

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

Е.Н. Кузин, А.Н. Арефьев, Е.Е. Кузина

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Монография

Пенза 2013

Александр Арефьев

Изменение плодородия почв

«БИБКОМ»

2013

УДК 631.445
ББК 40.3

Арефьев А. Н.

Изменение плодородия почв / А. Н. Арефьев —
«БИБКОМ», 2013

ISBN 978-5-94338-636-7

В монографии даётся анализ литературных источников по использованию полимеров и их сочетаний с удобрениями в сельском хозяйстве. Отражено преимущество совместного использования полимера «Праестол 650 ВС» с навозом и минеральными удобрениями.

УДК 631.445
ББК 40.3

ISBN 978-5-94338-636-7

© Арефьев А. Н., 2013
© БИБКОМ, 2013

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ПОЛИМЕРНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ	6
1.1 Изменение плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур под влиянием полимерной мелиорации	6
1.2 Влияние органических и минеральных удобрений на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур	13
2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	19
2.1 Характеристика почвенного покрова	19
2.2 Погодные условия в годы проведения исследований	20
2.3 Объекты исследований	22
2.4 Методы исследований	23
3 ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРАЕСТОЛА И УДОБРЕНИЙ	24
3.1 Структура почвы	24
3.2 Плотность почвы	32
Конец ознакомительного фрагмента.	34

Арефьев А. Н., Кузин Е. Н., Кузина Е. Е.

Изменение плодородия почв

ВВЕДЕНИЕ

Успешное развитие сельскохозяйственного производства предъявляет определенные требования к повышению потенциального и эффективного плодородия почвы, а также получению высоких, устойчивых урожаев полевых и кормовых культур.

Почва, как естественная саморегулирующаяся система биосферы, не справляется с современной антропогенной и технологической нагрузкой. В результате почти полного прекращения работ по сохранению и повышению плодородия земель во всех регионах России идет быстрое нарастание процессов деградации почв, резкое снижение их плодородия. По этой и другим причинам за последние годы уже выведены из сельскохозяйственного оборота десятки миллионов гектаров земли.

Вследствие недостаточного внесения химических мелиорантов и удобрений, а также интенсивной механической обработки происходит утрата агрономически ценной структуры. Степень выпаханности черноземных почв колеблется в интервале от 23,1 до 70,7 %. Старопахотные черноземы за период их использования утратили 21,7–59,2 % водопрочных агрегатов. Как следствие вышеперечисленных факторов, в черноземных почвах отмечено увеличение равновесной плотности. Переуплотнение почвы ведет, в свою очередь, к снижению величины общей пористости, пористости аэрации, влагоемкости и водопроницаемости.

Практическое земледелие нуждается в разработках по адаптивному регулированию плодородия почв на основе применения рациональных систем удобрения и средств мелиорации, с учетом направленности и темпов изменения агрохимических свойств черноземов, происходящих под антропогенным воздействием в конкретных почвенно-климатических условиях.

В связи с этим возникла необходимость обоснования теоретических положений и практических подходов к рациональной разработке приемов повышения и использования плодородия почв, увеличения продуктивности земледелия в новых условиях многоукладного землепользования.

Использование искусственных структурообразующих полимеров, особенно в сочетании с удобрениями, снижает вредное антропогенное воздействие на почву, сохраняет ее плодородие и повышает продуктивность сельскохозяйственных культур.

1 ПОЛИМЕРНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

1.1 Изменение плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур под влиянием полимерной мелиорации

Дальнейшая интенсификация земледелия ставит перед сельским хозяйством новые задачи, связанные с необходимостью повышения потенциального и эффективного плодородия почвы.

В этой связи основной задачей становится развитие фундаментальных исследований по вопросам количественного учета компонентов почвенного плодородия, установление оптимальных параметров их гидротермических, физических, физико-химических и биологических свойств в разных почвенно-климатических зонах, позволяющих реализовать возможности высокопродуктивных сельскохозяйственных культур интенсивного типа.

Важнейшей задачей становится глубокое познание негативных процессов, развивающихся в почвах при интенсификации их использования, существенно ограничивающих продуктивность сельскохозяйственной культуры.

В связи с требованием совершенствования зональных, региональных и локальных почвозащитных систем земледелия возникает необходимость изучать генезис и географию проявления таких явлений как эрозия, дегумификация, переуплотнение, декальцификация, обесструктурирование, усиление вторичного засоления, несбалансированность агрономически значимых химических и физических свойств, потеря биогенности и другие виды деградации почв. Разработка и внедрение в практику сельского хозяйства комплекса мер по снижению негативных качеств почв будут способствовать решению одной из важнейших проблем – росту продуктивности земледелия.

Направление по оптимизации физических свойств почв полимерными материалами зародилось в конце XIX начале XX веков в опытных работах российских и зарубежных почвоведов, изучавших воздействие органических коллоидов на минеральные компоненты почв и грунтов. В экспериментах А.А. Фадеева и В.Р. Вильямса (1902) аммиачная гумусовая вытяжка из чернозема была применена для агрегирования смеси кварцевого «воробьевского» песка и «гжельской» глины. Сходные опыты проводил Н.И. Саввинов (1936), используя с этой целью щелочную вытяжку из торфа (Н.Л. Качинский, 1963). В 30-40х годах прошлого столетия обширные исследования в области искусственного оструктурирования почв были предприняты в нашей стране в Агрофизическом институте под руководством академика А.Ф. Иоффе и ведущих специалистов – П.В. Вершинина, Ф.Е. Колясева и других. Синхронно аналогичные работы проводились в США, Германии и Великобритании на Ротамстедской опытной станции. В качестве препаратов-структуров использовались гумусовые вытяжки из черноземов, битумы, торфяной клей, смоляной клей, силикат натрия, лигносульфонаты, кремнийорганические соединения, стеариновые и альгиновые кислоты (П.В. Вершинин, 1958; Н.А. Качинский, 1963). Однако для получения эффективных результатов требовалось вносить значительные дозы этих препаратов (1 % и более от массы почвы), что на фоне небольших и неустойчивых прибавок урожая и кратковременности действия не позволило использовать их в сельском хозяйстве (Г.Л. Масленкова, 1966; А.С. Баштурова, 1984; В.В. Блисковский, Д.А. Минеев, 1986; А.М. Артюшин, 1991; П.И. Гречин, 1993).

Отказ от использования этих, да и многих других почвенных кондиционеров низкой продуктивностью растений не всегда оправдана. Помимо повышения урожайности, в задачу устойчивого земледелия входит поддержка структуры и плодородия почвы на заданном уровне, на что также необходимо затрачивать немало сил и средств, преследуя не сомнительную выгоду, а заботу о состоянии почвы. В последующем исследователи неоднократно возвращались к вопросам использования природных органических полимеров, их химических модификаций, а также отходов нефтепереработки и целлюлознобумажной промышленности, например, при закреплении песков битумными, асфальтовыми и латексно-масляными эмульсиями, смоляными адгезивами, нефтепродуктами (И.Б. Ревут, 1972). Множество органических веществ оказалось пригодным для мульчирования поверхности почв с целью оптимизации ее теплового и водновоздушного режимов. С вовлечением в сельское хозяйство органогенных торфяных почв в передовых европейских странах стали использовать альтернативные технологии в виде мульчирования минеральными материалами – пескования, покровной, римпауновской культуры и других комбинаций торфа с песком, направленных на сохранение плодородия осушенных земель (Зайдельман и др., 2005).

Современные успехи в области полимеров позволяют открыть новый путь улучшения агрофизических свойств почв, накопления и рационального использования влаги при формировании урожая сельскохозяйственных культур.

Полимеры по сравнению с минеральными и органическими удобрениями являются экологически чистыми веществами.

Наибольшее применение в оструктуривании почвы нашли линейные коллоиды. Известными среди них являются: фердикунг АН (ГДР), солакрол (ВНР), полимеры серии К – гидролизированный полиакрилонитрил (К-4), очень близкие по химическому строению полиакриламида (ПАА), – например, помид (СССР), сепаран (США), седикур (ФРГ), сополимер метакриловой кислоты и метакриламида (Со-8, СССР), VAMA (США), который представляет собой смешанную натриевую и кальциевую соли сополимеризата из винилацетата и метилового эфира малеиновой кислоты. Г.Л. Масленковой (1961); Н.А. Качинским и А.И. Мосоловой (1967); С.М. Эпштейном (1976); В.Г. Витязевым (1979); А.Д. Ворониным (1986, 1990) показан принцип действия полимерных линейных структурообразователей.

При применении полиэлектролитов рыхлая комковатая структура почвы, образующаяся в результате механической обработки, остается стабильной в течение длительного времени по отношению к воздействиям температуры, атмосферных осадков и механическим нагрузкам. Созданное таким образом устойчивое оптимальное структурное состояние почвы и, следовательно, улучшение ее водного, воздушного и теплового режимов благоприятно сказываются на формировании урожая.

Испытания полимеров, проведенные в СССР, США, Англии, Бельгии, Германии, Индии, Египте и ряде других стран выявили достаточно высокую их эффективность при малых дозах внесения в почву (W.W. Emerson, 1956; R.M. Holmes, S.J. Toth, 1957; П.В. Вершинин, 1958; Л.Н. Абросимова, 1960; И.А. Романов, 1960; Г.Л. Масленкова, 1961; В.Б. Гусак, 1961; Н.А. Качинский, 1962; А.И. Мосолова, 1964, 1970; Н.А. Качинский и др., 1967; К.С. Паганяс, 1972; И.Б. Ревут и др., 1973; De Boodt M, 1974; С.А. Вахба, 1980, 1981; Е.В. Куценко, 1981; А. Кульман, 1982;). Так, обработка суглинистой дерновоподзолистой почвы дозой метакрилата натрия всего 0,05 % от массы почвы практически втрое (с 24 до 67 %) увеличила содержание водопрочных агрегатов (П.В. Вершинин, 1958). Использование ПАА в такой же дозе в глинистой дерново-подзолистой почве дало прирост водопрочных агрегатов на 25 % (И.А. Романов, 1960).

Действие полимеров на агрегирование глинистых минералов зависит от многих факторов. Особенно сильное влияние на степень агрегирующего действия полимеров оказывает их дозировка (Н.А. Качинский, 1967; А. Кульман, 1982). Так, Н.А. Качинским и А.И. Мосоло-

вой (1967) в результате электронного микроскопирования было установлено, что полимеры даже при малых концентрациях образуют физико-химические связи между почвенными частицами. При высоких дозах полимеров избыток их не взаимодействует с поверхностью почвенных частиц, а заполняет свободные поры почвы. В этом случае водопрочность агрегатов не усиливается, а ослабляется.

М.В. Филипповой (1987) установлено, что применение полиакриламида (ПАА) и навоза на светло-каштановых и дерновоподзолистых почвах приводит к увеличению водостойчивости макроструктуры. Увеличение водостойчивости макроструктуры светлокаштановой почвы под действием ПАА тем больше, чем выше доза полимера.

Полиакриламид и навоз способствуют увеличению пористости, водопроницаемости, уменьшению плотности сложения исследованных почв. Под действием полиакриламида увеличивается водоудерживающая способность светло-каштановой почвы. Навоз оказывает влияние на водоудерживающую способность дерново-подзолистой почвы только в первый год после внесения (М.В. Филиппова, 1986, 1987, 1990).

По обобщенным данным, внесение полимерного структурообразователя повышает содержание водопрочных агрегатов в 1,8–2,0 раза по сравнению с исходной водопрочностью (Г.Л. Масленкова, 1966; А.И. Мосолова, 1970; Н.П. Качинский, 1967). В опытах Л.И. Абросимовой (1960) на суглинистой дерново-подзолистой почве за вегетационный период плотность оструктуренной почвы к концу вегетационного периода не превышала 1,17–1,26 против 1,24–1,44 г/см³ на контроле. Кроме того, повышение в результате внесения полимеров водопрочности агрегатов создает благоприятные условия для впитывания и фильтрации воды. По данным Г.Л. Масленковой, Д.Б. Ревута, И.А. Романова (1966), скорость фильтрации воды была выше в 14 раз при оструктуривании, по сравнению с контролем (0,05 мм/мин). По наблюдениям Л.Н. Абросимовой (1960), скорость испарения воды из почвы составила на контроле 2,7 мм/сутки, на оструктуренных делянках – 2,3 мм.

В опытах М.Г. Тарасовой (1982) количество водопрочных агрегатов при обработке почвы полиакриламидом увеличилось на 13 % по отношению к почве, обработанной водой. Применение полиакриламида способствовало повышению влажности почвы, особенно в засушливые периоды вегетации растений. На контроле влажность почвы в засушливый период доходила до 1,3 % в слое 0–10 см и 4,2 % в слое 10–20 см. Внесение полиакриламида увеличило процент влажности почвы в слое 0–10 см до 3 % и в слое 10–20 см до 5,3 %.

В опытах В.И. Штатнова и Н.И. Щербаковой (1964) применение структурообразователя снижало испарение более, чем на 50 %, не изменяя максимальной гигроскопичности.

Максимальное количество водопрочных агрегатов было отмечено при использовании полиакриламидного полимера в дозе 0,1 % от массы почвы. Содержание водопрочных агрегатов на этом варианте по завершении третьего года исследований составило 68,3–69,7 %, на четвертый год – 71,3 %. Разница с контрольным вариантом составляла 15,7–16,5 %. (Е.Н. Кузин, 2002; Е.Н. Кузин, Т.А. Власова, А.Ю. Кузнецов, Г.Е. Гришин, 2004).

При использовании полимера в дозе 0,1 % от массы почвы равновесная плотность чернозема по годам исследований изменялась в интервале от 1,02 до 1,12 г/см³, при использовании дозы 0,05 % – от 1,10 до 1,16 г/см³ при значениях на контроле 1,21–1,26 г/см³ (Е.Н. Кузин, А.Ф. Блинохватов и др., 1999).

Исследованиями П.А. Иванова, Е.Н. Кузина (2009); П.А. Иванова (2009) установлено, что наибольший эффект по восстановлению агрономически ценной структуры обеспечивало применение повышенных норм праестола в сочетании с биомелиорантами. Количество водопрочных агрегатов на этих вариантах возросло на 18,0–20,4 %, коэффициент структурности увеличился на 0,33–0,39.

В результате изменения структуры почвы под влиянием полимера, прежде всего, изменяется ее плотность. По данным Т.Х. Ишкаева (1967), на фоне без удобрений полиакриламидный сополимер способствовал уменьшению плотности почвы в горизонте 0–10 см с 1,36–1,43 г/см³ до 1,15–1,30 г/см³, а в горизонте 10–20 см – с 1,38–1,50 г/см³ до 1,18–1,40 г/см³. С изменением плотности почвы изменяется и ее пористость. Если до внесения полиакриламидного сополимера соотношение капиллярной и некапиллярной пористости, по данным Т.Х. Ишкаева (1967, 1968), в среднем было 3,7:1, то под действием сополимеров оно стало 1,6:1. Положительное влияние полиакриламидного сополимера на пористость почвы продолжалось на второй год, где общая пористость почвы была выше, чем на контроле, на 7–10 %, пористость аэрации – на 3–6 %, некапиллярная пористость – на 7–11 %.

Способность гидрогеля изменять плотность почвы была показана в работах ряда ученых (К.С. Казанский и др., 1988; Н. Benkenstein, 1987; R.A. Arram, 1983). Так, К.С. Казанским, Г.В. Раковой, Н.С. Ениколоповым и другими (1988) было доказано, что при внесении полимерного гидрогеля в повышенных дозах (около 0,25 % для полиакриламидного геля) плотность песка снижается с 1,6 до 1,15–1,06 г/см³. Данная зависимость плотности песка от внесения гидрогеля была подтверждена и египетским исследователем R.A. Arram (1983, 1985) на песке, обработанном полимерным гелем RAPG, и плодородных глинистых почвах.

Снижение плотности почвы при внесении гидрогеля создает дополнительную пористость и, тем самым, повышенную влагоемкость – до 41,7–43,5 %, против 23,8 % в контроле. К.С. Казанский и др. (1988), Н.С. Зюзь, А.А. Лазарев, К.С. Казанский и Г.В. Ракова (1990), испытывая различные полимерные гидрогели, показали, что их внесение способствует значительному увеличению влагоемкости кварцевого песка. Влагоемкость песка увеличивалась от 5–6 % до 20–25 %, т. е. на 15–20 % от массы скелетной части.

Праестол, используемый нормами 20 и 30 кг/га в сочетании с биомелиорантами, оказал наиболее существенное влияние на изменение водно-физических свойств серой лесной почвы. Равновесная плотность на этих вариантах была ниже контроля в 2007 году на 0,16–0,18 г/см³, в 2008 году – на 0,12–0,14 г/см³, в 2009 году – на 0,08–0,09 г/см³. Величина общей пористости превышала контроль в 2007 году на 6,2–7,0 %, в 2008 году – на 4,7–5,1 %, в 2009 году – на 2,9–3,5 %. Величина наименьшей влагоемкости была выше исходной в 2007 году на 1,2–1,6 %, в 2008 году – на 2,2–2,4 %, в 2009 году – на 1,4–1,6 % (П.А. Иванов, Е.Н. Кузин, 2009).

Изучая внесение гидрогелей в почву, ряд исследователей (Б.Н. Нурыев и др., 1986; Н. Benkenstein, 1987; Е.Н. Кузин, А.Ф. Блинохватов, 1999) считают, что применение гидрогелей на различных почвах способствует повышению влажности почвы.

По данным R.A. Arram (1983), внесение полимерного гидрогеля увеличивало запас доступной влаги песка в 2,4–8,0 раз, уменьшало потери воды на испарение. В исследованиях К.С. Казанского, Г.В. Раковой, Н.С. Ениколопова и других (1988), внесение гидрогеля полиакриламидного типа в дозах 0,002–0,040 % (100–2000 кг/га) в песок увеличивало его влажность от 1 до 20 %.

Работами R.A. Arram (1983, 1985), Е.Ю. Грудининой (1983), Филиппова М.В. (1986), M Salem, G.V. Guidi, R. Pini (1991) показана зависимость величины доступной (продуктивной) влаги от внесения полимерных гидрогелей. Запас продуктивной влаги песка от их внесения увеличивался в 2,4–8,0 раз. Однако внесение гидрогеля не только увеличивало влажность почвы, но и увеличивало коэффициент использования воды (К.С. Казанский и др., 1988; R.A. Arram 1985). Это позволило повысить устойчивость сельскохозяйственных растений к засухе при водном дефиците, улучшало их физиологическое состояние как при засухе, так и без нее (Артюшин, 1987, 1988; Казанский и др., 1988). Так, по данным Ю.А. Урманцева, Н.Л. Гудскова, Н.Д. Прониной, К.С. Казанского (1990), даже при воздействии засухи у рас-

тений томатов, выращенных на субстрате с добавлением гидрогеля, наблюдалась выраженная тенденция к усилению роста.

Опытами, проведенными на территории белорусского Полесья в течение 1971-1973 гг. на дефлированных дерново-под-золистых рыхлопесчаных почвах, установлено, что полиакриламидный сополимер, скрепляя пески, образует на поверхности почвы прочный почво-защитный слой мощностью до 3–5 см, который препятствует испарению влаги и эффективно защищает песчаные почвы от дефляции в наиболее эрозионноопасный весенний период. В то же время с контрольного участка общее количество снесенной почвы составило 8,9 т/га (Л.М. Ярошевич, В.В. Жилко, 1977).

По данным Е.Н. Кузина, Л.А. Кузиной, А.Ю. Кузнецова (2000), А.Ю. Кузнецова, Е.Н. Кузина (2002), использование полиакриламидного полимера создавало благоприятные условия для поддержания положительного баланса гумуса. Полиакриламидный полимер улучшал пищевой режим чернозема выщелоченного. Содержание легкогидролизуемого азота в черноземе выщелоченном при использовании полимера в дозе 0,1 % от массы почвы было выше, чем на контроле, на 13,5–19,3, доступного фосфора – на 13,1–16,3 обменного калия – на 14,1–26,2 мг/кг почвы. При использовании полимера в дозе 0,05 % от массы почвы – на 7,7–14,4 мг/кг почвы соответственно.

Биомелиоранты и их сочетания с праестолом повышали содержание гумуса и основных элементов питания в пахотном горизонте серой лесной почвы. Содержание гумуса на их фоне превышало исходное в 2007 году на 0,09–0,14 %, в 2008 году – на 0,11–0,17 %, в 2009 году – на 0,07–0,13 %. Количество щелочногидролизуемого азота, по годам исследований, было выше контроля на 9,2–24,9 мг/кг почвы, подвижного фосфора – на 9,0–17,2 мг/кг почвы, обменного калия – на 9,2–19,9 мг/кг почвы (П.А. Иванов, 2008).

Основным критерием эффективности мелиорантов является урожайность сельскохозяйственных культур.

Рациональное использование мелиорантов предполагает повышение плодородия почвы в таких пределах, которые требуются для формирования планируемого урожая высокого качества, не допуская при этом загрязнения окружающей среды (Н.А. Титова, 1991).

Как свидетельствуют результаты многих исследований, структурообразующие и водонабухающие полимеры положительно влияют на рост и развитие растений, что в конечном итоге отражается на урожайности сельскохозяйственных культур. Эффективность полимеров по влиянию на продуктивность сельскохозяйственных культур возрастает при использовании их по удобренному фону.

Многочисленными исследованиями установлено, что применение полимеров-структурообразователей увеличивает урожай сельскохозяйственных растений на 10–40 % (В.И. Штатнов и Н.И. Щербаков, 1964; Н.А. Качинский, 1967; А.И. Мосолова, 1970). А.И. Мосолова (1970), анализируя урожайность ячменя при внесении различных полимерных структурообразователей, доказывает, что наибольшее увеличение урожая на 43–50 % определялось агрохимическим фоном, на 9–16 % – видом и на 7–10 % – дозой полимера. Кроме того, внесение полимерных структурообразователей приводит к увеличению полевой всхожести, увеличивает динамику нарастания биомассы (А.Н. Киселев, 1965).

По данным ряда ученых (Я.М. Куликов, 1967; А. Кульман, 1982), под влиянием битумной мульчи повышается температура почвы, что дает возможность на несколько дней раньше проводить посев ряда теплолюбивых культур, причем всходы их беспрепятственно пробиваются через мульчирующий слой. Стимуляция развития молодых растений под влиянием мульчи проявляется не только в увеличении их высоты и числа листьев, но также в накоплении большого количества сырой массы. Согласно Я.М. Куликову (1967), урожай зеленой массы озимой ржи возрастает на 3 ц/га.

Изменение водно-физических свойств почвы ускоряет прорастание семян и появление всходов сельскохозяйственных культур. По данным R.A. Aram (1985), всхожесть, высота растений и сухое вещество увеличивались более, чем на 150–160 %. Работами многих исследователей (R.A. Aram, 1980, 1983, 1985; Е.Ю. Грудина, 1983; А.С. Баштурова, 1984; Н. Benkenstein, A. Kullmann, 1987; А.М. Артюшин, 1988; Ю.А. Урманцев, Н.Л. Гудсков, Н.Д. Пронина, К.С. Казанский, 1990) установлено, что внесение полимерных гидрогелей увеличивало выход урожая различных сельскохозяйственных культур.

По данным А.М. Артюшина (1988), использование полимерного гидрогеля на основе полиакриламида давало максимальную прибавку урожайности 68,7 % зерна ячменя.

В опыте Ю.А. Урманцева, Н.Л. Гудскова, Н.Д. Прониной, К.С. Казанского (1990) с томатами внесение полимерного гидрогеля на основе полиакриламида в дозе 0,05 % дало прибавку, по сравнению с контролем, на 53,7 %.

В работе Н. Benkenstein, A. Kullmann, H. Pagel (1987) овсом использовалось 42,2–46,9 % внесенного азота в варианте без добавления геля и 40,1–59,2 % с добавлением.

Исследования А.А. Шайманова, Н.Т.Роговой и В.Д. Голубева (1990), проведенные с гидрогелем на основе полиакриламида при гидропосеве семян овощных культур в этом геле (при расходе геля 2–3 кг/га), показали, что появление первых всходов ускоряется на 3–7 суток и массовых – на 3–14 суток.

В.В.Немченко, Д.В. Лысухиным, Н.П. Ивановой (1990) исследовался эффект полимерного гидрогеля, нанесенного различными методами при предпосевной обработке семян некоторых зерновых культур. При дозе внесения геля 100–125 граммов на тонну семян пшеницы озимой всхожесть возросла с 14 до 32–37 %, а люцерны – с 21 до 47 % при дозе 50–100 граммов на тонну.

Использование гидрогеля для инкрустации семян ярового рапса было проведено М.М. Савенковой (1990). Густота всходов на опытных делянках была на 38–50 % выше контроля (без гидрогеля). Урожай рапса при этом повышался на 1,5–2,3 ц/га.

Максимальные прибавки урожая зеленой массы люпина (50 ц/га в среднем за четыре года) получены в варианте с внесением ПАА в дозе 1,5 т/га (А.Н. Киселев, Н.Б. Намжилов, 1964; О.А. Агафонов, А.А. Шутов, 1965; В.С. Габай, 1965; А.И. Мосолова, 1970; И.Б. Ревут, Г.Л. Масленкова, И.А. Романов, 1973).

Полиакриламидный полимер заметно повышал урожайность сельскохозяйственных культур зерноотрубного севооборота. Полимер в дозе 0,1 % от массы почвы повышал прибавку урожайности люцерны на 10,9, озимой пшеницы – на 1,14, яровой пшеницы – на 0,6 и ячменя – на 0,20 т/га, полимер в дозе 0,05 % – на 5,9; 0,5; 0,25 и 0,04 т/га соответственно. Обработка семян перед посевом полиакриламидным полимером обеспечивала прибавку урожая зеленой массы люцерны на 1,03 т/га, озимой пшеницы – на 0,14, яровой пшеницы – на 0,12 и ячменя – на 0,15 т/га.

В среднем за три года исследований урожайность салата на варианте с полимером была выше контроля на 0,34 кг/м², редиса – на 0,24, базилика – на 0,13 кг/м², на варианте с совместным использованием полимера с минеральными удобрениями 1,21–1,50, 0,57–0,82, 0,62–0,80 кг/м², и на варианте с полным минеральным удобрением 0,92, 0,42, 0,92 кг/м² соответственно (А.Ю. Кузнецов, 2003; Е.Н. Кузин, Т.А. Власова, А.Ю. Кузнецов, Г.Е. Гришин, 2004).

По данным исследований М.Г. Тарасовой (1977, 1979, 1980), повышение урожая зерна овса и гречихи при внесении полиакриламида в сочетании с применением удобрений составляло дополнительно к прибавке от удобрений 50–80 %. Минеральные удобрения N₉₀P₆₀K₉₀Mg₃₀ в сочетании с полиакриламидом в дозе 0,1 % от массы почвы позволило получить урожай овса в среднем за три года 41,3 ц/га, при 33,2 ц/га по фону тех же удобрений без ПАА и 22,4 ц/га в контроле.

Есть факты увеличения урожайности гречихи на 28 % и последствий полиакриламидного сополимера в 3 года при дозе внесения 0,1 % массы почвы (М.Г. Драганская, 1985). Внесение полиакриламидного сополимера не только в почву, но и в поливную воду в концентрации 10 % дало увеличение урожайности кормовых бобов и улучшение снабжения их железом (Данные ежегодного отчета на 1995 г. Американского общества сельскохозяйственных наук (Crop Science Society of America)). Опыты на дерново-подзолистой песчаной почве показали, что при использовании только минеральных удобрений урожайность гречихи составляла в среднем 8,5 ц/га с колебаниями по годам от 5,2 до 14,2 ц/га. Эффективность минеральных удобрений повышалась при внесении полиакриламида (0,1 % массы почвы) в пахотный слой и на поверхность после посева гречихи: сбор зерна при этом увеличился до 11,6–12,4 ц/га. Причем использование его как в смеси с минеральными удобрениями, так и отдельно давало одинаковый эффект. За четыре года прибавка урожая возросла 2,2 ц/га, или на 28 %. Снижение нормы полиакриламида до 0,05 % массы почвы снижало прибавку урожая до 1,4 ц/га (М.Г. Драганская, 1985 г.).

Совместное внесение минеральных удобрений и полиакриламида повысило качество зерна гречихи: содержание сырого протеина увеличилось на 0,58–0,76 %, выход кормовых единиц и сырого протеина – на 100 %. Положительное действие полиакриламида в дозе 0,1 % массы почвы, внесенного вместе с минеральными удобрениями, продолжалось в течение трех лет. На другой год после гречихи, под которую его использовали, сеяли сераделлу на зеленую массу, на третий и четвертый год – озимую рожь на зерно. Обе культуры дали достоверную прибавку урожая и высокий выход кормовых единиц и переваримого протеина. Снижение нормы полиакриламида до 0,05 % при тех же минеральных удобрениях имело меньший эффект.

Кроме того, неодинаково влияние полиакриламидного сополимера на урожайность различных сельскохозяйственных культур при внесении его совместно с NH_4NO_3 . На известкованной почве они повышали урожайность ячменя и овса, на кислой – не способствовали этому процессу (Э. Лянкшайте, А. Тинджюлис, 1978).

Противоположные результаты получены и в посевах льна – на известкованной почве полиакриламидный сополимер уменьшил урожай стеблей и семян льна на 20 %, а на кислой почве урожай увеличился в 1,3–1,9 раза.

Как на известкованной, так и на кислой почве произошло снижение урожайности зерна гороха, что, очевидно, связано с тем, что полиакриламидный сополимер лучше стимулирует рост вегетативных, а не генеративных органов (И.А. Крупеников, Н.И. Роговская, 1966).

В 1995-1996 гг. в Саратовской ГСХА были проведены исследования влияния полиакриламидного сополимера на продуктивность проса сорта Саратовское 8. Вместе с семенами проса вносился порошок полимера в дозе 5 кг/га. На делянках без удобрений полиакриламидный сополимер способствовал заметному росту урожая посевов, расположенных после вспашки и поверхностной обработки. Самый высокий прирост урожая (0,27 т/га) получен на делянках, где полимер использовался совместно с азотом на обработанной плоскорезом почве. Таким образом, применение полиакриламидного полимера в посевах проса в условиях экспериментов Саратовской ГСХА имело положительное значение, прежде всего на тех агрофонах, которые остро испытывают дефицит почвенной влаги (Назаров В.А., Пронько В.В., Назаров И.В., 1997).

1.2 Влияние органических и минеральных удобрений на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур

При длительном сельскохозяйственном использовании наблюдается процесс разрушения агрономически ценной водопрочной структуры почвы (В.А. Францессон, Е.Ф. Кривицкая, 1959; И.С. Рабочев, И.Е. Королева, 1983; Б.П. Ахтырцев, И.А. Лепилин, 1985 и др.). Причина разрушения структуры почвы связана с отрицательным балансом гумуса, кальция, а также с частыми механическими обработками почвы. В посевах пропашных культур количество водопрочных агрегатов снижалось на 16,6 %; в чистом пару – на 9,6 % (И.Б. Ревут, 1972; В.И. Слесарев, А.Н. Власенко, 1996).

Одним из эффективных способов восстановления ранее утраченной агрономически ценной структуры является использование органических удобрений.

По мнению М.А. Цюркан (1985), внесение оптимальных доз навоза повышало количество структурных отдельностей в слое 0–20 см размером 0,5–5,0 мм на 13–22 %, а в слое 20–40 см – на 12–15 %.

Внесение навоза способствовало увеличению количества водопрочных агрегатов под яровой пшеницей. По навозу в слое почвы 0–20 см доля фракции крупнее 1 мм составляла 15,7 %, фракции 1,00–0,25 мм – 43,2 %, а меньше 0,25 мм – до 58,9 %. На контроле (без удобрения) при той же последовательности фракций количество агрегатов составило 7,2, 38,4 и 45,0 % (В.Д. Голубев, 1987).

По данным Б.Н. Алмазова (1993), количество водопрочных агрегатов возросло с 63,2 % на контроле до 75,6 % на унавоженном участке.

На делянках с навозом в свекловичном севообороте водопрочность почвенных агрегатов повысилась на 24–38 % за первые 22 года и на 32–36 % за 55 лет опыта (А.Я. Гетманец и др., 1973).

Различные типы почв в неодинаковой степени формируют водопрочные агрегаты под действием органических удобрений. Так, применение навоза в дозе 40 т/га на легкой аллювиально-луговой почве увеличивает содержание таких агрегатов с 82,3 до 83,2 % (С. Димитров, 1977).

На серых лесных почвах Томской области при внесении 36 т/га навоза сумма водопрочных агрегатов возрастает на 1,1–2,3 % (Т.Т. Вилесов, Н.Ф. Тюменцев, 1961).

Применение навоза, как в чистом виде, так и совместно с известкованием на серобурой подзолистой почве увеличивает влагоемкость почвы, общую и капиллярную пористость и уменьшает плотность почвы (I. Suware, A. Cawronske-Kulesza, L. Kuszelewski, 1996).

На средневыхщелочном черноземе водопроницаемость почвы в длительном (в течение 50 лет) опыте ВНИИ кукурузы увеличилась при применении органических удобрений на 75–125 % (А.Я. Гетманец, Н.В. Гниненко, В.А. Губенко и др., 1973).

Органические удобрения в дозах 40 и 80 т/га увеличивали наименьшую влагоемкость на 0,7–4,8 %, максимальную гигроскопичность – на 0,5–1,1 %, влажность завядания – на 0,7–1,3 %; запас продуктивной влаги – на 25 и 108 м³/га (Н.В. Гниненко, 1968).

Улучшение агрофизических свойств почв при высоком содержании органического вещества отмечали В.И. Кирюшин (1986), В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев и др. (1993). Оно положительно влияет на стабильность зернистой структуры, связывает почвенные частицы, усиливает аэрацию, дренаж, глубину проникновения корней и водоудерживающую способность почв.

Обратный процесс наблюдается при распашке целинных дерново-подзолистых почв и черноземов, в пахотном слое которых происходит пропорциональное снижение органического вещества и водопрочных агрегатов на 65–72 % и на 22–35 % соответственно (И.В. Кузнецов, 1997).

При длительном применении навоза возрастает доля агрономически ценных агрегатов, уменьшается плотность почвы и липкость (В.И. Кураков, И.М. Никульников, В.В. Ситникова, Л.В. Александрова, 1996). В опытах Николаевой И.Н. (1987) в результате двухразового внесения за ротацию севооборота по 120 т/га навоза произошли значительные изменения свойств почвы. Плотность почвы уменьшилась в среднем на 0,03–0,06 г/см³, объем пор и воздухоемкость увеличились на 4 %, содержание пыли уменьшилось на 6–10 %, а комковатой фракции – увеличилось на 8–13 %. Пахотный горизонт стал более структурным, содержание водопрочных агрегатов возросло на 15 %.

Улучшение водно-физических свойств почвы от внесения органических удобрений в своих работах отмечают и ряд других авторов (В.М. Тужилин и др., 1990, 1992; В.Г. Лошаков и другие, 1992; В.Ф. Кормилицын, 1995).

По данным И.М. Комова (1989) установлено, что внесение на протяжении 27 лет навоза в дозе 380 т/га уменьшило объемную массу почвы на 4–10 % по сравнению с контролем. Объемная масса почвы на делянках с большими дозами органических удобрений уменьшилась не только в пахотном слое, но и подпахотном горизонте.

В результате двадцатилетних наблюдений Н.И. Арнаутова (1988) делает вывод, что плотность почвы на удобренных вариантах несколько возрастает и уменьшается пористость почвы на 4,7–7,2 %.

По данным В.А. Безносикова (1997), систематическое применение минеральных удобрений понижало структурность почв. Коэффициенты структурности (сухое просеивание) составили на контроле 2,86; при внесении РК – 2,05; при внесении NPK – 1,99.

Б.С. Носко (1977) отмечал, что при внесении минеральных удобрений достоверное снижение содержания агрономически ценных агрегатов произошло с 76 до 60 %, а их водостойкости – с 49 до 36 %. Исследования А.Я. Гетманец (1973) и Н.К. Пятковского (1983) показали, что внесение высоких доз минеральных удобрений способствовало уменьшению количества водопрочных агрегатов на 10 % по сравнению с контролем.

Органические удобрения непосредственно влияют на общие физические свойства почвы (Р. Димитров, Н. Мирчев, Е. Ваташка, 1976; С.Д. Лысогоров, Сухорукова, 1985; И.Н. Николаева, 1987). В опытах И.Н. Николаевой (1987) в результате двухразового внесения за ротацию севооборота по 120 т/га навоза произошли значительные изменения свойств почвы. Плотность почвы уменьшилась в среднем на 0,06–0,03 г/см³, объем пор и воздухоемкость увеличились на 4 %.

Применение навоза как в чистом виде, так и совместно с известкованием на серо-бурой подзолистой почве увеличивает влагоемкость почвы, общую и капиллярную пористость и уменьшает плотность почвы (I. Suware, A. Cawronske-Kulesza, L. Kuszelewski, 1996).

По данным Н.В. Гниненко (1968), органические удобрения в дозах 40 и 80 т/га увеличивали наименьшую влагоемкость на 0,7–4,8 %, максимальную гигроскопичность – на 0,5–1,1 %, влажность завядания – на 0,7–1,3 %, запас продуктивной влаги – на 25 и 108 м³/га.

В системе мер, направленных на повышение плодородия почв, важнейшее место занимает обеспечение почвы органическим веществом. Хорошим источником органического вещества служат навоз и солома (Д.Н. Прянишников, 1945, 1963, 1965).

Проблема поддержания плодородия почв, связанная с воспроизводством органического вещества, является одной из актуальных проблем земледелия. Основной путь ее решения заключается в разработке систем удобрений с использованием навоза, соломы,

сидератов, растительных остатков, отходов промышленности, осадков сточных вод, т. е. биологизации земледелия (А.А. Жученко, 1988, 1990).

Органические удобрения оказывают существенное влияние на накопление гумуса и элементов питания. Анализ литературных данных показывает основную роль навоза в накоплении гумуса (П.И. Никишкина, 1957; Ф.С. Соболев, 1960; М.Г. Гупало, 1964; В.Е. Егоров, 1966; Л.К. Шевцова, 1967, 1988; Ю.К. Кудзин и др., 1966, 1968, 1975; Л.К. Шевцова и др., 1972; В.П. Ганенко, 1978; И.В. Опенлендер, 1980; А.И. Жуков и др., 1993; С.М. Надежкин и др., 1998, 1999; P. Kerstin et al, 2003; P. Vulliond et al, 2004).

Применение органических удобрений существенным образом изменяет процесс образования гумуса в пахотном слое почв. В исследованиях С.С. Тереховой, К.Б. Мамсурова и А.Г. Солдатенко (1991) установлено, что длительное возделывание культур (18 лет) без удобрений приводит к снижению содержания гумуса в слое 0–40 см на 0,27 %, а применение подстилочного навоза сохраняет его на исходном уровне.

Исследованиями А.С. Найденова, А.Г. Солдатенко, С.С. Тереховой (1991) выявлено, что 20-летнее возделывание полевых культур в севообороте без применения удобрений приводит к снижению содержания гумуса в слое 0–40 см на 0,3 %. Подстилочный навоз обеспечивал бездефицитный баланс гумуса к концу 2-й ротации севооборота.

Исследуя почвы Татарстана, А.В. Колоскова и М.Г. Иванова (1987) выявили, что возрастание содержания гумуса в пахотном горизонте может быть достигнуто лишь при высокой насыщенности полей органическими удобрениями (более 7–10 т/га севооборотной площади) при сочетании их с минеральными.

Существенную роль в образовании гумуса играет фактор времени. В длительных экспериментах на типичных черноземах эффективными оказываются даже минимальные (3–6 т/га) нормы навоза. При этом улучшается также структурно-агрегатный состав почвы, обусловленный накоплением водоустойчивых агрегатов (Б.И. Лактионов и др., 1991).

Исследованиями Б.Н. Алмазова и Л.Т. Холуяко (1993) показано, что накопление гумуса от применения навоза составило 17,6 т/га (15,5 %) в пахотном и 30,4 т/га (28,5 %) в подпахотном горизонтах.

По данным В.А. Борисова, В.М. Ковылина (1997), при длительном (15 лет) внесении навоза произошло заметное увеличение содержания гумуса как в пахотном (3,89–4,28 %), так и в подпахотном (3,48–3,90 %) горизонтах почвы или в среднем на 0,62 и 0,41 %.

Внесение навоза в течение 27 лет, как показали опыты А.Я. Гетманца и Н.В. Гниенко (1973), увеличило в слое 0–20 см содержание гумуса на 0,33 %, а в слое 20–40 и 40–60 см соответственно на 0,30 и 0,28 %.

По данным Е.Н. Кузина и других (2001), внесение навоза увеличивало содержание гумуса за три года на 0,05–0,15 %, или на 2–4 т/га. Аналогичные данные приводят в своих трудах В.Е. Егоров (1966), Г.А. Самойлова (1970), А.Я. Гетманец и Л.М. Дудченко (1978), П.Н. Гришин (1997), В.А. Борисов и В.Н. Ковылина (1997), С.М. Надежкин, Ю.В. Корягин, Т.Б. Лебедева (1997), Т.И. Азова и Н.Е. Сеницына (2000), Т.С. Борисова и Г.Т. Чимитдоржиева (2001) и др. На Краснокутской селекционной опытной станции при внесении навоза и соломы наблюдалось устойчивое накопление гумуса в почве (М.П. Панасов, 2002).

Черноземы лесостепной зоны Поволжья обладают высоким естественным плодородием и имеют от природы, как правило, реакцию среды, близкую к нейтральной или слабокислую. Однако сравнительный анализ состояния черноземов за 100 лет показал наличие активных процессов их подкисления.

Изменения показателей рН по сравнению с исходными данными составили 2,3 ед., а гидролитической кислотности – 6,7 мг-экв на 100 г почвы (А.П. Щербаков, 1980). За последние десять лет площади черноземов с кислой реакцией почвенного раствора возросли на 34 % (М.Н. Агафонов и др., 1987; Н.И. Зезюков и др., 1991, 1997; А.Н. Каштанов, 2002).

Подобные закономерности в своих работах отмечает и ряд других ученых (А.И. Шильников, 1981, 1982, 1987; Н.П. Богомазов и др., 1994, 1996; Н.З. Милащенко и др., 1990; П.И. Крупкин, 1991, 1992; А.П. Карпов, 1994).

Игнорирование кислотности почв ведет, прежде всего, к снижению устойчивости растений к засухе и уменьшению окупаемости удобрений (Н.З. Милащенко и др., 2000).

Основной причиной подкисления почв является потеря кальция и магния за счет их миграции по почвенному профилю под влиянием атмосферных осадков и за счет выноса с урожаем. Потери кальция приводят к ухудшению кислотно-основных свойств почвы (Ю.А. Шугаров и др., 1964; И.Н. Бесков, 1965, 1969; Т.М. Кулаковская, 1972; Г.Н. Россошанская, 1978; А.Б. Ахтырцев, 1979; Л.М. Жукова, 1980; А.И. Столяров, 1981; А.Н. Небольсин, 1983; А.А. Жученко, 1990; А.Н. Вислобокова, 1993; Н.П. Богомазов с соавторами, 1994, 1996).

По данным Жученко (1990), при высоких урожаях с 1 га выносятся до 50 кг кальция.

С потерей кальция и магния их место в ППК занимают ионы водорода, приводящие к ухудшению физико-химических свойств почвы, снижая буферность и повышая кислотность (Ю.А. Шугаров, 1964 и др.; И.Н. Бесков, 1965; Г.Н. Россошанская, 1978; А.Б. Ахтырцев, 1979; Л.М. Жукова, 1980; А.И. Столяров, 1981; А.Н. Вислобокова, 1993).

На фоне внесения навоза (50 т/га) показатели рН солевой и водной вытяжки улучшились. На удобренных участках содержание гумуса повысилось на 0,2–0,4 %. При этом количество углерода гуминовых кислот возросло на 0,12–0,16 % и расширилось соотношение их к углероду фульвокислот на 0,18–0,19 %. Содержание общего азота увеличилось на 0,021–0,054 %, а соотношение углерода к азоту сократилось на 0,4–1,2. При внесении органики в ППК возрастало количество кальция (В.И. Кураков, В.В. Ситникова, 2004).

Применение навоза в качестве биомелиоранта увеличивает емкость поглощения и сумму обменных оснований на 1,7–4,2 мг-экв. на 100 г почвы (Т.И. Азова, 2000; Е.М. Бодрова, П.Я. Семенов, 1973; И.Н. Ипполитов, 1999; Г.Е. Гришин, 2000; М.Н. Панасов, 2002).

Исследования ряда авторов, проведенные на различных почвах, показывают, что унавоженные почвы имеют большую емкость поглощения, содержат больше поглощенных оснований (А.М. Голубцев, 1969; Е.М. Бодрова с соавтором, 1973; Т.А. Мусиенко и др., 1974).

Данные, приведенные М.Н. Панасовым (1997), показывают, что внесение навоза, заплата соломы увеличивали сумму поглощенных оснований к концу ротации севооборота в слое 0–30 см с 31–32 мг-экв. на 100 г почвы на контроле до 39–42 мг-экв., или на 28–31 %.

Применение минеральных удобрений, особенно в повышенных дозах, способствует увеличению подвижности кальция, следовательно, приводит к безвозвратным его потерям. Это, в свою очередь, создает условия для повышения кислотности почв и ухудшения других физико-химических показателей. На это обращают внимание многие исследователи (А.Я. Гетманец и другие, 1973; Е.Н. Алексеева, 1974; М.И. Ефимцев, 1974; К.А. Костров, А.В. Малова, 1979; А.Я. Степаненко, 1980; А.И. Троицкий, 1980; Б.С. Носко, Н.А. Кучир, 1985; В.П. Цюпка, 1989).

Л.М. Жукова (1980), обобщив результаты 23 стационарных опытов по влиянию систематического применения минеральных удобрений на физико-химические свойства черноземных почв, констатирует их ухудшение, которое возрастает по мере увеличения доз удобрений. Применение же извести или добавок, нейтрализующих кислотность удобрений, позволяет устранить негативное действие минеральных удобрений.

Опыты, проведенные на черноземах Украины, показывают, что за 10 лет минеральные удобрения даже на навозном фоне увеличивали обменную кислотность на 0,47, а актуальную на 0,52 единицы рН. Минеральная система удобрений снижает показатель рН на 0,63 ед. (И.И. Филоп, 1994).

Исследования А.С. Найденова с соавторами (1991) показали, что на выщелоченном черноземе внесение минеральных удобрений снижало рН почвы с 5,5 до 4,6, а гидролитическую кислотность увеличивало с 2,8 до 5,1–6,4 мг-экв./100 г почвы.

По данным Н.И. Крупкина (1991), сельскохозяйственное использование приводит к увеличению гидролитической кислотности в оподзоленных черноземах на 1,27 мг-экв., в выщелоченных – на 0,46 мг-экв./100 г почвы.

Увеличение кислотности почв при систематическом применении минеральных удобрений отмечают в своих исследованиях Е.Н. Алексеева (1960, 1978), Е.Н. Алексеева, М.Ф. Зеленина (1974); Л.Я. Берщева, И.В. Глущенко (1977), Р.К. Гусейнов (1973), А.М. Клочков (1978), В.И. Лазарев (1997), Л.И. Мартынович с соавтором (1992), Н.В. Стороженко (1984), А.П. Щербаков с соавтором (1994), В.И. Кураков с соавтором (2004) и др.

В исследованиях многих ученых выявлено определенное влияние органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур.

Опыты на дерново-подзолистой суглинистой почве показали, что самая высокая урожайность озимой пшеницы (4,76 т/га) формируется при внесении навоза в дозе 7,5 т/га. Урожайность на контроле без удобрений при этом составила 2,97 т/га. (Г.Е. Мерзлая, В.А. Гаврилова, Н.Л. Булыгина, 1991).

Органические удобрения через стабилизацию и улучшение агрофизических свойств чернозема, гумусного состояния почвы обеспечивают повышение продуктивности полевых культур. В среднем за 5 лет достоверная прибавка урожая в зависимости от агрофона составила от 4,5 до 11,9 ц/га к. ед. (Ф.К. Хазиев, 1987).

Органическая система удобрения обеспечивала на всех вариантах опыта прирост урожая зерна ярового ячменя 2,0 ц/га. При органической системе удобрения улучшалось качество продукции, уменьшалось содержание в ней нитратов, а также активизировалась жизнедеятельность почвенной биоты (М.Я. Бомба, 2001).

В исследованиях П.Н. Гришина, М.Н. Панасова (1997) в среднем за годы ротации севооборота урожайность пшеницы составила без удобрений 2,83 т/га зерна с гектара; с внесением навоза под пары – 3,34 т/га.

По данным Н.Н. Горбунова, В.И. Манжесова, В.И. Куракова (2004), навоз усиливает синтез сахаров и их передвижение в корнеплод, повышает урожайность сахарной свеклы и технологические качества корнеплодов.

Исследованиями А.А. Королева (2007) установлено, что рекомендуемая норма навоза (7 т/га) для черноземов выщелоченных лесостепного Поволжья повышала урожайность сельскохозяйственных культур на 20,5–30,5 %, а мелиоративная норма навоза (14 т/га с.п.) – на 29,9–54,4 %.

В опытах М.В. Курносова (2006) навоз нормой 7 т/га севооборотной пашни повышал урожайность культур зернопаропропашного севооборота на 16,0–27,0 %, а эквивалентная навозу доза минеральных удобрений – на 16,4–29,5 %.

По данным В.Н. Левкина (2007), использование азотных и фосфорных удобрений существенно повышало урожайность озимой пшеницы (4,65 т/га), увеличивало содержание белка до 13,3–14,5 %. Более высокое содержание клейковины у озимой мягкой пшеницы было характерно для удобренного варианта и изменялось от 25,0 до 29,0 %.

Н.Ф. Климашевская, Э.А. Климашевский (1991) установили, что при недостатке азота в почве уменьшается содержание протеина и клейковины в зерне, также снижается продуктивность пшеницы.

Исследованиями Б.М. Князева, Д.А. Дзаговой (2004) установлено, что при внесении полного минерального удобрения улучшаются технологические свойства зерна по сравнению с контролем. Содержание белка и клейковины увеличилось на 2 и 5 % соответственно.

Высокие урожаи зерна хорошего качества можно получить только при условии применения минеральных удобрений, при этом ведущая роль принадлежит азотным удобрениям. Дифференцированная система удобрений в комплексе с другими элементами сортовой агротехники позволит лучше реализовать потенциал сорта (А.В. Малышев, 1983; А.Е. Пшеничный, 1987; В.Г. Кривобочек, 1997; А.М. Пестряков, 2001; В.Е. Ториков и др., 2003; Б.К. Маркин, 2000;

С.А. Семина, 2004; Л.В. Карпова, 2004; Н.Н. Мишин, 2004; Н.И. Остробородова, 2004). По расчетам Б.К. Маркина (2004), увеличение содержания белка в пшенице в Приволжском ФО на 1 % даст дополнительно 67,9 тыс. т полноценного растительного белка, что достаточно для удовлетворения потребности в белке в течение года 1,7 млн. человек.

По данным А.В. Пахомова (2007), внесение минеральных удобрений улучшает качество зерна яровой пшеницы в сравнении с контролем. Содержание белка на удобренном фоне составляло 13,3 %, клейковины – 24,8 %. Применение полного минерального удобрения повышало урожайность зерна на 0,96–1,42 т/га.

Исследования с озимой пшеницей показали, что в неорошаемых условиях без применения удобрений содержание сырой клейковины в зерне составляет 24,6–26,7 %, тогда как на варианте $N_{90}P_{80}K_{80}$ оно повышается до 27,7–28,4 %, а на фоне совместного применения минеральных удобрений и навоза – до 29,7–32,0 %.

Установлено, что улучшение условий питания озимой пшеницы способствовало увеличению стекловидности зерна с 60 % до 69–70 %, а содержания белка с 12,0–12,5 % до 13,2–13,4 %. Одновременно увеличивается масса 1000 зерен на 11,0–12,9 % и натура зерна с 725 до 750 г/л и, самое главное, улучшается качество сырой клейковины (А.М. Беляков, 2004).

Е.М. Лебедь и Н.Ф. Сокрута (1985) также отмечают закономерное увеличение высоты растений кукурузы по мере роста дозы удобрений. Так, в варианте без удобрений высота растений достигает 227 см, на фоне $N_{90}P_{60}K_{45}$ высота растений составила 239 см.

Д.А. Алтунин, Л.Н. Салмин, Л.Т. Шушарина (2001) подсчитали коэффициенты использования питательных веществ из внесенных удобрений на формирование урожая зеленой массы кукурузы. Установлено, что азот из азотных удобрений использовался на 45–68 %, фосфор из фосфорных удобрений – на 4,0–13,6 %, а калий из калийных удобрений – на 86–100 %.

Результаты, полученные Г. Агладзе (2003), Г.С. Местешовым, Ю.В. Соколовым, В.А. Сечиным (2003) в опытах на осушенных землях, свидетельствуют, что при возделывании сортов и гибридов кукурузы минеральные удобрения в дозе $N_{150}P_{90}K_{90}$ увеличивали высоту растений на 43 см по сравнению с контролем, также выше закладывались початки. При возделывании гибридов различных групп спелости более поздние гибриды имели большую урожайность зеленой массы и зерна: у ранних – 240–280 ц/га зеленой массы и 45–55 ц/га зерна, а у более поздних – 280–310 ц/га и 55–65 ц/га соответственно.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика почвенного покрова

Почвенный покров Пензенской области в целом можно определить как вполне характерный для Среднерусской почвенногеографической провинции лесостепной зоны. Главными «строителями» почвенного покрова являются почвы двух генетических типов: серые лесные и черноземы, с преобладанием оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов.

Кроме этих автоморфных зональных типов большую площадь занимают полугидроморфные и гидроморфные почвы особого пойменно-аллювиального ряда. Малыми площадями встречаются некоторые иные почвы.

Зональный характер названных почв значительно нарушается условиями рельефа, геологическим строением и контрастами растительного покрова. Характерной особенностью почвенного покрова области является отсутствие комплексности (Почвы Пензенской области, Пенза, 1978).

Основная площадь земель занята черноземными почвами – 75,3 % всей земельной площади. Из них около 70 % распаханно. Серые, темносерые и светло-серые лесные почвы, развивающиеся на мелкоземлистых отложениях, занимают 20,0 %. Лугово-черноземные и луговые почвы, близкие по своему природному плодородию к черноземам, занимают 4 %. Прочие почвы занимают 0,7 % (К.А. Кузнецов и др., 1966). Смытые (эродированные) почвы вместе с почвами овражнобалочной сети составляют более 20 % площади. Территория Пензенской области по признаку преобладающих почвенных разностей подразделяется на четыре агропочвенных района.

Объектом наших исследований является чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном горизонте составляло 6,21 %, вниз по профилю почвы происходит постепенное его уменьшение.

Реакция среды в пахотном горизонте близкая к нейтральной ($pH_{kcl} = 6,3$ ед.). Сумма обменных оснований высокая – 44,5 мгэкв./100 г почвы. Содержание щелочногидролизуемого азота 88,4, подвижного фосфора – 69,2, обменного калия – 148,9 мг/кг почвы. Количество водопрочных агрегатов в пахотном горизонте в зависимости от условий года колебалась в пределах от 1,21 до 1,26 г/см³, величина общей пористости – от 49,2 до 51,2 %.

2.2 Погодные условия в годы проведения исследований

Возможность возделывания сельскохозяйственных культур определяется в основном двумя факторами: природно-климатическими условиями и биологическими особенностями растений.

Погодные условия в годы проведения исследований представлены на рисунке 1 и в приложении 1.

В 2008 году за период вегетации озимой пшеницы (май-август) выпало 273,0 мм осадков, что было выше среднемноголетних на 65,0 мм. Распределение осадков по месяцам было следующим: в мае выпало 86,0 мм, в июне – 100,0 мм и в июле – 69,0 мм, в августе – 18 мм. Такое обильное количество осадков оказало определенное влияние на режим влажности почвы и в конечном итоге на нарастание биомассы озимой пшеницы.

Температура воздуха в течение вегетации озимой пшеницы варьировала в пределах от 13,7 до 20,5 °С, т. е. была в пределах среднемноголетней. В мае температура воздуха составляла 13,7 °С, июне – 16,2 °С, в июле – 20,5 °С, в августе – 19,9 °С.

В 2009 году за период вегетации ячменя выпало 181,0 мм осадков, что было ниже нормы на 27,0 мм. По месяцам распределение осадков было неравномерным.

Так, в мае выпало 75,0 мм осадков при норме 50,0 мм, в июне – 30 мм при норме 63,0 мм, в июле – 63,0 мм при норме 65,0 мм, в августе 13,0 мм при норме 65 мм. С мая по июль включительно температура воздуха была выше среднемноголетней на 0,7–1,9 °С.

Неравномерное распределение осадков в течение вегетационного периода и высокая температура воздуха оказали отрицательное влияние на формирование урожая ячменя.

В 2010 году за период вегетации гороха (май – июль) выпало 20,4 мм осадков, что составило 11,5 % от среднемноголетних. Распределение осадков по месяцам было следующим: в мае выпало 17,9 мм, в июне – 0,8 мм, в июле – 1,7 мм. С мая по июль включительно температура воздуха была значительно выше среднемноголетней и составляет в мае 16,5°, в июне – 21,3°, в июле – 26,2°, что было выше среднемноголетней в мае на 3,0°, в июне – на 3,7°, в июле – на 6,6°. Засушливые условия 2010 года оказали отрицательное влияние на формирование урожая гороха.

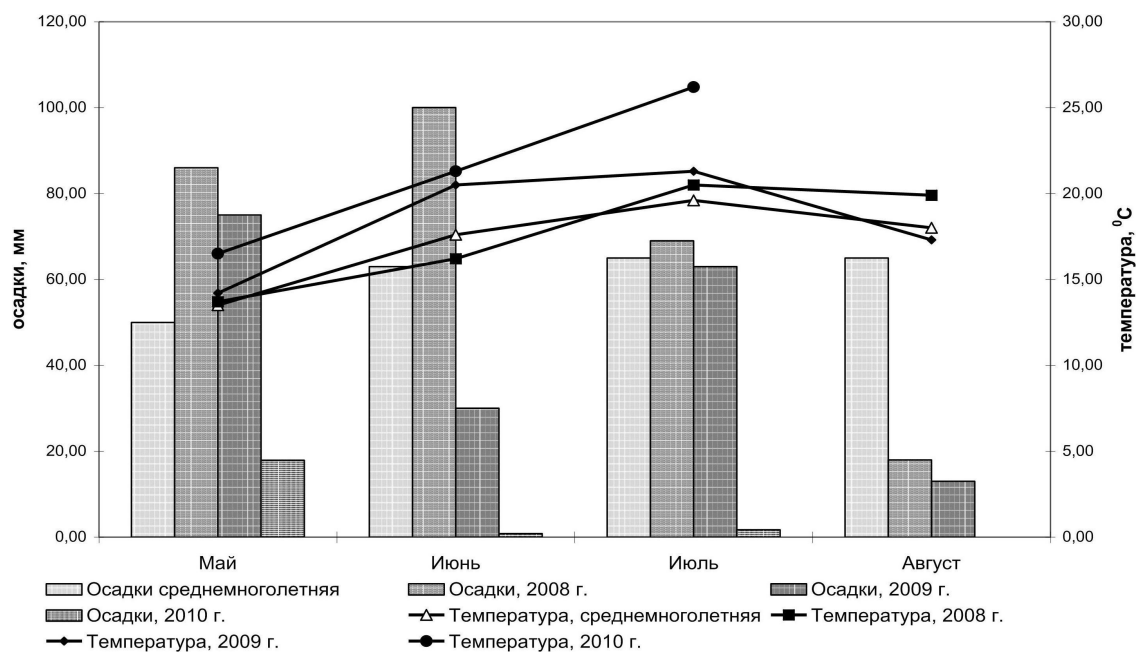


Рисунок 1 – Погодные условия в годы проведения исследований

2.3 Объекты исследований

Исследования по влиянию Праестола 650 ВС, органических, минеральных удобрений и сочетаний химического мелиоранта с удобрениями на агромелиоративные свойства серой лесной почвы и чернозема выщелоченного проводились в районе поселка Леонидовка Пензенской области и на опытном поле ФГУП «Учхоз «Рамзай» Пензенской ГСХА.

Полевой опыт по изучению поставленных вопросов проводился в районе поселка Леонидовка Пензенской области в период с 2007 по 2009 годы по следующей схеме: 1. Без мелиорантов (контроль); 2. Навоз 12 т/га севооборотной пашни (фон 1); 3. Отход грибного производства эквивалентный 12 т/га навоза по углероду (фон 2); 4. Праестол 10 кг/га; 5. Праестол 20 кг/га; 6. Праестол 30 кг/га; 7. Фон 1 + Праестол 10 кг/га; 8. Фон 1 + Праестол 20 кг/га; 9. Фон 1 + Праестол 30 кг/га; 10. Фон 2 + Праестол 10 кг/га; 11. Фон 2 + Праестол 20 кг/га; 12. Фон 2 + Праестол 30 кг/га.

Повторность опыта четырехкратная, варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений.

Исследования проводились в звене зернопарового севооборота. В звене возделывались: озимая пшеница – «Безенчукская 380», яровая пшеница – «Тулайковская 10», яровой ячмень – «Нутанс 553».

Объектом исследований являлась серая лесная среднесуглинистая слабосмытая почва. В опыте в качестве искусственного структурообразователя использовался полимер «Праестол 650 ВС» ТУ 2216001-40910172-98. В качестве биомелиорантов в опыте применялись полуперепревший навоз КРС и отход грибного производства. Норма навоза соответствовала рекомендуемой для серой лесной почвы лесостепного Поволжья (12 т/га севооборотной пашни). Норма отхода грибного производства была эквивалентной норме навоза по углероду (4 т/га севооборотной пашни).

Полевой опыт № 2 проводился на опытном поле ФГУП «Учхоз «Рамзай» Пензенской ГСХА» в период с 2007 по 2010 годы по следующей схеме: 1. Без праестола и удобрений (контроль); 2. Навоз 7 т/га севооборотной пашни (фон 1); 3. НРК эквивалентно 7 т/га навоза (фон 2); 4. Праестол 5 кг/га; 5. Праестол 10 кг/га; 6. Праестол 15 кг/га; 7. Фон 1 + Праестол 5 кг/га; 8. Фон 1 + Праестол 10 кг/га; 9. Фон 1 + Праестол 15 кг/га; 10. Фон 2 + Праестол 5 кг/га; 11. Фон 2 + Праестол 10 кг/га; 12. Фон 2 + Праестол 15 кг/га.

Повторность опыта четырехкратная, делянки в опыте размещены методом рендомизированных повторений, учетная площадь одной делянки 5 м².

Исследования проводились в зернопаровом севообороте.

В севообороте возделывались: озимая пшеница – «Безенчукская 380»; ячмень – «Нутанс 553»; горох – «Флагман 12».

Объектом исследования являлся чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

В опыте в качестве искусственного структурообразователя использовался полимер «Праестол 650ВС» ТУ 2216-001-40910172-98 (Полимер проп-2-енамид CN, N, N-триметил-3[(1-оксопроп-2-енил) амино-1-пропан-аминийхлорид]). В качестве органических удобрений использовался полуперепревший навоз КРС. Норма навоза соответствовала рекомендуемой для черноземных почв лесостепного Поволжья (7 т/га севооборотной пашни). Из минеральных удобрений в опыте использовались аммиачная селитра, суперфосфат, хлорид калия. Нормы минеральных удобрений эквивалентны содержанию азота, фосфора и калия в 7 т/га севооборотной пашни навоза и составляли N₁₇₀P₈₅K₂₁₀ кг д. в. на 1 гектар.

2.4 Методы исследований

Лабораторные анализы растительных и почвенных образцов проводились ниже следующими методами.

- Масса 1000 зерен – ГОСТ 10842-89.
- Влажность определялась методом термостатной сушки при температуре 105 °С в течение 8–10 часов до постоянной массы (А.А. Роде, 1962).
- Наименьшая влагоемкость определялась путем заливки площадок. Пробы для определения влажности брались в 4-х кратной повторности из каждого 10-сантиметрового слоя до глубины 1 м через три дня после заливки.
- Запасы влаги и водопотребление растений – расчетным методом.
- Плотность определялась режущим кольцом объемом до 520 см³.
- Плотность твердой фазы почвы находилась пикнометрическим методом.
- Общая пористость определялись расчетным методом.
- Агрегатный анализ проводился по методу Н.И. Саввинова и И.М. Бакшеева (Агрофизические методы исследования почв, 1960).
- Гумус определялся методом И.В. Тюрина.
- Щелочногидролизуемый азот – по Корнфилдсу (Агрохимические методы исследования почв, 1975).
- Фосфор и калий определяли по методу Ф.В. Чирикова (Агрохимические методы исследования почв, 1975).
- рН солевой вытяжки – на рН-метре, потенциометрически.
- Сумма поглощенных оснований – по методу КаппенГильковица (Агрохимические методы исследования почв, 1975).
- Густоту стояния растений в фазу полных всходов и перед уборкой, структуру урожая определяли по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).
- Содержание абсолютно сухого вещества в зеленой массе определяли весовым методом, путем высушивания измельченных навесок до постоянного веса при температуре 105 °С.
- Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах по методике А.А. Ничипоровича (1961, 1973), чистая продуктивность фотосинтеза – по формуле, предложенной L. Bridds, F. Kidd, C. West (1920).
- Учет урожая проводили весовым методом поделочно.
- Математическая обработка результатов проведена методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа на ПЭВМ с использованием пакетов прикладных программ для статистической обработки «Statgrafics» и «Statistica».

Агротехника возделывания культур – общепринятая для Пензенской области.

3 ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРАЕСТОЛА И УДОБРЕНИЙ

3.1 Структура почвы

Структурное состояние – наиболее достоверный, интегральный показатель плодородия почвы (его агрофизических факторов).

Агрономическое значение структуры заключается в том, что она оказывает положительное влияние на следующие свойства, а также режимы почв: физические свойства – пористость, плотность сложения; водный, воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный, микробиологический и питательный режимы; физико-химические свойства – связность, удельное сопротивление при обработке, коркообразование; противозрозионную устойчивость почв.

Докучаев В.В. писал: «В черноземной полосе России, прежде всего, нужно заботиться о восстановлении первоначальной физики почв вообще и зернистой структуры их в особенности...» (Докучаев В.В., 1949).

Большое значение в раскрытии агрономического значения структуры имеют работы Вершинина П.В. (1956, 1958, 1960), Качинского Н.А. (1947, 1963, 1965), Рассела Э.Д. (1955), Ревута И.Б. (1972), Baver L.D. (1956).

В естественных условиях агрегатный состав почвы весьма изменчив во времени. Изменчивость агрегатного состава может идти как в сторону их измельчения (диспергирования почвы), так и в сторону образования и укрепления агрегатов. Изменчивость агрегатного состава обусловлена влиянием как прямых, так и косвенных факторов.

В результате интенсивного сельскохозяйственного использования почв в условиях острого дефицита органического вещества в них интенсивно протекают процессы распыления микро- и макроагрегатов. Восстановление и сохранение структуры в условиях сельскохозяйственного использования почв осуществляется агротехническими методами.

К традиционным приемам воспроизводства утраченной структуры относятся внесение органических удобрений, посев многолетних трав и известкование кислых почв, использование искусственных структурообразователей.

В результате проведенных исследований было установлено, что серая лесная почва характеризовалась плохим структурным состоянием (опыт № 1). Содержание водопрочных агрегатов на фоне естественного плодородия, в пахотном горизонте, составляло 16,7 % (таблица 1).

Биомелиоранты (навоз, отход грибного производства), за первые два года их одностороннего действия, повышали количество водопрочных агрегатов на 3,2–3,9 %. Коэффициент структурности на этих вариантах увеличился на 0,05–0,06 ед. и составил в 2008 году 0,25–0,26 ед. при значении на контрольном варианте 0,20 ед. (таблицы 1, 2). На третий год действия биомелиорантов наметилась тенденция по уменьшению количества водопрочных агрегатов.

Содержание водопрочных агрегатов на фоне действия биомелиорантов в 2009 году составляло 19,5–19,6 %. Различия с контролем равнялись 2,8–2,9 %. Коэффициент структурности снизился до 0,24 ед.

На фоне одностороннего действия искусственного структурообразователя количество водопрочных агрегатов по завершении исследований варьировало, в зависимости от нормы мелиоранта, в пределах от 22,8 до 32,5 %. Увеличение по отношению к контрольному вари-

анту составляло 6,1–15,8 %. Коэффициент структурности на фоне химического мелиоранта изменялся в интервале от 0,30 до 0,48 ед., достоверно превышая контроль на 0,1–0,28 ед.

Максимальное количество водопрочных агрегатов было отмечено на вариантах с использованием праестла по фонам биомелиорантов. Количество водопрочных агрегатов на этих вариантах, в зависимости от нормы химического мелиоранта и вида биомелиоранта, варьировало в интервале от 25,7 до 37,1 %. Увеличение по отношению к контролю составляло 9,0–20,4 %. Коэффициент структурности на этих вариантах изменялся в пределах 0,35 до 0,59 ед., превышая контроль на 0,15–0,39 ед.

Таким образом, как свидетельствуют экспериментальные данные, наиболее существенное влияние на воспроизводство ранее утраченной агрономически ценной структуры оказало совместное использование праестла и биомелиорантов.

Математический анализ показал, что количество водопрочных агрегатов (Y) в пахотном горизонте серой лесной почвы находится в тесной корреляционной связи с содержанием гумуса (X). Коэффициент парной корреляции, характеризующий взаимосвязь между изучаемыми факторами равнялся 0,73.

Таблица 1 – Влияние праестла и биомелиорантов на содержание водопрочных агрегатов

Вариант опыта	2007 г.		2008 г.		2009 г.	
	агрегаты, >0,25 мм, %	отклонение от контроля, %	агрегаты, >0,25 мм, %	отклонение от контроля, %	агрегаты, >0,25 мм, %	отклонение от контроля, %
1. Без мелиорантов (контроль)	16,9	-	16,9	-	16,9	-
2. Навоз 12 т/га с.п. (фон 1)	19,7	2,8	20,6	3,9	19,6	2,9
3. Отход грибного производства экв. 12 т/га навоза (фон 2)	19,0	2,1	19,9	3,2	19,5	2,8
4. Праестол 10 кг/га	23,5	6,6	22,9	6,2	22,8	6,1
5. Праестол 20 кг/га	31,2	14,3	30,5	13,8	30,4	13,7
6. Праестол 30 кг/га	33,1	16,2	32,4	15,7	32,5	15,8
7. Фон 1 + Праестол 10 кг/га	27,5	10,6	27,0	10,3	26,7	10,0
8. Фон 1 + Праестол 20 кг/га	36,2	19,3	35,5	18,8	34,9	18,2
9. Фон 1 + Праестол 30 кг/га	37,8	20,9	37,2	20,5	37,1	20,4
10. Фон 2 + Праестол 10 кг/га	26,2	9,3	25,8	9,1	25,7	9,0
11. Фон 2 + Праестол 20 кг/га	34,3	17,4	34,6	17,9	34,7	18,0
12. Фон 2 + Праестол 30 кг/га	36,8	19,9	36,3	19,6	36,2	19,5
НСР ₀₅		1,9		1,7		2,1

Таблица 2 – Влияние праестла и биомелиорантов на коэффициент структурности

Вариант опыта	2007 г.		2008 г.		2009 г.	
	коэффициент структурности	отклонение от контроля	коэффициент структурности	отклонение от контроля	коэффициент структурности	отклонение от контроля
1. Без мелиорантов (контроль)	0,20	-	0,20	-	0,20	-
2. Навоз 12 т/га с.п. (фон 1)	0,25	0,05	0,26	0,06	0,24	0,04
3. Отход грибного производства экв. 12 т/га навоза (фон 2)	0,23	0,03	0,25	0,05	0,24	0,04
4. Праестол 10 кг/га	0,31	0,11	0,30	0,10	0,30	0,10
5. Праестол 20 кг/га	0,45	0,25	0,44	0,24	0,44	0,24
6. Праестол 30 кг/га	0,49	0,29	0,48	0,28	0,48	0,28
7. Фон 1 + Праестол 10 кг/га	0,38	0,18	0,37	0,17	0,36	0,16
8. Фон 1 + Праестол 20 кг/га	0,57	0,37	0,55	0,35	0,54	0,34
9. Фон 1 + Праестол 30 кг/га	0,61	0,41	0,59	0,39	0,59	0,39
10. Фон 2 + Праестол 10 кг/га	0,36	0,16	0,34	0,14	0,35	0,15
11. Фон 2 + Праестол 20 кг/га	0,52	0,32	0,53	0,38	0,53	0,33
12. Фон 2 + Праестол 30 кг/га	0,58	0,38	0,57	0,37	0,58	0,38

Нелинейное выражение взаимосвязи аппроксимировалось уравнением полинома третьей степени:

$$Y = 582,14 - 28,79x - 37,22x^2 + 25,20x^3$$

Коэффициент регрессии свидетельствует о том, что с увеличением содержания гумуса в пахотном горизонте серой лесной почвы на 0,1 % количество водопрочных агрегатов возрастает на 5,7 %.

Тесная обратная корреляционная связь была обнаружена между количеством водопрочных агрегатов (Y) и концентрацией ионов водорода (X) в пахотном горизонте серой лесной почвы.

Характер взаимосвязи аппроксимировался уравнением полинома следующего вида:

$$Y = 492,72 - 146,49x + 7,45x^2 + 0,67x^3$$

Коэффициент парной корреляции равнялся 0,77.

Важная роль в структурообразовании принадлежит двухвалентным катионам кальция и магния, которые, необратимо коагулируя почвенные коллоиды, способствуют образованию агрономически ценной водопрочной структуры.

Статистическая обработка экспериментального материала показала, что между количеством водопрочных агрегатов (Y) в пахотном горизонте серой лесной почвы и суммой обменных оснований существует тесная корреляционная связь ($r=0,81$). Эта связь аппроксимируется уравнением полинома:

$$Y = 58,31 - 16,22x + 1,57x^2 - 0,04x^3$$

Коэффициент регрессии свидетельствует о том, что с уменьшением содержания ионов кальция и магния в почвенном поглощающем комплексе на 1 мг-экв./100 г. почвы количество водопрочных агрегатов снижается на 2,5 %.

Анализ структурного состояния чернозема выщелоченного (опыт № 2) показал, что использование полимера «Праестол 650 ВС» в качестве искусственного структурообразователя является одним из приемов восстановления утраченной структуры в пахотном горизонте почвы.

На фоне одностороннего действия полимера количество водопрочных агрегатов в 2008 году увеличилось по отношению к контролю на 6,8 (полимер 5 кг/га) – 15,0 % (полимер 15 кг/га). Количество водопрочных агрегатов на этих вариантах, в зависимости от нормы мелиоранта, варьировало в пределах от 51,4 до 59,6 %, при значении на контроле 44,6 %. Следует отметить, что достоверное повышение количества водопрочных агрегатов обеспечивало увеличение нормы химического мелиоранта до 10 кг/га, дальнейшее увеличение нормы мелиоранта не способствовало достоверному повышению количества водопрочных агрегатов в пахотном горизонте. Так, при увеличении нормы химического мелиоранта от 10 до 15 кг/га количество водопрочных агрегатов возросло на 2,1 %, при значении НСР₀₅ = 3,1 % (таблица 3).

При использовании химического мелиоранта по фону полного минерального удобрения количество водопрочных агрегатов варьировало от 51,6 до 59,9 % и определялось нормой мелиоранта. Увеличение по отношению к контрольному варианту составляло 7,0–15,3 %.

Максимальное количество водопрочных агрегатов было отмечено на варианте с использованием повышенных норм праестол по навозному фону. Количество водопрочных агрегатов на фоне совместного использования навоза и химического мелиоранта составляло 62,8–64,7 %. Различия с контрольным вариантом были достоверными и составляли 18,2–20,1 %.

После уборки ярового ячменя в 2009 году количество водопрочных агрегатов на фоне без химического мелиоранта и удобрений составляло 44,1 %. Структурное состояние пахотного горизонта можно характеризовать как удовлетворительное.

Навоз, на второй год его действия, повышал содержание водопрочных агрегатов в пахотном горизонте чернозема выщелоченного на 8,7 %. Содержание агрономически ценных агрегатов на фоне одностороннего действия навоза составляло 52,8 %.

Количество водопрочных агрегатов на варианте с использованием полного минерального удобрения в 2009 году составляло 44,9 %, т. е. оставалось практически на уровне 2008 года.

На фоне одностороннего действия химического мелиоранта, в зависимости от его нормы, количество водопрочных агрегатов варьировало от 51,5 (праестол 5 кг/га) до 60,0 % (праестол 15 кг/га). Увеличение по отношению к контролю составляло 7,4–15,9 %. Следует отметить, что использование праестол нормами 10 и 15 кг/га обеспечивало перевод почвы из группы с удовлетворительным структурным состоянием в группу с хорошим структурным состоянием. Аналогичная закономерность была отмечена и при использовании данных норм мелиоранта по фону полного минерального удобрения. Количество водопрочных агрегатов на этих вариантах варьировало от 58,9 до 60,8 %, при значении на контроле 44,1 %.

Таблица 3 – Влияние структурообразующего полимера и удобрений на содержание водопрочных агрегатов в черноземе выщелоченном, проц.

Вариант опыта	2008 г.		2009 г.		2010 г.	
	агрегаты >0,25 мм	отклонение от контроля	агрегаты >0,25 мм	отклонение от контроля	агрегаты >0,25 мм	отклонение от контроля
1. Без престола и удобрений (контроль)	44,6	-	44,1	-	44,2	-
2. Навоз 7 т/га с. п. (фон 1)	49,5	4,9	52,8	8,7	47,0	4,8
3. NPK эквивалентно 7 т/га навоза (фон 2)	44,7	0,1	44,9	0,8	44,5	0,3
4. Праестол 5 кг/га	51,4	6,8	51,5	7,4	51,4	7,2
5. Праестол 10 кг/га	57,5	12,9	57,7	13,6	57,3	13,1
6. Праестол 15 кг/га	59,6	15,0	60,0	15,9	59,7	15,5
7. Фон 1 + праестол 5 кг/га	56,7	12,1	60,3	16,2	57,6	13,4
8. Фон 1 + праестол 10 кг/га	62,8	18,2	67,3	23,2	63,9	19,7
9. Фон 1 + праестол 15 кг/га	64,7	20,1	69,0	24,9	65,8	21,6
10. Фон 2 + праестол 5 кг/га	51,6	7,0	52,7	8,6	51,7	7,5
11. Фон 2 + праестол 10 кг/га	57,8	13,2	58,9	14,8	57,8	13,6
12. Фон 2 + праестол 15 кг/га	59,9	15,3	60,8	16,7	60,1	15,9
НСР ₀₅		3,1		3,8		4,2

Сочетание праестола с рекомендуемой нормой навоза повышало содержание водопрочных агрегатов за период исследований от 16,2 до 24,9 %, при максимальных значениях на фоне повышенных норм химического мелиоранта (23,2–24,9 %).

В конце вегетации гороха (2010 год) количество водопрочных агрегатов на контрольных вариантах составляло 44,2 %.

На фоне одностороннего действия навоза количество водопрочных агрегатов достоверно превышало контроль и составляло 47,0 %. Однако, следует отметить, что на третий год действия навоза его положительное влияние на сохранение вновь образованной водопрочной структуры снижается, что связано с процессами минерализации органического вещества в почве.

Содержание водопрочных агрегатов на варианте с полным минеральным удобрением оставалось на уровне контроля и составляло 44,5 %.

На вариантах с использованием полимера без удобрений количество водопрочных агрегатов в пахотном горизонте варьировало в интервале от 51,4 до 59,7 при максимальных значениях на фоне повышенных норм химического мелиоранта (57,3–59,7 %). Отклонения от контрольного варианта колебались от 7,2 % (праестол 5 кг/га) до 15,5 % (праестол 15 кг/га).

Эффект по восстановлению и сохранению водопрочной структуры на фоне совместного использования различных норм полимера и минеральных удобрений был равнозначным вариантам, где полимер использовался в чистом виде. Количество водопрочных агрегатов на этих вариантах варьировало в зависимости от нормы химического мелиоранта от 51,7 до 60,1 %, превышая контроль на 7,5–15,9 %.

При использовании праестола по навозному фону количество водопрочных агрегатов по завершении исследований варьировало от 57,6 до 65,8 %. Увеличение по отношению к контрольному варианту составляло 13,4–21,6 %.

Таким образом, как свидетельствуют результаты исследований, наиболее существенное влияние на воспроизводство ранее утраченной агрономически ценной структуры оказали повышенные нормы химического мелиоранта, используемые по навозному фону. Причем, нормы полимера 10 и 15 кг/га оказали практически равнозначное влияние на образование водопрочных агрегатов в пахотном горизонте чернозема выщелоченного.

Изучая зависимость количества водопрочных агрегатов (У) в пахотном горизонте чернозема выщелоченного от содержания гумуса (X₁) и лабильного органического вещества (X₂), мы установили тесную корреляционную связь между данными факторами. Коэффициент парной корреляции равнялся по гумусу 0,85, по ЛОВ – 0,86.

Нелинейное выражение взаимосвязей аппроксимировалось уравнениями полинома следующего вида:

$$\text{для гумуса } Y = 10851x_1^3 - 20369x_1^2 + 0,06x_1 - 0,06 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{для ЛОВ } Y = 1175x_2^3 - 511,1x_2^2 + 163,2x_2 + 39,57$$

Регрессионный анализ показывает, что с увеличением содержания гумуса в пахотном горизонте на 0,1 % количество водопрочных агрегатов повышается на 11,3 %, а с увеличением содержания ЛОВ на 0,01 % – на 9,9 %.

Составленная математическая модель зависимости количества агрономически ценных агрегатов (Y) от содержания обменнопоглощенных катионов кальция и магния (X) позволила установить наличие средней взаимосвязи между этими показателями плодородия почвы. Коэффициент парной корреляции равнялся 0,57.

Нелинейное выражение этой взаимосвязи аппроксимировалось уравнением полинома третьей степени:

$$Y = -7,46x^3 + 1008,6x^2 - 45471x + 683149$$

Коэффициент линейной регрессии показывает, что с увеличением суммы обменных оснований на 1 мг-экв./100 г почвы количество водопрочных агрегатов возрастает на 6,8 %.

Важными характеристиками структурного состояния почвы являются коэффициент структурности и степень выпаханности.

Как свидетельствуют экспериментальные данные, коэффициент структурности от действия органических удобрений увеличивался по отношению к контролю на 0,17 ед. и составил в 2008 году 0,98 ед. Степень выпаханности на этом варианте уменьшилась на 5,9 % (таблицы 4, 5).

Таблица 4 – Влияние праестолы и удобрений на коэффициент структурности чернозема выщелоченного

Вариант опыта	2008 г.		2009 г.		2010 г.	
	коэффициент структурности, ед.	отклонение от контроля, ед.	коэффициент структурности, ед.	отклонение от контроля, ед.	коэффициент структурности, ед.	отклонение от контроля, ед.
1. Без праестолы и удобрений (контроль)	0,81	-	0,79	-	0,79	-
2. Навоз 7 т/га с. п. (фон 1)	0,98	0,17	1,12	0,33	0,89	0,10
3. НРК эквивалентно 7 т/га навоза (фон 2)	0,81	0,00	0,81	0,02	0,80	0,01
4. Праестол 5 кг/га	1,06	0,25	1,06	0,27	1,06	0,27
5. Праестол 10 кг/га	1,35	0,54	1,36	0,57	1,34	0,55
6. Праестол 15 кг/га	1,48	0,67	1,50	0,71	1,48	0,69
7. Фон 1 + праестол 5 кг/га	1,31	0,50	1,52	0,73	1,36	0,57
8. Фон 1 + праестол 10 кг/га	1,69	0,88	2,06	1,27	1,77	0,98
9. Фон 1 + праестол 15 кг/га	1,83	1,02	2,23	1,44	1,92	1,13
10. Фон 2 + праестол 5 кг/га	1,07	0,26	1,11	0,32	1,07	0,28
11. Фон 2 + праестол 10 кг/га	1,37	0,56	1,43	0,64	1,37	0,58
12. Фон 2 + праестол 15 кг/га	1,49	0,68	1,55	0,76	1,51	0,72
НСР ₀₅		0,08		0,09		0,09

Таблица 5 – Влияние праестолы и удобрений на степень выпашанности чернозема выщелоченного

Вариант опыта	2008 г.		2009 г.		2010 г.	
	степень выпашанности, %	отклонение от контроля, %	степень выпашанности, %	отклонение от контроля, %	степень выпашанности, %	отклонение от контроля, %
1. Без праестолы и удобрений (контроль)	45,9	-	46,5	-	46,4	-
2. Навоз 7 т/га с.п. (фон 1)	40,0	5,9	35,9	10,6	43,0	3,4
3. NPK эквивалентно 7 т/га навоза (фон 2)	45,8	0,1	45,5	1,0	46,0	0,4
4. Праестол 5 кг/га	37,6	8,3	37,5	9,0	37,6	8,8
5. Праестол 10 кг/га	30,2	15,7	30,0	16,5	30,5	15,9
6. Праестол 15 кг/га	27,7	18,2	27,2	19,3	27,5	18,9
7. Фон 1 + праестол 5 кг/га	31,2	14,7	26,8	19,7	30,1	16,3
8. Фон 1 + праестол 10 кг/га	23,8	22,1	18,3	28,2	22,5	23,9
9. Фон 1 + праестол 15 кг/га	21,5	24,4	16,3	30,2	20,1	26,3
10. Фон 2 + праестол 5 кг/га	37,4	8,5	36,0	10,5	37,3	9,1
11. Фон 2 + праестол 10 кг/га	29,9	16,0	28,5	18,0	30,0	16,4
12. Фон 2 + праестол 15 кг/га	27,3	18,6	26,2	20,3	27,1	19,3
HCP ₀₅		3,6		3,8		3,1

Минеральные удобрения не оказали влияния на изменение коэффициента структурности и степени выпашанности чернозема выщелоченного.

На фоне одностороннего действия химического мелиоранта коэффициент структурности, в зависимости от его нормы, составлял 1,06–1,48 ед., а степень выпашанности – 27,7–37,6 %. Отклонение от контроля в первом случае составляли 0,25–0,67 ед., во втором – 8,3–18,2 %.

Изменения коэффициента структурности и степени выпашанности на фоне совместного использования мелиоранта и минеральных удобрений были аналогичными их изменениям на фоне одностороннего действия праестолы.

Наиболее существенное влияние на изменение коэффициента структурности и степени выпашанности оказало использование химического мелиоранта по навозному фону. Коэффициент структурности на этих вариантах составлял 1,31–1,83 ед., а степень выпашанности – 21,5–31,2 %. Отклонение от контроля в первом случае составляло 0,50–1,02 ед., во втором – 14,7–24,4 %.

Перед уборкой ячменя в 2009 году коэффициент структурности на фоне естественного плодородия почвы был равен 0,79 ед., а степень выпашанности составляла 46,5 %. Аналогичные результаты были получены и на варианте с полным минеральным удобрением.

На фоне одностороннего действия химического мелиоранта, в зависимости от его нормы, коэффициент структурности изменялся в интервале от 1,06 (праестол 5 кг/га) до 1,52 ед. (праестол 15 кг/га), а степень выпашанности от 27,2 (праестол 15 кг/га) до 37,5 % (праестол 5 кг/га). Отклонение от контрольного варианта в первом случае варьировало от 0,27 до 0,71 ед., во втором случае – от 9,0 до 19,3 %.

Совместное использование праестолы и минеральных удобрений позволило увеличить коэффициент структурности на 0,32 (NPK + праестол 5 кг/га) – (NPK + праестол 15 кг/га). Степень выпашанности на этих вариантах снизилась по отношению к контролю на 10,5–20,3 %.

Максимальные значения коэффициента структурности были зафиксированы на фоне совместного использования праестолы нормами 10–15 кг/га и навоза. Коэффициенты струк-

турности на этих вариантах варьировали от 2,06 до 2,23 ед., превышая контроль на 1,27–1,44 ед.

Степень выпаханности на этих вариантах была значительно ниже контроля и составляла 16,3–18,3 %.

В условиях 2010 года, перед уборкой гороха, коэффициент структурности на контрольном варианте и на варианте с односторонним действием минеральных удобрений составлял 0,79–0,80 ед., а степень выпаханности 46,0–46,4 %.

На фоне одностороннего действия навоза коэффициент структурности снизился по сравнению с 2009 годом на 0,23 ед., а степень выпаханности возросла на 7,2 %, что свидетельствует о затухающем действии навоза на данные показатели. Однако, по отношению к контрольному варианту различия остались на уровне достоверных.

На фоне одностороннего действия полимера коэффициент структурности варьировал от 1,06 (праестол 5 кг/га) до 1,48 ед. (праестол 15 кг/га), а степень выпаханности – от 27,5 до 37,6 %. Отклонение от контроля в первом случае составляло 0,27–0,69 ед., во втором – 8,8–18,9 %.

На вариантах с использованием праестала по фону минеральных удобрений коэффициент структурности превышал контроль на 0,28–0,72 ед., а степень выпаханности была ниже на 9,1–19,3 %.

Максимальные значения коэффициента структурности, как и в предшествующие годы, были получены на вариантах с использованием повышенных норм праестала по первому фону. Коэффициент структурности на их фоне изменялся в интервале от 1,77 до 1,92 ед., превышая контроль на 0,98–1,13 ед. Степень выпаханности на этих вариантах была ниже контроля на 23,9–26,3 %.

Таким образом, наиболее существенное влияние на коэффициент структурности и степень выпаханности оказывает использование праестала на фоне органических удобрений.

3.2 Плотность почвы

Плотность почвы является одним из важнейших свойств, определяющих ее физическое состояние. В то же время она динамичная величина, находящаяся в сложной зависимости от типа почв, гранулометрического состава, количества осадков, влажности почв, возделываемых культур, внесенных удобрений, способа и глубины обработки поля. Этот показатель является регулятором процессов поступления в почву кислорода, выделения из него углекислого газа, а следовательно, и состава почвенного воздуха. Плотность почвы определяет не только воздушный, но также водный и пищевой режимы почвы.

Плотность почвы оказывает большое влияние на урожайность культурных растений. Но пределы оптимальной плотности почвы для отдельных культур разные. Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальная величина плотности пахотного горизонта на суглинистых и глинистых почвах составляет $1,0\text{--}1,2\text{ г/см}^3$.

Плотность почвы, особенно в пахотном горизонте, весьма динамична и зависит от характера воздействия на почву орудий обработки, от растительного покрова, от содержания гумуса, от содержания водопрочных агрегатов и физико-химических свойств почвы.

Одним из приемов поддержания оптимальной плотности почвы является использование химических мелиорантов и органических удобрений. Органические удобрения и химические мелиоранты, активизируя процессы образования и накопление гумуса и обменных оснований в почве, положительно воздействуют на весь комплекс агрофизических свойств, в том числе и на плотность.

Проведенные нами исследования подтверждают, что использование химического мелиоранта, биомелиорантов и их сочетаний оказали положительное влияние на плотность пахотного горизонта серой лесной почвы (опыт № 1).

В начале вегетационного периода 2007 года плотность пахотного горизонта на контрольном варианте составляла $1,33\text{ г/см}^3$, дрейф от оптимальной равнялся $0,13\text{ г/см}^3$. На вариантах с односторонним действием биомелиорантов, плотность варьировала в интервале от $1,24$ до $1,25\text{ г/см}^3$ и была ниже контроля на $0,08\text{--}0,09\text{ г/см}^3$.

Праестол, в зависимости от его нормы, снижал плотность почвы по отношению к контрольному варианту на $0,02\text{--}0,06\text{ г/см}^3$. Использование полимера по фону рекомендуемой нормы навоза позволило снизить плотность пахотного горизонта на $0,11\text{--}0,14\text{ г/см}^3$, а при его использовании по фону отхода грибного производства – на $0,12\text{--}0,15\text{ г/см}^3$.

Перед уборкой озимой пшеницы величина равновесной плотности на контрольном варианте равнялась $1,37\text{ г/см}^3$, дрейф от оптимальной достиг $0,17\text{ г/см}^3$. На вариантах с односторонним действием навоза и отхода грибного производства плотность в пахотном горизонте была ниже контроля на $0,11\text{--}0,13\text{ г/см}^3$ и варьировала в пределах от $1,26$ до $1,24\text{ г/см}^3$. Одностороннее действие химического мелиоранта снижало равновесную плотность по отношению к контролю на $0,05$ (праестол 10 кг/га) – $0,08\text{ г/см}^3$ (праестол 30 кг/га). Величина равновесной плотности на этих вариантах составляла, в зависимости от нормы мелиоранта, $1,29\text{--}1,32\text{ г/см}^3$.

Наиболее существенное разуплотнение почвы в пахотном горизонте наблюдалось на вариантах, где полимерный мелиорант использовался по фону биомелиорантов. Величина равновесной плотности на вариантах с совместным действием мелиорантов была в пределах оптимальной и изменялась от $1,19$ до $1,23\text{ г/см}^3$. Снижение по отношению к контрольному варианту составляло $0,14\text{--}0,18\text{ г/см}^3$.

Перед посевом яровой пшеницы в 2008 году плотность пахотного горизонта на варианте без использования мелиорантов составляла $1,31 \text{ г/см}^3$ (таблица 6).

На фоне одностороннего действия биомелиорантов плотность почвы в пахотном горизонте варьировала от $1,23$ до $1,24 \text{ г/см}^3$ и была ниже контроля на $0,07\text{--}0,08 \text{ г/см}^3$.

На фоне одностороннего действия химического мелиоранта достоверное снижение плотности пахотного горизонта серой лесной почвы обеспечивал праестол нормами 20 и 30 кг/га . Плотность почвы на этих вариантах была ниже контроля на $0,07\text{--}0,08 \text{ г/см}^3$ и составляла $1,23\text{--}1,24 \text{ г/см}^3$ (таблица 6).

Наиболее рыхлое сложение почвы перед посевом яровой пшеницы было отмечено на фоне совместного использования праестола и биомелиорантов. Плотность пахотного горизонта на этих вариантах, в зависимости от нормы праестола и вида биомелиоранта, варьировала в интервале от $1,16$ до $1,21 \text{ г/см}^3$. Отклонение от контрольного варианта составляло $0,10\text{--}0,15 \text{ г/см}^3$. Преимущество в данном случае имели повышенные нормы полимера.

Таблица 6 – Влияние праестола и биомелиорантов на плотность серой лесной почвы (начало вегетации)

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.