы наиболее устойчивы

к разрушению. Они не заплывают и не подвержены коркообразованию. Но из этого нельзя сделать вывод, что почвы, не имеющие агрономически ценной структуры, неплодородны или малоплодородны, и непригодны для выращивания сельскохозяйственных культур. При правильной агротехнике на этих почвах вполне можно получать высокие урожаи (Hardan, Al-Ani, 1978). Так, по данным научно-исследовательских учреждений, структура в дерново-подзолистых почвах мобильная, она не только создается, но и разрушается под действием осадков, частой и несвоевременной обработки, особенно в переувлажненных и сухих почвах, при выпасе скота, усиленной минерализации гумуса и т. д. (Shiel et al, 1978).

1.2 Влияние структурного состояния почвы на ее плодородие

Согласно классическому определению, плодородие – способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности. Это эмерджентное свойство почвы – только при взаимодействии компонентов почвы проявляется плодородие. Компонентами почвы, в первую очередь участвующими в создании плодородия, являются гумус, вода, воздух, глина и песок, минеральные элементы (азот, фосфор, калийные соли и соли микроэлементов) (Бирецкий, 1959).

С давних пор человек оценивает почву, главным образом, с точки зрения её плодородия, так как именно от плодородия зависит урожай. Почва — сложная система, которая живёт и развивается по своим законам, поэтому под плодородием нужно понимать весь комплекс почвенных свойств и процессов, определяющих нормальное развитие растений. Все процессы, происходящие в почве, связаны между собой. Исключение или ослабление какого-либо составляющего ведёт за собой изменение всего состава почвы и потерю ценных её качеств. Деградация почвы — цепная реакция, которую трудно остановить. Ухудшение земель снижает продуктивность растений. Почва в этом случае подвержена эрозии и вымыванию полезных веществ, что опять ведёт к снижению активности микроорганиз-

мов. Мероприятия по возобновлению плодородия почв долговременны, очень дорогостоящи и сложны, поэтому так важно следить за состоянием почвы, не допуская её истощения или загрязнения. (Ибрагимова, 2005; Ильинова, 2009) Для определения плодородия почвы необходимо обратить внимание на её состав, кислотность, щёлочность, отношение к воде и кислороду. Обладая наблюдательностью и элементарными знаниями по биологии можно определить состояние почв и предпринять необходимые меры по улучшению или поддержанию почвенных свойств (Докучаев, 1951). В значительной степени на уровень плодородия почвы влияет ее структурное состояние.

В агрономическом понимании оптимальной структурой является лишь мелкокомковатая и зернистая структура, примерно в пределах агрегатов с диаметром 0,25—10 мм, по качеству пористая, механически упруго-прочная и водопрочная, что обуславливает длительное сохранение структуры при повторных обработках почвы и после искусственного или естественного поверхностного ее увлажнения. Необходимо отметить значимость сочетания водопрочности агрегата и оптимальной его порозности, так как в порах агрегата, как и на его поверхности, разворачивается, в основном, жизнь в почве. Например, в почвах с лучшей структурой — в обыкновенном, мощном и тучном черноземах — пористость агрегатов достигает 50% к их объему, и в то же время, эти агрегаты водопрочны, так как коллоиды в них необратимо свернуты катионами кальция и железа. Но можно получить весьма водопрочные агрегаты другим путем — перемятием почвы в состоянии пасты и последующим агрегированием ее при перемешивании с давлением, как это рекомендовалось в работах Д. Г. Виленского (1961). Созданные по этому методу агрегаты весьма водопрочны; они даже более водопрочны, чем в черноземе, но слабо пористы. Пористость их снижается до 35% и ниже, причем большая часть ее приходится на неактивные поры. Водопрочность таких агрегатов обусловлена, в основном, двумя причинами:

а) большой площадью контакта между механическими элементами, а, следовательно, наилучшими условиями для атомного и молекулярного притяжения частиц;

б) затрудненным проникновением в агрегаты или полным отсутствием свободной гравитационной воды, размывающей структуру. Подобные агрегаты расплывутся в воде лишь после полного набухания скрепляющих их коллоидов. Структура этого типа агрономически неполноценна, так как поровое пространство агрегатов оказывается в значительной мере омертвевшим, в силу неактивности таких пор, и недоступности их для свободной воды и воздуха, а также корней растений и микроорганизмов (Шеин, 2005).

Такая микроструктура, будучи водопрочной, например, в красноземах и желтоземах, сообщает положительные свойства макроагрегатам. Кроме того, она и непосредственно повышает влагоемкость почв, улучшает водо- и воздухопроницаемость их, играя как бы роль песчаных зерен и лёссовидной фракции. Однако она превосходит последние по качеству, так как в отличие от песчаных зерен и крупной пыли микроагрегаты обладают внутриагрегатной порозностью, где сосредоточиваются вода, микроорганизмы, корневые волоски. В этой связи, как указывает Е.В. Шеин (2005), получают разъяснение вполне удовлетворительные свойства среднеазиатских сероземов, хотя макроструктура их выражена слабо. Обладая в достаточной мере коллоидной фракцией, и будучи насыщены ионом Ca^{+2} , эти почвы характеризуются прекрасно выраженной водопрочной микроструктурой, в основном, с размером зерен $> 0,01$ и $> 0,05$ мм, что обуславливает в них удовлетворительные величины влагоемкости, водо- и воздухопроницаемости. Но даже в этих аридных условиях весьма значительна роль и макроструктуры почвы. Об этом свидетельствует улучшение всех свойств почвы и повышение урожая хлопчатника в севооборотах с люцерной, которая известна своим оструктурирующим влиянием на почву.

Неблагоприятны для формирования плодородия почвы микроагрегаты размером средней пыли (0,01—0,005 мм). Они затрудняют водо- и воздухопроницаемость почвы, обуславливают ее высокую испаряющую способность и другие отрицательные свойства.

Таким образом, при оценке структуры нельзя ограничиваться только макроагрегатным анализом почвы, но необходимо проводить и микроагрегатный анализ,

так как для свойств почвы, особенно физических свойств, очень важен качественный состав и микроагрегатов.

Следует также отметить, что не может быть стандартных размеров оптимальной структуры для всех почвенно-климатических зон. Чем влажнее климатическая зона, тем оптимальный размер структурных агрегатов должен быть крупнее, приближаясь к 10 мм, чтобы обеспечить лучшую водо- и воздухопроницаемость, а для заболоченных территорий – и водоотдачу почвы. Наоборот, в засушливых и сухих зонах, где необходимо сохранять влагу и где аэрация почв в избытке, оптимальные размеры агрегатов приближаются к размеру зерен. Однако здесь может проявиться новый ограничивающий фактор, а именно, дефляция пахотного слоя. Так, по данным В. А. Францессона (1959), для условий Северного Казахстана и Западной Сибири агрегаты с диаметром >2 мм являются эффективным защитным противозерозионным слоем. Менее полезна роль агрегатов, размер которых 1—2 мм, и совсем незначительна – у агрегатов $<0,5$ мм, так как последние, для условий черноземных почв, сравнительно легко переносятся ветром.

Очевидно, что различный характер пор в структурной и бесструктурной почвах должен в первую очередь обусловить различие и других физических свойств и режимов почвы: тепловых, водо- и воздухопроницаемость, влагоемкость, водоподъемную и испаряющую способность, а значит, и влажность почв. А так как водный, воздушный и тепловой режимы определяют характер процессов выветривания и синтеза в почве, и условия развития в ней живого населения, то ясно, что вся совокупность почвенных процессов в структурной и бесструктурной почве тяжелого гранулометрического состава будет протекать по-разному. Данное положение можно подтвердить многочисленными примерами, приведенными в работах российских ученых (Качинский, 1965; Добровольский, 1984; Польшов, 1966) Во всех случаях на почвах одного типа, одной генетической разности и в сходных агротехнических условиях структурная почва всегда характеризуется более благоприятными для сельскохозяйственных культур показателями, нежели бесструктурная или малоструктурная. Как уже отмечалось, ранее в почвоведении была принята следующая классификация структурных агрегатов: глыбистая

структура — комки более 10 мм, макроструктура — от 0,25 до 10 мм, микроструктура — менее 0,25 мм. Благоприятные размеры макро- и микроагрегатов для пахотной почвы в большей мере условны. Однако в условиях эрозионной опасности и в засушливых районах особое агрономическое значение приобретает увеличение размеров агрегатов до 1—2 мм в диаметре.

Резюмируя данные собственных модельных опытов и литературную информацию, В. В. Медведев (2008) сделал вывод, что оптимальное варьирование агрегатов происходит и в зависимости от агрокультуры (а именно, от размера её семян и типа корневой системы), и от величины увлажнения и питания, и даже от фазы вегетации растения, и, возможно, от множества других факторов (например, генезиса и свойств самой частицы). Соответственно, универсальной оптимальной смеси из структурных отдельностей просто не существует. Содержание компонентов смеси должно отличаться в зависимости от конкретных условий. Столь большая вариабельность оптимального соотношения структур в пахотном слое естественным образом усложняет прикладное значение полученных результатов. Однако, приемлемой альтернативой в данном случае может быть дифференциация пахотного (или только посевного) слоя по структурному составу, учитывающая положительные свойства крупно- и мелкокомковатых смесей. В связи с этим В.В. Медведев высказывает предположение о том, что лучшим для зерновых культур будет слой, в верхней части которого преобладают крупные структурные компоненты, а в нижней, непосредственно контактирующей с семенами, — мелкие.

Роль почвенной структуры в обеспечении жизнедеятельности растений не достаточно полно освещена в научной литературе (Шишов, 2005). Слабо отражен в литературе и вопрос взаимодействия химических, биологических и физических факторов, и влияние этого комплекса на плодородие. Исследования физического строения пахотного слоя почвы на Уладово-Люлинецкой опытно-селекционной станции в стационарных опытах, проведенные С.В. Булынцевым (2001), показали, что структурное состояние почвы заметно меняется. По данным наблюдений с 1946 по 1979 гг. количество почвенных агрегатов размером <10 мм увеличилось с 14,00—20,34 до 42,0—47,1%, а размером $>0,25$ мм с 0,38—2,46 до 3,0—4,4%. За

тот же период содержание агрономически ценных агрегатов (размером 0,25— 10 мм) уменьшилось более чем в 1,5 раза. Наблюдается значительное ухудшение структурного состояния обрабатываемых почв и в производственных условиях. Это связано с целым рядом причин, среди которых существенная роль принадлежит нерациональному применению минеральных удобрений.

1.3 Влияние минеральных удобрений на структуру почвы

Работы ученых в области агрохимии демонстрируют, что определенные виды и формы минеральных удобрений неодинаково влияют на свойства почв. Внесенные в почву удобрения вступают в сложные взаимодействия с ней. Здесь происходят всевозможные метаморфозы, которые зависят от массы факторов: химический состав удобрений и почвы, климатические условия, агротехника. Соответственно, от того, как происходит превращение отдельных видов минеральных удобрений (фосфорных, калийных, азотных), зависит динамика почвенного плодородия (Penman, 1948).

Важнейший компонент агроландшафтов – почва. На ее качество влияет количество органического вещества, концентрация питательных элементов, находящихся, в доступной для растений форме, влажности, и это – далеко не полный перечень всех свойств, влияющих на её плодородие. Однако необходимо отметить, что лимитирующим фактором, в данном случае, выступает структура почвы, которая является своеобразным драйвером, соединяющим вышеперечисленные показатели с растительными организмами. К сожалению, в погоне за урожаем сельхозпроизводители уделяют больше внимания применению минеральных удобрений, это связано в первую очередь со стремлением получить прибыль в краткосрочной перспективе, не задумываясь о последствиях в будущем. Исследования подтверждают, что систематическое применение минеральных удобрений приводит к возрастанию подвижности различных микроэлементов. В свою очередь это приводит к возникновению в пахотном слое дефицита В, Zn, Cu, Mn (Головина и др., 1984). Ограниченное поступление микроэлементов в растения негативно

влияет на процессы фотосинтеза, снижает их резистентность к заболеваниям, недостаточному и избыточному увлажнению, высоким и низким температурам (Володько, 1983; Миллер, Беккер, 1983; Анспок, 1978.) Главным фактором аберраций в метаболизме растительных организмов при недостатке микроэлементов является снижение ферментативной активности, которая находится в определенной зависимости от агрофизических свойств почвы. Даже малые дозы минеральных удобрений (30—45 кг/га) продолжительное время после их внесения негативно влияют на микроструктуру почвы – порядка нескольких лет. В результате, повышается плотность упаковки микроагрегатов, снижается видимая порозность, уменьшается доля зернистых агрегатов (Медведев, 1988). Продолжительное внесение минеральных удобрений ведет к снижению части пористых агрегатов и к увеличению на 11% неагрегатированного материала (Поляков, Шевцова, 1988). Одной из причин ухудшения структуры является обеднение пахотного слоя экс-крементами почвенных животных (Безносиков, 1997).

Существует гипотеза, что агрохимические и агрофизические свойства почв взаимосвязаны, и поэтому снижение рН среды почвы, обеднение пахотного горизонта гидроксо-группами, уменьшение гумусированности, ухудшение биотических свойств непременно вызывают деградацию агрофизических свойств. Для нейтрализации негативного действия классической химизации сельского хозяйства рекомендуется проводить известкование с определенной периодичностью. При этом, если обратиться к опыту советских ученых, можно обнаружить, что данный метод не только не решил проблему потерь кальция и магния в почве, но и в ряде регионов усугубил ее (Макаров, 1988).

Данная закономерность объясняется снижением рН почвы, которая параллельно увеличивает потери азота в газообразной форме. При проведении этого приема потери азота возрастают в 1,5—2 раза (Макаров, 1988). Такой ответ почв на внесение мелиорантов является результатом изменений в направленности микробиологических процессов, что может стать причиной нарушения геохимических круговоротов. В связи с этим высказывались сомнения в целесообразности использования известкования (Добровольский, 1990).

Еще одной, и самой существенной, причиной деградации агрофизических свойств при применении минеральных удобрений, является угнетение определенных групп микроорганизмов в результате подкисления почвенной среды. Однако большинство производителей, заинтересованных в увеличении продаж своего продукта, заручаясь данными, полученными аффилированными учеными, утверждают о безусловной пользе внесения минеральных удобрений, как для гумусового состояния, так и для агрофизического (Ильин, 2001, 2006).

При этом опускается тот факт, что вследствие угнетения «полезных» микроорганизмов, происходит активация фитопатогенов. Использование неорганических удобрений влияет на популяции вредных организмов, которые в неподвижном (пропагулы фитопатогенов, семена сорняков) или малоподвижном (нематоды, личинки фитофагов) состоянии длительное время выживают, сохраняются или обитают в почве. Особенно широко в почвах представлены возбудители обыкновенных корневых гнилей (*B. sorokiniana*, виды р. *Fusarium*). В результате действия минеральных удобрений, агрохимические свойства пахотных почв значительно трансформируются в отличие от их аналогов на целинных и залежных территориях, что существенно сказывается на выживаемости, жизнеспособности, и соответственно, количестве фитопатогенов в почве (Tamfuh et al, 2011) Многочисленные исследования указывают на воздействие агрохимических свойств почвы на численность популяции *B. Sorokiniana*, которое является более существенным в агроэкосистемах зерновых культур, чем в естественных экосистемах (целинные почвы): индекс детерминации, свидетельствующий о доле влияния рассматриваемых факторов, составляет соответственно 58 и 38 % (Сапожников, 1961). Чрезвычайно важно, что самыми значимыми экологическими факторами, изменяющими плотность популяции возбудителя в почве, являются в агроэкосистемах — азот (NO_3) и калий (K_2O), а в естественных экосистемах — гумус. В агроэкосистемах возрастает зависимость плотности популяции гриба от pH почвы, а также содержания подвижных форм фосфора (P_2O_5) (Endlweber, Scheu, 2007).

Для отображения более ясной картины в отношении влияния минеральных удобрений на почвенную биоту, которая является одним из факторов структуро-

образования, необходимо рассмотреть агрохимические свойства некоторых элементов питания. Азот – важнейшая часть белков, которые являются основным материалом всего живого на земле, он входит в состав РНК и ДНК, определяющих хранение и передачу наследственной информации (Смирнова и др., 1985). Следовательно, применение азотных удобрений является серьезным фактором, как стабилизации агрофизических свойств почвы, так и их дестабилизации. В ходе различных исследований было выяснено, что развитие фитопатогенных организмов значительно выше в агроэкосистемах при обилии азота в минеральной форме, и наоборот, гораздо ниже в естественных условиях, где преобладает азот органического вещества. Е. П. Дурынина и Л. Л. Великанов (1985) считают, что данная закономерность связана со значительным накоплением небелкового азота. Другие авторы объясняют данный феномен, изменением количественного соотношения аминокислот при патогенезе болезней. Соответственно, можно сделать вывод: потребности агрокультур и фитопатогенов в азоте, как элементе питания, совпадают, что приводит как к повышению урожайности при внесении азотных удобрений, так и к размножению вредных организмов. Кроме того, в агроэкосистемах преобладают минеральные формы азота, особенно нитратная, которые непосредственно потребляются вредными организмами, что и является косвенным фактором снижения агрофизических свойств почвы и структурного состояния в частности (Дурынина, Великанов, 1985).

Таким образом, можно сделать определенный вывод. Систематическое применение минеральных удобрений приводит к трансформации ряда факторов структурообразования, в том числе, угнетению полезной микрофлоры, которая является естественным производителем «клеящих» веществ для элементарных почвенных частиц. Параллельно с этим происходит активное развитие фитопатогенной биоты, а она, в свою очередь, негативно влияет на развитие ризосферы, которая также принимает активное участие в структурообразовании. И наконец, применение минеральных удобрений способствует вымыванию из почвенных агрегатов катионов кальция и магния, которые вызывают коагуляцию коллоидов, в

результате чего происходит диспергация и деградация структурных единиц почвы (Вронский, 1998).

1.4 Роль гумусовых веществ в структурообразовании

По мнению ученых, развитие почвенной структуры регулируется не только уровнем содержания органического вещества, но и его качественным составом (Хан, 1969; Безуглова, 2009; Артемьева, 2010; Семенов, Когут, 2015). Стоит отметить, что восстановление почвенной структуры протекает в основном под влиянием гумусовых веществ, образующихся в процессе гумификации свежего органического вещества. Однако участие лабильных гумусовых веществ в образовании агрономически ценной структуры еще недостаточно изучено и оценивается неоднозначно (Johnson et al, 2006).

По мнению Н.Л. Кураченко с соавторами поиск особенностей состава гумусовых веществ агрегатов, определяющих качество структуры, может дать ответ на роль отдельных компонентов гумуса в формировании структуры. В выделенных нестойких $<0,25$ мм и водопрочных $>0,25$ мм агрегатах авторы определили содержание С гумуса и его подвижных компонентов (Кураченко и др., 2008). Исследования показали, что водопрочность структуры черноземов и серых лесных почв обусловлена качественным составом гумуса, причем в большей степени – его подвижными компонентами. В целинных и пахотных черноземах выщелоченных водопрочность структуры определяется стабильной частью гумуса, а также водорастворимыми соединениями и подвижными фульвокислотами. Процесс агрегирования неосвоенных черноземов обыкновенных идет с участием Сгк и Сфк. В условиях пашни щелочногидролизующие соединения и гуминовые кислоты в их составе участвуют в оформлении почвенных частиц в водопрочные агрегаты. Не нарушенные и обрабатываемые серые лесные почвы характеризуются близкими значениями фиксации гумусовых веществ на поверхности фракции $<0,25$ мм и водопрочной $>0,25$ мм. Исключение составляют собственно серые лесные почвы под естественной растительностью, где зафиксировано концентрирование фуль-

вокислотных соединений в водопрочных агрегатах, и темно-серые лесные почвы пашни с накоплением в них водорастворимого углерода (Александрова, 1949,1972). Это позволяет заключить, что состав гумусовых веществ водопрочных и нестойких агрегатов определяется типовыми и подтиповыми особенностями почв, а также экологическими условиями их функционирования. Отсутствие существенных потерь водоустойчивыми агрегатами подвижного гумуса является фактором стабилизации качества структуры почв (Кураченко и др., 2008). При этом по данным С.Н. Солодченко, Н.Л.Кураченко (2003), сезонный ритм динамики компонентов органического вещества ненарушенных и пахотных почв различен. Он определяется условиями увлажнения и запасом растительного вещества, поступающего в почву. Динамически сопряженные изменения структурных и водопрочных агрегатов с компонентами органического вещества проявляются только в пахотных почвах. В агроценозе пшеницы они обусловлены водорастворимым углеродом, в поле пара – подвижными гуминовыми кислотами и фульвокислотами.

Исследованиями З.С. Артемьевой (2010) была установлена взаимосвязь между микроструктурной организацией и устойчивостью органического вещества зонального ряда почв естественных ценозов. По ее данным в составе крупных микроагрегатов (размер 50—250 мкм) преобладает тонкодисперсная смесь органических остатков различной степени минерализации-гумификации, составляющая ядро, и органоглинистые частицы, формирующие оболочку. Причем экстрагируемая фракция дискретных частиц органического вещества практически нацело состоит из гуминовых кислот. Стабилизирующим агентом этой группы агрегатов являются микробные слизи (преимущественно полисахариды). Мелкие микроагрегаты (размер 1—50 мкм) являются значительно более устойчивыми к разрушающему воздействию ультразвука, связующими агентами в них являются продукты микробиологической деятельности, корневые выделения и поливалентные катионы. З.С. Артемьева (2010) на основании своих исследований делает предположение о том, что начало гумусообразования сопряжено с началом формирования крупных микроагрегатов, которые в свою очередь являются центрами агрегиро-

вания почвенной массы, и именно с них начинается стабилизация всей почвы. Получается, что процессы стабилизации почвенной массы и гумификации тесно связаны между собой по типу обратной связи, то есть взаимообязательны и взаимозависимы. К такому же выводу приходят В.М.Семенов, Б.М.Когут (2015). На основании изучения целого ряда работ зарубежных исследователей они заключают: «...Взаимодействие органических соединений с поверхностью минеральных частиц с образованием органо-минеральных комплексов – это не только важнейший механизм стабилизации почвенного органического вещества, но и начальное звено формирования почвенных агрегатов, придающих ему физическую защищенность» (Семенов, Когут, 2015).

1.5 Связь структурного состояния почвы с микробиологической и ферментативной активностью

Аккумуляция в почве веществ, придающих водопрочность почвенным агрегатам в полевых условиях, происходит при содействии микроорганизмов — грибов, бактерий и актиномицетов. Появление данных органических соединений из разлагающихся растительных и животных остатков при участии почвенных микроорганизмов отмечено еще классиками почвоведения, дальнейшие исследования имели лишь уточняющий характер, подчеркивая роль микроорганизмов в строении почвообразования.

Ведущим показателем почвенного плодородия, является характеристика биологической активности почвы, под которой следует подразумевать интенсивность протекающих в ней биологических процессов. Биологическая активность зависит от суммарного количества в почве специфического пула ферментов как имеющих биогенное происхождение, так и аккумулялированных после деструкции отмерших клеток. Биологическая активность почв указывает на масштабы и направление процессов трансформации веществ и энергии в экосистемах суши, интенсивность переработки органических веществ и разрушения минералов (Аристовская Чугунова, 1989; Туев, 1989). П. Фагелер (1938) обратил внимание на то, что в почвах,

богатых микроорганизмами, в частности актиномицетами, происходит соединение при помощи бактериальной слизи не только первичных, но и вторичных частиц, вследствие чего образуются агрегаты более высокого порядка. Масштабные опыты по влиянию микроорганизмов на формирование почвенной структуры произведены в СССР И.И. Канивцом (1936—1939), Н. П. Корнеевой (1936), Н.Г. Радзиловским (1937—1939) и др. Ими выделен микроорганизм — гриб *Trichoderma lignorum*, прижизненные выделения которого способствуют формированию водопрочных агрегатов. Е.Н. Мишустин (1941, 1942, 1945) установил существование лабильной и стабильной водопрочной структуры. Первая вызывается клеящими веществами белкового типа и легко разрушается биологически, вторая создается веществами гуминового типа и биологически более устойчива. Н.М. Лазарев (1949) считал, что существует более стойкая структура, образованная так называемыми бета-гуматными веществами. Она связана с подавлением микробиологической деятельности и консервацией гуминовых веществ. Много занималась вопросами клеящей способности микроорганизмов Ф.Ю. Гельцер (1940, 1945). В результате своих работ она пришла к выводам, что цементирующим веществом в почве служат коллоидные продукты жизнедеятельности и автолиза бактерий, которые она называет деятельным перегноем дернового типа. Н. А. Дорохова (1991) исследовала влияние грибов ризосферы на образование прочных агрегатов почвы и пришла к положительным выводам. И.П.Гречин (1964) указывал на положительную роль микроорганизмов в явлениях склеивания почвенных частиц. По мнению К. Йодера (Ioder, 1936), живые микроорганизмы (бактерии и грибы), могут служить и клеящим материалом, соединяющим одни частицы с другими. Многие из них, имея нитевидную форму, подобно высокомолекулярным соединениям, представляют хороший клеящий материал. С. А. Ваксман (Waksman, S.A., 1940) проводил собственные наблюдения, указывающие на то, что свободно живущие в почве грибы и грибы микоризы, пронизывая своими грибницами почву, могут способствовать образованию структуры. Связывающее действие микроорганизмов, по мнению Пила (Peele, 1940), зависит от необратимой дегидратации коллоидов, входящих в состав слизи при высушивании. Внесение

сахарозы в почву активизирует микробиологическую деятельность и тем самым увеличивает водопрочность почвенных комков. Заражение грибной флорой стерилизованных почв дает лучший эффект, по сравнению с бактериальной. На связь между микробиологической активностью и образованием структуры указывали Мак-Генри и Рассел (Mac Henry, Russel, 1944). Образование водопрочной структуры под влиянием бактериальной слизи наблюдали: Мак-Колл (Mac Colla, 1945), Мартин (Martin, 1946), Мартин и Андерсен (Martin, Anderson, 1942). Они в результате своих исследований пришли к выводу, что микробные полисахариды служат действующим началом при образовании агрегатов.

К. И. Рудаков (1951) утверждал, что образование активного перегноя происходит за счет не только корневых остатков, но и живых корней развивающегося растения. Под воздействием протопектиназы бактерий (*Bac. mesentericus*, *Bac. polymyxa* и др.) нерастворимый протопектин переходит в значительно более дисперсный пектин. З. Ф. Ляпшина (1969) в диссертации, посвященной исследованию роли микроорганизмов в образовании почвенной структуры, приходит к выводам, что создание водопрочной почвенной структуры связано с образованием перегнойных веществ в результате деятельности микроорганизмов, осваивающих растительные остатки в почве, и состоящих, в основном, из плесневых грибов и бактерий — маслянокислых, аммонифицирующих, денитрифицирующих и анаэробных целлюлозоразрушающих. Среди некоторых микробиологов имеется довольно распространенное мнение о том, что структура почвы, в особенности же ее водопрочность, связана непосредственно только с живой микробной плазмой или выделениями живых микробных клеток, причем все эти образования чрезвычайно лабильны. Исследованиями лаборатории структуры почв АФИ установлено, что почва (чернозем обыкновенный глинистый, Каменная Степь) сразу после таяния снега содержит на озимых посевах до 60% водопрочных почвенных агрегатов (Вершинин, Ревут, 1951). Аналогичные данные наблюдаются и на подзолистых залежных, целинных и пахотных угодьях в соответствии с величиной водопрочности их структуры. В природе не существует такого явления, чтобы водопрочность структуры в конце осени или ранней весной вовсе исчезала. Тем не менее,

процесс накопления водопрочных клеев в почве обнаруживает динамику, связанную с динамикой развития микроорганизмов. Мейерс и Мак-Кола (Meyers, 1941; Mac Colla, 1945), наблюдая такую динамику, отметили, что им не удалось установить точного совпадения максимума агрегации и числа бактерий. Мак-Генри и Рассел (Mac Henry, Russel, 1944) показали, что максимум агрегации следует за максимумом выделения углекислоты при разложении люцерны в почве.

Прямым доказательством участия микроорганизмов в формировании почвенной структуры является наличие сезонной динамики в явлениях водопрочности структуры. Данные по динамике водопрочности структуры, полученные П. В. Вершининым (1953) по дерново-глеевой глинистой почве близ Ленинграда, показали, что в связи с деятельностью микроорганизмов, червей и более крупных организмов, населяющих почву, под действием ферментов, явлений автолиза микробных клеток, органические остатки, накапливающиеся в почве, претерпевают биохимические изменения. Эти изменения идут в направлении, как упрощения химического строения, так и его усложнения, т.е. возникновения под влиянием синтеза новых органических образований. В процессах биохимических изменений могут возникать высокомолекулярные растворимые в воде или коллоидно-дисперсные клеящие вещества. Возникновение таких веществ возможно как среди углеводных соединений, так и среди протеиновых, гуминовых и углеводородных.

Длительное наблюдение за динамикой водопрочной почвенной структуры в двух различных почвенных зонах – дерново-подзолистой и черноземной (Северный Казахстан) – показало, что водопрочность структуры бывает двух типов: 1) сезонная и 2) относительно постоянная или стабильная. Та и другая изменяются, но в разной степени: первая — несколько раз в течение вегетационного периода, вторая — постепенно в течение ряда лет. Сезонная водопрочность структуры чутко отражает внешние условия данного поля. Она реагирует на погодные условия и приемы обработки и, несомненно, связана с циклами и ритмами развития микроорганизмов, населяющих почву. Стабильная водопрочность изменяется медленно в сторону нарастания или в сторону уменьшения в зависимости от постоянства воздействия природных факторов или приемов агротехники. Она связана с обра-

зованием в почве устойчивых органических веществ. На целинных и залежных землях уровень этой стабильной водопрочности выше, чем на старопашотных землях (для Северного Казахстана на 20—25%). Стабильная водопрочная структура является ценным фондом, в накоплении которого должно быть заинтересовано каждое правильно поставленное сельское хозяйство. Если этот фонд растет, то урожайность сельскохозяйственных культур не только тоже растет, но и становится устойчивой (Вершинин, 1953).

Для объективной оценки биологической активности почв используются: численность и биомасса разных групп почвенной биоты, их продуктивность, ферментативная активность почв, активность основных процессов, связанных с круговоротом элементов, некоторые энергетические данные, количество и скорость накопления некоторых продуктов жизнедеятельности почвенных организмов (Методы общей..., 1991). А так как окислительно-восстановительная обстановка на поверхности агрегата и внутри него различная, то и состав микроорганизмов, набор ферментов, характер процессов будут различаться. Факультативные анаэробные организмы поселяются внутри агрегата, аэробные микроорганизмы заселяют поверхность структурных отдельностей (Верховцева и др., 2004). Как следствие, процессы трансформации органических соединений на поверхности агрегата и внутри будут идти по-разному. Так, по данным И.В. Ковалева (2015) на поверхности агрегатов (в окислительных условиях) наблюдается меньшее количество продуктов окисления лигнина и более высокая степень его окисленности, чем внутри агрегата, где в восстановительной обстановке разрушение лигнина замедляется и происходит его накопление. В случае со связью структурного состояния почвы и биотическими факторами, имеют место механизмы и процессы физической (негумификационной) стабилизации органического вещества. Сущность данного процесса заключается в пространственной недостижимости биогенных соединений микроорганизмам и ферментам, связанного напрямую с условиями влажности и газообмена, на которые непосредственно влияет структурное сложение почвы (Sollins et al., 1996). Рассмотренное явление – базовый механизм формирования микро- и макроагрегатов в почве. Первый путь агрегации включает в

себя несколько этапов: 1) формирование ядер из органоминеральных комплексов; 2) связывание органоминеральных ядер агрегирующим материалом (оксиды, алюмосиликаты, гуминовые вещества) в микроагрегаты; 3) покрытие полисахаридных капсул микробных колоний частицами глины; 4) сцепление микроагрегатов между собой в макроагрегаты и комки динамичными и недолговечными клеящими веществами (микробные и растительные полисахариды), мелкими корнями, гифами грибов, бактериями и водорослями. Ядрами микроагрегатов могут быть колонии микроорганизмов, формирующие из своих полисахаридных выделений капсулы, к которым притягиваются и присоединяются глинистые частицы. Глинистая оболочка образует защитное покрытие, препятствующее разложению органического вещества, содержащегося под такой оболочкой. Параллельно с образованием агрегатов формируется поровое пространство между и внутри агрегатов. Второй путь агрегации осуществляется в такой последовательности. К свежим растительным остаткам, благодаря деятельности микроорганизмов, прилипают почвенные частицы (микроагрегаты), и образуется макроагрегат, в котором формируется специфическое внутриагрегатное органическое вещество (стадия 1). Разложение внутриагрегатного органического вещества приводит к образованию внутри агрегата нескольких ядер, физически защищенных от дальнейшего разрушения (стадия 2). Со временем запасы углерода легкоразлагаемых соединений постепенно истощаются, и микробная деятельность, в результате которой выделялись клеящие вещества, снижается (стадия 3). Происходят дестабилизация и дезагрегатирование макроагрегатов, из ядер внутриагрегатного органического вещества формируются новые микроагрегаты, которые могут быть включены в создание других крупных агрегатов при добавлении растительных остатков (стадия 4). В ходе механической обработки почвы большинство макроагрегатов разрушается, устойчивые ядра из-за быстрой минерализации внутриагрегатного органического вещества не образуются, и процесс прерывается уже после первой стадии (Семенов, Когут, 2015).

1.6 Влияние корневых систем растений на структурное состояние почв

С количеством и составом надземных частей сельскохозяйственных культур, с весом их корневых систем, расположением их по толще почвенного профиля, с технологическими аспектами возделывания обработки почвы связано влияние севооборота на физические свойства почвы в земледелии практически всех почвенно-климатических зон нашей страны. Зеленая масса подавляющего числа сельскохозяйственных культур, защищает почву от различных факторов выветривания, а их подземная часть и пожнивные остатки, улучшают ее структуру и другие агрофизические качества.

В настоящее время значение почвенной структуры и возможность ее улучшения культурой как многолетних, так в отдельных случаях и однолетних трав, признано во всем мире. Стоит отметить структурообразующую роль многолетних трав (так как применение однолетних трав, хотя и не отрицается, но данных по их применению в целях структурообразования не накоплено) с целью изучения количественной стороны эффекта структурообразования под многолетними травами на полях.

Согласно исследованиям Р.Ф. Хасановой (2016), многолетние сеяные травы способствуют существенному повышению содержания агрономически ценных агрегатов и их водопрочности, почти достигающих уровня целинных почв естественных степей. По ее данным в пределах Башкортостана в направлении север – юг повышается доля мелких фракций 0,5—0,25 и <0,25 мм, что сопровождается снижением водопрочности агрегатов от чернозема выщелоченного (62—77%) к обыкновенному (48—86%), и, далее, к южному (35—70%). Уровень водопрочности агрегатов коррелирует с содержанием в них гумуса ($r = 0,62$) и с величиной корневой массы трав ($r = 0,71$). Под многолетними травами происходит оптимизация плотности и пористости почвы, величины которых коррелируют с массой корней и водопрочностью. Пористость почвы имеет прямую ($r = 0,52—0,99$), а плотность – тесную обратную ($r = -0,80 - -0,86$) связь с корневой массой трав. Пористость также коррелирует с водопрочностью агрегатов ($r = 0,51—0,62$)

Н.И. Саввиновым (1935) были получены данные по бессменным культурам на опытном поле Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Почва – среднеподзолистый легкий суглинок на красно-буром валунном суглинке. Образцы взяты с участка 12-польного севооборота, представляющего бессменные культуры с 1912 г. Контрольная делянка не удобрялась. На делянку с навозом последний вносили из расчета 36 т на 1 га. Данные представляли значительный интерес. Они подтверждали то положение, что полевые злаки, например рожь, тоже повышают водопрочность структуры по сравнению с бессменным паром, клевер же, по сравнению с рожью, повысил количество водопрочных агрегатов до 39%. Н.И. Саввиновым были обработаны данные по бессменным культурам Ротамстедской опытной станции (Англия). Результаты были сходными с упомянутыми выше. Оказывается, пшеница по сравнению с бессменным паром, тоже улучшает структуру почв, но ее оструктуривающее действие слабее, чем многолетних трав. Продолжительное парование приводит к полному разрушению структуры. Структурообразующая роль не только трав, но и полевых хлебных злаков, по сравнению с паром, указанная Н. И. Саввиновым, подтверждена в дальнейшем рядом исследователей. В качестве примера можно привести данные, полученные А. А. Шконде Э.И., З.К. Благовещенской (1982), анализ почвенных образцов, которые отбирали ежегодно в одни и те же сроки, показал, что при общем невысоком уровне водопрочной структуры озимая рожь увеличивает ее по сравнению с паром на 52%, травы первого года пользования – на 157%, а второго года пользования – на 172%. Наибольшую прибавку водопрочной структуры дают травы первого года пользования, на что в свое время указывал и В. Р. Вильямс. Культурой многолетних трав в полевых севооборотах в подзолистой зоне можно получить, при наличии удобрений, высокие урожаи сена, покровных и последующих культур и улучшить структуру почв. В подтверждение этого приводятся данные, полученные П. В. Вершининым совместно с лабораторией кормовых культур Всесоюзного института растениеводства на слабоподзолистых тяжелосуглинистых почвах Ленинградской области. Но для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и структурообразующего эффекта трав необходимо подбирать травосмеси, исходя

из местных условий (Вершинин, 1951). Из данных О.С. Ростовцевой, М.И. Аваевой (1935) для серых лесных земель и деградированных черноземов следует, что действие трав на структуру этих почв мало чем отличается от действия их на подзолистые почвы. Травы второго года пользования повысили количество агрегатов по сравнению со старопахотной почвой, т. е. культурой зерновых, на 17%. Согласно этим авторам, в целинном состоянии чернозем обыкновенный показывает высокую степень оструктуренности. Вспашка в значительной степени разрушает природную структуру. Многолетние травы восстанавливают структуру, но не коренным образом. Эффект от трав в полевом севообороте на черноземе значительно ниже, чем на подзолистых почвах.

Как уже отмечалось ранее, структура почвы является главным агрофизическим фактором, от которого зависят агроэкологические свойства агроландшафтов, их устойчивость к водной и ветровой эрозии. Структура почвы определяет физические свойства: строение пахотного слоя, плотность сложения, её пористость, твёрдость, пластичность, липкость, физическую спелость, влагоёмкость, водопроницаемость. Данная многофакторность агрономически ценной структуры почвы в земледелии, иллюстрирует причину большого интереса со стороны такого В.Р. Вильямс (1919, 1935). Результаты многочисленных исследований по данной тематике, показали, что среди большого количества факторов образования агрономически ценных агрегатов диаметром больше 1 мм ведущая роль принадлежит растениям, точнее их корням. Выяснено, что доля растений в формировании наиболее ценных структурных агрегатов почвы составляет около 70%, а на долю остальных факторов приходится чуть больше 30% (Воробьев, 1982). Среди сельскохозяйственных растений, наиболее эффективное воздействие на физические свойства почвы, оказывают культуры сплошного посева с высокоразвитой корневой системой. Это различные многолетние бобовые, злаковые травы, а также их смеси. Данные культуры, отличаются хорошей сопоставимостью массы урожая и массы пожнивных остатков. Корневая система многолетних трав, проникая на большую глубину, своими многочисленными отростками пронизывает почвенную массу и расщепляет ее на отдельные комочки. Стоит добавить, что, от глубины

развития ризосферы, зависит формирование так же подпахотных корней (Pillai, McGarry, 1999).

На дерново-подзолистых почвах клевер своей глубоко проникающей корневой системой обогащает нижележащие слои органическим веществом и способствует созданию более глубокого окультуренного слоя почвы. На засоленных почвах аналогично действие люцерны, разрыхляющей своими корнями плотный подпахотный слой почвы, что создает благоприятные условия для последующего возделывания зерновых культур (Singh and Singh, 1996).

Эффективно влияют на агрофизические свойства почвы озимые культуры. Это связано, в первую очередь, с продолжительным периодом вегетации и, как следствие, лучше развитой корневой системой. В осенний и весенний периоды они своей корневой системой скрепляют почву и сплошным зеленым покровом предохраняют ее от разрушения атмосферными осадками и талыми водами. Пропашные культуры из-за небольшого количества растительных остатков, широких рядных посевов и интенсивных обработок, как до посева, так и во время вегетации в большинстве случаев способствуют разрушению почвенной структуры и не могут надежно защитить почву от эрозии, особенно если они возделываются повторно или бессменно. Еще больше структура почвы разрушается в чистых парах. (Лыхман и др., 2015).

Такая краткая характеристика основных культур позволяет схематично поставить их в следующий ряд по степени убывания влияния в севообороте на структуру почвы: многолетние бобово-злаковые смеси — однолетние бобово-злаковые смеси — озимые зерновые культуры — кукуруза — яровые зерновые и зернобобовые культуры — лен — картофель — сахарная свекла и другие корнеплоды (Воробьев, 1977). Этот ряд может изменяться и уточняться, в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня интенсификации земледелия и других условий, но в конкретном севообороте итоговая картина влияния на структуру почвы и другие физические и водно-физические свойства почвы будет определяться структурой посевных площадей этого севооборота. И с учетом структурообразующей способности тех или иных культур имеется возможность корректи-

ровки структуры посевных площадей и самого чередования культур в сторону оптимизации структуры почвы вместе с другими агрофизическими свойствами. При этом надо учитывать, что в условиях интенсивного земледелия может возрастать разрушающее действие на структуру и другие физические свойства почвы интенсивных обработок, орошения, уплотнения почвы тяжелыми движителями, больших доз минеральных удобрений, выщелачивающих почву и т. п. (Прудникова, 1975).

С состоянием структуры и других физических свойств почвы тесно связано влияние культурных растений как предшественников в севообороте на водно-физические свойства почвы и на запасы продуктивной влаги в почве. Наряду с непосредственным влиянием (потребление растениями) почвенная влага оказывает опосредованно самое различное влияние на основные свойства почвы, воздушный, тепловой, пищевой режимы и биологические процессы, происходящие в системе «почва – растение – атмосфера». Это связано также и с тем, что потребность растений в воде неодинакова, о чем можно судить по транспирационному коэффициенту, который для растений кукурузы и проса составляет 200—300, для пшеницы и ячменя – 400 и более, для клевера – 500—600, для люцерны – 700—800 (Tisdall, Oades, 1979).

Обеспечение посевов тех или иных культур водой, расход воды на формирование урожая определяется коэффициентом водопотребления, который складывается из расхода воды непосредственно растениями (транспирация) и испарения ее с поверхности почвы, и зависит также от характера растительного покрова, создаваемого на поле культурой. На почве, занятой растительностью, большая часть величины общего расхода воды приходится на транспирацию, так как величина испарения воды из почвы зависит от степени затенения ее растениями и продолжительности периода, когда вся поверхность не защищена зеленой массой растений.

Многолетние травы, озимые зерновые культуры, зимующие растения, рано образующие весной сплошной зеленый покров, почти всю расходуемую воду используют на транспирацию. Медленно растущие яровые поздние растения с

большой площадью питания (кукуруза, картофель и др.) в первый период роста не требуют большого количества воды. В то же время значительная часть ее испаряется с открытой поверхности почвы. Первая группа растений предъявляет повышенные требования к влаге весной и в первую половину лета, а вторая — в июле-августе, а в южных районах — и в сентябре (Bassett, 1964).

Для создания в почве необходимых запасов продуктивной влаги большое значение имеет продолжительность периода от уборки предшественника до посева последующей культуры. Чем он продолжительнее, тем больше накапливается в почве влаги за счет летних атмосферных осадков или сохранения талых вод. Это особенно важно в условиях засушливых районов нашей страны, где гарантией устойчивого земледелия являются чистые пары, главная задача которых — накопление, сохранение и рациональное использование влаги атмосферных осадков. Влияние чистых кулисных паров на водный режим почвы настолько велико, что накопленной за время парования почвенной влаги хватает на формирование урожаев двух последующих культур севооборота. Влага атмосферных осадков используется в севообороте лучше, если культуры с глубоко проникающей корневой системой чередуются с культурами мелко корневыми или с чистыми парами (Hinkley, 1973).

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Почвенно-климатические условия Ростовской области

Ростовская область занимает площадь 100,9 тыс. км², протянулась с севера на юг почти на 476 км и с запада на восток – на 456 км (согласно данным Федерального государственного бюджетного учреждения государственный центр агрохимический службы «Ростовский»). Водная поверхность многочисленных рек, озер и водохранилищ составляет 285 тыс. га. Территория области – в различной степени волнистая равнина. Нижнее течение реки Дон делит её на две части, приблизительно равные по площади, но очень различные по природным условиям. Особенно сложен рельеф северной половины, имеющий хорошо развитую гидрографическую сеть и овражно-балочную систему. Южная половина, особенно её западная часть, имеет сравнительно спокойный и равнинный рельеф (Безуглова, Хырхырова, 2008).

Климат области – умеренно-континентальный с резкой амплитудой температур холодного и теплого периодов, а также заметными суточными колебаниями температур. Континентальность климата области возрастает с запада на восток, что объясняется влиянием на западе бассейнов Черного и Азовского морей. Продолжительность общего вегетационного периода ($t > 5^{\circ}\text{C}$) – 200—220 дней, а активного вегетационного периода ($t > 10^{\circ}\text{C}$) – 165—180 дней. Длительный вегетационный период с большим притоком солнечного тепла – характерная особенность климата области, благоприятная для сельскохозяйственного производства. Важным элементом климата являются атмосферные осадки, режим их выпадения. Среднегодовое количество осадков колеблется от 489—464 на западе и севере области до 407—339 – на юго-востоке. Во влажные годы выпадает 600—750 мм в северо-западных и западных и до 500 мм – в восточных и юго-восточных. В засушливые годы – 300 и 200 мм соответственно (Вальков, 1977).

Основные земледельческие угодья Ростовской области расположены на чернозёмах обыкновенных, чернозёмах южных и каштановых почвах (таблица 1).

Таблица 1 – Основные пахотные почвы Ростовской области (корреляция названий)

Местная классификация	Классификация и диагностика почвы, 1977		Классификация и диагностика почвы, 2004	WRB, 2014
	типовая и подтиповая	фациальная		
Чернозем обыкновенный	Чернозем обыкновенный	Теплая промерзающая	Чернозем сегрегационный	Haplic Chernozem
Чернозем южный	Чернозем южный	Теплая промерзающая	Чернозем текстурно-карбонатный	Luvic Calcic Chernozem (Tonguic)
Чернозем североприазовский	Чернозем обыкновенный	Теплая коротковременно промерзающая	Чернозем миграционно-сегрегационный	Calcic Chernozem
Чернозем предкавказский	Чернозем обыкновенный	Очень теплая коротковременно промерзающая	Чернозем миграционно-сегрегационный	Calcic Chernozem
Темно-каштановая почва	Темно-каштановая почва	Теплая промерзающая и очень теплая коротковременно промерзающая	Чернозем текстурно-карбонатный	Luvic Calcic Chernozem или Kastanozem
Каштановая почва	Каштановые почвы	Очень теплая коротковременно промерзающая	Каштановая почва	Calcic Kastanozems

Чернозёмы занимают больше половины территории – 64,2 %, почвы каштанового типа – 26,6 % (Гаврилюк, 1983). Для рационального и эффективного использования земли в области проведено природно-сельскохозяйственное районирование, представляющее собой научно-обоснованную систему деления земельного фонда на отдельные территории, характеризующиеся сходными природно-экономическими условиями. С учётом физико-географического положения, разнообразных почвенно-климатических условий, характера сельскохозяйственного

производства и интенсивности его ведения в области выделено 6 природно-сельскохозяйственных зон.

Состояние почвенного плодородия в системе агрохимического мониторинга по природно-сельскохозяйственным зонам оценивается по общему содержанию гумуса, т. к. этот показатель наиболее тесно коррелирует с урожайностью сельскохозяйственных культур. Северо-Западная зона (Боковский, Верхнедонской, Каменский, Миллеровский, Тарасовский, Чертковский, Шолоховский районы) характеризуется распространением чернозёмов южных. В Красносулинском, Зверевском, Октябрьском, Родионово-Несветайском, Куйбышевском и Матвеево-Курганском районах среди чернозёмов южных встречаются массивы чернозёмов обыкновенных обычных. Среднее содержание гумуса в южном чернозёме по данным последних туров агрохимического обследования – 3,2 %; в обыкновенном – 4 %; в среднем по зоне – 3,5 % . Почвенный покров Северо-Восточной зоны (Белокалитвенский, Константиновский, Милютинский, Морозовский, Обливский, Тащинский, Цимлянский районы) представлен южными чернозёмами со средним содержанием гумуса – 2,9 % . Для Центральной зоны (Багаевский, Весёловский, Семикаракорский, Волгодонской, Мартыновский, Пролетарский районы) характерен весьма разнообразный почвенный покров, представленный чернозёмами южными и обыкновенными, луговыми чернозёмами, каштановыми почвами с разной степенью засоления и солонцеватости. Среднее содержание гумуса для зоны – 3 % . Почвенный покров Приазовской зоны (Азовский, Аксайский, Куйбышевский, Матвеево-Курганский, Мясниковский, Неклиновский, Октябрьский, Родионово-Несветайский и Усть-Донецкий районы) представлен чернозёмом обыкновенным карбонатным со средним содержанием гумуса – 3,6 % при колебаниях от 3,2 до 4,2 %. Чернозёмом обыкновенным карбонатным представлена, в основном, и южная зона (Егорлыкский, Зерноградский, Кагальницкий, Песчанокосский, Сальский, Целинский районы). Содержание гумуса – 3,53 %, при колебаниях от 3,2 до 4,0 %. В Восточной зоне (Дубовский, Заветинский, Зимовниковский, Орловский, Ремонтненский районы) распространены тёмно- и светло-каштановые почвы в комплексе с солонцами, которые в восточной части зоны достигают 50 %.

Эти почвы бедны гумусом, средний показатель составляет 2,2 %. По подтипам: тёмно-каштановые почвы – 2,8—3,4 %, каштановые – 2,3—2,8 %, светло-каштановые – 1,7—2,4 %, солонцы – 1,0—2,5 %. Общая земельная территория области 9 млн. 807 тыс. га. Под сельскохозяйственные угодья используют 87,7 %, 3,9 % – территория под лесами и лесными насаждениями. 1,6 % – прочие угодья: болота, реки и кустарники. Сельскохозяйственные угодья области состоят из пашни, садов, виноградников и других многолетних насаждений, залежей, сенокосов и пастбищ. Пашня составляет 62 % от общей земельной площади или 71% от площади сельскохозяйственных угодий. Общая площадь пахотных земель 6 млн. 411,1 тыс. га. Следовательно, коэффициент распаханности территории области составляет 65,5 %. Область является крупным производителем и поставщиком зерна.

2.2 Объект исследования

2.2.1. Характеристика почвы

Для изучения эффективности гуминовых удобрений и препаратов в условиях открытого грунта нами был заложен мелкоделяночный полевой опыт. Этот эксперимент проводился на территории УОХ ЮФУ «Недвиговка» Мясниковского района Ростовской области. Затем исследования были продолжены в условиях производственного эксперимента на стационаре Донского зонального научно-исследовательского института (ДЗНИИСХ) в Аксайском районе Ростовской области, а также проверены в производственных условиях на черноземе южном (Верхнедонской район, ЗАО Шумилинское), темно-каштановой почве (Цимлянский район, ЗАО им. Ленина), черноземе обыкновенном карбонатном (предкавказском) (Песчанокопский район, ОАО «Заря») (рисунок 1).

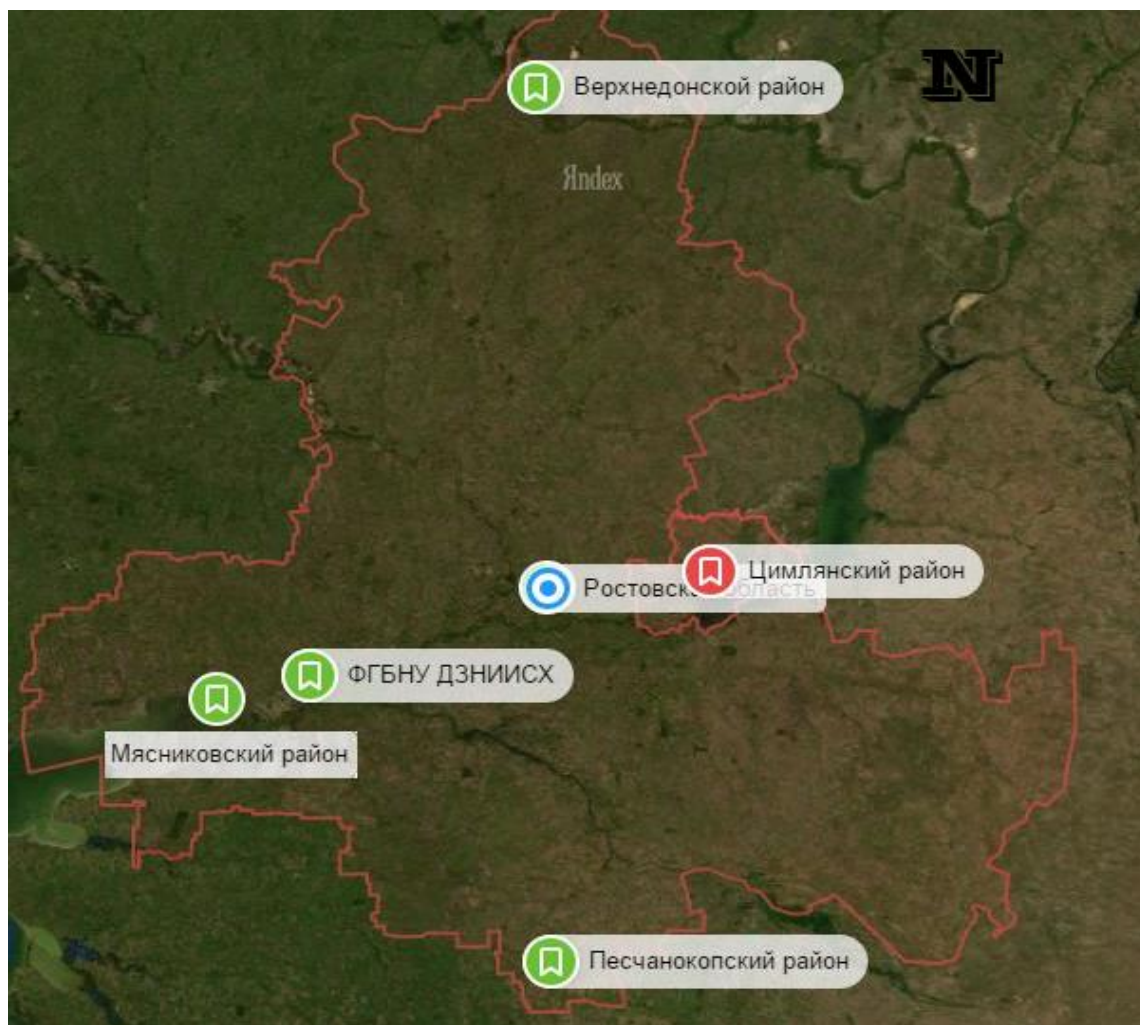


Рисунок 1 – Географическое расположение полевых опытов

В мелкоделяночном опыте наблюдения вели в динамике. Схема опыта приведена в таблице 2. Размер делянок – 25 м². Повторность – шестикратная. Фон – жидкое комплексное удобрение (ЖКУ) марки N10:P34. Отбор образцов производили из пахотного горизонта три раза: перед внесением удобрений, через месяц после внесения (всходы), (колошение) и после уборки урожая. Посев озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 – через неделю после внесения удобрений. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный (североприазовский) мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке.

Таблица 2 – Схема мелкоделяночного опыта с лигногуматом калия

Вариант	Удобрение, препарат	Доза
1. Контроль	Без удобрений	-
2. Фон	ЖКУ	N10:P34
3. Фон + Лигногумат калия (обработка по листу)	ЖКУ, лигногумат калия	N10:P34 75 г/га
4. Фон + Лигногумат калия (внесение в почву)	ЖКУ, лигногумат калия	N10:P34 100 г/га

Схема расположения делянок приведена на рисунке 2.

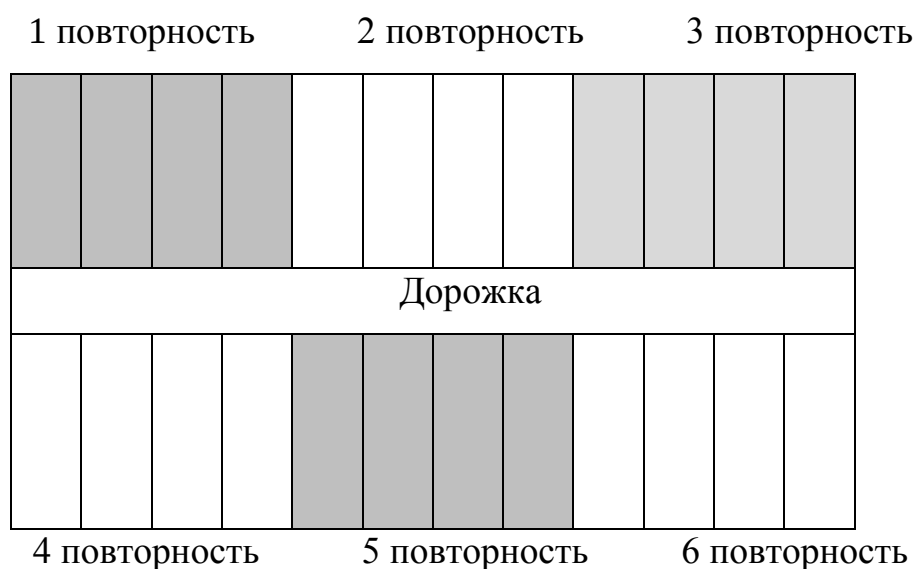


Рисунок 2 – Схема расположения делянок

Генетические особенности чернозема обыкновенного карбонатного – образование и накопление насыщенного кальцием гумуса ($C_{гк}:C_{фк} = 1,5 - 2,0$) в горизонтах (А+АВ+В); миграция карбонатов в профиле, выделение их миграционных новообразований (прожилок, мицелия, паутинок); образование карбонатного иллювиального горизонта; выщелачивание легкорастворимых солей; слабое оглинивание почвенной толщи с максимумом в горизонте АВ с накоплением гидрослюд, монтмориллонита и каолинита (Гаврилюк, Вальков, Клименко, 1983).

Данный чернозем имеет следующие свойства (Безуглова, Хырхырова, 2008). Большая мощность гумусового горизонта (А+В = 87–91 см), несмотря на малую

гумусность (4,6–4,7 %), определяет достаточно высокий уровень накопления органического вещества (345–385 т/га). Континентальность климата и высокая биогенность обуславливают высокую карбонатность всего профиля черноземных почв данного подтипа. Отличительной особенностью этих почв является наличие кроме обычных форм карбонатных новообразований (жилок и белоглазки) мицелиарной формы – карбонатной плесени. Благодаря этой особенности в новой классификации почв (Классификация и диагностика..., 2004) почвы были выделены на уровне миграционно-сегрегационного подтипа в типе черноземов. Присутствие карбонатов с поверхности обуславливает среднещелочную реакцию среды ($pH = 8,0 - 8,6$) и весьма слабую доступность фосфора растениям (Вальков, 1977).

Гранулометрический состав характеризуется высоким содержанием физической глины: почву относят к иловато-крупнопылеватой тяжелосуглинистой. Данный показатель является индикатором содержания гумуса, а, следовательно, и биологической активности почв (Крыщенко и др., 2006).

Гумус характеризуется средним содержанием N, отношение C:N для $A_{\text{пах}}$ – 11,2; для $A_{\text{п/пах}}$ – 10,2. Состав гумуса характеризуется преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами в верхней части профиля и фульвокислот над ГК – в средней и нижней частях профиля. В составе гуминовых кислот преобладает фракция ГК–2, содержание которой достигает максимума в горизонте $A_{\text{п/пах}}$. Количество гуминовых кислот фракции ГК-1 невелико, причем с глубиной оно уменьшается. Небольшая величина фракции ФК-1а в составе гумуса этой почвы говорит об устойчивости органического вещества (Гаврилюк, Безуглова, 2001). Валовое содержание N в $A_{\text{пах}}$ – 0,25 – 0,28 %. Доля минеральных форм азота в слое $A_{\text{пах}}$ – 9,9 – 13,9 мг/100 г почвы, что составляет 5,0 – 5,4 % от общего азота. Запасы необменного аммония в метровом слое почвы составляют 0,98 – 1,5 т/га (Полтавская, Коваленко, 1983).

Минеральные соединений фосфора представлены в основном фосфатами Ca, Mg и Al. Содержание наиболее растворимых фосфатов Ca и Mg в $A_{\text{пах}}$ колеблется от 0,6 до 1,6 мг/100 г почвы. Степень обеспеченности подвижной фосфорной кислотой – низкая (Полтавская, Коваленко, 1983).

Степень обеспеченности почвы обменным калием – средняя (23,4 – 47,0 мг-экв/100 г почвы). Сумма поглощенных оснований 33,0 – 43,08 мг-экв/100 г почвы, основная доля в почвенно-поглощающем комплексе приходится на Са и Mg (Са>90 %) (Соборникова, 1989). По агропроизводственной группировке почв Ростовской области черноземы обыкновенные отнесены к лучшим почвам и оценены в 56 баллов (Экономическая оценка..., 1994).

С 2013 года исследования проводили в условиях производственного эксперимента на стационаре Донского зонального научно-исследовательского института (ДЗНИИСХ) в Аксайском районе Ростовской области. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Характеристика почвы на экспериментальном поле до закладки эксперимента приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Агрохимическая характеристика чернозема обыкновенного карбонатного на экспериментальном поле (2014 г.)

N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O мг/кг	Гумус, %	Каталаза, мл O ₂ /1 г за мин	Инвертаза, мг глюко- зы/ 1 г за 24 ч
3,13	3,31	22,24	306,3	3,91	7,36	30,11

Почва по содержанию подвижных элементов питания на момент посева оценивалась как средне обеспеченная по фосфору и по калию, по гумусу среднегумусированная, по активности каталазы и инвертазы среднеобогатщенная (таблица 3). Влажность почвы при посеве оптимальная, разделка почвы хорошая, перерывов в посеве не было. Схема опыта приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Схема опыта на стационаре ФГБНУ «ДЗНИИСХ»

Вариант	Удобрения, дозы, кг/га	ВЮ-Дон, способ при- менения, до- за	Пло- щадь, га
1	2	3	4
1. Фон	Припосевное внесение: Диаммофоска – 10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка – аммиачная селитра 100 кг/га	Нет	8,7

1	2	3	4
2. Фон + ВЮ-Дон	Припосевное внесение: Диаммофоска – 10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка – аммиачная селитра 100 кг/га	Предпосевное внесение в почву: 1 л/га	9,0
3. Фон + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном	Припосевное внесение: Диаммофоска – 10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка – аммиачная селитра 100 кг/га	Обработка по листу: в фазу кущения и выхода в трубку 1 л/га	6,8
4. Фон + предпосевное внесение в почву ВЮ-Дона + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)	Припосевное внесение: Диаммофоска – 10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка – аммиачная селитра 100 кг/га	Предпосевное внесение в почву: 1 л/га обработка по листу: в фазу кущения и выхода в трубку 1 л/га	9,0

Культура – озимая пшеница, сорт – Донэко. Отбор почвенных образцов проводили из пахотного слоя в следующие сроки: 17.10.2013 до посева озимой пшеницы, 17.11.2013 в фазу кущения, 23.04.2014 в фазу кущения – выхода в трубку, 11.07.2014 – в фазу созревания зерна – уборки.

В производственных условиях действие гуминовых препаратов на структурное состояние почвы было проверено под различными культурами на черноземе южном (Верхнедонской район, ЗАО Шумилинское), темно-каштановой почве (Цимлянский район, ЗАО им. Ленина), черноземе обыкновенном карбонатном (предкавказском) (Песчанокопский район, ОАО «Заря») (таблица 5).

На экспериментальных полях в хозяйствах гуминовый препарат ВЮ-Дон использовали по листу в процессе вегетации, отбор почвенных проб проводили до обработки гуминовым препаратом и через 2 недели после с последующим опре-

делением структурного состояния, содержания гумуса и биологической активности. Результаты почвенного исследования исходного состояния почвы на производственных полях представлены в приложении 1.

Таблица 5 – Схема производственных опытов в хозяйствах Ростовской области

Вариант	Площадь участка, га	Культура	Примечание
ЗАО «Шумилинское», Верхнедонской район, Чернозем южный			
Под культуру сплошного сева	330	Озимая пшеница	Пар(140)/нут (192)
Под пропашную культуру	175	Подсолнечник	Озимая пшеница
Под культуру сплошного сева	103	Озимая пшеница	Озимая пшеница
Под пропашную культуру	142	Кукуруза	Озимая пшеница
ОАО «Заря», Песчанокопский район, Чернозем обыкновенный карбонатный			
Контроль	35	Свекла	Поле № 24
ВЮ-Дон	35		Поле № 24
	120,6		Поле № 22
	61		Поле № 28
	124,8		Поле № 27
	124,8		Поле № 17
Контроль	46,5	Подсолнечник	Поле № 27
ВЮ-Дон	46,5		Поле № 27
	130,9		Поле № 28(П)
	166,1		Поле № 29

2.2.2. Гуминовые препараты

В мелкоделяночном опыте сравнивалась эффективность гуминового препарата Лигногумат калия (производства Санкт-Петербургского предприятия РЭТ) при его внесении в почву и при обработке по листу на фоне жидкого комплексного удобрения (ЖКУ 10:35). В полевых условиях работу вели со щелочным экстрактом из биогумуса – гуминовым препаратом ВЮ-Дон. Его состав приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав гуминового препарата ВЮ-Дон

N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН	Сорг %	Сгк	Сфк	Сгк + Сфк
мг/л						г/л		
76,4	198,76	530,27	360	8,7	0,224	1,83	0,41	2,24

Низкомолекулярные соединения гуминовых веществ обладают повышенным биостимулирующим действием на рост и развитие растений, им свойственна высокая миграционная подвижность в почве. Высокомолекулярные соединения при меньшей миграционной подвижности и невысоком биостимулирующем действии имеют повышенные сорбционные свойства связывания элементов по механизму комплексообразования, что снижает возможности попадания токсичных и вредных веществ в растение. Эти особенности гуминовых препаратов обеспечивают увеличение приспособляемости растений к пестицидному токсикозу и минеральным передозировкам, а также позволяют уменьшить последствия стрессовых факторов (пересадки, засухи, переохлаждения).

Гуминовый препарат ВЮ-Дон характеризуется щелочной реакцией среды и содержит относительно невысокую концентрацию питательных элементов, поэтому не может рассматриваться как аналог минеральных удобрений. Однако в его составе содержатся гуминовые кислоты и фульвокислоты, сумма которых составляет 2,24 г/л. Они, как показывают многочисленные эксперименты, являются стимуляторами роста и адаптогенами, снимая стресс после применения средств защиты и от воздействия неблагоприятных погодных факторов. Данный препарат

разбавляют до оптимальной концентрации 0,001 % и производят обработку почвы или растений.

Микробиологический состав препарата представлен в таблице 7. В исследуемом образце методом посева на плотные питательные среды было проведено определение численности следующих групп микроорганизмов: бактерии, использующие органические формы азота на мясо-пептонном агаре (МПА), бактерии, использующие минеральные формы азота на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофильные и азотфиксирующие бактерии на среде Эшби, бактерии группы кишечной палочки на среде Эндо (Методы..., 1991).

Таблица 7 – Результаты микробиологического анализа гуминового удобрения ВЮ-Дон

Группа микроорганизмов	Численность, КОЕ/мл биопрепарата
Бактерии на МПА	$2,75 \pm 0,17 \cdot 10^4$
Бактерии на КАА	$3,30 \pm 0,71 \cdot 10^3$
Олигонитрофилы	$1,93 \pm 0,56 \cdot 10^3$
Азотфиксаторы	Не обнаружено
БГКП	Не обнаружено

Максимальной в биопрепарате оказалась численность бактерий, растущих на МПА, причем 78% из них представлены спорообразующими бактериями р. *Bacillus* (Рисунок 3, 4, 5), что связано с условиями производства биопрепарата и высоким значением рН. Отмечено не менее трех различных видов данного рода (предположительно, на основании морфологии). Данные бактерии являются непатогенными представителями нормальной почвенной микрофлоры, активными гидролитами, участвующими в разложении свежих органических веществ.



Рисунок 3 – Общий вид колоний на среде МПА (разведение 10-1).

Кроме спорообразующих бактерий р. *Bacillus* были выявлены неспорообразующие грамположительные кокки, предположительно принадлежащие к р. *Rhodococcus*, или р. *Micrococcus* (биохимическая идентификация не проводилась) (Рисунок 4).

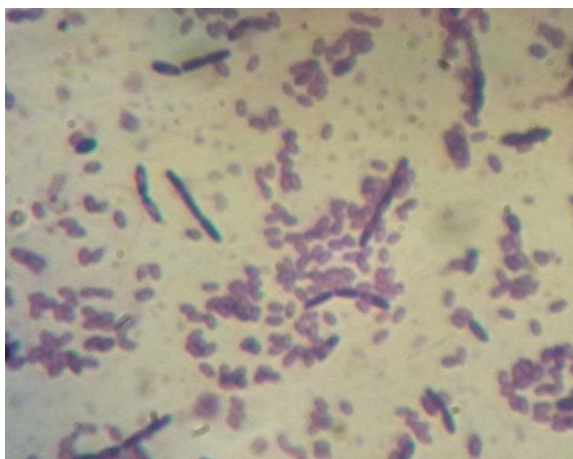


Рисунок 4 – *Bacillus* sp. (*licheniformis*)

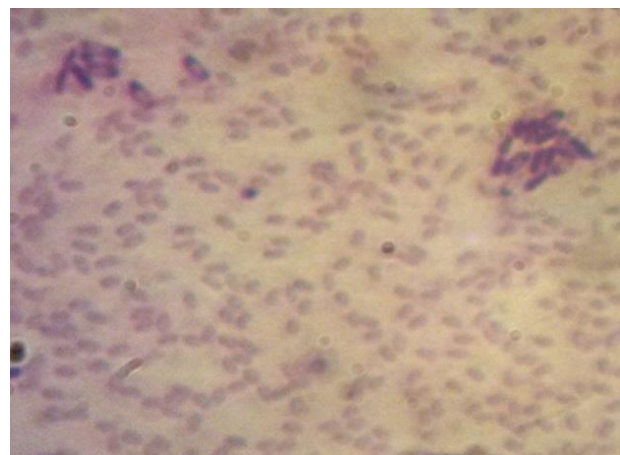


Рисунок 5 – *Bacillus* sp. (*pumilus*)
Rhodococcus sp.

В биопрепарате не было выявлено азотфиксирующих бактерий, активно растущих на среде Эшби, обнаружены только олигонитрофильные микроорганизмы, способные расти за счет следовых количеств азота.

Бактерии группы кишечной палочки также не были выявлены, рост на среде Эндо был нулевой, что указывает на полное отсутствие грамотрицательных бактерий в препарате.

Таким образом, с микробиологической точки зрения биопрепарат не только не представляет опасности, но напротив, содержит ценные с агрономической точки зрения культуры (например, бактерии р. *Bacillus* входят в состав многих микробиологических удобрений, например, «Белогор»).

Лигногумат (ЛГ) – это препарат промышленной технологии, которая основана на имитации природных процессов гумификации растительных отходов различного происхождения (Брыкалов и др., 2005). Данный гуминовый препарат может быть получен практически из любого лигнин содержащего сырья. Получаемый продукт содержит гуминовые кислоты и фульвокислоты, а также микроэлементы в хелатной форме. Благодаря своему составу, лигногумат обладает свойствами стимулятора роста и антистрессанта, высокая биологическая активность обусловлена тем, что все компоненты полностью растворимы в воде.

Производители гуминового препарата, выпускаемого под торговой маркой Лигногумат, рекомендуют его использовать для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур (в зависимости от культуры и агротехники на 10—25%), повышения качества сельскохозяйственной продукции (клейковины в зерне пшеницы в среднем на 2—2,5%, сахаристости сахарной свеклы, витамина С в овощах, сахара в винограде и плодовых культурах), усиления иммунитета у растений, повышения морозо- и засухоустойчивости растений, в основном за счет усиления корневой системы растений, повышения эффективности обработок семенного материала совместно с протравителями (повышается полевая всхожесть семян, усиливается подавление патогенов, повышается иммунитет растений), снятие стресса при внекорневых обработках пестицидами и их сложными баковыми смесями (стимулирует рост и развитие растений, снимает стресс при комплексных обработках, стимулирует процесс фотосинтеза), повышение эффективности применения минеральных удобрений (повышается коэффициент использования азота и фосфора растениями, возможно снижение норм внесения на 20—30%) (Jia, 2001).

Лигногумат выпускается в различных формах: и в виде порошка, и в виде жидкого препарата. В наших исследованиях был использован препарат, сырьем

для которого служил лигносульфанат (продукт переработки древесины), марки БМ (20% водный раствор с микроэлементами).

Щелочные лигнины – сульфатный (тиолигнин) и натронный – лигносульфонаты и гидролизный лигнин – это так называемые технические лигнины, которые являются побочными продуктами при химической переработке древесины (Азаров, 1999). Структура лигносульфонатов точно не установлена. Известно, что они представляют собой гетерогенную смесь соединений с широким спектром молекулярных масс (300—100000), состав зависит от породы древесины. Также сложность структуры сульфонатов вызвана коллоидным процессом перемешивания фрагментов с различной молекулярной массой. Очистка лигносульфонатов, их концентрирование производится на мембранных ультрафильтрационных установках. Используя различные мембранные элементы можно провести отсечку высокомолекулярных лигносульфонатов с геометрическими размерами 80—100 нм, которые обладают характерными свойствам гуминовых веществ. В наших опытах использовался лигногумат жидкий БМ калийный (20 % раствор гуминовых веществ с микроэлементами в хелатной форме). В его составе также содержатся макро- и микроэлементы (% от сухих веществ не менее): калий – 9, сера – 3; (не более): железо – 0,2, марганец – 0,12, медь – 0,12, цинк – 0,12, молибден – 0,015, бор – 0,15, кобальт – 0,12; pH - 8,5—10,0 (Орлов, 1991).

2.2.3. Биологические особенности возделываемых культур

Озимая пшеница

Исследование влияния гуминовых веществ на структуру чернозема в условиях мелкоделяночного опыта и в экспериментальных посевах на стационаре ДЗНИИСХ проводили под озимой пшеницей. В мелкоделяночном опыте в УОХ «Недвиговка» исследовали и влияние лигногумата, а точнее его последствия, на яровой ячмень – в звене севооборота озимая пшеница – озимая пшеница – яровой ячмень.

Озимая пшеница является одной из самых распространенных важнейших продовольственных культур на земном шаре, ценность зерна которой определяется высоким содержанием белка, жира, углеводов и т.д. Корневая система – мочковатая, располагается в верхнем пахотном слое почвы, но проникает на глубину 120—200 см. Для получения высоких урожаев озимой пшеницы с хорошим качеством зерна наиболее благоприятная влажность почвы (в слое 0—60 см) – ниже влажности разрыва капилляров (Rogers, 1939).

Почва для озимой пшеницы должна быть высокоплодородной, структурной, с высоким содержанием N, P, K и др. питательных веществ. Реакция почвенного раствора должна быть в пределах $pH=6—7.5$. Содержание гумуса, чем выше, тем лучше. Лучшие почвы – черноземы. Высокие урожаи озимая пшеница дает на каштановых, подзолистых и дерново-глеевых почвах. Фазы роста и развития: всходы, кущение, выход в трубку (стеблевание), колошение, цветение, созревание.

Озимая пшеница кустится осенью и весной. Пониженная температура воздуха (до $6—10^{\circ}C$) при достаточной влажности, а также повышенная облачность задерживают общее развитие растений, но способствуют более интенсивному кущению. Кущение значительно повышается при внесении азотных удобрений и при посеве крупными семенами. В благоприятных условиях произрастания одно растение образует 3-5 стеблей.

В переходный осенне-зимний период для развития озимой пшеницы наиболее благоприятна сухая ясная и теплая погода днем (до $10—12^{\circ}C$) с понижением до отрицательных температур ночью, это способствует большему накоплению углеводов, прохождению закалки и лучшей перезимовке.

При понижении среднесуточной температуры воздуха до $4—5^{\circ}C$ осенний рост озимой пшеницы приостанавливается. Весной при повышении температуры до $5^{\circ}C$ пшеница начинает расти и дополнительно кустится. Для озимой пшеницы очень опасны резкие колебания температуры ранней весной, когда днем она поднимается до $10^{\circ}C$, а ночью падает до $...-10^{\circ}C$. Озимая пшеница может выдержать температуру в зоне узла кущения $...-16...-18^{\circ}C$.

Выход в трубку (4—7 этапы) у озимой пшеницы начинается через 25—35 дней после весеннего отрастания, колошение (8 этап) – через 30 дней после выхода в трубку. Цветение (9 этап) пшеницы начинается через 2-3 дня после колошения и продолжается около недели. Продолжительность формирования, налива и созревания зерна (10-12 этапы) около 30-35 дней, зависит от погодных условий и особенностей сорта. При дождливой и прохладной погоде этот период удлиняется, а при засушливой – сокращается.

Общая сумма положительных температур от посева до полной спелости составляет 1850—2200°C. Продолжительность вегетационного периода (включая зиму) составляет – 275—350 дней (Rogers,1939).

Яровой ячмень

Исследование влияния гуминовых веществ на структуру чернозема проводили также под яровым ячменем (в звене севооборота озимая пшеница – озимая пшеница – яровой ячмень в мелкоделяночном опыте в УОХ «Недвиговка»). Ячмень принадлежит к числу древнейших культурных растений. Как и пшеница, он был окультурен в эпоху неолитической революции на Ближнем Востоке не менее 10 тыс. лет назад (Baver,1935). Дикий ячмень (*H. vulgare*) произрастает на широком пространстве от острова Крит и Северной Африки на западе до Тибетских гор на востоке (Robinson, 1932). Ячмень одна из важных зернофуражных культур (1кг зерна содержит 1,12 кормовых единиц). Его вводят как основной ингредиент в большинство комбикормов. Зелёную массу ячменя в смеси с бобовыми культурами (вика, горох, пелюшка, чина) используют на зелёный корм, силос, сенаж, сено (Гуминьски, 1968).

Относится к семейству Мятликовые (Poaceae). Род *Hordeum* Lessen включает один вид культурного ячменя (*Hordeum vulgare* Lessen) и много видов дикого ячменя. Корневая система – мочковатая. При прорастании зерна сначала образуются так называемые зародышевые, или первичные корни, у ячменя 5—8. Из подземных стеблевых узлов образуются придаточные или узловые корни, которые при достаточном увлажнении начинают быстро расти, однако первичные корни при

этом не отмирают. Основная часть корней находится на глубине 20—25 см в верхнем пахотном слое почвы.

В процессе роста и развития ячменя выделяют следующие фенологические фазы: набухание семян, их прораствание, всходы, появление третьего листа, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная, восковая и полная спелость зерна.

Для развития всходов минимальная температура должна быть 5-6°C. Биологический минимум для вегетативного роста ячменя составляет 4—5°C. При температуре выше 30°C ростовые процессы замедляются, при 35—40°C – приостанавливаются. Во время формирования генеративных органов и цветения требуется температура на уровне 20°C (Калашник, 2002).

Скорость появления всходов зависит от температуры и влажности почвы, глубины заделки семян. При температуре 16—18°C и хорошей увлажнённости верхнего слоя почвы всходы появляются через 7—10 дней. Всходы легко выдерживают кратковременные заморозки –3—6° С (Грязнов, 1996).

Через 10—12 дней после появления всходов начинается новая фаза развития – кущение. Интенсивность и продолжительность кущения ячменя определяют многими факторами: Влажностью 65—70% ПВ, температурой 12—14°C повышают кустистость, обеспеченность почвы питательными веществами, сортовыми особенностями, освещённостью посевов, глубиной закладки узла кущения, сроками посева и т.д. Во время фазы кущения происходит закладка будущего соцветия, что является одним из решающих факторов получения высокого урожая (Кулаковская, 1975).

Начало выхода в трубку принято отмечать с момента, когда верхний узел выноситься над почвой на высоту 5см и его легко можно прощупать через влагалище листьев. В течение этой фазы растения интенсивно растут, накапливают сухое вещество, следовательно потребляют большое количество питательных веществ из почвы.

Колошение – в эту фазу из влагалища верхнего листа выходит колос. Продолжается в среднем 8—11 дней. Повышение температуры воздуха ускоряет про-

хождение фазы. Растение при колошении характеризуется мощно развитой ассимиляционной листовой поверхностью. На этом этапе завершается фаза видимой бутонизации, выход венчика за пределы чашечки, усиленный рост междоузлий, несущих соцветий.

Образование зерна делят на три периода: формирование, налив и созревание. Реппо Э.А. (1977) подразделил первый период на два этапа: образование и формирование. Образование зерна начинается после оплодотворения до появления точки роста. Семя в этот период даёт слабый росток. Продолжительность периода 8-9 дней. Формирование начинается от образования зерна до установления окончательной его длины. В зерне в этот момент много свободной воды и мало сухого вещества. Налив начинается от начала отложения крахмала в эндосперме до окончания этого процесса. Влажность зерна 38—40%. Продолжительность периода 20—25 дней. Полная спелость – характеризуется пожелтением стеблей и отмиранием листьев. Зерно приобретает вид, свойственный сорту, твёрдое, не режется ногтем, несколько уменьшается в размерах. Содержание влаги 16—13% и меньше. Сумма биологических активных температур, необходимая в течение вегетативного периода, для раннеспелых сортов ячменя составляет 1250°С, для позднеспелых 1450°С (Ростовцева, Аваева 1935).

Яровой ячмень характеризуется высокой засухоустойчивостью. К недостатку воды яровой ячмень наиболее чувствителен в фазе выхода в трубку. Если в этот период в почве не будет содержаться необходимое количество влаги, колос не сможет нормально развиваться и в нём увеличится число бесплодных колосков, что, естественно, приведёт к снижению урожая. Потребление влаги ячменя идёт в основном из метрового слоя. До колошения главным образом используется влага из слоя до 60—70 см, а в последующем с глубины до 90—100 см (Шишов и др., 2005).

Ячмень требователен к плодородию почвы. Лучшими для него считаются среднесвязные суглинистые плодородные почвы.

В производственных экспериментах гуминовые препараты использовали на таких культурах как кукуруза на зерно, подсолнечник, сахарная свекла. Краткая

характеристика требований всех использовавшихся в опытах культур к условиям произрастания дана в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристика полевых культур, использовавшихся в экспериментах с гуминовым препаратом

Показатели	Озимая пшеница (<i>Triticum</i>)	Яровой ячмень (<i>HORDEUM</i>)	Кукуруза (<i>Zea mays</i> L.)	Подсолнечник (<i>Helianthus annuus</i>)	Сахарная свекла <i>Beta vulgaris</i> L., v. <i>Saccharifera</i>
1	2	3	4	5	6
Семейство	Злаки, или мятликовые			Астровые или сложноцветные	Маревые
Вегетационный период, дни	240—320	60—110	75—180	150—170	160—170
Оптимум температуры, °C:					
-прорастание	1—2	1—2	12—15	6—8	3—5
-появление всходов	12—15	4—5	15—18	10—15	6—7
-рост и развитие	16—21	12—23	16—20	25—27	18
Сумма активных температур	2100—2400	1600—2000	2100—3000	1600—2300	2200—2700
Критический по отношению к влаге период	Выход в трубку – выколашивание	Выход в трубку – колошение	10—14 дней до выбрасывания метелки – молочная спелость зерна	Образование корзинок – конец цветения	Период интенсивного роста
Транспирационный коэффициент, л/кг см	570	350—450	360	630	400
Отношение к свету	Растение длинного дня	Растение длинного дня	Светолюбивое растение короткого дня	Светолюбивое короткого дня	Светолюбивое растение длинного дня

1	2	3	4	5	6
Требования к почве:					
- рН	6,5—6,8	Не ниже 5,5	5,6—7,2	6,2—7,0	6,5—7,5
-содержание гумуса, %	Не менее 2	2,2—2,5	Не менее 1,8	Не менее 2,0	Не менее 3,0
-плотность почвы, г/см ³	1,2—1,3	1,1 – 1,25	1,2—1,3	1,—1,3	1,0—1,2
На формирова- ние 1 ц зерна, кг:					На формир. 1т корнеплодов, кг
Азота	3—4,5	2,5—3,0	2,4	5,0—6,0	До 7
Фосфора	0,9—1,3	1,1 —1,2	1,2	2,0—2,5	3,5
Калия	2,0—3,6	2,0—2,4	3,0	10,0—12,0	9,0

2.3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения почвенной структуры пользовались такими методами как «сухое» и «мокрое» просеивание по общепринятым методикам: определение структурного состояния методом Н.И. Саввинова и определение водопрочности почвенных агрегатов методом П.И. Андрианова в модификации Н.А. Качинского (Вадюнина, Корчагина, 1986). Также рассчитывались коэффициенты структурности и водопрочности почвенных агрегатов по формулам 2 и 3:

$$K_c = \frac{\sum \phi p \cdot 10-0,25}{\sum \phi p. [>10] + [<0,25]}, \quad (2)$$

где, K_c – коэффициент структурности

$\sum \phi p$ – сумма фракций

$$K_v = \frac{\sum \phi p \cdot 5-0,25}{\sum \phi p. [<0,25]}, \quad (3)$$

где, K_v – коэффициент водопрочности

$\sum \phi p$ – сумма фракций

Агрегатный состав пашни и механическая прочность агрегатов необходимы для оценки качества вспашки, но количественные их показатели сохраняются лишь до первого значительного дождя или искусственного полива почвы. После увлажнения пашня претерпит изменения, и они будут тем больше, чем меньше водопрочность агрегатов. Вот почему наряду с «сухим» агрегатным анализом почвы возникла необходимость «мокрого» агрегатного анализа, т.е. необходимость определения водопрочности агрегатов. Впервые методика «мокрого» агрегатного анализа почвы была предложена советскими почвоведомы еще в тридцатых годах (Тюлин, 1958; цит по: Качинский, 1965). Позже она была уточнена М.Х. Пигулевским, Н.И. Саввиновым, П.В. Вершининым, И.М. Бакшеевым и др.

Точность «мокрого» агрегатного анализа почвы зависит от постоянства условий при анализе: диапазона погружения и поднятия сит в воде и от быстроты их движения.

В качестве уточняющего показателя водопрочности использовали критерий АФИ. Критерий АФИ рассчитывают как отношение суммы агрегатов (1—0,25 мм) при мокром и сухом просеиваниях (%). Шкала оценки состояния структуры почвы по критерию АФИ: >800 – отличная; 500—800 – очень хорошая; 100—500 – хорошая; 50—100 – удовлетворительная <50 – неудовлетворительная

Метод Н. И. Андрианова (позволяет определить водопрочность счетно-аналитическим путем по одному какому-либо размеру комков с учетом времени, прошедшего на распадание в воде комков, взятых для определения их прочности). Мы в своих исследованиях изучали водопрочность агрегатов с диаметром 7-5 мм.

Для характеристики степени водопрочности структуры в расчеты вводятся коэффициенты Качинского, которые по каждой минуте равны: для 1-й – 5, 2-й – 15, 3-й – 25, 4-й – 35, 5-й – 45, 6-й – 55, 7-й – 65, 8-й – 75, 9-й – 85, 10-й – 95. Водопрочность не распавшихся за 10 минут под водой почвенных агрегатов принимается за 100 %, определяется по формуле: $P_1 \times K_1 + P_2 \times K_2 + \dots P_{10} \times K_{10} + P \times 100$ (Теории и методы физики почв..., 2004). Шкала оценки водопрочности представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка водопрочности почвы по методу П.И. Андрианова

Содержание водопрочных агрегатов, %	Оценка структурного состояния.
>70	отличное
70-55	хорошее
55-40	удовлетворительное
30-20	неудовлетворительное
<20	плохое

Эффективность применения биопрепарата (жидкое гуминовое удобрение Bio-Don) оценивалась по динамике структурного состояния, урожайности и качеству зерна. Отбор почвенных проб проводился согласно ГОСТу 28168-89. Содержание органического вещества – ГОСТ 26213-91. Отбор растительных образцов с анализом их на структуру урожая согласно методике ЦИНАО (1976). Активность каталазы и инвертазы в почве определяли по А.Ш. Галстяну (1974). Учет урожая и математическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову (1985). В производственных экспериментах также контролировалась биологическая активность методом посева на плотные питательные среды. Определяли: микро копиотрофы (аммонификаторы) на мясо-пептонном агаре (МПА), копиотрофы (амино-авторофы) на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олиготрофные микроорганизмы (бактерии и актиномицеты) на почвенном агаре (ПА), актиномицеты на КАА, олигонитрофилы на Эшби, почвенные микромицеты на среде Чапека, целлюлозоразрушающие микромицеты и актиномицеты – на среде Гетчинсона (Методы почвенной микробиологии..., 1991).

Уборку урожая озимой пшеницы на мелкоделяночном опыте производили вручную, срезая серпами колосья с учетных площадок, площадью 1 м² – метровок (фото1). Количество метровок на одной повторности варианта было три (повторностей 6), таким образом, по каждому варианту было 18 метровок (Приложение 2, фото 1,2). Уборка урожая в условиях производственных опытов осуществлялась однофазным способом (прямое комбайнирование).

3. ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

3.1. Влияние гуминовых препаратов на структурное состояние почвы

Структурное состояние является важным фактором почвенного плодородия. Одним из классических показателей состояния структуры является коэффициент структурности, рассчитываемый как отношение количества агрономически ценных агрегатов, к агрономически неценным. В ходе полевого эксперимента, проведенного на базе УОХ в поселке Недвиговка, получены данные коэффициентов структурности и водопрочности, представленные на рисунке 6.

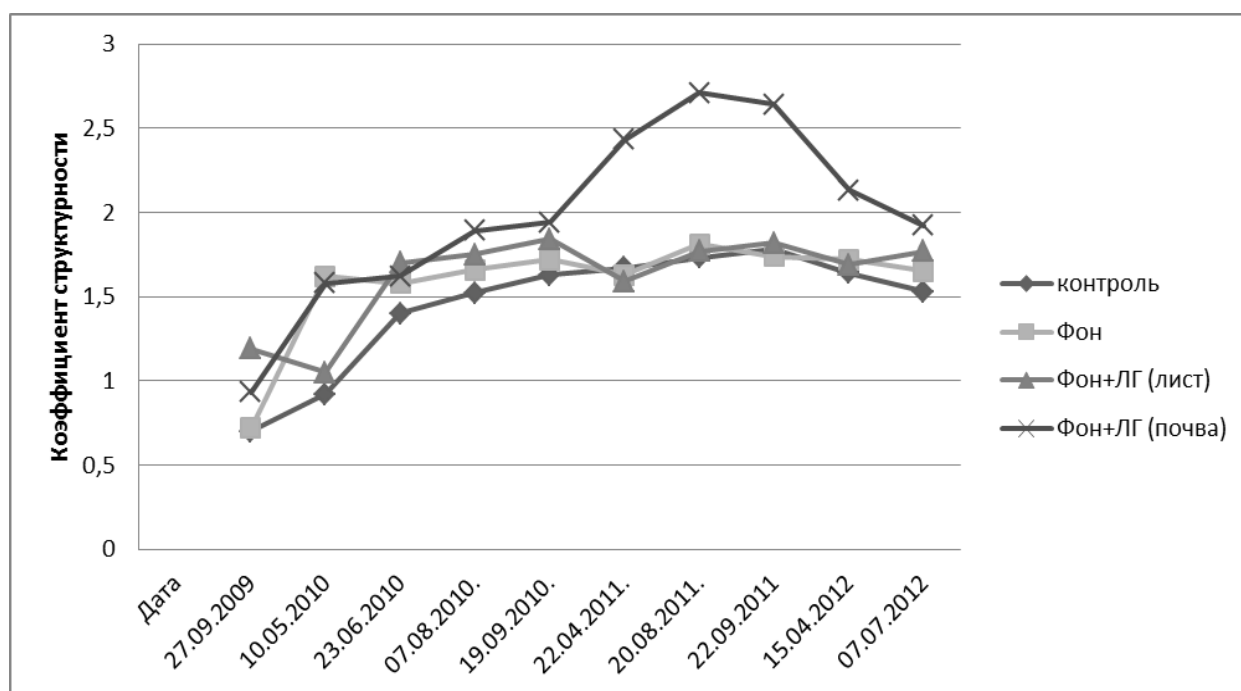


Рисунок 6 – Динамика коэффициентов структурности в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с гуминовым препаратом.

Результаты сухого просеивания свидетельствуют, что применение лигногумата благоприятно сказывается на структурности почвы, особенно это заметно после трехкратного применения препарата, далее наблюдается небольшое плато (20.08.2011—15.04.2012) и спад, обусловленный прекращением использования препарата (15.04.2012—07.07.2012). В последствии влияние лигногумата на этот показатель снижается, и значения коэффициента структурности стремятся к своему естественному уровню (контроль).

Другим важнейшим показателем состояния структуры является коэффициент водоустойчивости (таблица 10).

Таблица 10 – Динамика содержания водопрочных агрегатов (по Саввинову) в черноземе обыкновенном карбонатном, %

Культура	Фаза развития растений	Дата отбора образца	Варианты				НСР _{0,05}
			контроль	Фон (ЖКУ)	Фон+ЛГ (лист)	Фон+ЛГ (почва)	
Озимая пшеница	всходы	27.09.09	63	54	57	64	
		Сравнение с фоном			+3	+7	4,5
	кущение	10.05.10	61	65	63	62	
		Сравнение с фоном			-2	-3	4,6
	колошение	23.06.10	52	50	49	60	
		Сравнение с фоном			-1	+10	3,2
Озимая пшеница	уборка	07.08.10	51	53	60	64	
		Сравнение с фоном			+7	+11	3,9
	всходы	19.09.10	51	47	56	59	
		Сравнение с фоном			+6	+12	6,3
	кущение	22.04.11	60	54	57	62	
		Сравнение с фоном			+3	+8	5,6
-	уборка	20.08.11	58	56	57	59	
		Сравнение с фоном			+1	+3	1,8
	-	22.09.11	56	52	54	58	
		Сравнение с фоном			+2	+6	2,5
	Яровой ячмень	15.04.12	52	48	50	56	
		Сравнение с фоном			+2	+8	4,1
Яровой ячмень	уборка	07.07.12	50	51	52	55	
		Сравнение с фоном			+1	+4	2,7

В течение всего периода наблюдений коэффициенты водоустойчивости менялись как во временном аспекте (на одном варианте), так и пространственном – по вариантам опыта. Так, если проследить изменение этого показателя за время эксперимента на контроле, то можно заключить, что хотя он и меняется, но в целом величина его колеблется в пределах 1,52—1,90, и, вероятно, эти изменения отражают влияние погодных условий.

При сравнении вариантов между собой, можно отметить, что если в начале эксперимента на вариантах с лигногуматом коэффициенты водоустойчивости мало отличались от значений на фоновом варианте, то к концу второго года ис-

следований (22.04.11 и 20.08.11 гг.) они стали выше, причем на варианте с внесением препарата в почву на статистически значимую величину. Отмеченная тенденция сохраняется и в последствии под яровым ячменем.

Определение коэффициента водоустойчивости по методу Андрианова, в котором проводится учет агрегатов, способных противостоять разрушению в стоячей воде, показало, что в целом применение лигногумата благоприятно влияет и на этот показатель (таблица 11).

В отличие от мокрого просеивания по Саввинову, метод Андрианова позволяет оценивать прочность почвенных комков определенных размеров. В данном эксперименте определяли водоустойчивость агрегатов размером 2—3 мм, характеризующихся наиболее высокой устойчивостью к разрушению в воде (Безуглова, 2001). Метод обычно показывает несколько более высокие результаты, по сравнению с методом Саввинова, так как стойкость агрегатов проверяется в статичных условиях.

Наибольшие значения этого показателя обнаружены в вариантах с лигногуматом. Однако после прекращения внесения препаратов коэффициент водоустойчивости стремится к своему исходному уровню. Данную закономерность можно объяснить опосредованным действием биологически активных веществ гуминовой природы, так как известно, что они оказывают стимулирующее воздействие на биологическую активность почвы, в том числе на почвенные микроорганизмы, что, в свою очередь, улучшает физические свойства почвы. Действительно, определение активности каталазы по вариантам опыта показало, что внесение ЖКУ способствует снижению активности каталазы на уровне тенденции (Безуглова и др., 2013), так как уменьшение активности каталазы наблюдалось на статистически незначимую величину.

Для уточнения результатов, в 2013—2015 гг. на стационаре Донского зонального института сельского хозяйства был проведен производственный эксперимент на площади в 48 га.

Таблица 11 – Динамика коэффициентов водопрочности (%) в черноземе обыкновенном карбонатном (метод Андрианова)

Культура, Год	Фаза развития растений	Дата отбора образца	Вариант				НСР ₀₅
			Контроль	фон	фон + ЛГ (лист)	фон + ЛГ (почва)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимая пшеница	всходы	27.09.09	83	82	83	80	2,0
	кущение	10.05.10	85	83	85	83	1,8
	колошение	23.06.10	87	89	91	89	3,1
	уборка	07.08.10	90	88	89	91	0,4
Озимая пшеница	всходы	19.09.10	89	80	91	93	0,9
	кущение	22.04.11	88	85	93	95	4,0
	уборка	20.08.11	91	94	97	91	2,9
-	-	22.09.11	90	85	92	94	0,2
Яровой ячмень	всходы	15.04.12	87	82	85	92	0,2
	уборка	07.07.12	89	88	84	87	4,4

Динамика значений коэффициента структурности от весны к осени отрицательная во всех вариантах (таблица 12), и это естественный процесс, так как мелкозернистая структура характерна для пахотного слоя весной в период оптимальной насыщенности почвы влагой. Во всех почвенных зонах при иссушении почвенного слоя наблюдается ухудшение состояния структуры, усиливающееся под влиянием агротехнического воздействия (Качинский, 1965). Иными словами, при уменьшении влажности в верхнем пахотном горизонте, процессы диспергирования почвенных частиц начинают преобладать над процессом коагуляции.

При внесении ВЮ-Дона в почву коэффициент структурности выше, по сравнению с фоном, что подтверждается статистически по критерию Стьюдента и величиной наименьшей существенной разницы с фоном. Действие препарата ВЮ-Дон на такой параметр, как водоустойчивость агрегатов в стоячей воде, также очевидно: в вариантах 3 и 4 с предпосевным внесением в почву ВЮ-Дона структурное состояние почвы оценивается как отличное, несмотря на

отрицательную динамику, связанную с сезонными изменениями процессов в почве (таблица 13).

Таблица 12 – Динамика величины коэффициента структурности в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с гуминовым препаратом ВЮ-Дон ($n = 4$; $P = 0,95$)

Вариант	Кущение			Выход в трубку			Уборка		
	М	Раз- ница с фоно м	Td	М	Раз- ница с фоно м	Td	М	Раз- ница с фоном	Td
1.Фон (припосев- ное внесение Диаммофоска- 10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка- амми- ачная селитра 100 кг/га)	4,1	-	-	3,0	-		1,9	-	
2.Фон + предпо- севное внесение в почву ВЮ-Дона	3,7	-0,4	2,11	3,2	+0,2	7,9	2,4	+0,5	3,9
3.Фон + 2- кратная обработка посевов ВЮ- Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)	4,5	+0,4	0,12	3,8	+0,8	1,1	2,2	+0,3	7,7
4.Фон + предпо- севное внесение в почву ВЮ-Дона + 2-кратная обра- ботка посевов ВЮ-Доном (в фа- зу кущения и вы- хода в трубку)	5,0	+0,9	3,10	3,6	+0,6	13,2	2,8	+0,9	10, 2
НСР ₀₅ tst		0,18	2,4		0,11	2,4		0,15	2,4

Таблица 13 – Динамика величины коэффициента водоустойчивости в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с гуминовым препаратом ВЮ-Дон (n = 4; P = 0,95)

Вариант, №	Коэффициент водоустойчивости (содержание водопрочных агрегатов), %								
	фаза кущения			фаза выхода в трубку			Уборка		
	М	Разница с фоном	td	М	Разница с фоном	td	М	Разница с фоном	td
1	77,0	-		74,3	-	-	57,0	-	-
2	86,3	+9,3	6,3	71,3	-3,0	0,5	63,0	+6,0	4
3	69,7	-7,3	6,9	61,0	-13,3	1,7	47,3	-9,7	6,5
4	86,7	+9,7	7,3	84,0	+9,7	2,3	62,0	+5,0	3,3
НСР ₀₅		14,1			10,3			9,9	
Tst			2,4			2,4			2,4

В производственных условиях исследования проводились в трёх районах Ростовской области: Цимлянском, Верхнедонском и Песчанокоспском на разных в генетическом отношении почвах. В ходе исследовательской работы удалось проследить динамику структурно-агрегатного состояния почвы. Полевой производственный опыт был заложен на территории фермерского хозяйства ЗАО имени Ленина (Цимлянский район), на тёмно-каштановых почвах. Культуры: озимая пшеница и кукуруза.

Данные сухого просеивания представлены на рисунке 7, 8.

Известно, что тёмно-каштановые почвы по сравнению с чернозёмами обладают меньшим содержанием гумуса, количество которого в верхнем горизонте колеблется в пределах 3–4%. Более легкие по гранулометрическому составу разновидности темно-каштановых почв могут содержать гумуса менее 3%. Еще меньше гумуса в светло-каштановых почвах. Структурное состояние каштановых почв в большей степени, чем в черноземах, подвержено деградации, в частности,

в пахотных почвах наблюдается слитизация почвенных отдельностей в глыбы и диспергация в пылеватые фракции (Келлерман, 1959).

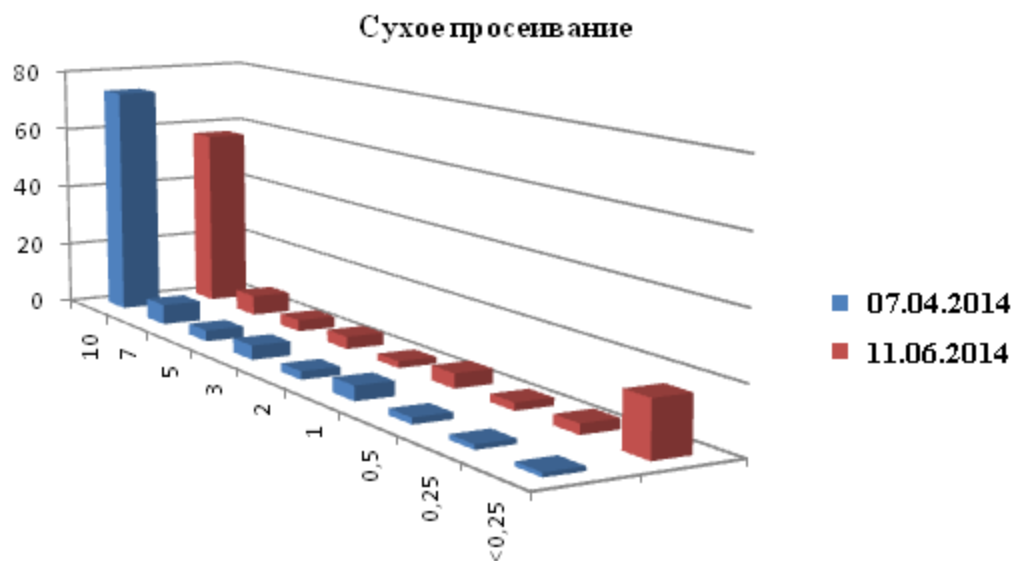


Рисунок 7 – Динамика распределения почвенных агрегатов (%) под озимой пшеницей в тёмно-каштановой почве при внесении препарата Bio-Don

Эту особенность и подтверждает рисунок 8.

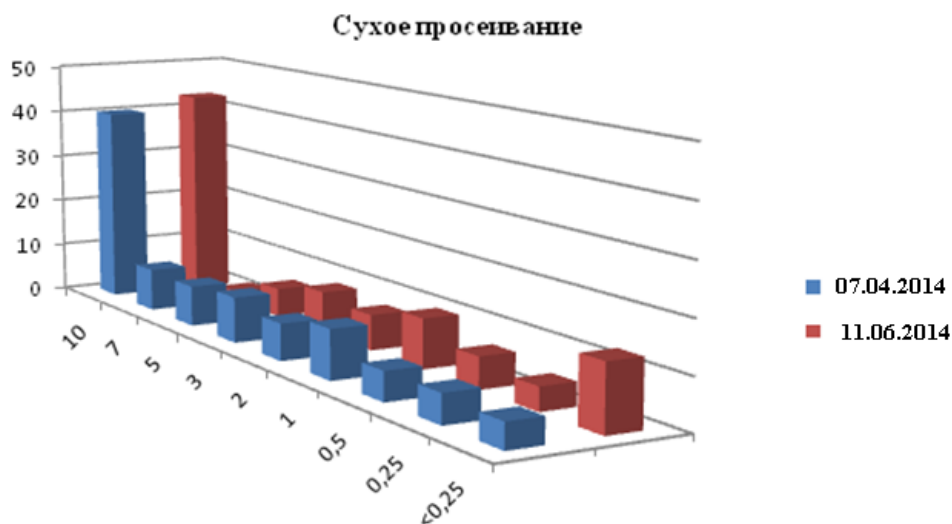


Рисунок 8 – Динамика распределения почвенных агрегатов (%) под кукурузой в тёмно-каштановой почве при внесении препарата Bio-Дон

Необходимо отметить, что применение препарата Bio-Дон вызывает положительную тенденцию в структурообразовательной динамике: наблюдается снижение доли глыбистой фракции и увеличение суммарного количества агрономически ценных агрегатов (приложение 3). Под пропашной культурой структурное со-

стояние было более сбалансированное, процент агрономически ценных фракций оказался выше (рисунок 8).

За период между отборами произошло некоторое изменение за счет сокращения агрономически ценных агрегатов и увеличения вклада глыбистой и пылеватой фракций. Эти изменения в состоянии структуры, как и на участке поля с озимой пшеницей, являются следствием сочетания особенностей темно-каштановых почв, реакции на обработку почвы и погодных условий. Для оценки качества структуры применяли расчет коэффициента структурности, как отношение количества агрономически ценных агрегатов к агрономически не ценным (рисунок 9).

Результаты расчета коэффициента структурности показали, что структурное состояние почвы поля с озимой пшеницей до внесения гумата характеризовалось как неудовлетворительное, ко второму отбору коэффициент структурности увеличился, однако, качественных изменений не произошло, структурное состояние почвы осталось неудовлетворительным. На поле с кукурузой структурное состояние как до, так и после внесения гумата, характеризуется как хорошее, несмотря на некоторое численное снижение показателя.

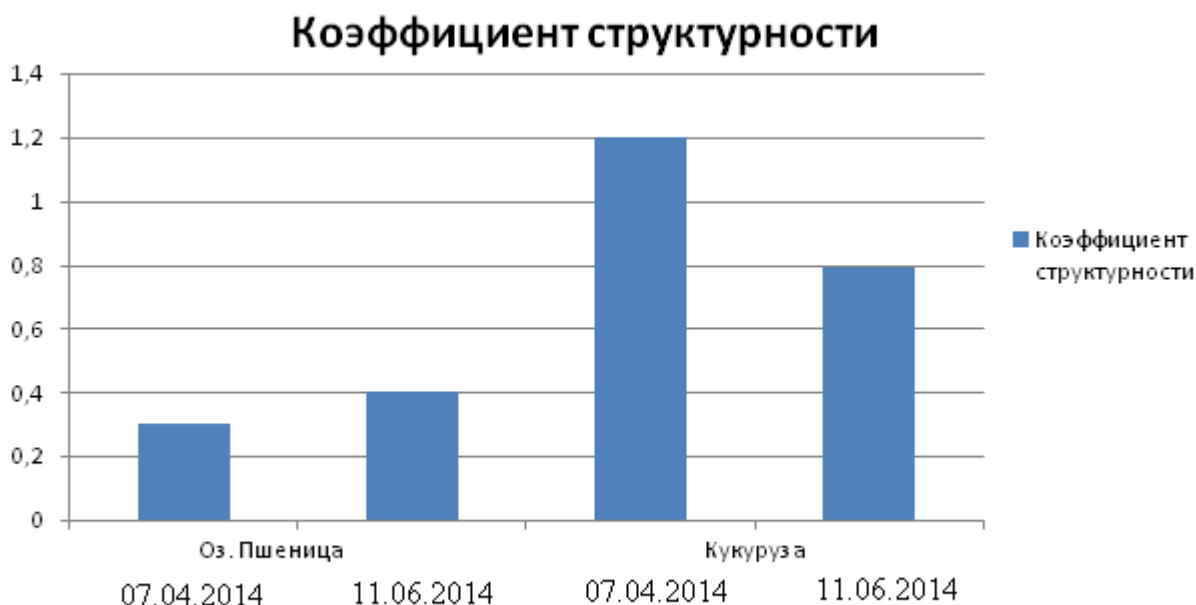


Рисунок 9 – Динамика коэффициента структурности в темно-каштановой почве под озимой пшеницей и кукурузой при внесении препарата Био-Дон

Как правило, в начале вегетационного периода растений структурное состояние почвы находится на высоком уровне, к концу лета в результате обработок почвы, проходов почвообрабатывающей техники, пересыхания почвы, ее структурное состояние ухудшается. В данном случае, применение гумата позволило снизить уровень потерь, а в ряде случаев даже повысить показатели содержания агрономически ценных агрегатов за счет формирования органоминеральных комплексов путем образования катионных мостиков между отрицательно заряженными функциональными группами органических веществ и отрицательно заряженными частицами минералов (Хасанова, 2016).

Результаты определения водопрочности агрегатов представлены на рисунке 10 и 11. По содержанию водопрочных агрегатов состояние почвы на всех полях характеризуется как хорошее, наблюдающаяся динамика этого показателя оставляет оценку почвы в пределах данной категории.

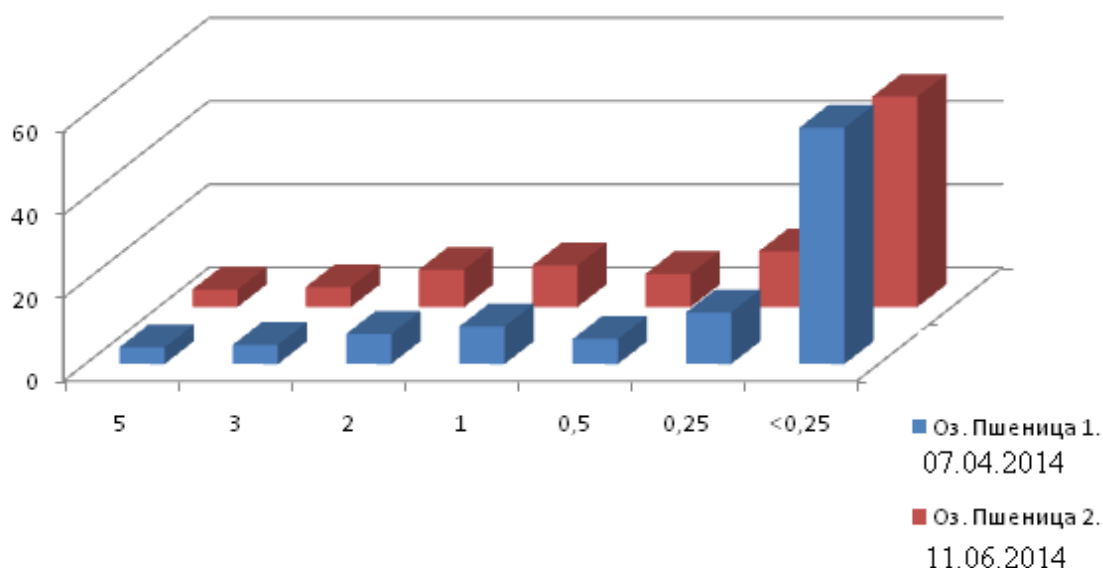


Рисунок 10 – Усредненное значение процентного содержания водопрочных фракций в темно-каштановой почве под озимой пшеницей при внесении препарата Био-Дон

Тем не менее, на рисунке 10 отчетливо видно, что водопрочность агрегатов во втором отборе выше, чем она была весной. По отдельным фракциям эта тен-

денция прослеживается и под кукурузой (рисунок 11). Но в целом, под пропашной культурой наблюдалось уменьшение водопрочных агрегатов к середине лета (рисунок 12).

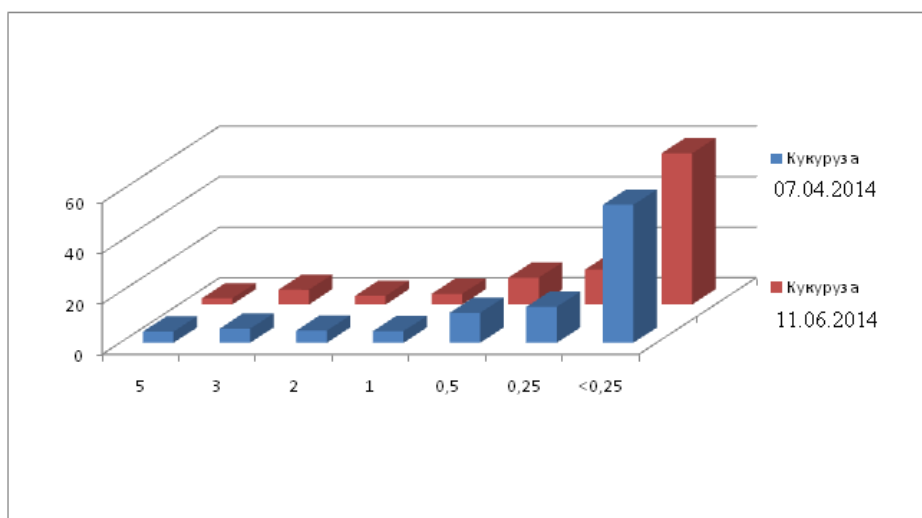


Рисунок 11 – Усредненное значение процентного содержания водопрочных фракций в темно-каштановой почве под кукурузой при внесении препарата Био-Дон



Рисунок 12 – Динамика содержания суммы водопрочных агрегатов в почве под озимой пшеницей и кукурузой при внесении препарата Био-Дон

Вследствие того, что гумусовые вещества играют важную роль в формировании структуры, выступая в качестве коагулятора (клеящего агента), было определено содержание гумуса. Гумус склеивает почвенные частицы в агрегаты, способствуя созданию агрономически ценной структуры и благоприятных для жизни растений физических свойств почвы. В гумусе содержатся основные элементы питания растений (N, P, K, S, Ca, Mg) и различные микроэлементы

(Когут, 2012). Эти элементы в процессе постепенной минерализации гумусовых веществ становятся доступными для растений, что подтверждается дальнейшими экспериментами. Результаты полевого опыта, который был проведен на территории фермерского хозяйства в Верхнедонском районе Ростовской области ЗАО «Шумилинское» на черноземе южном, представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Агрегатный состав чернозема южного под озимой пшеницей и подсолнечником (результаты сухого просеивания по методу Саввинова)

Размер фракций, мм, % (M±m)								
10	7	5	3	2	1	0,5	0,25	<0,25
Озимая пшеница, отбор образцов 7.04.2014								
34,8±0,6	12,3±0,3	9,8±0,4	14,9±0,3	11,9±0,2	11,7±0,4	0,6±0,2	2,6±0,4	1,4±0,2
Озимая пшеница, отбор образцов 1.07.2014								
40,5±0,6	6,6±0,3	4,7±0,6	4,6±0,6	5,2±0,4	4,2±0,4	4,3±0,3	5,4±0,2	24,5±1,0
Подсолнечник, отбор образцов 7.04.2014								
16,7±1,3	6,7±0,6	6,7±0,4	6,5±0,5	10,4±4,9	16,9±2,9	8,1±0,8	19,6±0,5	8,4±0,6
Подсолнечник, отбор образцов 1.07.2014								
13,8±1,3	6,5±0,7	6,5±0,5	7,4±0,8	7,5±1,3	15,8±2,2	8,2±0,4	19,9±0,6	14,6±1
Достоверность разницы между результатами первого и второго отбора (Озимая пшеница)								
7,60	10,4	6,24	19,5	12,9	2,8	12,3	8,21	24,5
Достоверность разницы между результатами первого и второго отбора (Подсолнечник)								
2,03	0,34	0,94	0,99	0,6	0,9	0,12	0,4	7,2

Они свидетельствуют, что под пшеницей весной при первом отборе образцов преобладали крупные агрегаты, в том числе размером более 10 мм (глыбистые), которые не являются агрономически ценными агрегатами. К моменту второго отбора, мы наблюдаем еще большее количество глыбистых отдельностей, а также уменьшение доли агрономически ценных фракций диаметром 7–1 мм, в то же время отмечено структурообразование агрегатов от 0,5 до 0,25, и возрастает число пылеватых (менее 0,25) микроагрегатов. Причем эти различия в содержании структурных отдельностей статистически достоверны, так как величина коэффициента Стьюдента по всем фракциям превышает стандартное значение (для n=10 $t_{st}=2,23$, при P=0,95).

Под подсолнечником картина совершенно иная. К моменту второго отбора происходит достоверное увеличение доли пылевой фракции за счет некоторого

уменьшения количества глыбистых агрегатов. По всем остальным фракциям различия статистически недостоверны. Таким образом, можно сделать вывод, что использование гуминового препарата в данном эксперименте не повлияло на соотношение структурных агрегатов в почве.

Данные определения водопрочных агрегатов представлены на рисунках 13 и 14. Черноземы южные, по сравнению с другими подтипами черноземов, отличаются пониженным содержанием водопрочных агрегатов, что обусловлено их повышенной карбонатностью с поверхности (Вильямс, 1952). При распашке и длительном сельскохозяйственном использовании количество водопрочных агрегатов в пахотном горизонте еще снижается (Антипов-Каратаев, 1939, 1948, 1966).

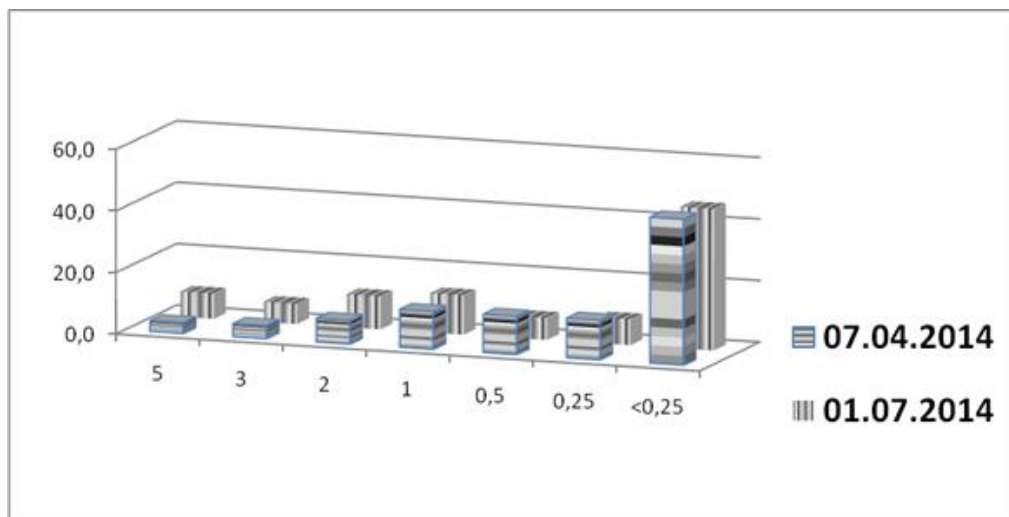


Рисунок 13 – Динамика содержания водопрочных фракций в черноземе южном под озимой пшеницей

В нашем эксперименте данная закономерность не подтвердилась, так как существенной разницы в результатах за период между отборами не наблюдалось. Тем не менее, водопрочность агрономически ценных фракций как на участке с озимой пшеницей (5—1 мм), так и на участке с подсолнечником (2—0,5 мм) возрастает. В целом можно отметить, что по содержанию водопрочных агрегатов состояние почвы в оба срока отбора и под озимой пшеницей, и под подсолнечником характеризуется как хорошее, иными словами, несмотря на численный рост показателя, качественных изменений не наблюдается.

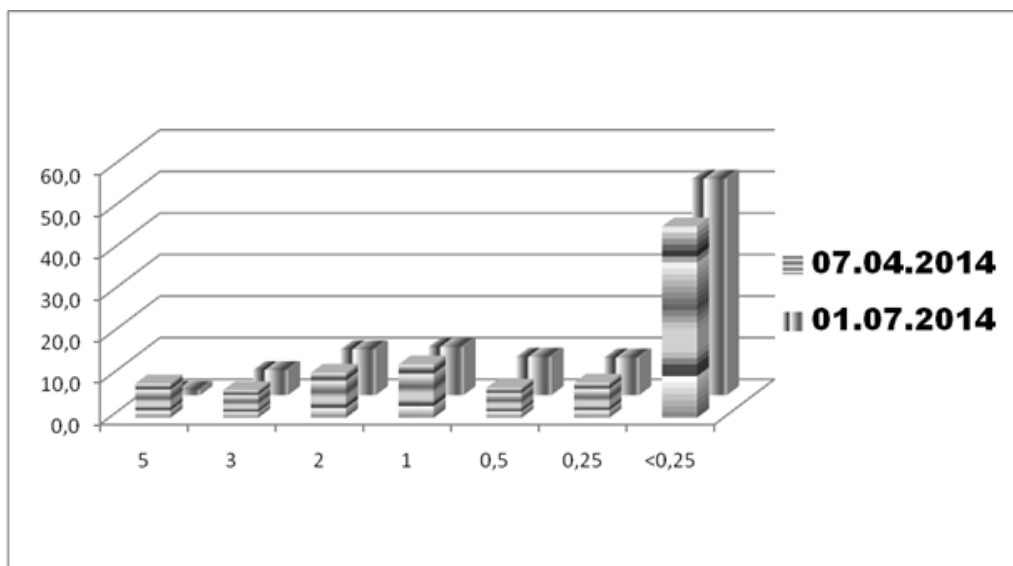


Рисунок 14 – Динамика содержания водопрочных фракций в черноземе южном под подсолнечником

Важным показателем качества структуры являются коэффициенты структурности и водопрочности, рассчитываемые как отношение количества агрономически ценных агрегатов к агрономически неценным, и водопрочных агрегатов к неводопрочным, соответственно.

Структурное состояние чернозема южного под озимой пшеницей до внесения гуматов характеризовалось как отличное (рисунок 15), однако, ко второму отбору коэффициент структурности снизился до оценки «неудовлетворительно». На поле с подсолнечником динамика противоположная, что, вероятно, обусловлено особенностями корневых систем растений.

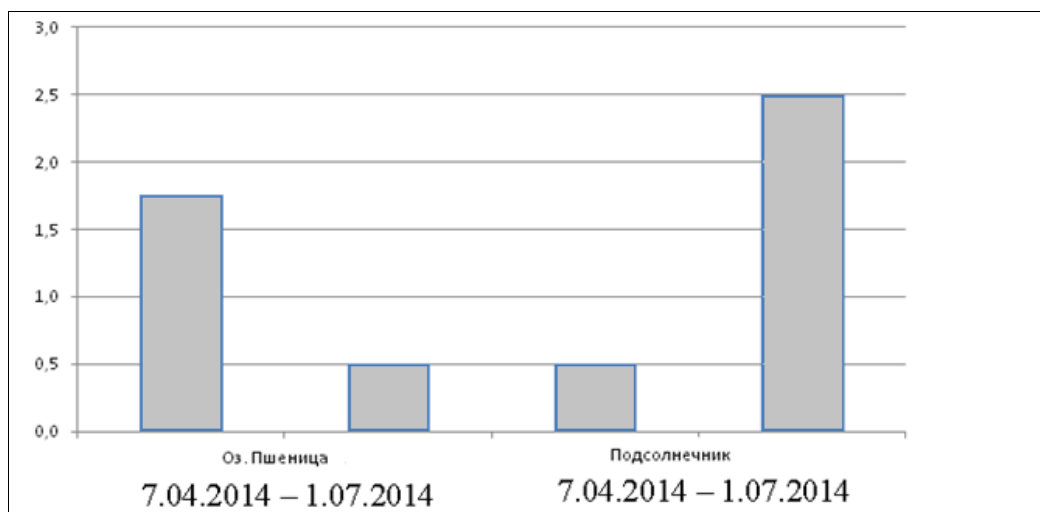


Рисунок 15 – Динамика коэффициента структурности в черноземе южном под озимой пшеницей и подсолнечником

Динамика по коэффициенту водопрочности противоположная, причем как под озимой пшеницей, так и под подсолнечником: общее количество водопрочных агрегатов к середине лета под пшеницей увеличивается, а под подсолнечником резко снижается (рисунок 16). И эти данные хорошо согласуются с результатами определения численности микроорганизмов.

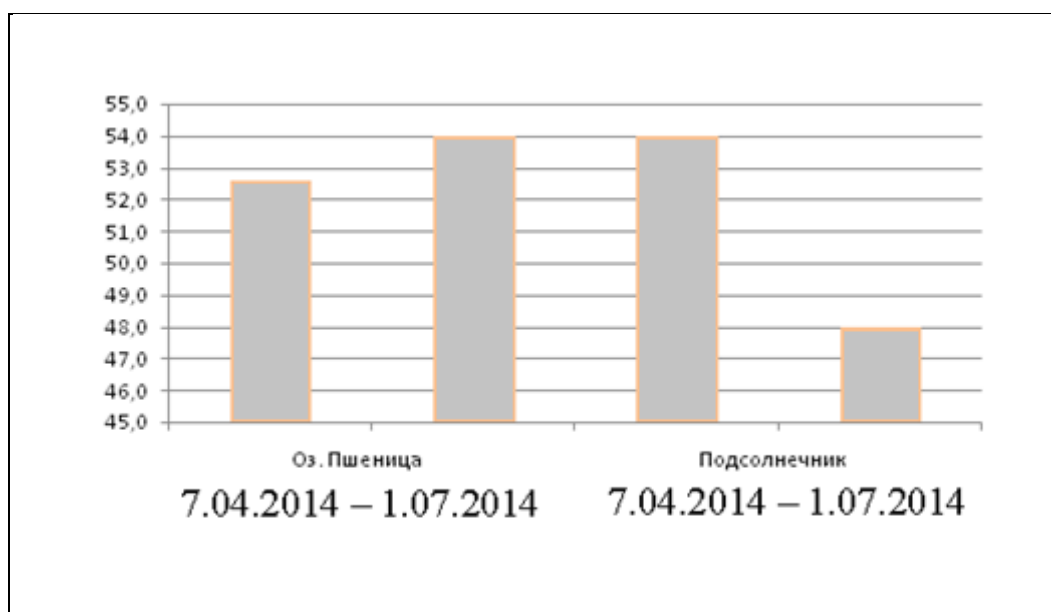


Рисунок 16 – Содержание водопрочных агрегатов в черноземе южном под озимой пшеницей и подсолнечником

Как видно из таблицы 15, наибольшей биологической активностью обладают почвы под пшеницей: численность микроорганизмов практически всех исследуемых групп значительно выше, чем под подсолнечником. Различия с почвой под подсолнечником оказались четко выраженными (в 1,4—5,1 раз). Здесь численность целлюлозоразлагающих актиномицетов оказалась наименее отличающейся от таковой в почве под пшеницей, но все же была в 1,45 раза выше. Интересно, что численность другой группы, отвечающей за разложение целлюлозы, а именно целлюлозоразрушающих грибов, не демонстрировала аналогичной с актиномицетами динамики, и изменялась так же, как и все прочие исследуемые группы микроорганизмов.

Таблица 15 – Микробиологический анализ почвы на опытных полях ЗАО «Шумилинское»

Группа микроорганизмов	Численность, КОЕ/г абсолютно сухой почвы	
Образец:	Озимая пшеница	Подсолнечник
Бактерии, использующие орг. азот	$2,72 \pm 0,19 \cdot 10^7$	$1,14 \pm 0,012 \cdot 10^7$
Бактерии, использующие мин. азот	$3,94 \pm 0,31 \cdot 10^7$	$1,61 \pm 0,43 \cdot 10^7$
Олигонитрофилы	$5,12 \pm 0,29 \cdot 10^7$	$1,33 \pm 0,19 \cdot 10^7$
Педотрофы (бактерии на почвенном агаре)	$4,44 \pm 0,21 \cdot 10^7$	$1,20 \pm 0,15 \cdot 10^7$
Актиномицеты:		
на КАА	$9,86 \pm 1,49 \cdot 10^6$	$1,93 \pm 0,12 \cdot 10^6$
на Эшби	$12,2 \pm 0,70 \cdot 10^6$	$4,09 \pm 1,34 \cdot 10^6$
на ПА	$11,8 \pm 2,41 \cdot 10^6$	$2,45 \pm 1,61 \cdot 10^6$
Грибы	$6,01 \pm 1,06 \cdot 10^4$	$3,35 \pm 0,77 \cdot 10^4$
Грибы, разлагающие целлюлозу	$2,23 \pm 0,48 \cdot 10^4$	$1,26 \pm 0,13 \cdot 10^4$
Актиномицеты, разлагающие целлюлозу	$1,85 \pm 0,14 \cdot 10^5$	$1,27 \pm 0,35 \cdot 10^5$

По-видимому, это связано с более узкой специализацией этой части комплекса почвенных актиномицетов на разложении целлюлозы. Отметим, что целлюлозоразрушающие грибы составляли до 38% от общей численности почвенных микробиот, в то время как целлюлозоразрушающие актиномицеты – не более 4% от общей численности актиномицетов, то есть последние являются гораздо более специализированной группой в составе почвенного микробиоценоза.

Относительно определения численности актиномицетов в почве, отметим, что по сравнению с традиционно используемым для их учета крахмало-аммиачным агаром, гораздо большее их число удавалось учесть на средах, бедных по азоту (среда Эшби) или углероду (почвенный агар). Это связано с тем, что почва как среда обитания характеризуется недостаточностью элементов питания для

микроорганизмов, и потому бедные среды оказываются ближе к естественным для данной группы микроорганизмов условиям.

Дополнительный полевой эксперимент, был проведен на территории Песчанокского района на черноземе обыкновенном карбонатном (предкавказском). Для определения почвенной структуры, как и в предыдущих исследованиях, применяли «сухое» и «мокрое» просеивание по методу Н.И. Саввинова (таблица 16).

Таблица 16 – Динамика структурного состояния (по результатам сухого просеивания по методу Саввинова) в чернозёме обыкновенном карбонатном , %

Отбор образцов 20.05.2014									
Вариант, мм	>10	7	5	3	2	1	0,5	0,25	<0,25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль (без обработки)	13,6	4,1	5,5	11,6	12,3	31,7	10,2	8,4	2,5
Поле №24 (свёкла)	15,4	3,6	4,8	11,8	12,3	27,3	11,2	10,0	3,7
Поле № 22 (свёкла)	16,1	4,1	5,9	10,3	5,5	30,5	12,5	11,0	4,1
Поле № 28 (свёкла)	13,7	3,7	5,0	10,8	4,6	30,8	12,0	13,3	6,2
Поле № 27 (свёкла)	11,7	2,9	4,1	10,3	11,9	33,1	12,8	11,3	1,9
Поле № 17 (свёкла)	12,3	2,3	2,1	9,1	12,5	29,7	13,3	12,6	6,1
Контроль (без обработки)	25,2	4,6	4,6	6,6	5,9	20,3	14,5	13,9	4,4
Поле №26 (подсолнечник)	12,1	3,1	4,2	10,7	11,2	33,1	12,8	11,3	1,6
Поле №27 (подсолнечник)	15,6	3,8	4,4	7,1	9,4	26,7	14,9	13,5	4,6
Поле №28 (П) (подсолнечник)	15,9	3,4	4,3	7,7	9,4	28,4	14,4	12,6	3,9
Отбор образцов 27.06.2014									
Контроль (без обработки)	23,7	3,0	4,0	8,0	7,4	23,7	8,8	8,2	13,2
Поле №24 (свёкла)	28,3	2,6	3,7	8,1	10,1	19,7	6,8	8,4	12,3
Поле № 22 (свёкла)	30,4	2,6	4,7	7,7	4,7	20,0	6,9	8,8	14,1
Поле № 28 (свёкла)	28,0	2,6	3,5	10,0	3,2	20,1	6,4	9,4	16,9
Поле № 17 (свёкла)	27,7	2,5	1,7	8,3	10,6	19,3	6,9	7,8	15,2

Контроль (без обработки)	24,5	4,8	3,8	7,3	6,0	18,0	9,1	9,4	17,1
Поле №26 (подсолнечник)	25,5	2,5	2,9	9,2	7,4	19,8	7,5	8,5	16,6
Поле №27 (П) (подсолнечник)	26,2	2,6	3,1	6,2	8,2	19,2	7,6	10,1	16,7
Поле №28 (П) (подсолнечник)	25,7	2,0	2,7	6,0	8,6	19,2	6,7	10,5	18,7

Как видно из таблицы 16, содержание агрономически ценных фракций, за время между 2 отборами уменьшилось за счет увеличения доли фракций более 10 мм и менее 0,25 мм.

Также рассчитывались коэффициенты структурности и водопрочности почвенных агрегатов (таблица 17).

Таблица 17 – Результаты определения водопрочности почвенных агрегатов по методу Саввинова в чернозёме обыкновенном карбонатном, %

Отбор образцов 20.05.2014							
Вариант, мм	5	3	2	1	0,5	0,25	0,25<
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль (без обработки)	2,3	5,0	6,3	4,0	23,7	28,0	30,7
Поле №24 (свёкла)	4,0	4,0	4,7	3,7	29,3	21,0	33,3
Поле № 22 (свёкла)	4,7	5,3	5,0	8,3	12,7	18,7	45,3
Поле № 28 (свёкла)	3,7	5,0	6,0	4,7	7,7	34,0	39,0
Поле № 27 (свёкла)	4,0	6,0	7,3	6,3	24,3	24,0	28,0
Поле № 17 (свёкла)	5,0	4,3	4,7	3,7	7,3	43,3	31,7
Контроль (без обработки)	6,7	4,3	4,0	7,0	21,7	20,0	36,3
Поле №26 (подсолнечник)	4,7	3,7	2,7	3,3	23,7	34,3	27,7
Поле №27 (подсолнечник)	3,3	4,3	4,3	4,3	16,3	36,7	30,7
Поле №28 (П) (подсолнечник)	5,7	5,0	6,7	5,0	21,3	24,3	32,0
Отбор образцов 27.06.2014							
Контроль (без обработки)	1,0	2,7	3,3	2,0	5,3	16,7	45,3
Поле №24 (свёкла)	1,7	2,3	3,0	1,7	5,7	11,0	43,0
Поле № 22 (свёкла)	1,7	2,0	3,0	4,3	7,7	8,0	49,0
Поле № 28 (свёкла)	1,7	2,0	3,0	3,0	2,7	14	44,0

Поле № 27 (свёкла)	1,7	2,7	3,0	3,3	14	10,7	36,0
Поле № 17 (свёкла)	2,7	2,3	2,7	1,7	3,7	17,7	40,0
Контроль (без обработки)	3,0	2,3	1,7	7,0	10,7	9,7	42,7
Поле №26 (подсолнечник)	2,3	2,7	1,3	3,3	10,7	16,0	39,0
Поле №27 (П) (подсолнечник)	1,7	2,7	2,3	4,3	6,7	17,7	39,7
Поле №28 (П) (подсолнечник)	2,0	3,0	4,0	4,0	10,3	11,3	36,0

За период между двумя отборами образцов, устойчивость к влаге агрономически ценных частиц, снизилась в 2—3 раза. Водопрочность структуры (по сумме водопрочных агрегатов с диаметром $>0,25$ мм) оценивается по шкале Долгова-Бахтина как хорошая (таблица 17). За период между двумя отборами водопрочность уменьшилась в абсолютном количественном выражении вследствие причин, изложенных выше. Однако сама характеристика не изменилась. Результаты, представленные в таблице 18, показывают, что существует тенденция к улучшению этой качественной характеристики.

Таблица 18 – Изменение водопрочности структуры чернозема обыкновенного карбонатного под пропашными культурами

Отбор, дата	Вариант	Размер агрегатов в мм, содержание в % от массы воздушно-сухой почвы							7—0,25	
		5-7	3-5	2-3	1-2	0,5-1	0,25-0,5	0,25 <	Сумма	Убыль
		Свекла								
20.05	Контроль	2,3	5	6,3	4	23,7	28	30,7	69,3	
27.06		1	2,7	3,3	2	19,1	26,7	45,2	54,8	-14,5
20.05	Обработка препаратом BioDon	4,3 $\pm 0,3$	4,9 $\pm 0,4$	5,5 $\pm 0,4$	5,3 $\pm 0,8$	16,3 $\pm 5,1$	28,2 $\pm 5,04$	35,5 $\pm 3,3$	64,5	
27.06		1,9 $\pm 0,2$	2,6 $\pm 0,2$	2,9 $\pm 0,1$	2,9 $\pm 0,4$	22,6 $\pm 2,1$	24,6 $\pm 0,6$	42,6 $\pm 2,4$	57,4	-7,1
		Подсолнечник								
20.05	Контроль	4,3	7,7	6,7	6,0	10,3	33,3	31,7	68,3	
27.06		1,7	3,7	3,7	2	25,7	23,2	40	60	-8,3
20.05	Обработка препаратом BioDon	5,1 $\pm 1,0$	4,3 $\pm 0,9$	4,4 $\pm 1,0$	4,9 $\pm 0,8$	20,8 $\pm 2,0$	28,8 $\pm 4,7$	31,7 $\pm 1,9$	68,3	
27.06		2,3 $\pm 0,3$	2,7 $\pm 0,2$	2,3 $\pm 0,7$	4,7 $\pm 0,9$	19,7 $\pm 1,7$	28,9 $\pm 0,7$	39,4 $\pm 1,6$	60,6	-7,7

При обработке гуминовым препаратом растений свеклы снижение количества водопрочных агрегатов на контроле составило 14,5%, а на варианте с препаратом только 7,1%. Таким образом, на основе полученных данных, можно судить о положительном тренде в отношении влияния гуминового препарата на структуру и водопрочность возделываемой почвы, как в черноземах, так и в темно-каштановой почве.

3.2 Оценка влияния гуминовых препаратов на распределение фракций агрономически ценных агрегатов чернозёма обыкновенного карбонатного в различные сезоны годового цикла

Для определения наиболее информативного показателя оценки водопрочности был произведен расчет данного показателя различными методами. Оценка водопрочности агрегатов по критерию АФИ производится в соответствии со шкалой: критерий АФИ больше 800 – водопрочность отличная; 500 – 800 – очень хорошая; 100 – 500 – хорошая; 50 – 100 – удовлетворительная; меньше 50 – неудовлетворительная. Оценка водопрочности по результатам мокрого просеивания по Саввинову, предложенная И.В. Кузнецовой, проводится по суммарному количеству агрегатов диаметром более 0.25 мм (%): меньше 10 – водоустойчивость отсутствует; 10–20 – неудовлетворительная; 20–30 – недостаточно удовлетворительная; 30–40 – удовлетворительная; 40–60 – хорошая; 60–75 – отличная; больше 75 – избыточно высокая (Шеин и др., 2007). Результаты представлены в таблице 19. Согласно данным, приведенным в таблице, наиболее чувствительным критерием оказался коэффициент АФИ, который вычисляют как отношение суммы агрегатов размером 1—0,25 мм, учтенных при мокром и сухом просеиваниях. Результаты анализа водопрочности по методу Андрианова дают завышенную оценку, что обусловлено особенностями методики выполнения, и главное – они не отражают различий между вариантами опыта, так же, как и при определении водопрочности по методу Саввинова. Таким образом, этот анализ показал более высокую информативность оценки водопрочности структуры по методу АФИ.

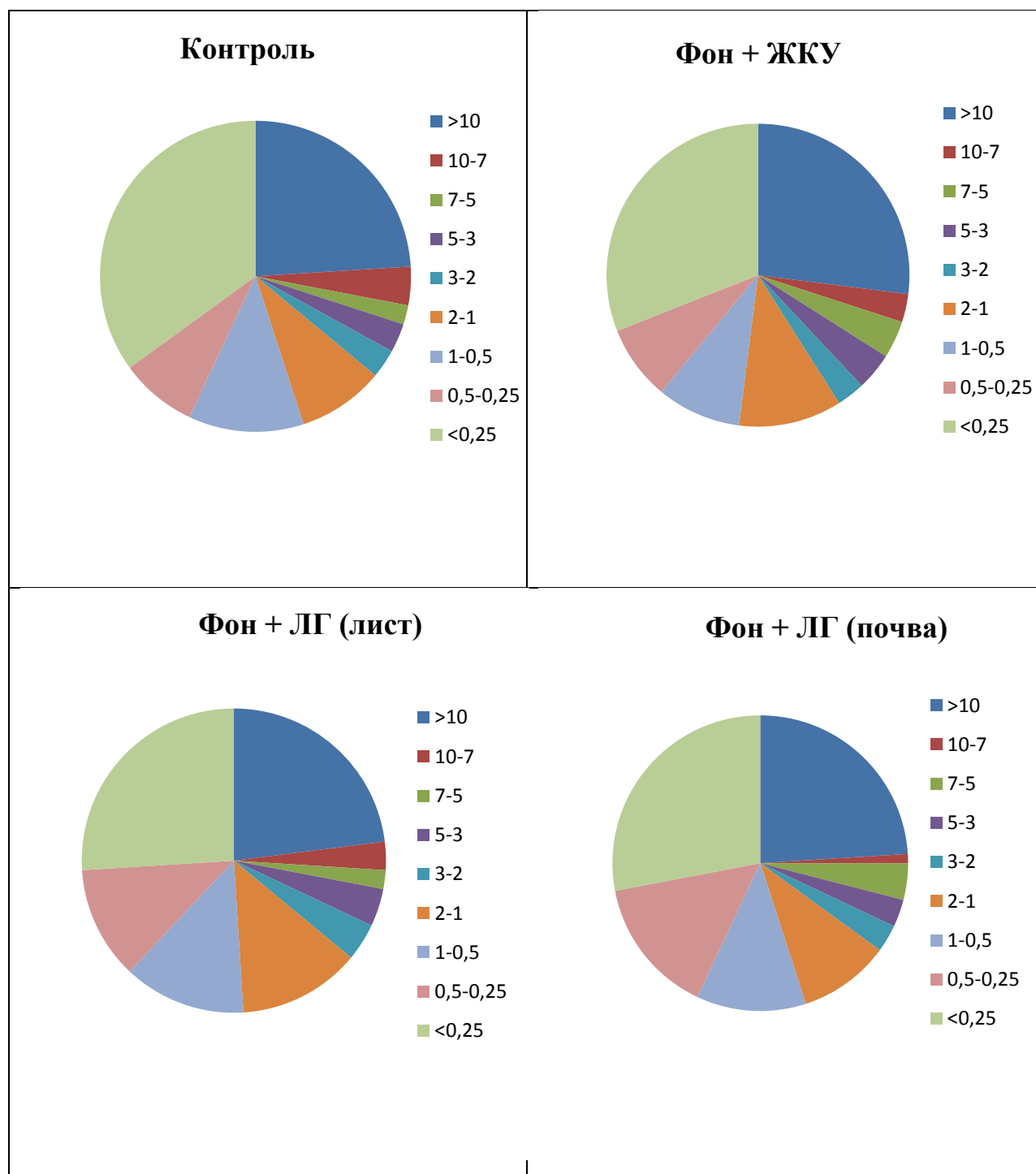
Таблица 19 – Оценка различными методами водопрочности структуры чернозема обыкновенного карбонатного по вариантам опыта с лигногуматом (отбор 22.09.2011 г.)

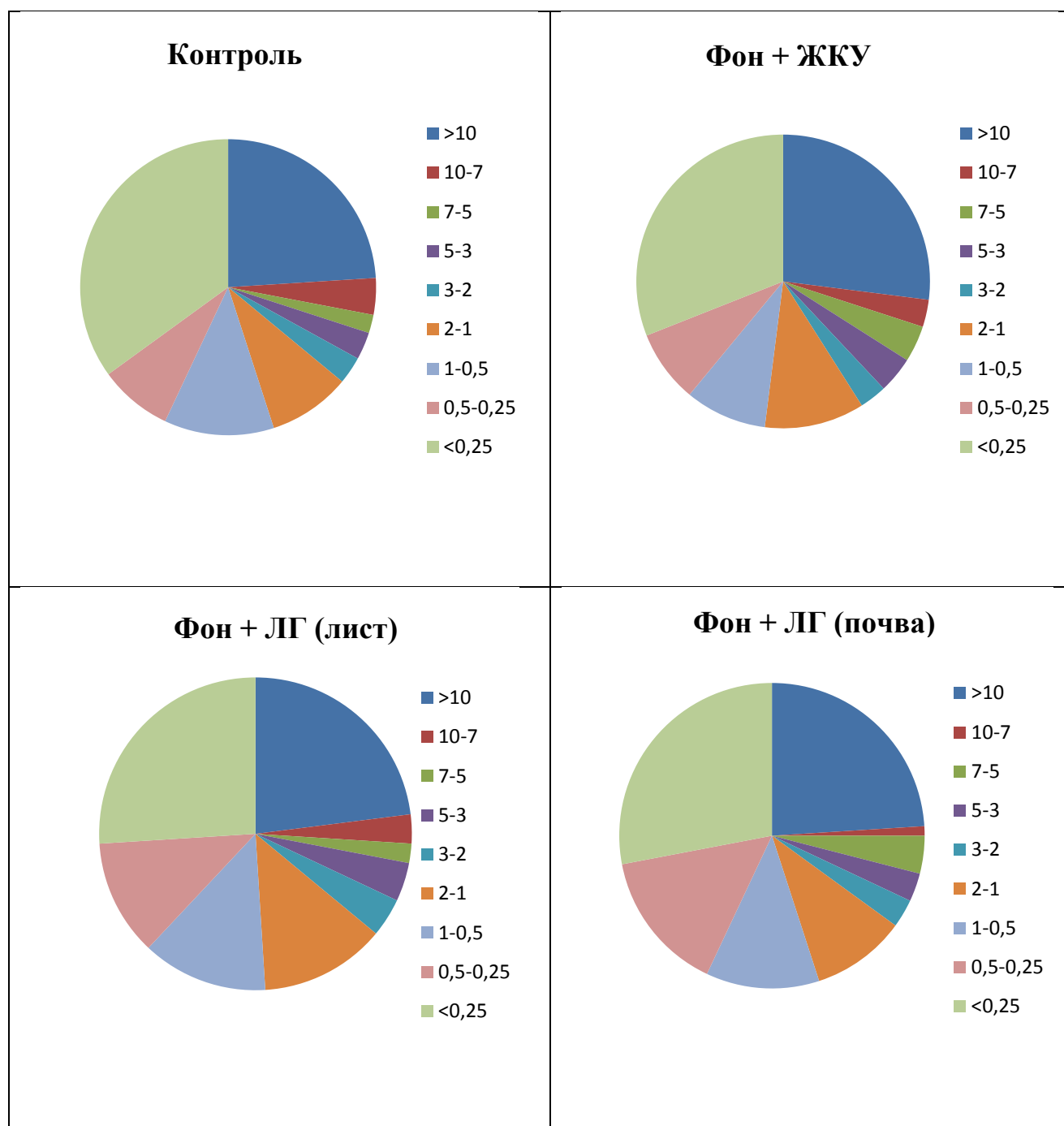
Вариант	АФИ		По Саввинову-Кузнецовой		По Андрианову	
	%	Оценка	%	Оценка	%	Оценка
Контроль	82,87	Удовлетворительно	56	Хорошо	90	Избыточно-высоко
Фон+ЖКУ	85,69	Удовлетворительно	52	Хорошо	85	Избыточно-высоко
Фон+ЛГ (лист)	210,36	Хорошо	54	Хорошо	92	Избыточно-высоко
Фон+ЛГ (почва)	232,23	Хорошо	58	Хорошо	94	Избыточно-высоко

Согласно представленным циклограммам на момент первого отбора, до обработки препаратами, в почве преобладают крупные агрегаты размером более 10 мм, и пылеватая фракция размером менее 0,25 мм, то есть отдельности, которые не являются агрономически ценными (рисунок 17.1). Имеющиеся различия обусловлены пространственным варьированием свойств почвы на участке. При последующих отборах (рисунок 17.2) на вариантах с внесением лигногумата в почву и по листу наблюдалось постепенное сокращение доли пылеватых и глыбистых фракций в пользу агрономически ценных структурных отдельностей размером от 0,5 мм до 0,25 мм. Данный тренд прослеживается и в последующие отборы образцов, до момента прекращения внесения препаратов.

Через два года с начала эксперимента после четырёх обработок лигногуматом почвы и посевов состав структурных отдельностей характеризуется гораздо более сбалансированным распределением агрегатов по фракциям (рисунок 18). Этот отбор характеризовался высокими значениями коэффициента структурности, причем на варианте с внесением лигногумата в почву он был максимальным – 2,71. По сравнению с контролем варианты с внесением гуминового препарата характеризуются меньшей долей глыбистой фракции (17% – лигногумат «по листу», 12% – лигногумат в почву, 18,6% – контроль), также меньше по сравнению с

контролем доля агрегатов пылевой фракции на варианте с внесением лигногумата в почву (18% – контроль, 14% – лигногумат в почву).





2

Рисунок 17 – Распределение агрегатов по фракциям в черноземе обыкновенном по вариантам опыта с гуминовыми удобрениями: 1 – до начала эксперимента, отбор 27.09.2009; 2 – после обработки лигногуматом, отбор 10.05.2010

При изучении данных показателей в динамике – от начала эксперимента и до прекращения внесения препаратов, наблюдается сокращение доли агрономически неценных отдельностей по всему полевому опыту, однако на контроле данный процесс проходит не так интенсивно. На контроле коэффициенты структурности

и водоустойчивости изменились за два года соответственно с 0,69 и 63, до 1,7 и 79. В то время как на вариантах с применением лигногумата данные показатели возросли вдвое. Одновременно с уменьшением доли агрономически неценных отделинностей, произошел прирост количества наиболее ценных агрегатов – размерами от 0,5 мм до 5 мм.

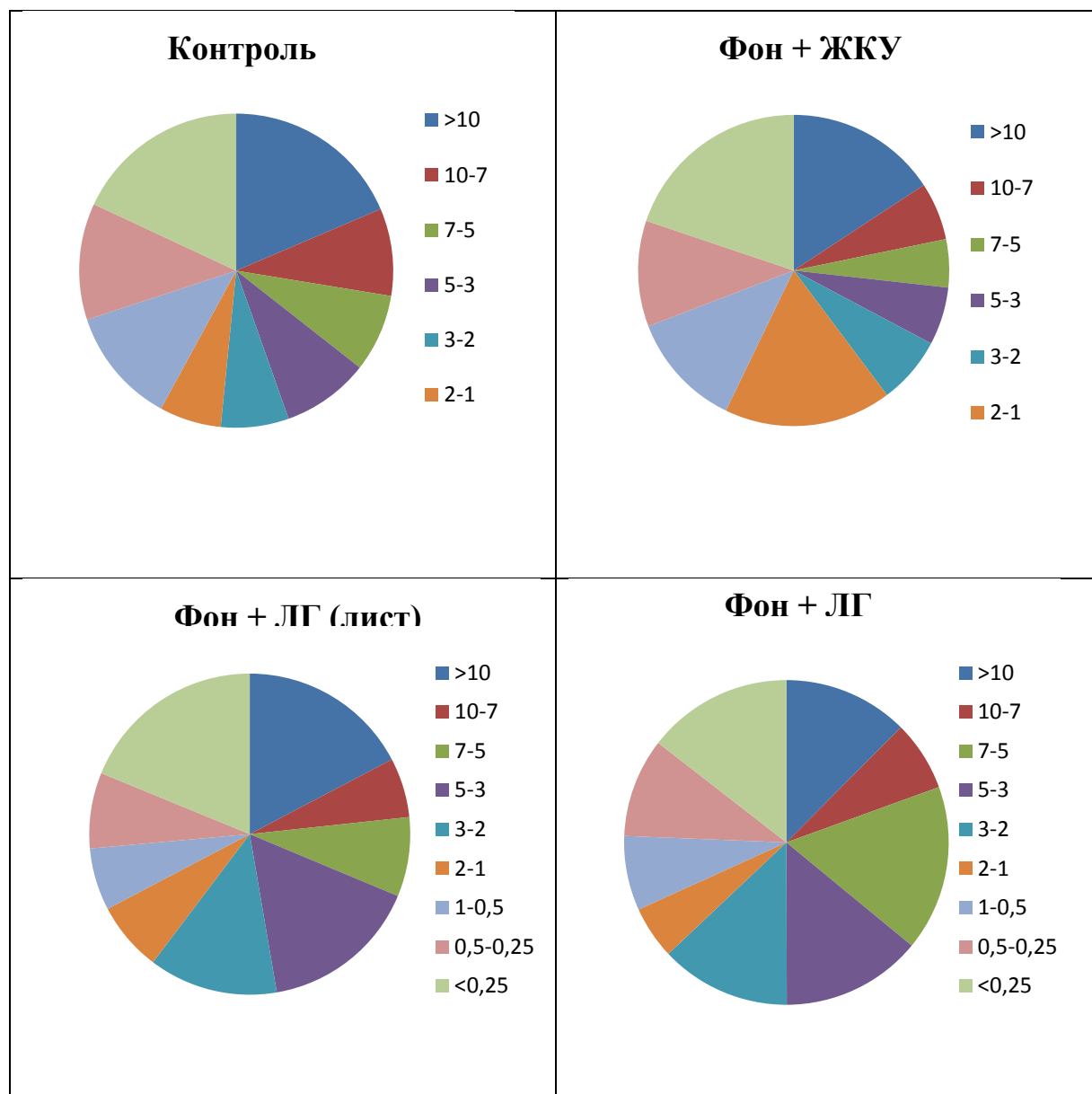


Рисунок 18 – Распределение агрегатов по фракциям в черноземе обыкновенном по вариантам опыта с гуминовыми удобрениями через два года после начала эксперимента (отбор 20.08.2011)

Последующие отборы почвенных образцов, проводились с целью изучения последствий гуминовых препаратов. На рисунке 19, видна следующая закономерность: прекращение внесения гуминового препарата привело к постепенному ни-

велированию различий между вариантами, содержание фракций более 10 мм и менее 0,25 мм стремится к значению на контроле (21,75% и 17,75% – контроль, 19,88% и 14,37% – лигногумат в почву).

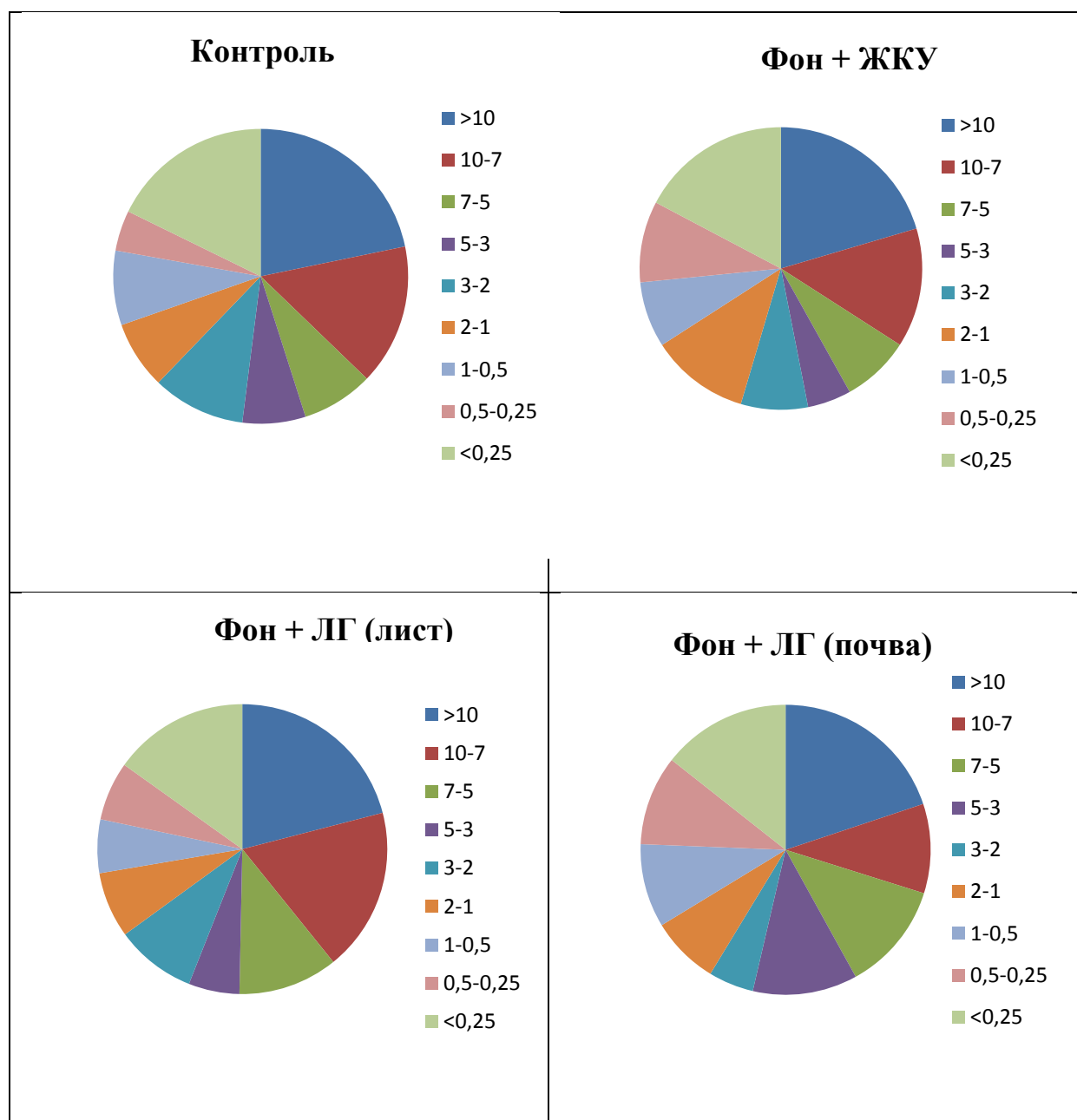


Рисунок 19 – Распределение агрегатов по фракциям в черноземе обыкновенном по вариантам опыта с гуминовыми удобрениями в последствии (отбор 7.07.2012).

Оценка по критерию АФИ является более объективной, чем по коэффициенту структурности, так как учитывается структура и в воздушно сухом состоянии, и ее способность противостоять размывающему действию воды, и как было показано выше, более информативной, чем при использовании коэффициента водопроч-

ности по Андрианову. Результаты, приведенные в таблице 20, свидетельствуют, что на вариантах «контроль» и «фон» водопрочность оценивается как удовлетворительная на протяжении всего периода наблюдений, иными словами, несмотря на колебания численного значения АФИ и тенденцию к росту показателя от 62,07 до 99,47 %, качественных изменений не произошло.

Таблица 20 – Динамика критерия водопрочности агрегатов (критерий АФИ) в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с лигногуматом

Дата	Вариант							
	Контроль	Оценка	Фон	Оценка	Фон+ЛГ (лист)	Оценка	Фон+ЛГ (почва)	Оценка
27.09.2009	62,07	Удовл.	71,43	Удовл.	97,37	Удовл.	89,19	Удовл.
10.05.2010	66,67	Удовл.	93,10	Удовл.	109,24	Хорош.	113,64	Хорош.
23.06.2010	74,07	Удовл.	95,45	Удовл.	134,83	Хорош.	143,55	Хорош.
07.08.2010	94,09	Удовл.	85,17	Удовл.	159,93	Хорош.	164,84	Хорош.
19.09.2010.	73,91	Удовл.	85,19	Удовл.	177,91	Хорош.	189,85	Хорош.
22.04.2011	82,19	Удовл.	93,69	Удовл.	205,22	Хорош.	219,01	Хорош.
20.08.2011.	79,03	Удовл.	81,66	Удовл.	220,10	Хорош.	239,47	Хорош.
22.09.2011	82,87	Удовл.	85,69	Удовл.	210,36	Хорош.	232,23	Хорош.
15.04.2012	80,95	Удовл.	92,48	Удовл.	203,19	Хорош.	216,22	Хорош.
07.07.2012	89,78	Удовл.	99,47	Удовл.	176,06	Хорош.	185,53	Хорош.

На вариантах с внесением гуминового препарата наблюдается положительная динамика. Водопрочность структуры на момент первого отбора (27.09.2009, до обработки) характеризуется, согласно критерию АФИ, как удовлетворительная. При последующих отборах, на вариантах с применением лигногумата, происходит увеличение данного показателя выше 100 %, в отдельные периоды 20.08.2011, 22.09.2011, разница с контролем наблюдается более чем в два раза, что является свидетельством качественного улучшения водоустойчивости почвенных отдельностей, согласно критерию АФИ – от удовлетворительной до хорошей.

Результаты структурно-агрегатного анализа почвенных образцов производственного опыта на стационаре Донского зонального института, представлены на рисунке 20

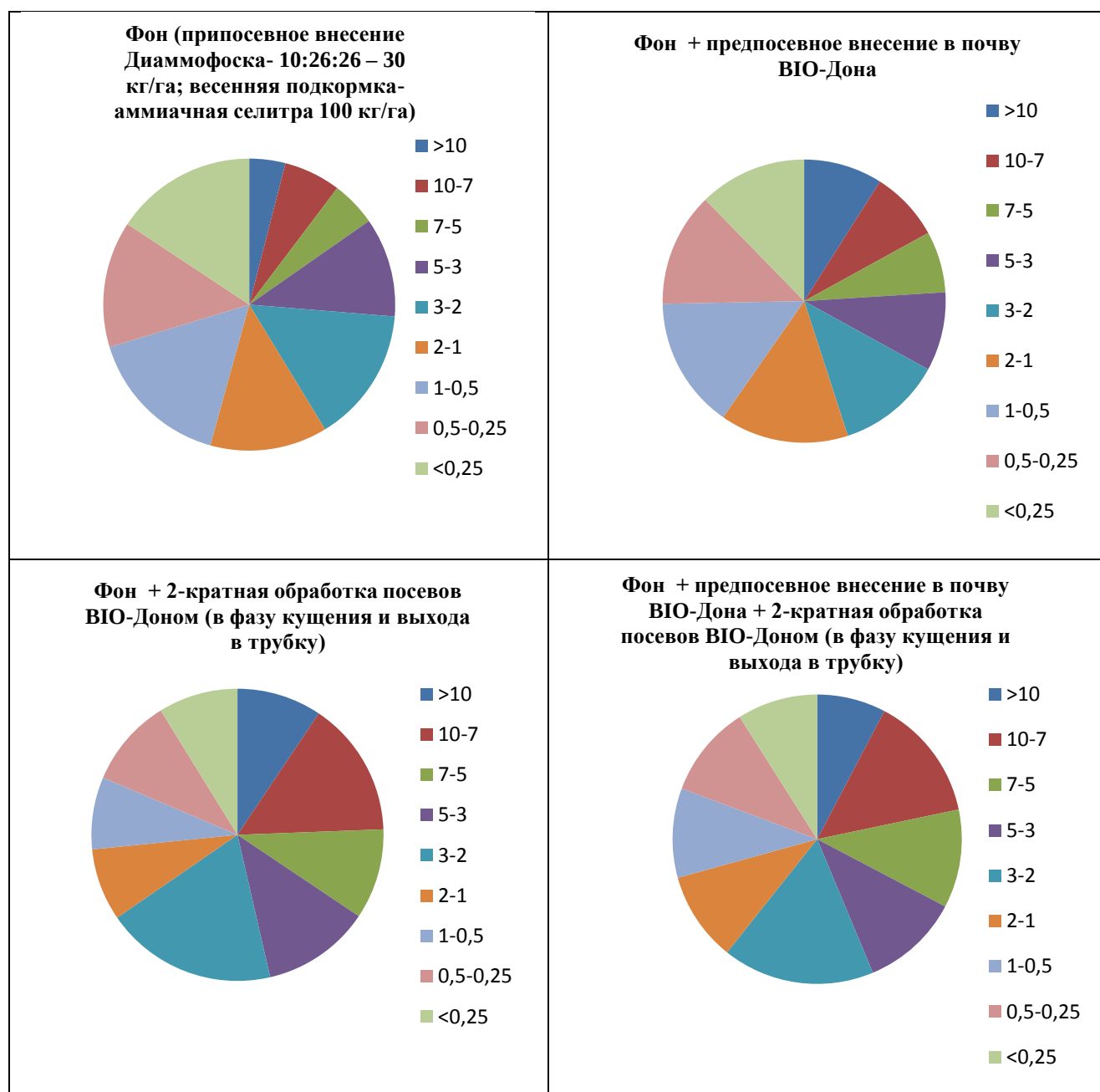


Рисунок 20 – Распределение агрегатов по фракциям в черноземе обыкновенном по вариантам опыта с гуминовым препаратом ВЮ-Дон (стационар ДЗНИИСХ, озимая пшеница, фаза кущения)

На момент первого отбора (фаза кущения), как видно из рисунка 20, почва характеризовалась очень хорошей структурностью, содержание агрономически ценных фракций на всех вариантах не превышает 21%, при этом максимальное содержание в составе структуры приходится на отдельности 3–2 мм – от 12 и до

19%, как следствие, высокое значение коэффициента структурности. Результаты последующего отбора (фаза выхода в трубку) представлены на рисунке 21.

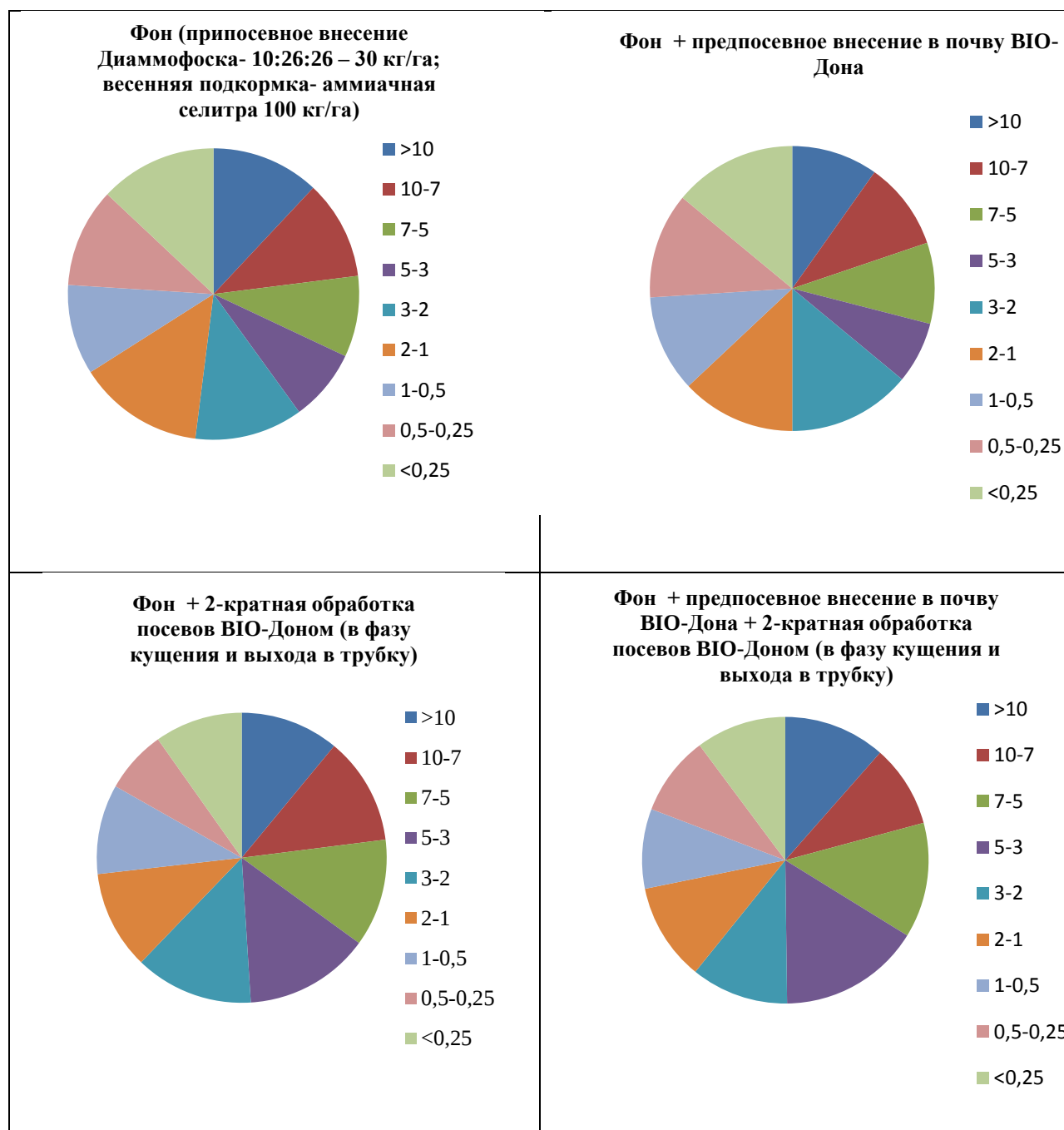


Рисунок 21 – Распределение агрегатов по фракциям в черноземе обыкновенном по вариантам опыта с гуминовыми удобрениями (фаза выхода в трубку)

Из представленного рисунка видно, что за время между двумя вегетационными фазами, в течение которых были проведены отборы почвенных образцов, произошли изменения в распределении фракций почвенных агрегатов.

На момент фазы выхода в трубку, на фоновом варианте увеличилось содержание глыбистой фракции в три раза: с 4 до 12%. Одновременно на 2,7% снизилась доля пылеватых отдельностей: с 15,7 до 13%. В то же время, на варианте с внесением препарата ВЮ-Дон в почву данная тенденция сохраняется, но выражена значительно слабее: процент агрономически неценных агрегатов увеличился только на 0,8% (глыбистая фракция) и 1,7% (пылеватая фракция), данный тренд характерен и для двух других вариантов с применением гуминового препарата.

На момент уборки урожая, как видно из рисунка 22, содержание глыбистой и пылеватой фракций на фоновом варианте увеличилось до 15,5 % и 19 %, соответственно. Данная тенденция характерна и для вариантов с внесением гуминового препарата.

Таким образом, за вегетационный сезон под озимой пшеницей произошло ухудшение структурного состояния почвы, коэффициент структурности снизился в 2 раза, но качественного изменения, согласно существующим критериям оценки состояния структуры по коэффициенту структурности, не произошло. По всем вариантам результаты сухого просеивания показали, что коэффициент структурности выше 1,5. Тем не менее, в численном выражении данный показатель на вариантах с внесением гуминового препарата все-таки выше, чем на фоне (1,9). И хотя статистически такое превышение недостоверно, однако позволяет сделать вывод о тенденции к улучшению структурного состояния в результате обработки почвы и вегетирующих растений пшеницы гуминовым препаратом.

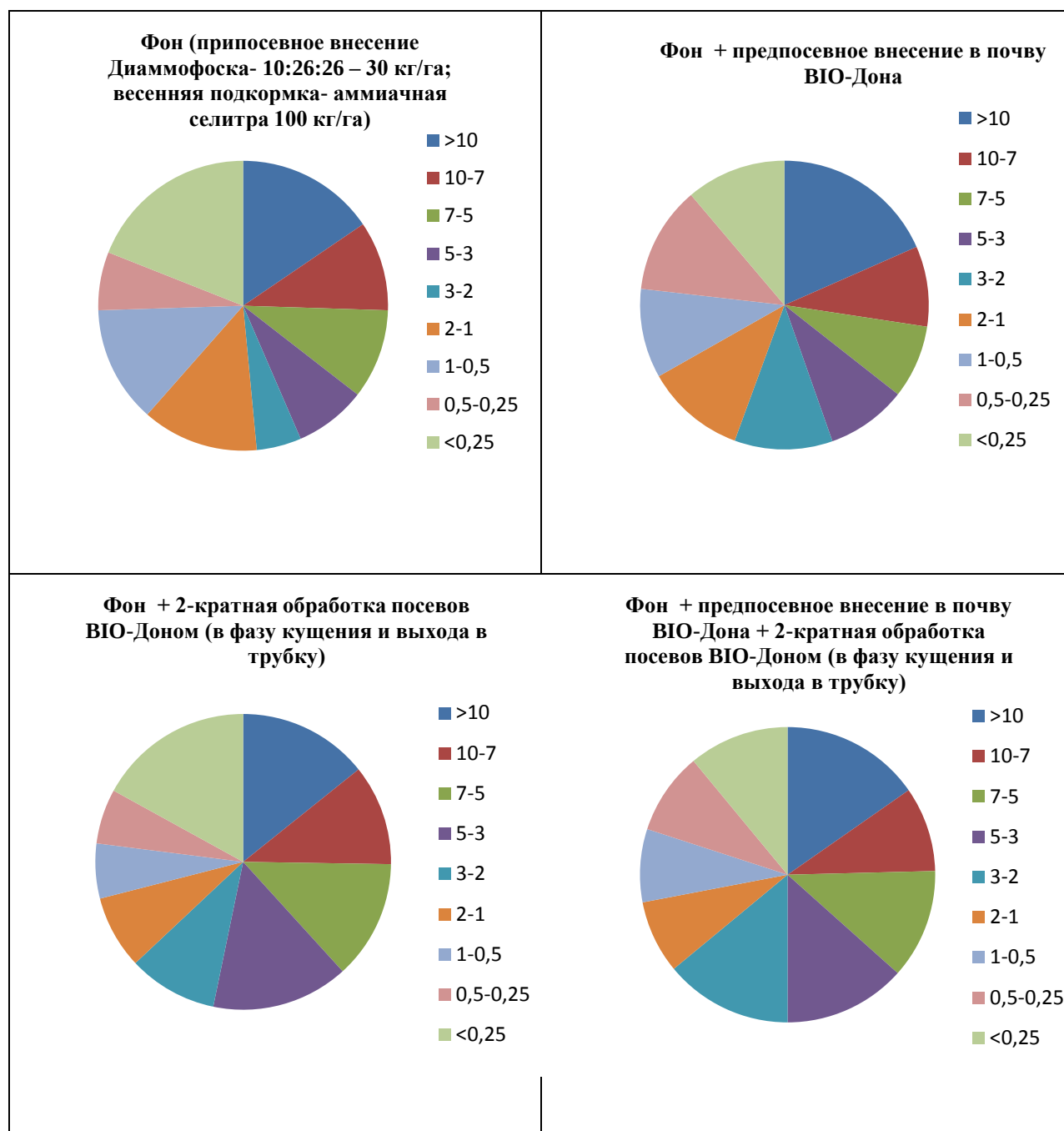


Рисунок 22 – Распределение агрегатов по фракциям в черноземе обыкновенном по вариантам опыта с гуминовыми удобрениями (уборка)

А вот результаты определения водоустойчивости и расчета коэффициента АФИ, представленные в таблице 21, свидетельствуют и о качественных изменениях в состоянии структуры за период вегетации.

Таблица 21 – Критерий водопрочности агрегатов (критерий АФИ)

Фаза	Вариант							
	Фон		Фон + предпосевное внесение в почву ВЮ-Дона		Фон + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)		Фон + предпосевное внесение в почву ВЮ-Дона + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)	
	%	Оценка	%	Оценка	%	Оценка	%	Оценка
Кущение	93	Удовл.	99	Удовл.	94	Удовл.	93	Удовл.
Выход в трубку	97	Удовл.	109	Хорош.	104	Хорош.	175	Хорош.
Уборка	68	Удовл.	105	Хорош.	170	Хорош.	172	Хорош.

Согласно результатам, представленным в таблице, водоустойчивость агрегатов за период вегетации на фоновом варианте снизилась с 93 до 68, оценка в данном случае не изменилась. На вариантах с внесением гуминового препарата критерий АФИ увеличился: при внесении в почву с 99 до 105, на варианте с обработкой растений с 94 до 170, на варианте с 2-х кратной обработкой с 93 до 172. Таким образом, согласно критерию АФИ обработка почвы и посевов гуминовым препаратом способствовала росту водоустойчивости структуры почвы от удовлетворительной до хорошей. На первый взгляд, такой результат кажется парадоксальным: казалось бы, внесение препарата в почву должно действовать напрямую, и, следовательно, проявляться явственнее. Мы же получили данные, указывающие на предпочтение обработки гуминовым препаратом по листу. Почему? Ответ на этот вопрос был получен при изучении биологической активности почвы.

3.3 Связь структурного состояния с биологической активностью почвы и влияние на этот показатель гуминовых препаратов

Роль ферментов в циклах почвообразования: трансформации углерода, азота, фосфора, серы и других элементов, а также окислительно-восстановительных процессах, несомненна. Ферментативная активность иллюстрирует скорость и

направленность протекающих реакций в почве (Галстян, 1959; Тазабекова, 1997, Clapp et al, 2001).

В полевом эксперименте в УОХ ЮФУ «Недвиговка» контролировали активность таких важных ферментов, как каталаза и инвертаза. Выбор ферментов был обусловлен их возможным участием в формировании структурных отдельностей и их водопрочности, так как известно, что каталаза участвует в разложении органических соединений почвы, активность этого фермента увеличивается с увеличением содержания органического вещества (Гончарова и др., 1990). Инвертаза, осуществляет гидролиз сахарозы (и других углеводов) с образованием редуцирующих сахаров – глюкозы и фруктозы, в свою очередь, углеводы участвуют в агрегировании почвенной массы (Безуглова, 2001). Изначально степень обогащенности чернозема обыкновенного ферментом каталаза была богатой (по Звягинцеву, 1973). Внесение удобрений изменяло активность ферментов. В таблице 22 представлена динамика каталазной активности в течение всего периода.

Исходя из данных, приведенных в таблице, видно, что внесение лигногумата увеличивает активность фермента. В выделенных жирным шрифтом вариантах достоверность разницы подтверждается статистически, а в остальных вариантах различия с контролем ниже стандартного значения критерия Стьюдента, и об усилении активности каталазы под влиянием гумата можно говорить только как о тенденции.

Для наглядного изображения отмеченной закономерности – увеличения активности каталазы при использовании лигногумата, представлен следующий график (рисунок 23).

На графике также четко отображается, что внесение ЖКУ способствовало снижению активности каталазы, хотя об этом снижении можно говорить только как о тенденции, т.к. статистически оно не было доказано.

Наблюдается заметное увеличение активности каталазы после пятого внесения удобрений и небольшой спад ближе к окончанию опыта. Последствие удобрений проявляется достаточно заметным влиянием на активность каталазы, так как выравнивания с контролем не произошло.

Таблица 22 – Динамика каталазной активности в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с биологически активными веществами, мл O_2 /г/мин

Дата отбора образца	Вариант			
	Контроль	Фон (ЖКУ)	Фон+ЛГ лист	Фон+ЛГ почва
27.09.2009	18,3	21,1	21,8	15,6
10.05.2010	19,3	17,9	20,2	20,6
23.06.2010	19,6	18,7	21,1	21,4
07.08.2010	20,2	19,1	21,5	21,9
19.09.2010	20,4	19,4	21,7	22,2
22.04.2011	20,9	19,4	22,9	22,7
20.08.2011	23,5	20,5	23,5	23,3
22.09.2011	24,3	21,1	24,1	23,8
15.04.2012	23,1	19,8	22,7	22,7
07.07.2012	20,5	20,0	21,4	21,5

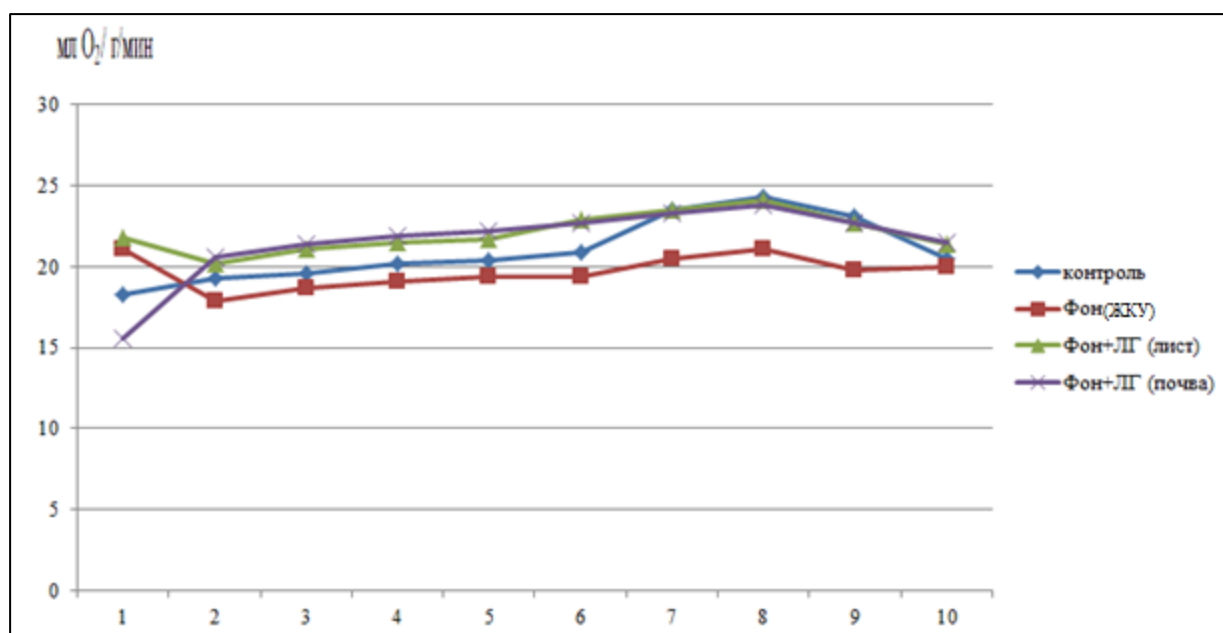


Рисунок 23 – Динамика активности каталазы в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта удобрениями и биодобавками: **1** – 27.09.2009, **2** – 10.05.2010, **3** – 23.06.2010, **4** – 07.08.2010, **5** – 19.09.2010, **6** – 22.04.2011, **7** – 20.08.2011, **8** – 22.09.2011, **9** – 15.04.2012, **10** – 07.07.2012

Еще более информативна при оценке влияния последствий удобрения и препарата на почву активность инвертазы (таблица 23).

Таблица 23 – Динамика инвертазной активности в черноземе обыкновенном карбонатном, мл глюкозы/ г/ 24 часа

Дата отбора	Контроль	Фон (ЖКУ)	Фон+ЛГ (лист)	Фон+ЛГ (почва)
27.09.2009	15,87	16,13	16,37	16,50
10.05.2010	16,05	16,38	16,33	16,35
23.06.2010	16,18	16,48	16,47	16,47
07.08.2010	16,32	16,60	16,67	16,68
19.09.2010	16,47	16,77	16,85	16,85
22.04.2011	16,56	16,97	17,10	17,03
20.08.2011	16,77	17,13	17,33	17,17
22.09.2011	16,93	17,33	17,43	17,40
15.04.2012	16,63	16,50	16,37	16,70
07.07.2012	16,00	16,17	15,97	16,17

По степени обогащенности инвертазой чернозем обыкновенный является среднеобогаченным (по шкале Звягинцева, 1973). В отличие от активности каталазы, усиление активности инвертазы достоверно подтвердилось в вариантах с внесением ЖКУ и лигногумата в почву. Это связано с большей чувствительностью данного фермента по отношению к различным факторам.

На рисунке 24 представлено наглядное изменение активности инвертазы по вариантам в течение всего опыта. Из рисунка видно, что внесение ЖКУ положительно повлияло на активность инвертазы, что подтверждается достоверно в выделенных жирным шрифтом отборах. Помимо этого внесение гуминового препарата непосредственно в почву также усиливает активность инвертазы. Как и активность каталазы, инвертазная активность более высокая в вариантах с лигногуматом.

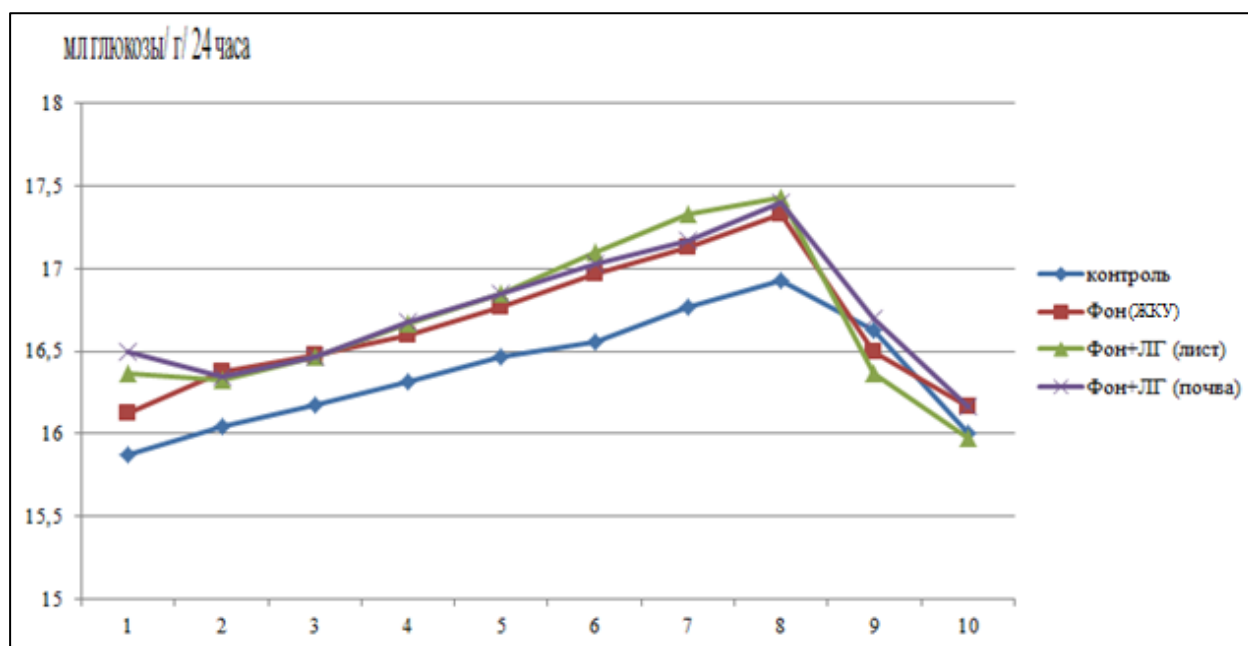


Рисунок 24 – Динамика активности инвертазы в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта удобрениями и биодобавками: **1** – 27.09.2009, **2** – 10.05.2010, **3** – 23.06.2010, **4** – 07.08.2010, **5** – 19.09.2010, **6** – 22.04.2011, **7** – 20.08.2011, **8** – 22.09.2011, **9** – 15.04.2012, **10** – 07.07.2012

Согласно литературным источникам, удобрения на минеральной основе, неблагоприятно сказываются на микроорганизмах, и как следствие, ухудшается один из параметров потенциальной активности почвы, а именно, ферментативная активность. Как уже отмечалось ранее, минеральные удобрения способны угнетать все биологические процессы в почве, однако, в данном случае, этот феномен отчетливо не выражен, что вероятно, обусловлено видом, а главное, формой удобрения – стресс от внесения жидких удобрений меньше, чем при использовании сухих удобрений (Калашник, 2002).

Динамика инвертазы, по сравнению с каталазой, более информативна при оценке последствий влияния лигногумата. Изучение динамики инвертазной активности в течение всего периода наблюдений показало, что в отличие от активности каталазы, происходит достоверное усиление по сравнению с контролем активности инвертазы в варианте с внесением лигногумата в почву (Безуглова и др., 2013). Однако расчеты показали, что прямая корреляционная связь средней степени существует между коэффициентом структурности и активностью каталазы (г

= 0,51; $m_r = 0,107$; $t_r = 4,82$). В тоже время с активностью инвертазы связь оценивается как слабая. Слабая прямая связь обнаружена и между коэффициентом водопрочности и активностью каталазы ($r = 0,106$; $m_r = 0,142$; $t_r = 0,73$), коэффициентом водопрочности и активностью инвертазы ($r = 0,233$; $m_r = 0,136$; $t_r = 1,71$). Коэффициент корреляции между устойчивостью агрегатов к разрушению в стоячей воде и активностью каталазы выше ($r = 0,380$; $m_r = 0,123$; $t_r = 3,09$), тем не менее, и в этом случае связь оценивается как слабая.

Проверка полученных результатов в условиях производственного эксперимента была проведена на территории ДЗНИИСХ также на черноземе обыкновенном карбонатном в 2013—2015 гг. Данные, показывающие влияние гуминового препарата на активность ферментов в черноземе обыкновенном карбонатном (североприазовском) под посевами озимой пшеницы представлены в приложении 4.

Почва в исходном состоянии, до посева озимой пшеницы, по шкале Д.Г. Звягинцева (1973) по активности каталазы характеризовалась как среднеобогатченная. На протяжении всего эксперимента наблюдалась положительная динамика каталитической активности, и к фазе созревания зерна почва по обеспеченности каталазой характеризуется как богатая (рисунок 25).

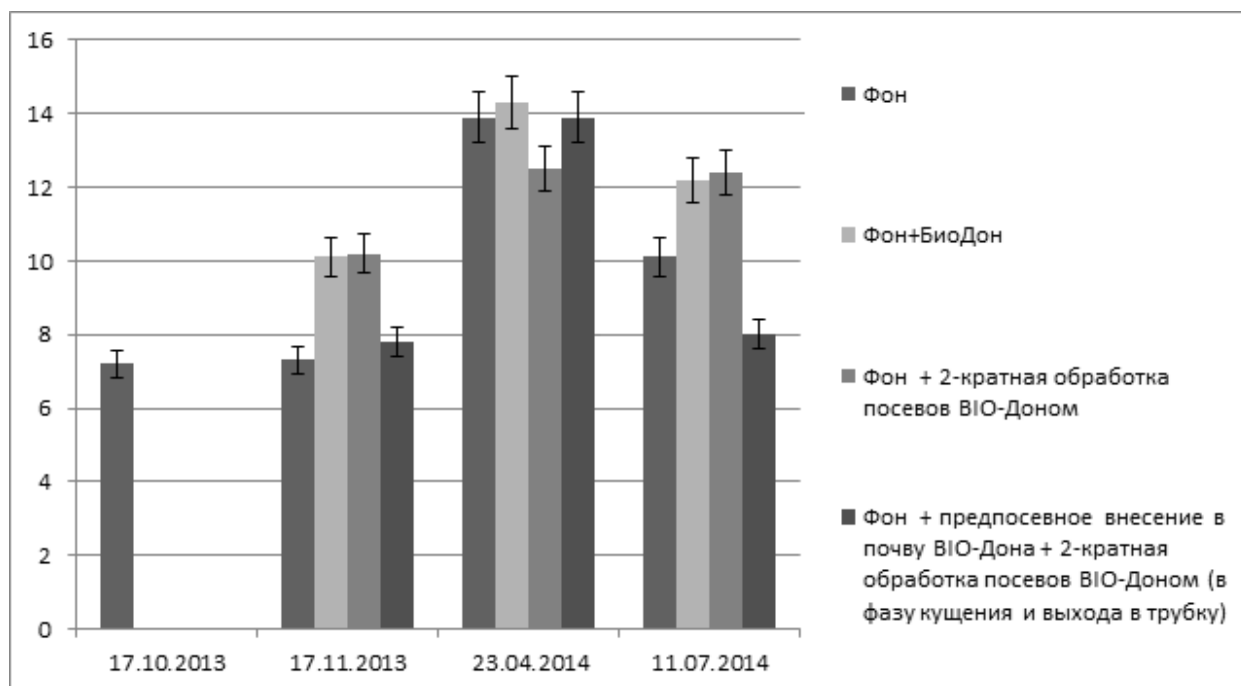


Рисунок 25 – Влияние гуминового препарата BIO-Дон на активность каталазы в черноземе обыкновенном карбонатном (мл O_2 /г почвы за мин.)

В течение всего эксперимента, с момента посева озимой пшеницы, по активности инвертазы почва характеризовалась как «среднеобогатенная». Применение минеральные удобрений сказывается на величине активности каталазы в почве, в отрицательную сторону (Галстян, 1974, 1978). Данный факт, связан с проявлением действия кислотных остатков удобрений. При посеве озимой пшеницы вносили диаммофоску ($N:P:K = 10:26:26$) в дозе 30 кг/га. Каталаза – фермент класса оксиредуктаз, содержащий в себе атом железа, который активно вступает в реакцию замещения с кислотными остатками вносимых минеральных удобрений, исключая возможность образования промежуточных перекисных соединений, что приводит к инактивации каталазы, ввиду невозможности присоединения пероксида водорода к ферменту. Весной ситуация выравнивается, активность каталазы возрастает на всех вариантах, включая фон. Максимальный результат получен на втором варианте (внесение препарата в почву). Следует также отметить некоторое снижение активности каталазы на вариантах 3 и 4, где обработка гуминовым препаратом ВЮ-Дон производилась дважды за сезон. Однако отличия в контроле (фон) статистически недостоверны.

Инвертаза – фермент, относящийся к группе гликозидгидролаз и катализирующий по гликозидным связям процесс гидролиза полисахаридов. Под действием фермента инвертазы сахароза, рафиноза, генцианоза, стахиоза содержащиеся в органическом веществе почвы подвергаются биохимическим превращениям.

Отдельно можно подчеркнуть отзывчивость данного фермента на минеральные удобрения, в особенности при условии улучшения фосфатного режима почв (Тазабекова, 1997). Припосевное внесение диаммофоски через месяц после посева привело к значительному увеличению активности инвертазы. Затем происходил рост, вариант с двукратной обработкой посевов показал более высокое значение (рисунок 26)

Итак, на основании анализа результатов данного эксперимента следует подчеркнуть, что с помощью кислотных остатков гуминовое удобрение сдерживает активность каталазы. В тоже время показатели воздействия удобрения ВЮ-Дон на активность инвертазы могут трактоваться неоднозначно. При условии то-

го, что вариация признака в пределах варианта невысока, нельзя с уверенностью заявлять, что рост значений показателей инвертазной активности в почве связан с использованием гуминового препарата т.к. данный фермент также проявляет высокую отзывчивость и на минеральные удобрения.

Однако расчет коэффициента корреляции между показателями биологической активности и коэффициентом водопрочности агрегатов в стоячей воде показал наличие прямой сильной связи с активностью инвертазы ($r = 0,704$; $m_r = 0,072$; $t_r = 9,78$). Следует отметить, что наличие прямой сильной связи между водопрочностью агрегатов и содержанием углеводов обнаруживали и другие авторы (Минеев, 1988; Безуглова, 2001).

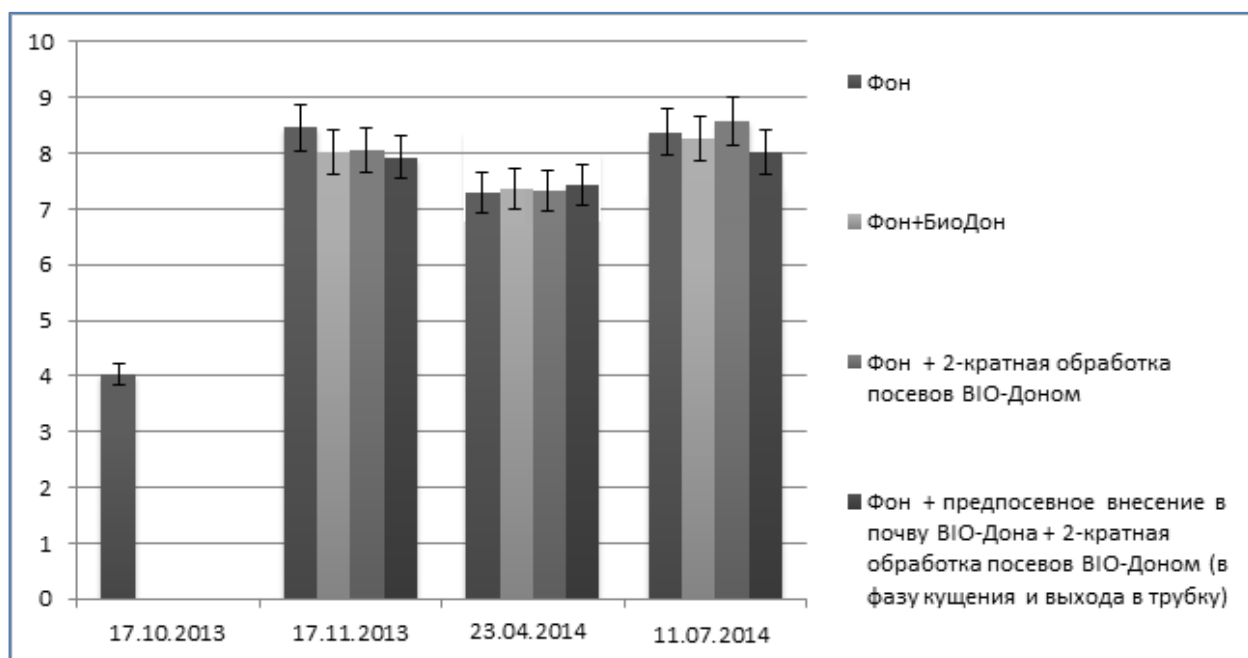


Рисунок 26 – Влияние гуминового препарата ВЮ-Дон на активность инвертазы в черноземе обыкновенном карбонатном (мг глюкозы/ мл)

Усиление ферментативной активности на вариантах с гуминовым препаратом сопровождалось изменением подвижности элементов питания, в частности, на протяжении всего эксперимента во всех вариантах опыта с гуминовым препаратом наблюдалось существенное увеличение содержания подвижных форм фосфора (таблица 24).

Таблица 24 – Динамика подвижного фосфора под озимой пшеницей при
воздействии гуминовым препаратом ВЮ-Дон на стационаре ФГБНУ
«ДЗНИИЭСХ»

Вариант	Дата отбора					
	17.11.13		23.04.14		11.07.14	
	мг/кг	±	мг/кг	±	мг/кг	±
1. Фон	24,03	-	63,84		29,1	
2. Фон + внесение в почву ВЮ-Дона	35,64	8,44	66,37	0,7	58,5	6,32
3. Фон + 2-кратная обработка растений	39,99	7,81	53,17	2,26	46,3	3,44
4. Фон + внесение в почву ВЮ-Дона + 2-кратная обработка растений	37,02	17,79	55,22	2,23	39,4	4,49
НСР _{0,05}		3,09		2,65		2,25

В условиях дефицита фосфора, свойственного карбонатным черноземам, это явилось одним из факторов оптимизации питания растений.

При закладке опыта на черноземе южном нами были получены несколько отличающиеся результаты. Данные по динамике ферментативной активности отражены на рисунке 27 и в приложениях 5,6.

Согласно оценке по шкале Д.Т.Звягинцева, чернозем южный экспериментальных полей характеризуется как среднеобогатенный каталазой. Небольшое снижение показателей активности каталазы после применения препарата ВЮ-Дон находится в пределах ошибки опыта ($t < 2,57$). При этом в своих работах А.Ш. Галстян (1974) говорит о том, что в под действием кислотных остатков в почве происходит подавление активности окислительно-восстановительных ферментов (каталазы и пероксидазы). В то же время опытным путем была определена прямая связь ферментативной активности и количества основных питательных элементов в почве.

По результатам исследования показатель активности инвертазы в первый отбор, согласно шкале Д.Г. Звягинцева, можно трактовать как среднюю

величину. Вследствие обработки гуминовым препаратом данный показатель заметно увеличивается по сравнению с первым отбором, при этом по состоянию на 11.06.2014 активность инвертазы остается в пределах «средней» величины.

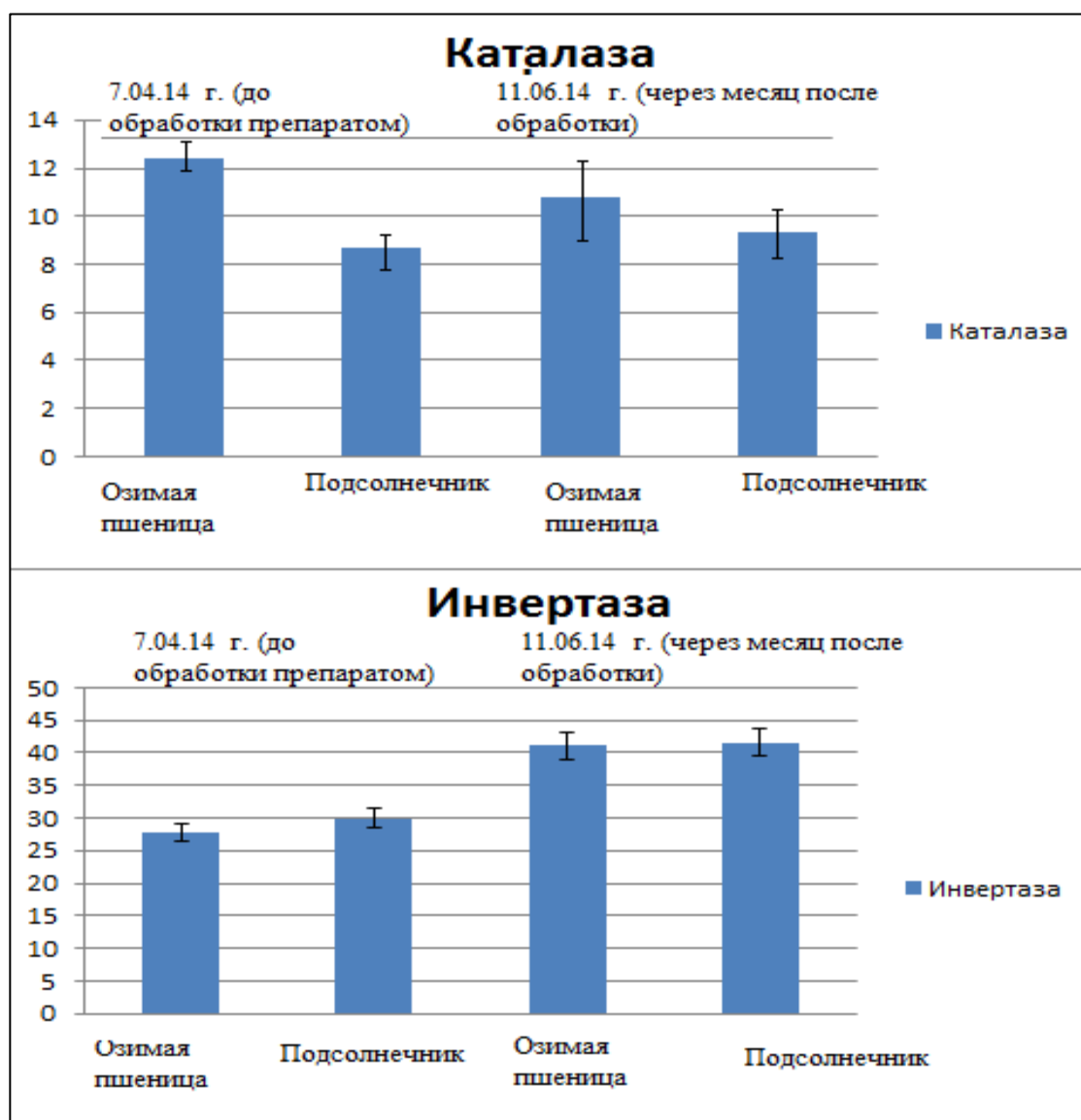


Рисунок 27 – Динамика активности ферментов в черноземе южном на экспериментальных полях ЗАО «Шумилинское»

Стоит отметить, что в этом эксперименте расчет коэффициента корреляции между показателями ферментативной активности и коэффициентом структурности демонстрирует наличие положительной значительной связи с активностью инвертазы ($r = 0,700$; $m_r = 0,11$; $t_r = 6,15$).

Итак, можно заключить, что полученные в мелкоделяночном опыте на черноземе обыкновенном карбонатном результаты подтверждены на такой же

почве в условиях производственного стационара и в производственном посеве на другом подтипе чернозема: наблюдается увеличение активности инвертазы под воздействием обработки растений гуминовым препаратом.

Результаты эксперимента на темно-каштановой почве отражены на рисунке 28.

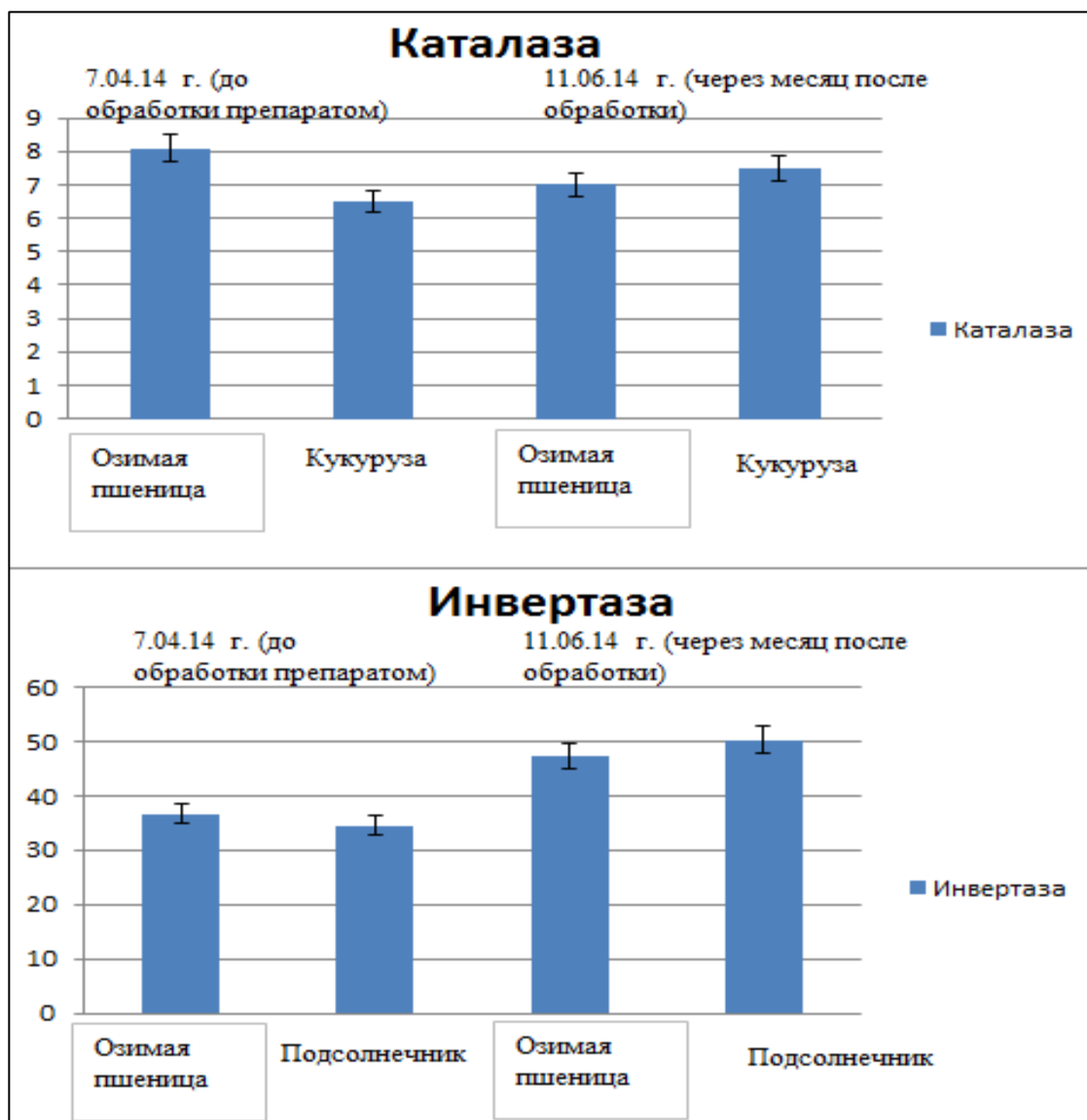


Рисунок 28 – Динамика активности ферментов в темно-каштановой почве на полях ЗАО им. Ленина, $p=0,95$, $n = 5$, $tst = 2,57$

Как показывают данные, почва характеризуется средней активностью каталазы (по шкале Звягинцева Д.Г.) (приложение 7). Незначительное уменьшение активности каталазы на 11.06.2014 находится в пределах ошибки опыта ($t < 2,57$). Активность инвертазы по шкале Д.Г. Звяинцева можно оценить

как высокую. При этом по состоянию на 11.06.2014 активность данного показателя увеличивается, что связано с внесением минеральных удобрений (приложение 8). Их использование влияет на повышение активности инвертазы (Галстян, 1974), однако, под действием минеральных удобрений, можно наблюдать снижение активности каталазы и пероксидазы. При этом, корреляционная связь между активностью инвертазы и коэффициентом структурности значительная ($r = 0,82$; $m_r = 0,17$; $t_r = 4,9$), с активностью каталазы – слабая.

В рамках изучения влияния гуминовых препаратов на биологическую активность почв, был проведен микробиологический анализ (приложение 9), При обработке гуминовым препаратом ВЮ-Дон сезонное снижение численности ряда групп микроорганизмов в черноземе обыкновенном карбонатном, обусловленное почвенной засухой, оказалось сглаженным. Так, по сравнению с весенним отбором достоверно не снизилась численность аммонификаторов (на среде МПА), аминоавтотрофов (КАА) и актиномицетов, растущих на КАА. Численность почвенных микромицетов была по-прежнему ниже, чем в весенний период, но по сравнению с контролем сезонное снижение стало на 27% меньше. Динамика ряда других групп на внесение гуминового препарата отреагировала незначительно – это олигонитрофильные микроорганизмы (Эшби), олиготрофы (ПА), актиномицеты, учитываемые на ПА, а также целлюлозолитические грибы и актиномицеты. По-видимому, такую картину можно объяснить тем, что для разных групп выраженность сезонного снижения численности связана с преобладающим вкладом различных факторов. Копиотрофные микроорганизмы сильно зависимы от поступления в почву свежего и легкодоступного органического вещества, в то время как олиготрофные и олигонитрофильные зависят от него в меньшей степени. Целлюлозолитические организмы используют трудноразлагаемый источник углерода – целлюлозу, и слабее реагируют на поступление легко доступной органики. Кроме того, вероятно, внесение гуминового препарата стимулирует корневую секрецию у растений, что положительно сказывается на копиотрофном звене микробоценоза почвы (рисунок 29). В то же время, для олиготрофных и исполь-

зующих целлюлозу микроорганизмов данный эффект не компенсирует негативных воздействий абиотических факторов, и их численность остается сниженной.

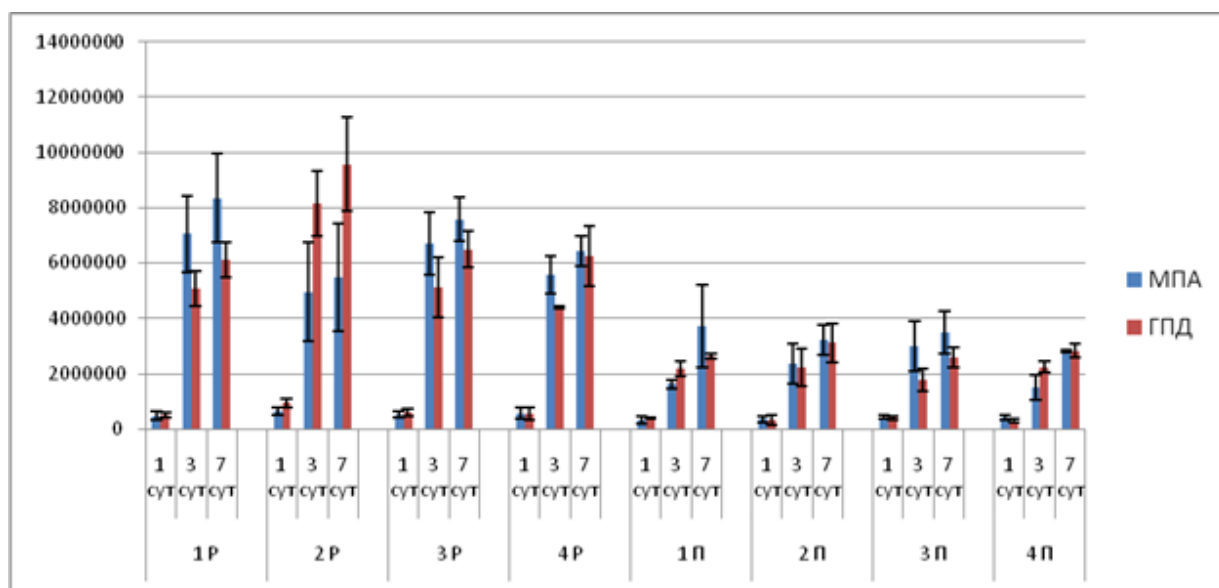


Рисунок 29 – Численность копиотрофных бактерий в ризосфере и окружающей почве перед началом кушени (чернозем обыкновенный карбонатный, озимая пшеница)

На графике (рисунок 29) отчетливо видно увеличение численности копиотрофов в ризосфере озимой пшеницы по сравнению с окружающей почвой. Отражена и тенденция к росту численности этих микроорганизмов на варианте с внесением гуминового препарата в почву, в то же время в вариантах 2 и 4 (обработка по листу) такой тенденции нет.

Корреляционный анализ между численностью аммонификаторов и водопропрочностью структурных отделностей показал наличие положительной значительной связи между этими показателями ($r = 0,52$; $m_r = 0,16$; $t_r = 3,3$).

3.4. Влияние гуминовых препаратов на урожайность сельскохозяйственных культур

При обосновании целесообразности использования изучаемых удобрений и препаратов основными показателями являются урожайность и качество получен-

ной сельскохозяйственной продукции. Данные по урожайности, полученные в условиях мелкоделяночного полевого эксперимента, представлены в таблице 25.

В целом урожайность озимой пшеницы в 2010 г. была немного ниже, чем в 2012 г. Это объясняется не совсем благоприятными для этой культуры погодными условиями осеннего периода 2009 года. Посев был проведен в первой декаде октября после того, как только в конце сентября выпали осадки, по данным областного гидрометеорологического центра, причем, ниже нормы

Таблица 25 – Урожайность зерновых культур и прибавка от внесения удобрений и лигногумата, ц/га

Вариант	2010 озимая пшеница		2011 яровой ячмень		2012 озимая пшеница	
	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка
Контроль	28,9	-	15,1	-	30,9	-
Фон (ЖКУ)	29,4	+0,5	10,7	-4,4	31,0	+0,1
Фон + Лигногумат (обработка по листу)	35,4	+6,5	17,3	+2,2	34,4	+3,5
Фон + Лигногумат (внесение в почву)	36,6	+7,7	21,7	+6,6	37,7	+6,8
НСР _{0,95}		2,0		4,4		3,1

В зиму растения ушли средне раскустившимися, что в дальнейшем отрицательно сказалось на величине урожайности озимой пшеницы. Внесение удобрений и биологически активных веществ положительно сказалось на урожайности пшеницы. Наибольшая прибавка (+7,7 ц/га по сравнению с контролем) оказалась в варианте с внесением гуминового удобрения в почву. Озимая пшеница, посеянная в конце первой декады сентября 2011 г. в хорошо увлажненную почву, укоренилась перед началом холодов, раскустилась и успешно перезимовала. Поэтому озимая пшеница сформировала урожайность немного выше. Несмотря на благоприятные условия, отзывчивость на последствие внесения удобрений была су-

щественной. В отличие от 2010 г. прибавка урожая в 4 варианте составила 6,8 ц/га. Но этот факт как раз хорошо согласуется с литературными данными. Известно, что именно в менее благоприятных условиях отзывчивость растений на гуминовые удобрения и препараты выше (Flaig, 1967; Христева, 1950, 1977; Егорова и др, 2014).

В таблице 26 показаны результаты определения качества зерна озимой пшеницы по таким важным показателям, как клейковина и сырой протеин.

Таблица 26 – Влияние удобрений и биологически активных веществ на качество озимой пшеницы

Годы	2010				2012			
Вариант	Клейковина, %	Разница с контролем, ±	Протеин, %	Разница с контролем, ±	Клейковина, %	Разница с контролем, ±	Протеин, %	Разница с контролем, ±
Контроль	19,34	-	12,25	-	20,28	-	13,3	-
Фон (ЖКУ)	20,25	+0,91	12,59	+0,34	22,01	+1,73	14,6	1,3
Фон + Лигногумат (обработка по листу)	19,84	+0,5	13,31	+1,06	22,9	+2,62	13,05	0,25
Фон + Лигногумат (внесение в почву)	19,37	+0,03	9,99	+2,26	23,33	+3,05	13,63	0,33
НСР 0,95		0,02		0,01		2,46		0,25

Применение удобрений улучшает качество озимой пшеницы. Наибольший процент содержания клейковины в зерне озимой пшеницы урожая 2010 г. содержится при использовании гуминового удобрения по листу. Наивысший процент протеина наблюдается в 3 варианте при использовании гуминового удобрения по листу, причем это подтвердилось статистически. Однако в варианте 4 наблюдается минимальное содержание протеина. В урожае, полученном в 2012 г., качество зерна выше из-за благоприятных погодных условий перед посевом и хорошей перезимовки. Более высокое содержание клейковины объясняется в основном сло-

жившимися метеорологическими условиями конца вегетации озимой пшеницы: выпадающими осадками, не резкой сменой температурного режима. Процент протеина также выше, чем в 2010 г. Лигногумат аналогично проявили себя и в 2011 году на другой зерновой культуре – яровом ячмене, а именно: способствовал повышению содержания протеина в зерне, но лишь на уровне тенденции (таблица 27).

Таблица 27 – Влияние удобрений и биологически активных веществ на качество ярового ячменя, 2011 г., $t_{st}=2,18$ при $P=0,95$; $n=12$

Вариант	Протеин, %	Разница с контролем, $\pm$	Td
Контроль	13,91	-	-
Фон (ЖКУ)	13,94	0,03	0,08
Фон + Лигногумат (обработка по листу)	14,08	0,17	0,57
Фон + Лигногумат (внесение в почву)	13,97	0,06	0,20
НСР 0,95		0,17	

Данный тренд прослеживается и при использовании другого гуминового препарата – ВЮ-Дона в производственном эксперименте на территории ФГБНУ ДЗНИИСХ (таблица 28). Эксперимент показал, что прибавка урожайности озимой пшеницы при использовании удобрения ВЮ-Дон составила от 2,2 до 12,8 ц/га, то есть до 35% по сравнению с фоном – минеральным питанием согласно рекомендациям технологической карты для данной зоны.

Погодные условия года вносят корректировку, и степень эффективности того или иного приема использования гуминового препарата менялась. Так, если в 2014 и 2016 году наиболее эффективным было сочетание предпосевного внесения препарата в почву с двукратной обработкой посевов по листу, то в 2015 году большая прибавка была получена на варианте 3, где гуминовый препарат применялся только для обработки по вегетирующим растениям. В то же время и вариант 4 дал достаточно высокую прибавку в урожайности озимой пшеницы.

Таблица 28 – Урожайность озимой пшеницы Донэко при использовании гуминового препарата ВЮ-Дон (2014 г.) и Донская лира (2015-2016 гг.)

Вариант	2014 год		2015 год		2016 год	
	ц/га		ц/га		ц/га	
	Урожай-ность	При-бавка	Уро-жай-ность	При-бавка	Уро-жай-ность	Прибав-ка
Фон	35,5	-	47,5	-	35,4	
Фон + предпосевное внесе-ние в почву ВЮ-Дона	42,4	+6,9	51,9	+4,4	37,6	+2,2
Фон + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)	46,0	+10,7	57,0	+9,5	39,4	+4,0
Фон + предпосевное внесе-ние в почву ВЮ-Дона + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)	48,3	+12,8	55,3	+7,8	42,4	+7,0
НСР _{0,05}		3,9		6,9		2,7

Сравнивая эффективность применения удобрения по годам, нельзя не отметить такую закономерность: чем засушливее год, тем выше отдача от гуминового препарата (рисунок 30).

Согласно данным представленным в таблице 6 и на рисунке 9, максимальная урожайность наблюдается на варианте 3 (Фон + 2-кратная обработка растений) - 57 ц/га в 2015 году, когда вегетационный год сложился оптимально: хорошая обеспеченность осадками предпосевного периода (сентябрь) позволила в осенний период растениям достаточно хорошо развиваться. Весна также характеризовалась лучшей обеспеченностью влагой, чем предыдущий вегетационный сезон. Как следствие, отзывчивость на гуминовый препарат оказалась ниже, что вполне согласуется с литературными данными.

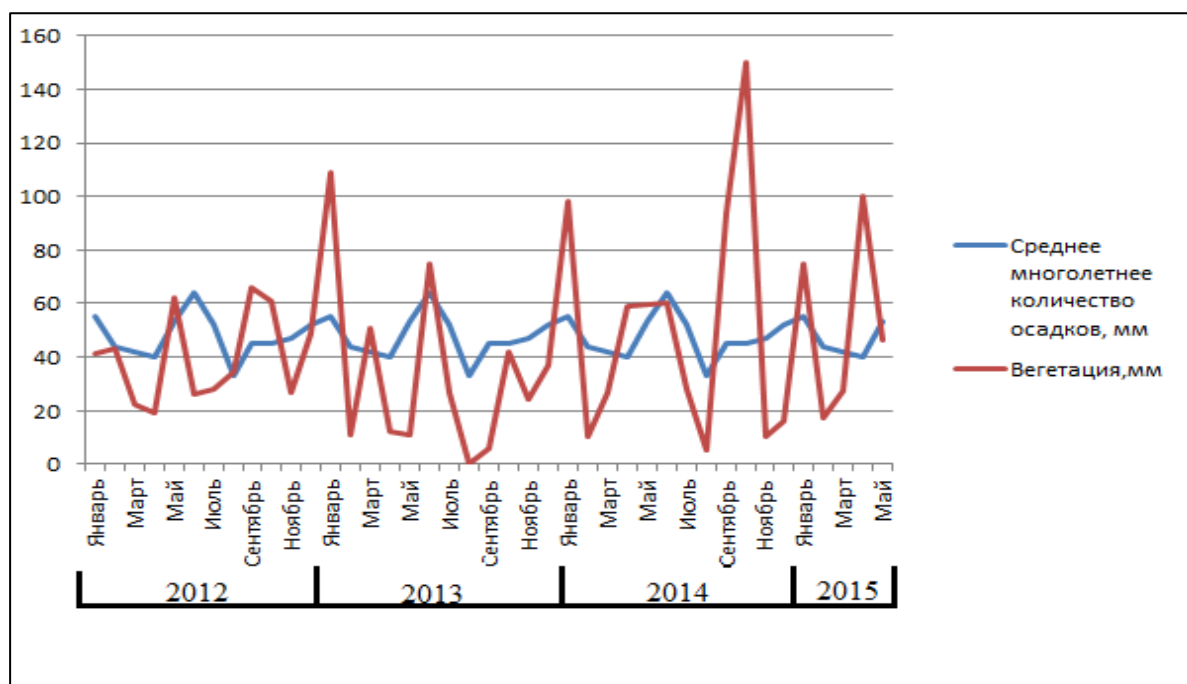


Рисунок 30 – Количество осадков за период вегетации озимой пшеницы Донэко и Донская лира на стационаре ФГБНУ «ДЗНИИЭСХ», мм

Расчет экономической эффективности от применения гуминового препарата был сделан для условий 2014 года, когда была получена максимальная эффективность от его использования (таблица 29).

Таблица 29 – Экономическая эффективность использования гуминового препарата ВЮ-Дон при возделывании озимой пшеницы Донэко.

Вариант	Зерно			Затраты на 1 га, руб.
	ц/га	Прибавка		
		ц/га	%	
Фон (припосевное внесение Диаммофоска-10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка- аммиачная селитра 100 кг/га)	35,5	-	-	-
Фон + предпосевное внесение в почву ВЮ-Дона	42,4	6,9	19,4	80
Фон + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)	46	10,5	29,6	160
Фон + предпосевное внесение в почву ВЮ-Дона + 2-кратная обработка посевов ВЮ-Доном (в фазу кущения и выхода в трубку)	48,3	12,8	36,1	240
НСР _{0,05}		3,9		

Максимально эффективным способом при сложившихся в 2014 году погодных условиях, как уже было отмечено, был вариант совмещения предпосевного внесения и двукратной обработки по листу. При данной комбинации была получена прибавка в 12,8 ц/га. При использовании данного способа применения гуминового удобрения на всем поле площадью 48 га было бы получено дополнительно 61,44 т зерна, при стоимости на рынке семян озимой пшеницы Донэко (суперэли-та) 16 500 руб/т (источник: <http://zerno.avs.ru>) экономическая эффективность в рублях составила бы 1 014 тыс. рублей.

Таким образом, эффективность применения гуминовых препаратов зависит от дозировки, способа его применения (обработка семян, внесение в почву, внекорневая обработка растений, или сочетание этих приемов), почвенно-климатических условий, вида сельскохозяйственной культуры. Одной из причин положительного влияния гуминового препарата на сельскохозяйственные растения является корректировка содержания доступных форм фосфора. Другой – улучшение агрофизического состояния почвы.

ВЫВОДЫ

1. В чернозёме обыкновенном карбонатном до начала эксперимента с гуминовым препаратом преобладали агрономически неценные отдельности: крупные агрегаты размером более 10 мм, и пылеватая фракция размером менее 0,25 мм. При последующих отборах на вариантах с внесением лигногумата в почву и по листу наблюдалось постепенное сокращение доли пылеватых и глыбистых фракций в пользу агрономически ценных структурных отдельностей размером от 0,5 мм до 0,25 мм. По сравнению с контролем варианты с внесением гуминового препарата характеризуются меньшей долей глыбистой фракции (17% – лигногумат «по листу», 12% – лигногумат в почву, 18,6% – контроль), также меньше по сравнению с контролем доля агрегатов пылеватой фракции на варианте с внесением лигногумата в почву (18% – контроль, 14% – лигногумат в почву).

2. Изучение информативности показателей оценки состояния структуры показало, что наиболее чувствительным, а, следовательно, и информативным, оказался метод расчета критерия АФИ. При расчете других показателей (оценка водопрочности по Кузнецовой, по Саввинову) выявить различия между вариантами опыта с гуминовыми препаратами не удастся. Критерий АФИ четко фиксирует, что применение гуминового препарата, сопровождается улучшением структурного состояния от удовлетворительной (83—86) оценки на контрольном и фоновом вариантах, до хорошей (210—232) на вариантах с гуминовым препаратом.
3. Применение гуминовых препаратов благоприятно сказывается на устойчивости к сезонному ухудшению структурности чернозема обыкновенного карбонатного: сезонное изменение соотношения фракций структурного состояния на вариантах с гуминовым препаратом не такое сильное, как на фоне. Критерия АФИ показал, что на вариантах с внесением гуминового препарата происходит улучшение состояния структуры: при внесении гумата в почву критерий АФИ к моменту уборки возрастает с 99 до 105, на варианте с обработкой растений – с 94 до 170, на варианте с 2-х кратной обработкой – с 93 до 172. Таким образом, гуминовый препарат способствовал улучшению водостойчивости почвы от удовлетворительной до хорошей оценки. Данная закономерность подтвердилась также при проведении испытаний на черноземе южном и на темно-каштановой почве.
4. При многолетнем использовании гуминового препарата изучение коэффициентов структурности и водопрочности в динамике – от начала эксперимента и до прекращения внесения препаратов показало, что наблюдается сокращение доли агрономически неценных отдельностей по всему полевому опыту, однако на контроле данный процесс проходит не так интенсивно. На контроле коэффициенты структурности и водостойчивости изменились за два года соответственно с 0,69 и 63%, до 1,7 и 79%. В то время как на вариантах с применением лигногумата данные показатели возросли вдвое. Одновременно с уменьшением доли агрономически неценных отдельностей, произошел

прирост количества наиболее ценных агрегатов – размерами от 0,5 мм до 5 мм.

5. Структурное состояние коррелирует с биологической активностью почвы, теснота связи между показателями ферментативной активности и состоянием структуры оценивается от слабой до значительной. Установлено наличие прямой связи средней силы между величиной коэффициента структурности и активностью каталазы ($r = 0,51$; $mr = 0,107$; $tr = 4,82$) и прямой сильной связи между коэффициентом водопрочности агрегатов и активностью инвертазы ($r = 0,704$; $mr = 0,072$; $tr = 9,78$) в черноземе обыкновенном карбонатном. В черноземе южном была отмечена положительная сильная связь между коэффициентом структурности и активностью инвертазы ($r = 0,700$; $mr = 0,11$; $tr = 6,15$). В темно-каштановой почве этот показатель был еще выше ($r = 0,82$; $mr = 0,17$; $tr = 4,9$). Однако такие значительные зависимости обнаруживаются не всегда, теснота связи обусловлена также влиянием погодных условий и культуры.
6. Установлена зависимость между состоянием структуры и микробиологической активностью: численность аммонификаторов и водопрочность структурных отдельностей показали наличие положительной средней связи ($r = 0,52$; $mr = 0,16$; $tr = 3,3$). Применение гуминового препарата стимулирует корневую секрецию у растений, что положительно сказывается на копиотрофном звене микробоценоза, и, опосредованно, на структурном состоянии почвы.
7. Применение гуминового препарата ВЮ-Дон под озимую пшеницу способствует получению более высоких урожаев зерна, по сравнению с контрольным (фоновым) вариантом: прибавки по сравнению с фоном в разные годы в зависимости от способа использования препарата составили от 2,2 до 12,8 ц/га. Наиболее эффективно сочетание предпосевного внесения гуминового препарата в почву с двукратной обработкой им посевов в фазы «кущение» и «выход в трубку». Положительное влияние гуминового препарата на сельскохозяйственные растения обусловлено не только известными ранее причи-

нами физиологического характера, но и изменением под действием гуминового препарата почвенной обстановки: усилением биологической активности почвы, корректировкой содержания доступных форм фосфора, улучшением агрофизического состояния почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова, Л. Н. Биологическая активность и состав воздуха пахотного слоя [Текст] / Л. Н. Абросимова, И. Б. Ревут // Почвоведение. 1964. № 7. – С. 34-35.
2. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для ВУЗов. СПб.: СПбЛТА, 1999. 628 с. (371 с.)
3. Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов// Органическое вещество целинных и освоенных почв. М.,1972. – С.30-69.
4. Александрова Л. Н. Гумус как система полимерных соединений. / Л. Н. Александрова. // Труды юбилейной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения В. В. Докучаева. М.-Л., 1949. С. 225-232.
5. Анспок П.И. Микроудобрения. Л.: Колос, 1978. 272 с.
6. Антипов-Каратаев И. Н. О почвенном агрегате и методах его исследования. М.- Л.: АН. СССР, 1948. 83 с.
7. Антипов-Каратаев И. Н. Физико-химические исследования почв. – М.-Л.: 1939. 123 с.
8. Антипов-Каратаев И. Н. Физико-химические исследования почв. Адсорбционные и изотопные методы. – М.: Наука 1966. – 200 с.
9. Апарин Б. Ф. Почвоведение; Академия - Москва, 2012. - 272 с.
10. Аристовская Т. В., Чугунова М. В.. Экспресс-метод определения биологической активности почв //Почвоведение, 1989. № 11. – С. 142—147.
11. Артемьева З.С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы. – М.: ГЕОС, 2010. – 240 с.
12. Безносиков В.А. Трансформация азотных удобрений и влияние их на физико-химические свойства подзолистых почв и продуктивность агроценоза // Агрохимия. 1997, № 4. С. 5-12.
13. Безуглова О. С., Хырхырова М. М. Почвы Ростовской области. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2008. – 352 с.

14. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2001. 228 с.
15. Безуглова О.С., Лыхман В.А., Отрадина Л.Н. Влияние биологически активных веществ на содержание гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном // Наследие И.В.Тюрина в современных исследованиях в почвоведении: мат. междунар. научн. конф., Казань, 15-17 октября 2013 г. Казань: Отечество, 2013. С. 29–32.
16. Безуглова, О.С. Гуминовые удобрения и стимуляторы роста: Учебно-методическое пособие.- Ростов-на-Дону, 2009. 53 с.
17. Бирецкий М. Повышение плодородия легких почв Польши // Докл. на науч.-метод.совещ.по повышению плодородия и производительности легких почв. Минск: М-во сел.хоз-ва БССР, Акад.с.-х.наук, 1959. 31 с.
18. Брыкалов А.В., Гладков О.А., Романенко Е.С., Иванова Р.Г. Лигногумат: миф и реальность. Ставрополь, 2005. 108 с.
19. Булынецв, С.В. Нут. 2001.
<http://www.olegmoskalev.ru/agro/technologij/82.html>
20. Бушинский В.П. Коренная переделка почв основа создания эффективного их плодородия // Сборник памяти акад. В.Р.Вильямса. М., 1942. С.41-62.
21. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
22. Вальков В. Ф. Генезис почв Северного Кавказа / В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д, 1977. – 160 с.
23. Верховцева Н.В., Милановский Е.Ю., Шеин Е.В., Тюгай З.Н. Распределение микроорганизмов т гумусовых веществ по гранулометрическим и агрегатным фракциям чернозема // Почвы национального достояние России: материалы IV съезда Общества почвоведов им. В.В.Докучаева. Кн.1. – Новосибирск: Наука-Центр, 2004. – С. 30—32.
24. Вершинин П. В. Методы определения размываемости почв при помощи объективного нефелеметра. Докл. ВАСХНИЛ, № 8, 1939. С. 32-40
25. Вершинин П. В. Формирование почвенной структуры. Диссертация на соискание ученой степени доктора с.-х. наук, 1953.

26. Вершинин П. В., Ревут И. Б. Новый метод определения размываемости почв // Труды по агроном, физике, вып. 5. М.-Л.: Сельхозгиз, 1951. С. 20-27
27. Вершинин П.В., Константинова В.П. Пористость и удельная поверхность почвенных агрегатов // Труды лаборатории физики почв АФИ, вып. 2, 1937. С. 15-24
28. Вершинин П.В., Константинова В.П. Явления водоустойчивости и сопротивления сжатию почвенных образцов в зависимости от влажности затворения // Почвоведение, № 2, 1937. С. 11-24
29. Вершинин, П.В. Физико-химические основы искусственной структуры почв / П.В. Вершинин и В.П. Константинова. - М.-Л. : Сельхозгиз, 1935. 180 с. (Основные проблемы физики почв / Под общ. ред. акад. А.Ф. Иоффе; вып. 2)
30. Виленский Д.Г. и др. Систематическое описание почв Мещерской низменности. // Кн. «Исследование природных условий сельского хозяйства Мещерской низменности». М.: Изд-во МГУ, 1961. С. 22-109.
31. Вильямс В. Р. Общее земледелие. Изд. студентов Петровской сельскохозяйственной академии, 1919. 219 с.
32. Вильямс В. Р. Прочность и связность структуры почв. Почвоведение, № 5—6, 1935; Собр. соч., т. VII, стр. 160, 161.
33. Вильямс В. Р. Травопольная система земледелия. Труды, т. VII. Сельхозгиз, 1952. 117 с.
34. Вильямс В.Р. Избранные сочинения. Том 1. Работы по почвоведению (1898-1931). Редакция В.П. Бушинского. М.: Издательство Академии Наук СССР, 1950. 792 С.
35. Владыченский С.А., Лебедева Н.Л. Строение макроагрегатов некоторых южных чернозёмов. Почвоведение 1949, № 10. С. 5-19
36. Володько И.К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. Минск: Наука и техника, 1983. 192 с.
37. Воробьев С.А., Буров Д.И., Туликов А.М. Земледелие. – М.: Колос. – 1977. – 479 с
38. Воробьев С. А., Шваров Ю. В. Программы для обработки поисковых геохи-

мических данных на микрокалькуляторе "Электроника БЗ-21" // Методы раз-
браковки и оценки перспектив геохимических аномалий и аномальных площадей.
Магадан, 1982. 102 с.

39. Вронский В.А. Прикладная экология / В.А. Вронский. - М.: Мир, 1998. -
450с.

40. Гаврилюк Ф. Я. Генезис и бонитировка черноземов Нижнего Дона и Север-
ного Кавказа / Ф. Я. Гаврилюк, В. Ф. Вальков, Г. Г. Клименко // Научные основы
рационального использования и повышения производительности почв Северного
Кавказа. – Ростов н/Д, 1983. – С. 10–73.

41. Галстян А. Ш. Унификация методов исследования активности ферментов
почв // Почвоведение. – 1978. – № 2. – С. 107-114.

42. Галстян А. Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван: Айастан,
1974. – 275 с.

43. Галстян А.Ш. Об активности ферментов и интенсивности дыхания почвы
//Докл. АН СССР, 1959. Т. 127. № 5. С. 1092-1102.

44. Гедройц К. К. Коллоидальная химия в вопросах почвоведения. В 2-х чч. Ч.
1. Коллоидальные вещества в почвенном растворе. Образование соды в почве.
Солонцы и солончаки. — СПб.: Бюро по земледелию и почвоведению Уч. комис-
сии Гл. упр-я землеустройства и земледелия, 1912. 58 с.

45. Гельцер Ф. Ю. Влияние бактеризации семян трав на урожай трав и
накопление почвенной структуры почвы. Почвоведение, № 8, 1945. С.35

46. Гельцер Ф. Ю. Значение микроорганизмов в образовании перегноя и проч-
ности структуры почвы. М.: Сельхозгиз, 1940. 120 с.

47. Головина Л.П., Лысенко М.Н., Барнаш З.С., Котвицкий Б.Б. Биологический
круговорот микроэлементов под сельскохозяйственными культурами на дерново-
подзолистых почвах в Полесье УССР // Хим. в сельском хозяйстве, 1984, т. 12, №
2. С. 20-24.

48. Гончарова Л.Ю., Безуглова О.С., Вальков В.Ф. Сезонная динамика содер-
жания гумуса и ферментативной активности чернозема обыкновенного карбо-
натного// Почвоведение. 1990. N10. С.86—93.

49. Горовая А.И. Роль физиологически активных гуминовых веществ в адаптации растений к действию ионизирующей радиации и пестицидов // Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. С. 144-151.
50. Горовая А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества. Строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль. – Киев: Наукова думка, 1995. – 302 с.
51. Гречин И. П., Кауричев И. С., Никольский Н. И., и др. Практикум по почвоведению. Учебное пособие для высших с/х заведений. М.: Колос, 1964. 424 с.
52. Грязнов, А.А. Ячмень Карабалыкский (корм, крупа, пиво) / А.А. Грязнов. – Кустанай, 1996. – 448 с.
53. Гуминьски С. Современные точки зрения на механизм физиологических эффектов, вызываемых в растительных организмах гумусовыми соединениями// Почвоведение. 1968. N9. С. 62 -69.
54. Демин В.В., Бирюков М.В., Семенов А.А., Завгородняя Ю.А. Природа биологического действия гуминовых веществ. Часть 2. Локализация биопротекторного действия гуминовых веществ в почвах. Доклады по экологическому почвоведению, 2006, выпуск 1, N 1, с. 80-91.
55. Дерягин Б.В., Абрикосова И. И. Прямые измерения молекулярного притяжения твердых тел, [ч.] 1—2. // Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1956, т. 30, вып. 6, т. 31, вып. 1 (7). С. 993-1006.
56. Добровольский Г.В., Можарова Н.В., Палечек Л.А., Терешина Т.В. Практикум по географии почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. 224 С.
57. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 261 с.
58. Докучаев В. В., Учение о зонах природы и классификация почв, Соч., т. 6, М. - Л., 1951. С. 17-42
59. Дорохова Е. Н. Прохорова Г. В. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа. – 1991. 255 С.

60. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
61. Егорова Р.А., Чимитдоржиева Г.Д., Андреева Д.Б., Чимитдоржиева Э.О., Давыдова Т.В. Влияние гумата аммония на биометрические показатели сельскохозяйственных культур // Материалы Международной конференции «Проблемы и перспективы биологического земледелия» п. Рассвет, 23-25 сентября 2014, Изд-во ЮФУ. – Ростов-на-Дону, 2014. С. 127 – 129.
62. Звягинцев Д.Г. Взаимосвязь микроорганизмов с твердыми поверхностями. М.: Изд-во МГУ, 1973. 176 с.
63. Зубкова Т. А., Карпачевский Л. О. Матричная организация почв. — Русаки Москва, 2001. — С. 295. Книга посвящена новой для почвоведения проблеме - оценке молекулярных процессов, идущих в почвах, и их роли в организации почвы как природного тела.
64. Зырин Н.Г., Орлов Д.С. Физико-химические методы исследования почв. М.: Изд-во МГУ, 1964. 348 с.
65. Ибрагимова К. К. Экология и охрана природы. Словарь-справочник. М., 2005.-501с.
66. Ильин В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
67. Ильин, И. Р. Содержание свободного и связанного воздуха в почвенных агрегатах / И. Р. Ильин // Почвоведение. - 2006. - N 2. - С. 190-198
68. Ильинова М. И. Изменение свойств черноземов и солонцов Ставропольской возвышенности при сельскохозяйственном использовании. Автореф. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2009. – 24 с.
69. Калашник Г.И. Эффективность жидких форм азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы и кукурузы в условиях лесостепи Заволжья. Дисс. ... канд с.-х. наук. Кинель, 2002. – 232 с.
70. Калдыбаев С., Малимбаева А.Д., Ошакбаева Ж.О. Изменение биологической активности темно-каштановой почвы в зависимости от длительности применения

минеральных удобрений в севообороте // Наука и образование. Сельское хозяйство, 2013. http://www.rusnauka.com/1_nio_2013/agricole/3_122721.doc.htm

71. Канивец И. И., Корнеева Н. П., Морочковский С. Ф. Биохимические способы структурообразования почвы. Основные выводы научно-исследовательских работ Всесоюзного научно-исследовательского ин-та сахарной промышленности за 1936—1937 гг. М.: Пищепромиздат. 1940, 175 с.

72. Канивец И.И., Никитюк М.И. Почвенные районы Молдавской ССР и их сельскохозяйственные особенности Кишинев: Госиздат Молдавии, 1955. - 208 с.

73. Карягина Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв //Наука и техника. Минск, 1983. 181 с.

74. Касимова Л. В., Порываева О. В. Органическое вещество торфа. Микробиологическая активация торфа как основа создания нового вида органического удобрения: монография. ГНУ СибНИСХиТ Российской академии сельскохозяйственных наук, 2004. - 294 с.

75. Кауричев И.С. Почвенный раствор и окислительно-восстановительные процессы в почве. В кн.: Почвоведение. М.: Колос, 1975. С. 167-174

76. Качинский Н.А., Мосолова А.И., Таймуразова Л.Х. Использование полимеров для оструктурирования и мелиорации почв //Почвоведение. 1967. № 12. С.98-106

77. Качинский Н. А. Почва. М.: Сельхозгиз, 1946. – 156 с.

78. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы ее изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958, 150 с.

79. Качинский Н.А. Физика почвы. Часть 1. М.: Высшая школа, 1965. С 257.

80. Келлерман В.В, Физико-химические свойства водоустойчивых агрегатов в различных типичных почвах СССР // Тр. Почвенного ин-та: Вопросы физико-химии почв и методические исследования // М.: Изд - во АН СССР, 1959. С. 3-104

81. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.

82. Клевенская И.Л. К вопросу о применении некоторых микробиологических тестов для оценки свойств почв // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. М.: Наука, 1976. С. 250-260

83. Ковалев И.В. Биохимия лигнина в почвах. Автореф. дисс. ...доктора с.-х. наук. – М., 2015. – 50 с.
84. Когут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А. Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании // Почвоведение. 2012. №5. С. 555-561.
85. Колясев Ф. Е., Кондакова Р. С., Растегаев Н. С. Доклады ВАСХНИЛ, № 4, 1956, стр. 30—36.
86. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 314 с.
87. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. – М.,1963. – 315 с.
88. Королев В. А. Современное физическое состояние черноземов центра Русской равнины / В. А. Королев. Воронеж: Изд-во ГУП ВО «Воронежская областная типография - издательство им. Е.А. Болховитинова», 2008. - 313 с.
89. Костычев П. А. Общедоступное руководство к земледелию: с рисунками. Изд. 6-е. М.: Тип. Вильде, 1911. 192 с.
90. Крупеников И.А., Роговская Н.И. Влияние полимеров на структуру и плодородие почвы // Химия в сельском хозяйстве. 1966. №6. С.55-59.
91. Крупеников И. А. История почвоведения от времени его зарождения до наших дней. М.: Наука, 1981. 327 с.
92. Крыщенко В. С., Рыбьянец Т. В., Бирюкова О. А., Кравцова Н. Е. Компенсационный принцип анализа гумус-гранулометрических соотношений в полидисперсной системе почв // Почвоведение, 2006. № 4. – С. 473-483
93. Кудзин Ю.К., Гниненко Н.В. Изменение водно-физических свойств слабо-выщелоченного чернозема под влиянием многолетнего применения удобрений в севообороте // Почвоведение. 1969, № 7. С. 66-67.
94. Кулаковская Т.Н., Стефанькина Л.М. Взаимосвязь показателей биологической активности с содержанием гумуса и урожаем ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве // Тез. докл. V съезда Всесоюзн. микроб. общ-ва, секц. с.-х. микроб. Ереван, 1975. С. 75.

95. Куликова Н.А. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к растениям в водных и почвенных средах в условиях абиотических стрессов. / Автореферат д.б.н., МГУ, Москва, 2008.
96. Купревич В.Ф. Почвенная энзимология // Научные труды. Т.4. Минск: Наука и техника. 1974. 404 с.
97. Кураченко, Н.Л. Влияние удобрений на гумусное и агрофизическое состояние чернозема выщелоченного /Н.Л.Кураченко, О.А.Ульянова, М.В.Луганцева, М.В.Бабаев //Вестник КрасГАУ. – 2008. – С.33-38.
98. Кураченко, Н.Л. Лабильные гумусовые вещества в формировании почвенных агрегатов /Н.Л.Кураченко. – Красноярск. – 2001. – 82с.
99. Лазарев Н. М. Типы биоорганоминеральных систем различных почв. Труды Всес. научно-иссл. ин-та с.-х. микробиологии за 1944—1945 гг., вып. 1, 1949. С. 23-45
100. Ландина М.М. Физические свойства и биологическая активность почв. Новосибирск: Наука, Сибирское отдел., 1986. 143 с.
101. Лыхман В.А, Безуглова О.С., Горовцов А.В, Полиенко Е.А. Влияние гуминового препарата на структурное состояние и биологическую активность чернозема обыкновенного карбонатного под пропашными культурами // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Научное обеспечение агропромышленного комплекса на современном этапе». Рассвет, 2015. С. 188—195.
102. Лыхман В.А., Безуглова О.С. Влияние биологически активных веществ на структурное состояние, ферментативную активность и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. №04(098). С. 783-797. – IDA [article ID]: 0981404059. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/-2014/04/pdf/59.pdf>
103. Ляпшина З. Ф. Зависимость продуктивности различных органов мягких и твердых пшениц от размера листовой поверхности и накопления веществ в онто-

- генезе // Сб. науч. трудов ВНИИЗХ, 1969. Т. 3. С. 107 -111.
104. Макаров Б.Н. Газовый режим почвы. М.: Агропромиздат, 1988. 104 с.
105. Медведев В.В. Изменение микростроения и водно-физических свойств черноземов при внесении минеральных удобрений // Микроморфология антропогенно измененных почв. М.: Наука, 1988. С. 55-63.
106. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана).- Харьков, 2008- С.27—81.
107. Методы общей бактериологии : В 3-х т. / Под ред. Ф. Герхардта и др.; Пер. с англ. под ред. Е. Н. Кондратьевой, Л. В. Калакуцкого, М. Мир 1983. – 536 с
108. Методы почвенной микробиологии и биохимии. / Под.ред Д.Г. Звягинцева - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 304 с.
109. Миллер В.Р., Беккер З.Э. Роль микроэлементов в устойчивости хлопчатника к вертициллезному вилту // С.-х. биол. 1983, № 11. С. 54-56.
110. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: МГУ, 1988. 285 с.
111. Мишустин Е. Н., Пушкинская О. И. Роль микробиологического фактора в образовании почвенной структуры. Микробиология, т. 1, вып. 3, 1942. С. 60-68
112. Мишустин Е. Н. Роль микробиологического фактора в образовании почвенной структуры//Микробиология, 1941. Т. 10. Вып.3. С.342-356
113. Мишустин Е.Н. Лабильная часть почвенной макроструктуры// Почвоведение, 1945. № 2. С. 122-130.
114. Орлов Д.С., Кулаков В.В., Никифоров В.Ю., Аммосова Я.М., Бирюкова О.Н., Осипова Н.Н. Гуминовые препараты из высокозольных бурых углей Подмосковского бассейна / В сб.: Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993, с. 189-207.
115. Очерки об известных агрономах, почвоведах, генетиках, экономистах-аграрниках, селекционерах; отрывки из документов, научных статей, воспоминаний / Сост. В.В. Володин; Ред. Л.И. Чернова, Г.А.Фролова; Рец. А.Н.Каштанов и др. М.: Современник, 1992. 415с

116. Панов Н. П., Кулаков Е. В. Василий Робертович Вильямс // Вестник АН СССР, 1984, № 6, стр. 101—108
117. Пахненко (Дурынина) Е.П., Великанов Л.Л. Поведение *V. sorokinianum* в агроценозе в условиях интенсивной химизации почв // Изучение грибов в биогеоценозах (Матер.3 Всес. конф.). Ташкент, 1985. С. 30-32.
118. Перминова И.В., Жилин Д.М: Гуминовые вещества в контексте зеленой химии. В: Зеленая химия в России, В.В. Лунин, П. Тундо, Е.С. Локтева (Ред.), Изд-во Моск. Ун-та, 2004, с. 146-162.
119. Полтавская И.А., Коваленко В.Д. Динамика плодородия чернозем под влиянием удобрений // Научные основы рационального использования и повышения производительности плодородия почв Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: РГУ, 1983. – С. 134 – 147.
120. Польшов Б. Б Избранные труды. М.: Высшая школа. 1966. —392 с.
121. Поляков А.Н., Шевцова Л.К. Изменение свойств дерново-подзолистых и черноземных почв под влиянием длительного применения удобрений // Микроморфология антропогенно измененных почв. М.: Наука, 1988. С. 74-80.
122. Прудникова А.Г. Влияние длительного применения удобрений, севооборота в бессменных посевах на физико-механические и технологические свойства дерново-подзолистой почвы Длительного опыта. Отчет по теме №4. – 1975. – С. 372-383.
123. Раманн Э. Мартин Эвальд Вольни // Почвоведение. 1901. Т. 3. № 2. С. 117-122.
124. Реппо Э.А. Определение влажности почвы способом измерения гуттации растений в фазе прорастания семян // Почвоведение. 1977. №12. С. 96-109.
125. Ростовцева О. С., Аваева М. И. Роль многолетних трав в создании прочной структуры почв // Почвоведение, М 5—6, 1935. С. 41-50
126. Рудаков К. И. Микроорганизмы и структура почвы. Сельхозгиз, 1951. С.48
127. Саввинов Н. И. Влияние многолетних трав и некоторых агрономических приемов на прочность структуры в разных зонах. Физика почв в СССР. М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. С.58

128. Саввинов Н. И. О физических («структурообразующих») удобрениях для почв. Физика почв в СССР. М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. С.104-108
129. Сапожников Н.А. Роль механической обработки в окультуривании суглинистых и глинистых подзолистых почв //Материалы научно-метод. совещания по обработке почвы. М., 1961. С. 71-87.
- 130.Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. - М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
131. Смирнова Н.Н., Карцева Л.Н., Потатueva Ю.А. Перспективы применения удобрений в мире // Агрохимия. 1985, № 10. С. 120-127.
- 132.Соборникова И.Г. Изменение поглотительной способности черноземов при сельскохозяйственном использовании/ И.Г.Соборникова// Тез. докл. 8 Всесоюз. Съезда почвоведов, Новосибирск, 14-18 августа, 1989г. Кн.2.Комис.2-3. Новосибирск, 1989. - с.142.
133. Солодченко, С.Н. Сезонные изменения структуры чернозема обыкновенного в условиях целины и агроценозов /С.Н.Солодченко, Н.Л.Кураченко //Молодежь Сибири – науке России: Материалы межд.научн.конф. – Красноярск. – 2003. –Ч.2. – С. 237-241.
- 134.Тазабекова Е.Т. Ферментативная активность почв и пути её регулирования. – Алматы, 1997. – 184 с.
135. Теории и методы физики почв. Коллективная монография под общей редакцией Шеина Е.В. и Карпачевского Л.О. — ISBN 978-5-8125-0921-7 / Е. В. Шеин, Л. О. Карпачевский, Т. А. Архангельская и др. — Гриф и К Москва, 2007. — С. 616.
- 136.Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
137. Тюлин А.Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 258 с.
138. Фагелер П. Режим катионов и воды в минеральных почвах. М.-Л.: Сельхозгиз, 1938. С.201-207

139. Францессон В.А. Вопросы структуры и сохранения плодородия вновь освоенных черноземных почв Северного Казахстана и Западной Сибири / В.А. Францессон, А.В. Герасимова // Земледелие. 1959. № 3. – С. 40–49.
140. Францессон В.А. Избранные труды. Черноземные почвы СССР. М.: Сельхозиздат, 1963. 73 с.
141. Хан Д.В. Органо-минеральные соединения и структура почвы / Тр.Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. М.: Наука, 1969. 142 с.
142. Хасанова Р.Ф. Агроэкологический анализ структурного состояния и оптимизация свойств черноземов Зауралья при фитомелиорации. автореф. ... дис. д-ра биол. наук. - Уфа. 2016. - 44 с.
143. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник / Д.С. Орлов [и др.]. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.
144. Христева Л. А. Природа непосредственного воздействия гуминовой кислоты на рост и развитие растений // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1950. Вып. 11. – С. 10—16.
145. Христева Л.А. К природе действия физиологически активных веществ на растения в экстремальных условиях.-В кн.: Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск. 1977, т.У1, с.3-15.
146. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю., Русанов А.М., Засыпкина Д.И., Николаева Е.И., Анилова Л.В. Почвенная структура и органическое вещество типичных чернозёмов Приуралья под лесом и многолетней пашней // Вестник Оренбургского государственного университета, 2005 № 2, с. 113-117.
147. Шишов Л. Л., Лебедева И. И., Тонконогов В. Д. Классификация почв России и перспективы ее развития // Почвоведение: история, социология, методология. М.: Наука, 2005. 230 с.
148. Шконде Э.И., Благовещенская З.К. Изменение физических свойств почвы при длительном применении минеральных удобрений М., 1982. 51 с.
149. Экономическая оценка сельскохозяйственных угодий Ростовской области. – Ростов-на-Дону: РГУ, 1991. 240 с.
150. Якименко О. С., Применение гуминовых продуктов в РФ: результаты поле-

- вых опытов (обзор литературы) // «Живые и биокосные системы». 2016. № 18;
URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-4>
151. Bassett, J. R. Tree growth as affected by soil moisture availability/ Bassett, J. R // Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1964, № 28, pp. 436–438.
152. Baver L. D., Winterkorn H. F. Sorption of liquids by soil colloids: II. Surface behavior in the hydration of clays / Baver L. D., Winterkorn H. F // Soil Sci. 1935. pp. 403-419
153. Blackwood, C.B., Dell, C.J., Smucker, A.J.M. and Paul, E.A. Eubacterial communities in different soil macroaggregate environments and cropping systems/ Blackwood, C.B., Dell, C.J., Smucker, A.J.M. and Paul, E.A. // Soil Biology and Biochemistry, 2006, 38, pp. 720-728.
154. Chen Y., and Aviad, T. Effects of humic substances on plant growth, in P. McCarthy, C.E. Clapp, R.L.Malcolm, and P.R. Bloom (eds.) Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Reading, Soil Sci.Soc.Am.,Madison, WI. 1990. P.161-186.
155. Clapp, C.E., Chen, Y., Hayes, M.H.B. and Cheng, H.H. Plant growth promoting activity of humic substances. In: R.S. Swift and K.M. Sparks (eds.), Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments and Waters, International Humic Science Society, Madison, 2001 pp. 243–255.
156. Endlweber K., Scheu S. Interactions between mycorrhizal fungi and Collembola: effects on root structure of competing plant species // Biol Fertil Soils, 2007, pp. 741–749.
157. Flaig W. Einwirkung von Ligninabbaproducten auf das plantzenwachstuv. Qualitas plantarum et Material vegetabilis. v.14,10-1. 1967. N1-2.
158. Hardan, A., A. N. Al-Ani. Improvement of soil structure by using date and sugar beet waste products. In: W. W. Emerson, R. D. J. Bond, A. R. Dexter (eds.), Modification of soil structure. Wiley, Chichester, England. 1978. pp. 305-308
159. Hinkley, T. M. and Ritchie, G. A., A theoretical model for calculation of xylem sap pressure from climatological data // Am. Midl. Nat. 1973, 56–69.
160. Ioder R.E.J. The effect of long-time cropping systems and tillage practices upon soil aggregation //Amer. Sos. of Agroh., V. 28, № 5, 1936. 86-89

161. Jansa J., Mozafar A., Frossard E. Phosphorus acquisition strategies within arbuscular mycorrhizal fungal community of a single field site // *Plant Soil*, 2005. 276:163–176
162. Jia J.W. Study on the relationship between the soil physical–chemical properties and soil enzymatic activities of plastic greenhouse // *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*. 2001. Vol. 32, № 4. P. 427–432.
163. Johnson J.M.-F., Allmaras R.R., Reicosky D.C. Estimating source carbon from crop residues, roots and rhizodeposits using the National Grain-Yield Database // *Agronomy J.* 2006. V. 98. P. 622-636.
164. Mac Colla. Influence of microorganisms and some organic substances on soil structure // *Soil. Sci.*, V. 59, N2 4, 1945. pp. 287-297
165. Mac Henry u. Russel. Elementary mechanics of aggregation of puddled materials // *Soil. Sci.*, V. 57, N2 5, 1944. pp. 351—357
166. Martin J. Influence of bacterial polysacharides on soil structure // *Soil. Sci.*, V. 61, N2 2, 1946. pp. 157-166
167. Martin J., Anderson A. Adaptation of various bacteria to growth in the presence of sodium chloride // *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, V. 7, N2 3, 1942. P. 215
168. Meyers H. E. Growth fluctuations of virgin hemlock from northern Pennsylvania // *Soil. Sci.*, V. 44, N2 5, 1937; V. 52, N2 6, 1941. pp. 20-23
169. Peele T. C. J. Microbial activity in relation to soil aggregation // *Amer. Soc. of Agron.*, V. 32, N2 3, 1940. pp. 204-212
170. Penman, H. L. Physics in agriculture // *Sci. Instrum*, 1948. 25: 425–432
171. Piccolo A., Conte P., Cozzolino A. Chromatographic and spectrophotometric properties of dissolved humic substances compared with macromolecular polymers// *Soil Science*, 2001, 166:174-185
172. Pillai U. P. and McGarry D. Structure Repair of a Compacted Vertisol with Wet-Dry Cycles and Crops // *Soil Science Society of America Journal*, 1999. Vol. 63, No. 1, pp. 201- 210.
173. Robinson G. W. *Soils: Their Origin, Constitution and Classification*. Thomas Murby, London, 1932. P.25

174. Rogers W. S. The relation of soil moisture to plant growth, illustrated by moisture meter experiments with strawberries // East Malling Res. Sta. Ann. Rept. 1939. pp.111-20.
175. Savvinov N.I. Engrais physiques «constructeurs» des sols Transactions of the first commission of the International society of soil science // Problemes de la physique du sil, Vol. 2. Moscou, 1934, p.69-72.
176. Shiel R. S., Adey M. A., Lodder M. The effect of successive wet/dry cycles on aggregate size distribution in a clay texture soil // J. Soil Sci. 1988. 39: 71–80.
177. Singh P. K., and Singh Y. Effect of Reduced Tillage on Soil Properties, Root Growth and Grain Yield in Rice-Wheat System // Indian Journal of Agricultural Research, Vol. 30, 1996, pp.179-185.
178. Sollins P. Homann P. Caldwell B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls// Geoderma.1996 V.74
179. Swaby R. J. The Relationship between Micro-organisms and Soil Aggregation // Journal of General Microbiology, Vol. 3, No. 2. P.236-254
180. Tamfuh P. A., Woumfo E. D., Bitom D., Njopwouo D. Petrological, Physico-Chemical and Mechanical Characterization of the Topomorphic Vertisols from the Sudano- Sahelian Region of North Cameroon // The Open Geology Journal, Vol. 5, 2011, pp. 33-55.
181. Tisdall J. M. and Oades J. M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass // Aust. J. Soil Res. 1979. 17, 429–441.
182. Waksman, S.A., The soil as a source of microorganisms antagonistic to disease-producing bacteria, Journal of bacteriology, vol.:40, p.:581, 1940
183. William J. Orts, Aicardo Roa-Espinosa, Robert E. Sojka, Gregory M. Glenn, Syed H. Imam, Kurt Erlacher and Jan Skov. Use of Synthetic Polymers and Biopolymers for Soil Stabilization in Agricultural, Construction, and Military Applications // Pedersen Journal: Journal of Materials in Civil Engineering, 2007, Volume 19, Number 1, P. 58.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Содержание подвижных элементов питания, гумуса, активность ферментов в почве до внесения жидкого гуминового удобрения ВЮ-Дон на производственных полях в Верхнедонском, Цимлянском и Песчанокском районах

Вариант	N- NO ₃	N- NH ₄	Σ N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %	Каталаза, мл O ₂ /1 г за мин	Инвертаза, мг глюко- зы/ 1 г за 24 ч
	мг/кг							
ЗАО «Шумилинское», Верхнедонской район (7.04.2014)								
1	4,7	4,1	8,8	20,4	473	4,0	12,4	27,8
2	5,7	3,6	9,3	43,3	634	3,9	8,7	30,0
ЗАО им. Ленина, Цимлянский район (7.04.2014)								
1	4,5	9,3	13,8	43,8	544	3,2	8,1	36,6
2	6,6	4,2	10,8	60,0	700	2,8	6,5	34,5
ОАО «Заря», Песчанокский район (20.05.2014)								
1	13,6	2,4	16,0	40,5	553,3	3,2	-	-
2	14,9	1,9	16,8	48,8	533,0	3,2	-	-
3	17,6	2,2	19,8	28,9	445,0	3,2	-	-
4	14,3	2,2	16,5	32,8	453,3	3,1	-	-
5	15,0	2,5	17,5	30,9	460,0	3,4	-	-
6	18,7	1,6	20,3	20,8	420,0	3,5	-	-
7	11,1	2,4	13,5	54,9	630,0	2,9	-	-
8	12,1	1,9	14,0	43,2	606,7	3,0	-	-
9	13,0	1,8	14,8	42,3	560,0	2,9	-	-
10	9,1	1,9	11,0	28,1	533	3,0	-	-



Фото 1. Уборка урожая



Фото 2. Отбор снопового образца

Приложение 2 Ручная уборка урожая в условиях мелкоделяночного опыта

Приложение 3. Результаты сухого просеивания по методу Саввинова.

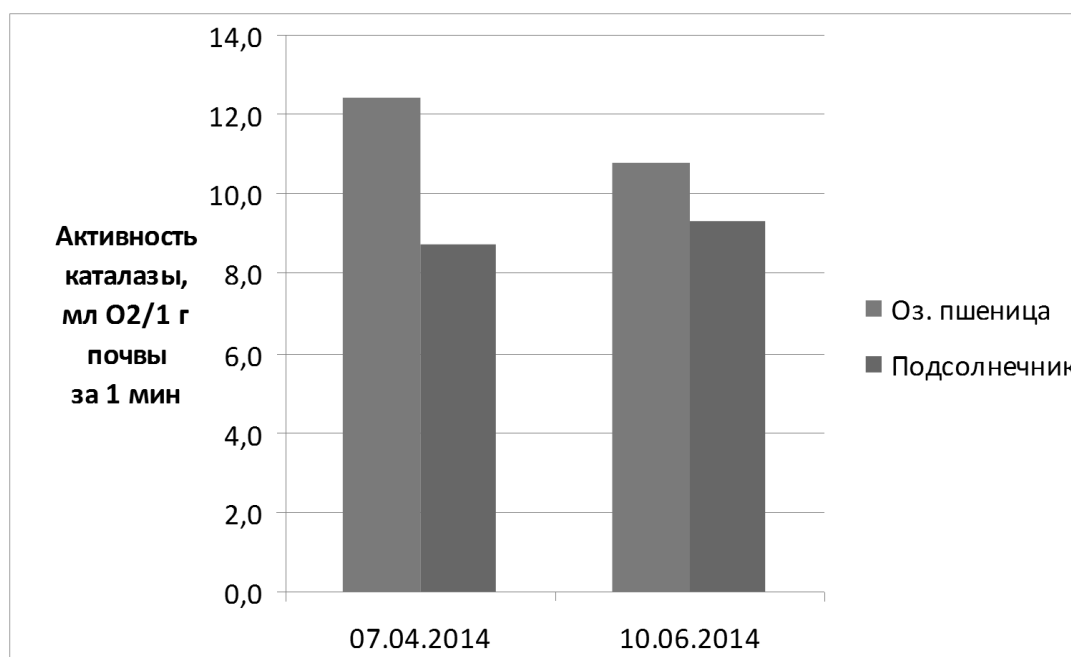
ЗАО имени Ленина (Цимлянский район), тёмно-каштановая почва

Сухое просеивание										
Вар.	мм	10	7	5	3	2	1	0,5	0,25	<0,25
Оз. Пшеница 1.1		77,6	4,6	3,1	3,8	2,6	4,6	1,5	1,4	0,8
Оз. Пшеница 1.2		73,6	6,2	3,0	5,3	2,6	4,6	2,2	1,6	1,0
Оз. Пшеница 1.3		74,9	7,0	3,4	4,3	2,1	3,9	1,9	1,1	1,4
Оз. Пшеница 1.4		72,1	7,0	4,3	4,9	2,5	4,6	1,8	1,5	1,3
Оз. Пшеница 1.5		70,4	7,4	3,6	4,0	3,1	5,2	2,5	2,1	1,8
Оз. Пшеница 2.1		58,1	5,2	3,6	4,2	2,3	4,9	2,2	3,0	16,5
Оз. Пшеница 2.2		57,6	5,3	3,4	4,1	2,1	4,9	2,4	3,5	16,7
Оз. Пшеница 2.3		59,1	6,4	3,0	3,6	2,0	4,1	2,1	3,3	16,4
Оз. Пшеница 2.4		56,4	6,9	4,0	3,6	1,9	4,2	2,8	3,3	16,9
Оз. Пшеница 2.5		54,5	7,7	3,9	3,9	2,2	4,8	2,7	2,8	17,5
Кукуруза 1.1		40,7	8,5	7,9	9,1	7,4	9,9	5,8	5,6	5,1
Кукуруза 1.2		39,9	8,7	7,8	9,3	7,5	10,0	5,9	5,8	5,2
Кукуруза 1.3		39,9	8,6	8,3	9,4	7,6	10,0	5,5	5,6	5,0
Кукуруза 1.4		39,6	8,4	8,2	9,3	7,4	9,9	6,0	6,4	4,8
Кукуруза 1.5		40,5	8,7	8,5	8,7	7,1	9,7	5,9	5,8	5,0
Кукуруза 2.1		43,3	2,5	5,9	8,4	7,3	10,2	5,5	4,4	12,4
Кукуруза 2.2		43,1	2,2	5,7	8,5	6,9	9,9	6,4	4,6	12,8
Кукуруза 2.3		43,3	2,3	6,1	8,0	6,9	9,7	6,2	4,3	13,1
Кукуруза 2.4		42,9	1,9	5,7	8,5	7,2	9,7	6,6	5,4	12,0
Кукуруза 2.5		41,4	1,7	5,9	8,5	7,3	9,7	6,7	4,5	14,4

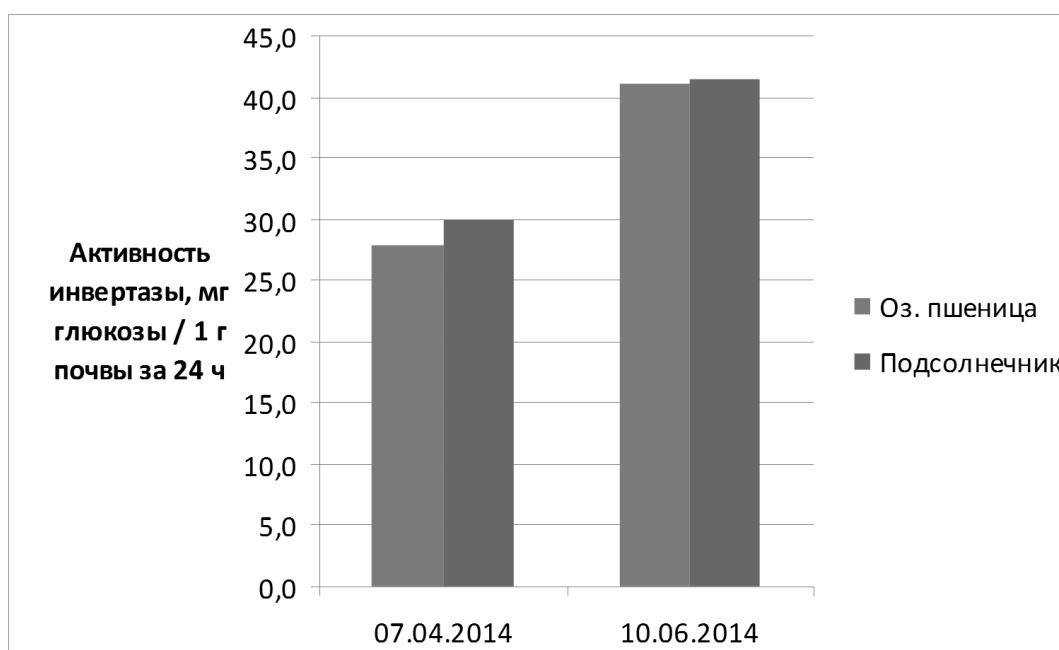
Приложение 4. Влияние гуминового удобрения ВЮ-Дон на активность ката-
лазы, на стационаре ФГБНУ «ДЗНИИСХ»

$p=0,95$, $n = 9$, $tst = 2,26$

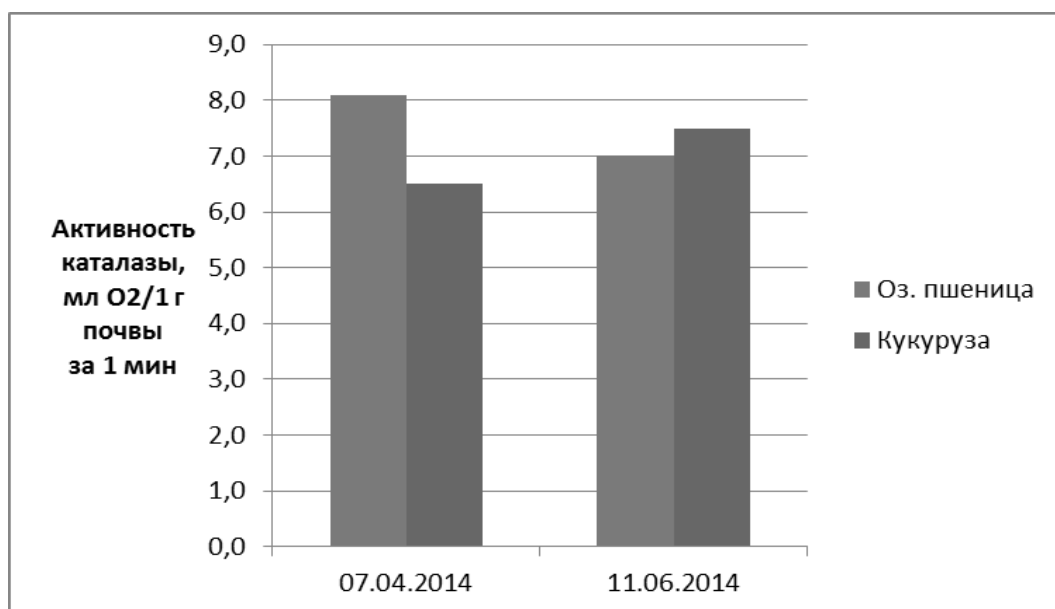
Вариант	Дата отбора образцов						
	17.10.13	17.11.13		23.04.14		11.07.14	
	мл O ₂ /г за мин	мл O ₂ /г за мин	t	мл O ₂ /г за мин	t	мл O ₂ /г за мин	t
1	7,36	7,6	-	10,2	-	13,8	-
2		10,3	2,70	10,5	0,46	11,5	3,50
3		7,8	0,34	12,8	2,14	12,6	2,84
4		6,7	5,61	12,3	3,92	14,0	0,23



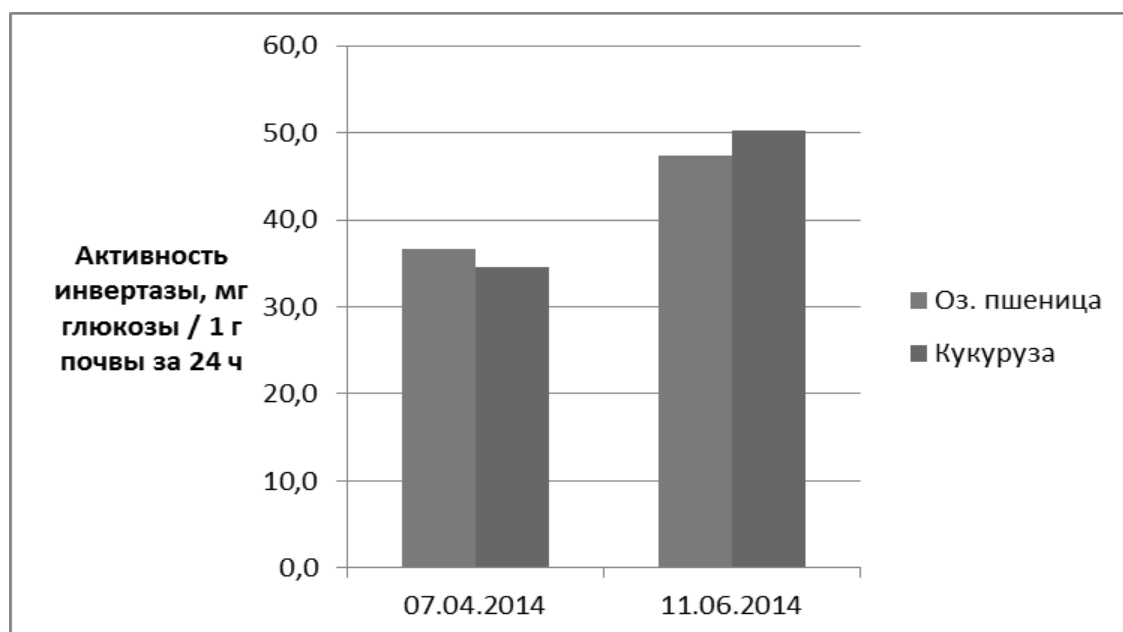
Приложение 5. Динамика активности каталазы в почве под озимой пшеницей и подсолнечником, ЗАО «Шумилинское»



Приложение 6. Динамика активности инвертазы в почве под озимой пшеницей и подсолнечником, ЗАО «Шумилинское»



Приложение 7. Динамика активности каталазы в почве под озимой пшеницей и кукурузой, ЗАО им. Ленина



Приложение 8. Сезонная динамика численности ряда эколого-трофических групп микроорганизмов в черноземе обыкновенном карбонатном (предкавказском) на фоне обработки гуминовым препаратом сахарной свеклы

