

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

АЙСАНОВ ТИМУР СОЛТАНОВИЧ

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ
НА КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

06.01.04 - агрохимия

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор Подколзин А. И.**

Ставрополь – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Введение | 4 |
| 1. Обзор литературных источников | 12 |
| 1.1. Приемы мобилизации почвенного плодородия | 12 |
| 1.2. Влияние длительного применения систем удобрений на агрохимические показатели почвы | 21 |
| 1.3. Влияние систем удобрений и предшественников на урожайность и качество зерна озимой пшеницы | 35 |
| 2. Место, условия и методика проведения опыта | 43 |
| 2.1. Почвенно-климатические условия | 43 |
| 2.1.1 Агрохимическая характеристика почв | 43 |
| 2.1.2. Климат | 45 |
| 2.2. Место проведения и схема опыта | 47 |
| 2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований | 49 |
| 2.4. Погодные условия в годы проведения исследований | 50 |
| 2.5. Биологические особенности и агротехника возделывания озимой пшеницы | 62 |
| 3. Влияние систем удобрения на динамику агрохимических показателей чернозёма выщелоченного | 67 |
| 3.1. Кислотно-основные показатели | 67 |
| 3.1.1. Реакция почвенного раствора | 67 |
| 3.1.2. Гидролитическая кислотность | 73 |
| 3.1.3. Обменный кальций | 78 |
| 3.1.4. Обменный магний | 85 |
| 3.1.5. Сумма поглощенных оснований | 91 |
| 3.2. Минеральный азот | 98 |
| 3.3. Подвижный фосфор | 103 |
| 3.4. Обменный калий | 107 |
| 4. Влияние систем удобрения на химический состав озимой пшеницы | 112 |

| | |
|--|-----|
| 4.1. Сухая биомасса | 112 |
| 4.2. Химический состав растений | 116 |
| 4.2.1. Азот | 116 |
| 4.2.2. Фосфор | 121 |
| 4.2.3. Калий | 125 |
| 5. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения и предшественников | 130 |
| 5.1. Структура урожая | 130 |
| 5.2. Урожайность | 138 |
| 5.3. Качество зерна | 141 |
| 6. Экономическая эффективность | 148 |
| Выводы | 154 |
| Предложения производству | 158 |
| Список литературы | 159 |
| Приложения | 180 |

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация располагает обширными земельными угодьями. Эти огромные богатства требуют постоянной заботы и внимания, так земля в ее многообразном проявлении – основа стабильности и благосостояния. Земельный фонд нашей страны отличают его природно-экологическое разнообразие и естественная способность обуславливать развитие многоотраслевого сельскохозяйственного производства. С учетом особенностей почвенного покрова и климатических условий осуществляется районирование сельскохозяйственного производства, его специализация, что служит основанием резкого повышения эффективности использования земель (Вальков В. Ф., Штомпель Ю. А., Тюльпанов В. И., 2002).

В Российской Федерации ведется целенаправленная государственная политика по обеспечению воспроизводства почвенного плодородия, принят Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». На его основании разработана Федеральная программа «Повышение плодородия почв России». Но она не решит проблему сохранения и повышения плодородия почв без экономического и финансового оздоровления сельхозпредприятий (Леганова Т. Е., 2004).

Плодородие — это способность почв обеспечивать рост и развитие растений. Оно является главным функциональным свойством почвы, которое обуславливается составом, свойствами и режимами почв. Измеряется плодородие почв продуктивностью фитоценозов и урожайностью сельскохозяйственных культур. (Ганжара Н. Ф., 2001).

Система удобрения в хозяйстве – это комплекс агрономических и организационно-экономических мероприятий по рациональному использованию минеральных и органических удобрений, а также химических мелиорантов (известки, гипса и т. д.) в целях оптимизации плодородия почвы, повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшения

качества растениеводческой продукции, а в конечном счете – повышения производительности труда в сельском хозяйстве. Она является важнейшим условием интенсификации сельскохозяйственного производства (Жученко А. А., Трухачев В. И., и др., 2011).

Озимой пшенице в Российской Федерации отводится основная роль в увеличении производства продовольственного зерна. За предшествующие годы накоплен огромный экспериментальный материал о положительном влиянии интенсификации земледелия (применении макро- и микроудобрений, биологически активных веществ и средств защиты растений) на урожайность этой культуры в различных зонах страны. Однако качество зерна не всегда соответствует современным требованиям мирового рынка (Щукин В. Б., 2006).

Актуальность. Начало исследований почвенного покрова Ставропольского края относится к концу XIX века. Они связаны с именем основоположника научного почвоведения В.В. Докучаева, который в 1898 г. изучал на Кавказе закономерности географического распространения почв и их особенности (Антыков А. Я., Стоморев А. Я., 1970).

На современном этапе развития земледелия естественные источники поступления питательных веществ (корневые и поливные остатки, опад и корневые выделения, остатки микробного и животного происхождения, осадки, азотфиксация бобовыми и свободно живущими микроорганизмами) не компенсируют отчуждение элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур и тем более не пополняют их запасы (Шеуджен А. Х., 2004).

Наукой и практикой сельского хозяйства доказано, что одностороннее применение высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений без комбинирования их с органическими способствует ухудшению базовых показателей почвы – возрастанию кислотности и снижению суммы поглощенных оснований и степени насыщенности ими (Есаулко А. Н., 2012). Подкисление почвы связано с антропогенными факторами. Одна из причин –

это вымывание кальция вследствие внесения высоких доз минеральных удобрений, особенно физиологически кислых; другая причина – это интенсивная обработка почвы тяжелыми орудиями, разрушающими её структуру, ухудшающими водно-физические свойства, приводящие к слитизации, переувлажнению и подтоплению и, как следствие, вымыванию кальция в более глубокие слои почвы. Эти же деградационные процессы являются причиной уменьшения суммы поглощенных оснований.

В этих условиях в значительной мере возрастает роль научно обоснованной и практически рациональной системы удобрения сельскохозяйственных культур. При этом необходимо отметить, что повышенный уровень насыщенности удобрениями севооборота не обеспечивает повышения содержания в почве доступных форм питательных веществ, необходимых для благоприятного развития культурных растений.

Стратегической задачей земледелия является сохранение и приумножение плодородия почвенного покрова, его экологической чистоты как главного богатства любого государства. Эксплуатация почв без применения мер по воспроизводству ее плодородия – медленное экологическое самоубийство. Поддерживать же высокое плодородие почв невозможно без научно обоснованного разумного использования агрохимических средств.

Эффективность возделывания озимой пшеницы, как основной зерновой культуры в нашей стране, представляет собой особый интерес. В связи с этим наряду с оптимизацией условий питания культуры одним из способов решения задачи повышения ее продуктивности, качества производимой сельскохозяйственной продукции является построение и внедрение научно обоснованных севооборотов, ведь условия, создаваемые в почвенном комплексе после различных предшественников, неодинаковы.

В связи с этим представленная диссертационная работа посвящена изучению влияния систем удобрения на кислотно-основные показатели чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы.

Системы удобрения, анализируемые в опыте, построены на различных принципах:

– **рекомендованная** – литературно рекомендованная для данной зоны возделывания озимой пшеницы система удобрения с насыщенностью по всем предшественникам NPK 110 кг/га, в т. ч. $N_{70}P_{40}K_0$ при соотношении N:P:K=1:0,57:0 (с насыщенностью севооборота NPK 115 кг/га, в т. ч. $N_{50}P_{58,75}K_{6,25}$ при соотношении N:P:K = 1:1,18:0,13 + 5 т/га органических удобрений);

– **биологизированная** – система удобрения, построенная на принципах максимального применения органических удобрений с насыщенностью по занятому пару и кукурузе на силос – NPK 50 кг/га, в т. ч. $N_{40}P_{10}K_0$ при соотношении N:P:K=1:0,25:0; по предшественнику горох – NPK 70 кг/га, в т. ч. $N_{60}P_{10}K_0$ + 2,4 т/га соломы (с насыщенностью по севообороту NPK 62,5 кг/га, в т. ч. $N_{42,5}P_{20}K_0$ при соотношении N:P:K = 1:0,47:0 + 8,2 т/га органических удобрений);

– **расчетная** – система удобрения озимой пшеницы, рассчитанная под планируемую урожайность культуры по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох – 6,5, 5,5 и 6,0 т/га соответственно. Насыщенность рассматриваемой системы удобрения здесь по занятому пару составляла NPK 261 кг/га, в т. ч. $N_{145}P_{84}K_{32}$ при соотношении N:P:K=1:0,58:0,22; на вариантах после кукурузы на силос – NPK 193 кг/га, в т. ч. $N_{102}P_{69}K_{22}$ при соотношении N:P:K=1:0,68:0,22; по гороху – NPK 219 кг/га, в т. ч. $N_{120}P_{75}K_{24}$ при соотношении N:P:K=1:0,63:0,20 (средняя насыщенность 1 га – NPK 167 кг/га, в т. ч. $N_{75}P_{73,5}K_{11,5}$ при соотношении N:P:K = 1:0,98:0,15 + 5 т/га органических удобрений).

Выбор рассматриваемых предшественников озимой пшеницы – занятый пар, кукуруза на силос и горох – обусловлен тем, что эти культуры являются наиболее распространенными и благоприятными для данной почвенно-климатической зоны.

В то же время, обладая совершенно разными биологическими и хозяйственными признаками, рассматриваемые в опыте предшественники оказывают неодинаковое воздействие на агрохимические свойства почвы и ее кислотно-основные показатели.

Так, занятый пар как предшественник рано освобождает поле и способствует накоплению значительного количества продуктивной влаги в почве. Горох, являясь бобовой культурой, способствует увеличению запасов азота в почве, повышая уровень плодородия. Однако, как подтверждают данные, полученные В. В. Агеевым и А. И. Подколзиным (2001), непаровые предшественники в районах недостаточного увлажнения не обеспечивают оптимальных условий влажности в период сева. Пропашные и зерновые колосовые культуры, к которым относится кукуруза, как правило, выносят значительное количество всех подвижных форм питательных элементов из почвы (особенно азота) и, следовательно, ухудшают условия питания для последующей озимой пшеницы.

Система возделывания выбранных в опыте предшественников не предусматривает применения высоких доз минеральных удобрений, благодаря чему исследования по изучению влияния анализируемых систем удобрения озимой пшеницы на кислотно-основные показатели чернозема выщелоченного можно характеризовать как объективные и представляющие значительный научный и практический интерес.

Цель и задачи исследований. Цель исследований заключалась в изучении влияния систем удобрения на кислотно-основные показатели чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы.

Для изучения данного вопроса необходимо было решить следующие задачи:

– оценить влияние систем удобрения на кислотно-основные показатели 0–20 см слоя чернозема выщелоченного;

– изучить влияние систем удобрения и предшественников на динамику агрохимических показателей в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного, продуктивность и качество зерна озимой пшеницы;

– определить экономическую эффективность предлагаемых агроприемов.

Научная новизна. В результате проведения исследований впервые на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности было выявлено, что системы удобрения оказывают неодинаковое влияние на кислотно-основные показатели почвы.

Рекомендованная и расчетная системы удобрения повышали кислотность почвенного раствора по сравнению с естественным агрохимическим фоном (на 0,20–0,34 ед.), что объясняется недостаточной насыщенностью севооборота органическими удобрениями в этих системах и высокой насыщенностью минеральными удобрениями. Биологизированная система, с низкой насыщенностью севооборота NPK и высокой органическими удобрениями с участием соломы, за период наблюдений восстанавливала значение рН в пахотном слое до исходного значения за счет поступления Ca^{2+} , Mg^{2+} в количествах, достаточных для поддержания буферной способности почвы: поддерживать буферную способность чернозема выщелоченного на исходном уровне позволяли системы удобрения с насыщенностью порядка 7–8 т/га на фоне средней насыщенности севооборота минеральными туками.

Достоверность результатов, полученных в ходе проведения исследований, подтверждается большим количеством наблюдений и учетов в лабораторных и полевых опытах, критериями статистической обработки и положительными результатами апробации итогов научных исследований при их внедрении на производстве.

Основные положения, выносимые на защиту:

– системы удобрения в зависимости от принципов построения изменяют кислотно-основные показатели в 0–20 см слое чернозема выщелоченного;

– системы удобрения увеличивают содержание в 0–20 см слое чернозема выщелоченного минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в течение вегетации озимой пшеницы, но не изменяют их динамику;

экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы зависит от выбора систем удобрения и предшественников.

Практическая значимость. При возделывании озимой пшеницы на чернозёме выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольской возвышенности рекомендуется применение расчетной системы удобрения, позволяющей получать наибольшую продуктивность культуры с 1 га посевов по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох.

Предложена экологически эффективная биологизированная система удобрения, стабилизирующая кислотно-основные показатели почвы на уровне естественного агрохимического фона.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы в ЗАО «Красная Заря» Новоалександровского района и ООО «Раздолье» Шпаковского района на общей площади 450 га. Рекомендованные системы удобрения используются в технологии возделывания культур в хозяйствах, увеличивая урожайность на 0,3–0,7 т/га, а прибыль – на 0,5–1,8 тыс. руб.

Апробация работы. Основные результаты исследований диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета, Горского государственного аграрного университета, Кубанского государственного аграрного университета, Дагестанского государственного аграрного университета им. М. М. Джамбулатова и др. (2011–2015 гг.).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликованы 8 работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы, включающего 153 источника, из них – 20 зарубежных авторов, и приложений. Работа изложена на 180 страницах машинописного текста, содержит 14 таблиц, 14 рисунков, 57 приложений.

Автор выражает глубокую признательность коллективу кафедры агрохимии и физиологии растений, профессорам А. Н. Есаулко, В. В. Агееву, доцентам М. С. Сигида, С. А. Коростылеву, Е. В. Голосному, О. Ю. Лобанковой, Л. С. Горбатко, Ю. И. Гречишкиной, А. А. Беловоловой, старшему преподавателю Е. А. Саленко, ассистенту А. Ю. Фурсовой, аспирантам А. П. Гринько, Е. А. Седых, Д. Е. Галда, А. Ю. Гуруевой и остальным сотрудникам кафедры за полученные в процессе выполнения работы консультации и советы.

Особую признательность выражаю научному руководителю, доктору биологических наук, профессору Анатолию Ивановичу Подколзину за его непосредственное участие в разработке программы-методики и обсуждении полученных результатов научных исследований.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1. Приемы мобилизации почвенного плодородия

Разнообразные мероприятия, сопровождающие сельскохозяйственное освоение земель, вызывают существенные изменения физических и водно-физических свойств. Они связаны с различными явлениями, зачастую это обусловлено трансформациями в минералогическом составе почв (Шеуджен А. Х., 2004; Есаулко А. Н., 2009).

Неповторимым свойством земли, которое делает ее не только незаменимым, но и вечно сохраняемым и неизнашиваемым средством производства, источником жизни населения нашей планеты на протяжении многих тысячелетий, является ее плодородие. Менялись общественно-экономические формации, возникали и исчезали великие империи, набирал обороты научно-технический прогресс, но забота о «хлебе насущном», плодородии земли никогда не утрачивала своей актуальности. Она остается такой же актуальной и в наше время, когда коренные изменения в общественно-политической и экономической жизни России в начале девяностых годов прошлого столетия повлекли за собой существенные изменения и в агропромышленном комплексе страны (Кочергин А. Е., 1985; Ганжара Н. Ф., 2001; Лошаков В. Г., 2012).

Плодородие почвы – интегрирующая системная способность почвенных процессов и свойств с заложенным в нем результатом длительного периода почвообразования, это многопараметровые свойства, включающие как количественные, так и качественные характеристики, отражающие особенности функционирования конкретной почвы, ее внутреннюю структуру и внешние связи. В многогранном понятии плодородия каждая его составляющая важна и незаменима (Агеев В. В., 1999; Ягодин Б. А., 2002; Подколзин А. И., 2004; Knayazhneva E. V., 2006).

Для плодородия почвы важны оптимальное содержание элементов питания и свойства, которые способствуют нормальному усвоению этих

элементов (Вальков В. Ф., Штомпель Ю. А., Тюльпанов В. И., 2002; Иванов А. Л., 2010).

При оценке плодородия почвы определяющее значение имеет ее гумусное состояние. Значительную часть территории Ставропольского края занимают почвы с низким и очень низким содержанием гумуса – 61%, со средним – 25, высоким всего – 14% (Подколзин А. И., 2004; Храпач А. В., 2008; Сычев В. Г., 2009).

Основным источником органического вещества, поступающего в почву, служат остатки растений, которые в виде корневой системы, листостебельной массы, стерни и т. д. являются первичным материалом для формирования органического вещества почвы в виде гумуса. Оно играет важную роль в создании почвенного плодородия. С содержанием и качественным составом органического вещества, поступающего в почву, связаны агрохимические свойства и режим питания растений, физико-химические, биологические и биохимические свойства почвы (Шевцова Л. К., 1991; Есаулко А. Н., 2006; Тивиков А. И., 2007).

В результате деятельности почвенных микроорганизмов и беспозвоночных животных происходит преобразование органического вещества отмирающих растений. Чем лучше эти условия (температура, влажность, содержание питательных веществ, рН, газовый режим), тем интенсивнее протекает микробиологическая деятельность (Кононова М. М., 1984; Савич В. Н., 2001; Буланкина Л. И., 2004; Кумахов В. И., 2004).

Удобрение почвы выполняет не только функции пополнения питательных веществ для растения, но и их мобилизации в почве в доступную форму, повышения энергии жизненных процессов в почве, улучшения их свойств. Следовательно, научно обоснованная система удобрения выполняет важные экологические функции при применении ее в агроэкосистеме. Исследования в области применения удобрений показывают, что продуктивность культур звена севооборота существенно увеличивается с ростом длительности применения удобрений. Причем чем беднее почва

подвижными питательными элементами, тем эффективнее применение удобрений (Храпач А. В., 2008; Голосной Е. В., Агеев В. В., Подколзин А. И., 2013).

Среди элементов минерального питания, необходимых для нормального роста и развития озимой пшеницы, как, впрочем, и любого другого вида растений, главенствующая роль принадлежит азоту. Как писал в своих трудах Д.Н. Прянишников (1945): «Ни один из элементов минеральной пищи растений, поступающих через корни, не входит непосредственно в состав органических веществ, образуемых растениями, в таких количествах, как азот...» (Прянишников Д. Н., 1952; Сычев В. Г., 2005; Сокаев К. Е., 2009).

Обеспечение сбалансированного уровня азотного питания растений посредством применения оптимальных доз азота является не только определяющим условием высокоэффективного его использования в продукционном процессе, но и немаловажным фактором стабилизации азотного фонда почвы и снижения непроизводительных потерь этого элемента питания (Buganova S., 2015). Внесение минерального азота в соответствии с потребностью в нём растений позволяет избежать чрезмерного накопления в почве нитратов, избыток которых, как известно, приводит к усилению его потерь вследствие выщелачивания и денитрификации (В.В. Агеев, 2005; В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен, 2012).

Однако необходимо учитывать, как отмечает В.В. Агеев с соавторами (1999), что потребность в элементах питания в процессе вегетации озимой пшеницы неодинаковая. Усиленное потребление азота отмечается в два периода: в начале роста и во время налива зерна. Его дефицит в первом случае приводит к снижению урожая, а во втором – к заметному ухудшению качества. Избыточное питание азотом ведет к усилению ростовых процессов, сильной кустистости и полеганию. Корневая система при этом растет слабее, чем надземная масса. Наибольшая часть азота в зерно поступает из листьев и лишь 16–18% из корней.

По мнению многих ученых (Афендулов К. П., 1973; Бельтюков Л. П., 2004; Шеуджен А. Х., 2004; Агеев В. В., 2008), при внедрении прогрессивных сельскохозяйственных систем земледелия целенаправленное регулирование пищевого режима почв, расширенное воспроизводство почвенного плодородия и в то же время рост производства продукции растениеводства могут быть достигнуты лишь при условии внесения научно обоснованных доз минеральных и органических удобрений.

Многочисленные данные исследований большого числа ученых свидетельствуют о высокой отзывчивости сельскохозяйственных культур на своевременно внесенные дозы минеральных и органических удобрений при недостаточном содержании в почве соответствующих питательных элементов (Антыков А. Я., Стоморев А. Я., 1970; Агафонов Е. В., 2004; Державин Л. М., 1992, 2011; Виноградова И. А., 2011; Гречишкина Ю. И., 2012; Golba J., 2013).

Опыты по влиянию систем удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного, проведенные В.И. Кумаховым (2004), свидетельствовали о том, что в почве под озимой пшеницей с начала всходов без удобрения накапливается 27,6 мг/кг минерального азота, в кущение – 20 мг/кг, а к фазе колошения уменьшается до 10 мг/кг. На вариантах с удобрениями (N₉₀P₅₀K₄₀) содержание минерального азота увеличилось до 34,2 мг/кг и оставалось более высоким до конца вегетации.

Содержание общего азота в почвах Ставрополя находится в пределах 0,15–0,30%. Питание растений предопределяет уровень содержания в почве доступных форм азота (Подколзин А. И., 2000; Агеев В. В., 2006; Жученко А. А., Трухачев В. И., 2011; Есаулко А. Н., 2012).

В условиях Юга России к посеву озимой пшеницы в пахотном слое накапливается NO₃ (мг/кг почвы): после горохо-овсяной смеси – до 60, гороха – 45–60, озимой пшеницы – 35–40, кукурузы – 30–40, подсолнечника, сахарной свеклы – 15–35. Возможный после уборки колосовых, кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы острый дефицит нитратного азота

предполагает внесение под одну из допосевных культиваций азотных удобрений. Влияние предшественников отчетливо сохраняется до массового кущения. Перед уборкой пшеницы содержание нитратов в слое почвы 0–20 см независимо от предшественников, составляет 3–12 мг/кг почвы (Храмцов И. Ф., 1997; Жиленко С. В., 2008; Филин В. И., 2010).

Потребность в азотных удобрениях корректируется по результатам почвенно-растительной диагностики азотного питания растений. Наряду с азотными нужно будет значительное количество фосфорных и калийных удобрений для компенсации выноса фосфора и калия урожаем. Кроме того, дополнительно к выносу увеличится потребность в фосфорных и калийных удобрениях для доведения содержания в почве подвижных форм P_2O_5 и K_2O до рациональных уровней за ротации севооборотов, целесообразность создания которых доказана результатами многолетних отечественных и зарубежных исследований и мировым производственным опытом (Шапошникова И. М., 2004; Сычев В. Г., 2005; Айсанов Т. С., 2013).

Одним из главных лимитирующих факторов в получении высокого урожая сельскохозяйственных культур в большинстве регионов мира является низкий уровень естественного плодородия почв. Считают, что фосфатный уровень почв является характерным признаком их плодородия, а его увеличение – показателем роста их окультуренности (Александрова Л. М., 1980; Дзанагов С. Х., 2004; Воронкова Н. А., 2013).

По данным В. В. Агеева и А. И. Подколзина (2001), на содержание фосфатов в почве существенное влияние оказывают влажность почвы, её температурный режим. Резкие колебания влажности почвы в пахотном слое могут приводить к перегруппировке активных фосфатов и увеличению содержания труднорастворимых форм. В течение вегетации растений разница в содержании подвижных форм в пахотном слое между максимумом и минимумом достигает 1,5–2,0 раза (Есаулко А. Н., 2006; Воронкова Н. А., 2010).

При характеристике фосфатного режима почвы необходимо определять такие показатели, как валовое содержание фосфора, общее содержание минеральных и органических фосфатов, фракционный состав минеральных фосфатов и другие соединения (Кочергин А. Е., 1968; Шамрай Л. А., 1983; Минеев В. Г., 1995, 2004; Леганова Т. Е., 2004).

Черноземы выщелоченные по содержанию водорастворимых фосфатов существенно уступают обыкновенным. Глубокое рыхление чернозема выщелоченного способствует накоплению не только влаги, нитратного азота, но и водорастворимой кислоты. Так, при чизелевании на глубину 45 см в 0-45 см слое почвы водорастворимых фосфатов содержалось 2,9 мг/кг, то же на глубину 35 см – 2,5; то же на глубину 25 см – 2,9 мг/кг почвы (Аристархов А. Н., 2000; Голосной Е. В., 2013).

Исследованиями, проведенными агрохимцентром «Ставропольский» в течение трех лет в хозяйствах различных зон, показано, что динамика подвижных форм фосфора в почве под озимой пшеницей мало зависела от предшественника и влагообеспеченности почвы в период вегетации.

В среднем по всем пунктам исследований в период кущения количество подвижного фосфора в пахотном слое составляло 53, во время трубкования – 55, колошения – 53 и в период полной спелости – 45 кг/га. Подобная закономерность отмечена и для метрового слоя почвы (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2001; Куприченков М. Т., 2005; Есаулко А. Н., 2008; Жученко А. А., Трухачев В. И., 2011).

Большинство почв Ставропольского края, хотя и имеют сравнительно высокую обеспеченность валовыми формами фосфора (0,11–0,16%) в пахотном слое, однако основная часть фосфорных соединений находится в труднодоступной для растений форме. В период исследований содержание подвижного фосфора в почве колебалось от 14 до 33 мг/кг (Дорожко Г. Р., 1994; Подколзин А. И., 2004; Агеев В. В., 2005).

В. И. Кумахов (2004) и В. Д. Муха (2009) в своих работах отмечали, что при внесении минеральных удобрений ($N_{110}P_{60}K_{40}$) под озимую пшеницу

содержание подвижного фосфора в фазе всходов составляло 90, в фазу выхода в трубку – 140 и при восковой спелости – 101 мг/кг. На фоне без удобрения содержание подвижного фосфора под озимой пшеницей колебалось: всходы – 64, выход в трубку – 72, восковая спелость – 68 мг/кг.

При выборе приемов внесения удобрений важно знать потребность культуры в отдельных питательных элементах по фазам роста и возможность размещения их в зоне наибольшего соприкосновения с корневой системой. Существенное влияние на выбор приемов внесения удобрений оказывают свойства самих удобрений, степень их подвижности, особенности взаимодействия с почвенным поглощающим комплексом, наличие в удобрении балластных элементов и отношение к ним сельскохозяйственных культур. От выбора приема внесения и способа заделки удобрений в значительной мере зависит размещение их в пахотном слое (Вальков В. Ф., 1977, 2002; Минеев В. Г., 2004; Есаулко А. Н., 2008; Несмеянова Н. И., 2008; Сигида М. С., 2007, 2008; Текиева М. И., 2010).

Фосфорные и калийные удобрения должны при допосевном внесении заделываться на глубину пахотного слоя во влажный горизонт почвы, что сократит закрепление их в почве в труднодоступной форме (Щукин В. Б., 2006; Филин В. И., 2007; Шеуджен А. Х., 2009; Голосной Е. В., 2013).

Калий является важным и незаменимым элементом минерального питания растений. Валовое содержание калия в почвах может сильно колебаться и в основном зависит от состава минералов и почвообразующих процессов, а также от их гранулометрического состава. Тем не менее при изучении основных элементов-биофилов ему традиционно уделяется наименьшее внимание. На минимальном уровне находится и использование калийных удобрений в России (Шапошникова И. М., 2004; Вальков В. Ф., 2014).

Как утверждает В.И. Кумахов (2004), в разработке проблем калийного питания в системе севооборота на черноземах существует противоречивое мнение. Многие исследователи и работники сельскохозяйственного

производства утверждают, что черноземы высоко обеспечены подвижным калием, и поэтому пренебрегают внесением высоких доз удобрений и иногда совсем их не вносят. Но выращивание высоких урожаев зерновых культур с внесением больших доз азота и фосфора приводит к постепенному истощению резервов обменного калия в почве.

Почвы Ставропольского края характеризуются в целом как хорошо обеспеченные калием. Площади со средней и повышенной обеспеченностью калием составляют 75–98% от общей площади земельного фонда. Однако результаты агрохимического обследования показывают существенные изменения наличия этого элемента за время исследований (Подколзин А. И., 2004; Есаулко А. Н., 2006; Агеев В. В., 2007; Джанаев З. Г., 2008).

Многолетние наблюдения за концентрацией форм калия на выщелоченном черноземе однозначно указывают на достоверное снижение содержания элемента, которое соответственно вариантам опыта составило 9,5–11,8%. Объясняется это структурой севооборота, уровнем обеспеченности почвы гумусом, N и P, отрицательным балансом элемента под культурами и в целом по севообороту, обильным выпадением осадков, применением повышенных доз азота и фосфора (Кочергин А. Е., 1985; Агеев В. В., Демкин В. И., 1999; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2001; Лошаков В. Г., 2012).

Ввиду того, что влияние удобрений на черноземных почвах на содержание обменного калия, как правило, менее существенно, чем на содержание подвижного фосфора и минерального азота, в связи с чем, концентрации этого элемента в почве большого внимания, как правило, не уделяется (Ягодин Б. А., 2002; Прокошев В. В., 2006; Шевченко В. А., 2010).

В условиях заметного снижения объема применения минеральных туков роль органических удобрений значительно возрастает. Огромное значение они имеют в связи с внедрением в севооборотах биологизированных систем удобрения. Наравне с навозом на первое место выдвигаются сидераты, особенно в промежуточных посевах с

комбинированным использованием зеленой массы (Жученко А. А., Трухачев В. И., 2011).

И. М. Шапошникова (2004) и В. И. Никитишен (2007) указывают на то, что недостаточные объемы применения навоза приводят к дефициту баланса N, P, K, микроэлементов, падению содержания гумуса в почвах. По мнению автора, одной из возможностей решения данной проблемы является заплата измельченной соломы. Идея эта выглядит очень привлекательной, поскольку 1 т соломы содержит примерно 5 кг N, 2,5 кг P₂O₅, 8 кг K₂O и более 300 кг углерода. Однако ее реализация требует решения дополнительных задач, в частности одновременного внесения азотных удобрений с целью уменьшения соотношения углерода и азота.

Поля сельскохозяйственного назначения являются открытыми системами, что приводит к постоянному отчуждению питательных веществ с почвы поля и в данном случае источником органического вещества являются растительные остатки в виде корневой массы, стерни и т. д. (Вильямс В. Р., 1951). После уборки сельскохозяйственной культуры они попадают в почву и удобряют ее, в них содержится полный набор микро- и макроэлементов, что делает их ценным органическим удобрением (Дьяконова К. В., 1990; Тивиков А. И., 2007).

Влияние органических удобрений на водно-физические свойства почвы наглядно иллюстрируют данные, полученные В. Г. Минеевым с сотрудниками (2010) в многолетнем полевом опыте. Авторы изучали воздействие навоза и эквивалентных по количеству элементов питания доз минеральных удобрений. Как следует из их данных, приемы, направленные на повышение гумусированности почвы, а также количество послеуборочных остатков способствовали улучшению изучаемых показателей. При этом воздействие навоза на водно-физические свойства чернозема было заметно выше по сравнению с минеральными удобрениями.

Плодородие определяется содержанием в почвах азота, фосфора, калия и других биогенных элементов, необходимых для питания растений и

поддержания их различных физиологических функций. Большое значение имеют также свойства почвы, ее характеристики, создающие определенные экологические условия, среду для жизнедеятельности растений. К ним относят реакцию почвенной среды (рН), физические свойства, содержание солей, гранулометрический состав, каменистость, солонцеватость, увлажненность и др. (Тюльпанов В. И., 2001; Вальков В. Ф., Штомпель Ю. А., Тюльпанов В. И., 2002; Агеев В. В., 2005; Есаулко А. Н., 2006; Шеуджен А. Х., 2008; Айсанов Т. С., 2012).

1.2. Влияние длительного применения систем удобрений на агрохимические показатели почвы

При разработке, научном обосновании и освоении систем удобрений первостепенное значение имеют сведения, полученные в длительных опытах, проведение которых основано на комплексном подходе к изучению взаимосвязи плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур в системе «почва – растение – удобрение» (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2006; Агеев В. В., 2007; Голосной Е. В., 2013).

Однако исследования многих авторов свидетельствуют о том, что при длительном применении удобрений изменяется структура почвенного покрова Западного Предкавказья. Причины ухудшения структуры почвы исследователи разделяют на 3 группы: механическое воздействие тяжелой сельскохозяйственной техники, особенно при работе на влажной почве, внедрение одновалентных катионов в почвенный поглощающий комплекс, усиливающееся при внесении физиологически кислых минеральных удобрений, и потеря гумуса как основного структурообразователя (Солдатенко А. Г., 2004; Айсанов Т. С., 2012).

Отмечается также декальцирование почвы и возрастание кислотности, что отрицательно сказывается и на других показателях плодородия. Замещение в почвенном комплексе кальция на водород снижает буферность почв, увеличивает гидролитическую кислотность. В дальнейшем может

возникнуть потребность в химической мелиорации черноземов. Следовательно, снижение буферной способности почв как следствие их дегумификации, а также систематическое применение физиологически кислых удобрений приводят к снижению емкости поглощения, декальцированию, увеличению кислотности, ухудшению физических показателей почвы (Цховребов В. С., 2003; Жиленко С. В., 2011).

В. С. Цховребов (2008) и А. И. Подколзин (2012) в своих работах указывают на то, что выщелоченные чернозёмы представляют собой один из подтипов черноземов, находящихся в первой стадии деградации. В процессе почвообразования значительную трансформацию претерпела минеральная основа почв. Наибольший дефицит эти почвы испытывают в фосфоре, кальции, сере и микроэлементах, таких как медь, марганец, цинк, кобальт, молибден. Кроме того, они характеризуются средним или низким содержанием калия. Активное развитие процессов слитизации диагностируется по появлению глубоких вертикальных трещин и обесструктурированию почв

Как известно, распашка целинных земель всегда связана с неотвратимой утратой части органического вещества вследствие усиления минерализационных процессов. Учеными доказано также, что с течением времени в агрогенных почвах так или иначе наступает динамическое равновесие между синтезом и распадом на более низком его уровне. Примерно с 70-х годов 20-го столетия такая стабилизация уже установилась в незероированных почвах Предкавказья (Тюльпанов В. И., 2001; Куприченко М. Т., 2005).

При этом С. В. Жиленко (2008) утверждает, что, несмотря на низкие поставки минеральных удобрений, за последние годы резко возросло внесение минеральных удобрений на 1 га посева. В сельскохозяйственных организациях АПК в период 2005–2008 гг. оно составило 25–36 кг/га почв, но главным образом за счет повышения норм применения удобрений под фабричную сахарную свеклу, овощебахчевые культуры и картофель.

Под зерновые культуры за эти годы было внесено от 30 до 40 кг/га посева. Это подтверждают исследования П. А. Чекмарева (2009) и В. А. Шевченко (2010). По их мнению, за последнее десятилетие в целом в земледелии Российской Федерации отмечается положительная тенденция в применении удобрений на гектар посева сельскохозяйственных культур

В то же время В. В. Балашов (2007) и Ю. А. Вальков (2009) указывают на то, что за последние 8–10 лет резко сократилось количество вносимых промышленных и местных удобрений. Это, как считают ученые, привело к отрицательному балансу элементов питания в земледелии, снижению уровня плодородия почв и урожаев возделываемых культур.

Возделывание сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям невозможно без применения удобрений, которые являются мощным антропогенным фактором, влияющим на плодородие черноземов. Однако, несмотря на устойчивость гумусового состояния, длительное применение удобрений приводит к количественным и качественным изменениям его параметров (Бельчикова Н. П., 1965; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005; Есаулко А. Н., 2006; Богуславская Н. В., 2007).

Черноземы выщелоченные являются ценными в сельскохозяйственном отношении почвами. Их плодородие, прежде всего, определяется гумусовым состоянием, которое оказывает влияние на важнейшие свойства и режимы почв. Гумусовое состояние черноземов формируется в результате процессов, происходящих не только в почве, но и в агроэкосистеме в целом. Одним из наиболее информативных и представительных показателей гумусового состояния является групповой и фракционный состав гумуса, по которому можно судить о генезисе и направленности почвенных процессов (Ганжара Н. Ф., 1997; Подколзин А. И., 2004).

Главным фактором увеличения гумусированности почвы по сравнению с неудобренным вариантом являлось внесение повышенных доз навоза. При внесении навоза 50 т/га и $N_{45}P_{45}K_{45}$ содержание и запасы гумуса увеличились соответственно на 0,83 абсолютных процента, или на 18,6 т/га.

В остальных вариантах повышение гумусированности почвы было не столь значительным (Минакова О. А., 2011).

Например, полувековые исследования, проведенные в Краснодарском крае (1928–1978 гг.), показали существенное снижение содержания гумуса, декарбонизацию чернозема выщелоченного в почвенном поглощающем комплексе (ППК), возрастание доли магния, повышение кислотности почвы (Шеуджен А. Х., 2004, 2008; Сигида М. С., 2008).

Последовательное решение проблемы увеличения и улучшения качества продукции сельскохозяйственных культур на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири неразрывно связано с необходимостью поддержания их потенциального и эффективного плодородия. Один из основных способов сохранения плодородия почв и повышения продуктивности агроценозов – рациональное применение минеральных и органических удобрений (Кочергин А. Е., 1968; Синягин И. И., Кузнецов Н. Я., 1979; Минеев В. Г., 1988).

Систематическое применение навоза КРС в дозе 10 т/га пашни в севообороте увеличило содержание гумуса на 0,26%. При комплексном использовании минеральных удобрений и навоза ($N_{28}P_{65}K_{28}+10$ т/га навоза) оно возросло на 0,41%. Действие соломы на гумусовый режим почвы было несущественным (Воронкова Н. А., 2013).

Расчет баланса гумуса за 2007 г., выполненный А. В. Храпач (2008), свидетельствует о том, что дефицит гумуса в Ставропольском крае снизился до 476 кг/га. Прежде всего это произошло за счет возросшего количества внесенного навоза: вместо 700 тыс. тонн его внесено около 4 млн. т. Чаше стало практиковаться и внесение соломы в качестве удобрения. Возросли и объемы применения минеральных удобрений (Муравин Э. А., 2010).

В земледелии Ставропольского края, несмотря на отрицательный баланс гумуса, налицо тенденция снижения его дефицита, если пополнение почвы свежим органическим веществом и минеральными удобрениями будет

носить позитивный, устойчивый характер в сторону возрастающих объемов (Куприченков М. Т., 1986; Антонова Т. Н., 2007).

Ряд ученых указывают, что баланс гумуса в севообороте на естественном агрохимическом фоне зависит от ротации и уровня урожайности сельскохозяйственных культур в нем. В первую ротацию дефицит гумуса в среднем за год достиг 0,3 т/га; во вторую удвоился, при увеличении расходной части на 0,1 т/га; в приходной же части на 20,5% уменьшилось количество растительных остатков, усилилась минерализация органического вещества за счет интенсивных обработок почвы. Интенсивность баланса гумуса составила 67% в первую и 71% во вторую ротацию севооборота, что следует отнести на счет биологических факторов формирования гумусного потенциала почвы и, прежде всего, чередования культур и их биологических особенностей (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2001; Голосной Е. В., 2008).

Исследования многих авторов показали, что групповой и фракционный состав гумуса является относительно стабильным показателем, очень медленно изменяющимся во времени. Однако длительное антропогенное воздействие на черноземы приводит к изменениям параметров их гумусового состояния. Эти изменения могут носить негативный характер (Куприченков М. Т., 1986; Минакова О. А., 2011).

Большинство ученых считают, что лучшие условия для гумусонакопления создаются при совместном внесении навоза и минеральных удобрений. Систематическое внесение органических и минеральных удобрений на выщелоченном черноземе стабилизировало содержание гумуса в пахотном горизонте и поддерживало его на исходном уровне, 3,41–3,53%. Без применения удобрений содержание гумуса снизилось до 3,28 %. Об этом сообщают В. В. Агеев, А. И. Подколзин (2001), А. Н. Есаулко (2006), Т. Н. Антонова (2007), О. В. Костин (2009) и Z. C. Yang (2015).

Интенсивное использование сельскохозяйственных угодий приводит к постепенному истощению пахотного горизонта. Минеральные элементы питания используются растениями и отчуждаются с урожаем или постепенно вымываются в более глубокие слои почвы. Происходит снижение уровня эффективного плодородия почв, которое внесением одних только удобрений поправить невозможно (Гришина Л. А., 1986; Цховребов В. С., 2008).

Проведенные А. Г. Солдатенко (2004) 30-летние исследования (1969 – 1999 гг.) показывают, что длительное возделывание полевых культур в зернопропашном севообороте без внесения удобрений ведёт к существенным потерям гумуса – на 0,27% по отношению к исходному его содержанию. Из всех вариантов органических удобрений в опыте только вариант 2 с внесением 40 т/га подстилочного навоза обеспечил небольшой прирост гумуса - на 0,06%. Остальные варианты удобрений, как минеральный, так и органические, не создавали бездефицитного баланса гумуса, они только уменьшили его потери по сравнению с контролем (1,3).

Исследованиями, проведенными в условиях Ставропольского края, установлено снижение содержания гумуса за 30 лет в пахотном горизонте черноземов обыкновенных на 20,7%, каштановых почв – на 15,4%, черноземов типичных и выщелоченных – на 13,7%, темно-каштановых – на 9,9%, светло-каштановых – на 8,5%, черноземах южных – на 6,4% (Подколзин А. И., 2004).

О. А. Минакова (2011) по результатам своих исследований в условиях зерносвекловичного севооборота стационарного опыта Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара имени А. Л. Мазлумова (Рамонский р-н, Воронежская обл.) писала, что длительное (в течение 73 лет) применение удобрений способствовало увеличению содержания валового гумуса относительно неудобренного варианта. Удобрения оказывали как прямое, так и косвенное влияние на повышение содержания гумуса в почве. При внесении навоза источником гумуса в почве являлось органическое вещество навоза (прямое влияние) и пожнивно-

корневые остатки (косвенное влияние), при использовании минеральных удобрений – только пожнивно-корневые остатки предшествующей культуры.

Мощным фактором формирования почвенного плодородия является групповой и фракционный состав гумуса, поскольку он влияет на многие свойства почвы.

С гумусовым состоянием почвы тесно связано и ее азотное состояние. Азот – один из основных элементов питания, и его растения потребляют в большем количестве, чем любой другой элемент корневого питания. Почвенный азот в основном представлен органическими соединениями, входящими в состав гумуса, и только небольшая его часть находится в виде неорганических соединений – нитратов и аммония. В состав минерального азота входят нитратная ($N-NO_3$) и аммонийная ($N-NH_4$) формы (Никитишен В. И., 2006; Минакова О. А., 2011; Айсанов Т. С., 2013).

Валовое содержание азота в почвах тесно коррелирует с запасом гумуса, так как основная его часть входит в состав специфических гумусовых веществ. Переводя азот из одной формы в другую, организмы получают энергию для своей жизнедеятельности. В ходе данных реакций, а также в процессе разложения и синтеза гумусовых веществ в почве образуются различные формы минерального и органического азота (Кураков В. И., 2006; Бузов В. А., 2010).

Н. А. Воронкова (2013) на основании результатов исследований, проводившихся в условиях длительного стационарного многофакторного опыта, заложенного на черноземе выщелоченном Западной Сибири, пишет, что внесение минеральных удобрений и навоза обеспечивает увеличение содержания нитратного азота (слой почвы 0–40 см) соответственно на 20–47 и 32%, подвижного фосфора (слой почвы 0–20 см) – на 43–81 и 22%. Использование в качестве органического удобрения измельченной при уборке соломы не оказывает существенного влияния на азотный и фосфорный режимы почвы.

Как утверждает О.А. Минакова (2011), при применении удобрений изменялась подвижность азотистых соединений чернозема выщелоченного: увеличивалось количество легкогидролизуемого азота (на 108–139% от контроле слое 0–20 см и на 46–66% в слое 20–40 см), трудногидролизуемого азота – на 27–52% в слое 0–20 см и на 40–57% в слое 20–40 см), снижалось содержание негидролизуемых, трудногидролизуемых форм в составе общего азота, что свидетельствовало о большей доступности соединений азота растениям.

Многочисленные опыты ученых Ставропольского ГАУ по влиянию различных систем удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного в условиях длительного стационарного опыта свидетельствуют о том, что валовое содержание азота в почвах тесно коррелирует с запасами гумуса, так как основная его часть входит в состав специфических гумусовых веществ (Подколзин А. И., 2004; Есаулко А. Н., 2006; Агеев В. В., 2008).

На естественном агрохимическом фоне содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы под влиянием временного фактора существенно снижалось на 3,8–4,7 мг/кг. Значимость систем удобрений в формировании потенциала минерального азота в пахотном слое, в первую очередь, определялось содержанием в системе азотсодержащих удобрений, их качеством; системы удобрения сглаживали отрицательное влияние временного фактора на содержание минерального азота в пахотном слое почвы (Сигида М. С., 2008).

Системы удобрения существенно превышали по содержанию минерального азота естественный агрохимический фон. Наиболее эффективно формировали потенциал минерального азота биологизированная и расчетная системы удобрения. Формирование потенциала минерального азота рассматриваемыми приемами мобилизации почвенного плодородия не ограничивалось пахотным слоем, а распространялось на глубину метрового профиля чернозема выщелоченного: под влиянием временного фактора

содержание минерального азота в метровом профиле почвы существенно снижалось (Есаулко А. Н., 2006; Полоус Г. П., 2007; Голосной Е. В., 2013).

Современные представления о фосфатном режиме почв основаны на том, что растения поглощают фосфор в основном в форме ортофосфатов.

Систематическое применение фосфорных удобрений в зернотравяном севообороте чернозема выщелоченного Западной Сибири в дозе Р45 как отдельно, так и в сочетании с соломой, обеспечивало положительный баланс фосфора с интенсивностью 136–195% и ежегодное увеличение содержания подвижного фосфора в почве на 2–3 мг/кг. Затраты сверх выноса на увеличение содержания подвижного фосфора в почве составили 43–62 кг/га. Внесение соломы снижало общие затраты фосфора, использованные на увеличение содержания подвижного фосфора в почве и компенсацию выноса растениями на 25–27 кг/га (Воронкова Н. А., 2010).

На основании исследований, проведенных в условиях стационарного опыта Ставропольского ГАУ, можно наблюдать, что на контроле и при одинарной насыщенности севооборота удобрениями содержание подвижного фосфора по сравнению с исходным за первые 10 лет наблюдений снизилось на 2 мг/кг почвы. Двойная и тройная насыщенность севооборота удобрениями соответственно в 2 и 4 раза замедлила скорость движения содержания подвижного фосфора, а почва, как и прежде, остается в группировке с повышенной обеспеченностью элементом (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005; Голосной Е. В., 2013).

В конце второй ротации отмечено снижение содержания подвижного фосфора в почве на всех вариантах опыта (1991 г.). В зафиксированном состоянии почва на контроле, на вариантах с одинарной и тройной насыщенностью из группы с повышенной обеспеченностью трансформировалась в группу со средней обеспеченностью, а вариант с двойной насыщенностью условно соответствовал повышенной обеспеченности (Агеев В. В., 2007; Сигида М. С., 2008).

Систематическое применение различных видов и форм удобрений в севообороте повышало подвижность фосфора, что в совокупности с чрезмерно влажными погодными условиями в 1985/86–1990/91 сельскохозяйственные годы способствовало значительной миграции его в подпахотный слой и необменному поглощению глинистыми минералами и оксидами. В первой половине 3-й ротации севооборота выпадение осадков и распределение их по периодам вегетации значительно уменьшилось, что привело к увеличению содержания P_2O_5 на 3–4 мг/кг почвы по сравнению с 1991 г. (Есаулко А. Н., 2006, 2008; Агеев В. В., 2008; Гречишкина Ю. И., 2012).

Последние 5 лет наблюдений за формированием калийного потенциала однозначно указывают на достоверное снижение содержания обменного калия. По сравнению с показателями 1986 г. на сегодняшний день содержание K_2O соответственно вариантам опыта снизилось на 11,2; 9,5; 11,6; 11,8%. Объясняется это структурой севооборота, уровнем обеспеченности почвы гумусом, N и P, отрицательным балансом элемента под культурами и в целом по севообороту, обильным выпадением осадков, применением повышенных доз азота и фосфора (Есаулко А. Н., 2012; Айсанов Т. С., 2013).

В связи с последним, несмотря на пониженную подвижность калия по сравнению с азотом, он в большей степени мигрирует по профилю почвы, чем фосфор. В первой половине 3-й ротации севооборота содержание обменного калия при применении удобрений стабилизировалось на уровне 1991 г., а на естественном агрохимическом фоне упало еще на 8,1%. Поэтому в ближайшей перспективе ожидается повышение эффективности применения калийных удобрений в севообороте (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2006; Агеев В. В., 2007).

Являясь одним из основных показателей плодородия почвы, содержание в почве гумуса напрямую зависит от объемов применяемых не

только минеральных удобрений, но и органических (Вальков В. Ф., 1977; Дзанагов С. Х., 2004; Есаулко А. Н., 2008).

Исследования по выявлению влияния применения удобрений в условиях севооборота на изменение агрохимических свойств почв показали, что содержание гумуса в большей мере сохраняется и даже повышается при совместном применении минеральных и органических удобрений. Применение одних органических удобрений поддерживало количество гумуса в почве (Шеуджен А. Х., 2004; Буланкина Л. И., 2004; Hue N. V., 2011).

В своих работах по влиянию длительного применения удобрений на выщелоченных черноземах Н. А. Воронкова (2010) указывает на то, что при использовании навоза в севообороте в почву ежегодно поступало до 25 кг P_2O_5 /га. Содержание подвижного фосфора в почве увеличилось на 19% по сравнению с исходным содержанием. Положительное действие навоза на фосфатный режим почвы объясняют тем, что под влиянием органического вещества навоза усиливаются микробиологические процессы в почве, в результате чего повышается растворимость и доступность растениям элементов минерального питания.

Как указывает Н. А. Воронкова (2013), после 2-й и 3-й ротаций севооборота прирост содержания P_2O_5 в почве определялся в основном дозой внесения фосфорных удобрений. Зависимость содержания подвижного фосфора в почве от внесенного количества P_2O_5 с удобрениями была высокой ($r = 0,95-0,99$).

При использовании навоза КРС в дозе 10 т/га севооборотной площади в почву ежегодно поступало не менее 25 кг P_2O_5 /га. Применение навоза увеличило содержание подвижного фосфора в почве после 2-й ротации севооборота на 20% по сравнению с исходным содержанием. Установлена закономерность увеличения содержания P_2O_5 при совместном применении навоза и фосфорных удобрений. Запасы подвижного фосфора в почве в этих вариантах увеличились в среднем после 3-й ротации на 73% по сравнению

с вариантом без удобрений, это на 15% больше, чем при внесении только минеральных удобрений (Есаулко А. Н., 2008).

Основным препятствием для дальнейшего развития теории и практики управления плодородием почв является недостаток или отсутствие важнейших экспериментальных данных о влиянии длительного систематического применения систем удобрений в агрофитоценозах на экологическое состояние, динамику физико-химических и других основных свойств и режимов (Агеев В. В., 2008; Айсанов Т. С., 2012).

В настоящее время в исследованиях на черноземе выщелоченном на первый план вышла проблема восстановления его плодородия, повышения продуктивности возделываемых культур. Особенность создавшейся ситуации заключается в том, что достигнутый высокий уровень кислотности этого подтипа чернозема является не его генетической особенностью, как, например, на дерново-подзолистых почвах, а результатом деятельности человека (Солдатенко А. Г., 2004; Цховребов В. С., 2008; Gasior J., 2011).

Внесение минеральных или органо-минеральных удобрений в течение севооборота способствовало некоторому увеличению кислотности почвы, но в то же время повышало и содержание поглощенных оснований, что способствовало сохранению степени насыщенности основаниями в выщелоченном черноземе (Шеуджен А. Х., 2004; Подколзин А. И., 2012).

Под влиянием временного фактора, взаимодействия почвы с растениями севооборота, миграции водорастворимых ионов двухвалентных оснований наблюдалось однонаправленное и существенное подкисление пахотного слоя чернозема выщелоченного; несущественные подвижки в сторону повышения значения рН обуславливались засушливыми условиями и высокими температурами окружающей среды (Несмеянова Н. И., 2008; Коростылев С. А., 2009; Есаулко А. Н., 2012; Calegari A., 2012; Lollato R. P., 2013).

Рекомендованная и расчетная системы удобрений в 27-летнем периоде в условиях стационарного опыта Ставропольского ГАУ значительно

подкисляли реакцию почвенного раствора в 0–100 см профиле выщелоченного чернозема; балансовая, впоследствии биологизированная, система удобрения снижала в метровом профиле выщелоченного чернозема реакцию почвенного раствора в почвенных горизонтах 61–80 и 81–100 см на 0,4 ед. Воздействие систем удобрений на реакцию почвенного раствора в 0–20, 21–40, 41–60 см слое адекватно естественному агрохимическому фону, а статистически выявленные между вариантами стационара различия несущественны (Подколзин А. И., 2012; Голосной Е. В., 2013).

По данным ряда ученых (Солдатенко А. Г., 2004; Сигида М. С., 2008; Rudramurthy Н. V., 2011) длительное систематическое внесение одних минеральных удобрений под озимую пшеницу на черноземе выщелоченном привело к значительному повышению кислотности почвы к концу 3-й ротации севооборота и достигло 6,0 и 6,3 мг-кв/100 г на фонах I и II соответственно. Слабее всего этот процесс имел место при внесении подстилочного навоза, 40 т/га и соломы без добавления азота. На этих вариантах гидролитическая кислотность почвы составила 4,3 и 4,5 на фоне I и 5,3 мг-экв/100 г на фоне II.

В своих работах О. А. Минакова (2007) указывает, что применение минеральных и органических удобрений в течение 70 лет в значительной мере изменяет физико-химические свойства выщелоченного чернозема.

Применение более высоких доз NPK как на фоне 25 т/га навоза, так и без него способствовало увеличению актуальной и обменной кислотности на 0,45–0,66 и 0,38–0,96 ед. соответственно. Гидролитическая кислотность на контроле составила 3,22 мг-экв/100 г почвы. Внесение одинарной дозы NPK на фоне 25 и 50 т/га навоза практически не изменяла данную величину (Минеев В. Г., 2010; Rukshana F., 2014).

Состав поглощённых катионов оказывает большое влияние на свойства почвы и условия роста растений. Кальций коагулирует органические и минеральные коллоиды. Поэтому преобладание в составе поглощённых катионов Ca^{2+} способствует поддержанию прочной структуры и

обуславливает хорошие физические свойства почвы. Исследования О.А. Минаковой (2011) показали, что при внесении $N_{45}P_{60}K_{45}$ на фоне 25 и 50 т/га навоза сумма поглощенных оснований увеличилась на 1,0–1,1 мг-экв/100 г почвы. Применение более высоких доз минеральных удобрений снижало сумму поглощенных оснований до 26,7 мг-экв/100 г почвы.

При длительном применении удобрений в севообороте ёмкость поглощения была минимальна на контроле (31,1 мг-экв/100 г почвы), а максимальное значение, 32,6 мг-экв./100 г почвы, было достигнуто при усиленной органо-минеральной системе удобрений.

Степень насыщенности почв основаниями является важным показателем для агрономической оценки почв, в частности нуждаемости их в известковании. В нашем опыте степень насыщенности почв основаниями варьировала от 89,8–89,7 % на вариантах с внесением $N_{45}P_{60}K_{45}$ на фоне 25 и 50 т/га навоза до 84,2–83,3% на вариантах с $N_{150}P_{150}K_{150} + 50$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ кг/га.

Буферность почвы – интегрирующий показатель физико-химических свойств почвы и содержания гумуса. Систематическое внесение органических удобрений повышает ёмкость поглощения и степень насыщенности почв основаниями, а следовательно, увеличивает и ее буферность (Минеев В. Г., 1993; Малюга Н. Г., 2009; Подколзин А. И., 2012; Ано А. О., 2007).

Применение 50 т/га навоза в пару в сочетании с минеральными удобрениями повышает буферность чернозёма выщелоченного, поэтому снижается влияние физиологически кислых удобрений на поглощающий комплекс, что положительно сказывается на физико-химических свойствах чернозёма выщелоченного. Систематическое внесение повышенных доз минеральных удобрений в севообороте приводит к ухудшению состояния ППК (Кураков В. И., 2006).

Исследования Н. Г. Малюги (2009) показали, что по завершении ротации 10-польного севооборота гидролитическая кислотность достигла

величин, не свойственных данному подтипу черноземов. Кислотность возрастала пропорционально вносимым физиологически кислым минеральным удобрениям.

С возрастанием доз минеральных удобрений увеличивается актуальная и обменная кислотность, а применение навоза с минеральными удобрениями существенно ослабляло эти процессы.

Состояние почвенной кислотности в черноземах Кубани несколько изменилось к 2003 г., сократились площади пахотных земель, имеющих нейтральную реакцию среды, с 95,7 до 81,2%, и вместе с тем возросло количество площадей более кислых почв – главным образом за счет почв с близкой к нейтральной и слабокислой реакцией. Это произошло главным образом в результате воздействия на почвенный поглощающий комплекс физиологически кислых минеральных удобрений, преимущественно азотных. Исследования, проведенные в полевых опытах на выщелоченных черноземах, показали, что под воздействием 15-летнего применения минеральных удобрений в пахотном слое возрастала кислотность всех видов: актуальная, обменная и гидролитическая (Агафонов Е. В., 1992; Минеев В.Г., 2004; Есаулко А. Н., 2006; Подколзин А. И., 2012).

1.3. Влияние систем удобрений и предшественников на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Продуктивность и урожайность сельскохозяйственных культур зависят не только от почвенного плодородия, но и от других факторов жизни растений, которые можно разделить на космические (свет и тепло), атмосферные (количество и режим атмосферных осадков, перераспределение тепла, влажность воздуха, состав почвенного воздуха), литосферные (рельеф, грунтовые воды, почвообразующие породы), биосферные (фитоценоз, взаимоотношения в биоценозах) и антропогенные (Ганжара Н. Ф., 2001; Пенчуков В. М., 2011; Gondek K., 2005).

В Российской Федерации озимой пшенице отводится основная роль в увеличении производства продовольственного зерна, отмечает В. Б. Щукин (2006). За предшествующие годы накоплен огромный экспериментальный материал о положительном влиянии интенсификации земледелия (применении макро- и микроудобрений, биологически активных веществ и средств защиты растений) на урожайность этой культуры в различных зонах страны. Однако качество зерна не всегда соответствует современным требованиям мирового рынка (Минеев В. Г., 2010; Wnuk A., 2013).

В настоящее время остро стоит вопрос об увеличении урожайности и качества производимой сельхозпродукции при одновременном снижении себестоимости ее производства, особенно озимой пшеницы, как главной культуры Ставропольского края. Целый ряд химических элементов растения потребляют в весьма незначительных количествах, что и определило их название – микроэлементы. Они участвуют в сложных биологических и физиологических процессах, активизируют деятельность ферментов, витаминов, гормонов, связаны с процессами синтеза органических веществ (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005; Калашник Н. В., 2006; Балашов В. В., 2006; Жученко А. А., Трухачев В. И., 2011; Marton L., 2004).

Получение высокого урожая с хорошим качеством зерна возможно лишь при условии удовлетворения растений озимой пшеницы питательными веществами в необходимом соотношении на всех этапах органогенеза, считают Г. П. Полоус с соавт. (2007) и R. M. Rees (1997).

Оптимальным, как указывает В. В. Агеев с соавт. (1999), считается такое содержание основных элементов, при котором формируется максимально возможный урожай зерна с высоким качеством. Параметры их содержания в разные сроки вегетации пшеницы изменяются. Так, содержание азота в фазу кущения должно быть в пределах 5,0–5,5% на сырое вещество, фосфора – 0,55–0,60, калия – 3,5–4,2; в фазу трубкования 4,6–5,0; 0,45–0,50 и 3,3–4,0; колошения 3,5–4,5, 0,35–0,45, 2,8–3,4; цветения 3,0–4,0,

0,30–0,40, 2,5–2,9% соответственно (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005; Ваулина Г. И., 2009; Есаулко А. Н., 2012).

К. И. Карпович (2008), О. А. Минакова (2011) и J. Mayer (2015) указывают, что имеется большое количество сведений о действии различных систем применения удобрений в севооборотах на его продуктивность, урожайность отдельных культур на различных типах и подтипах почв. Практически во всех длительных опытах сравнивались между собой минеральные, органические, органо-минеральные (различной насыщенности) системы удобрений. На их основании можно сделать такой вывод – минеральные удобрения эффективнее при прямом действии, навоз – в последствии (Подколзин А. И., 2013).

По мнению Д. С. Орлова с соавт. (1996), чтобы обеспечить бездефицитный баланс гумуса и оптимизацию минерального питания растений, наряду с минеральными требуется вносить значительно больше органических удобрений. Недобор продукции растениеводства, как указывает И. М. Шапошникова (2004) наблюдается из-за почти восьмикратного сокращения внесения органических удобрений по сравнению с доперестроечным периодом, что составляет только за один год около 35–40 млн т зерновых ед. (Державин Л. М., 2011).

В экспериментальном севообороте Ставропольского государственного аграрного университета, расположенном в умеренно влажной зоне Ставропольского края, в 2006 г. сотрудниками кафедры агрохимии были проведены исследования с целью изучить влияние физиологически активных веществ и минеральных удобрений на биометрические показатели и урожайность озимой пшеницы.

Созданный уровень как эффективного, так и потенциального почвенного плодородия за период длительного применения систем удобрений оказал положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур севооборота (Есаулко А. Н., 2008).

Как отмечает в своих работах А. Г. Солдатенко (2004), урожайность озимой пшеницы в зернопропашном севообороте стационарного опыта в среднем по 5 предшественникам в течение 25 лет снизилась на 32–36% на разных уровнях насыщения севооборота удобрениями.

Урожайность культуры, как указывает автор, на удобренном фоне была в 1,7 раза выше, чем на неудобренном. Из вариантов опыта наиболее эффективным оказался подстилочный навоз в дозе 40 т/га как на неудобренном (38,5 ц/га), так и на удобренном фоне (50,4 ц/га), прибавки урожая составили соответственно 8,9 и 2,3 ц/га.

На обоих фонах на втором месте, по мнению ученого, по урожайности был вариант с NPK, эквивалентным содержанию в навозе, где урожаи были 36,8 и 50,0 ц/га. На обоих фонах самые низкие урожаи получены при внесении 5 т/га соломы без добавления азота и органических остатков + N₁₀ на 1 т остатков.

Как отмечал в своих работах А. Х. Шеуджен (2008): «Изменение уровня плодородия почвы под влиянием длительного внесения удобрений оказало неодинаковое воздействие на продуктивность культур. На выщелоченном черноземе применение минеральных удобрений в оптимальных дозах под возделываемые культуры повышало продуктивность культур на 30–50%».

На основании проведенных исследований в 2012 г. А. Х. Шеуджен указывает, что совместное применение органо-минеральных удобрений еще больше увеличивало продуктивность растений, и здесь отмечена наибольшая урожайность культур. Внесение одного органического удобрения повышало продуктивность растений, но урожайность была меньше, чем при использовании органо-минеральных и даже одних минеральных удобрений. Отмечается и повышение количества побочной продукции культур, что в большей мере будет насыщать почву органическим веществом и сохранять их плодородие.

В настоящее время, по мнению ряда ученых: А. И. Тивиков (2007), В. Е. Торилов (2007); Т. Н. Кожухарь (2009), G. D. Jackson (2001) перед сельскохозяйственными производителями стоит задача производить продукцию не только в большом количестве, но и качественную, что в современных экономических условиях приобретает наибольшую актуальность.

По результатам своих исследований в условия длительного стационарного опыта, заложенного на черноземе выщелоченном, А. Г. Солдатенко (2004) отмечал, что на фоне применения органических удобрений наиболее существенно повышали содержание белка в зерне озимой пшеницы, с 11,5 до 12,1%, подстилочный и бесподстилочный навоз. Совместное внесение органических и минеральных удобрений более значительно повышает содержание белка в зерне озимой пшеницы, чем одни органические удобрения – с 12,9 до 13,6% (Сигида М. С., 2008; Lin Z., 2015).

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы существенно возрастает – до 29,1–30,4% при проведении поздней некорневой подкормки азотом в фазе колошения (Шеуджен А. Х., 2004; Rozbicki J., 2015).

А. Н. Есаулко и Ю. И. Гречишкина (2006) указывают, что в большей степени качество зерна озимой пшеницы зависит от соотношения азота и фосфора во вносимых удобрениях. По их мнению, урожай зерна с повышенным содержанием белка можно получать при преобладании азота над фосфором. По мнению О. В. Мельниковой (2009), под влиянием фосфорного удобрения усиливается синтез жиров и углеводов. Синтез белков при этом повышается, но в меньшей степени.

По данным Л. М. Державина (2011), на выщелоченных черноземах, серых лесных почвах, обыкновенных черноземах, горных черноземах и лесных коричневых почвах содержание белка от внесения 60 кг/га калия повышалось на 0,22–0,28%. В. А. Шевченко (2009) в своей статье указывает, что действие усиленного питания этим элементом способствует получению

продукции высокого качества, в зерне повышается доля клейковинных белков, снижаются потери при хранении.

З. Т. Кануков (2008) и S. D. Koutroubas (2014) указывают на важнейшую роль подкормки озимой пшеницы в формировании уровня продуктивности культуры и качества полученного урожая.

Опыты по эффективности новых форм азотных удобрений, применяемых в подкормку озимой пшеницы в условиях Ставропольской возвышенности, описанные М. С. Сигида и А. Н. Есаулко (2007), свидетельствуют о том, что все виды изучаемых в опыте азотных удобрений достоверно увеличивали урожайность культур по сравнению с контролем. Максимальная урожайность озимой пшеницы в опыте была получена на варианте с аммиачной селитрой (с добавкой фосфогипса) в дозе 30 кг/га д. в. и составила 51,7 ц/га. Авторы утверждают, что подкормки традиционными формами азотных удобрений (Naa 30 и Nm30) существенно (19–23%) увеличивали урожайность культуры по сравнению с контролем, но значительно (10–18%) уступали по урожайности вариантам, где применялись азотные удобрения пролонгированного действия (ИАС и Naa с добавкой фосфогипса) (Айсанов Т. С., 2013).

Как показали исследования, на выщелоченном черноземе наиболее существенная прибавка урожая была получена при подкормке в фазу кущения озимой пшеницы мочевиной с добавкой лигногумата (30 кг/га) – 13,4 ц/га, что выше контроля на 28,2%. Однако по сравнению с мочевиной, не содержащей добавок, эта прибавка не столь существенна и находится в пределах ошибки опыта (Бузов В. А., 2009).

Предшественники, как указывает Е. Н. Журавлева (1999), влияют на водный и питательный режимы почв и их засоренность. Разные культуры оставляют после себя неодинаковое количество пожнивных и корневых остатков, по-разному воздействуют на режим влажности и питательных веществ для последующих культур. Неодинаковы после разных предшественников также степень засоренности поля и многие другие

условия, обеспечивающие определенный уровень действия удобрений (Тивиков А. И., 2007).

На динамику потребления элементов питания озимой пшеницы, как указывает ряд ученых: Л. И. Буланкина (2004); В. В. Агеев, А. И. Подколзин (2005); А. И. Подколзин (2008); А. Н. Есаулко (2012), – существенно влияют предшественники, удобрения, сорта. Наибольшее количество азота растения усваивают после люцерны (В. В. Агеев, 1999). Например, на выщелоченном черноземе от всходов до колошения озимая пшеница потребляет 100 кг/га азота, а от колошения до молочно-восковой спелости зерна лишь 7 кг/га. Таким образом, формирование и налив зерна происходят за счет перераспределения накопленного в растении азота (Голосной Е. В., 2013).

По уровню потребления азота, как утверждают В. В. Агеев (1999); А. Н. Есаулко (2006) и Н. А. Воронкова (2013), на втором месте оказываются такие предшественники, как озимая пшеница и кукуруза на силос. Самый низкий уровень потребления азота отмечается после поздних предшественников — подсолнечника, кукурузы на зерно и сахарной свеклы. За осенний период вегетации после этих предшественников озимая пшеница поглощает 5,4–6,5 кг/га, или в три раза меньше, чем после люцерны. В ходе дальнейшей вегетации разница несколько сглаживается (Агеев В. В., 1999).

По мнению В. Т. Рымаря (2005), в условиях ЦЧЗ горох является важнейшим предшественником озимых культур.

В звеньях зернопропашного севооборота, как отмечает Е. В. Голосной (2007), предшественниками ведущей культуры являются занятый пар (горох+овес на зеленый корм), горох на зерно и кукуруза на силос. Эти предшественники существенно разнятся биологическими, морфологическими особенностями, сроками освобождения поля, количеством потребленных питательных веществ, воды и т. д. Таким образом, по мнению автора, оказывая такое глубокое влияние на почву, эти культуры влияют не только на количество, но и на качество урожая.

Предшественник пар занятый оказал самое благоприятное воздействие на качество получаемой озимой пшеницы по сравнению с горохом на зерно и кукурузой на силос. Эта закономерность четко прослеживается по всем вариантам опыта (Тивиков А. И., 2007).

Таким образом, обобщая проанализированный материал литературных источников по влиянию систем удобрения на агрохимические показатели почвы и продуктивность озимой пшеницы, высеваемой по различным предшественникам, были выявлены различия мнений некоторых ученых по намеченной научной тематике.

В условиях возделывания озимой пшеницы на черноземе выщелоченном влияние фонов питания и предшественников культуры на кислотнo-основные показатели почвы изучено недостаточно, в связи с чем была поставлена задача – изучить влияние систем удобрения, построенных на различных принципах, на агрохимические показатели чернозема выщелоченного, в том числе кислотнo-основные, химический состав растений озимой пшеницы, урожайность и качество полученной продукции.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

2.1. Почвенно-климатические условия

Исследования проводились в период 2012–2014 сельскохозяйственных годов в условиях многолетнего стационарного опыта кафедр агрохимии и физиологии растений и общего и мелиоративного земледелия Ставропольского государственного аграрного университета, расположенного на территории сельскохозяйственной опытной станции вуза в производственных условиях Центрального Предкавказья. Стационар представляет собой длительный опыт «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах», зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА Российской Федерации.

2.1.1. Агрохимическая характеристика почв

Макрорельефом опытной станции, на территории которой располагается стационар, является Ставропольская возвышенность, мезорельеф представлен на северном направлении и образует собой пологий склон с крутизной до 7°, микрорельеф – ровное место.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземом выщелоченным, мощным, среднегумусным тяжелосуглинистым. Изучаемый тип почвы обладает высоким потенциальным плодородием. Он характеризуется средним содержанием гумуса (5,2–5,9%), подвижного фосфора (18–28 мг/кг, по Мачигину) и обменного калия (240–290 мг/кг, по Мачигину), средней нитрификационной способностью (16–30 мг/кг). Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах почвы находится в пределах 6,1–6,7 ед. рН, что свидетельствует о нейтральной реакции почвенного раствора. Содержание общего азота – 0,23–0,25%, общего фосфора – 0,13–0,15%, общего калия – 2,2–2,4%.

Одним из отличительных показателей чернозема выщелоченного, тяжелосуглинистого является высокий показатель емкости поглощения,

обусловливаемый большим содержанием высокодисперсных илстых частиц. Емкость поглощения пахотного слоя данного типа почв составляет порядка 40 мг-экв/100 г почвы. При этом необходимо отметить, что на долю кальция в составе поглощенных оснований приходится 29–30 мг-экв/100 г почвы.

Почва размещения экспериментального севооборота достаточно обеспечена элементами питания для хорошего развития сельскохозяйственных культур и характеризуется следующими значениями основных кислотно-основных показателей (0–20 см слой): гидролитическая кислотность (Нг) – 2,7 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований (S) – 42,1 мг-экв/100 г почвы; отсюда, степень насыщенности почвы основаниями (V) – 95% (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Основными породами в процессе образования почв Ставропольской возвышенности, как указывают А. Я. Антыков и А. Я. Стоморев (1970), выступали лессы и лессовидные суглинки. Ученые в составе коллектива авторов: А. А. Жученко, В. И. Трухачева, В. М. Пенчукова и др. (2011), описывая основные породы, участвовавшие в образовании почв Ставропольской возвышенности, писали, что лессовые отложения имеют желтый, желто-бурый, а также палевый цвет. Состав минералов многообразен. Подстилающими породами являются сарматские отложения.

Таким образом, обобщая изложенный материал, можно сделать вывод, что почва опытного участка – чернозем выщелоченный, мощный, тяжелосуглинистый – имеет зернистую, комковатую структуру, содержит достаточное количество органического вещества, близкую к нейтральной и благоприятную для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур реакцию почвенной среды и оптимальное количество и соотношение основных элементов питания растений, необходимых для возделывания озимой пшеницы, не зависимо от выбранных предшественников.

2.1.2. Климат

Известно, что сельскохозяйственное производство является одной из наиболее климатозависимых отраслей системы производства любого государства. В связи с этим особо велика роль показателей тепло- и влагообеспеченности места расположения опытного участка.

Стационар кафедры агрохимии и земледелия по условиям температурным и влагообеспеченности расположен по границе зон умеренного и неустойчивого увлажнения. По многолетним наблюдениям климат в данном районе характеризуется продолжительным жарким летом и теплой осенью, с довольно мягкой зимой, однако при этом неблагоприятное влияние на развитие культурных растений здесь зачастую оказывает нестабильный температурный режим весеннего периода. Средняя месячная температура самого холодного месяца января – 5,0 °С, самого тёплого месяца июля +21,9 °С.

Продолжительность зимы – неустойчивая – 85-110 дней. Первый снег, как правило выпадает в начале ноября. Среднемноголетний минимальный уровень температуры может достигать –32 °С. В течение зимы довольно часты оттепели, поэтому высота покрова не превышает 10–12 см, максимальная высота 15–20 см, почва при этом промерзает на глубину 25 см. Сход снежного покрова наблюдается в марте – апреле. Период со снежным покровом на поверхности почвы составляет около 70–75 дней.

Опираясь на данные многолетних наблюдений, можно сказать, что устойчивый переход среднесуточных температур через отметку +5 °С, а вместе с ним и возобновление весенней вегетации сельскохозяйственных культур в условиях землепользования опытного участка наблюдаются в начале апреля. К середине названного месяца, началу мая, как правило, почва прогревается до 8–12 °С. Однако нередко в этот период наблюдаются кратковременные заморозки, чередуемые ливневыми осадками.

Летний период можно охарактеризовать как относительно нежаркий, среднемесячная температура воздуха 22–24 °С. Несмотря на то, что

увлажненность зоны хорошая, атмосферные засухи здесь встречаются довольно часто. Осадки, выпадающие летом часто кратковременные, ливневые, плохо накапливают в почве влагу.

Осенний период в данной зоне относительно теплый. Устойчивый переход температуры воздуха через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения наблюдается к концу сентября – середине октября. Значительное похолодание осеннего периода способствует раннему окончанию активной вегетации сельскохозяйственных культур.

Основываясь на данных многолетних наблюдений, можно отметить, что в условиях землепользования опытной станции СтГАУ в среднем за сельскохозяйственный год здесь выпадает 550–650 мм осадков, в т. ч. в период активной вегетации растений – 450–470 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Основные агроклиматические показатели по данным метеостанции г. Ставрополь

| Показатель | Величина |
|---|-----------|
| годовая сумма осадков (мм) | 623 |
| в т. ч. за период с $t \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 450–470 |
| среднегодовая температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) | 9,2 |
| сумма температур за период с $t \geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 3000–3200 |
| гидротермический коэффициент | 1,1–1,3 |
| запасы продуктивной влаги к началу вегетации в слое почвы 0–100 см (мм) | 160–200 |
| продолжительность безморозного периода, дней | 180–190 |
| число суховейных дней | 61 |

Сумма активных температур района проведения исследований находится в пределах 3000–3200 $^{\circ}\text{C}$, ГТК при этом составляет 1,1–1,3. Это, согласно схеме агроклиматического районирования Ставропольского края, соответствует границе умеренно влажной зоны и зоны неустойчивого увлажнения. Среднесуточная температура воздуха составляет 9,2 $^{\circ}\text{C}$ (Бадахова Г. Х., Кнутас А. В., 2007).

Подытожив приведенные данные многолетних наблюдений за погодой зоны проведения исследований в условиях стационарного опыта кафедр

агрохимии и земледелия, можно сделать вывод, что климатические условия места проведения исследований благоприятны для успешного возделывания озимой пшеницы по различным предшественникам, при этом возможно получение высоких и стабильных урожаев культуры.

2.2. Место проведения и схема опыта

Исследования проводились в период 2012–2014 гг., в условиях длительного стационарного опыта кафедр агрохимии и физиологии растений и общего и мелиоративного земледелия Ставропольского ГАУ. Стационар зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА Российской Федерации. Севооборот стационара зернопаропропашной со следующим чередованием культур: горохоовсяная смесь (занятый пар) – озимая пшеница – озимый ячмень – кукуруза на силос – озимая пшеница – горох – озимая пшеница – подсолнечник.

Повторность опыта 3-кратная, общая площадь делянки 108 м^2 , ширина – 7,2 м, длина – 15 м, учетная – 50 м^2 . Схема опыта построена по методу расщепления делянок. Опыт двухфакторный: фактор А – системы удобрения озимой пшеницы; В – предшественники культуры (занятый пар, кукуруза на силос, горох).

На фоне отвального способа обработки почвы на глубину 20–22 см, относительно контроля (без удобрений) в опыте изучалось влияние следующих систем удобрения озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам, (таблица 2):

1) **рекомендованная** – насыщенность по всем предшественникам составляла $\text{NPK } 110 \text{ кг/га}$, в т. ч. $\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_0$ при соотношении $\text{N:P:K} = 1:0,57:0$ (с насыщенностью севооборота $\text{NPK } 115 \text{ кг/га}$, в т. ч. $\text{N}_{50}\text{P}_{58,75}\text{K}_{6,25}$ при соотношении $\text{N:P:K} = 1:1,18:0,13 + 5 \text{ т/га}$ органических удобрений);

2) **биологизированная** – насыщенность системы удобрения по занятому пару и кукурузе на силос составляла $\text{NPK } 50 \text{ кг/га}$, в т. ч. $\text{N}_{40}\text{P}_{10}\text{K}_0$ при соотношении $\text{N:P:K} = 1:0,25:0$; по предшественнику горох – NPK

70 кг/га, в т. ч. $N_{60}P_{10}K_0 + 2,4$ т/га соломы (с насыщенностью NPK 62,5 кг/га, в т. ч. $N_{42,5}P_{20}K_0$ при соотношении N:P:K = 1:0,47:0 + 8,2 т/га органических удобрений);

3) **расчетная** – система удобрений озимой пшеницы здесь рассчитывалась на планируемую урожайность культуры по предшественникам: занятый пар – 6,5, кукуруза на силос – 5,5 и горох – 6,0 т/га. Насыщенность системы удобрения по занятому пару составляла NPK 261 кг/га, в т. ч. $N_{145}P_{84}K_{32}$ при соотношении N:P:K = 1:0,58:0,22; на вариантах после кукурузы на силос насыщенность – NPK 193 кг/га, в т. ч. $N_{102}P_{69}K_{22}$ при соотношении N:P:K = 1:0,68:0,22; по гороху – NPK 219 кг/га, в т. ч. $N_{120}P_{75}K_{24}$ при соотношении N:P:K = 1:0,63:0,20. (Средняя насыщенность 1га – NPK 167 кг/га в т. ч. $N_{75}P_{73,5}K_{11,5}$ при соотношении N:P:K = 1:0,98:0,15 + 5 т/га органических удобрений).

Таблица 2 – Системы удобрения озимой пшеницы, изучаемые в опыте, в зависимости от предшественников

| Предшественник | Система удобрения | Способ внесения удобрений | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------|----------------|-----------|
| | | допосевной | при-посевной | подкормка |
| 1. занятый пар | рекомендованная | $N_{30}P_{30}$ | $N_{10}P_{10}$ | N_{30} |
| | биологизированная | – | $N_{10}P_{10}$ | N_{30} |
| | расчетная | $N_{85}P_{74}K_{32}$ | $N_{10}P_{10}$ | N_{50} |
| 2. кукуруза на силос | рекомендованная | $N_{30}P_{30}$ | $N_{10}P_{10}$ | N_{30} |
| | биологизированная | – | $N_{10}P_{10}$ | N_{30} |
| | расчетная | $N_{42}P_{59}K_{22}$ | $N_{10}P_{10}$ | N_{50} |
| 3. горох | рекомендованная | $N_{30}P_{30}$ | $N_{10}P_{10}$ | N_{30} |
| | биологизированная | солома 2,4т/га + N_{20} | $N_{10}P_{10}$ | N_{30} |
| | расчетная | $N_{60}P_{65}K_{24}$ | $N_{10}P_{10}$ | N_{50} |

В опыте использован районированный сорт озимой пшеницы Зустріч.

В качестве удобрений в опыте были использованы: аммиачная селитра, аммофос, нитроаммофос, калий хлористый, а также солома и полуперепревший навоз крупного рогатого скота.

2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований

Почвенные анализы:

Полевые опыты сопровождались следующими анализами, учетами и наблюдениями:

- рН в водной суспензии, ГОСТ 26423–85;
- определение рН солевой вытяжки по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483–85);
- определение обменной кислотности по методу ЦИНАО (ГОСТ 26484–85);
- определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91);
- определение суммы поглощенных оснований по Каппену–Гильковицу (ГОСТ 27821-88);
- определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО (ГОСТ 26428–85);
- нитратный азот калориметрически с дисульфифеноловой кислотой по методу Грандваль-Ляжа (ГОСТ 26488–85);
- определение содержания аммонийного азота в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489–85);
- определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205–91).

Наблюдения и учеты, проводимые в течение вегетации растений:

- содержание в растениях азота, фосфора и калия описанных в методических указаниях Б.А. Ягодина (1987);
- структура урожая по методике Г.С.И. (1983);
- учет урожая – методом механизированной уборки, с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике Госсортоиспытания (1983);

– определение качественных показателей озимой пшеницы, белок – по ГОСТ 10846–91, массовой доли клейковины – по ГОСТ 13586.1, масса 1000 зерен – по ГОСТ 10842–89, ИДК – по ГОСТ 27676–88;

– расчет экономической эффективности систем удобрений по методике, предложенной кафедрой предпринимательства СтГАУ с использованием действующих нормативных затрат и цен;

– статистическая обработка экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами (Доспехов Б. А., 1985).

Отбор почвенных и растительных проб, а также биометрические наблюдения были приурочены к основным фазам развития растений озимой пшеницы: до посева, кущение, выход в трубку, колошение, полная спелость.

2.4. Погодные условия в годы проведения исследований

Известный факт, что эффективность ведения сельскохозяйственного производства тесно зависит от погодных-климатических условий, а в условиях земледелия Юга России приобретает особое значение. На фоне относительно мягкого, благоприятного для возделывания многих сельхоз культур среднесезонного температурного режима для получения высоких стабильных урожаев хорошего качества определяющим фактором здесь выступает режим увлажнения. При этом необходимо отметить, что при возделывании сельскохозяйственных культур огромное значение имеет не только сумма осадков, выпавших за период наблюдений, но и их распределение по фазам вегетации культуры.

Территория землепользования опытной станции СтГАУ на основании длительных наблюдений многими учеными в силу геоклиматических особенностей и сложности рельефа местности среди прочих районов земледелия Ставропольского края отличались неустойчивостью погоды и разнообразием неблагоприятных погодных явлений.

Агроклиматические условия, сложившиеся в период наблюдений, оказали значительное влияние как на сроки проведения основных агротехнических мероприятий, так и на продуктивность и качество полученного урожая озимой пшеницы по рассматриваемым предшественникам.

В 2011/12 сельскохозяйственном году погодные условия для роста и развития озимой пшеницы вне зависимости от предшественников сложились неудовлетворительно. В период проведения предпосевной обработки почвы и основного внесения удобрений (август) на фоне благоприятного температурного режима (21,2 °С) наблюдался дефицит осадков (28 мм – 52% от среднегодовой нормы), что отрицательно сказывалось на качестве проведенных агротехнических операций.

Погодные условия предпосевного периода озимой пшеницы (сентябрь) характеризовались как удовлетворительные. Количество выпавших осадков (39 мм) и температурный режим (16,7 °С) здесь практически соответствовали среднегодовым показателям.

Период всходов и начальный этап развития растений в октябре сопровождался пониженным температурным режимом 8,8 °С (88% нормы), что объясняет неравномерное развитие растений в этот период. Количество осадков соответствовало уровню среднегодовых показателей (48 мм). В начале ноября наблюдалось существенное снижение среднесуточных температур до отрицательных (рисунки 1,2; приложения 1,2).

Среднемесячная температура составила –1,9 °С, что было ниже среднегодового показателя на 5,3 °С. Количество выпавших в этот месяц осадков (23 мм), составляло лишь 56% от среднегодовой нормы этого месяца, что значительно повлияло на скорость развития растений озимой пшеницы.

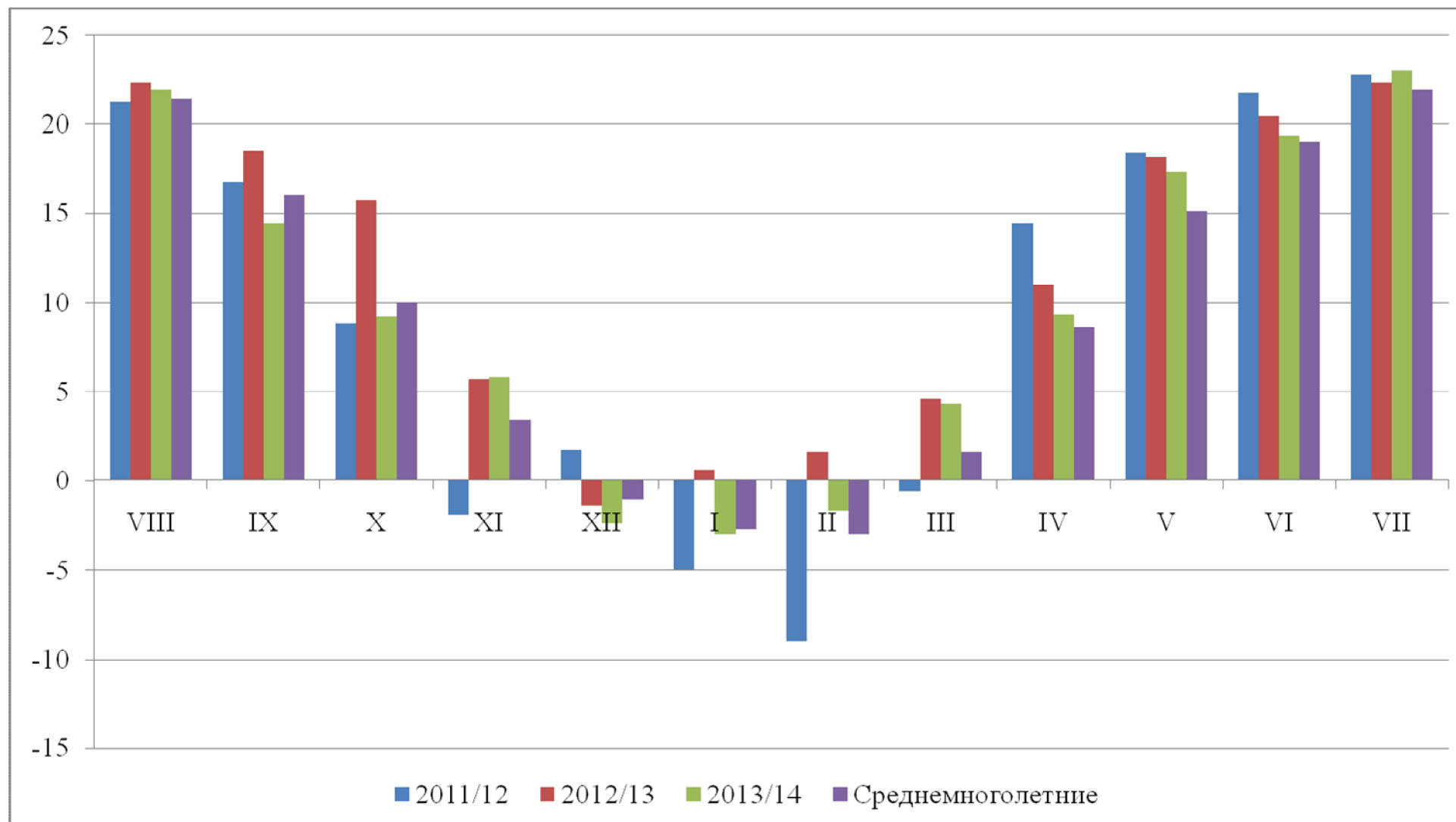


Рисунок 1 – Температурный режим воздуха (°C) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2012–2014 гг.

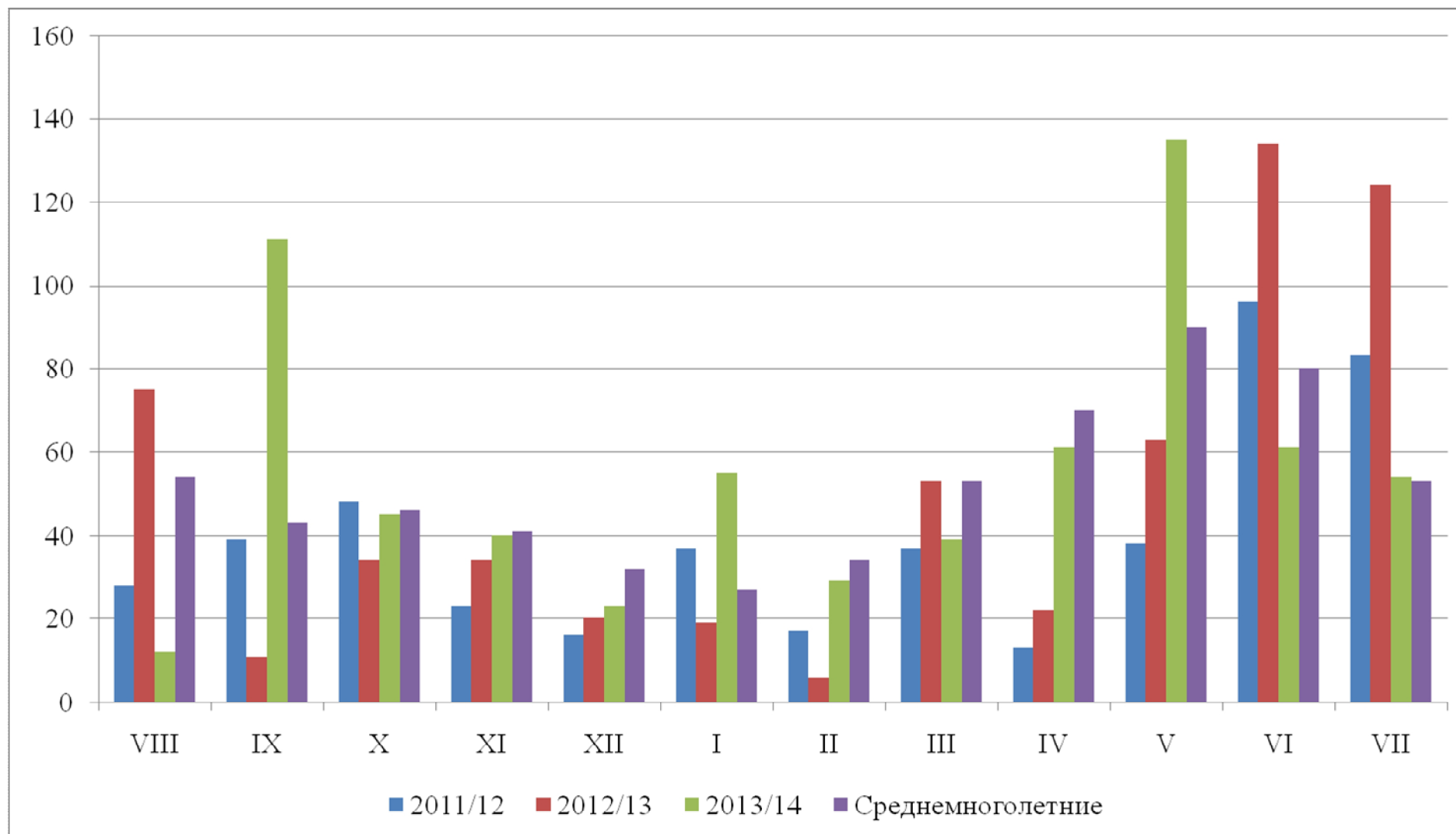


Рисунок 2 – Динамика выпадения осадков (мм) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2012–2014 гг.

Незначительные осадки (16 мм – 50% нормы), выпавшие в виде снега в начале декабря, к наступлению второй декады месяца растаяли в условиях повышенной температуры воздуха (1,7 °С). К концу месяца наблюдалось понижение среднесуточных температур (–1–3 °С) в ночное время.

Первые месяцы 2012 г. отличались температурным режимом, существенно пониженным относительно среднемноголетних показателей. В январе среднемесячная температура составила –5 °С, что превышало среднемноголетний показатель на 2,3 °С; в феврале температура воздуха, находясь на уровне –9 °С, была существенно ниже многолетнего показателя в данный период в 3 раза. На фоне таких температурных условий в январе отмечалось достаточное количество осадков в виде снега – 37 мм (137% многолетней нормы), в феврале количество выпавших осадков было вдвое меньше среднемноголетнего показателя и составило 17 мм.

В марте наблюдалось повышение среднесуточных температур, однако среднемесячная температура составила –0,6 °С, что было ниже среднемноголетнего показателя на 2,2 °С. Количество выпавших в этот период осадков (37 мм) в виде дождя и мокрого снега составило 70% от многолетней нормы. Сложившиеся условия позволили своевременно и качественно провести подкормку озимой пшеницы. При этом эффективность ее была существенно ниже за счет пониженного гидротермического коэффициента.

Неблагоприятные условия влагообеспеченности зимнего периода, сменившись недостатком влаги в марте, значительно ухудшились в апреле. Количество осадков, выпавших в этом месяце (13 мм), составляло лишь 19% среднемноголетней нормы. Повышенный температурный режим (14,4 °С, что на 5,8 °С выше нормы) в апреле только осложнял развитие на фоне низкой влагообеспеченности растений озимой пшеницы.

В мае наблюдалась аналогичная картина – острый дефицит влаги (за месяц выпало 38 мм осадков – 42% нормы) на фоне повышенного температурного режима (18,4 °С, что превышало норму на 3,3 °С). Таким

образом, можно констатировать, что тот небольшой запас продуктивной влаги в метровом слое почвы, который был накоплен в зимний период, в течение весенних месяцев был истощен растениями озимой пшеницы в процессе вегетации в условиях высоких среднемесячных температур и редких и непродолжительных осадков.

Погодные условия летнего периода можно характеризовать как удовлетворительные. Сумма температур в июне и июле превышала среднемноголетние показатели на 2,7 °С и 0,8 °С соответственно. Однако, несмотря на положительные условия теплообеспеченности в рассматриваемые месяцы, избыточное количество осадков (120 и 157% нормы соответственно) создавало неблагоприятные условия для созревания зерна озимой пшеницы и не позволило своевременно и без потерь провести уборку урожая.

Климатические условия 2012/13 сельскохозяйственного года для роста и развития озимой пшеницы можно охарактеризовать как удовлетворительные.

В августе на фоне повышенного температурного режима (22,3 °С) наблюдалось избыточное количество осадков – 75 мм (139% нормы). Выпавшие осадки позволили качественно подготовить почву, но восполнить запас влаги до оптимальных значений не удалось. В сентябре среднемесячная температура также превышала многолетнюю норму на 2,5 °С, при этом наблюдался острый дефицит влаги. За месяц выпало всего 11 мм осадков, что более чем в 4 раза меньше многолетней нормы. В сложившихся условиях, несмотря на то, что посев озимой пшеницы был проведен в оптимальный для данной зоны срок, острый недостаток влаги в почве создавал неблагоприятные условия для получения дружных всходов в оптимальные сроки.

Аналогичная картина наблюдалась в октябре и ноябре. Повышенная относительно многолетних значений (на 5,7 и 2,3 °С соответственно) среднесуточная температура сопровождалась незначительным количеством

осадков – 34 мм (74%) в октябре, и 34 мм (83%) в ноябре. Значительная часть осадков, выпавших в виде непродолжительных дождей в октябре благодаря повышенным температурам испарялась, не позволяя пополнить и без того небольшой запас продуктивной влаги в метровом слое почвы, а в ноябре данный процесс усугублялся большим количеством дней с сильными ветрами.

Погодные условия зимнего периода можно охарактеризовать как нестабильные. Среднемесячная температура воздуха, соответствующая многолетнему показателю в декабре (1,4 °С), в январе и феврале значительно повысилась. Так, в начале 2013 г. среднемесячная температура составляла 0,6 °С, что превышало многолетний показатель на 3,3 °С. В феврале часто наблюдались резкие колебания среднесуточных температур, от 3,2 °С днем до –2,7 °С ночью, среднемесячная температура здесь превышала многолетнюю норму на 4,6 °С. Условия увлажнения зимнего периода этого года также были неблагоприятными для развития озимой пшеницы. Сумма осадков, выпавших в декабре (20 мм), соответствовала лишь 62% многолетней нормы. В январе наблюдалась аналогичная картина – количество осадков в виде дождя и мокрого снега за месяц (19 мм) здесь также уступало многолетней норме на 70%. Особо острый дефицит влаги был отмечен в феврале, где практически не наблюдалось выпадения существенных осадков (6 мм – 18% нормы), что на фоне температурных колебаний крайне неблагоприятно отражалось на растениях озимой пшеницы, способствуя частому образованию ледяной корки на поверхности почвы.

В марте на фоне оптимального режима увлажнения (53 мм), соответствовавшего многолетней норме, наблюдалось существенное повышение температурного режима относительно многолетнего показателя, на 3,0 °С. Сложившиеся условия создали благоприятные условия для дружного начала активной вегетации озимой пшеницы на всех вариантах

опыта, а нам удалось качественно и в срок провести ранневесеннюю прикорневую подкормку растений.

Повышенный температурный режим наблюдался и в последующие весенние месяцы. В апреле среднемесячная температура (11 °С) превышала многолетний показатель на 2,4 °С. Можно предположить, что это в какой-то степени способствовало наблюдавшемуся здесь дефициту влаги – сумма осадков была отмечена показателем 22 мм, что составило всего 31% многолетней нормы. Среднемесячная температура мая составляла 18,1 °С, что было выше среднемноголетнего показателя на 3,0 °С. Данные условия сопровождалось значительным недобором осадков по отношению к многолетней норме на 27 мм (30%). Таким образом, подытожив описанное выше, можно сделать вывод, что неблагоприятные погодные условия весеннего периода, в особенности дефицит влаги в критический период развития растений озимой пшеницы – выхода в трубку – колошения негативно повлияли на формирование урожайности культуры.

Неудовлетворительно складывались условия летнего периода описываемого года. Несмотря на повышенный температурный режим, превышавший многолетние показатели на 1,4 °С в июне и на 0,4 °С в июле, наблюдалось выпадение обильных ливневых дождей, негативно повлиявших на процесс налива и созревания зерна озимой пшеницы. Сумма осадков в июне составила 134 мм, что соответствовало 168% многолетней нормы. В июле же сумма осадков уже составила 124 мм – 234% многолетней нормы. Сложившиеся в июле погодные условия не позволили качественно и в оптимальные сроки провести уборку на опытных делянках, что способствовало недобору урожая и существенно повлияло на его качество.

Метеорологические условия 2013/14 г. для роста и развития растений озимой пшеницы в целом можно считать благоприятными.

Предпосевной период характеризовался оптимальным температурным режимом (21,9 °С). В то же время сумма осадков в августе составила лишь 12 мм (22% нормы). Однако необходимо отметить, что осадки, выпавшие в

предыдущем месяце, способствовали накоплению в метровом слое почвы значительного количества продуктивной влаги. Это позволило качественно и своевременно провести основную обработку почвы и внести удобрения в дозах, предусмотренных изучаемыми системами удобрений.

Среднемесячная температура сентября составляла 14,4 °С, что уступало многолетнему показателю на 1,6 °С. Благоприятный температурный режим и сухая погода первой и второй декад месяца позволили провести посев озимой пшеницы в оптимальные для данной зоны сроки. Затем, в третьей декаде прошли затяжные обильные дожди. Сумма осадков за месяц составила 111 мм, что почти в 3 раза больше многолетней нормы. Эти осадки и стабильный мягкий суточный температурный фон способствовали получению дружных и здоровых всходов.

Аналогичная картина наблюдалась в первые недели после всходов. На фоне благоприятного режима увлажнения (45 мм), соответствующего многолетней норме, в октябре наблюдались пониженные среднесуточные температуры, средняя температура за месяц составила 9,2 °С (на 0,8 °С ниже среднемноголетней нормы). Ноябрь отличался повышенным температурным режимом, среднемесячная температура составляла 5,8 °С, что было выше многолетнего показателя на 2,4 °С. Режим увлажнения в этом месяце можно считать оптимальным (40 мм), соответствующим среднемноголетнему показателю. В этот период наблюдался продолжительный период вегетации растений озимой пшеницы, при этом перерастания растений не отмечалось.

Погодные условия зимнего периода характеризовались нестабильным температурным режимом, часто более низким по сравнению с многолетними показателями и благоприятными условиями увлажнения. Так, сумма осадков в декабре составила 23 мм (72% нормы), при этом среднемесячная температура декабря была ниже среднемноголетней на 1,3 °С (-2,4 °С), что способствовало задержанию на поверхности почвы образовавшегося снежного покрова. Первый месяц 2014 г. характеризовался температурным фоном (-3,0 °С), практически соответствовавшим многолетней норме, и

повышенным режимом увлажнения. Сумма осадков в виде снега за январь составила 55 мм – почти в 2 раза больше нормы, это способствовало созданию снежного покрова высотой до 20 см, что позволило растениям лучше перезимовать. В феврале наблюдался повышенный температурный фон ($-1,7$ °C), превышавший среднегодовалый показатель на $1,3$ °C. На фоне благоприятного температурного режима отмечался практически оптимальный режим увлажнения (29 мм – 85% нормы). В целом погодные условия зимнего периода описываемого года складывались благоприятно для перезимовки растений озимой пшеницы.

Весна 2014 г. была ранней, сход снежного покрова был отмечен в первой декаде марта. Этот процесс проходил под влиянием раннего наступления стабильно высоких среднемесячных температур в начале месяца, среднемесячная же температура составила $4,3$ °C, что превысило многолетнюю норму на $2,7$ °C. Это позволило своевременно провести подкормку растений озимой пшеницы. Сумма осадков за месяц здесь составила 39 мм (74% многолетней нормы). Важно отметить при этом, что благодаря влаге, накопленной в течение зимы, и осадкам, выпавшим за месяц, на фоне повышенного температурного режима и перехода среднесуточных температур в сторону повышения через $+5$ °C в третьей декаде месяца растения дружно возобновили активную вегетацию и вступили в стадию весеннего кущения.

Погодные условия апреля и мая 2014 г. характеризовались повышенным температурным режимом – $9,3$ и $17,3$ °C соответственно, превысив многолетние показатели на $0,7$ и $2,2$ °C. Количество осадков, выпавших в апреле, составило 61 мм, практически соответствуя многолетней норме (87%). Май отличался обильными дождями (135 мм), сумма осадков здесь превысила многолетний показатель на 50%. Анализируя вышесказанное, можно констатировать, что весенний период рассматриваемого года в целом характеризовался стабильным высоким температурным режимом и благоприятным режимом увлажнения. Особое

значение имеет тот факт, что на критический период развития растений озимой пшеницы по отношению к влаге – выход в трубку – колошение пришлось достаточное количество осадков, что способствовало созданию благоприятных условий развития растений изучаемой культуры и закладке высокой ее продуктивности.

Летний период характеризовался стабильным температурным фоном и благоприятными условиями увлажнения. Среднесуточная температура июня практически соответствовала многолетней норме (19,3 °С), а количество осадков (61 мм) уступало многолетнему показателю на 24%. Но, необходимо отметить, что выпадавшие в этот месяц дожди прошли в первой и второй декадах месяца, способствуя созданию благоприятных условий для формирования зерна озимой пшеницы. В июле стояла стабильная жаркая погода (23 °С), средняя температура превышала среднемноголетний показатель на 1,1 °С. Режим увлажнения этого месяца соответствовал многолетней норме – 54 мм. Сложившиеся в июне и июле погодные условия создавали благоприятный фон для формирования высокого уровня урожайности озимой пшеницы, а также позволили нам своевременно и без потерь провести уборку на всех опытных делянках.

Таким образом, подытожив описанные выше данные погодно-климатических условий за период проведения исследований, можно сделать вывод, что погодные условия 2011/12 года для развития растений озимой пшеницы характеризовались как неудовлетворительные. Несмотря на то, что среднегодовая температура здесь практически соответствовала норме (9,1 °С), этот год был отмечен ранним приходом зимы с наступлением отрицательных среднесуточных температур (–1,9 °С) уже в ноябре и сильными заморозками (до –9 °С) в зимние месяцы. Неблагоприятный температурный режим усугублялся дефицитом влаги в ключевые периоды развития растений (перед посевом 52% нормы), а также в зимний период (50% нормы) и в весенние месяцы – 19–70% многолетней нормы). Сумма

осадков за год здесь составила 475 мм, что было ниже многолетнего показателя на 148 мм.

Погодные условия 2012/13 г. можно охарактеризовать как удовлетворительные для развития озимых культур. На фоне повышенного температурного режима – среднегодовая температура воздуха (11,6 °С) здесь превысила многолетний показатель на 2,4 °С – хотя сумма осадков, выпавших в этот год (595 мм), уступала многолетнему показателю лишь на 28 мм, распределение их было не благоприятным для растений озимой пшеницы. Дефицит влаги в рассматриваемом году наблюдался в ключевые периоды по этому фактору – в сентябре (всходы) выпало лишь 26% многолетней нормы, в зимние месяцы было зафиксировано лишь 18–70% многолетней нормы, в апреле-мае (фазы выход в трубку – колошение) наблюдалось 31–70% нормы. При этом в период созревания зерна (июнь-июль) – наблюдался избыток осадков, составивший 168–234% многолетней нормы.

Наиболее благоприятные погодные условия для развития растений озимой пшеницы за период исследований сложились в 2013/14 сельскохозяйственном году. Он характеризовался повышенной среднегодовой температурой воздуха (9,8 °С) и благоприятными условиями увлажнения. Среднемесячные температуры в целом находились на уровне среднемноголетних показателей соответствующих периодов. Сумма осадков этого года, составив 665 мм, превышала многолетнюю норму на 42 мм. При этом необходимо отметить, что данный год отличало не только обильное количество осадков, но и благоприятное их распределение по основным периодам, напрямую влияющим на определение уровня продуктивности озимой пшеницы.

Приведенные выше данные показывают, что наиболее благоприятные условия для развития растений озимой пшеницы и получения стабильной урожайности культуры высокого качества не зависимо от рассматриваемого предшественника за период исследований складывались в 2013/14

сельскохозяйственном году. Урожайность в этот период превышала аналогичные показатели 2011/12 и 2012/13 сельскохозяйственных годов на посевах по занятому пару на 61 и 7, по кукурузе на силос – на 119 и 38, по гороху – на 50 и 11% соответственно.

2.5. Биологические особенности и агротехника возделывания озимой пшеницы

Озимая пшеница относится к хлебам первой группы. Корневая система у нее мочковатая, состоит из отдельных корешков и множества корневых волосков, отходящих пучками от подземных узлов. Стебель – соломина цилиндрической формы, состоит из 5–7 междоузлий, разделенных узлами. Соцветие – сложный колос. Плод представляет собой односемянную зерновку. Она состоит из зародыша, эндосперма и сросшихся с ними семенной и плодовой оболочек.

Семена пшеницы начинают прорастать при температуре 1–2 °С. Общая сумма положительных температур от посева до полной спелости составляет 1850–2200 °С. Продолжительность вегетационного периода колеблется от 275 до 350 дней.

Требования озимой пшеницы к температуре, влаге, почвам, свету, элементам минерального питания и другим факторам на протяжении вегетации не остаются постоянными. Они меняются в зависимости от возраста растений, их состояния, погодных условий и других причин.

Требования к теплу. Во все фазы вегетации озимая пшеница растет наиболее интенсивно при температуре окружающей среды 20–25 °С. По мере падения температуры снижается активность ростовых процессов при любом сочетании других факторов внешней среды. Многие исследователи указывают границы, в пределах которых идет заметный рост озимой пшеницы – от 2–3 до 37–40°С.

В полевых условиях осенний период вегетации озимой пшеницы, включая фазу кущения, проходит при температуре от 15 до 30 °С, которая наиболее благоприятна для развития растений.

Устойчивость озимой пшеницы к отрицательным температурам во время перезимовки в значительной мере зависит от степени развитости растений, условий, сопровождающих закалку, влажности верхнего слоя почвы и других факторов. В зависимости от сортовых особенностей озимая пшеница может переносить морозы до 17–22°С.

Требования к свету. Пшеница относится к растениям длинного дня. В весенний период вегетации продолжительный световой день (не менее 13–14 ч) способствует накоплению большого количества пластических веществ и формированию вегетативной массы растений. Сочетание солнечной и ясной погоды с хорошей обеспеченностью растений влагой и оптимальными температурами (18–22 °С) в период формирования и созревания зерна – один из важных факторов получения высокого урожая. Продуктивность фотосинтеза в этот период может подниматься до 18–30 г/м² в сутки. Благодаря этому, зерно формируется крупным и полновесным.

Требования к влаге. Потребление влаги зависит от возраста, интенсивности роста, мощности развития, наличия влаги в почве, температуры и относительной влажности воздуха.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений озимой пшеницы создаются при влажности почвы не ниже 75–80 % ПВ. За период вегетации озимая пшеница в зависимости от условий выращивания расходует 2500–4000 м³ воды с 1 га.

Критическим периодом развития растений озимой пшеницы является фаза выхода в трубку, и общий расход влаги здесь колеблется от 100 до 150 мм/га. При недостатке влаги в этот период прекращается рост листьев, резко снижается рост последних междоузлий стебля. Все это приводит к нарушению дифференциации генеративных органов, образованию большого количества бесплодных цветков, что в свою очередь влечет недобор урожая.

Требования к почве. Озимая пшеница предъявляет повышенные требования к почвам. Они должны быть высокоплодородными, структурными, содержать достаточное количество питательных веществ: азота, фосфора, калия и других. Реакция почвенного раствора в почвах должна быть нейтральной или слабокислой (рН 6,0–7,5). Для возделывания озимой пшеницы наиболее пригодны почвы с мощным гумусовым горизонтом, большим содержанием питательных веществ и хорошими водно-физическими свойствами. Этим требованиям в большей мере удовлетворяют черноземы. Черноземы обладают наилучшей структурой, хорошо поддаются обработке, меньше уплотняются при обильном увлажнении.

Требования к элементам минерального питания. Озимая пшеница требовательнее других зерновых культур к наличию в почве питательных веществ в усвояемой форме.

Для роста, развития и формирования урожая озимой пшеницы исключительно важен азот. На создание одного центнера урожая зерна с учетом побочной продукции, озимая пшеница потребляет от 3 до 4,5 кг азота.

С обеспеченностью растений фосфором связаны многие физиолого-биохимические процессы, проходящие в организме, устойчивость к полеганию, морозостойкость, продолжительность вегетации. В зависимости от условий выращивания на 1 ц зерна расходуется 1–1,3 кг фосфорной кислоты.

При недостатке калия снижаются темпы накопления белков и углеводов, замедляется рост растений, снижается урожай, ухудшаются технологические качества зерна. В зависимости от условий выращивания на создание одного центнера урожая зерна расходуется от 2 до 3,5 кг калия.

Характеристика сорта озимой пшеницы

При проведении исследований был выбран сорт Зустріч, относящийся к достижениям Одесской селекции. Включен в Госреестр по Северо-

Кавказскому (6) региону. Рекомендован для возделывания в Ставропольском крае. Разновидность эритроспермум. Куст прямостоячий. Растение среднерослое. Колос пирамидальный, средней плотности, белый, средней длины – длинный. Зерновка окрашенная. Масса 1000 зерен 35–47 г. Средняя урожайность в регионе – 50,1 ц/га. В Ставропольском крае прибавка к стандарту Дон 95 составила 5,7 ц/га при урожайности 54,9 ц/га. Максимальная урожайность 91,7 ц/га получена в Ставропольском крае в 2005 г. Среднеранний. Вегетационный период 234–267 дней. Созревает на 2–3 дня позднее сорта Дон 95. Зимостойкость средняя. Высота растений 71–98 см. В Ставропольском крае максимальные прибавки урожайности обеспечивает по черному пару и лучшим непаровым предшественникам. Хлебопекарные качества хорошие. Сорт умеренно восприимчив к септориозу, восприимчив к бурой ржавчине, снежной плесени и фузариозу колоса; сильно восприимчив к твердой головне. В полевых условиях мучнистой росой поражался слабо.

Основные агротехнические приёмы при возделывании озимой пшеницы в опыте

Технологические особенности возделывания озимой пшеницы в опыте зависели от предшествующей культуры. Агротехника возделывания рассматриваемых культур в опыте – традиционная для третьей почвенно-климатической зоны Ставропольского края. Влияние рассматриваемых систем удобрений на растения озимой пшеницы и свойства чернозема выщелоченного изучалось на фоне отвального способа обработки почвы в виде вспашки на глубину 20–22 см. Допосевная обработка почвы сопровождалась внесением основного удобрения.

На опытных делянках озимой пшеницы вспашке предшествовало лущение стерни в 2 следа БДМ–6х4 на глубину 6–8 см. После проведения основной обработки почвы проводили сплошные культивации на глубину 8–10 см КПС-5 по мере отрастания сорняков. Предпосевную культивацию с

боронованием проводили в сентябре на глубину заделки семян – КПС-5+5 БЗСС-1,0.

Семена озимой пшеницы и озимого ячменя протравливали системными фунгицидами (Премис Двести – 0,2 л/т семян, Дивиденд Стар – 0,75–1,5 л/т семян). Посев озимой пшеницы на опытных делянках осуществлялся на глубину 4–6 см с одновременным прикатыванием катками ККШ-6А в период с 15 сентября по 10 октября, что соответствовало оптимальным срокам сева озимых культур в зоне неустойчивого увлажнения. Совместно с посевом осуществлялось припосевное внесение удобрений. Норма высева озимой пшеницы составляла 4,5–5 млн. всхожих семян на один гектар, что в физическом выражении составляло 200–220 кг/га.

Создание наиболее благоприятных условий для роста и развития растений озимой пшеницы в период вегетации является основной целью ухода за посевами. Для этого проводились следующие виды работ: ранневесеннее боронование посевов озимой пшеницы БЗСС-1,0; проведение ранневесенней прикорневой подкормки посевов аммиачной селитрой дозой, предусмотренной схемой опыта, мероприятия по борьбе с сорняками, вредителями, и возбудителями болезней пестицидами – гербицидами (Банвел – 0,15-0,3 кг/га, Гранстар – 0,01-0,025 кг/га), инсектицидами (Актара – 0,06–0,1 кг/га, Парашют – 1 кг/га).

Уборку урожая прямым комбайнированием при наступлении полной спелости и влажности зерна озимой пшеницы 12–14% проводили комбайном TerrionSR2010.

3. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ДИНАМИКУ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

3.1. Кислотно-основные показатели

Основным свойством почвенного покрова Земли, делающим его неотъемлемым фактором существования человечества, является плодородие. Почва обеспечивает растения питательными элементами и влагой, содействует их росту, развитию и продуктивности. Многие особенности поведения элементов в почве обуславливают их кислотно-основное состояние. С ним связана степень доступности элементов минерального питания растений, подвижность соединений, в том числе токсичных. Реакция почвенного раствора оказывает прямое действие на культуры.

Антропогенное воздействие на кислотно-основные характеристики почв Северного Кавказа может проявляться в повышении как кислотности, так и щелочности почв. Исследованиями многих ученых (Агеев В. В., 1999, 2005, 2008; Цховребов В. С., 2003; Подколзин А. И., 2005; Есаулко А. Н., 2006, 2012), проведенными в условиях чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности, установлено, что длительное применение минеральных удобрений без сочетания их с органическими способствует ухудшению основных кислотно-основных показателей, возрастанию кислотности и снижению буферности чернозема выщелоченного, что впоследствии ведет к ухудшению доступности для растений основных макро- и микроэлементов и различного рода деградации почвенного покрова.

3.1.1. Реакция почвенного раствора

Реакция почвенного раствора оказывает на растение прямое и косвенное действие. Прямое заключается в нарушении коллоидно-химических свойств протоплазмы растительных клеток, неблагоприятном изменении концентрации органических кислот в клеточном соке, нарушении белкового обмена и торможении синтеза белка, изменении адсорбции и

поглощения растениями ионов. Щелочность или кислотность влияют на доступность растениям элементов минерального питания, проявление токсических свойств отдельных элементов, определяет действие механизмов поглощения корнями питательных веществ (Муравин Э. А., 2010).

Значение показателя реакции почвенного раствора за период наблюдений обратно пропорционально количеству выпавших осадков. Так как наиболее благоприятный режим увлажнения сложился в 2013/14 сельскохозяйственном году, то значения реакции среды почвенного раствора оказались наиболее кислыми и показатель рН солевой вытяжки уступал аналогичным значениям 2011/12 и 2012/13 сельскохозяйственных годов на естественном агрохимическом фоне по занятому пару на 0,11–0,17 и 0,07–0,11; по кукурузе на силос на 0,09–0,17 и 0,06–0,11; по гороху – на 0,12–0,18 и 0,07–0,10 ед. соответственно.

На вариантах с рекомендованной системой удобрения показатели 2014 г. уступали предыдущим по предшественникам: после занятого пара – на 0,17–0,18 и 0,10–0,12 ед.; по кукурузе на силос – на 0,19–0,23 и 0,11–0,14 ед.; по гороху – на 0,17–0,19 и 0,10–0,12 ед. соответственно. При применении биологизированной системы описываемая разность по предшественникам составляла: по занятому пару – 0,14–0,21 и 0,07–0,12 ед.; по кукурузе на силос – 0,13–0,18 и 0,08–0,13 ед.; и по гороху – 0,14–0,16 и 0,09–0,10 ед. соответственно. На фоне применения расчетной системы удобрения – по занятому пару – 0,20–0,24 и 0,12–0,16 ед.; по кукурузе на силос – 0,13–0,30 и 0,08–0,17 ед.; и после гороха – 0,21–0,25 и 0,12–0,15 ед. соответственно (приложения 3, 4, 5).

Дисперсионный анализ полученных данных свидетельствует о том, что динамика реакции почвенного раствора на всех вариантах опыта имела общую направленность: существенное подкисление 0–20 см слоя чернозема выщелоченного нами отмечалось до фазы колошения (на 0,26 ед.) (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (актуальной) (ед.) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =0,07 | В, НСР ₀₅ =0,10 |
|----------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 6,41 | 6,31 | 6,26 | 6,19 | 6,34 | 6,19 | 6,18 |
| | кукуруза на силос | 6,15 | 6,06 | 5,93 | 5,82 | 6,11 | | 5,96 |
| | горох | 6,33 | 6,26 | 6,21 | 6,15 | 6,29 | | 6,12 |
| рекомендованная | занятый пар | 6,19 | 6,06 | 6,00 | 5,97 | 6,15 | 5,99 | |
| | кукуруза на силос | 6,02 | 5,94 | 5,82 | 5,75 | 5,96 | | |
| | горох | 6,14 | 6,02 | 5,91 | 5,87 | 6,07 | | |
| биологизированная | занятый пар | 6,50 | 6,37 | 6,30 | 6,21 | 6,42 | 6,25 | |
| | кукуруза на силос | 6,22 | 6,14 | 6,06 | 5,93 | 6,15 | | |
| | горох | 6,43 | 6,28 | 6,25 | 6,16 | 6,36 | | |
| расчетная | занятый пар | 6,10 | 6,00 | 5,90 | 5,88 | 6,07 | 5,91 | |
| | кукуруза на силос | 5,96 | 5,86 | 5,75 | 5,66 | 5,82 | | |
| | горох | 6,05 | 5,95 | 5,86 | 5,82 | 6,00 | | |
| С, НСР ₀₅ =0,10 | | 6,21 | 6,10 | 6,02 | 5,95 | 6,15 | НСР ₀₅ =0,27 Sx=3,8% | |

Это, на наш взгляд объясняется снижением интенсивности процесса метаболизма, в результате которого в почву выделяются конечные продукты обмена веществ растений, подкисляющие реакцию почвенного раствора.

Затем к фазе полной спелости наблюдалось достоверное увеличение данного показателя (на 0,20 ед.), объясняющееся тем, что к этому моменту прекращается активный рост растений, процессы метаболизма приостанавливаются, из надземной части растений в корневую систему, а затем и в ППК происходит естественный отток катионов, в том числе и Ca^{2+} и Mg^{2+} , способствующих повышению буферной способности почвы и снижению ее кислотности.

Согласно результатам статистической обработки полученных результатов, можно констатировать, что в среднем по предшественникам озимой пшеницы применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало достоверному подкислению реакции почвенного раствора относительно контроля, а показатели биологизированной системы находились на уровне естественного агрохимического фона.

Так, на вариантах с рекомендованной и расчетной системами удобрения снижение уровня рН относительно контроля за вегетацию культуры по рассматриваемым предшественникам составляло: 0,19–0,26 и 0,27–0,36 ед. после занятого пара; 0,07–0,15 и 0,16–0,29 ед. после кукурузы на силос; 0,19–0,30 и 0,28–0,35 ед. после гороха соответственно. Данная тенденция объясняется высокой насыщенностью указанных систем удобрения минеральными физиологически кислыми удобрениями, способствующими подкислению реакции почвенного раствора.

Показатель рН чернозема выщелоченного при применении биологизированной системы удобрения был незначительно выше, чем на контроле, однако разница находилась в пределах ошибки опыта.

Согласно материалам математической обработки полученных данных, в среднем по рассматриваемым предшественникам применение биологизированной системы удобрения за счет высокой насыщенности

органическими удобрениями и соломой способствовало не только поддержанию показателя рН почвенного раствора на уровне естественного агрохимического фона, но и незначительному повышению его. Это крайне положительно характеризует применение биологизированной системы удобрения не только с агротехнической, но и с экологической точки зрения.

Рекомендованная система удобрения, за вегетацию озимой пшеницы способствуя существенному подкислению реакции почвенной среды относительно контроля, что было описано выше, достоверно снижала показатель рН и относительно вариантов с биологизированной системой на 0,24–0,31 ед. по занятому пару, 0,18–0,24 ед. по кукурузе на силос и 0,26–0,34 ед. по гороху.

Наиболее интенсивное подкисление реакции почвенного раствора в опыте за счет наиболее высокой насыщенности минеральными удобрениями нами отмечалось при применении расчетной системы удобрения, которая в течение вегетации озимой пшеницы существенно снижала показатель рН как относительно контроля (что было описано выше), так и относительно остальных систем удобрения (рекомендованной и биологизированной): по занятому пару на 0,06–0,10 и 0,33–0,40 ед., по кукурузе на силос – на 0,06–0,14 и 0,26–0,33 ед., по гороху – на 0,05–0,09 и 0,33–0,39 ед. соответственно.

Предшественники озимой пшеницы в опыте оказывали определенное влияние на реакцию почвенного раствора. Так, показатель рН на посевах культуры после занятого пара и гороха находился практически на одном уровне, тогда как на делянках культуры после кукурузы на силос наблюдалось достоверное подкисление реакции почвенной среды, составлявшее 0,16–0,22 ед. относительно остальных предшественников.

Таким образом, основываясь на полученные результаты исследований, можно сделать вывод, что реакция почвенного раствора зависит от погодных условий. За период наблюдений в самом увлажненном 2013/14 сельскохозяйственном году реакция среды почвенного раствора была

наиболее кислой, и показатель рН солевой вытяжки уступал аналогичным значениям 2011/12 и 2012/13 годов: по опыту на естественном агрохимическом фоне на 0,09–0,18 и 0,06–0,11 ед., на вариантах с рекомендованной системой удобрения – на 0,17–0,23 и 0,10–0,14 ед., на биологизированной системе – на 0,13–0,21 и 0,07–0,13 ед., на расчетной системе удобрения – на 0,13–0,30 и 0,08–0,16 ед. соответственно.

В течение вегетации растений озимой пшеницы по всем рассматриваемым предшественникам вне зависимости от систем удобрения динамика реакции среды 0–20 см слоя чернозема выщелоченного имела общую направленность – существенное подкисление к фазе колошения на 0,26 ед., после чего отмечалось существенное подщелачивание на 0,20 ед. к наступлению полной спелости культуры.

Принципы построения анализируемых систем удобрения озимой пшеницы играли значительную роль в формировании кислотного потенциала чернозема выщелоченного. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения, высоко насыщенных физиологически кислыми минеральными удобрениями, способствовало существенному подкислению реакции среды как относительно контроля (на 0,20 и 0,28 ед. соответственно), так и биологизированной системы удобрения (на 0,26 и 0,34 ед. соответственно).

На фоне применения биологизированной системы удобрения показатель рН почвы находился практически на уровне естественного агрохимического фона, что объясняется высокой насыщенностью ее органическими удобрениями и соломой, которые в процессе минерализации насыщают почву ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} , тем самым увеличивая ее буферную способность.

Предшественники озимой пшеницы в опыте оказывали неодинаковое влияние на реакцию почвенного раствора. Показатель рН на посевах культуры после занятого пара и гороха находился практически на одном уровне, тогда как на вариантах после кукурузы на силос наблюдалось

достоверное подкисление реакции почвенной среды относительно остальных предшественников на 0,16–0,22 ед.

3.1.2. Гидролитическая кислотность

Продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур находится в прямой зависимости от агрохимических свойств почвы и внесения удобрений, обеспечивающих эффективное плодородие почвы (Агеев В. В. с соавт., 1999).

Динамика гидролитической кислотности почвы имеет существенное значение для направленности почвенных процессов, в том числе биологических, и уровня почвенного плодородия (Айсанов Т. С., 2015).

Погодные условия оказывают значительное влияние на уровень гидролитической кислотности почвы. Чем больше количество осадков, выпавших в год наблюдений, тем выше концентрация ионов водорода и алюминия в почве, способствующих повышению показателя Нг (приложения 6, 8, 10).

Самые высокие показатели гидролитической кислотности за период исследований были отмечены нами в 2014 г., и превышали аналогичные показатели предыдущих годов наблюдений на посевах после занятого пара по фоновым питанием: контроль – на 0,08–0,15 мг-экв/100 г почвы, рекомендованная система – 0,10–0,19 мг-экв/100 г почвы, биологизированная – 0,08–0,16 мг-экв/100 г почвы, расчетная – 0,12–0,25 мг-экв/100 г почвы.

На посевах после кукурузы на силос преимущество показателей 2014 г. составляло по системам удобрения: контроль – 0,09–0,19 мг-экв/100 г почвы, рекомендованная система – 0,09–0,20 мг-экв/100 г почвы, биологизированная – 0,09–0,19 мг-экв/100 г почвы, расчетная – 0,13–0,27 мг-экв/100 г почвы.

На вариантах после гороха увеличение показателя Нг в 2014 г. относительно предыдущих составляло: контроль – 0,08–0,17 мг-экв/100 г почвы, рекомендованная – 0,10–0,19 мг-экв/100 г почвы, биологизированная – 0,07–0,19 мг-экв/100 г почвы, расчетная – 0,12–0,25 мг-экв/100 г почвы.

Результаты исследований многих ученых, в частности В. В. Агеева с сотрудниками кафедры агрохимии Ставропольского ГАУ (2007), указывают на то, что на базовые показатели почвы, в число которых входит и гидролитическая кислотность, предшественники сельскохозяйственных культур влияния не оказывают. По этой причине рассмотрим влияние изучаемых систем удобрения на динамику гидролитической кислотности почвы по рассматриваемым предшественникам отдельно.

Согласно результатам математической обработки полученных данных, на посевах озимой пшеницы после занятого пара динамика показателя гидролитической кислотности в течение вегетации культуры вне зависимости от систем удобрения имела общую направленность – существенное повышение к фазе кущения на 0,19 мг-экв/100 г почвы, затем устойчивое снижение к полной спелости культуры на 0,18 мг-экв/100 г почвы.

Влияние анализируемых систем удобрения на показатель гидролитической кислотности на посевах озимой пшеницы после занятого пара было неодинаковым. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало существенному повышению уровня Нг как относительно контроля на 0,33 и 0,45 мг-экв/100 г почвы соответственно, так и вариантов с биологизированной системой на 0,22 и 0,34 мг-экв/100 г почвы соответственно. На вариантах после занятого пара уровень гидролитической кислотности на биологизированной системе удобрения был близок к контролю, разница между ними была в пределах ошибки опыта.

Статистическая обработка полученных данных свидетельствует о том, что на посевах озимой пшеницы после кукурузы на силос по периодам вегетации культуры динамика гидролитической кислотности 0–20 см слоя чернозема выщелоченного в среднем по опыту показывала общую тенденцию – значительное возрастание к фазе кущения на 0,15 мг-экв/100 г почвы, со снижением к фазе полной спелости на 0,15 мг-экв/100 г почвы (рисунок 3; приложение 7).

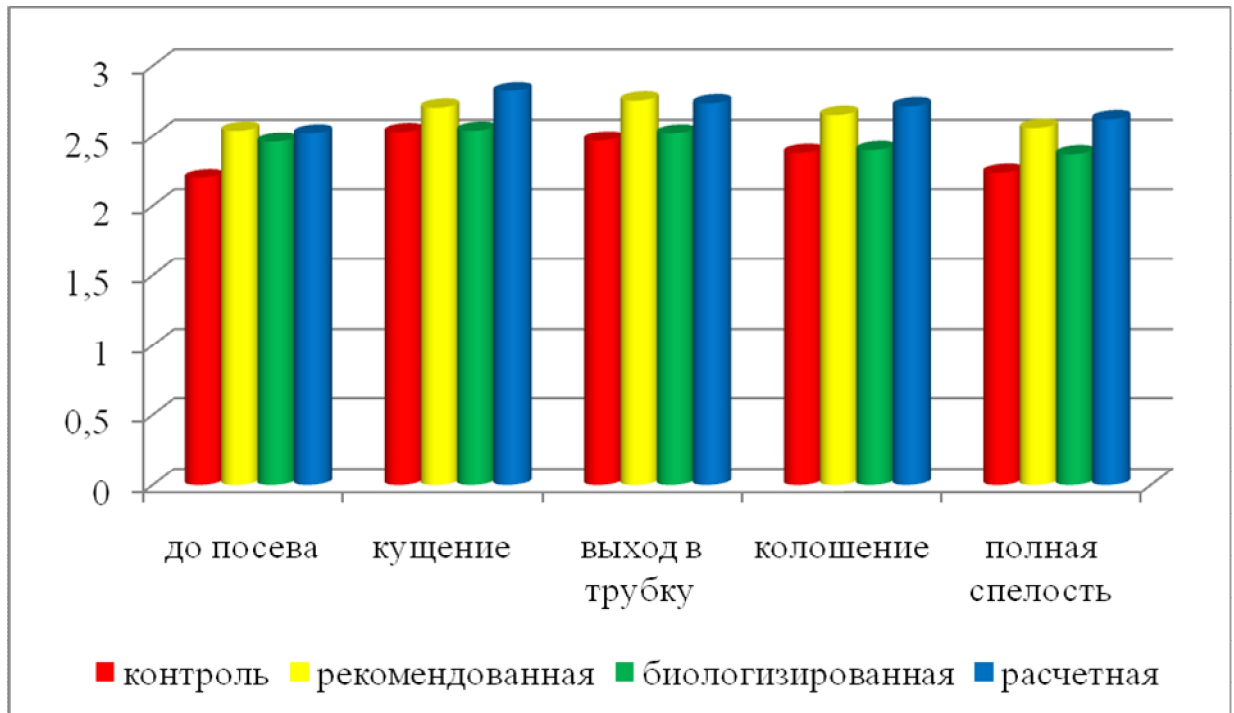


Рисунок 3 – Динамика гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что все изучаемые в опыте системы удобрения озимой пшеницы после кукурузы на силос достоверно увеличивали гидролитическую кислотность относительно контроля на 0,22–0,39 мг-экв/100 г почвы. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения наряду с преимуществом относительно контроля на 0,32 и 0,39 мг-экв/100 г почвы соответственно существенно увеличивало показатель Нг относительно биологизированной системы на 0,10 и 0,17 мг-экв/100 г почвы соответственно. Максимальный уровень гидролитической кислотности в опыте наблюдался на расчетной системе удобрения, которая в течение вегетации озимой пшеницы превышала показатели остальных вариантов и контроля на 0,06–0,50 мг-экв/100 г почвы.

Математическая обработка полученных данных показала общую направленность динамики гидролитической кислотности в течение вегетации озимой пшеницы на всех фонах питания – достоверное повышение к фазе

кращения на 0,21 мг-экв/100 г почвы, затем снижение к полной спелости культуры на 0,20 мг-экв/100 г почвы (рисунок 4; приложение 9).

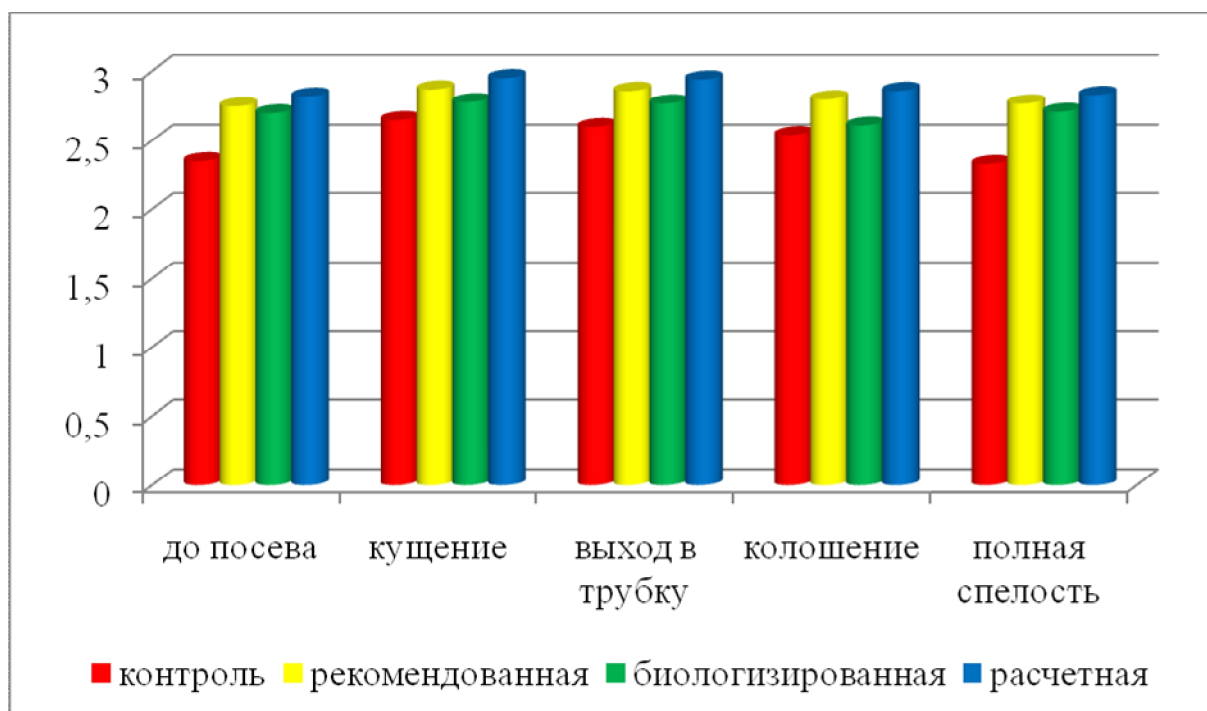


Рисунок 4 – Динамика гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник кукуруза на силос (2012–2014 гг.)

Согласно результатам дисперсионного анализа, все изучаемые в опыте системы удобрения озимой пшеницы после гороха достоверно увеличивали показатель гидролитической кислотности относительно контроля на 0,17–0,35 мг-экв/100 г почвы. При применении рекомендованной и расчетной систем удобрения в среднем по опыту отмечалось достоверное повышение показателя Нг как относительно естественного агрохимического фона на 0,29 и 0,35 мг-экв/100 г почвы соответственно, так и относительно биологизированной системы удобрения – на 0,12 и 0,18 мг-экв/100 г почвы соответственно. Максимальный уровень анализируемого показателя в течение вегетации озимой пшеницы отмечался на расчетной системе удобрения, превышавшей остальные варианты на 0,06–0,45 мг-экв/100 г почвы (рисунок 5; приложение 9).

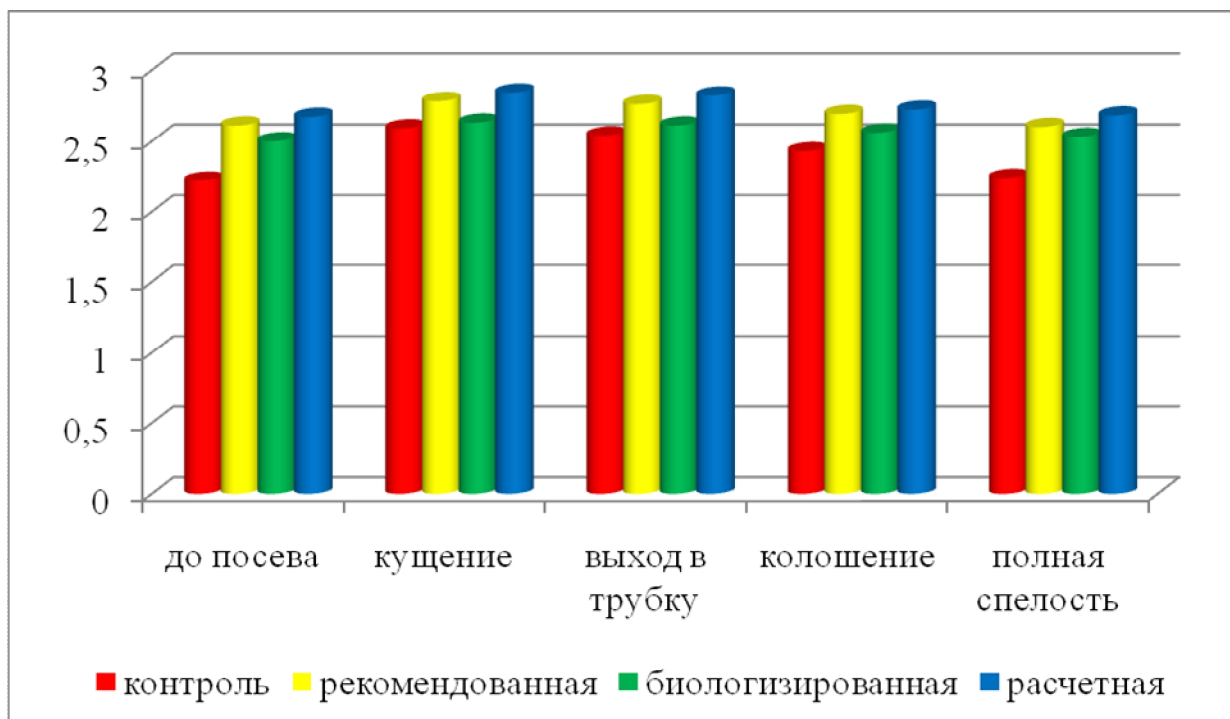


Рисунок 5 – Динамика гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник горох (2012–2014 гг.)

Таким образом, проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что уровень гидролитической кислотности 0–20 см слоя чернозема выщелоченного в наиболее увлажненном за период наблюдений 2014 г. за счет повышения концентрации ионов H^+ и Al^{3+} в ППК превышал показатели предыдущих лет по опыту на 0,08–0,27 мг-экв/100 г почвы. Предшественники озимой пшеницы в опыте достоверного влияния на динамику гидролитической кислотности пахотного слоя чернозема выщелоченного не оказали.

Вне зависимости от рассматриваемых предшественников и систем удобрения наблюдалась общая динамика показателя гидролитической кислотности в течение вегетации озимой пшеницы: существенное повышение к фазе кущения (по занятому пару, кукурузе на силос и гороху на 0,19; 0,15 и 0,21 мг-экв/100 г почвы соответственно), что объясняется увеличением биомассы растений озимой пшеницы, возрастанием интенсивности питания и в результате выделением продуктов метаболизма

в ППК, а также проводимой в этот период прикорневой подкормкой физиологически кислым удобрением – аммиачной селитрой после чего наблюдается устойчивое снижение показателя с достижением исходного уровня к полной спелости культуры.

Все анализируемые в опыте системы удобрения существенно увеличивали гидролитическую кислотность относительно контроля на 0,11–0,45 мг-экв/100 г почвы по занятому пару, на 0,22–0,39 мг-экв/100 г почвы по кукурузе на силос и 0,17–0,35 мг-экв/100 г почвы после гороха, кроме варианта с применением биологизированной системы по предшественнику занятой пар, где показатель Нг находился практически на уровне контроля, что положительно выделяет этот вариант в опыте.

Максимальное повышение показателя гидролитической кислотности в опыте за счет высокой насыщенности физиологически кислыми минеральными удобрениями вне зависимости от предшественников наблюдалось на вариантах с применением рекомендованной и расчетной систем удобрения, существенно превышавших как контроль (по занятому пару на 0,33 и 0,45 мг-экв/100 г почвы соответственно, по кукурузе на силос на 0,32 и 0,39 мг-экв/100 г почвы соответственно, по гороху на 0,29 и 0,35 мг-экв/100 г почвы соответственно), так и относительно вариантов с биологизированной системой удобрения (по занятому пару на 0,22 и 0,34 мг-экв/100 г почвы соответственно, по кукурузе на силос на 0,10 и 0,17 мг-экв/100 г почвы соответственно и по гороху на 0,12 и 0,18 мг-экв/100 г почвы соответственно).

3.1.3. Обменный кальций

Кальций обнаруживается во всех растительных клетках. Недостаток его в первую очередь и особенно отчетливо проявляется на росте и развитии корневых систем – прекращается развитие корневых волосков. Признаки кальциевого голодания свойственны и наземной части растения – отмирает верхушечная почка, прекращается рост стебля.

В условиях юга России не отмечается недостатка кальция в качестве элемента питания. Однако уже в настоящее время на каштановых почвах и даже черноземах недостаток Ca^{2+} обнаруживается в силу антагонистической деятельности H^+ и NH_4^+ , чему способствует систематическое применение физиологически кислых солей, процессы аммонификации, нитрификации, денитрификации и другие (Агеев В. В., 2005).

Содержание обменного кальция в почве зависит от условий увлажнения. Являясь антагонистом ионов H^+ , обменный кальций находится в обратной зависимости от количества осадков, выпавших в период наблюдений. В связи с этим, за период наших исследований максимальное содержание ионов Ca^{2+} в 0–20 см слое чернозема выщелоченного наблюдалось в 2012 г., показатели которого превосходили результаты 2013 и 2014 г. по занятому пару на контроле – на 0,48–1,09 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,49–1,19 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,49–1,10 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,48–1,12 мг-экв/100 г почвы. После кукурузы на силос на контроле 0,47–1,10 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,44–1,19 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,51–1,09 мг-экв/100 г почвы, на расчетной – на 0,43–1,04 мг-экв./100 г почвы. На делянках после гороха на контроле на 0,53–1,15 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,48–1,18 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной – на 0,48–1,15 мг-экв/100 г почвы, на расчетной – на 0,47–1,04 мг-экв/100 г почвы (приложения 12, 14, 16).

Основываясь на результатах математической обработки полученных данных, можно утверждать, что предшественники озимой пшеницы, рассматриваемые в опыте, на концентрацию обменного кальция в пахотном слое чернозема выщелоченного достоверного влияния не оказывали, в связи с чем анализ влияния анализируемых систем удобрения по предшественникам приведем отдельно.

Математическая обработка полученных результатов свидетельствует о том, что на посевах озимой пшеницы после занятого пара динамика содержания обменного кальция в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы на всех фонах питания показывала общую направленность – устойчивое снижение от посева культуры к полной спелости, объясняющееся поглощением культурными растениями ионов Ca^{2+} , усиливающееся с увеличением биомассы растений в процессе онтогенеза (рисунок 6; приложение 13).

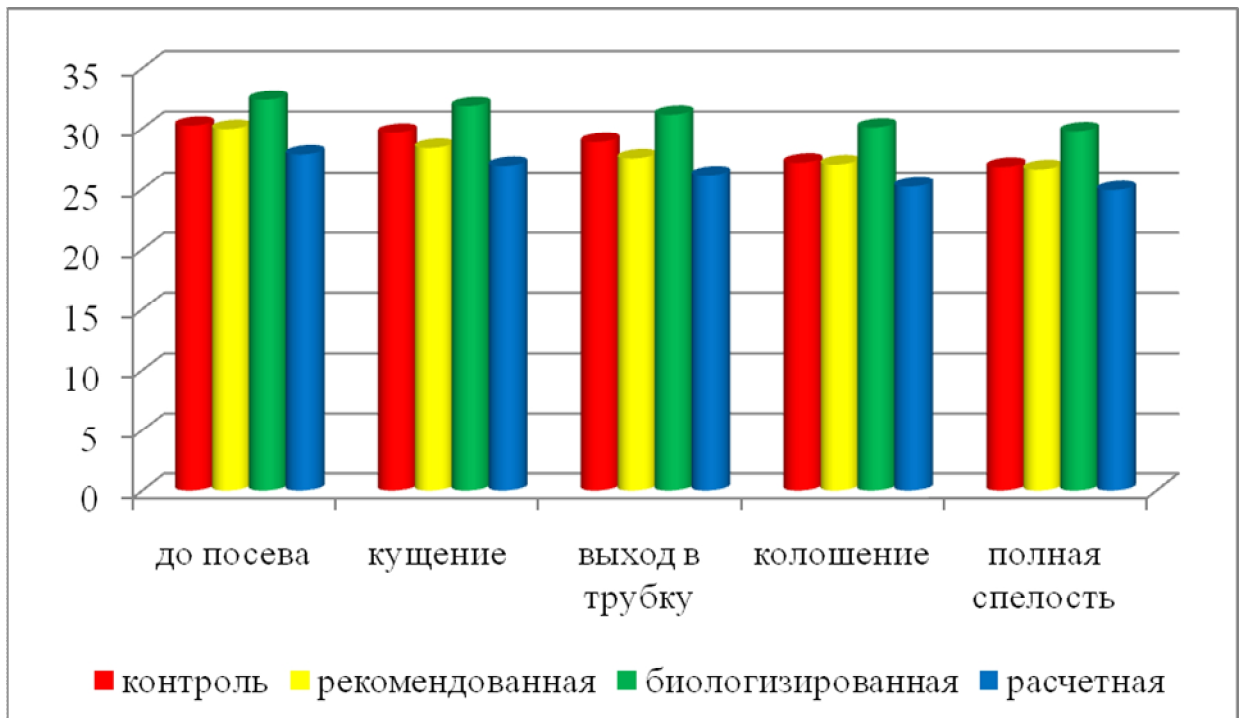


Рисунок 6 – Динамика содержания обменного кальция (мг-экв./100 г почвы) в 0–20см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Согласно данным, приведенным на рисунке 6, в среднем по опыту наблюдалось достоверное снижение от посева к фазе кушения на 2,57 мг-экв/100 г почвы, затем наблюдалось незначительное снижение по межфазным периодам кушения – выхода в трубку – на 1,84 мг-экв/100 г почвы, выхода в трубку – колошения – на 1,74 мг-экв/100 г почвы, колошения – полной спелости – на 1,14 мг-экв/100 г почвы.

Дисперсионный анализ полученных результатов показал, что на посевах озимой пшеницы после занятого пара использование биологизированной системы удобрения, характеризующейся применением большого количества органических удобрений, способствующих насыщению почвенно-поглощающего комплекса ионами Ca^{2+} , и увеличению степени буферности его, в среднем по опыту благоприятствовало существенному увеличению содержания обменного кальция в пахотном слое почвы относительно контроля на 0,93 мг-экв/100 г почвы. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало достоверному снижению концентрации обменного кальция в почве относительно контроля на 1,00 и 1,60 мг-экв/100 г почвы. Преимущество биологизированной системы удобрения относительно рекомендованной и расчетной систем в среднем по опыту составляло 1,93 и 2,53 мг-экв/100 г почвы соответственно.

В течение вегетации растений озимой пшеницы на фоне применения биологизированной системы удобрения наблюдалось максимальное содержание обменного кальция в пахотном слое чернозема выщелоченного. Преимущество биологизированной системы удобрения относительно контроля и остальных фонов питания в течение вегетации озимой пшеницы составляло 0,46–1,44 мг-экв/100 г почвы и 0,98–3,74 мг-экв/100 г почвы.

На посевах озимой пшеницы после кукурузы на силос динамика содержания обменного кальция в 0–20 см слое чернозема выщелоченного на всех фонах питания показывала устойчивое снижение от посева культуры. В период от посева культуры до фазы кущения наблюдалось достоверное снижение в среднем по опыту на 2,54 мг-экв/100 г почвы, затем наблюдалось незначительное снижение по периодам кущения – выхода в трубку – 1,92 мг-экв/100 г почвы, выхода в трубку – колошения – 1,22 мг-экв/100 г почвы, колошения – полной спелости – 1,75 мг-экв/100 г почвы (рисунок 7; приложение 15).

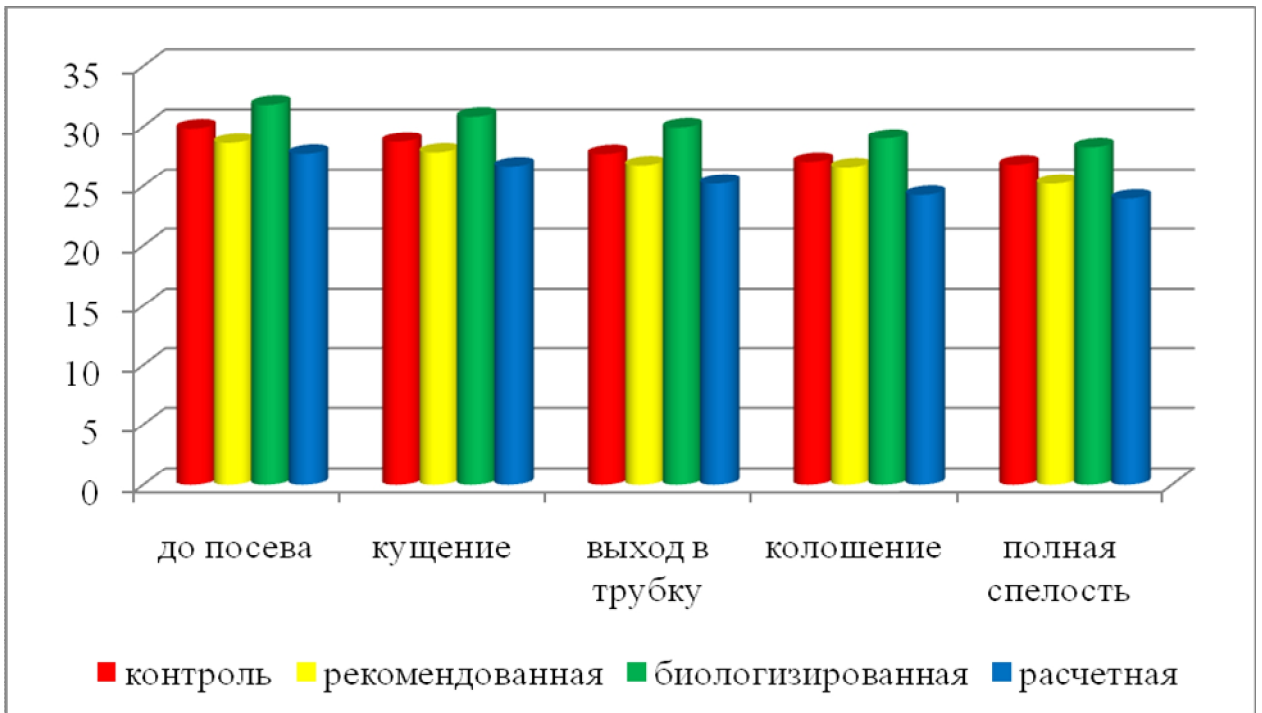


Рисунок 7 – Динамика содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в 0–20см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник кукуруза на силос (2012–2014 гг.)

Математическая обработка полученных данных свидетельствует о том, что содержание обменного кальция в 0–20 см слое чернозема выщелоченного при применении биологизированной системы удобрения в среднем по опыту значительно увеличивалось относительно контроля на 0,83 мг-экв/100 г почвы. На фоне применения рекомендованной и расчетной систем удобрения наблюдалось достоверное снижение описываемого показателя относительно контроля на 0,76 и 1,73 мг-экв/100 г почвы соответственно.

В течение развития растений озимой пшеницы максимальная концентрация обменного кальция в пахотном слое почвы наблюдалась на фоне применения биологизированной системы удобрения, показатели которой превосходили аналогичные варианты на контроле и остальных систем удобрения на 0,04–1,30 и 0,27–3,55 мг-экв/100 г почвы соответственно.

На посевах озимой пшеницы после гороха статистическая обработка полученных результатов исследований показала, что динамика содержания

обменного кальция в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации культуры на всех фонах питания показывала общую направленность – устойчивое снижение от посева к полной спелости. В среднем по опыту в период от посева культуры к фазе кущения наблюдалось достоверное снижение показателя на 2,56 мг-экв/100 г почвы. Затем – незначительное снижение показателя по периодам: кущения – выхода в трубку – 1,90 мг-экв/100 г почвы, выхода в трубку – колошения – 1,24 мг-экв/100 г почвы, колошения – полной спелости – 1,65 мг-экв/100 г почвы (рисунок 8; приложение 17).

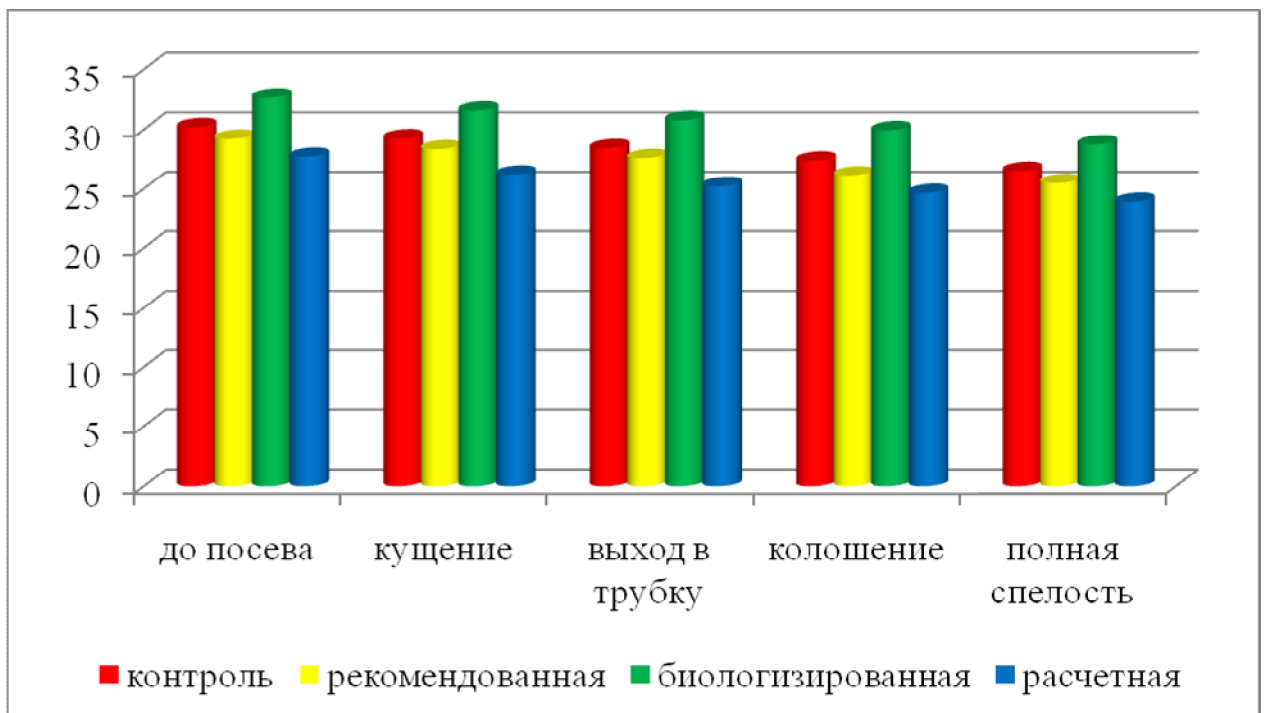


Рисунок 8 – Динамика содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в 0–20см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник горох (2012–2014 гг.)

Дисперсионный анализ полученных данных свидетельствует о том, что из рассматриваемых систем удобрения на фоне применения биологизированной системы наблюдалось достоверное повышение содержания обменного кальция в почве относительно контроля в среднем по опыту на 0,93 мг-экв/100 г почвы. Применение рекомендованной и расчетной

систем удобрения способствовало снижению рассматриваемого показателя относительно контроля в среднем по опыту на 0,58 и 1,57 мг-экв/100 г почвы.

Максимальный уровень содержания обменного кальция в пахотном слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы наблюдался на фоне применения биологизированной системы удобрения, превышавший показатели контроля и остальных фонов питания на 0,53–1,26 и 0,07–3,40 мг-экв/100 г почвы соответственно.

Таким образом, проанализировав полученные результаты исследований, можно сделать вывод, что условия увлажнения оказывали значительное влияние на содержание обменного кальция в 0–20 см слое чернозема выщелоченного. Насыщенность почвенно-поглощающего комплекса ионами Ca^{2+} находится в обратной зависимости от количества выпавших осадков. Так, в 2012 г., отличавшемся наиболее неблагоприятным режимом увлажнения за период наблюдений, формировался наиболее высокий уровень содержания обменного кальция в почве, превышавший аналогичные варианты 2013 и 2014 г.: на посевах после занятого пара на контроле – на 0,48–1,09 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,49–1,19 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,49–1,10 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,48–1,12 мг-экв/100 г почвы. После кукурузы на силос – на контроле 0,47–1,10 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,44–1,19 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,51–1,09 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,43–1,04 мг-экв/100 г почвы. После гороха – на контроле на 0,53–1,15 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,48–1,18 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,48–1,15 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,47–1,04 мг-экв/100 г почвы.

Предшественники озимой пшеницы, рассматриваемые в опыте, существенного влияния на содержание обменного кальция в почве не оказывали. Анализируемые в опыте системы удобрения оказывали неодинаковое влияние на содержание обменного кальция в почве.

Максимальное содержание описываемого элемента в 0–20 см слое чернозема выщелоченного наблюдалось на фоне применения биологизированной системы удобрения, которая в связи с высокой насыщенностью органическими удобрениями улучшала структурное состояние чернозема выщелоченного, повышала насыщенность поглощающего комплекса ионами кальция и магния и буферность почвы. Благодаря этому обеспечивалось существенное увеличение содержания обменного кальция в почве относительно контроля в среднем по опыту после занятого пара на 0,93 мг-экв/100 г почвы, после кукурузы на силос – на 0,83 мг-экв/100 г почвы, после гороха – на 0,93 мг-экв/100 г почвы. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения снижало содержание обменного кальция в пахотном слое почвы относительно контроля в среднем по опыту после занятого пара – на 1,00–1,60 мг-экв/100 г почвы, после кукурузы на силос – на 0,76–1,73 мг-экв/100 г почвы, после гороха – на 0,58–1,57 мг-экв/100 г почвы.

3.1.4. Обменный магний

Магний является важным элементом, участвующим в основных процессах, протекающих в растениях, таких как фотосинтез, транспорт фосфора, синтез сахаров, перераспределение крахмала, образование жира, фиксация азота в клубеньках бобовых. В почвенном комплексе магний присутствует в форме минералов различного рода (доломита, вермикулита, иллита, монтмориллонита, хлорита и др.), в обменной форме в почвенном поглощающем комплексе и в ионной форме в почвенном растворе. Корни растений могут поглощать растворимый и обменный магний, который должен сначала перейти в почвенный раствор (Шеуджен А. Х., 2008).

Условия увлажнения периода наблюдений оказывали значительное влияние на содержание обменного магния в 0–20 см слое чернозема выщелоченного. Благоприятные условия увлажнения способствовали вымыванию ионов Ca^{2+} из почвенного поглощающего комплекса и

насыщению его ионами водорода, алюминия и натрия, которые, в свою очередь, способствовали вытеснению ионов Mg^{2+} из ППК. В этих условиях в 2012 г., отличавшемся наименьшим количеством осадков за период наблюдений (2012–2014 гг.), формировалось наиболее высокое содержание обменного кальция в пахотном слое почвы, значительно превышавшее аналогичные показатели 2013 и 2014 гг. на посевах после занятого пара на контроле на 0,24–0,87 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,34–0,79 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,33–0,83 мг-экв/100 г почвы; на расчетной системе – на 0,28–1,33 мг-экв/100 г почвы. На посевах культуры после кукурузы на силос содержание обменного магния в почве в 2012 г. превышали показатели последующих лет наблюдений на контроле на 0,24–0,91 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 31,87 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,31–0,89 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,24–0,89 мг-экв/100 г почвы. На вариантах после гороха преимущество содержания обменного магния в почве 2012 г. относительно 2013 и 2014 гг. на контроле составляло 0,25–0,87 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – 0,31–0,93 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – 0,25–0,87 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – 0,32–0,91 мг-экв/100 г почвы (приложения 18, 20, 22).

Статистическая обработка полученных результатов исследований свидетельствует о том, что предшественники озимой пшеницы в опыте существенного влияния на содержание обменного магния в пахотном слое чернозема выщелоченного не оказывали, в связи с этим рассмотрим их отдельно.

На посевах озимой пшеницы после занятого пара динамика содержания обменного магния в пахотном слое почвы в течение вегетации культуры на всех фонах питания имела общую направленность – устойчивое снижение от посева к полной спелости. В среднем по опыту наблюдалось существенное снижение показателя от посева к фазе кущения на 0,65 мг-экв/100 г почвы,

затем наблюдалось незначительное снижение по межфазным периодам кущения – выхода в трубку – 0,46 мг-экв/100 г почвы, выхода в трубку – колошения – 0,38 мг-экв/100 г почвы, колошения – полной спелости – 0,21 мг-экв/100 г почвы (рисунок 9; приложение 19).

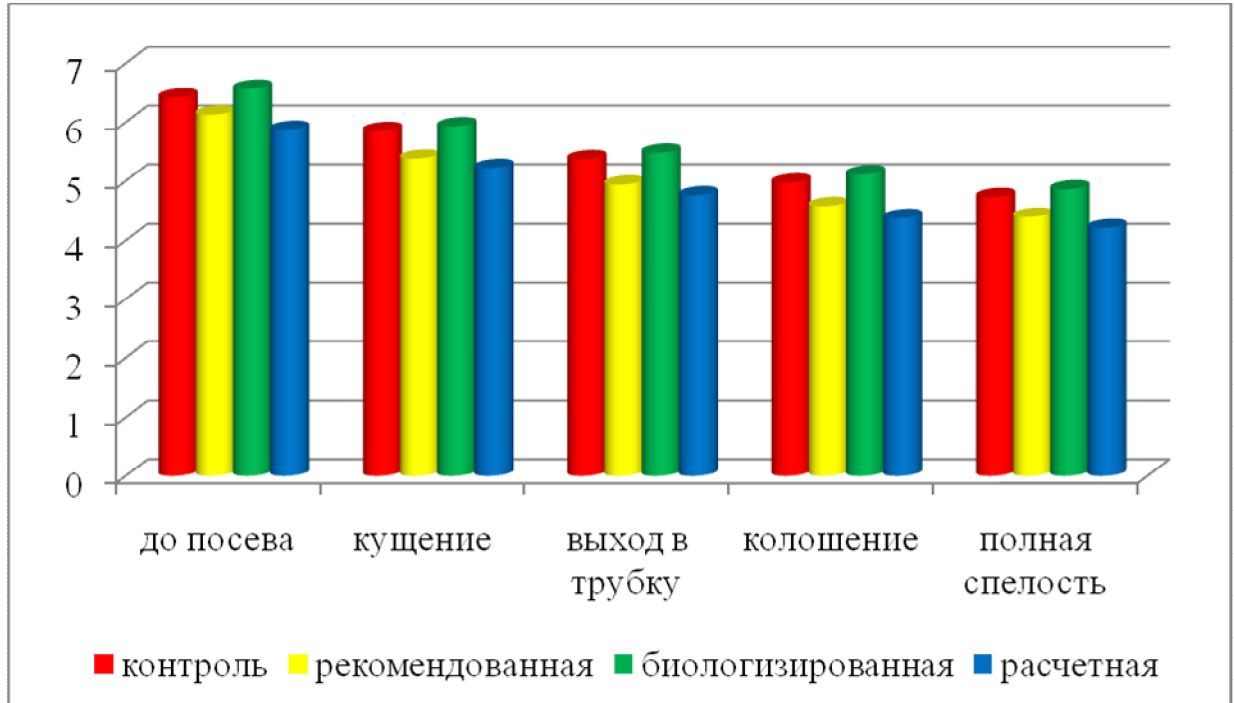


Рисунок 9 – Динамика содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Изучаемые системы удобрения оказывали неодинаковое влияние на содержание обменного магния в 0–20 см слое почвы. Применение биологизированной системы удобрения способствовало достоверному повышению анализируемого показателя относительно контроля в среднем по опыту на 0,12 мг-экв/100 г почвы. На рекомендованной и расчетной системах удобрения отмечалось существенное снижение показателя относительно контроля в среднем по опыту на 0,38 и 0,58 мг-экв/100 г почвы соответственно.

Максимальное содержание обменного магния в пахотном слое почвы в течение вегетации растений озимой пшеницы отмечалось на

биологизированной системе удобрения, значительно превышавшей показатели остальных вариантов на 0,08–0,73 мг-экв/100 г почвы.

На посевах озимой пшеницы после кукурузы на силос динамика содержания обменного магния в течение вегетации культуры показывала устойчивое снижение от посева к полной спелости. В период от посева к фазе кущения отмечалось существенное снижение показателя в среднем по опыту на 0,68 мг-экв/100 г почвы, затем наблюдалось незначительное снижение по межфазным периодам кущения – выхода в трубку – 0,46 мг-экв/100 г почвы, выхода в трубку – колошения – 0,40 мг-экв/100 г почвы, колошения – полной спелости – 0,17 мг-экв/100 г почвы (рисунок 10; приложение 21).

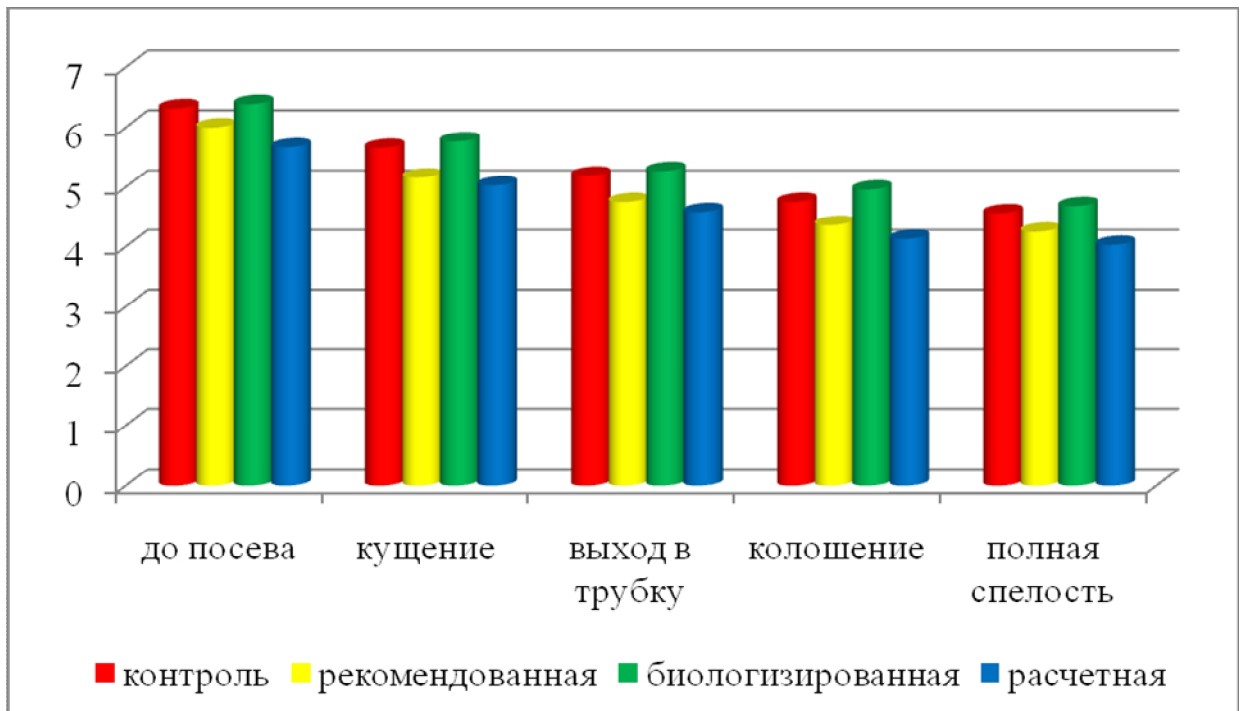


Рисунок 10 – Динамика содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник кукуруза на силос (2012–2014 гг.)

Из анализируемых систем удобрения достоверная прибавка содержания обменного магния в пахотном слое почвы относительно контроля отмечалась на биологизированной системе удобрения и составляла в среднем по опыту 0,12 мг-экв/100 г почвы. На фоне применения рекомендованной и расчетной систем удобрения отмечалось существенное

снижение показателя относительно контроля в среднем по опыту на 0,39 и 0,72 мг-экв/100 г почвы соответственно.

Максимальное содержание обменного кальция в 0–20 см слое почвы в течение вегетации растений озимой пшеницы отмечалось на биологизированной системе удобрения, значительно превышавшей показатели остальных вариантов на 0,07–0,83 мг-экв/100 г почвы.

На посевах озимой пшеницы после гороха динамика содержания обменного магния в пахотном слое почвы в течение вегетации культуры показывала устойчивое снижение от посева к полной спелости. Так, в среднем по опыту в период от посева к фазе кущения наблюдалось достоверное снижение показателя на 0,67 мг-экв./100 г почвы, после чего – незначительное снижение по периодам кущения – выхода в трубку – 0,46 мг-экв./100 г почвы, выхода в трубку – колошения – 0,39 мг-экв/100 г почвы, колошения – полной спелости – 0,18 мг-экв/100 г почвы (рисунок 11; приложение 23).

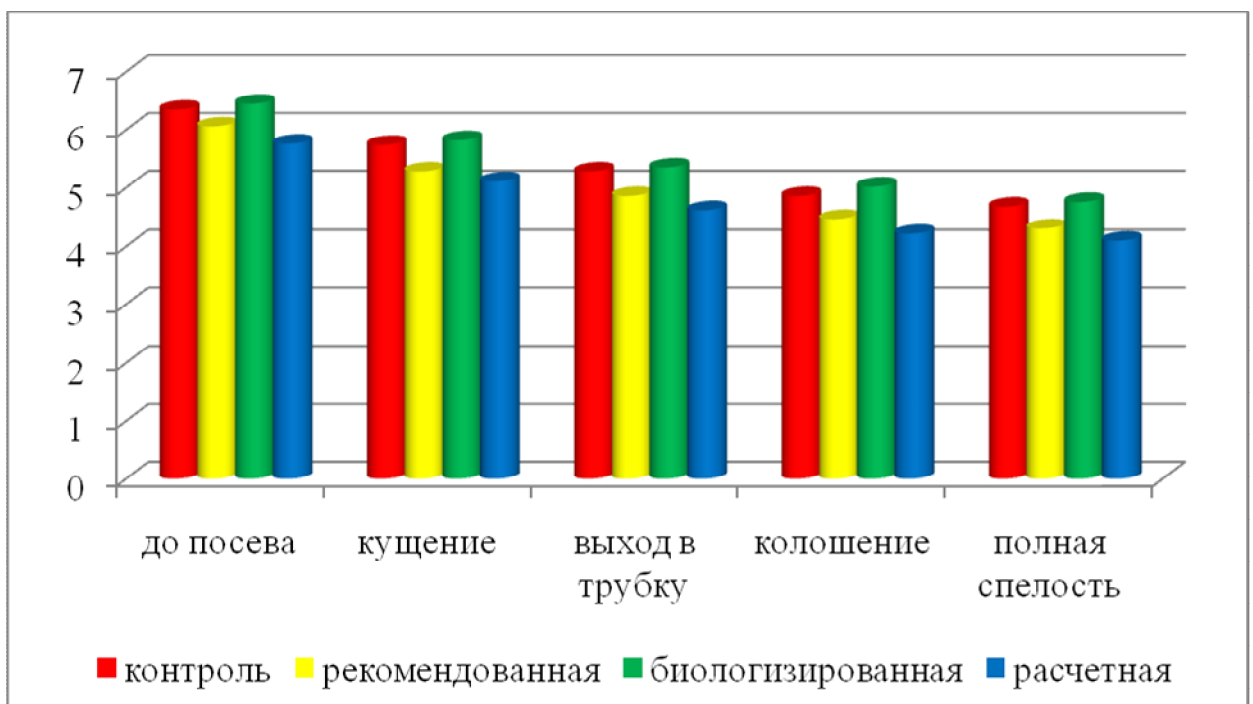


Рисунок 11 – Динамика содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник горох (2012–2014 гг.)

Применение биологизированной системы удобрения способствовало существенному повышению содержания обменного магния в пахотном слое почвы относительно контроля в среднем по опыту на 0,10 мг-экв/100 г почвы. На рекомендованной и расчетной системе удобрения отмечалось достоверное снижение описываемого показателя относительно контроля на 0,38 и 0,62 мг-экв/100 г почвы соответственно.

Максимальное содержание обменного магния в пахотном слое почвы на посевах озимой пшеницы после гороха в течение вегетации культуры отмечалось на биологизированной системе удобрения, достоверно превышавшей показатели остальных вариантов на 0,07–0,80 мг-экв/100 г почвы.

Таким образом, анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что погодные условия оказывали значительное влияние на содержание обменного магния в 0–20 см слое чернозема выщелоченного. В условиях острого дефицита влаги 2012 г. формировался наиболее высокий уровень содержания обменного магния за период наблюдений. Преимущество относительно показателей 2013 и 2014 гг. на посевах после занятого пара на контроле на 0,24–0,87 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,34–0,79 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,33–0,83 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,28–1,33 мг-экв/100 г почвы. После кукурузы на силос – на контроле на 0,24–0,91 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 31,87 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,31–0,89 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,24–0,89 мг-экв/100 г почвы. После гороха – на контроле составляло 0,25–0,87 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – 0,31–0,93 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – 0,25–0,87 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – 0,32–0,91 мг-экв/100 г почвы.

Рассматриваемые в опыте предшественники озимой пшеницы существенного влияния на содержание обменного магния в почве

не оказывали. Динамика содержания обменного магния в пахотном слое почвы в течение вегетации растений озимой пшеницы в опыте показывала общую направленность – существенное снижение от посева к фазе кущения (по занятому пару – на 0,65 мг-экв/100 г почвы, по кукурузе на силос – на 0,68 мг-экв/100 г почвы, после гороха – на 0,67 мг-экв/100 г почвы), затем отмечалось несущественное снижение, с достижением минимальных значений в фазе полной спелости.

Анализируемые системы удобрения оказывали неодинаковое влияние на описываемый показатель. На рекомендованной и расчетной системах удобрения содержание обменного магния в среднем по опыту уступало контролю на посевах после занятого пара – на 0,38 и 0,58 мг-экв/100 г почвы соответственно, после кукурузы на силос – на 0,39 и 0,60 мг-экв/100 г почвы соответственно, после гороха – на 0,38 и 0,62 мг-экв/100 г почвы соответственно. На биологизированной системе удобрения формировалось наиболее высокое содержание обменного магния в пахотном слое почвы значительно превышавшее показатели остальных вариантов в течение вегетации культуры на посевах после занятого пара – на 0,08–0,73 мг-экв./100 г почвы, после кукурузы на силос – на 0,07–0,83 мг-экв/100 г почвы; после гороха – на 0,07–0,80 мг-экв/100 г почвы.

3.1.5. Сумма поглощенных оснований

Значение почвенного поглощающего комплекса (ППК) необыкновенно велико. По К.К. Гедройцу, он представляет собой наиболее ценную часть почвы и по мере его разрушения почва все более и более переходит из совокупности очень сложных и сравнительно мало устойчивых соединений, обуславливающих ее жизнь, в смесь простых и устойчивых соединений, т. е. в мертвое тело. Гедройц полагал, что сумма всех поглощенных почвой катионов есть величина для этой почвы постоянная и очень устойчивая. Однако многими исследованиями установлены значительные изменения, произошедшие в почвенном поглощающем комплексе за период 50–60 лет

под влиянием как природного, так и мощного антропогенного воздействия (Подколзин А. И., 2008). В связи с этим представленные результаты исследований имеют научный и практический интерес.

Погодные условия, сложившиеся в период наблюдений, оказывали значительное влияние на показатель суммы поглощенных оснований пахотного слоя чернозема выщелоченного. Повышенное количество осадков, зафиксированное в 2014 г., способствовало вымыванию ионов кальция и магния из почвенного поглощающего комплекса в связи с насыщением его ионами водорода и, как следствие, повышению концентрации ионов H^+ и Al^{3+} в ППК.

Дефицит влаги, наблюдавшийся в 2012 г. способствовал насыщению почвенных коллоидов поглощенными основаниями, благодаря чему уровень показателя суммы поглощенных оснований здесь превышал аналогичные показатели 2013 и 2014 гг. в течение вегетации растений озимой пшеницы на посевах после занятого пара на контроле на 0,3–1,8 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – на 0,3–1,3 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – на 0,2–1,3 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – на 0,4–1,9 мг-экв/100 г почвы. На посевах после кукурузы на силос упомянутое преимущество составляло на контроле – 0,3–1,1 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – 0,3–1,2 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – 0,3–1,1 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – 0,5–1,0 мг-экв/100 г почвы. На посевах озимой пшеницы после гороха показатели 2012 г. превышали последующие на контроле – 0,2–1,1 мг-экв/100 г почвы, на рекомендованной системе – 0,3–0,9 мг-экв/100 г почвы, на биологизированной системе – 0,1–0,8 мг-экв/100 г почвы, на расчетной системе – 0,5–1,5 мг-экв/100 г почвы (приложения 24, 26, 28).

Основываясь на результатах полученных исследований, можно констатировать, что предшественники озимой пшеницы, рассматриваемые в опыте, достоверного влияния на показатель суммы поглощенных оснований не оказывали, в связи с чем рассмотрим их отдельно.

На посевах озимой пшеницы после занятого пара динамика показателя суммы поглощенных оснований в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации растений на всех фонах питания имела общую направленность – устойчивое снижение от посева к фазе полной спелости. В среднем по опыту отмечалось существенное снижение показателя в межфазные периоды до посева – кущения – на 0,9 мг-экв/100 г почвы, кущения – выхода в трубку – на 0,8 мг-экв/100 г почвы, затем – незначительное снижение с достижением минимальных значений в фазе полной спелости (рисунок 12; приложение 25).

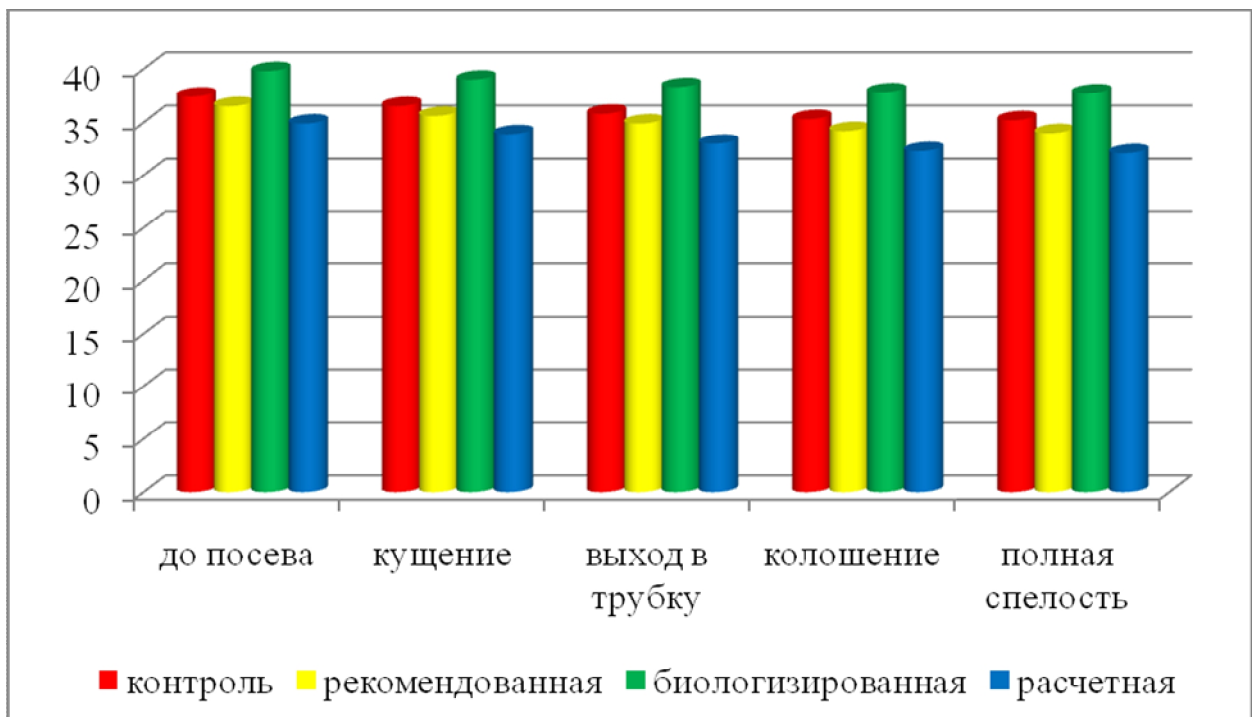


Рисунок 12 – Динамика суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник занятый пар (2012–2014 гг.)

Дисперсионный анализ полученных результатов показал, что анализируемые системы удобрения озимой пшеницы оказывали неодинаковое влияние на рассматриваемый показатель. На посевах озимой пшеницы после занятого пара применение биологизированной системы удобрения в среднем по опыту способствовало существенному увеличению суммы поглощенных оснований 0–20 см слоя чернозема выщелоченного

относительно контроля на 2,6 мг-экв/100 г почвы. Это объясняется тем, что она построена на основе максимального применения органических удобрений, что способствовало насыщению почвенного комплекса ионами солей сильных оснований (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и увеличению содержания гумуса.

Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало снижению суммы поглощенных оснований относительно контроля на 1,0–2,8 мг-экв/100 г почвы. Этому способствовала насыщенность этих фонов питания высокими дозами физиологически кислых минеральных удобрений, способствовавших формированию высокого потенциала продуктивности растений озимой пшеницы и интенсивному выносу элементов питания растений, в том числе и ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , и замещение их ионами H^+ , Al^{3+} и Na^+ , что, в свою очередь, способствовало снижению буферной способности почвы и повышению актуальной и потенциальной кислотности.

Согласно результатам статистической обработки полученных данных, максимальный уровень показателя суммы поглощенных оснований в опыте в течение вегетации растений озимой пшеницы после занятого пара наблюдался на биологизированной системе удобрения, он значительно превышал показатели контроля и остальных фонов питания на 2,4–2,5 и 3,3–5,6 мг-экв/100 г почвы соответственно.

На вариантах после кукурузы на силос динамика показателя суммы поглощенных оснований пахотного слоя чернозема выщелоченного демонстрировала убывающий характер. В среднем по опыту наблюдалось достоверное снижение суммы поглощенных оснований 0–20 см слоя чернозема выщелоченного, составлявшее по межфазным периодам: до посева – кущения – 0,9 мг-экв/100 г почвы, кущения выхода в трубку – 0,7 мг-экв/100 г почвы, затем отмечалось незначительное снижение показателя, с достижением минимального значения к полной спелости культуры (рисунок 13; приложение 27).

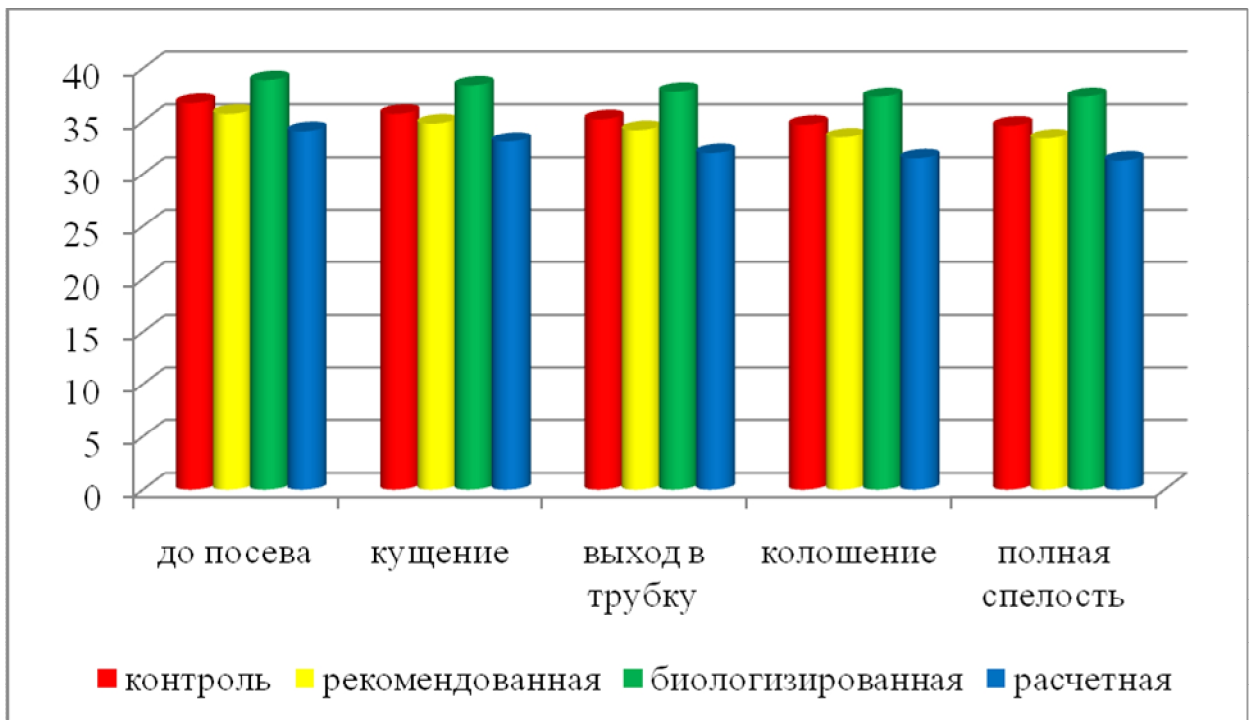


Рисунок 13 – Динамика суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник кукуруза на силос (2012–2014 гг.)

Изучаемые в опыте системы удобрения оказывали неодинаковое влияние на исследуемый показатель. Достоверное повышение суммы поглощенных оснований относительно контроля обеспечивало применение биологизированной системы удобрения и составляло в среднем по опыту 2,5 мг-экв/100 г почвы. На фоне применения рекомендованной и расчетной систем удобрения наблюдалось существенное снижение показателя относительно контроля на 1,1 и 3,0 мг-экв/100 г почвы соответственно.

В течение вегетации растений озимой пшеницы после кукурузы на силос максимальный уровень суммы поглощенных оснований в пахотном слое почвы отмечался на фоне применения биологизированной системы удобрения, преимущество которой относительно контроля и остальных фонов питания составляло 2,2–2,7 мг-экв/100 г почвы и 3,2–6,0 мг-экв/100 г почвы соответственно.

На посевах озимой пшеницы после гороха динамика показателя суммы поглощенных оснований в пахотном слое почвы в течение вегетации

культуры показывала устойчивое снижение от посева к полной спелости. В межфазные периоды до посева – кущения и кущения – выхода в трубку наблюдалось достоверное снижение показателя на 1,0 и 0,7 мг-экв/100 г почвы соответственно. Затем отмечалось незначительное убывание суммы поглощенных оснований с достижением минимума к фазе полной спелости культуры (рисунок 14; приложение 29).

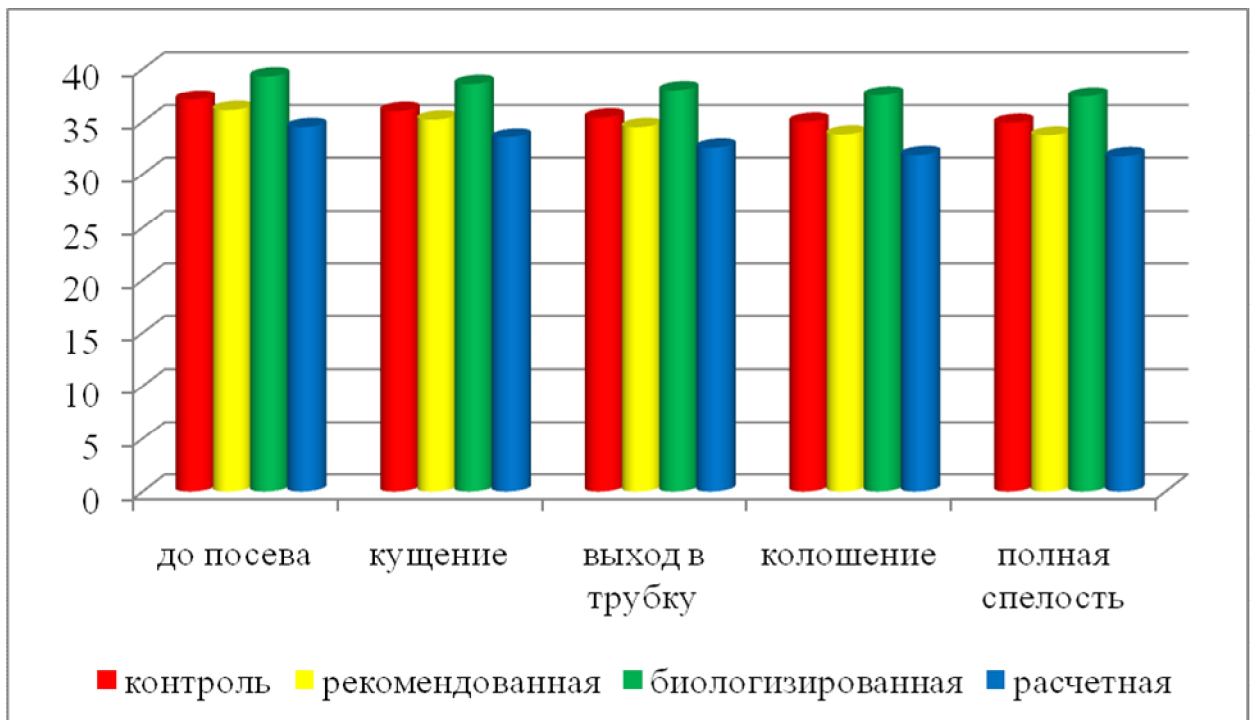


Рисунок 14 – Динамика суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от систем удобрения, предшественник горох (2012–2014 гг.)

Статистическая обработка полученных результатов свидетельствует о том, что анализируемые системы удобрения оказывали неоднозначное влияние на сумму поглощенных оснований 0–20 см слоя чернозема выщелоченного. На фоне применения биологизированной системы удобрения наблюдалось достоверное преимущество относительно показателей контроля, в среднем по опыту составлявшее 2,5 мг-экв/100 г почвы. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения за счет высокой насыщенности физиологически кислыми минеральными

удобрениями способствовало существенному снижению показателя относительно контроля на 1,0–2,9 мг-экв/100 г почвы.

Максимальные показатели суммы поглощенных оснований пахотного слоя чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы после гороха наблюдались на биологизированной системе удобрения, которая увеличивала описываемый показатель относительно контроля и остальных фонов питания в течение вегетации на 2,2–2,6 и 3,2–5,7 мг-экв/100 г почвы соответственно.

Таким образом, проанализировав полученные результаты исследований, можно сделать вывод, что повышенное количество осадков способствовало вымыванию ионов кальция и магния из ППК и насыщению его ионами водорода, алюминия и натрия, в связи с чем максимальный уровень описываемого показателя отмечался в наиболее засушливом 2012 г., показатели которого превосходили данные 2013 и 2014 гг. на посевах после занятого пара на 0,2–1,9 мг-экв/100 г почвы, после кукурузы на силос – на 0,3–1,2 мг-экв/100 г почвы, после гороха – на 0,2–1,5 мг-экв/100 г почвы. Предшественники озимой пшеницы существенного влияния на показатель суммы поглощенных оснований не оказывали.

Динамика показателя суммы поглощенных оснований 0–20 см слоя чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы независимо от предшественников имела общую направленность – устойчивое снижение от посева к полной спелости культуры. Достоверное снижение показателя отмечалось в периоды до посева – кущения и кущения – выхода в трубку и составляло по предшественникам: занятый пар – 0,9 и 0,8 мг-экв/100 г почвы, кукуруза на силос – 0,9 и 0,7 мг-экв/100 г почвы, горох – 1,0 и 0,7 мг-экв/100 г почвы соответственно. Затем на посевах по всем рассматриваемым предшественникам наблюдалось несущественное снижение показателя с достижением минимальных значений в фазе полной спелости.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что применение рекомендованной и расчетной системы удобрения за счет высокой насыщенности физиологически кислыми удобрениями способствовало

снижению показателя суммы поглощенных оснований в среднем по опыту относительно контроля по предшественникам: занятый пар – на 1,0–2,8 мг-экв/100 г почвы, кукуруза на силос – на 1,1–3,0 мг-экв/100 г почвы, горох – на 1,0–2,9 мг-экв/100 г почвы соответственно. Максимальные показатели суммы поглощенных оснований пахотного слоя почвы не зависимо от предшественников отмечались на фоне применения биологизированной системы удобрения, которая обеспечивала преимущество относительно контроля и остальных систем удобрения в течение вегетации по предшественникам: занятый пар – 2,4–2,5 и 3,3–5,6 мг-экв/100 г почвы, кукуруза на силос – 2,2–2,7 и 3,2–6,0 мг-экв/100 г почвы, после гороха – 2,2–2,6 и 3,2–5,7 мг-экв/100 г почвы соответственно.

3.2. Минеральный азот

Азоту принадлежит особое место в жизни живых организмов. Значимость азота для растений заключается в его участии в белковом, углеводном обмене, фотосинтезе, энергетическом обмене, передаче наследственных свойств организма, поскольку через нуклеиновые кислоты воспроизводится синтез белковых молекул у потомства. Главными источниками азота для растений являются нитратный (NO_3^-) и аммиачный (NH_4^+) азот, а для бобовых культур в симбиозе с микроорганизмами – и молекулярный азот. Обеспечение сбалансированного уровня азотного питания растений посредством применения оптимальных доз азота является не только определяющим условием высокоэффективного его использования в продукционном процессе, но и немаловажным фактором стабилизации азотного фонда почвы и снижения непроизводительных потерь этого элемента питания (Ягодин Б. А. и др., 2002; Сигида М. С., 2008).

Количество осадков, выпавших в период проведения исследований, оказывало значительное влияние на содержание минерального азота в почве под посевами озимой пшеницы. Так, в наиболее благоприятном по режиму увлажнения 2014 г. на опытных делянках по всем предшественникам

содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы было выше аналогичных показателей 2012 и 2013 гг. (приложения 30–32).

На контроле на посевах культуры после занятого пара преимущество показателей 2014 г. относительно 2012 и 2013 гг. за период вегетации составляло 1,6–5,7 мг/кг, после кукурузы на силос 1,4–5,9 мг/кг, по гороху – 1,3–5,7 мг/кг. На рекомендованной системе удобрения показатели 2014 г. были выше показателей 2012 и 2013 гг. на вариантах после занятого пара на 2,9–8,2 мг/кг, по кукурузе на силос – на 2,7–7,2 мг/кг и после гороха – на 1,8–6,8 мг/кг. На биологизированной системе удобрения преимущество показателей 2014 г. составило 1,6–6,5 мг/кг после занятого пара, 1,3–6,7 мг/кг после кукурузы на силос и 3,4–6,6 мг/кг после гороха. При применении расчетной системы удобрения за период наблюдений в 2014 г. также наблюдалось наивысшее количество минерального азота в 0–20 см слое почвы, составившее на делянках после занятого пара 2,5–7,2 мг/кг, после кукурузы на силос – 3,3–8,2 мг/кг и после гороха – 1,7–6,1 мг/кг почвы.

Результаты математической обработки полученных данных свидетельствуют о том, что применение изучаемых систем удобрения озимой пшеницы, независимо от выбора предшественника, выявило общую тенденцию динамики содержания минерального азота в течение вегетации культуры в 0–20 см слое почвы: существенное повышение от периода до посева культуры к наступлению фазы кущения, затем наблюдается достоверное устойчивое снижение показателя с наступлением минимального значения к фазе полной спелости.

Достоверное повышение содержания минерального азота в 0–20 см слое почвы под озимой пшеницей от посева культуры до фазы кущения по опыту составляло 4,9 мг/кг. Затем к фазе выхода в трубку наблюдалось снижение показателя на 3,8 мг/кг. Содержание минерального азота в почве от фазы выхода в трубку к фазе колошения снижалось на 5,0 мг/кг, с последующим снижением к полной спелости культуры на 5,8 мг/кг почвы (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние систем удобрения на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =2,0 | В, НСР ₀₅ =2,2 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|---|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 25,9 | 29,1 | 27,5 | 23,4 | 18,5 | 22,0 | 32,5 |
| | кукуруза на силос | 20,7 | 23,4 | 20,1 | 17,8 | 12,6 | | 27,5 |
| | горох | 23,3 | 26,2 | 22,8 | 21,0 | 17,4 | | 30,6 |
| рекомендованная | занятый пар | 34,8 | 37,6 | 34,5 | 28,6 | 20,3 | 29,0 | |
| | кукуруза на силос | 28,3 | 32,6 | 28,4 | 22,3 | 18,0 | | |
| | горох | 32,7 | 36,4 | 33,6 | 26,7 | 19,6 | | |
| биологизированная | занятый пар | 30,6 | 33,0 | 29,5 | 25,9 | 19,6 | 26,1 | |
| | кукуруза на силос | 26,8 | 30,9 | 25,2 | 19,5 | 16,9 | | |
| | горох | 29,5 | 32,0 | 28,8 | 23,9 | 18,8 | | |
| расчетная | занятый пар | 47,1 | 57,5 | 52,5 | 41,6 | 32,8 | 43,7 | |
| | кукуруза на силос | 40,8 | 49,5 | 44,7 | 36,4 | 34,3 | | |
| | горох | 44,6 | 55,5 | 50,7 | 39,5 | 28,5 | | |
| С, НСР ₀₅ =2,8 | | 32,1 | 37,0 | 33,2 | 27,2 | 21,4 | НСР ₀₅ =7,1 S _x =3,7 % | |

Данная направленность динамики содержания минерального азота, с существенным возрастанием в фазе кущения, на наш взгляд, закономерно объясняется внесением аммиачной селитры в ранневесеннюю прикорневую подкормку в дозе N30 на рекомендованной и биологизированной системах и N50 на расчетной системе удобрения и оптимальными условиями увлажнения, что способствовало значительному повышению содержания нитратного азота в пахотном слое почвы.

Затем, в последующие фазы развития, растения озимой пшеницы, увеличивая объем биомассы, активно потребляли азот, чем способствовали активному истощению его запасов в почве.

Дисперсионный анализ полученных результатов показал, что все изучаемые системы удобрения в среднем за вегетацию озимой пшеницы достоверно повышали содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы относительно показателя естественного агрохимического фона. Так, на посевах озимой пшеницы по занятому пару преимущество удобренных вариантов перед контролем составляло 1,1–28,4 мг/кг, на вариантах после кукурузы на силос – 1,7–26,1 мг/кг и после гороха – 1,4–29,3 мг/кг.

Рекомендованная система удобрения, достоверно увеличивая содержание описываемого элемента в среднем по опыту относительно контроля, показывала существенное преимущество перед биологизированной системой удобрения на делянках после занятого пара на 1,8–8,9 мг/кг и 0,7–5,0 мг/кг, после гороха – на 2,2–10,8 мг/кг и 0,8–4,8 мг/кг соответственно. На посевах озимой пшеницы после кукурузы на силос показатель рекомендованной системы удобрения, достоверно превышая контроль, показывал незначительное преимущество перед результатом биологизированной системы удобрения.

Максимальное содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы вне зависимости от предшественников отмечалось на вариантах с расчетной системой удобрения, обеспечивавшей достоверную прибавку относительно контроля и остальных изучаемых фонов питания по предшественникам:

занятый пар – 12,3–28,4 мг/кг, кукуруза на силос – 14,1–26,1 мг/кг, горох – 8,9–29,3 мг/кг.

Предшественники озимой пшеницы оказывали определенное влияние на содержание минерального азота в почве опытного участка. Так, в среднем по системам удобрения за вегетацию озимой пшеницы содержание описываемого элемента в пахотном слое почвы на делянках после занятого пара и гороха достоверно превышало аналогичный показатель после кукурузы на силос на 5,0 и 3,1 мг/кг почвы соответственно. При этом разница между показателями по занятому пару и гороху находилась в пределах ошибки опыта.

Таким образом, анализ приведенных выше данных свидетельствует о том, что погодные условия, сложившиеся в период наблюдений, оказывают значительное влияние на содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы. Наивысшее содержание минерального азота в почве отмечалось в наиболее благоприятном по условиям увлажнения 2014 г., показатели которого в среднем по опыту были выше аналогичных значений предыдущих годов наблюдений на контроле на 1,4–5,9 мг/кг, на рекомендованной системе – на 1,8–8,2 мг/кг, на биологизированной системе – на 1,3–6,7 мг/кг, на расчетной системе – 1,7–8,2 мг/кг.

Динамика содержания минерального азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы на всех изучаемых фонах питания имела общую направленность: существенное повышение от посева к фазе кущения (на 4,9 мг/кг), которое объясняется проведенной в этот период прикорневой азотной подкормкой, затем наблюдалось устойчивое снижение показателя с достижением минимальных значений к фазе полной спелости культуры.

Анализируемые в опыте системы удобрения вне зависимости от предшественников способствовали значительному повышению содержания минерального азота в пахотном слое чернозема выщелоченного относительно контроля на 4,1–21,7 мг/кг. Максимальное содержание элемента в почве

было сформировано на фоне применения расчетной системы удобрения, которая в течение вегетации озимой пшеницы достоверно превышала контроль и остальные фоны питания по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох на 12,3–28,4, 14,1–26,1 и 8,9–29,3 мг/кг почвы соответственно.

Предшественники озимой пшеницы в опыте оказали влияние на содержание минерального азота в почве. Показатели занятого пара и гороха, находясь практически на одном уровне, достоверно превышали показатели кукурузы на силос на 5,0 и 3,1 мг/кг почвы соответственно. Эти данные подтверждают эффективность размещения озимой пшеницы в данной почвенно-климатической зоне по предшественникам занятый пар и горох.

3.3. Подвижный фосфор

Содержание фосфора в почве зависит от содержания его в почвообразующей породе и процессов биологической аккумуляции в биологически активных слоях почвы. В тех случаях, когда в породе содержится повышенное количество фосфорсодержащих минералов, почва имеет высокое содержание подвижного фосфора. Слабокислая среда чернозема выщелоченного создает условия для повышения подвижности фосфатов. Фонд почвенного фосфора в значительной степени зависит от гранулометрического состава материнской породы (Воронкова Н. А., 2013; Голосной Е. В., 2013).

При резких колебаниях влажности почвы в 0–20 см ее слое увеличивается содержание труднорастворимых форм фосфора, и, напротив, при благоприятных условиях увлажнения наблюдается увеличение содержания подвижных форм фосфора. Так, в процессе проведения исследований (2012–2014 гг.) нами было выявлено, что содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в 2014 г. в среднем по опыту превышало показатели 2012 и 2013 гг. по занятому пару на 2,1–7,4 и 0,7–4,9 мг/кг, после кукурузы на силос на 3,3–9,6 и 1,2–4,4 мг/кг,

по гороху – на 3,5–7,3 и 1,9–3,4 мг/кг почвы соответственно (приложения 33–35).

Согласно результатам статистической обработки полученных данных, динамика содержания подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы в течение вегетации озимой пшеницы вне зависимости от предшественников и систем удобрения имела общую направленность: устойчивое снижение от посева к фазе полной спелости. Снижение содержания P_2O_5 по опыту от посева до фазы кушения составляло 3,7 мг/кг, затем от фазы кушения к фазе выхода в трубку снижение составляло 1,2 мг/кг. В межфазные периоды выхода в трубку – колошения и колошения – полной спелости отрицательная динамика подвижного фосфора в почве составляла 2,3 и 1,0 мг/кг почвы соответственно.

Математическая обработка полученных результатов свидетельствует о том, что вне зависимости от выбора предшественника озимой пшеницы все изучаемые системы удобрения достоверно увеличивали содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы относительно контроля. Так, на посевах после занятого пара преимущество удобренных фонов составляло 1,5–16,6 мг/кг, после кукурузы на силос – 1,2–14,9 мг/кг, после гороха – 1,8–12,5 мг/кг. На биологизированной системе удобрения отмечалась существенная прибавка содержания P_2O_5 в почве относительно контроля, составлявшая по предшественникам: 1,5–4,1 мг/кг по занятому пару, 0,6–3,1 мг/кг по кукурузе на силос, 0,6–3,5 мг/кг по гороху.

Применение рекомендованной системы удобрения обеспечивало достоверную прибавку содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы относительно контроля и вариантов с биологизированной системой удобрения, составлявшую за вегетацию озимой пшеницы по предшественникам: занятый пар – 3,6–7,8 и 0,3–3,7 мг/кг, кукуруза на силос – 4,7–10,4 и 1,7–4,1 мг/кг, горох – 4,7–7,3 и 1,3–4,1 мг/кг почвы соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние систем удобрения на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСП ₀₅ =1,8 | В, НСП ₀₅ =4,5 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 23,6 | 18,5 | 18,4 | 17,0 | 16,2 | 16,8 | 24,3 |
| | кукуруза на силос | 20,1 | 15,2 | 14,7 | 13,3 | 12,0 | | 20,0 |
| | горох | 22,1 | 16,8 | 16,4 | 14,6 | 13,7 | | 22,0 |
| рекомендованная | занятый пар | 27,2 | 26,3 | 24,7 | 21,8 | 20,1 | 21,7 | |
| | кукуруза на силос | 22,6 | 21,8 | 20,0 | 17,6 | 14,8 | | |
| | горох | 24,4 | 23,6 | 22,6 | 19,3 | 17,4 | | |
| биологизированная | занятый пар | 25,1 | 22,6 | 21,8 | 20,0 | 19,8 | 19,5 | |
| | кукуруза на силос | 20,7 | 17,6 | 17,5 | 16,4 | 14,7 | | |
| | горох | 22,7 | 19,3 | 19,2 | 18,1 | 16,3 | | |
| расчетная | занятый пар | 40,2 | 33,3 | 32,5 | 28,7 | 28,6 | 30,4 | |
| | кукуруза на силос | 35,8 | 29,3 | 26,6 | 23,8 | 23,6 | | |
| | горох | 38,5 | 31,7 | 29,8 | 26,2 | 26,1 | | |
| С, НСП ₀₅ =1,1 | | 26,9 | 23,2 | 22,0 | 19,7 | 18,7 | НСП ₀₅ =7,5 Sx=4,2 % | |

Максимальное содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы в опыте обеспечивалось применением расчетной системы удобрения, показатели которой достоверно превышали как контроль, так и показатели остальных систем удобрения в течение вегетации озимой пшеницы соответственно на 11,7–16,6 и 6,9–15,1 мг/кг на делянках после занятого пара, на 10,4–14,9 и 4,5–10,4 мг/кг – после кукурузы на силос, на 10,2–12,5 и 5,2–10,7 мг/кг по гороху.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что предшественники озимой пшеницы не оказывали существенного влияния на содержание подвижного фосфора в почве опытного участка. Незначительно выше показателей остальных предшественников, на 2,0–4,3 мг/кг, было содержание описываемого элемента в почве после занятого пара.

Таким образом, проанализировав описанные выше результаты, можно констатировать, что благоприятные условия увлажнения периода наблюдений оказывают положительное влияние на содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного. В 2014 г. содержание подвижного фосфора в почве превышало аналогичные показатели 2012 и 2013 гг. на контроле на 4,1 и 2,0 мг/кг, на рекомендованной системе удобрения – на 5,5 и 2,9 мг/кг, на биологизированной – на 5,5 и 3,0 мг/кг и на расчетной – на 6,3 и 2,9 мг/кг соответственно.

Динамика содержания подвижного фосфора в пахотном слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы вне зависимости от выбора предшественника показывала общую направленность: существенное устойчивое снижение от посева культуры к фазе полной спелости, составившее за вегетацию культуры 8,2 мг/кг.

Анализируемые в опыте системы удобрения озимой пшеницы достоверно увеличивали содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного относительно контроля на 2,7–13,6 мг/кг. Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало существенному увеличению содержания подвижного фосфора в почве

относительно контроля на 4,9 и 13,6 мг/кг, и относительно показателей биологизированной системы удобрения на 2,2 и 10,9 мг/кг. Максимальное содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы в опыте отмечалось на расчетной системе удобрения, показатели которой достоверно превышали контроль, и остальные системы удобрения в течение вегетации озимой пшеницы на 11,7–16,6 и 6,9–15,1 мг/кг после занятого пара, 10,4–14,9 и 4,5–10,4 мг/кг после кукурузы на силос, 10,2–12,5 и 5,2–10,7 мг/кг после гороха соответственно.

Предшественники озимой пшеницы существенного влияния на содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы не оказывали. Наивысший показатель искомого элемента был отмечен на делянках после занятого пара, однако разница относительно остальных предшественников была в пределах ошибки опыта.

3.4. Обменный калий

Калий является важным и незаменимым элементом минерального питания растений. Валовое содержание калия в почвах может сильно колебаться и зависит от состава минералов и почвообразующих процессов, а также от их гранулометрического состава. Физиологическая роль калия для растений весьма существенна, он способствует нормальному ходу фотосинтеза, передвижению углеводов, их накоплению в продуктивной части урожая. Незначительная динамика обменного калия в пахотном слое предопределяется высоким содержанием валовых и обменных форм калия. Миграции обменный калий, как и фосфор, по профилю почвы подвержен незначительно (Сигида М. С., 2008).

Многолетними данными агрохимической науки выявлено и доказано, что содержание K_2O в почве зависит от количества осадков. В годы с наиболее высоким количеством осадков, содержание обменного калия в почве выше. Так, за период наших исследований благоприятный режим увлажнения, сложившийся в 2013–2014 г., способствовал формированию наивысшего уровня содержания обменного калия в 0–20 см слое почвы,

превышая показатели 2011/12 и 2012/13 гг. в течение вегетации озимой пшеницы после занятого пара на 19–42 и 11–27 мг/кг, после кукурузы на силос – на 20–44 и 7–27 мг/кг, после гороха – на 25–43 и 10–21 мг/кг почвы соответственно (приложения 36-38).

Статистическая обработка полученных данных свидетельствует о том, что на всех системах удобрения динамика содержания обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного по фазам развития озимой пшеницы вне зависимости от предшественников имела общую направленность: незначительное повышение от посева культуры до фазы кущения (на 11 мг/кг), затем отмечалось достоверное снижение к фазе выхода в трубку (на 30 мг/кг), с последующим незначительным снижением к фазе колошения (на 10 мг/кг), затем – незначительное повышение показателя на 10 мг/кг к фазе полной спелости.

Дисперсионный анализ полученных результатов позволил нам сделать вывод, что в среднем по опыту все изучаемые системы удобрения существенно увеличивали содержание обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного относительно контроля на 31–49 мг/кг.

Применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало существенному повышению содержания обменного калия в пахотном слое почвы относительно контроля (на 40 и 59 мг/кг) и относительно биологизированной системы удобрения (9 и 18 мг/кг). Применение биологизированной системы увеличивало содержание калия в почве относительно контроля после занятого пара на 12–44 мг/кг, после кукурузы на силос – 19–47 мг/кг, после гороха – 19–53 мг/кг почвы соответственно.

Рекомендованная система удобрения, превышая показатели контроля и биологизированной системы, в течение вегетации озимой пшеницы увеличивала содержание элемента по занятому пару на 20–51 и 6–8 мг/кг, по кукурузе на силос – на 28–54 и 6–9 мг/кг, по гороху – на 27–66 и 8–13 мг/кг почвы соответственно (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСП ₀₅ =8 | В, НСП ₀₅ =13 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 238 | 247 | 223 | 197 | 200 | 210 | 247 |
| | кукуруза на силос | 217 | 226 | 202 | 174 | 179 | | 231 |
| | горох | 228 | 236 | 214 | 185 | 188 | | 242 |
| рекомендованная | занятый пар | 265 | 276 | 243 | 237 | 251 | 250 | |
| | кукуруза на силос | 249 | 260 | 230 | 227 | 233 | | |
| | горох | 269 | 273 | 241 | 238 | 254 | | |
| биологизированная | занятый пар | 258 | 270 | 235 | 229 | 244 | 241 | |
| | кукуруза на силос | 243 | 253 | 221 | 218 | 226 | | |
| | горох | 257 | 264 | 233 | 227 | 241 | | |
| расчетная | занятый пар | 277 | 285 | 254 | 248 | 263 | 259 | |
| | кукуруза на силос | 252 | 274 | 244 | 237 | 250 | | |
| | горох | 262 | 282 | 250 | 245 | 260 | | |
| С, НСП ₀₅ =13 | | 251 | 262 | 232 | 222 | 232 | НСП ₀₅ =32 Sx=4,3 % | |

Максимальное содержание обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в опыте вне зависимости от предшественников отмечалось на расчетной системе удобрения, которая достоверно превышала контроль и остальные фоны питания по предшественникам: занятый пар – на 31–63 и 9–19 мг/кг, кукуруза на силос – на 35–71 и 3–24 мг/кг, горох – на 34–72 и 5–19 мг/кг соответственно.

Предшественники озимой пшеницы в опыте не оказали существенного влияния на уровень обменного калия в пахотном слое почвы. Содержание описываемого элемента на посевах культуры после занятого пара и гороха в среднем по опыту находилось приблизительно на одном уровне, значительно превышая аналогичный показатель на делянках по кукурузе на силос на 12–16 мг/кг почвы.

Таким образом, обобщая полученные результаты, можно отметить, что содержание обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в наиболее благоприятном по условиям увлажнения 2014 г. превышало показатели 2012 и 2013 гг. на контроле на 28 и 15 мг/кг, на рекомендованной системе удобрения – на 35 и 17 мг/кг, на биологизированной системе – на 35 и 16 мг/кг и на расчетной системе удобрения – на 35 и 18 мг/кг.

Динамика содержания обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы не зависимо от фонов питания и предшественников имела общую направленность: незначительное повышение от посева культуры к фазе кущения (на 11 мг/кг). После этого наблюдалось устойчивое снижение показателя с достижением минимального уровня в фазе колошения (222 мг/кг), затем отмечалось незначительное повышение к фазе полной спелости (на 10 мг/кг).

Изучаемые в опыте системы удобрения озимой пшеницы достоверно увеличивали содержание обменного калия в пахотном слое чернозема выщелоченного относительно контроля на 31–49 мг/кг. Рекомендованная и расчетная системы удобрения, существенно превышая показатели контроля, обеспечивали достоверную прибавку почве относительно

вариантов с биологизированной системой удобрения на 9 и 18 мг/кг соответственно.

Максимальное содержание обменного калия в 0–20 см слое почвы в опыте в течение вегетации озимой пшеницы отмечалось на расчетной системе удобрения, которая значительно превышала как показатель контроля, так и остальные фоны питания по предшественникам: занятый пар – на 31–63 и 9–19 мг/кг, кукуруза на силос – на 35–71 и 3–24 мг/кг, горох – на 34–72 и 5–19 мг/кг соответственно.

Предшественники озимой пшеницы в опыте не оказывали существенного влияния на содержание обменного калия в пахотном слое почвы.

4. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Сухая биомасса

Многочисленными исследованиями установлено, что продуктивность сельскохозяйственных культур тесно связана с ростом растений, который является интегральным отражением внутренних, внешних факторов и наиболее тесно контролируется ходом накопления биомассы посевами (Есаулко А. Н., 2006; Жученко А. А., 2011).

Показатель величины сухой биомассы и динамика его накопления в процессе вегетации растений озимой пшеницы обуславливаются почвенно-климатическими, агрохимическими и другими условиями, сложившимися в период развития растений. В процессе проведения исследований нами было установлено, что наиболее благоприятные для роста и развития растений озимой пшеницы погодные условия сложились в 2014 г. Это способствовало формированию наиболее высоких показателей величины накопления сухой биомассы растениями культуры по всем рассматриваемым предшественникам относительно аналогичных вариантов 2012 и 2013 гг. в среднем по опыту на контроле на 0,41 и 0,21 т/га, на рекомендованной системе – на 0,43 и 0,23 т/га, на биологизированной системе – на 0,43 и 0,20 т/га, на расчетной системе – на 0,44 и 0,25 т/га соответственно (приложения 39–41).

Опираясь на полученные результаты исследований, можно констатировать, что на всех анализируемых фонах питания вне зависимости от предшественников динамика накопления сухой биомассы в процессе вегетации озимой пшеницы имела общую направленность – устойчивое повышение от фазы кущения к фазе полной спелости. Так, в среднем по опыту увеличение показателя накопления сухой биомассы растений озимой пшеницы на контроле по периодам составляло: кущения – выхода в трубку – 2,45 т/га, выхода в трубку – колошения – 3,10 т/га, колошения – полной

спелости – 0,51 т/га. На рекомендованной системе удобрения повышение величины сухой биомассы растений озимой пшеницы в среднем по опыту составляло по периодам: кущения – выхода в трубку – 4,27 т/га, выхода в трубку – колошения – 4,07 т/га, колошения – полной спелости – 0,71 т/га. На биологизированной системе удобрения положительная динамика по фазам составляла: кущения – выхода в трубку – 3,82 т/га, выхода в трубку – колошения – 3,97 т/га, колошения – полной спелости – 0,66 т/га. На фоне применения расчетной системы динамика накопления биомассы растений озимой пшеницы в среднем по опыту по фазам составляла: кущения – выхода в трубку – 4,95 т/га, выхода в трубку – колошения – 4,89 т/га, колошения – полной спелости – 0,85 т/га.

Динамика накопления сухой биомассы растений озимой пшеницы зависела от применяемых систем удобрения. Применение рассматриваемых систем удобрения способствовало более интенсивному накоплению сухой массы растений озимой пшеницы относительно контроля. Преимущество удобренных фонов относительно контроля в течение вегетации растений озимой пшеницы на посевах после занятого пара составляло 0,10–5,04 т/га, после кукурузы на силос – 0,39–3,60 т/га и после гороха – 0,20–5,45 т/га.

На биологизированной системе удобрения отмечалось значительное увеличение накопления биомассы растений озимой пшеницы относительно контроля в течение вегетации культуры по занятому пару на 0,10–1,84 т/га, на вариантах по кукурузе на силос – на 1,09–1,79 т/га, на посевах по гороху – на 0,20–3,25 т/га.

Применение рекомендованной системы удобрения оказывало более благоприятное влияние на формирование биомассы растений озимой пшеницы. Преимущество относительно контроля и биологизированной системы удобрения здесь составляло в течение вегетации культуры по занятому пару 0,35–2,91 и 0,05–1,75 т/га, по кукурузе на силос – 0,39–2,07 и 0,37–1,05 т/га, по гороху – 0,53–4,14 и 0,33–1,01 т/га соответственно (таблица 7).

**Таблица 7 – Влияние систем удобрения на динамику накопления сухой биомассы (т/га)
растениями озимой пшеницы, 2012–2014 гг.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|
| | | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 1,57 | 5,12 | 8,29 | 8,89 |
| | кукуруза на силос | 0,47 | 2,79 | 5,69 | 6,10 |
| | горох | 1,62 | 4,10 | 7,43 | 7,96 |
| рекомендованная | занятый пар | 1,92 | 6,97 | 11,05 | 11,80 |
| | кукуруза на силос | 1,56 | 4,58 | 7,62 | 8,17 |
| | горох | 2,15 | 7,23 | 11,28 | 12,10 |
| биологизированная | занятый пар | 1,87 | 5,22 | 10,02 | 10,73 |
| | кукуруза на силос | 0,86 | 3,53 | 7,25 | 7,76 |
| | горох | 1,82 | 6,22 | 10,46 | 11,21 |
| расчетная | занятый пар | 2,20 | 7,76 | 13,00 | 13,93 |
| | кукуруза на силос | 1,75 | 5,21 | 9,05 | 9,70 |
| | горох | 2,64 | 8,85 | 12,52 | 13,41 |

Максимальный уровень накопления сухой биомассы в опыте вне зависимости от предшественников был отмечен на расчетной системе удобрения, которая значительно увеличивала описываемый показатель как относительно контроля, так и остальных фонов питания на посевах культуры после занятого пара на 0,63–5,04 и 0,28–3,20 т/га, после кукурузы на силос – на 1,28–3,60 и 0,19–1,94 т/га, после гороха – на 0,22–5,45 и 0,49–2,63 т/га соответственно.

Влияние рассматриваемых в опыте предшественников озимой пшеницы на интенсивность накопления растениями сухой биомассы было менее выраженным. Показатели, полученные на посевах культуры после занятого пара и гороха вне зависимости от фона питания, находились практически на одном уровне. На вариантах после занятого пара наблюдалось незначительное преимущество. Однако зафиксированный на посевах культуры по этим предшественникам уровень накопления сухой биомассы значительно превышал показатели после кукурузы на силос в течение вегетации озимой пшеницы на контроле на 1,10–2,79 т/га, на рекомендованной системе – на 0,36–3,93 т/га, на биологизированной системе – на 0,96–3,45 т/га, на расчетной системе – на 0,45–4,23 т/га.

Таким образом, анализ полученных данных свидетельствует о том, что благоприятные условия увлажнения в течение вегетации озимой пшеницы, сложившиеся в 2014 году, способствовали накоплению максимального уровня сухой биомассы растений культуры, превышая показатели 2012 и 2013 гг. на контроле на 0,41 и 0,21 т/га, на рекомендованной системе – на 0,43 и 0,23 т/га, на биологизированной системе – на 0,43 и 0,20 т/га, на расчетной системе удобрения – на 0,44 и 0,25 т/га соответственно.

Динамика накопления сухой биомассы растениями озимой пшеницы в течение вегетации культуры на всех вариантах показывала устойчивое повышение от фазы кущения к фазе полной спелости с возрастанием в среднем по опыту по периодам: кущения – выхода в трубку – 3,93 т/га,

выхода в трубку – колошения – 3,84 т/га, колошения – полной спелости – 0,68 т/га.

Все изучаемые системы удобрения стимулировали накопление сухой массы озимой пшеницы в течение вегетации культуры, разница с естественным агрохимическим фоном на посевах после занятого пара составляла 0,10–5,04 т/га, после кукурузы на силос – 0,39–3,60 т/га и после гороха – 0,20–5,45 т/га. Высокая насыщенность удобрениями способствовала тому, что максимальный уровень сухой биомассы в опыте сформировался на расчетной системе удобрения, которая значительно превышала показатели контроля и остальных фонов питания на посевах культуры после занятого пара на 0,63–5,04 и 0,28–3,20 т/га, после кукурузы на силос – на 1,28–3,60 и 0,19–1,94 т/га, после гороха – на 0,22–5,45 и 0,49–2,63 т/га соответственно.

Рассматриваемые в опыте предшественники значительного влияния на интенсивность накопления сухой биомассы растениями озимой пшеницы не оказывали. Однако показатели по занятому пару и гороху на всех фонах питания, находясь практически на одном уровне, превышали аналогичные варианты по кукурузе на силос в среднем по опыту на 0,36–4,23 т/га.

4.2. Химический состав растений

4.2.1. Азот

Значимость азота для растений определяется его участием в белковом, углеводном и энергетическом обмене, фотосинтезе, передаче наследственных свойств организма. Концентрация азота в растениях находится в зависимости от климатических условий. Чем меньше количество осадков в период наблюдений, тем меньше биомасса растений культуры и, как следствие, выше концентрация азота в растениях. Так, в наименее благоприятном по режиму увлажнения за период наших исследований 2012 г., концентрация азота в растениях озимой пшеницы была выше аналогичных показателей 2013 и 2014 гг. На естественном агрохимическом фоне данное преимущество

в среднем по опыту составляло 0,25–0,44%, на фоне рекомендованной системы удобрения – 0,30–0,49%, на биологизированной системе удобрения – 0,28–0,48%, на расчетной системе удобрения – 0,32–0,53% (приложения 42–44).

В результате проведенных исследований нами было выявлено, что на всех рассматриваемых предшественниках озимой пшеницы, независимо от систем удобрения динамика содержания азота в растениях по фазам вегетации культуры имела общую направленность – устойчивое снижение в течение вегетации культуры. Максимальное содержание элемента в растениях наблюдалось в фазе всходов, минимальное – в фазе полной спелости.

На контроле в среднем по рассматриваемым предшественникам отрицательная динамика показателя по межфазным периодам составляла: всходов – кущения – 0,50%, кущения – выхода в трубку – 0,50%, выхода в трубку – колошения – 0,45%, колошения – полной спелости – 1,00%.

На рекомендованной системе удобрения отрицательная динамика элемента в среднем по предшественникам составляла: всходов – кущения – 0,42%, кущения – выхода в трубку – 0,32%, выхода в трубку – колошения – 0,67%, колошения – полной спелости – 1,04%.

На биологизированной системе удобрения снижение искомого показателя в среднем по предшественникам составляло: всходов – кущения – 0,46%, кущения – выхода в трубку – 0,40%, выхода в трубку – колошения – 0,63%, колошения – полной спелости – 0,91%.

На расчетной системе удобрения отрицательная динамика содержания азота в растениях озимой пшеницы в течение вегетации по фазам составляла: всходов – кущения – 0,44%, кущения – выхода в трубку – 0,32%, выхода в трубку – колошения – 0,61%, колошения – полной спелости – 1,19% (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние систем удобрения на содержание азота (%) в растениях озимой пшеницы по различным предшественникам, 2012–2014 гг.

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 4,57 | 4,11 | 3,74 | 3,22 | 1,86 |
| | кукуруза на силос | 3,97 | 3,44 | 2,93 | 2,48 | 1,75 |
| | горох | 4,23 | 3,72 | 3,12 | 2,73 | 1,83 |
| рекомендованная | занятый пар | 5,26 | 4,85 | 4,54 | 3,65 | 2,30 |
| | кукуруза на силос | 4,21 | 3,76 | 3,42 | 2,87 | 2,08 |
| | горох | 4,46 | 4,05 | 3,74 | 3,16 | 2,18 |
| биологизированная | занятый пар | 5,17 | 4,64 | 4,32 | 3,56 | 2,25 |
| | кукуруза на силос | 4,17 | 3,71 | 3,28 | 2,70 | 2,05 |
| | горох | 4,31 | 3,92 | 3,48 | 2,93 | 2,16 |
| расчетная | занятый пар | 5,35 | 4,92 | 4,63 | 3,94 | 2,35 |
| | кукуруза на силос | 4,35 | 3,89 | 3,55 | 3,02 | 2,15 |
| | горох | 4,68 | 4,25 | 3,91 | 3,31 | 2,19 |

Основываясь на результатах трехлетних наблюдений (2012–2014 гг.), можно утверждать, что изучаемые системы удобрения способствовали значительному увеличению содержания азота в растениях озимой пшеницы относительно аналогичных показателей на естественном агрохимическом фоне. Так, на посевах культуры после занятого пара преимущество удобренных фонов относительно контроля составляло 0,39–0,89%, после кукурузы на силос – 0,20–0,62%, после гороха – 0,08–0,79%.

Применение рекомендованной системы удобрения обеспечивало значительно большее содержание азота в растениях озимой пшеницы относительно вариантов контроля и биологизированной системы удобрения. Преимущество ее на посевах по занятому пару составляло 0,43–0,80 и 0,05–0,21%, по кукурузе на силос – 0,24–0,49 и 0,03–0,17%, и по гороху – 0,23–0,62 и 0,03–0,26% соответственно.

Содержание азота в растениях озимой пшеницы при применении биологизированной системы удобрения, уступая показателям рекомендованной и расчетной систем, значительно превышало аналогичный показатель естественного агрохимического фона в течение вегетации растений озимой пшеницы по занятому пару на 0,34–1,0%, по кукурузе на силос – на 0,22–0,49%, по гороху – на 0,23–0,62%.

Максимальное содержание азота в растениях озимой пшеницы в опыте независимо от выбора предшественников было отмечено нами на расчетной системе удобрения. Ее применение обеспечивало значительное преимущество перед остальными вариантами, составлявшее на посевах после занятого пара 0,49–0,89 и 0,05–0,38%, после кукурузы на силос – 0,38–0,62 и 0,07–0,32%, после гороха – 0,36–0,79 и 0,01–0,43% соответственно.

Предшественники озимой пшеницы в опыте оказывали определенное влияние на содержание азота в растениях озимой пшеницы. Минимальное содержание описываемого элемента в растениях культуры на всех фонах питания наблюдалось на посевах после кукурузы на силос. Максимальное содержание азота в растениях озимой пшеницы в опыте отмечалось

на вариантах после занятого пара, где преимущество относительно остальных предшественников в течение вегетации культуры на контроле составляло 0,03–0,81%, на рекомендованной системе – 0,12–1,12%, на биологизированной системе – 0,09–1,04% и на расчетной системе – 0,16–1,08%.

Таким образом, проанализировав полученные результаты, можно констатировать, что содержание азота в растениях озимой пшеницы в неблагоприятных условиях увлажнения, сложившихся в 2012 г., способствовавших худшему росту и развитию растений, в среднем по опыту было выше аналогичных показателей 2013 и 2014 гг. на естественном агрохимическом фоне на 0,25–0,44%; на фоне рекомендованной системы удобрения – на 0,30–0,49%, на биологизированной системе удобрения – на 0,28–0,48%, на расчетной системе удобрения – на 0,32–0,53%.

Динамика содержания азота в растениях озимой пшеницы в течение вегетации культуры на всех вариантах имела общую направленность – устойчивое снижение от фазы всходов к фазе полной спелости, что объясняется увеличением биомассы растений в процессе роста и снижением концентрации азота. Отрицательная динамика описываемого показателя в среднем по опыту в течение вегетации озимой пшеницы составляла: всходов – кущения – 0,45%, кущения – выхода в трубку – 0,39%, выхода в трубку – колошения – 0,59%, колошения – полной спелости – 1,03%.

Анализируемые в опыте системы удобрения повышали содержание азота в растениях озимой пшеницы относительно контроля. Высокая насыщенность рекомендованной и расчетной систем удобрения азотом способствовала формированию значительно более высокого содержания данного элемента в растениях озимой пшеницы относительно аналогичных вариантов контроля и биологизированной системы удобрения. Преимущество рекомендованной системы удобрения относительно контроля и биологизированной системы по занятому пару составляло 0,43–0,80 и 0,05–0,21%, по кукурузе на силос – 0,24–0,49 и 0,03–0,17%; и по гороху –

0,23–0,62 и 0,03–0,26% соответственно. На фоне применения расчетной системы удобрения отмечалось максимальное содержание азота в растениях озимой пшеницы, значительно превышавшее показатели контроля и остальных фонов питания на посевах после занятого пара на 0,49–0,89 и 0,05–0,38%, после кукурузы на силос – на 0,38–0,62 и 0,07–0,32%, и после гороха – на 0,36–0,79 и 0,01–0,43% соответственно.

Максимальное содержание азота в растениях озимой пшеницы в опыте отмечалось на вариантах после занятого пара. Преимущество относительно остальных предшественников в течение вегетации культуры на контроле составляло 0,03–0,81%, на рекомендованной системе – 0,12–1,12%, на биологизированной системе – 0,09–1,04% и на расчетной системе удобрения – 0,16–1,08%.

4.2.2. Фосфор

На содержание фосфатов в почве существенное влияние оказывают влажность почвы, её температурный режим. Резкие колебания влажности почвы в пахотном слое могут приводить к перегруппировке активных фосфатов и увеличению содержания труднорастворимых форм. Роль фосфора в питании растений состоит в том, что он участвует в синтезе и деятельности нуклеопротеидов. Он играет важную роль в фотосинтезе через фосфорилирование в биосинтезе сложных углеводов – сахарозы, крахмала, ди- и полисахаридов (Шеуджен А. Х., 2012; Голосной Е. В., 2013).

Погодно-климатические условия, сложившиеся в период проведения исследований, значительно повлияли на содержание фосфора в растениях озимой пшеницы. В 2012 г., который выделялся среди остальных годов опыта наименьшим количеством осадков, концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы независимо от фонов питания и предшественников была выше аналогичных вариантов 2013 и 2014 гг. по опыту на естественном агрохимическом фоне на 0,03–0,04%, на рекомендованной – на 0,05–0,07%,

на биологизированной – на 0,04–0,05%, на расчетной системе удобрения – на 0,06–0,08% (приложения 45–47).

Опираясь на результаты проведенных нами исследований, можно констатировать, что концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы на всех вариантах снижалась в течение вегетации культуры. Максимальное содержание данного элемента в растениях наблюдалось в фазе всходов, затем с ростом растений и увеличением их биомассы концентрация описываемого элемента снижалась, с достижением минимальных значений к фазе полной спелости. Так, в среднем по опыту отрицательная динамика содержания фосфора в растениях озимой пшеницы в течение вегетации по межфазным периодам составляла: всходов – кущения – 0,09–0,23%, кущения – выхода в трубку – 0,06–0,12%, выхода в трубку – колошения – 0,07–0,16%, колошения – полной спелости – 0,01–0,03%.

Согласно данным агрохимического обследования, почва опытного участка по насыщенности подвижными формами фосфора входит в группировку средней обеспеченности. В этих условиях применение изучаемых систем удобрения увеличивало насыщенность почвы подвижными формами фосфора и, как следствие, способствовало формированию более высокой концентрации элемента в растениях озимой пшеницы относительно контроля по всем рассматриваемым предшественникам. Так, на вариантах после занятого пара преимущество изучаемых систем удобрения в течение вегетации озимой пшеницы составляло 0,01–0,19%, по кукурузе на силос – 0,01–0,27%, и по гороху – 0,01–0,24%.

Влияние изучаемых систем удобрения на концентрацию фосфора в растениях озимой пшеницы было неодинаковым. Уступая рекомендованной и расчетной системам удобрения, биологизированная в течение вегетации озимой пшеницы показывала преимущество описываемого показателя относительно контроля после занятого пара на 0,01–0,13%, после кукурузы на силос – на 0,01–0,15%, после гороха – на 0,01–0,11% (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние систем удобрения на содержание фосфора (%) в растениях озимой пшеницы по различным предшественникам, 2012–2014 гг.

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|----------------|-----------|-----------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 0,86 | 0,77 | 0,66 | 0,59 | 0,57 |
| | кукуруза на силос | 0,79 | 0,69 | 0,60 | 0,51 | 0,50 |
| | горох | 0,82 | 0,73 | 0,63 | 0,53 | 0,52 |
| рекомендованная | занятый пар | 1,04 | 0,84 | 0,74 | 0,62 | 0,60 |
| | кукуруза на силос | 0,97 | 0,75 | 0,69 | 0,53 | 0,52 |
| | горох | 0,99 | 0,79 | 0,72 | 0,59 | 0,57 |
| биологизированная | занятый пар | 0,99 | 0,80 | 0,68 | 0,60 | 0,58 |
| | кукуруза на силос | 0,94 | 0,71 | 0,62 | 0,52 | 0,51 |
| | горох | 0,93 | 0,76 | 0,64 | 0,54 | 0,53 |
| расчетная | занятый пар | 1,07 | 0,88 | 0,77 | 0,68 | 0,62 |
| | кукуруза на силос | 1,06 | 0,84 | 0,72 | 0,59 | 0,57 |
| | горох | 1,06 | 0,87 | 0,77 | 0,66 | 0,60 |

Влияние рекомендованной системы удобрения на содержание фосфора в растениях рассматриваемой культуры было более значительным. Здесь наблюдалось повышение концентрации описываемого элемента в растениях озимой пшеницы относительно контроля и биологизированной системы удобрения в течение вегетации по занятому пару – на 0,03–0,18 и 0,02–0,05%, по кукурузе на силос – на 0,02–0,18 и 0,01–0,04%, по гороху – на 0,05–0,17 и 0,03–0,08% соответственно.

Максимальная концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы в опыте не зависимо от предшественников была отмечена на расчетной системе удобрения, показатели которой значительно превышали контроль и увеличивали результаты остальных систем удобрения по занятому пару – на 0,05–0,21 и 0,02–0,09%, по кукурузе на силос – на 0,07–0,27 и 0,03–0,13%, по гороху – на 0,06–0,24 и 0,05–0,13% соответственно.

Проведенные трехлетние исследования свидетельствуют о том, что рассматриваемые предшественники озимой пшеницы в опыте существенного влияния на содержание фосфора в растениях культуры не оказывали. Однако на всех фонах питания концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы после занятого пара превышала аналогичные показатели по остальным предшественникам.

Таким образом, проанализировав полученные результаты исследований, нами было установлено, что благоприятные условия увлажнения в период вегетации озимой пшеницы, способствуя лучшему росту и развитию растений, снижали концентрацию фосфора в растениях. Так, в 2012 г. в условиях дефицита влаги отмечалась максимальная концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы, которая превышала результаты 2013 и 2014 гг. на 0,03–0,04% на контроле, на 0,05–0,07% на рекомендованной системе, на 0,04–0,05% на биологизированной системе, на 0,06–0,08% на расчетной системе удобрения.

Динамика содержания фосфора в растениях озимой пшеницы независимо от выбора предшественников и фонов питания в связи

с увеличением биомассы растений в процессе онтогенеза показывала устойчивое снижение от фазы всходов к полной спелости, составлявшее по опыту в течение вегетации культуры по фазам: всходов – кущения – 0,09–0,23%, кущения – выхода в трубку – 0,06–0,12%, выхода в трубку – колошения – 0,07–0,16%, колошения – полной спелости – 0,01–0,03%.

Изучаемые системы удобрения по всем рассматриваемым предшественникам увеличивали содержание фосфора в растениях озимой пшеницы относительно контроля на 0,01–0,19% после занятого пара, на 0,01–0,27% после кукурузы на силос, на 0,01–0,24% после гороха. Максимальная концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы в опыте была отмечена на расчетной системе удобрения, которая значительно превышала контроль и остальные системы удобрения по предшественникам: занятый пар – на 0,05–0,21 и 0,02–0,09%, кукуруза на силос – на 0,07–0,27 и 0,03–0,13%, горох – на 0,06–0,24 и 0,05–0,13% соответственно.

Рассматриваемые в опыте предшественники озимой пшеницы независимо от фона питания существенного влияния на содержание фосфора в растениях культуры не оказывали. Незначительное преимущество показателя наблюдалось на вариантах после занятого пара.

4.2.3. Калий

Растение потребляет калия значительно больше, чем фосфора, и незначительно меньше, чем азота. Калий своим присутствием в почвенном растворе способствует активизации механизма синергизма при поглощении ряда ионов как антагонист отдельных катионов. Колебания в содержании калия находятся в прямой зависимости от вида, возраста растений и погодных условий (Подколзин А. И., 2000).

Содержание калия в растениях обратно пропорционально количеству осадков, выпавших в период наблюдений. Это объясняет наиболее высокое содержание калия в растениях озимой пшеницы за период наблюдений в наименее благоприятном по условиям увлажнения 2012 г., показатели

которого значительно превышали результаты 2013 и 2014 гг. на 0,16–0,32% на естественном агрохимическом фоне, на 0,17–0,37% на рекомендованной системе, на 0,19–0,38% на биологизированной системе, на 0,18–0,39% на расчетной системе удобрения (приложения 48–50).

Согласно результатам проведенных трехлетних наблюдений можно констатировать, что динамика содержания калия в растениях озимой пшеницы в течение вегетации на всех фонах питания показывала общую направленность – устойчивое снижение от фазы всходов к наступлению полной спелости. В среднем по опыту отрицательная динамика концентрации калия в растениях озимой пшеницы по межфазным периодам составляла: всходов – кущения – 0,72–0,97%, кущения – выхода в трубку – 0,82–1,00%, выхода в трубку – колошения – 0,10–0,22%, колошения – полной спелости – 0,02–0,13%. Данная тенденция объясняется естественным снижением концентрации рассматриваемого элемента в растениях озимой пшеницы с увеличением их биомассы в процессе роста.

Почва опытного участка характеризуется повышенным содержанием обменного калия, однако доступность данного элемента для растений зависит от условий, созданных в зоне расположения корневой системы. Одним из факторов создания благоприятных условий для развития корневой системы является применение удобрений. Это объясняет преимущество в нашем опыте удобренных фонов питания перед контролем в концентрации калия в растениях озимой пшеницы. Так, на посевах озимой пшеницы после занятого пара преимущество удобренных фонов в течение вегетации культуры находилось на уровне 0,01–0,85%, после кукурузы на силос – на 0,01–0,89%, после гороха – на 0,01–0,83%.

Содержание калия в растениях озимой пшеницы в течение вегетации на рекомендованной и биологизированной системах удобрения, находилось приблизительно на одном уровне, и превышало показатели контроля на 0,01–0,22% по занятому пару, на 0,01–0,24% по кукурузе на силос и на 0,01–0,27% по гороху (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние систем удобрения на содержание калия (%) в растениях озимой пшеницы по различным предшественникам, 2012–2014 гг.

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 2,84 | 1,97 | 1,08 | 0,95 | 0,89 |
| | кукуруза на силос | 2,68 | 1,83 | 1,00 | 0,84 | 0,80 |
| | горох | 2,73 | 1,88 | 1,03 | 0,89 | 0,86 |
| рекомендованная | занятый пар | 3,00 | 2,08 | 1,20 | 1,06 | 1,02 |
| | кукуруза на силос | 2,84 | 2,00 | 1,08 | 0,98 | 0,95 |
| | горох | 2,93 | 2,02 | 1,14 | 1,00 | 0,98 |
| биологизированная | занятый пар | 3,06 | 2,07 | 1,10 | 0,96 | 0,90 |
| | кукуруза на силос | 2,91 | 1,96 | 1,01 | 0,86 | 0,82 |
| | горох | 3,00 | 2,03 | 1,05 | 0,90 | 0,88 |
| расчетная | занятый пар | 3,48 | 2,75 | 1,93 | 1,71 | 1,67 |
| | кукуруза на силос | 3,34 | 2,61 | 1,73 | 1,08 | 1,00 |
| | горох | 3,40 | 2,68 | 1,86 | 1,64 | 1,58 |

Максимальная концентрация калия в растениях озимой пшеницы в опыте в течение вегетации культуры наблюдалась на расчетной системе удобрения, которая значительно превышала контроль и остальные удобренные фоны по занятому пару на 0,64–0,85 и 0,42–0,83%, по кукурузе на силос – на 0,66–0,89 и 0,43–0,78%, и по гороху – на 0,61–0,83 и 0,40–0,81% соответственно. Это, на наш взгляд, объясняется в насыщенностью калием расчетной системы удобрения.

Опираясь на результаты исследований, можно констатировать, что рассматриваемые предшественники озимой пшеницы в опыте не оказывали значительного влияния на содержание калия в растениях культуры. При этом необходимо отметить, что наименьший уровень рассматриваемого показателя независимо от фонов питания наблюдался на вариантах по кукурузе на силос. Максимальная концентрация калия в растениях озимой пшеницы в опыте на всех фонах питания была отмечена на делянках после занятого пара, она превышала показатели остальных предшественников на 0,03–0,18% на контроле, на 0,04–0,16% на рекомендованной, на 0,02–0,15% на биологизированной и на 0,07–0,20% на расчетной системе удобрения.

Таким образом, основываясь на проведенных исследованиях, можно констатировать, что в течение периода наблюдений наибольшее содержание калия в растениях озимой пшеницы независимо от выбора предшественников наблюдалось в неблагоприятных условиях увлажнения 2012 г., затруднявших рост и развитие растений. В связи с этим концентрация калия в них в этот год была выше показателей 2013 и 2014 гг. на контроле на 0,16–0,32%, на рекомендованной на 0,17–0,37%, на биологизированной на 0,19–0,38%, и на расчетной системе удобрения на 0,18–0,39%.

В процессе роста растений озимой пшеницы и увеличения их биомассы динамика содержания калия в них в течение вегетации культуры на всех вариантах опыта показывала устойчивое снижение от фазы всходов к фазе полной спелости, составлявшее по межфазным периодам: всходов – кущения

– 0,72–0,97%, кущения – выхода в трубку – 0,82–1,00%, выхода в трубку – колошения – 0,10–0,22%, колошения – полной спелости – 0,02–0,13%.

Применение анализируемых систем удобрения способствовало повышению плодородия почвы опытного участка, что способствовало улучшению условий питания растений озимой пшеницы и увеличению концентрации калия в растениях в течение вегетации относительно показателей естественного агрохимического фона на 0,01–0,85% по занятому пару, на 0,01–0,89% по кукурузе на силос, на 0,01–0,83% по гороху. Максимальную концентрацию калия в растениях озимой пшеницы в течение вегетации на всех вариантах за счет насыщенности калийными удобрениями обеспечивало применение расчетной системы удобрения, показатели которой превышали контроль и остальные системы удобрения на 0,64–0,85 и 0,42–0,83% по занятому пару, на 0,66–0,89 и 0,43–0,78% по кукурузе на силос, и на 0,61–0,83 и 0,40–0,81% по гороху соответственно.

Рассматриваемые в опыте предшественники озимой пшеницы на содержание калия в растениях культуры не зависимо от предшественников значительного влияния не оказали.

5. ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

5.1. Структура урожая

Структура урожая – это состав слагающих его частей после созревания. Продуктивность сельскохозяйственных культур напрямую зависит от почвенно-климатических условий периода возделывания, чем более благоприятные погодные условия сложились, тем выше урожайность. Показатели структуры урожая, в свою очередь, подвержены той же тенденции. Благоприятные условия увлажнения, сложившиеся в 2014 г., способствовали формированию наиболее высоких показателей структуры урожая озимой пшеницы за период наблюдений, превышая аналогичные результаты 2012 и 2013 гг. в среднем по предшественникам на естественном агрохимическом фоне по: густоте стояния растений – на 11–124 шт/м², общему и продуктивному стеблестоя – на 47–286 и 45–266 шт/м², продуктивной кустистости – на 0,1–0,2, длине колоса – на 0,1–0,2 см; числу зерен – на 1,8–3,0 шт., массе зерна с колоса – на 0,05–0,13 г, массе 1000 зерен – на 1,6–3,2 г, биологической урожайности – на 0,66–2,82 т/га.

На рекомендованной системе удобрения преимущество показателей структуры урожая озимой пшеницы 2014 г. по предшественникам относительно предыдущих лет наблюдений составляло по показателям: густота стояния растений – на 12–68 шт/м², общий и продуктивный стеблестой – на 49–212 и 46–174 шт/м², продуктивная кустистость – на 0,1–0,2, длина колоса – на 0,1–0,2 см, число зерен – на 1,7–3,1 шт.; масса зерна с колоса – на 0,08–0,16 г, масса 1000 зерен – на 2,5–4,3 г, биологическая урожайность – на 0,86–2,53 т/га.

При применении биологизированной системы удобрения благоприятные условия увлажнения 2014 г. способствовали формированию преимуществ показателей структуры урожая озимой пшеницы относительно аналогичных вариантов 2012 и 2013 гг. в опыте по показателям: густота

стояния растений – на 3–39 шт/м², количество стеблей и продуктивный стеблестой – на 10–122 и 12–118 шт/м², коэффициент продуктивной кустистости – на 0,1–0,2, длина колоса – на 0,1–0,2 см, число зерен в колосе – на 2,1–3,4 шт., масса зерна с колоса – на 0,08–0,16 г, масса 1000 зерен – на 2,1–4,1 г, биологическая урожайность – на 0,48–1,79 т/га.

Анализ данных, полученных на расчетной системе удобрения свидетельствует о том, что элементы структуры урожая озимой пшеницы в 2014 г. превышали аналогичные варианты 2012 и 2013 гг. в опыте по показателям: густота стояния растений – на 25–46 шт/м², количество стеблей и продуктивный стеблестой – на 87–159 и 81–151 шт/м², продуктивная кустистость – на 0,1–0,2, длина колоса – на 0,1–0,2 см, число зерен – на 1,8–3,3 шт., масса зерна с колоса – на 0,05–0,13 г, масса 1000 зерен – на 1,7–3,3 г, биологическая урожайность – на 1,13–2,22 т/га (приложения 51–53).

Наряду с климатическими условиями значительное влияние на показатели структуры урожая озимой пшеницы оказывает уровень минерального питания. На посевах после всех предшественников наблюдалось преимущество показателей удобренных фонов по отношению к естественному агрохимическому фону. После занятого пара преимущество систем удобрения относительно контроля составляло по показателям: число растений – на 1–20 шт/м², число продуктивных стеблей – на 29–157 шт/м², продуктивная кустистость – на 0,1–0,5, длина колоса – на 0,9–1,1 см, число зерен с колоса и их массу – на 5,3–8,1 шт. и 0,09–0,24 г, масса 1000 зерен – на 1,3–2,4 г, биологическая урожайность – на 21–57%.

После кукурузы на силос анализируемые системы удобрения обеспечивали повышение относительно контроля следующих параметров: число растений – на 5–9 шт/м², продуктивных стеблей – на 37–114 шт/м², продуктивная кустистость – на 0,1–0,5, длина колоса – на 0,7–1,1 см, число зерен в колосе и его масса – на 5,9–9,4 шт. и 0,09–0,17 г, масса 1000 зерен – на 1,3–3,1 г, биологическая урожайность – на 27–59% (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние систем удобрения на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от предшественников 2012–2014 гг.

| Система удобрения | Предшественник | Количество шт/м ² | | | Кустистость | | Колос | | | Масса 1000 зёрен, г | Биологическая урожайность, т/га |
|-------------------|-------------------|------------------------------|---------|------------|-------------|---------------|-----------|------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|
| | | растений | стеблей | | общая | продуктив-ная | длина, см | число зёрен, шт. | масса зерна, г | | |
| | | | всего | с коло-сом | | | | | | | |
| контроль | занятый пар | 212 | 445 | 423 | 2,1 | 2,0 | 6,0 | 27,5 | 0,96 | 40,1 | 4,06 |
| | кукуруза на силос | 205 | 390 | 349 | 1,9 | 1,7 | 5,7 | 23,1 | 0,80 | 35,7 | 2,79 |
| | горох | 231 | 462 | 415 | 2,0 | 1,8 | 5,9 | 25,8 | 0,88 | 38,8 | 3,65 |
| рекомендованная | занятый пар | 215 | 538 | 452 | 2,5 | 2,1 | 7,1 | 35,6 | 1,20 | 42,5 | 5,42 |
| | кукуруза на силос | 214 | 449 | 386 | 2,1 | 1,8 | 6,8 | 32,5 | 0,97 | 38,8 | 3,74 |
| | горох | 252 | 580 | 503 | 2,3 | 2,0 | 7,0 | 34,1 | 1,10 | 41,6 | 5,53 |
| биологизированная | занятый пар | 213 | 511 | 468 | 2,4 | 2,2 | 7,0 | 33,4 | 1,05 | 41,7 | 4,91 |
| | кукуруза на силос | 210 | 420 | 399 | 2,0 | 1,9 | 6,4 | 29,6 | 0,89 | 37,0 | 3,55 |
| | горох | 244 | 537 | 513 | 2,2 | 2,1 | 6,8 | 31,7 | 1,00 | 40,2 | 5,13 |
| расчётная | занятый пар | 232 | 650 | 580 | 2,8 | 2,5 | 6,9 | 32,8 | 1,10 | 41,4 | 6,38 |
| | кукуруза на силос | 210 | 504 | 463 | 2,4 | 2,2 | 6,6 | 29,0 | 0,96 | 37,6 | 4,44 |
| | горох | 237 | 616 | 569 | 2,6 | 2,4 | 6,8 | 31,2 | 1,08 | 40,8 | 6,14 |

На делянках, где предшественником озимой пшеницы выступал горох, преимущество удобренных фонов относительно контроля по показателям составляло: число растений – на 6–21 шт/м², продуктивных стеблей – на 88–154шт/м², коэффициент продуктивной кустистости – на 0,2-0,6, длина колоса – на 0,9–1,1 см, число зерен в колосе – 5,4–8,3 шт., масса зерна с колоса – 0,12–0,22 г, масса 1000 зерен – 1,4–2,8 г, биологическая урожайность – 41–68%.

Анализ таблицы 11 показывает, что изучавшиеся в опыте системы удобрения оказывали неодинаковое влияние на основные параметры структуры урожая озимой пшеницы в опыте.

Густота общего и продуктивного стеблестоя зависит от нормы высева и условий для роста и развития растений. Применение рекомендованной системы удобрения обеспечивало значительное повышение параметров густоты стеблестоя в среднем по рассматриваемым предшественникам относительно аналогичных показателей контроля и биологизированной системы удобрения в количестве растений – на 11 и 5 шт/м² соответственно. Преимущество в общем числе стеблей составляло 90 и 33 шт/м² соответственно. Количество продуктивных стеблей на рекомендованной системе удобрения уступало показателю биологизированной системы и превышало лишь результаты контроля на 51 шт/м². Биологизированная система удобрения увеличивала основные показатели структуры урожая относительно контроля, а количество продуктивных стеблей и относительно рекомендованной системы на 64 и 13 шт./м² соответственно. Максимальная густота общего и продуктивного стеблестоя в опыте была зафиксирована на расчетной системе удобрения, значительно увеличивавшей следующие показатели относительно остальных вариантов: общее число растений – на 1–10 шт/м², число стеблей – на 68–158 шт/м², продуктивных стеблей – на 141 шт/м².

Коэффициент общей и продуктивной кустистости коррелирует с общим и продуктивным количеством стеблей на метре квадратном и показал тенденцию, аналогичную описанной выше.

Отдельные признаки структуры урожая находятся во взаимном влиянии, однако это проявляется до определённых пределов. Так, при прочих равных условиях возделывания проявляется обратная зависимость между продуктивностью отдельного колоса и густотой продуктивного стеблестоя. Однако компенсация слабого компонента формирования урожая за счёт усиления другого может быть лишь частичной. Этот факт объясняет, что, несмотря на преимущества в биологической и фактической урожайности и параметрах густоты стеблестоя, полученные при применении расчетной системы удобрения, относительно показателей остальных вариантов, структурные параметры колоса здесь, в среднем по опыту превышая показатели контроля в длине на 0,9 см, числе зерен с колоса – на 5,5 шт., и массе зерна – на 0,17 г, и находясь практически на одном уровне с показателями биологизированной системы, уступали аналогичным показателям рекомендованной системы удобрения. Максимальные показатели колоса в среднем по опыту были получены на рекомендованной системе удобрения, которая превышала контроль и остальные системы удобрения в длине колоса – на 1,1 и 0,2–0,3 см, в числе зерен в колосе – на 8,6 и 2,5–3,1 шт., в массе зерна с колоса – на 0,21 и 0,04–0,11 г соответственно.

Показатель массы зерна бывает низким вследствие неблагоприятных условий в период после цветения до завершения созревания зерна. При этом необходимо отметить, что при чрезмерно высокой густоте продуктивного стеблестоя снижается масса 1000 семян. В нашем опыте масса 1000 семян на рекомендованной системе удобрения была наивысшей и превышала аналогичные показатели соответствующих предшественников контроля и остальных фонов питания на 2,4–3,1 и 0,8–1,8 г соответственно. Уступая рекомендованной системе, показатели массы 1000 семян биологизированной

и расчетной систем удобрения находились практически на одном уровне и превышали контроль на 1,3–2,0 г.

Влияние изучаемых систем удобрения озимой пшеницы на посевах по всем рассматриваемым предшественникам на уровень биологической урожайности было адекватным. Биологизированная система удобрения, уступая показателям остальных удобренных фонов, увеличивала биологическую урожайность относительно естественного агрохимического фона по рассматриваемым предшественникам на 21–41%. Применение рекомендованной системы удобрения, способствовало повышению описываемого показателя по всем предшественникам относительно контроля и биологизированной системы удобрения на 33–52 и 8–10% соответственно. Максимальный уровень биологической урожайности в опыте был зафиксирован нами при применении расчетной системы удобрения, которая превышала аналогичные показатели контроля и остальных фонов питания по всем предшественникам на 57–68 и 11–30% соответственно.

Предшественники озимой пшеницы в опыте оказывали значительное влияние на параметры структуры урожая культуры. Если рассмотреть полученные в целом по опыту результаты, можно сделать вывод, что наиболее высокие показатели основных элементов структуры урожая озимой пшеницы были получены на посевах по занятому пару. Приблизительно на том же уровне, а иногда и немного превосходя их, находились результаты по гороху, и значительно уступали им показатели, полученные на вариантах по кукурузе на силос. Так, на контроле на вариантах по занятому пару было отмечено преимущество относительно остальных предшественников по числу продуктивных стеблей (на 8–74 шт/м²), общей и продуктивной кустистости (на 0,1–0,2 и 0,2–0,3), длине колоса (на 0,1–0,3 см), числу и массе зерен с колоса (на 1,7–4,4 шт. и 0,08–0,16 г), массе 1000 зерен (на 1,3–4,4 г) и биологической урожайности (на 0,41–1,27 т/га).

При применении рекомендованной системы удобрения преимущество вариантов по занятому пару наблюдалось не по всем показателям. Наиболее

высокие результаты по некоторым показателям наблюдались на посевах после гороха. Так, преимущество вариантов по гороху относительно остальных здесь наблюдалось в следующих показателях: количество растений (на 37–38 шт/м²), общий и продуктивный стеблестой (42–131 и 51–117 шт/м²), биологическая урожайность (0,11–0,79 т/га). По остальным параметрам здесь наблюдалось преимущество вариантов по занятому пару. Применение биологизированной системы удобрения показывало аналогичную тенденцию.

На расчетной системе удобрения наблюдалась аналогичная картина. Преимущество показателей по занятому пару относительно остальных вариантов здесь отмечалось по следующим показателям: общее число стеблей и стеблей с колосом (34–146 и 11–117 шт/м²) общая и продуктивная кустистость (0,2–0,4 и 0,1–0,3), длина колоса (0,1–0,3 см), число и масса зерна с колоса (1,6–3,8 шт. и 0,02–0,14 г), биологическая урожайность (0,24–1,94 т/га). По остальным параметрам здесь наблюдалось преимущество вариантов по гороху.

Таким образом, анализ данных, полученных в ходе проведенных исследований, позволил нам сделать вывод, что благоприятные условия увлажнения для роста и развития растений озимой пшеницы, сложившиеся в 2014 г., способствовали увеличению основных показателей структуры урожая описываемой культуры относительно аналогичных вариантов 2012 и 2013 гг. Преимущество 2014 г. по опыту на контроле по числу продуктивных стеблей составляло – 45–266 шт/м², продуктивной кустистости – на 0,1–0,2, массе зерна с колоса – на 0,05–0,13 г, масса 1000 зерен – на 1,6–3,2 г, биологической урожайности – на 0,66–2,82 т/га.

На рекомендованной системе данное преимущество составляло по показателям: продуктивный стеблестой – на 46–174 шт/м², продуктивная кустистость – на 0,1–0,2, масса зерна с колоса – на 0,08–0,16 г, масса 1000 зерен – на 2,5–4,3 г, биологическая урожайность – на 0,86–2,53 т/га. На биологизированной системе удобрения преимущество показателей 2014 г.

относительно результатов предыдущих лет было менее выраженным и составляло по показателям: продуктивный стеблестой – на 12–118 шт/м², масса зерна с колоса – на 0,08–0,16 г, масса 1000 зерен – на 2,1–4,1 г, биологическая урожайность – на 0,48–1,79 т/га. На расчетной системе удобрения результаты 2014 г. превышали предыдущие годы по показателям: число продуктивных стеблей – на 81–151 шт/м², масса зерна с колоса – на 0,05–0,13 г, масса 1000 зерен – на 1,7–3,3 г, биологическая урожайность – на 1,13–2,22 т/га.

Анализируемые системы удобрения значительно увеличивали показатели структуры урожая относительно контроля. На вариантах после занятого пара преимущество составляло по показателям: число растений – на 1–20 шт/м², количество продуктивных стеблей – на 29–157 шт/м², коэффициент общей и продуктивной кустистости – на 0,3–0,7 и 0,1–0,5, масса зерна с колоса – на 0,09–0,24 г, масса 1000 зерен на 1,3–1,4 г, биологическая урожайность – на 21–57%. После кукурузы на силос повышение относительно контроля составляло: число стеблей с колосом – на 37–114 шт/м², общая и продуктивная кустистость – на 0,1–0,5 и 0,1–0,5; масса зерна с колоса – на 0,09–0,30 г, масса 1000 зерен – на 1,3–3,1 г, биологическая урожайность – на 27–59%. После гороха преимущество удобренных фонов составляло по показателям: количество продуктивных стеблей – на 88–154 шт/м², продуктивная кустистость – на 0,2–0,6, масса зерна с колоса – на 0,12–0,22 г, масса 1000 зерен – на 1,4–2,8 г, биологическая урожайность – 41–68%.

Расчетная система удобрения в среднем по предшественникам обеспечивала значительное преимущество относительно контроля и остальных фонов питания по следующим параметрам структуры урожая озимой пшеницы: общее число стеблей – на 158 и 68–101 шт/м², число продуктивных стеблей – на 141 и 77–90 шт/м², биологическая урожайность на 57–68 и 11–30% соответственно. По другим позициям (параметры колоса и масса 1000 семян) показатели расчетной системы удобрения, находясь

практически на одном уровне с аналогичными на биологизированной системе, уступали результатам рекомендованной системы удобрения.

Рассматриваемые предшественники озимой пшеницы оказывали значительное влияние на параметры структуры урожая. По большинству из анализируемых показателей наиболее высокие результаты были получены на вариантах по занятому пару, немного уступали им, а по отдельным показателям и превосходили варианты по гороху.

5.2. Урожайность

Продуктивность сельскохозяйственных культур есть количественное выражение взаимодействия технологических, агрохимических приёмов с окружающей средой. Несомненно, что высокие и стабильные урожаи культур можно получать при удовлетворении их потребностей в элементах питания, воде, оптимальном температурном режиме, предъявляемых растениями в период их роста и развития (Ториков В. Е., 2007; Сигида М. С., 2008).

Погодно-климатические условия, сложившиеся в период проведения исследований оказали, существенное влияние на продуктивность озимой пшеницы, возделываемой по рассматриваемым предшественникам.

Урожайность озимой пшеницы по всем предшественникам, полученная в среднем по опыту в 2012 г., ввиду сложившихся неблагоприятных погодных условий уступала продуктивности в 2013 и 2014 гг. Нестабильный температурный фон в течение года и острый дефицит влаги в почве, как в ключевые фазы развития растений (19–52% нормы), так и в сумме за год (на 148 мм ниже многолетней нормы) способствовали значительному недобору урожая. В 2012 г. на вариантах после занятого пара недобор урожая составил 1,88–2,25 т/га, после кукурузы на силос – 1,29–2,64 т/га, по гороху – 1,36–1,92 т/га.

Погодные условия 2012/13 года для развития растений озимой пшеницы характеризовались как удовлетворительные. На фоне повышенной среднегодовой температуры (на 2,4 °С выше многолетнего показателя) сумма

осадков, выпавших в этот период, уступая среднемноголетнему показателю на 28 мм, распределялась по фазам развития озимой пшеницы неравномерно. В ключевые периоды по этому фактору (всходов, выхода в трубку – колошения) сумма осадков относительно многолетней нормы составляла лишь 26–70%, что не позволило получить максимальную урожайность культуры.

За период наблюдений (2012–2014 гг.) наиболее благоприятные для развития озимой пшеницы условия сложились в 2014 г. На фоне стабильного температурного фона (среднегодовая температура превышала многолетний показатель на 0,6 °С) наблюдалось обильное количество осадков (сумма за год превышала многолетний показатель на 42 мм), при этом наблюдалось равномерное их распределение по ключевым периодам развития озимой пшеницы. В сложившихся условиях в 2014 г. была получена максимальная урожайность озимой пшеницы в среднем по опыту независимости от выбора предшественника. Преимущество показателя продуктивности культуры в описываемом году относительно 2012 и 2013 гг. по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох составило 0,37–2,25, 1,35–2,64 и 0,56–1,92 т/га соответственно (приложение 54).

Дисперсионный анализ данных, полученных в среднем за период исследований (2012–2014 гг.), свидетельствует о том, что изучаемые системы удобрения увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно контроля по предшественникам: занятый пар – на 0,82–2,24 т/га, кукуруза на силос – на 0,74–1,60 т/га, горох – на 1,44–2,42 т/га. При этом максимальная урожайность озимой пшеницы в опыте была получена на расчетной системе удобрения, которая превышала остальные фоны питания по предшественникам: занятый пар на 0,93–2,24 т/га, по кукурузе на силос – на 0,95–1,60 т/га, и по гороху – на 0,59–2,42 т/га.

Математическая обработка полученных результатов позволяет нам сделать вывод, что в среднем по опыту применение рассматриваемых систем удобрения обеспечивало получение достоверной прибавки урожайности

озимой пшеницы относительно естественного агрохимического фона, составлявшей 1,00–2,09 т/га (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние систем удобрения на урожайность (т/га) озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | | | А, НСР ₀₅ = 0,68 |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------|-----------------------------|
| | занятый пар | кукуруза на силос | горох | |
| контроль | 3,95 | 2,71 | 3,54 | 3,40 |
| рекомендованная | 5,26 | 3,63 | 5,37 | 4,75 |
| биологизированная | 4,77 | 3,45 | 4,98 | 4,40 |
| расчетная | 6,19 | 4,31 | 5,96 | 5,49 |
| В, НСР ₀₅ = 1,16 | 5,04 | 3,46 | 4,96 | НСР ₀₅ = 1,82 |

Можно утверждать, что применение расчетной системы удобрения обеспечивало достоверную прибавку урожайности как относительно контроля (на 2,09 т/га), так и рекомендованной и биологизированной системам удобрения (на 0,74 и 1,09 т/га соответственно). Разность урожайности озимой пшеницы в среднем по опыту на вариантах с рекомендованной и биологизированной системами удобрения находилась в пределах ошибки опыта.

Рассматриваемые в рамках наших исследований предшественники оказали достоверное влияние на продуктивность озимой пшеницы в опыте. Так, в среднем по изучаемым системам удобрения максимальная продуктивность культуры была отмечена на вариантах после занятого пара (5,04 т/га), несущественно уступала этому значению урожайность озимой пшеницы после гороха (на 0,08 т/га). Продуктивность озимой пшеницы, высеваемой после рассмотренных предшественников, достоверно превышала урожайность культуры после кукурузы на силос, и разница составляла 1,5–1,58 т/га.

Таким образом, обобщая описанные выше данные, можно сделать вывод, что погодно-климатические условия, сложившиеся в период проведения исследований, оказали существенное влияние на урожайность

озимой пшеницы в опыте. Благодаря наиболее благоприятным за время наблюдений погодным условиям максимальная продуктивность озимой пшеницы в среднем по опыту отмечалась нами в 2014 г. и составляла по предшественникам: 5,92 т/га после занятого пара, 4,86 т/га после кукурузы на силос и 5,79 т/га после гороха. Урожайность озимой пшеницы по опыту в 2012 и 2013 гг. уступала озвученным показателям по предшественникам: занятый пар – на 2,25 и 0,37 т/га, по кукурузе на силос – на 2,64 и 1,35 т/га, и по гороху – на 1,92 и 0,56 т/га соответственно.

Все изучаемые системы удобрения увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно контроля на 0,82–2,24 т/га по занятому пару, на 0,74–1,60 т/га по кукурузе на силос и на 1,44–2,42 т/га по гороху. Максимальная урожайность в опыте была получена при применении расчетной системы удобрения, что превышало показатели остальных систем удобрения на 0,93–2,24 т/га по занятому пару, на 0,95–1,60 т/га по кукурузе на силос, и на 0,59–2,42 т/га по гороху.

Из рассматриваемых предшественников вне зависимости от фона питания максимальная урожайность озимой пшеницы в опыте была получена после занятого пара (3,95–6,19 т/га), незначительно уступала этому показателю урожайность культуры после гороха (3,54–5,96 т/га). Однако существенно ниже приведенных показателей оказалась продуктивность озимой пшеницы после кукурузы на силос (2,71–4,31 т/га).

5.3. Качество зерна

Показатели качества зерна подразделяются на группы, обязательные для всех типов и партий зерна и семян любой культуры, и дополнительные. Специфическими показателями качества зерна озимой пшеницы являются содержание белка, стекловидность, количество и качество клейковины. К дополнительным показателям качества относят определяемые для более полной характеристики свойств зерна или главнейших веществ белок, жир, золу и т. д.

Анализ полученных в результате проведения исследований данных, свидетельствует о том, что условия увлажнения, складывающиеся в период налива зерна озимой пшеницы и созревания, оказывают существенное влияние на содержание в нем белка, клейковины и стекловидность. В период созревания зерна озимой пшеницы в 2012 и 2013 гг. наблюдалось избыточное количество осадков относительно среднемноголетних значений, способствовавших снижению показателей качества относительно аналогичных вариантов 2014 г.

Так, в 2014 г. содержание клейковины на контроле в среднем по опыту превышало показатели 2012 и 2013 гг. на 1,3–2,8%, на рекомендованной системе – на 1,2–2,7%, на биологизированной системе – на 1,3–2,9%, на расчетной системе – на 1,9–3,6%. Показатель ИДК в 2014 г. был ниже аналогичных значений 2012 и 2013 гг. на контроле – на 4–8 ед., на рекомендованной системе – на 5–12 ед., на биологизированной системе – на 5–6 ед., на расчетной системе – на 5–9 ед.

Меньшее количество осадков, выпавших на период созревания зерна в 2014 г., обеспечивало преимущество относительно 2012 и 2013 гг. в содержании белка и стекловидности на контроле на 1,50–3,03 и 1,5–2,7%; на рекомендованной – на 1,17–2,35 и 1,4–2,5%; на биологизированной – на 1,22–2,43 и 1,1–2,4%, на расчетной системе удобрения – на 1,20–2,44 и 1,1–2,6% соответственно (приложения 55–57).

Изучаемые системы удобрения предопределили тенденцию повышения всех рассматриваемых показателей качества зерна озимой пшеницы относительно естественного агрохимического фона. Так, на посевах культуры после занятого пара преимущество удобренных фонов относительно контроля по показателям составляло: клейковина – 3,4–7,2%, белок – 1,63–2,20%, стекловидность – 4,1–9,1%, показатель ИДК снижался на 5–21 ед. На вариантах после кукурузы на силос описываемое преимущество составляло: клейковина – 3–6,9%, белок – 1,70–2,27%, стекловидность – 5,5–8,4%, ИДК снижалось на 2–13 ед. При размещении вариантов после

гороха преимущество рассматриваемых систем удобрения перед контролем по показателям составляло: клейковина – 4,7–7,1%, белок – 1,91–2,10%, стекловидность – 4,6–8,7%, ИДК здесь снижался на 3–17 ед.

Влияние рассматриваемых систем удобрения на основные технологические показатели зерна озимой пшеницы в опыте было неодинаково.

Являясь одним из главных показателей качества зерна в отношении его хлебопекарных свойств, высокое содержание клейковины повышает питательную ценность хлебных изделий. Основываясь на результаты наших исследований, можно констатировать, что применение рекомендованной системы удобрения, за счет сбалансированности элементов питания в ней, способствовало увеличению количества клейковины в зерне озимой пшеницы относительно контроля и биологизированной системы по занятому пару на 5,0 и 1,6%; по кукурузе на силос – на 6,9 и 3,9% и по гороху – на 4,7 и 1,3% соответственно. Биологизированная система удобрения, уступая показателям рекомендованной, показывала преимущество перед контролем по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох на 3,4, 3,0 и 3,4% соответственно.

Аналогичная картина наблюдалась в отношении качества клейковины рассматриваемых вариантов. Так, на посевах после занятого пара показатель ИДК на рекомендованной системе удобрения уступал аналогичным показателям контроля и биологизированной системы удобрения на 9 и 4 ед., на вариантах после кукурузы на силос – 3 и 1 ед., а после гороха – 6 и 3 ед. соответственно. Индекс деформации клейковины на биологизированной системе удобрения был ниже аналогичных показателей контроля по предшественникам: на 5 ед. по занятому пару, на 2 ед. по кукурузе на силос и на 3 ед. по гороху.

В основе понятия стекловидности лежит зрительное восприятие внешнего вида зерна, обусловленное его консистенцией. Стекловидность зерна в нашем опыте при применении биологизированной системы

удобрения увеличивалась относительно контроля на 4,1% по занятому пару, 5,5% по кукурузе на силос и на 4,6% по гороху. Рекомендованная система удобрения увеличивала показатель стекловидности как относительно контроля, так и относительно биологизированной системы удобрения по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох на 6,1 и 2,0%, 6,4 и 0,9%, и 5,7 и 1,1% соответственно (таблица 13).

Таблица 13 – Влияние систем удобрения на качество зерна озимой пшеницы по различным предшественникам, 2012–2014 гг.

| Система удобрения | Предшественник | Клейковина, % | ИДК, ед. | Белок, % | Стекло-видность, % |
|-------------------|-------------------|---------------|----------|----------|--------------------|
| контроль | занятый пар | 20,4 | 76 | 11,20 | 52,7 |
| | кукуруза на силос | 16,7 | 80 | 10,00 | 49,2 |
| | горох | 19,8 | 77 | 10,41 | 51,4 |
| рекомендованная | занятый пар | 25,4 | 67 | 13,10 | 58,8 |
| | кукуруза на силос | 23,0 | 77 | 11,86 | 55,6 |
| | горох | 24,5 | 71 | 12,50 | 57,1 |
| биологизированная | занятый пар | 23,8 | 71 | 12,83 | 56,8 |
| | кукуруза на силос | 19,7 | 78 | 11,70 | 54,7 |
| | горох | 23,2 | 74 | 12,32 | 56,0 |
| расчетная | занятый пар | 27,6 | 55 | 13,40 | 61,8 |
| | кукуруза на силос | 23,4 | 67 | 12,27 | 57,6 |
| | горох | 26,9 | 60 | 12,51 | 60,1 |

Белки – наиболее ценная часть пшеничного зерна, поэтому содержание и состав белка в пшенице являются важнейшими показателями его качества. Уровень накопления белков в зерне озимой пшеницы в опыте на фоне биологизированной системы удобрения превышал аналогичные показатели контроля на посевах после занятого пара – на 1,63%, на вариантах после кукурузы на силос – на 1,70%, и по гороху – на 1,91%. Рекомендованная

система удобрения увеличивала данный показатель не только по отношению к контролю, но и относительно аналогичных вариантов биологизированной системы удобрения на 1,90 и 0,27% после занятого пара, 1,86 и 0,16% после кукурузы на силос и на 2,09 и 0,18% после гороха.

Хотелось бы отметить, что наиболее высокий уровень всех рассматриваемых в опыте показателей качества зерна озимой пшеницы вне зависимости от предшественников был отмечен нами на расчетной системе удобрения, которая значительно увеличивала качественные показатели не только относительно контроля, но и к остальным изучаемым фонам питания. Так, содержание клейковины на посевах после занятого пара здесь возрастало на 7,2 и 2,2–3,8%, на вариантах после кукурузы на силос – на 6,5 и 0,4–3,7%, и по гороху – на 7,1 и 2,4–3,7% соответственно. Показатель ИДК на расчетной системе удобрения был ниже контрольного на 21 ед. по занятому пару; на 13 ед. по кукурузе на силос и на 17 ед. после гороха. Необходимо отметить, что ИДК здесь был ниже также и относительно остальных фонов питания по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох – на 12–16, 10–11 и 11–14 ед. соответственно.

Стекловидность зерна на расчетной системе удобрения превышала аналогичные показатели контроля и остальных систем удобрения на 9,1 и 3,0–5,0% по занятому пару, на 8,4 и 2,0–2,9% по кукурузе на силос и на 8,7 и 3,0–4,1% по гороху соответственно.

Содержание белка в зерне озимой пшеницы при применении расчетной системы удобрения увеличивалось относительно контроля на 2,20, 2,27 и 2,10% по занятому пару, кукурузе на силос и гороху соответственно. Преимущество описываемой системы удобрения относительно остальных фонов питания здесь составляло 0,30–0,57% после занятого пара, 0,41–0,57% после кукурузы на силос и 0,01–0,19% после гороха.

Проанализировав полученные результаты исследований, мы можем констатировать, что согласно полученным уровням технологических показателей зерна озимой пшеницы в опыте класс зерна на удобренных

фонах был выше контрольного. Так, на контроле после занятого пара и гороха было получено зерно IV класса, а после кукурузы на силос – V. Согласно проанализированным результатам зерно, полученное практически на всех системах удобрения вне зависимости от предшественника, соответствовало III классу качества, лишь на вариантах с биологизированной системой удобрения по предшественнику кукуруза на силос было получено зерно IV класса.

Таким образом, анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что количество осадков, выпадающих в период созревания зерна, оказывает решающее влияние на качественные показатели урожая. За период наблюдений условия увлажнения 2014 г. были приближены к многолетним показателям, тогда как в 2012 и 2013 гг. наблюдался избыток осадков относительно многолетних показателей в июне на 16 и 54 мм и в июле – на 30 и 71 мм соответственно.

В связи с этим в 2014 г. качество зерна озимой пшеницы превышало аналогичные значения 2012 и 2013 гг. по показателям: на контроле – клейковины – на 1,3–2,8%, белка – на 1,50–3,03%, и стекловидности – на 1,5–2,7%. На рекомендованной системе преимущество по показателям составляло: клейковины – на 1,2–2,7%, белка – на 1,17–2,35%, и стекловидности – на 1,4–2,5%. На биологизированной системе преимущество показателей 2014 г. по показателям составляло: клейковины – на 1,3–2,9%, белка – на 1,22–2,43%, и стекловидности – на 1,1–2,4%. На расчетной системе показатели 2014 г. превышали результаты предыдущих лет по содержанию клейковины – на 1,9–3,6%, белка – на 1,20–2,44%, и стекловидности – на 1,1–2,6%.

Изучаемые системы удобрения увеличивали основные показатели качества зерна озимой пшеницы в среднем по опыту относительно контроля по следующим показателям: клейковина – на 3,2–7,0%, белок – на 2,9–2,19%, стекловидность – на 4,7–8,7%. Показатель ИДК снижался на 4–17 ед.

Максимальный уровень всех технологических показателей зерна озимой пшеницы в опыте был получен на расчетной системе удобрения, который значительно превышал результаты контроля и остальных систем удобрения в среднем по опыту по содержанию клейковины на 7,0 и 1,7–3,8% и белка – на 2,19 и 0,24–0,45%, стекловидности – на 8,7 и 2,6–4,0% соответственно.

Рассматриваемые в опыте предшественники оказывали значительное влияние на формирование параметров качества полученного урожая озимой пшеницы. Максимальные результаты по всем рассматриваемым параметрам независимо от фонов питания отмечались на вариантах после занятого пара.

Проанализировав полученные результаты исследований, можно констатировать, что класс зерна на удобренных фонах в опыте был выше контрольного. Так, на контроле после занятого пара и гороха было получено зерно IV класса, а на посевах после кукурузы на силос – V. Согласно полученным результатам, зерно практически на всех системах удобрения независимо от предшественников соответствовало III классу качества, лишь на вариантах с применением биологизированной системы удобрения озимой пшеницы по кукурузе на силос было получено зерно IV класса.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Внедрение и применение всех видов технологических мероприятий должно повышать не только агротехническую, но и экономическую эффективность производства растениеводческой продукции. Химизация сельскохозяйственного производства является одним из наиболее эффективных приемов повышения продуктивности возделываемых культур и, как следствие, рентабельности производственного процесса. Повышение урожайности в зоне проведения наших исследований благодаря применению удобрений в среднем составляет 45%.

Данные, приведенные и проанализированные в предыдущих разделах, показывают, что анализируемые в опыте системы удобрения, сохраняя уровень почвенного плодородия, повышают продуктивность и качество полученного урожая озимой пшеницы вне зависимости от рассматриваемых предшественников. При этом необходимо отметить, что, помимо этого, необходимо выявить экономическую целесообразность применения изучаемых систем удобрения, основными показателями которой являются оправданность произведенных затрат и рентабельность проведения рекомендуемых приемов. Анализ экономической эффективности возделывания озимой пшеницы в опыте по рассматриваемым вариантам позволит обосновать преимущество применения анализируемых систем удобрения в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Анализ экономической эффективности возделывания озимой пшеницы в опыте по рассматриваемым предшественникам проводился на основании данных технологических карт по системе следующих показателей: урожайности и денежной выручки с 1 га, затрат труда на 1 га и 1 т полученной продукции, ее себестоимости, прибыли и уровня рентабельности (таблица 14).

Таблица 14 – Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения, 2012–2014 гг.

| Показатель | Предшественник | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------|----------|-----------------|-------------------|-----------|
| | занятый пар | | | | кукуруза на силос | | | | горох | | | |
| | контроль | рекомендованная | биологизированная | расчетная | контроль | рекомендованная | биологизированная | расчетная | контроль | рекомендованная | биологизированная | расчетная |
| Урожайность, т/га | 3,95 | 5,26 | 4,77 | 6,19 | 2,71 | 3,63 | 3,45 | 4,31 | 3,54 | 5,37 | 4,98 | 5,96 |
| Цена 1 т, руб. | 8300 | 9000 | 9000 | 9000 | 7800 | 9000 | 8300 | 9000 | 8300 | 9000 | 9000 | 9000 |
| Денежная выручка с 1 га, руб. | 32785 | 47340 | 42930 | 55710 | 21138 | 32670 | 28635 | 38790 | 29382 | 48330 | 44820 | 53640 |
| Затраты труда на 1 га, час. | 14,8 | 18,4 | 16,9 | 18,8 | 14,1 | 17,7 | 16,3 | 18,2 | 14,5 | 18,2 | 18,2 | 18,2 |
| Затраты труда на 1 т, час. | 3,747 | 3,498 | 3,543 | 3,037 | 5,203 | 4,876 | 4,725 | 4,223 | 4,096 | 3,389 | 3,655 | 3,054 |
| Производственные затраты на 1 га, руб. | 18420 | 24210 | 21210 | 29002 | 18035 | 23041 | 20654 | 25305 | 18200 | 23750 | 20910 | 27911 |
| Себестоимость 1 т, руб. | 4663 | 4603 | 4447 | 4685 | 6655 | 6347 | 5987 | 5871 | 5141 | 4423 | 4199 | 4683 |
| Прибыль, руб. | 14365 | 23130 | 21720 | 26708 | 3103 | 9629 | 7981 | 13485 | 11182 | 24580 | 23910 | 25729 |
| Уровень рентабельности, % | 78 | 105 | 98 | 109 | 17 | 42 | 39 | 53 | 61 | 103 | 114 | 92 |

Анализ данных, приведенных в таблице, показал, что на посевах озимой пшеницы по всем рассматриваемым предшественникам применение анализируемых систем удобрения способствовало формированию более высоких показателей экономической эффективности, чем на контроле. Так, урожайность культуры на посевах после занятого пара на удобренных фонах превышала контроль на 0,82–2,24 т/га, на посевах после кукурузы на силос – на 0,74–1,60 т/га, и по гороху – на 1,44–2,42 т/га. Благодаря применению систем удобрения, увеличивалась денежная выручка с 1 га высеваемой площади на посевах после занятого пара на 10145–22925 руб., по кукурузе на силос – на 7497–17652 руб., по гороху – на 15438–24258 руб.

Благодаря полученной прибавке урожая озимой пшеницы, на фоне применения удобрений по всем предшественникам наблюдалось повышение затрат труда на 1 га и на 1 т полученного зерна, что способствовало возрастанию производственных затрат по предшественникам: занятый пар – на 2790–10582 руб., кукуруза на силос – на 2619–7270 руб., горох – на 2710–9711 руб.

Себестоимость 1 т полученной продукции на посевах после занятого пара при применении расчетной системы удобрения возрастала относительно контроля на 22 руб., а на рекомендованной и биологизированной системы – снижалась на 60 и 216 руб. На посевах культуры после кукурузы на силос и гороха применение рассматриваемых систем удобрения способствовало снижению себестоимости 1 т произведенной продукции относительно контроля на 308–784 и 458–942 руб. соответственно.

В результате повышения продуктивности озимой пшеницы и денежной выручки с 1 га посевов при применении систем удобрения на вариантах по всем рассматриваемым предшественникам прибыль возрастала относительно контроля на 7355–12343 руб. по занятому пару, на 4878–10382 руб. по кукурузе на силос и на 12728–14547 руб. по гороху. Основной показатель экономической эффективности – уровень рентабельности применения

анализируемых систем удобрения увеличивал аналогичные значения контроля на посевах после занятого пара на 20–31%, по кукурузе на силос – на 22–36%, и по гороху – на 31–53%.

В современных условиях особый интерес вызывает поиск менее затратных систем удобрений. Исходя из того, что применение анализируемых в опыте фонов питания достоверно увеличивало урожайность зерна озимой пшеницы по сравнению с контролем, особый интерес вызвало сравнение показателей экономической эффективности выше названных вариантов между собой.

Анализ экономической эффективности применения анализируемых систем удобрения озимой пшеницы показал, что на посевах по всем рассматриваемым предшественникам культуры наибольшие прибавки изучаемых показателей были получены на вариантах с применением расчетной системы удобрения. Урожайность на расчетной системе удобрения превышала показатели контроля и остальных фонов питания на 0,93–2,24 т/га после занятого пара, на 0,68–1,60 т/га по кукурузе на силос и на 0,59–2,42 т/га по гороху. Денежная выручка возрастала на 8370–27215 руб. по занятому пару, на 6120–17652 руб. по кукурузе на силос, и на 5310–24258 руб. по гороху.

Прибыль, полученная с 1 га при внесении расчетной системы удобрения, превышала показатель остальных вариантов по занятому пару на 3578–12343 руб., по кукурузе на силос – на 3856–10382 руб., по гороху – на 1149–14547 руб.

При этом необходимо отметить, что ввиду высокой насыщенности расчетной системы минеральными удобрениями и повышения затрат труда и производственных затрат на единицу продукции здесь наблюдается высокая себестоимость 1 т урожая. Наименьшая себестоимость единицы производимой продукции за счет более низких производственных затрат была отмечена на посевах с применением биологизированной системы удобрения, которая снижала данный показатель относительно остальных

фонов питания на 156–238 руб. по занятому пару, на 224–942 руб. по гороху. Однако на посевах озимой пшеницы после кукурузы на силос минимальный уровень себестоимости благодаря значительно более высокой урожайности отмечался на фоне применения расчетной системы удобрения, которая была ниже показателей остальных вариантов на 116–784 руб.

Максимальный уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы в опыте по предшественникам занятый пар и кукуруза на силос был отмечен на вариантах с применением расчетной системы удобрения, преимущество которой относительно остальных фонов питания составляло 4–31 и 11–36% соответственно. На посевах культуры после гороха наблюдалось преимущество биологизированной системы удобрения относительно остальных фонов питания на 11–53%.

Таким образом, проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что с экономической точки зрения применение всех исследуемых систем удобрения является эффективным. Они обеспечивали преимущество относительно контроля в урожайности, денежной выручки и прибыли с 1 га, а также уровня рентабельности.

Более детальный анализ полученных данных показал, что наименее затратным в опыте оказалось применение биологизированной системы удобрения, которая за счет меньшего объема производственных затрат обеспечивала самый низкий уровень себестоимости 1 т продукции на посевах после занятого пара и гороха, снижая данный показатель относительно остальных вариантов на 156–238 и 224–942 руб. соответственно. Расчетная система за счет высокой насыщенности удобрениями, увеличивая производственные затраты и себестоимость 1 т продукции, обеспечивала максимальный уровень продуктивности озимой пшеницы – 6,19, 4,31 и 5,96 т/га по предшественникам занятый пар, кукуруза на силос и горох соответственно.

Максимальный уровень рентабельности на посевах озимой пшеницы после занятого пара и кукурузы на силос отмечался на фоне применения

расчетной системы удобрения, он превышал показатели остальных вариантов на 4–31 и 11–36% соответственно. На посевах после гороха максимальный уровень рентабельности отмечался на биологизированной системе удобрения, превышавшей остальные фоны питания на 11–53%.

ВЫВОДЫ

На основании трехлетних полевых опытов и лабораторных исследований по изучению влияния систем удобрения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой на чернозёме выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения, мы пришли к следующим основным выводам.

1. В течение вегетации растений озимой пшеницы в среднем по опыту реакция среды 0–20 см слоя чернозема выщелоченного имела общую направленность – существенное подкисление от посева к фазе колошения на 0,26 ед., после чего отмечалось существенное подщелачивание на 0,20 ед. к наступлению полной спелости культуры.

Существенное подкисление реакции среды относительно контроля наблюдалось на рекомендованной и расчетной системах удобрения (на 0,20 и 0,28 ед. соответственно) и относительно биологизированной системы удобрения (на 0,26 и 0,34 ед. соответственно). Из рассматриваемых предшественников наиболее значительное влияние оказывала кукуруза на силос, достоверно подкисляя реакцию рН относительно остальных предшественников на 0,16–0,22 ед.

2. На основные кислотно-основные показатели чернозема выщелоченного предшественники озимой пшеницы существенного влияния не оказали.

Изучаемые системы удобрения не изменяли направленности динамики гидролитической кислотности 0–20 см слоя чернозема выщелоченного и существенно увеличивали гидролитическую кислотность относительно контроля на 0,11–0,45 мг-экв/100 г почвы. Максимальное повышение показателя Нг наблюдалось на рекомендованной и расчетной системах удобрения, существенно превышавших контроль в среднем по опыту на 0,29–0,45 мг-экв/100 г почвы.

3. Изучаемые системы удобрения оказывали различное влияние на кислотно-основные показатели пахотного слоя почвы. Применение

рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало снижению основных показателей почвенного поглощающего комплекса относительно контроля (мг-экв/100 г почвы): обменного кальция на 0,64–2,82, обменного магния – на 0,38–0,62, суммы поглощенных оснований – на 1,0–3,0.

Применение биологизированной системы удобрения способствовало достоверному повышению отмеченных выше показателей относительно контроля (мг-экв/100 г почвы): обменного кальция – на 0,83–0,93, обменного магния – на 0,10–0,72, суммы поглощенных оснований – на 2,2–2,7.

4. Анализируемые системы удобрения достоверно увеличивали относительно контроля содержание в пахотном слое почвы минерального азота на 4,1–21,7 мг/кг, подвижного фосфора на 2,7–13,6 мг/кг, обменного калия – на 31–49 мг/кг. Максимальное содержание рассматриваемых элементов в почве формировалось на расчетной системе удобрения, существенно увеличивавшей относительно контроля и остальных фонов питания следующие показатели (мг/кг): минеральный азот – по занятому пару на 12,3–28,4, по кукурузе на силос – на 14,1–26,1, по гороху – на 8,9–29,3, подвижный фосфор – на 4,5–16,6, обменный калий – на 3–72. Предшественники озимой пшеницы на содержание подвижного фосфора и обменного калия существенного влияния не оказали. Содержание в почве минерального азота после занятого пара и гороха достоверно превышало показатели после кукурузы на силос на 5,0 и 3,1 мг/кг соответственно.

5. Изучаемые системы удобрения независимо от предшественников стимулировали накопление сухой массы озимой пшеницы в течение вегетации культуры, разница с контролем составила 0,10–5,45 т/га. Максимальный уровень сухой биомассы в опыте формировался на расчетной системе удобрения, значительно превышавшей контроль и остальные фоны на 0,63–5,45 и 0,19–3,20 т/га соответственно.

6. Анализируемые системы удобрения способствовали существенной прибавке содержания в растениях озимой пшеницы относительно контроля следующих элементов: азота – на 0,08–0,89%, фосфора – на 0,01–0,27%,

калия – на 0,01–0,89%. Максимальная концентрация описанных элементов в растениях озимой пшеницы в опыте наблюдалась на расчетной системе удобрения, значительно превышавшей контроль и остальные фоны питания по показателям: азот – на 0,36–0,89 и 0,01–0,43%, фосфор – на 0,05–0,27 и 0,02–0,13%, калий – на 0,61–0,89 и 0,40–0,83%. Предшественники озимой пшеницы на содержание фосфора и калия в растениях культуры значительного влияния не оказали. Содержание азота в растениях озимой пшеницы по занятому пару было значительно выше остальных предшественников на контроле на 0,03–0,81%, на рекомендованной – на 0,12–1,12%, на биологизированной – на 0,09–1,04% и на расчетной системе – на 0,16–1,08%.

7. Системы удобрения увеличивали показатели структуры урожая относительно контроля в опыте по количеству продуктивных стеблей – на 29–157 шт/м², массе зерна с колоса – на 0,09–0,30 г, массе 1000 зерен на 1,3–3,1 г, биологической урожайности – на 21–68%. Максимальные результаты по основным показателям независимо от предшественников были зафиксированы на расчетной системе удобрения, увеличивавшей относительно контроля и остальных фонов питания следующие параметры: число стеблей – на 68–158 шт/м², продуктивных стеблей – 77–141 шт/м², биологическую урожайность на 11–68%. Наиболее высокие показатели элементов структуры урожая озимой пшеницы из рассматриваемых предшественников формировались на посевах культуры после занятого пара.

8. Изучаемые системы удобрения достоверно увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно контроля на 0,82–2,24 т/га по занятому пару, на 0,74–1,60 т/га по кукурузе на силос и на 1,44–2,42 т/га по гороху. Максимальная урожайность в опыте была получена на расчетной системе удобрения, превышавшей остальные варианты на 0,93–2,24 т/га по занятому пару, на 0,95–1,60 т/га по кукурузе на силос, на 0,59–2,42 т/га по гороху. Из рассматриваемых предшественников не зависимо от фона

питания максимальная урожайность озимой пшеницы в опыте была получена после занятого пара (3,95–6,19 т/га).

9. Изучаемые системы удобрения увеличивали основные показатели качества зерна озимой пшеницы относительно контроля: клейковину – на 3,2–7,0%, белок – на 2,9–2,19%, стекловидность – на 4,7–8,7%. Показатель ИДК снижался на 4–17 ед. Зерно наилучшего качества в опыте формировалось на расчетной системе удобрения, значительно превышавшей по основным показателям контроль и остальные системы удобрения по содержанию клейковины на 7,0 и 1,7–3,8%, белка – на 2,19 и 0,24–0,45%, стекловидности – на 8,7 и 2,6–4,0% соответственно. Из рассматриваемых предшественников максимальные результаты по всем параметрам качества полученного урожая отмечались на вариантах после занятого пара.

10. С экономической точки зрения все анализируемые системы удобрения являются эффективными. Биологизированная система, за счет меньшего объема производственных затрат обеспечивала самый низкий уровень себестоимости 1 т продукции относительно остальных вариантов на 156–942 руб. Расчетная система, увеличивая производственные затраты и себестоимость 1 т продукции, повышала продуктивность озимой пшеницы, и увеличивала денежную выручку относительно остальных вариантов по опыту на 5310–27215 руб. Прибыль с 1 га на расчетной системе удобрения превышала остальные варианты по занятому пару на 3578–12343 руб., по кукурузе на силос – на 3856–10382 руб., по гороху – на 1149–14547 руб. Уровень рентабельности здесь увеличивался на 4–36%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для получения продуктивности озимой пшеницы 6,0-6,2 т/га на черноземе выщелоченном после предшественника занятый пар рекомендуется расчетная система удобрения.

2. Для стабилизации кислотно-основных показателей чернозема выщелоченного и получения продуктивности озимой пшеницы 4,8-5,0 т/га рекомендуется биологизированная система удобрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, Е. В. Агрохимические исследования ДОНГАУ: итоги и перспективы / Е. В. Агафонов // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 15–26.
2. Агеев, В. В. Планирование, методология, методика, модификации длительных опытов с удобрениями и математико-статистические методы обработки экспериментальных данных : методические указания / В. В. Агеев, А. И. Подколзин, С. В. Динякова. – Ставрополь : СтГАУ, 2007. – 384 с.
3. Агеев, В. В. Особенности питания и удобрение сельскохозяйственных культур на Юге России : учебное пособие для студентов вузов агрономических специальностей / В. В. Агеев, А. П. Чернов, А. П. Куйдан, В. И. Демкин, П. И. Махуков, А. И. Подколзин, А. Н. Есаулко, М. А. Кузенная, М. В. Литвиненко ; под ред. проф. В. В. Агеева. – Ставроп. ГСХА, 1999. – 113 с.
4. Агеев, В. В. Роль стационара СтГАУ в решении агрохимических проблем в географической сети длительных опытов с удобрениями / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, О. Ю. Лобанкова, В. И. Радченко, М. С. Сигида, С. А. Коростылев, Е. В. Голосной, Н. В. Николенко // Инновации аграрной науки и производства : состояние, проблемы и пути решения : сборник научных трудов. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС. – 2008. – С. 22–25.
5. Агрохимия (Южно-Российский аспект) : Учебник для студентов вузов. – Т 1 / Под ред. В. В. Агеева. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2005. – 488 с., ил. 62.
6. Агрохимия / Под ред. Б. А. Ягодина. – М. : Колос, 2002. – 584 с.
7. Айсанов, Т. С. Влияние азотных подкормок различными формами удобрений на урожайность озимой пшеницы на черноземе

выщелоченном / Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной, А. Ю. Фурсова, Е. А. Устименко, А. Ф. Донцов // Аграрная наука, творчество, рост : материалы III международной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф». – 2013. – С. 5–8.

8. Айсанов, Т. С. Влияние доз и способов внесения азотных удобрений в ранневесеннюю подкормку на урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне Ставропольского края / Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, А. Ф. Донцов // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 77-й научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф». – 2013. – С. 3–4.

9. Айсанов, Т. С. Динамика параметров Нг чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности и урожайность озимой пшеницы в длительном стационаре / Т. С. Айсанов, А. И. Подколзин // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – №1(17). – С. 181–184.

10. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – М. : Наука, 1980. – 287 с.

11. Антонова, Т. Н. Мониторинг состояния органического вещества в черноземах методом гумусового баланса / Т. Н. Антонова // Эволюция и деградация почвенного покрова: материалы III Международной научно-практ. конф. – Ставрополь. – 2007. – С. 67–71.

12. Антыков, А. Я. Почвы Ставрополя и их плодородие / А. Я. Антыков, А. Я. Стоморев. – Ставрополь : Кн. изд., 1970. – 416 с.

13. Аристархов, А. Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах / Под ред. Минеева В.Г. – М. : ЦИНАО, 2000. – 524 с.

14. Афендулов, К. П., Лантухова, А. И. Удобрения под планируемый урожай. – М. : «Колос», 1973. – 240 с. с ил.

15. Бадахова, Г. Х. Ставропольский край : современные климатические условия : монография / Г. Х. Бадахова, А. В. Кнутас. – Ставрополь : ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. – 272 с.

16. Балашов, В. В. Минеральные удобрения и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов, В. Н. Левкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. – Изд-во : «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия». – 2006. – №4. – С. 31–33.

17. Балашов, В. В. Отзывчивость озимой пшеницы на подкормку удобрениями в Волгоградской области / В. В. Балашов, В. Н. Левкин // Агрохимический вестник. – Изд-во : «Редакция «Химия в сельском хозяйстве». – 2007. – №5. – С. 14–16.

18. Бельтюков, Л. П. Реакция сортов зерновых культур на удобрения и планирование их урожайности / Л. П. Бельтюков, Е. К. Кувшинова, Г. В. Овсянникова, Н. Г. Янковский // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 76–87.

19. Бельчикова, Н. П. Органическое вещество почв различной степени окультуренности // Агрохимия. – 1965. – №2. – С. 98–109.

20. Богуславская, Н. В. Система экологического тестирования агроценоза озимой пшеницы [оценка последствий применения средств химизации (пестициды, минеральные удобрения)] / Н. В. Богуславская // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – Изд-во : «Государственное научное учреждение Центральная научная сельскохозяйственная библиотека РАСХН». – 2007. – №3. – С. 763.

21. Бузов, В. А. Динамика нитратного азота в почве и урожайность озимой пшеницы в связи с применением в ранневесеннюю подкормку различных форм азотных удобрений / В. А. Бузов, Ю. И. Гречишкина, Д. В. Крамарчук, С. В. Князев // Состояние и перспективы развития

агропромышленного комплекса Южного Федерального округа: материалы 73-й научно-практической конференции. – Ставрополь: Издательско-полиграфический центр «Параграф». – 2009. – С. 48–52.

22. Бузов, В. А. Продуктивность озимой пшеницы на черноземе при подкормке различными формами азотных удобрений / В. А. Бузов, Ю. И. Гречишкина // Плодородие. Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2010. – №1. – С. 16–17.

23. Буланкина, Л. И. Влияние предшественников озимой пшеницы на микробиологический состав почвы / Л. И. Буланкина // Актуальные проблемы растениеводства Юга России : сб. науч. тр. – Ставропольская краевая типография. – Ставрополь. – 2004. – С. 46–48.

24. Вальков, В. Ф. Генезис почв Северного Кавказа / В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского ун-та, 1977. – 160 с.

25. Вальков, В. Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа) : учеб. для вузов / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, В. И. Тюльпанов. – Краснодар : Сов. Кубань, 2002. – 728 с. : ил.

26. Вальков, В. Ф. Почвоведение : учебник для бакалавров / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 527 с. – Серия : Бакалавр. Базовый курс.

27. Вальков, Ю. А. Роль предшественников и удобрений при выращивании озимой пшеницы на Дону / Ю. А. Вальков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Изд-во : «Алтайский государственный аграрный университет». – 2009. – №10. – С. 18–22.

28. Ваулина, Г. И. Окупаемость азотных удобрений в интенсивных технологиях возделывания озимой пшеницы в ЦРНЗ / Г. И. Ваулина, Н. З. Милащенко, О. В. Тимофеев // Плодородие. – Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2009. – №4. – С. 3–5.

29. Вильямс, В. Р. Собрание сочинений : в 12 т. Т. 8 : Почвоведение и агрономия (отдельные работы) / В. Р. Вильямс. – М. : Гос. изд-во с.-х. лит., 1951. – 366 с.
30. Виноградова, И. А. Удобрение озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах / И. А. Виноградова // Аграрная наука. – Изд-во : «Редакция журнала «Аграрная наука». – 2008. – №11. – С. 18–19.
31. Воронкова, Н. А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. А. Воронкова, Н. Ф. Балабанова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 30–32.
32. Воронкова, Н. А. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на фосфатный режим черноземов выщелоченных Западной Сибири / Н. А. Воронкова // Агрохимия. – М. : Изд-во «Наука» – 2010. – № 12. – С. 10–17.
33. Ганжара, Н. Ф. Концептуальная модель гумусообразования // Почвоведение. – 1997. – №9. – С. 1075–1080.
34. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – М. : Агроконсалт, 2001. – 392 с. : ил.
35. Ганжара, Н. Ф., Борисов Б. А. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв // М. : Агроконсалт. – 1997. – 82 с.
36. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 25–27.
37. Голосной, Е. В. Продуктивность звена севооборота в зависимости от систем удобрений и обработки почвы / Е. В. Голосной // Плодородие. – 2008. – № 2 (41). – С. 39–40.

38. Голосной, Е. В. Влияние агрохимикатов на формирование структуры урожая растениями озимой пшеницы на выщелоченном черноземе // Е. В. Голосной, В. В. Агеев // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа : Материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство. – 2007. – С. 78–79.

39. Голосной, Е. В. Эффективность систем удобрения в звене севооборота горох – озимая пшеница – рапс яровой на чернозёме выщелоченном ставропольской возвышенности : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Голосной Евгений Валерьевич. – Ставрополь, 2013. – 23 с.

40. Гречишкина, Ю. И. Экологические аспекты применения удобрений в современной земледелии / Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, Л. С. Горбатко, А. А. Беловолова, С. А. Коростылёв, Т. С. Айсанов // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – Т. 7. – № 3. – С. 112–115.

41. Гришина, Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 242 с.

42. Державин, Л. М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. – М. : Колос. – 1992. – 218 с.

43. Державин, Л. М. Роль химизации земледелия в модернизации сельского хозяйства России / Л. М. Державин // АПК: экономика, управление. – 2011. – № 7. – С. 73–77.

44. Джанаев, З. Г. Агрохимия и биология почв Юга России. Монография. / З. Г. Джанаев ; под редакцией академика РАСХН В. Г. Минеева. – М. : Изд-во МГУ, 2008. – 528 с.

45. Дзанагов, С. Х. Приёмы повышения плодородия почв Северного Кавказа / С. Х. Дзанагов // Агрохимия. – 2004. – № 2. – С. 6–7.

46. Дзанагов, С. Х. Состояние и проблемы агрохимии в Северной Осетии-Алании / С. Х. Дзанагов, К. Е. Сокаев, Т. Б. Хадикова // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном

Кавказе. Материалы семинара. – 24-25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 55–65.

47. Дорожко, Г. Р. Влияние предшественников и обработок на плодородие выщелоченных черноземов и урожайность озимой пшеницы / Г. Р. Дорожко, Н. С. Голоусов, Г. М. Зюзин и др. // Актуальные аспекты повышения плодородия почв : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь. – 1994. – С. 41–47.

48. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 416 с.

49. Дьяконова, К. В. Система показателей гумусового состояния для моделей плодородия черноземов / К. В. Дьяконова, Б. М. Когут // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования. Научн. тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева. – М. – 1990. – С. 211–217.

50. Есаулко, А. Н. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием оптимизации систем удобрений в севообороте / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, А. И. Подколзин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – № 1 – С. 3–7.

51. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур : дис.... доктора с.-х. наук / Есаулко Александр Николаевич. – Ставрополь, 2006. – 515 с.

52. Есаулко, А. Н. Влияние длительного применения систем удобрений на показатель рН чернозема выщелоченного / А. Н. Есаулко, Т. С. Айсанов, А. Ю. Фурсова, М. Ю. Кузьменко // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : Материалы 76-й научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф». – 2012. – С. 40–42.

53. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного в агроландшафтах Ставропольской возвышенности / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина // Земельные ресурсы : состояние и перспективы использования: сб. науч. тр. – Ставрополь : АГРУС. – 2006. – С. 80–84.

54. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений на реакцию почвенного раствора чернозема выщелоченного / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, А. С. Кочкин // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа : Материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство. – 2007. – С. 98–100.

55. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севообороте – как способ повышения экономической эффективности применения удобрений / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина // Инновации аграрной науки и производства : состояние, проблемы и пути решения : сборник научных трудов. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС. – 2008. – С. 32–34.

56. Есаулко, А. Н. Отзывчивость сортов озимой пшеницы на формы азотных удобрений в крайне засушливой зоне Ставропольского края / А. Н. Есаулко, Ю. Н. Попов, Т. С. Айсанов // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном округе. Материалы 76-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 10–12 апреля 2012 года). – 2012. – С. 59–62.

57. Жиленко, С. В. Исследование питания и удобрения озимой пшеницы на черноземах Кубани / С. В. Жиленко // Проблемы агрохимии и экологии. – Изд-во : «Некоммерческое партнерство «Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов». – 2008. – №4. – С. 50–57.

58. Журавлева, Е. Н. Оценка роли предшественников и способов основной обработки почвы в подавлении вредителей и болезней озимой

пшеницы на выщелоченных черноземах / Е. Н. Журавлева // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях : Сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь. – 1999. – С. 59–62.

59. Жученко, А. А. Системы земледелия Ставрополья : монография / под общ. ред. акад. РАН, РАСХН А. А. Жученко ; чл.-кор. РАСХН В. И. Трухачева. – Ставрополь : АГРУС, 2011. – 844 с.

60. Калашник, Н. В. Исследование влияния способов внесения и заделки в почву минеральных удобрений на урожайность яровой и озимой пшеницы / Н. В. Калашник, В. Г. Гниломедов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Изд-во : «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». – 2006. – №3. – С. 121–123.

61. Кануков, З. Т. Плодородие чернозема и урожайность озимой пшеницы при применении удобрений / З. Т. Кануков, Т. К. Лазарев, С. Х. Дзанагов // Плодородие. – Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2008. – №6. – С. 4–6.

62. Карпович, К. И. Влияние системы удобрений при ресурсосберегающих способах обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы в черноземной лесостепи Поволжья / К. И. Карпович // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – Изд-во : «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П. А. Столыпина». – 2008. – №2. – С. 39–41.

63. Кожухарь, Т. Н. Влияние биологических препаратов и минерального удобрения на формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы / Т. Н. Кожухарь, Е. М. Кириченко // Stiinta Agricola. – Изд-во : «Государственный аграрный университет Молдовы». – 2009. – №1. – С. 15–19.

64. Кононова, М. М. Органическое вещество и плодородие почвы / М. М. Кононова // Почвоведение. – 1984. – №8. – С. 6–20.

65. Коростылев, С. А. Влияние систем удобрений на реакцию почвенного раствора в пахотном слое чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности / С. А. Коростылев, В. А. Новозов // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа: материалы 73-й научно-практической конференции. – Ставрополь : Издательско-полиграфический центр «Параграф». – 2009. – С. 83–85.

66. Костин, О. В. Биохимический состав и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений и росторегуляторов / О. В. Костин, О. М. Церковна // Нива Поволжья. – Изд-во : «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». – 2009. – №1. – С. 19–22.

67. Кочергин, А. Е. Система удобрений в севооборотах // Применение удобрений в Омской области / Сиб. отд-ние ВАСХНИЛ. – Новосибирск. – 1985. – С. 36–46.

68. Кочергин, А. Е. Эффективность удобрений на черноземах Западной Сибири // Агроклиматическая характеристика почв СССР. Районы Западной Сибири. – М. – 1968. – С. 316–336.

69. Кумахов, В. И. Эффективность применения органо-минеральных удобрений в севооборотах и их влияние на воспроизводство почвенного плодородия выщелоченных черноземов / В. И. Кумахов, В. Х. Тхагапсоева // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 143–151.

70. Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополя / М. Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. – 424 с.

71. Куприченков, М. Т. Пути регулирования гумуса в земледелии Ставропольского края / М. Т. Куприченков, Ю. В. Копейкин. – Ставрополь, 1986. – 47 с.

72. Кураков, В. И. Плодородие чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / В. И. Кураков, О. А. Минакова, В. В. Ситникова, Л. В. Александрова // Плодородие. – 2006. – № 1. – С. 8–9.

73. Леганова, Т. Е. Эффективное применение удобрений – важный прием в повышении плодородия почв и урожайности культур в Краснодарском крае / Т. Е. Леганова, А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 120–128.

74. Лошаков, В. Г. Севооборот и плодородие почвы. – М. : Изд. ВНИИА, 2012. – 512 с.

75. Малюга, Н. Г. Длительное применение удобрений, плодородие чернозема обыкновенного и динамика урожайности озимой пшеницы / Н. Г. Малюга, С. И. Баршадская, А. А. Романенко, А. А. Квашин, И. Б. Молчанов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Изд-во : «Кубанский государственный аграрный университет». – 2009. – №19. – С. 63– 69.

76. Мельникова, О. В. Влияние минеральных удобрений на содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы / О. В. Мельникова, И. И. Фокин // Агрохимический вестник. – Изд-во : «Редакция «Химия в сельском хозяйстве». – 2009. – №5. – С. 40.

77. Минакова, О. А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза на гумусовое и азотное состояние чернозема выщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧЗ / О. А. Минакова, Л. В. Тамбовцева, А. И. Громовик // Агрохимия. – М. : Изд-во «Наука» – 2011. – № 5. – С. 18–25.

78. Минакова, О. А. Влияние длительного применения удобрений в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧП на физико-химические свойства чернозема выщелоченного / О. А. Минакова, Е. В. Попов // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного

Федерального округа : Материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство. – 2007. – С. 199–203.

79. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев. – М. : МГУ, 2004. – 720 с.

80. Минеев, В. Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М. : Колос, 1993. – 415 с.

81. Минеев, В. Г. Влияние длительного применения минеральных удобрений и их последствий на физические свойства дерново-подзолистой почвы / В. Г. Минеев, Н. Ф. Гомонова, А. С. Манучаров, Г. М. Зенова // Проблемы агрохимии и экологии. : сб. науч. тр. / Издательство МГУ. – Москва. – 2010. – С. 3–10.

82. Минеев, В. Г. Экологические проблемы агрохимии / В. Г. Минеев. – М. : Изд-во МГУ, 1988. – 285 с.

83. Минеев, В. Г. Оптимизация содержания подвижного фосфора в почве и продуктивность растений / В. Г. Минеев, Л. А. Лебедева // Вестн. РАСХН. – 1995. – №6. – С. 52–54.

84. Минеев, В. Г. Плодородие черноземов Центрального Предкавказья и пути его регулирования / В. Г. Минеев, А. И. Подколзин // Агрохимия. – 2010. – № 8. – С. 87–95.

85. Муравин, Э. А. Агрохимия / Э. А. Муравин, В. И. Титова. – М. : КолосС, 2010. – 463 с.

86. Муха, В. Д. Плодородие чернозема под воздействием минеральных удобрений, монокультуры озимой пшеницы и севооборота / В. Д. Муха, Н. Н. Трутаева, Ж. А. Буланова // Плодородие. – Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2009. – №6. – С. 8–9.

87. Несмеянова, Н. И. Эффективность систематического удобрения озимой пшеницы / Н. И. Несмеянова, Ф. М. Гайнуллин, В. А. Казаков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. –

Изд-во : «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». – 2008. – №4. – С. 27–29.

88. Никитишен, В. И. К методике исследований агрохимии азота / В. И. Никитишен // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. Мат-лы Всерос. научн.-метод. конф. Географической сети опытов с удобрениями. – М. : ВНИИА. – 2006. – С. 12–16.

89. Никитишен, В. И. Роль удобрений в повышении продуктивности водопотребления озимой пшеницы / В. И. Никитишен, В. И. Личко // Плодородие. – Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2007. – №5. – С. 9–11.

90. Орлов, Д. С., Бирюкова О. Н. Суханова Н. И. Органическое вещество почв Российской Федерации. – М. : Наука, 1996. – 256 с.

91. Пенчуков, В. М. Системы земледелия и их совершенствование / В. М. Пенчуков // Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу. 75-я научно-практическая конференция. – Изд-во «Агрус» (Ставрополь) – 2011. – С. 60–64.

92. Подколзин, А. И. Влияние длительного применения минеральных удобрений в стационарном опыте на кислотно-основные свойства чернозема выщелоченного / А. И. Подколзин, С. А. Коростылев, Т. С. Айсанов // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном округе : Материалы 76-й научно-практической конференции. Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф». – 2012. – С. 68–70.

93. Подколзин, А. И. Результаты и проблемы агрохимических научных исследований в Ставропольском крае / А. И. Подколзин // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 109–120.

94. Подколзин, А. И. Результаты многолетних исследований агрохимического состояния почв агроландшафтов Центрального Предкавказья / А. И. Подколзин // Проблемы агрохимии и экологии. – Изд-во Некоммерческое партнерство «Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов» (Москва). – 2013. – № 4. – С. 47–52.

95. Подколзин, А. И. Состояние и динамика изменения поглощающего комплекса почв Центрального Предкавказья / А. И. Подколзин, С. Н. Шкабарда // Агрохимия. – 2008. – № 1. – С. 16–25.

96. Подколзин, А. И. Удобрение и продуктивность озимой пшеницы : Монография / А. И. Подколзин ; под ред. В. Г. Минеева. – М. : МГУ, 2000. – 194 с.

97. Подколзин, А. И. Эволюция, воспроизводство плодородия почв и оптимизация применения удобрений в агроландшафтах Центрального Предкавказья : дис.... доктора биол. наук / Анатолий Иванович Подколзин. – Москва, 2008. – 398 с.

98. Полоус, Г. П. Сравнительная оценка удобрений для весенней подкормки озимой пшеницы / Г. П. Полоус, П. В. Полоус, В. Ю. Бутенко // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа : Материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство. – 2007. – С. 115–118.

99. Прянишников, Д. Н. Минерализация азотных соединений в почве / Д. Н. Прянишников. – М. : Сельхозгиз. – 1952. – Т. 1. – С. 230–236.

100. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия / Под ред. А. Л. Иванова, Л. М. Державина. – М. : Росинформагротех, 2010.

101. Рымарь, В. Т. Оптимизация минерального питания гороха / В. Т. Рымарь, Г. П. Покудин, С. В. Мухина, С. В. Мамедов // Кормопроизводство. – 2005. – № 3. – С. 10–13.

102. Савич, В. Н., Парахин Н. В., Степанова Л. П. и др. Агрономическая оценка гумусового состояния почв. Орел : Орел ГАУ, 2001. – 234 с.

103. Сигида, М. С. Влияние систем удобрений на продуктивность звена зернопропашного севооборота на выщелоченном чернозёме : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сигида Максим Сергеевич. – Ставрополь, 2008. – 23 с.

104. Сигида, М. С. Эффективность применения минеральных удобрений в качестве подкормки озимых на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / М. С. Сигида, А. Н. Есаулко // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа: Материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство. – 2007. – С. 119–121.

105. Синягин, И. И., Кузнецов, Н. Я. Применение удобрений в Сибири. – М. : Колос, 1979. – 373 с.

106. Сокаев, К. Е. Продуктивность разных сортов озимой пшеницы в зависимости от плодородия почвы и применения удобрений / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев // Плодородие. – Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2009. – №4. – С. 2–3.

107. Солдатенко, А. Г. Влияние длительного внесения удобрений на плодородие чернозема выщелоченного / А. Г. Солдатенко, М. Х. Ширинян, В. К. Бугаевский, В. М. Кильдюшкин // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 136–143.

108. Сычев, В. Г. Удобрение в сельском хозяйстве (народная мудрость) / В. Г. Сычев // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 2–3.

109. Сычев, В. Г. Минеральные удобрения в сельском хозяйстве России: потребность и реальность // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XIX. – № 3.

110. Текиева, М. И. Отзывчивость сортов озимой пшеницы на применение удобрений и в бинарном посеве / М. И. Текиева, Н. А. Зеленский // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – Изд-во : «Издательский дом «Академия Естествознания». – 2010. – №1. – С. 89–91.

111. Тивиков, А. И. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от возделывания в звеньях зернопропашного севооборота / А. И. Тивиков // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа : Материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство. – 2007. – С. 279–281.

112. Тивиков, А. И. Роль предшественников озимой пшеницы в обеспечении почвы органическим веществом / А. И. Тивиков // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального округа : Материалы 71-й региональной научно-практической конференции. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство. – 2007. – С. 277–279.

113. Тихонов, А. А. Оценка эффективности припосевного внесения фосфорсодержащих минеральных удобрений под озимую пшеницу / А. А. Тихонов // Плодородие. – Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2010. – №3. – С. 10–11.

114. Ториков, В. Е. Действие минеральных удобрений и альбита на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. Е. Ториков, О. В. Мельникова, Д. А. Симонов // Агрохимический вестник. – Изд-во : «Редакция «Химия в сельском хозяйстве». – 2007. – №1. – С. 15–16.

115. Тюльпанов, В. И. Сущность почвообразования как основа теории и практики земледелия / В. И. Тюльпанов, В. С. Цховребов // Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия : сборник I Международной конференции. – Ставрополь. – 2001. – С. 3–25.

116. Филин, В. И. Оптимизация системы удобрения и нормы посева новых сортов озимой пшеницы на южных черноземах Волгоградской области / В. И. Филин, А. Г. Кузин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. – Изд-во : «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия». – 2007. – №2. – С. 16–22.

117. Филин, В. И. Эффективные способы внесения удобрений под озимую пшеницу Зерноградка 11 по черному пару в подзоне южных черноземов / В. И. Филин, В. С. Бутко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. – Изд-во : «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия». – 2010. – №3. – С. 70–75.

118. Храпцов, И. Ф. Система применения удобрений и воспроизводство плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири : дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1997. – 435 с.

119. Храпач, А. В. Многолетняя динамика гумусового баланса в земледелии Ставропольского края / А. В. Храпач, С. В. Натальченко // Инновации аграрной науки и производства : состояние, проблемы и пути решения : сборник научных трудов. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС. – 2008. – С. 45–48.

120. Цховребов, В. С. Агрогенная деградация Центрального Предкавказья / В. С. цховребов. – Ставрополь : Изд-во «АГРУС», 2003. – 224 с.

121. Цховребов, В. С. Реминерализация чернозема выщелоченного различными горными породами / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин, В. Я. Лысенко // Инновации аграрной науки и производства : состояние, проблемы

и пути решения : сборник научных трудов. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС. – 2008. – С. 48–51.

122. Чекмарев, П. А. Производство качественного зерна – важнейшая задача агропромышленного комплекса / П. А. Чекмарев // Земледелие. – 2009. – №4. – С. 3–4.

123. Шамрай, Л. А. Влияние фосфорных удобрений на содержание в почве подвижного фосфора и урожайность зерновых в севообороте / Л. А. Шамрай // Фосфор в почвах Сибири. Тр. СибНИИСХ. Новосибирск. – 1983. – С. 65–69.

124. Шапошникова, И. М. Плодородие черноземов обыкновенных Юга России / И. М. Шапошникова // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 26–35.

125. Шевцова, Л. К. Влияние длительного применения удобрений на баланс и качество гумуса / Л. К. Шевцова, И. В. Володарская // Химизация сел. хоз-ва. – 1991. – №11. – С. 97–101.

126. Шевченко, В. А. Влияние систем обработки и удобрений на продуктивность озимой пшеницы / В. А. Шевченко, Н. С. Матюк, О. Зоде // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – Изд-во : «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – 2009. – №1. – С. 33–37.

127. Шевченко, В. А. Эффективность систем обработки и удобрений под озимую пшеницу в условиях Центрального района нечерноземной зоны / В. А. Шевченко, О. Зоде, Н. С. Матюк, С. С. Солдатова // Плодородие. – Изд-во : «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова». – 2010. – №2. – С. 42–44.

128. Шеуджен, А. Х. Агрохимические свойства чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Ю. А. Исупова // XXI век : итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2. – С. 45–50.

129. Шеуджен, А. Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ : учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Л. М. Онищенко / Под ред. И. Т. Трубилина. – Краснодар : КубГАУ, 2008. – 502 с.
130. Шеуджен, А. Х. Диагностика минерального питания растений / А. Х. Шеуджен, А. В. Загорулько, Л. И. Громова, Л. М. Онищенко, И. А. Лебедевский и др., – Краснодар, 2009. – 298 с.
131. Шеуджен, А. Х. Плодородие почв Кубани и применение удобрений / А. Х. Шеуджен, Л. П. Леплявченко, А. И. Столяров, В. П. Суетов, Н. Н. Дмитриенко // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. Материалы семинара. – 24–25 июня 2004 г., пос. Персиановский. – 2004. – С. 156–167.
132. Щеглов, Д. И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Воронеж, 1995. – 46 с.
133. Щукин, В. Б. Совершенствование приемов адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы в условиях Южного Урала / В. Б. Щукин, А. А. Громов, Н. В. Щукина, О. С. Гречишкина // Зерн. культуры. – 2006. – № 8. – С. 12–13.
134. Ano, A. O. Neutralization of soil acidity by animal manures: Mechanism of reaction / A. O. Ano, C. I. Ubochi // African Journal of Biotechnology. – 2007. – Volume 6. – Issue 4. – Pages 364–368.
135. Buranova, S. Influence of mineral and organic fertilizers on yield and nitrogen efficiency of winter wheat / S. Buranova, J. Cerny, M. Kulhanek, F. Vasak, J. Balik // International Journal of Plant Production. – 2015. – Volume 9. – Issue 2. – Pages 257–272.
136. Calegari A., Tiecher T., Hargrove WL. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol // Soil & tillage research. – 2012. – Pp. 32–39.

137. Gasior, J. Reaction of degraded chernozem to acidification / J. Gasior, C. Puchalski // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 2011. – Volume 20. – Issue 3. – Pages 655–660.
138. Golba, J. Adjusting yield components under different levels of N applications in winter wheat / J. Golba, J. Rozbicki, D. Gozdowski, D. Sas, W. Mądry, M. Piechociński, L. Kurzyńska, M. Studnicki, A. Derejko // *International Journal of Plant Production*. – 2013. – 7 (1). – Pages 334–340.
139. Gondek, K. The effects of mineral treatment and the amendments by organic and organomineral fertilisers on the crop yield, plant nutrient status and soil properties / K. Gondek, B. Filipek-Mazur // *Plant, Soil and Environment*. – 2005. – Volume 51. – Issue 1. – Pages 34–45.
140. Hue, N. V. Alleviating soil acidity with crop residues / N. V. Hue // *Soil Science*. 2011 – Volume 176. – Issue 10. – Pages 543–549.
141. Jackson, G. D. Fertilizing Winter Wheat with Nitrogen for Yield and Protein / G. D. Jackson // *Fertilizer Facts*. – January 2001. – Number 26. – Pages 118–122.
142. Knayazhneva, E. V. The spatial heterogeneity of the fertility in a leached chernozem within a field / E. V. Knayazhneva, S. M. Nadezhkin, A. S. Frid // *Eurasian Soil Science*. – 2006 – Volume 39. – Issue 9 – Pages 1011–1020.
143. Koutroubas, S. D., Antoniadis V. B., Fotiadis S. A., Damalas C. A. Growth, grain yield and nitrogen use efficiency of Mediterranean wheat in soils amended with municipal sewage sludge / *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. – 2014. – Volume 100. – Issue 2. – Pages 227–243.
144. Lin, Z. Long-term fertilization effects on processing quality of wheat grain in the North China Plain / Z. Lin, X. Chang, D. Wang, G. Zhao, B. Zhao // *Field Crops Research*. – 2015. – Volume 174. – Pages 55–60.
145. Lollato, R. P., Edwards J. T., Zhang H. L. Effect of Alternative Soil Acidity Amelioration Strategies on Soil pH Distribution and Wheat Agronomic Response. *Soil science society of America journal*. – 2013. – 77 (5). – Pages 1831–1841.

146. Marton, L. Fertilisation, rainfall and crop yield / L. Marton // *Acta Agronomica Hungarica*. – 2004. – Volume 52. – Issue 2. – Pages 165–172.

147. Mayer, J. Productivity, quality and sustainability of winter wheat under long-term conventional and organic management in Switzerland / J. Mayer, L. Gunst, P. Mader, M.-F. Samson, M. Carcea, V. Narducci, I. K. Thomsen, D. Dubois // *European Journal of Agronomy*. – 2015. – Volume 65. – Pages 27–39.

148. Rees, R. M. The effect of fertilizer placement on nitrogen uptake and yield of wheat and maize in Chinese loess soils / R. M. Rees, M. Roelcke, S. X. Li, X. Q. Wang and others // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. – 1997. – Volume 47. – Issue 1. – Pages 81–91.

149. Rozbicki, J. Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat / J. Rozbicki, A. Ceglinska, D. Gozdowski, M. Jakubczak, G. Cacak-Pietrzak, W. Madry, J. Golba, M. Piechociński, G. Sobczyński, M. Studnicki, T. Drzazga // *Journal of Cereal Science. Journal of Cereal Science*. – 2015. – Volume 61. – Pages 126–132.

150. Rudramurthy, H. V. Dynamics of soil acidity in three acidic red soils under different land use systems / H. V. Rudramurthy, Y. P. Shilpashree // *Ecology, Environment and Conservation*. – 2011. – Volume 17. – Issue 4. – Pages 745–749.

151. Rukshana, F., Butterly CR., Xu JM., and others. Organic anion-to-acid ratio influences pH change of soils differing in initial pH. *Journal of soils and sediments*. – 2014. – 14 (2). – Pages 407–414.

152. Wnuk, A. Visualizing harvest index in crops / A. Wnuk, A. G. Górny, J. Bocianowski, M. Kozak // *Communications in biometry and crop science*. – 2013. – Vol. 8. – № 2. – Pages 48–59.

153. Yang, Z. C. Long-term effects of different organic and inorganic fertilizer treatments on soil organic carbon sequestration and crop yields on the North China Plain / Z. C. Yang, N. Zhao, F. Huang, Y. Z. Lu // *Soil and Tillage Research*. – 2015. – Volume 146. – Issue 30. – Pages 47–52.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Температурный режим воздуха (°С) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2012–2014 гг.

| Год | Среднемесячная температура | | | | | | | | | | | | Средне-годовая |
|---------------------|----------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | месяц | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | IV | V | VI | VII | |
| 2011/12 | 21,2 | 16,7 | 8,8 | -1,9 | 1,7 | -5,0 | -9,0 | -0,6 | 14,4 | 18,4 | 21,7 | 22,7 | 9,1 |
| 2012/13 | 22,3 | 18,5 | 15,7 | 5,7 | -1,4 | 0,6 | 1,6 | 4,6 | 11,0 | 18,1 | 20,4 | 22,3 | 11,6 |
| 2013/14 | 21,9 | 14,4 | 9,2 | 5,8 | -2,4 | -3,0 | -1,7 | 4,3 | 9,3 | 17,3 | 19,3 | 23,0 | 9,8 |
| Средне-много-летние | 21,4 | 16,0 | 10,0 | 3,4 | -1,1 | -2,7 | -3,0 | 1,6 | 8,6 | 15,1 | 19,0 | 21,9 | 9,2 |

Приложение 2 – Динамика выпадения осадков (мм) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2012–2014 гг.

| Год | Сумма осадков | | | | | | | | | | | | Сумма осадков |
|---------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | месяц | | | | | | | | | | | | |
| | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | IV | V | VI | VII | |
| 2011/12 | 28 | 39 | 48 | 23 | 16 | 37 | 17 | 37 | 13 | 38 | 96 | 83 | 475 |
| 2012/13 | 75 | 11 | 34 | 34 | 20 | 19 | 6 | 53 | 22 | 63 | 134 | 124 | 595 |
| 2013/14 | 12 | 111 | 45 | 40 | 23 | 55 | 29 | 39 | 61 | 135 | 61 | 54 | 665 |
| Средне-много-летние | 54 | 43 | 46 | 41 | 32 | 27 | 34 | 53 | 70 | 90 | 80 | 53 | 623 |

**Приложение 3 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (актуальной) (ед.)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2012 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =0,05 | В, НСР ₀₅ =0,12 |
|----------------------------|-------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|--|-------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 6,48 | 6,36 | 6,33 | 6,27 | 6,39 | 6,25 | 6,26 |
| | кукуруза на силос | 6,19 | 6,14 | 6,00 | 5,88 | 6,16 | | 6,04 |
| | горох | 6,39 | 6,32 | 6,30 | 6,22 | 6,35 | | 6,20 |
| рекомендованная | занятый пар | 6,27 | 6,14 | 6,08 | 6,05 | 6,23 | 6,08 | |
| | кукуруза на силос | 6,10 | 6,05 | 5,91 | 5,84 | 6,06 | | |
| | горох | 6,22 | 6,10 | 6,00 | 5,96 | 6,16 | | |
| биологизированная | занятый пар | 6,58 | 6,47 | 6,37 | 6,29 | 6,47 | 6,32 | |
| | кукуруза на силос | 6,29 | 6,22 | 6,13 | 5,99 | 6,21 | | |
| | горох | 6,50 | 6,35 | 6,31 | 6,24 | 6,43 | | |
| расчетная | занятый пар | 6,20 | 6,10 | 6,01 | 6,00 | 6,16 | 6,02 | |
| | кукуруза на силос | 6,09 | 6,00 | 5,81 | 5,77 | 5,92 | | |
| | горох | 6,17 | 6,05 | 5,98 | 5,92 | 6,10 | | |
| С, НСР ₀₅ =0,09 | | 6,29 | 6,19 | 6,10 | 6,04 | 6,22 | НСР ₀₅ =0,26 S _x =3,6 % | |

**Приложение 4 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (актуальной) (ед.)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2013 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =0,07 | В, НСР ₀₅ =0,13 |
|----------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|--|-------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 6,42 | 6,33 | 6,28 | 6,21 | 6,35 | 6,20 | 6,20 |
| | кукуруза на силос | 6,16 | 6,08 | 5,94 | 5,83 | 6,12 | | 5,97 |
| | горох | 6,34 | 6,27 | 6,22 | 6,16 | 6,30 | | 6,13 |
| рекомендованная | занятый пар | 6,20 | 6,08 | 6,02 | 5,98 | 6,16 | 6,01 | |
| | кукуруза на силос | 6,04 | 5,95 | 5,84 | 5,76 | 5,98 | | |
| | горох | 6,16 | 6,03 | 5,92 | 5,88 | 6,08 | | |
| биологизированная | занятый пар | 6,52 | 6,38 | 6,32 | 6,22 | 6,43 | 6,27 | |
| | кукуруза на силос | 6,23 | 6,16 | 6,09 | 5,94 | 6,16 | | |
| | горох | 6,44 | 6,29 | 6,27 | 6,17 | 6,37 | | |
| расчетная | занятый пар | 6,12 | 6,01 | 5,92 | 5,90 | 6,09 | 5,93 | |
| | кукуруза на силос | 5,98 | 5,87 | 5,76 | 5,68 | 5,83 | | |
| | горох | 6,06 | 5,96 | 5,88 | 5,84 | 6,02 | | |
| С, НСР ₀₅ =0,08 | | 6,22 | 6,12 | 6,04 | 5,96 | 6,16 | НСР ₀₅ =0,28 S _x =3,8 % | |

**Приложение 5 – Влияние систем удобрения на динамику реакции почвенного раствора (актуальной) (ед.)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2014 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =0,08 | В, НСР ₀₅ =0,15 |
|----------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|--|-------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 6,33 | 6,24 | 6,17 | 6,10 | 6,28 | 6,11 | 6,09 |
| | кукуруза на силос | 6,10 | 5,97 | 5,85 | 5,74 | 6,04 | | 5,86 |
| | горох | 6,26 | 6,19 | 6,12 | 6,07 | 6,23 | | 6,03 |
| рекомендованная | занятый пар | 6,09 | 5,96 | 5,90 | 5,88 | 6,06 | 5,89 | |
| | кукуруза на силос | 5,92 | 5,82 | 5,71 | 5,65 | 5,84 | | |
| | горох | 6,04 | 5,93 | 5,81 | 5,77 | 5,97 | | |
| биологизированная | занятый пар | 6,41 | 6,26 | 6,21 | 6,12 | 6,36 | 6,17 | |
| | кукуруза на силос | 6,14 | 6,04 | 5,96 | 5,86 | 6,07 | | |
| | горох | 6,35 | 6,20 | 6,17 | 6,08 | 6,28 | | |
| расчетная | занятый пар | 5,98 | 5,89 | 5,77 | 5,74 | 5,96 | 5,79 | |
| | кукуруза на силос | 5,81 | 5,70 | 5,68 | 5,53 | 5,71 | | |
| | горох | 5,92 | 5,84 | 5,73 | 5,70 | 5,88 | | |
| С, НСР ₀₅ =0,10 | | 6,11 | 6,00 | 5,92 | 5,85 | 6,06 | НСР ₀₅ =0,33 S _x =4,1 % | |

Приложение 6 – Влияние систем удобрения на динамику гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 2,16 | 2,20 | 2,28 | 2,47 | 2,53 | 2,62 | 2,41 | 2,46 | 2,54 | 2,33 | 2,36 | 2,45 | 2,17 | 2,23 | 2,32 |
| рекомендованная | 2,46 | 2,53 | 2,63 | 2,62 | 2,69 | 2,79 | 2,68 | 2,74 | 2,84 | 2,56 | 2,64 | 2,75 | 2,48 | 2,55 | 2,65 |
| биологизированная | 2,39 | 2,45 | 2,54 | 2,47 | 2,53 | 2,62 | 2,45 | 2,51 | 2,60 | 2,33 | 2,39 | 2,48 | 2,29 | 2,37 | 2,45 |
| расчетная | 2,42 | 2,51 | 2,63 | 2,72 | 2,80 | 2,94 | 2,61 | 2,72 | 2,86 | 2,61 | 2,69 | 2,83 | 2,52 | 2,61 | 2,73 |
| НСР ₀₅ | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,13 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,19 | 0,20 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,31 |
| Sx, % | 4,1 | 4,0 | 4,1 | 4,4 | 4,6 | 4,7 | 4,8 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 4,6 | 4,8 |

Приложение 7 – Влияние систем удобрения на динамику гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,15 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 2,20 | 2,53 | 2,47 | 2,38 | 2,24 | 2,31 |
| рекомендованная | 2,54 | 2,70 | 2,75 | 2,65 | 2,56 | 2,64 |
| биологизированная | 2,46 | 2,54 | 2,52 | 2,40 | 2,37 | 2,42 |
| расчетная | 2,52 | 2,82 | 2,73 | 2,71 | 2,62 | 2,76 |
| В, НСР ₀₅ =0,14 | 2,43 | 2,62 | 2,60 | 2,53 | 2,44 | НСР ₀₅ =0,30 |

Приложение 8 – Влияние систем удобрения на динамику гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 2,28 | 2,34 | 2,43 | 2,56 | 2,64 | 2,75 | 2,52 | 2,59 | 2,68 | 2,47 | 2,53 | 2,62 | 2,26 | 2,32 | 2,41 |
| рекомендованная | 2,66 | 2,75 | 2,85 | 2,78 | 2,85 | 2,97 | 2,78 | 2,86 | 2,95 | 2,71 | 2,79 | 2,90 | 2,68 | 2,76 | 2,88 |
| биологизированная | 2,62 | 2,69 | 2,79 | 2,71 | 2,77 | 2,86 | 2,68 | 2,76 | 2,87 | 2,52 | 2,61 | 2,70 | 2,63 | 2,70 | 2,80 |
| расчетная | 2,73 | 2,80 | 2,93 | 2,83 | 2,93 | 3,09 | 2,83 | 2,93 | 3,07 | 2,75 | 2,85 | 2,98 | 2,70 | 2,82 | 2,97 |
| НСР ₀₅ | 0,30 | 0,32 | 0,34 | 0,14 | 0,11 | 0,10 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,17 | 0,23 | 0,26 | 0,31 | 0,35 |
| Sx, % | 3,8 | 3,7 | 3,7 | 3,9 | 3,7 | 3,9 | 3,7 | 3,8 | 3,7 | 4,4 | 4,7 | 4,5 | 3,6 | 3,9 | 4,2 |

Приложение 9 – Влияние систем удобрения на динамику гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,09 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 2,35 | 2,65 | 2,60 | 2,54 | 2,33 | 2,49 |
| рекомендованная | 2,75 | 2,87 | 2,86 | 2,80 | 2,77 | 2,81 |
| биологизированная | 2,70 | 2,78 | 2,77 | 2,61 | 2,71 | 2,71 |
| расчетная | 2,82 | 2,95 | 2,94 | 2,86 | 2,83 | 2,88 |
| В, НСР ₀₅ =0,13 | 2,66 | 2,81 | 2,79 | 2,70 | 2,66 | НСР ₀₅ =0,22 |

Приложение 10 – Влияние систем удобрения на динамику гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 2,16 | 2,21 | 2,29 | 2,53 | 2,57 | 2,68 | 2,48 | 2,52 | 2,62 | 2,36 | 2,42 | 2,51 | 2,16 | 2,23 | 2,33 |
| рекомендованная | 2,52 | 2,60 | 2,71 | 2,69 | 2,77 | 2,88 | 2,67 | 2,75 | 2,86 | 2,60 | 2,68 | 2,79 | 2,52 | 2,58 | 2,70 |
| биологизированная | 2,42 | 2,49 | 2,59 | 2,57 | 2,63 | 2,70 | 2,52 | 2,60 | 2,71 | 2,49 | 2,55 | 2,64 | 2,46 | 2,53 | 2,60 |
| расчетная | 2,56 | 2,66 | 2,79 | 2,73 | 2,82 | 2,97 | 2,72 | 2,80 | 2,94 | 2,60 | 2,71 | 2,85 | 2,58 | 2,67 | 2,79 |
| НСР ₀₅ | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,21 | 0,12 | 0,11 | 0,12 | 0,27 | 0,28 | 0,25 |
| Sx, % | 3,7 | 3,8 | 3,4 | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,5 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 3,6 |

Приложение 11 – Влияние систем удобрения на динамику гидролитической кислотности (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох, 2012-2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,11 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 2,22 | 2,59 | 2,54 | 2,43 | 2,24 | 2,40 |
| рекомендованная | 2,61 | 2,78 | 2,76 | 2,69 | 2,60 | 2,69 |
| биологизированная | 2,50 | 2,63 | 2,61 | 2,56 | 2,53 | 2,57 |
| расчетная | 2,67 | 2,84 | 2,82 | 2,72 | 2,68 | 2,75 |
| В, НСР ₀₅ =0,15 | 2,50 | 2,71 | 2,68 | 2,60 | 2,51 | НСР ₀₅ =0,24 |

Приложение 12 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|-------|-------|---------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 30,84 | 30,21 | 29,61 | 31,22 | 29,64 | 28,03 | 29,45 | 28,84 | 28,26 | 27,72 | 27,16 | 26,63 | 27,41 | 26,84 | 26,24 |
| рекомендованная | 30,53 | 29,95 | 29,34 | 28,94 | 28,36 | 27,81 | 28,13 | 27,51 | 26,92 | 27,61 | 27,04 | 26,44 | 27,21 | 26,63 | 26,08 |
| биологизированная | 32,94 | 32,34 | 31,77 | 32,43 | 31,81 | 31,22 | 31,61 | 31,10 | 30,62 | 30,63 | 30,05 | 29,50 | 30,34 | 29,74 | 29,17 |
| расчетная | 28,43 | 27,83 | 27,26 | 27,58 | 26,93 | 26,25 | 26,68 | 26,13 | 25,61 | 25,64 | 25,20 | 24,79 | 25,53 | 24,93 | 24,30 |
| НСП ₀₅ | 0,36 | 0,43 | 0,98 | 0,87 | 0,96 | 0,79 | 0,85 | 0,94 | 0,85 | 0,79 | 0,84 | 0,89 | 0,73 | 0,96 | 0,79 |
| Sx, % | 3,7 | 3,9 | 4,0 | 3,9 | 3,2 | 3,6 | 3,8 | 3,7 | 3,1 | 3,8 | 4,0 | 3,2 | 3,4 | 3,7 | 4,0 |

Приложение 13 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСП ₀₅ =0,60 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 30,22 | 29,63 | 28,85 | 27,17 | 26,83 | 28,54 |
| рекомендованная | 29,94 | 28,37 | 27,52 | 27,03 | 26,64 | 27,90 |
| биологизированная | 32,35 | 31,82 | 31,11 | 30,06 | 29,75 | 31,02 |
| расчетная | 27,84 | 26,92 | 26,14 | 25,21 | 24,92 | 26,21 |
| В, НСП ₀₅ =1,22 | 30,59 | 29,19 | 28,41 | 27,37 | 27,04 | НСП ₀₅ =1,82 |

Приложение 14 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|--------------------|-----------|-------|-------|---------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 30,41 | 29,83 | 29,28 | 29,37 | 28,74 | 28,08 | 28,34 | 27,67 | 27,03 | 27,61 | 27,04 | 26,44 | 27,43 | 26,81 | 26,16 |
| рекомендованная | 29,14 | 28,64 | 28,11 | 28,42 | 27,83 | 27,21 | 27,41 | 26,75 | 26,06 | 27,28 | 26,57 | 25,89 | 25,86 | 25,18 | 24,53 |
| биологизированная | 32,35 | 31,75 | 31,18 | 31,45 | 30,80 | 30,15 | 30,48 | 29,94 | 29,37 | 29,63 | 29,01 | 28,36 | 28,78 | 28,25 | 27,69 |
| расчетная | 28,33 | 27,75 | 27,05 | 27,28 | 26,64 | 26,03 | 25,87 | 25,18 | 24,52 | 24,83 | 24,25 | 23,70 | 24,55 | 23,94 | 23,36 |
| НСР ₀₅ | 0,43 | 0,47 | 0,52 | 0,76 | 0,64 | 0,68 | 0,55 | 0,42 | 0,47 | 0,39 | 0,44 | 0,44 | 0,38 | 0,43 | 0,41 |
| S _x , % | 3,7 | 3,2 | 3,3 | 3,8 | 3,7 | 3,1 | 4,0 | 3,8 | 3,9 | 3,1 | 3,7 | 3,9 | 3,8 | 4,0 | 3,7 |

Приложение 15 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,83 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 29,84 | 28,73 | 27,68 | 27,03 | 26,80 | 28,02 |
| рекомендованная | 28,63 | 27,82 | 26,74 | 26,58 | 25,19 | 26,99 |
| биологизированная | 31,76 | 30,80 | 29,93 | 29,00 | 28,24 | 29,95 |
| расчетная | 27,71 | 26,65 | 25,19 | 24,26 | 23,95 | 25,55 |
| В, НСР ₀₅ =1,20 | 31,00 | 28,32 | 27,39 | 26,72 | 26,05 | НСР ₀₅ =2,03 |

**Приложение 16 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох**

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|--------------------|-----------|-------|-------|---------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 30,68 | 30,17 | 29,69 | 29,88 | 29,26 | 28,61 | 29,08 | 28,44 | 27,77 | 27,92 | 27,36 | 26,83 | 27,18 | 26,51 | 25,81 |
| рекомендованная | 29,84 | 29,23 | 28,59 | 28,98 | 28,35 | 27,69 | 28,18 | 27,58 | 27,01 | 26,76 | 26,13 | 25,47 | 26,06 | 25,47 | 24,91 |
| биологизированная | 33,25 | 32,64 | 32,00 | 32,19 | 31,54 | 30,92 | 31,38 | 30,75 | 30,15 | 30,61 | 29,94 | 29,24 | 29,37 | 28,75 | 28,13 |
| расчетная | 28,37 | 27,70 | 27,03 | 26,84 | 26,18 | 25,55 | 25,88 | 25,24 | 24,57 | 25,28 | 24,66 | 24,01 | 24,52 | 23,91 | 23,27 |
| НСР ₀₅ | 0,35 | 0,27 | 0,30 | 0,28 | 0,33 | 0,43 | 0,29 | 0,33 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,34 |
| S _x , % | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 3,3 | 3,5 | 3,2 | 4,0 | 3,4 | 3,5 | 3,2 | 4,0 | 3,2 | 3,1 | 3,2 | 3,3 |

**Приложение 17 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного кальция (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох,
2012–2014 гг.**

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,76 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 30,18 | 29,25 | 28,43 | 27,37 | 26,50 | 28,35 |
| рекомендованная | 29,22 | 28,34 | 27,59 | 26,12 | 25,48 | 27,35 |
| биологизированная | 32,63 | 31,55 | 30,76 | 29,93 | 28,75 | 30,52 |
| расчетная | 27,70 | 26,19 | 25,23 | 24,65 | 23,90 | 25,53 |
| В, НСР ₀₅ =1,02 | 29,93 | 28,83 | 28,00 | 27,02 | 26,16 | НСР ₀₅ =1,78 |

**Приложение 18 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар**

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 6,85 | 6,43 | 5,98 | 6,28 | 5,86 | 5,41 | 5,77 | 5,36 | 4,98 | 5,33 | 4,97 | 4,61 | 4,98 | 4,74 | 4,47 |
| рекомендованная | 6,53 | 6,12 | 5,74 | 5,76 | 5,37 | 5,01 | 5,32 | 4,95 | 4,55 | 4,91 | 4,57 | 4,26 | 4,77 | 4,41 | 4,02 |
| биологизированная | 6,96 | 6,56 | 6,19 | 6,34 | 5,94 | 5,51 | 5,84 | 5,47 | 5,13 | 5,47 | 5,12 | 4,74 | 5,18 | 4,85 | 4,55 |
| расчетная | 6,27 | 5,86 | 5,48 | 5,65 | 5,23 | 4,59 | 5,33 | 4,75 | 4,20 | 4,67 | 4,39 | 4,08 | 4,38 | 4,22 | 4,03 |
| НСП ₀₅ | 0,10 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,07 |
| Sx, % | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 4,0 | 3,6 | 3,6 | 3,9 | 3,7 | 3,6 | 4,0 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 3,7 |

**Приложение 19 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар,
2012–2014 гг.**

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСП ₀₅ =0,10 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 6,42 | 5,85 | 5,37 | 4,97 | 4,73 | 5,47 |
| рекомендованная | 6,13 | 5,38 | 4,94 | 4,58 | 4,40 | 5,09 |
| биологизированная | 6,57 | 5,93 | 5,48 | 5,11 | 4,86 | 5,59 |
| расчетная | 5,87 | 5,22 | 4,76 | 4,38 | 4,21 | 4,89 |
| В, НСП ₀₅ =0,58 | 6,25 | 5,60 | 5,14 | 4,76 | 4,55 | НСП ₀₅ =0,68 |

Приложение 20 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 6,76 | 6,32 | 5,85 | 6,10 | 5,67 | 5,21 | 5,63 | 5,18 | 4,76 | 5,10 | 4,76 | 4,39 | 4,81 | 4,57 | 4,30 |
| рекомендованная | 6,43 | 6,01 | 5,56 | 5,58 | 5,17 | 4,73 | 5,08 | 4,76 | 4,41 | 4,73 | 4,35 | 4,00 | 4,57 | 4,26 | 3,92 |
| биологизированная | 6,76 | 6,37 | 6,01 | 6,17 | 5,76 | 5,38 | 5,71 | 5,28 | 4,82 | 5,31 | 4,95 | 4,62 | 4,98 | 4,67 | 4,39 |
| расчетная | 6,10 | 5,66 | 5,25 | 5,47 | 5,04 | 4,58 | 4,98 | 4,57 | 4,19 | 4,38 | 4,14 | 3,87 | 4,36 | 4,04 | 3,69 |
| НСР ₀₅ | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 0,07 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,07 |
| Sx, % | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 3,8 | 3,7 | 4,0 | 3,8 | 3,8 | 3,6 | 4,0 | 3,8 | 3,5 | 3,8 | 3,8 |

Приложение 21 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,10 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 6,31 | 5,66 | 5,19 | 4,75 | 4,56 | 5,29 |
| рекомендованная | 6,00 | 5,16 | 4,75 | 4,36 | 4,25 | 4,90 |
| биологизированная | 6,38 | 5,77 | 5,27 | 4,96 | 4,68 | 5,41 |
| расчетная | 5,67 | 5,03 | 4,58 | 4,13 | 4,03 | 4,69 |
| В, НСР ₀₅ =0,61 | 6,09 | 5,41 | 4,95 | 4,55 | 4,38 | НСР ₀₅ =0,71 |

**Приложение 22 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох**

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|--------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 6,78 | 6,36 | 5,91 | 6,15 | 5,74 | 5,33 | 5,69 | 5,27 | 4,88 | 5,25 | 4,87 | 4,46 | 4,92 | 4,67 | 4,45 |
| рекомендованная | 6,47 | 6,05 | 5,66 | 5,61 | 5,27 | 4,96 | 5,32 | 4,87 | 4,39 | 4,86 | 4,46 | 4,09 | 4,63 | 4,32 | 3,98 |
| биологизированная | 6,88 | 6,46 | 6,01 | 6,18 | 5,83 | 5,45 | 5,76 | 5,34 | 4,95 | 5,44 | 5,03 | 4,59 | 5,00 | 4,75 | 4,53 |
| расчетная | 6,17 | 5,75 | 5,36 | 5,53 | 5,12 | 4,68 | 5,07 | 4,63 | 4,16 | 4,60 | 4,21 | 3,85 | 4,43 | 4,11 | 3,76 |
| НСП ₀₅ | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 |
| S _x , % | 3,7 | 3,6 | 3,9 | 3,8 | 3,6 | 3,5 | 3,9 | 3,7 | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 4,0 | 3,7 | 3,8 | 3,6 |

**Приложение 23 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного магния (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох,
2012–2014 гг.**

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСП ₀₅ =0,08 |
|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 6,35 | 5,74 | 5,28 | 4,86 | 4,68 | 5,38 |
| рекомендованная | 6,06 | 5,28 | 4,86 | 4,47 | 4,31 | 5,00 |
| биологизированная | 6,45 | 5,82 | 5,35 | 5,02 | 4,76 | 5,48 |
| расчетная | 5,76 | 5,11 | 4,62 | 4,22 | 4,10 | 4,76 |
| В, НСП ₀₅ =0,63 | 6,16 | 5,49 | 5,03 | 4,64 | 4,46 | НСП ₀₅ =0,71 |

Приложение 24 – Влияние систем удобрения на динамику суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 38,4 | 37,2 | 36,6 | 37,2 | 36,4 | 35,9 | 36,4 | 35,7 | 35,3 | 35,7 | 35,2 | 35,0 | 35,4 | 35,1 | 35,0 |
| рекомендованная | 36,9 | 36,6 | 36,0 | 36,2 | 35,6 | 35,0 | 35,6 | 34,8 | 34,3 | 34,7 | 34,2 | 33,9 | 34,3 | 34,0 | 33,9 |
| биологизированная | 40,5 | 39,7 | 39,2 | 39,2 | 39,1 | 38,7 | 38,5 | 38,3 | 38,1 | 38,2 | 37,7 | 37,5 | 37,8 | 37,6 | 37,4 |
| расчетная | 35,9 | 34,8 | 34,0 | 34,8 | 33,8 | 33,1 | 33,5 | 33,0 | 32,5 | 32,7 | 32,2 | 32,0 | 32,5 | 32,1 | 31,8 |
| НСР ₀₅ | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 1,0 |
| Sx, % | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 4,0 | 3,7 | 3,6 | 3,6 | 3,9 | 3,7 | 3,6 | 4,0 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 3,7 |

Приложение 25 – Влияние систем удобрения на динамику суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику занятый пар, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,7 |
|---------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|---------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 37,4 | 36,5 | 35,8 | 35,3 | 35,2 | 36,0 |
| рекомендованная | 36,5 | 35,6 | 34,9 | 34,2 | 34,0 | 35,0 |
| биологизированная | 39,8 | 39,0 | 38,3 | 37,8 | 37,7 | 38,5 |
| расчетная | 34,9 | 33,9 | 33,0 | 32,3 | 32,1 | 33,2 |
| В, НСР ₀₅ =0,7 | 37,2 | 36,3 | 35,5 | 34,9 | 34,8 | НСР ₀₅ =1,4 |

Приложение 26 – Влияние систем удобрения на динамику суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 37,3 | 36,6 | 36,2 | 36,0 | 35,7 | 35,4 | 35,5 | 35,2 | 34,9 | 35,2 | 34,6 | 34,3 | 35,0 | 34,5 | 34,3 |
| рекомендованная | 36,1 | 35,7 | 35,3 | 35,4 | 34,8 | 34,2 | 34,6 | 34,1 | 33,9 | 33,8 | 33,4 | 33,2 | 33,7 | 33,4 | 33,1 |
| биологизированная | 39,5 | 38,8 | 38,4 | 38,8 | 38,3 | 38,0 | 38,2 | 37,7 | 37,5 | 37,6 | 37,3 | 37,0 | 37,5 | 37,2 | 37,1 |
| расчетная | 34,6 | 34,1 | 33,6 | 33,6 | 33,0 | 32,7 | 32,5 | 32,0 | 31,7 | 31,9 | 31,4 | 31,1 | 31,8 | 31,2 | 30,8 |
| НСР ₀₅ | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 1,1 |
| Sx, % | 3,5 | 4,0 | 3,9 | 3,7 | 3,8 | 3,7 | 4,0 | 3,6 | 3,8 | 3,7 | 4,0 | 3,9 | 3,6 | 3,8 | 3,9 |

Приложение 27 – Влияние систем удобрения на динамику суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос, 2012–2014 гг.

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,8 |
|---------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|---------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 36,7 | 35,7 | 35,2 | 34,7 | 34,6 | 35,4 |
| рекомендованная | 35,7 | 34,8 | 34,2 | 33,5 | 33,4 | 34,3 |
| биологизированная | 38,9 | 38,4 | 37,8 | 37,3 | 37,3 | 37,9 |
| расчетная | 34,1 | 33,1 | 32,0 | 31,5 | 31,3 | 32,4 |
| В, НСР ₀₅ =0,6 | 36,4 | 35,5 | 34,8 | 34,3 | 34,2 | НСР ₀₅ =1,4 |

**Приложение 28 – Влияние систем удобрения на динамику суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох**

| Система удобрения | До посева | | | Кущение | | | Выход в трубку | | | Колошение | | | Полная спелость | | |
|-------------------|-----------|------|------|---------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 37,6 | 37,2 | 36,5 | 36,2 | 36,0 | 35,8 | 35,8 | 35,4 | 35,0 | 35,2 | 35,0 | 34,9 | 35,3 | 34,9 | 34,6 |
| рекомендованная | 36,5 | 36,1 | 35,7 | 35,5 | 35,2 | 35,0 | 34,8 | 34,4 | 34,2 | 34,2 | 33,7 | 33,4 | 34,2 | 33,7 | 33,3 |
| биологизированная | 39,6 | 39,3 | 39,0 | 39,0 | 38,6 | 38,2 | 38,2 | 38,0 | 37,8 | 37,7 | 37,5 | 37,3 | 37,5 | 37,4 | 37,3 |
| расчетная | 35,2 | 34,4 | 33,9 | 34,0 | 33,4 | 33,1 | 33,3 | 32,4 | 31,8 | 32,4 | 31,7 | 31,3 | 32,2 | 31,7 | 31,3 |
| НСР ₀₅ | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| Sx, % | 3,8 | 3,6 | 3,8 | 3,7 | 3,9 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 3,8 | 4,0 | 3,7 | 3,9 | 3,6 | 4,0 | 3,7 |

**Приложение 29 – Влияние систем удобрения на динамику суммы поглощенных оснований (мг-экв/100 г почвы)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы по предшественнику горох,
2012–2014 гг.**

| Система удобрения, А | Фаза вегетации, В | | | | | А, НСР ₀₅ =0,7 |
|---------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|---------------------------|
| | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | |
| контроль | 37,1 | 36,0 | 35,4 | 35,0 | 34,9 | 35,7 |
| рекомендованная | 36,1 | 35,2 | 34,5 | 33,8 | 33,7 | 34,7 |
| биологизированная | 39,3 | 38,6 | 38,0 | 37,5 | 37,4 | 38,2 |
| расчетная | 34,5 | 33,5 | 32,5 | 31,8 | 31,7 | 32,8 |
| В, НСР ₀₅ =0,6 | 36,8 | 35,8 | 35,1 | 34,5 | 34,4 | НСР ₀₅ =1,3 |

**Приложение 30 – Влияние систем удобрения на динамику содержания минерального азота (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2012 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =2,1 | В, НСР ₀₅ =2,1 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 24,7 | 26,8 | 25,3 | 21,0 | 15,5 | 19,8 | 29,6 |
| | кукуруза на силос | 19,9 | 20,9 | 17,3 | 15,1 | 10,9 | | 24,6 |
| | горох | 21,2 | 24,3 | 20,1 | 19,1 | 15,3 | | 27,8 |
| рекомендованная | занятый пар | 30,3 | 34,3 | 31,8 | 25,3 | 17,6 | 25,9 | |
| | кукуруза на силос | 25,2 | 30,2 | 25,9 | 19,0 | 14,2 | | |
| | горох | 30,2 | 33,8 | 30,6 | 24,0 | 16,3 | | |
| биологизированная | занятый пар | 27,6 | 30,2 | 27,1 | 22,5 | 17,2 | 23,3 | |
| | кукуруза на силос | 25,6 | 28,4 | 21,6 | 16,8 | 15,2 | | |
| | горох | 26,5 | 29,2 | 25,6 | 20,8 | 15,7 | | |
| расчетная | занятый пар | 43,4 | 54,4 | 49,3 | 38,4 | 28,8 | 40,3 | |
| | кукуруза на силос | 36,5 | 47,0 | 40,7 | 32,2 | 30,2 | | |
| | горох | 41,6 | 52,6 | 47,8 | 36,4 | 25,3 | | |
| С, НСР ₀₅ =3,0 | | 29,4 | 34,3 | 30,3 | 24,2 | 18,5 | НСР ₀₅ =7,2 Sx=3,8 % | |

Приложение 31 – Влияние систем удобрения на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2013 г.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =2,0 | В, НСР ₀₅ =2,2 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 25,2 | 28,9 | 27,2 | 23,8 | 18,8 | 22,0 | 32,6 |
| | кукуруза на силос | 20,4 | 23,8 | 20,3 | 18,1 | 12,1 | | 27,5 |
| | горох | 23,4 | 26,5 | 22,5 | 21,3 | 17,5 | | 30,7 |
| рекомендованная | занятый пар | 34,6 | 37,7 | 34,4 | 28,3 | 20,2 | 29,0 | |
| | кукуруза на силос | 28,5 | 32,4 | 28,1 | 22,6 | 18,4 | | |
| | горох | 32,9 | 36,8 | 33,8 | 27,1 | 19,4 | | |
| биологизированная | занятый пар | 30,8 | 33,6 | 29,3 | 26,2 | 19,9 | 26,0 | |
| | кукуруза на силос | 26,3 | 30,7 | 25,7 | 19,2 | 17,1 | | |
| | горох | 29,3 | 31,7 | 28,5 | 23,5 | 18,5 | | |
| расчетная | занятый пар | 47,3 | 57,8 | 52,4 | 41,6 | 33,4 | 44,0 | |
| | кукуруза на силос | 41,2 | 49,1 | 45,0 | 36,8 | 34,6 | | |
| | горох | 44,8 | 55,8 | 51,3 | 39,7 | 28,8 | | |
| С, НСР ₀₅ =2,8 | | 32,1 | 37,1 | 33,2 | 27,4 | 21,6 | НСР ₀₅ =7,1 Sx=3,7 % | |

Приложение 32 – Влияние систем удобрения на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2014 г.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =2,2 | В, НСР ₀₅ =2,1 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 27,8 | 31,6 | 30,0 | 25,4 | 21,2 | 24,1 | 35,3 |
| | кукуруза на силос | 21,8 | 25,5 | 22,7 | 20,2 | 14,8 | | 30,2 |
| | горох | 25,3 | 27,8 | 25,8 | 22,6 | 19,4 | | 33,3 |
| рекомендованная | занятый пар | 38,5 | 40,8 | 37,3 | 32,2 | 23,1 | 31,9 | |
| | кукуруза на силос | 31,2 | 35,2 | 31,2 | 25,3 | 21,4 | | |
| | горох | 35,0 | 38,6 | 36,4 | 29,0 | 23,1 | | |
| биологизированная | занятый пар | 33,4 | 35,2 | 32,1 | 29,0 | 21,7 | 28,8 | |
| | кукуруза на силос | 28,5 | 33,6 | 28,3 | 22,5 | 18,4 | | |
| | горох | 32,7 | 35,1 | 32,3 | 27,4 | 22,2 | | |
| расчетная | занятый пар | 50,6 | 60,3 | 55,8 | 44,8 | 36,2 | 46,9 | |
| | кукуруза на силос | 44,7 | 52,4 | 48,4 | 40,2 | 38,1 | | |
| | горох | 47,4 | 58,1 | 53,0 | 42,4 | 31,4 | | |
| С, НСР ₀₅ =2,9 | | 34,7 | 39,5 | 36,1 | 30,1 | 24,3 | НСР ₀₅ =7,2 Sx=3,6 % | |

Приложение 33 – Влияние систем удобрения на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012г.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =2,3 | В, НСР ₀₅ =4,3 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 22,7 | 16,8 | 16,4 | 14,0 | 14,3 | 15,0 | 21,8 |
| | кукуруза на силос | 16,4 | 15,5 | 13,0 | 11,0 | 9,2 | | 17,6 |
| | горох | 21,0 | 17,7 | 13,5 | 11,4 | 11,7 | | 19,8 |
| рекомендованная | занятый пар | 25,7 | 23,7 | 21,7 | 19,7 | 16,6 | 20,1 | |
| | кукуруза на силос | 26,0 | 21,0 | 17,8 | 14,3 | 13,7 | | |
| | горох | 25,3 | 23,7 | 21,1 | 17,1 | 14,4 | | |
| биологизированная | занятый пар | 23,0 | 19,3 | 18,5 | 17,1 | 17,8 | 17,5 | |
| | кукуруза на силос | 23,7 | 16,6 | 13,7 | 13,2 | 10,8 | | |
| | горох | 22,5 | 18,5 | 17,3 | 15,6 | 14,2 | | |
| расчетная | занятый пар | 36,9 | 29,6 | 29,6 | 26,2 | 27,0 | 26,4 | |
| | кукуруза на силос | 28,3 | 26,4 | 23,6 | 18,7 | 18,2 | | |
| | горох | 31,4 | 28,9 | 25,9 | 24,1 | 21,0 | | |
| С, НСР ₀₅ =1,0 | | 25,2 | 21,5 | 19,3 | 16,7 | 15,7 | НСР ₀₅ =7,6 Sx=3,5 % | |

Приложение 34 – Влияние систем удобрения на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2013 г.

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =2,4 | В, НСР ₀₅ =4,0 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 23,3 | 18,6 | 18,0 | 17,4 | 16,8 | 17,1 | 24,3 |
| | кукуруза на силос | 17,9 | 18,5 | 14,9 | 13,1 | 11,5 | | 20,5 |
| | горох | 22,6 | 19,3 | 16,5 | 14,6 | 13,2 | | 22,4 |
| рекомендованная | занятый пар | 26,5 | 26,5 | 24,8 | 21,5 | 20,4 | 22,7 | |
| | кукуруза на силос | 28,4 | 23,3 | 20,9 | 17,8 | 15,8 | | |
| | горох | 28,2 | 25,6 | 23,1 | 19,4 | 18,5 | | |
| биологизированная | занятый пар | 24,8 | 23,1 | 21,0 | 19,8 | 19,9 | 20,0 | |
| | кукуруза на силос | 25,4 | 19,2 | 17,5 | 15,9 | 13,3 | | |
| | горох | 24,4 | 21,9 | 19,7 | 18,1 | 16,4 | | |
| расчетная | занятый пар | 40,6 | 33,8 | 33,1 | 28,2 | 28,8 | 29,8 | |
| | кукуруза на силос | 34,2 | 29,3 | 26,8 | 24,1 | 21,8 | | |
| | горох | 35,1 | 32,7 | 28,5 | 26,5 | 23,5 | | |
| С, НСР ₀₅ =1,2 | | 27,6 | 24,3 | 22,1 | 19,7 | 18,3 | НСР ₀₅ =7,6 Sx=3,8 % | |

**Приложение 35 – Влияние систем удобрения на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2014 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =2,3 | В, НСР ₀₅ =3,8 |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 24,8 | 20,1 | 21,1 | 19,6 | 17,5 | 19,1 | 26,8 |
| | кукуруза на силос | 20,6 | 20,6 | 16,3 | 14,3 | 13,2 | | 23,2 |
| | горох | 24,5 | 22,7 | 18,6 | 17,2 | 15,6 | | 25,3 |
| рекомендованная | занятый пар | 29,4 | 28,7 | 27,6 | 24,2 | 23,3 | 25,6 | |
| | кукуруза на силос | 31,7 | 26,2 | 24,3 | 20,4 | 18,5 | | |
| | горох | 31,4 | 28,1 | 26,3 | 22,6 | 21,7 | | |
| биологизированная | занятый пар | 27,5 | 25,4 | 25,9 | 23,1 | 21,7 | 23,0 | |
| | кукуруза на силос | 28,3 | 22,4 | 20,1 | 18,3 | 16,7 | | |
| | горох | 27,5 | 24,7 | 22,4 | 21,5 | 19,8 | | |
| расчетная | занятый пар | 43,1 | 36,5 | 34,8 | 31,7 | 30,6 | 32,7 | |
| | кукуруза на силос | 37,1 | 33,7 | 28,3 | 28,2 | 25,1 | | |
| | горох | 37,3 | 35,6 | 31,7 | 29,8 | 26,6 | | |
| С, НСР ₀₅ =1,5 | | 30,3 | 27,1 | 24,8 | 22,6 | 20,9 | НСР ₀₅ =7,6 Sx=3,9 % | |

**Приложение 36 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного калия (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2012 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =7 | В, НСР ₀₅ =14 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|--|-----------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 227 | 238 | 189 | 208 | 182 | 197 | 231 |
| | кукуруза на силос | 206 | 212 | 191 | 157 | 163 | | 214 |
| | горох | 215 | 221 | 200 | 169 | 172 | | 226 |
| рекомендованная | занятый пар | 251 | 257 | 222 | 225 | 235 | 232 | |
| | кукуруза на силос | 231 | 238 | 212 | 214 | 212 | | |
| | горох | 252 | 252 | 220 | 222 | 234 | | |
| биологизированная | занятый пар | 242 | 258 | 218 | 212 | 227 | 224 | |
| | кукуруза на силос | 228 | 236 | 203 | 198 | 205 | | |
| | горох | 239 | 248 | 212 | 214 | 222 | | |
| расчетная | занятый пар | 262 | 265 | 237 | 232 | 238 | 242 | |
| | кукуруза на силос | 235 | 256 | 226 | 220 | 236 | | |
| | горох | 241 | 267 | 235 | 230 | 254 | | |
| С, НСР ₀₅ =15 | | 236 | 246 | 214 | 208 | 215 | НСР ₀₅ =36 S _x =3,9 % | |

**Приложение 37 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного калия (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2013 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСР ₀₅ =8 | В, НСР ₀₅ =12 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 238 | 244 | 194 | 222 | 200 | 210 | 247 |
| | кукуруза на силос | 219 | 226 | 196 | 176 | 181 | | 231 |
| | горох | 228 | 236 | 216 | 183 | 188 | | 244 |
| рекомендованная | занятый пар | 266 | 280 | 246 | 235 | 250 | 250 | |
| | кукуруза на силос | 248 | 260 | 230 | 228 | 234 | | |
| | горох | 269 | 275 | 243 | 237 | 255 | | |
| биологизированная | занятый пар | 258 | 282 | 238 | 228 | 243 | 243 | |
| | кукуруза на силос | 245 | 250 | 222 | 220 | 228 | | |
| | горох | 258 | 264 | 236 | 229 | 246 | | |
| расчетная | занятый пар | 278 | 277 | 251 | 248 | 256 | 259 | |
| | кукуруза на силос | 247 | 278 | 247 | 236 | 247 | | |
| | горох | 264 | 284 | 257 | 248 | 268 | | |
| С, НСР ₀₅ =14 | | 252 | 263 | 231 | 224 | 233 | НСР ₀₅ =34 Sx=3,7 % | |

**Приложение 38 – Влияние систем удобрения на динамику содержания обменного калия (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников,
2014 г.**

| Система удобрения, А | Предшественник, В | Фаза вегетации, С | | | | | А, НСП ₀₅ =7 | В, НСП ₀₅ =10 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------|-----------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| | | до посева | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость | | |
| контроль | занятый пар | 249 | 259 | 208 | 239 | 219 | 225 | 263 |
| | кукуруза на силос | 226 | 240 | 219 | 189 | 193 | | 247 |
| | горох | 241 | 252 | 226 | 204 | 204 | | 260 |
| рекомендованная | занятый пар | 278 | 291 | 261 | 251 | 268 | 267 | |
| | кукуруза на силос | 267 | 282 | 248 | 239 | 253 | | |
| | горох | 286 | 292 | 260 | 255 | 273 | | |
| биологизированная | занятый пар | 274 | 300 | 250 | 247 | 261 | 259 | |
| | кукуруза на силос | 256 | 273 | 238 | 236 | 245 | | |
| | горох | 274 | 280 | 255 | 240 | 256 | | |
| расчетная | занятый пар | 291 | 304 | 274 | 264 | 274 | 277 | |
| | кукуруза на силос | 274 | 289 | 259 | 255 | 267 | | |
| | горох | 281 | 304 | 276 | 269 | 279 | | |
| С, НСП ₀₅ =13 | | 266 | 281 | 248 | 241 | 249 | НСП ₀₅ =30 Sx=3,2 % | |

**Приложение 39 – Влияние систем удобрения на динамику накопления сухой биомассы (т/га)
растениями озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фазы вегетации | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|
| | | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятой пар | 1,44 | 4,95 | 8,11 | 8,65 |
| | кукуруза на силос | 0,29 | 2,64 | 5,41 | 5,85 |
| | горох | 1,50 | 3,96 | 7,16 | 7,82 |
| рекомендованная | занятой пар | 1,67 | 6,82 | 10,89 | 11,52 |
| | кукуруза на силос | 0,58 | 3,29 | 7,43 | 8,04 |
| | горох | 1,96 | 6,96 | 11,09 | 11,95 |
| биологизированная | занятой пар | 0,89 | 4,84 | 9,75 | 10,51 |
| | кукуруза на силос | 1,16 | 4,35 | 7,10 | 7,56 |
| | горох | 1,54 | 5,95 | 10,34 | 10,96 |
| расчетная | занятой пар | 1,91 | 7,61 | 12,73 | 13,50 |
| | кукуруза на силос | 1,78 | 5,04 | 8,79 | 9,53 |
| | горох | 0,87 | 6,60 | 12,39 | 13,23 |

**Приложение 40 – Влияние систем удобрения на динамику накопления сухой биомассы (т/га)
растениями озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2013 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фазы вегетации | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|
| | | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятой пар | 1,69 | 5,28 | 8,26 | 8,90 |
| | кукуруза на силос | 0,43 | 2,71 | 5,76 | 6,16 |
| | горох | 1,55 | 4,03 | 7,48 | 7,89 |
| рекомендованная | занятой пар | 1,96 | 6,91 | 11,00 | 11,85 |
| | кукуруза на силос | 0,92 | 3,58 | 7,58 | 8,09 |
| | горох | 2,11 | 7,27 | 11,24 | 12,03 |
| биологизированная | занятой пар | 1,23 | 4,97 | 10,08 | 10,78 |
| | кукуруза на силос | 1,34 | 4,63 | 7,18 | 7,74 |
| | горох | 1,88 | 6,26 | 10,38 | 11,24 |
| расчетная | занятой пар | 2,26 | 7,70 | 13,04 | 13,97 |
| | кукуруза на силос | 1,68 | 5,17 | 9,09 | 9,65 |
| | горох | 0,98 | 6,89 | 12,46 | 13,37 |

**Приложение 41 – Влияние систем удобрения на динамику накопления сухой биомассы (т/га)
растениями озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2014 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|
| | | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятой пар | 1,88 | 5,43 | 8,50 | 9,12 |
| | кукуруза на силос | 0,69 | 3,02 | 5,90 | 6,29 |
| | горох | 1,81 | 4,31 | 7,65 | 8,17 |
| рекомендованная | занятой пар | 2,13 | 7,18 | 11,26 | 12,03 |
| | кукуруза на силос | 1,08 | 3,72 | 7,85 | 8,38 |
| | горох | 2,38 | 7,46 | 11,51 | 12,32 |
| биологизированная | занятой пар | 1,39 | 5,25 | 10,23 | 10,90 |
| | кукуруза на силос | 1,58 | 4,76 | 7,47 | 7,98 |
| | горох | 2,04 | 6,45 | 10,66 | 11,43 |
| расчетная | занятой пар | 2,43 | 7,97 | 13,23 | 14,32 |
| | кукуруза на силос | 1,97 | 5,42 | 9,27 | 9,92 |
| | горох | 1,27 | 7,06 | 12,71 | 13,63 |

**Приложение 42 – Влияние систем удобрения на содержание азота (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2012 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 4,84 | 4,33 | 3,95 | 3,46 | 2,06 |
| | кукуруза на силос | 4,19 | 3,68 | 3,14 | 2,72 | 1,96 |
| | горох | 4,48 | 3,96 | 3,37 | 2,98 | 2,06 |
| рекомендованная | занятый пар | 5,53 | 5,13 | 4,81 | 3,91 | 2,58 |
| | кукуруза на силос | 4,44 | 4,02 | 3,68 | 3,12 | 2,32 |
| | горох | 4,72 | 4,33 | 4,01 | 3,43 | 2,44 |
| биологизированная | занятый пар | 5,41 | 4,90 | 4,56 | 3,83 | 2,52 |
| | кукуруза на силос | 4,39 | 3,96 | 3,53 | 2,96 | 2,28 |
| | горох | 4,58 | 4,18 | 3,74 | 3,19 | 2,40 |
| расчетная | занятый пар | 5,67 | 5,19 | 4,90 | 4,24 | 2,61 |
| | кукуруза на силос | 4,60 | 4,17 | 3,83 | 3,33 | 2,42 |
| | горох | 4,96 | 4,56 | 4,20 | 3,59 | 2,47 |

**Приложение 43 – Влияние систем удобрения на содержание азота (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2013 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 4,54 | 4,09 | 3,73 | 3,19 | 1,85 |
| | кукуруза на силос | 3,94 | 3,41 | 2,91 | 2,45 | 1,72 |
| | горох | 4,20 | 3,71 | 3,10 | 2,71 | 1,81 |
| рекомендованная | занятый пар | 5,22 | 4,81 | 4,49 | 3,62 | 2,26 |
| | кукуруза на силос | 4,19 | 3,73 | 3,40 | 2,83 | 2,04 |
| | горох | 4,43 | 4,01 | 3,71 | 3,13 | 2,17 |
| биологизированная | занятый пар | 5,16 | 4,58 | 4,29 | 3,52 | 2,22 |
| | кукуруза на силос | 4,16 | 3,68 | 3,26 | 2,67 | 2,03 |
| | горох | 4,28 | 3,90 | 3,45 | 2,91 | 2,13 |
| расчетная | занятый пар | 5,27 | 4,88 | 4,60 | 3,90 | 2,33 |
| | кукуруза на силос | 4,31 | 3,85 | 3,54 | 2,98 | 2,11 |
| | горох | 4,64 | 4,19 | 3,87 | 3,28 | 2,18 |

**Приложение 44 – Влияние систем удобрения на содержание азота (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2014 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 4,33 | 3,91 | 3,54 | 3,01 | 1,67 |
| | кукуруза на силос | 3,79 | 3,23 | 2,74 | 2,27 | 1,57 |
| | горох | 4,01 | 3,49 | 2,89 | 2,51 | 1,62 |
| рекомендованная | занятый пар | 5,03 | 4,61 | 4,32 | 3,42 | 2,06 |
| | кукуруза на силос | 4,00 | 3,53 | 3,17 | 2,65 | 1,88 |
| | горох | 4,23 | 3,81 | 3,50 | 2,92 | 1,96 |
| биологизированная | занятый пар | 4,94 | 4,44 | 4,11 | 3,33 | 2,01 |
| | кукуруза на силос | 3,96 | 3,49 | 3,05 | 2,47 | 1,84 |
| | горох | 4,07 | 3,68 | 3,24 | 2,69 | 1,95 |
| расчетная | занятый пар | 5,11 | 4,69 | 4,39 | 3,68 | 2,12 |
| | кукуруза на силос | 4,14 | 3,65 | 3,28 | 2,75 | 1,92 |
| | горох | 4,44 | 4,00 | 3,66 | 3,06 | 1,98 |

**Приложение 45 – Влияние систем удобрения на содержание фосфора (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2012 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 0,91 | 0,80 | 0,68 | 0,61 | 0,59 |
| | кукуруза на силос | 0,81 | 0,72 | 0,62 | 0,53 | 0,52 |
| | горох | 0,85 | 0,75 | 0,76 | 0,58 | 0,53 |
| рекомендованная | занятый пар | 1,09 | 0,88 | 0,78 | 0,66 | 0,64 |
| | кукуруза на силос | 1,01 | 0,80 | 0,73 | 0,57 | 0,56 |
| | горох | 1,03 | 0,84 | 0,76 | 0,63 | 0,60 |
| биологизированная | занятый пар | 1,02 | 0,83 | 0,71 | 0,63 | 0,61 |
| | кукуруза на силос | 0,98 | 0,75 | 0,65 | 0,56 | 0,55 |
| | горох | 0,96 | 0,80 | 0,68 | 0,57 | 0,55 |
| расчетная | занятый пар | 1,13 | 0,92 | 0,82 | 0,70 | 0,67 |
| | кукуруза на силос | 1,11 | 0,90 | 0,77 | 0,64 | 0,61 |
| | горох | 1,11 | 0,93 | 0,82 | 0,71 | 0,67 |

**Приложение 46 – Влияние систем удобрения на содержание фосфора (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2013 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 0,87 | 0,76 | 0,66 | 0,58 | 0,56 |
| | кукуруза на силос | 0,79 | 0,68 | 0,60 | 0,51 | 0,49 |
| | горох | 0,82 | 0,72 | 0,62 | 0,52 | 0,52 |
| рекомендованная | занятый пар | 1,03 | 0,83 | 0,73 | 0,61 | 0,59 |
| | кукуруза на силос | 0,96 | 0,73 | 0,68 | 0,52 | 0,51 |
| | горох | 0,98 | 0,78 | 0,70 | 0,58 | 0,56 |
| биологизированная | занятый пар | 0,98 | 0,79 | 0,67 | 0,59 | 0,57 |
| | кукуруза на силос | 0,93 | 0,69 | 0,62 | 0,50 | 0,49 |
| | горох | 0,93 | 0,76 | 0,63 | 0,53 | 0,52 |
| расчетная | занятый пар | 1,05 | 0,87 | 0,75 | 0,65 | 0,61 |
| | кукуруза на силос | 1,05 | 0,83 | 0,70 | 0,58 | 0,56 |
| | горох | 1,05 | 0,86 | 0,76 | 0,65 | 0,63 |

**Приложение 47 – Влияние систем удобрения на содержание фосфора (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2014 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 0,86 | 0,75 | 0,64 | 0,58 | 0,56 |
| | кукуруза на силос | 0,77 | 0,67 | 0,58 | 0,50 | 0,48 |
| | горох | 0,80 | 0,72 | 0,61 | 0,52 | 0,51 |
| рекомендованная | занятый пар | 1,00 | 0,81 | 0,71 | 0,59 | 0,57 |
| | кукуруза на силос | 0,94 | 0,72 | 0,66 | 0,50 | 0,49 |
| | горох | 0,96 | 0,75 | 0,70 | 0,56 | 0,55 |
| биологизированная | занятый пар | 0,97 | 0,78 | 0,66 | 0,58 | 0,56 |
| | кукуруза на силос | 0,91 | 0,69 | 0,59 | 0,50 | 0,49 |
| | горох | 0,90 | 0,72 | 0,61 | 0,52 | 0,52 |
| расчетная | занятый пар | 1,03 | 0,85 | 0,73 | 0,60 | 0,58 |
| | кукуруза на силос | 1,02 | 0,79 | 0,69 | 0,55 | 0,54 |
| | горох | 1,02 | 0,82 | 0,77 | 0,62 | 0,59 |

**Приложение 48 – Влияние систем удобрения на содержание калия (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2012 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 3,00 | 2,06 | 1,26 | 1,08 | 1,01 |
| | кукуруза на силос | 2,86 | 2,02 | 1,17 | 1,00 | 0,91 |
| | горох | 2,91 | 2,03 | 1,21 | 1,05 | 0,96 |
| рекомендованная | занятый пар | 3,19 | 2,25 | 1,38 | 1,25 | 1,19 |
| | кукуруза на силос | 3,06 | 2,16 | 1,27 | 1,18 | 1,13 |
| | горох | 3,12 | 2,19 | 1,33 | 1,21 | 1,15 |
| биологизированная | занятый пар | 3,25 | 2,26 | 1,27 | 1,12 | 1,07 |
| | кукуруза на силос | 3,14 | 2,17 | 1,14 | 1,03 | 1,00 |
| | горох | 3,19 | 2,21 | 1,22 | 1,08 | 1,05 |
| расчетная | занятый пар | 3,65 | 2,94 | 2,13 | 1,90 | 1,84 |
| | кукуруза на силос | 3,56 | 2,80 | 1,92 | 1,80 | 1,75 |
| | горох | 3,60 | 2,88 | 2,05 | 1,86 | 1,79 |

**Приложение 49 – Влияние систем удобрения на содержание калия (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2013 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 2,80 | 1,98 | 1,06 | 0,97 | 0,88 |
| | кукуруза на силос | 2,65 | 1,85 | 1,03 | 0,82 | 0,70 |
| | горох | 2,75 | 1,85 | 1,06 | 0,86 | 0,88 |
| рекомендованная | занятый пар | 3,02 | 2,07 | 1,22 | 1,07 | 1,04 |
| | кукуруза на силос | 2,83 | 2,02 | 1,10 | 0,97 | 0,93 |
| | горох | 2,95 | 2,00 | 1,17 | 1,02 | 0,97 |
| биологизированная | занятый пар | 3,05 | 2,09 | 1,11 | 0,92 | 0,88 |
| | кукуруза на силос | 2,90 | 1,98 | 0,97 | 0,88 | 0,81 |
| | горох | 3,03 | 2,01 | 1,06 | 0,92 | 0,89 |
| расчетная | занятый пар | 3,46 | 2,74 | 1,95 | 1,73 | 1,65 |
| | кукуруза на силос | 3,35 | 2,63 | 1,72 | 1,64 | 1,62 |
| | горох | 3,41 | 2,69 | 1,88 | 1,63 | 1,58 |

**Приложение 50 – Влияние систем удобрения на содержание калия (%) в растениях озимой пшеницы
в зависимости от предшественников, 2014 г.**

| Система удобрения | Предшественник | Фаза вегетации | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | всходы | кущение | выход в трубку | колошение | полная спелость |
| контроль | занятый пар | 2,72 | 1,87 | 0,92 | 0,80 | 0,78 |
| | кукуруза на силос | 2,53 | 1,62 | 0,80 | 0,70 | 0,52 |
| | горох | 2,53 | 1,76 | 0,82 | 0,76 | 0,74 |
| рекомендованная | занятый пар | 2,79 | 1,92 | 1,00 | 0,86 | 0,83 |
| | кукуруза на силос | 2,63 | 1,82 | 0,87 | 0,79 | 0,79 |
| | горох | 2,72 | 1,87 | 0,92 | 0,77 | 0,82 |
| биологизированная | занятый пар | 2,88 | 1,86 | 0,92 | 0,75 | 0,75 |
| | кукуруза на силос | 2,69 | 1,73 | 0,77 | 0,67 | 0,65 |
| | горох | 2,78 | 1,87 | 0,87 | 0,70 | 0,70 |
| расчетная | занятый пар | 3,33 | 2,57 | 1,71 | 1,50 | 1,52 |
| | кукуруза на силос | 3,11 | 2,40 | 1,55 | 1,42 | 1,43 |
| | горох | 3,19 | 2,47 | 1,65 | 1,43 | 1,37 |

Таблица 51 – Влияние систем удобрения на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2012 г.

| Система удобрения | Предшественник | Количество шт./м ² | | | Кустистость | | Колос | | | Масса 1000 зёрен, г | Биологическая урожайность, т/га |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|---------|------------|-------------|---------------|-----------|------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|
| | | растений | стеблей | | общая | продуктив-ная | длина, см | число зёрен, шт. | масса зерна, г | | |
| | | | всего | с коло-сом | | | | | | | |
| контроль | занятый пар | 126 | 252 | 240 | 2,0 | 1,9 | 5,9 | 26,1 | 0,90 | 38,2 | 2,16 |
| | кукуруза на силос | 133 | 239 | 213 | 1,8 | 1,6 | 5,6 | 21,6 | 0,72 | 34,0 | 1,53 |
| | горох | 134 | 255 | 227 | 1,9 | 1,7 | 5,8 | 24,5 | 0,81 | 37,6 | 1,84 |
| рекомендованная | занятый пар | 166 | 398 | 331 | 2,4 | 2,0 | 7,0 | 33,9 | 1,12 | 41,3 | 3,71 |
| | кукуруза на силос | 152 | 304 | 258 | 2,0 | 1,7 | 6,7 | 31,1 | 0,89 | 36,7 | 2,30 |
| | горох | 229 | 458 | 436 | 2,0 | 1,9 | 6,9 | 32,7 | 1,03 | 38,7 | 4,49 |
| биологизированная | занятый пар | 186 | 428 | 391 | 2,3 | 2,1 | 6,9 | 31,8 | 0,98 | 39,0 | 3,83 |
| | кукуруза на силос | 155 | 295 | 279 | 1,9 | 1,8 | 6,3 | 28,1 | 0,80 | 35,4 | 2,23 |
| | горох | 239 | 502 | 477 | 2,1 | 2,0 | 6,7 | 30,1 | 0,93 | 38,5 | 4,44 |
| расчётная | занятый пар | 217 | 586 | 520 | 2,7 | 2,4 | 6,8 | 31,4 | 1,04 | 40,6 | 5,41 |
| | кукуруза на силос | 166 | 382 | 349 | 2,3 | 2,1 | 6,5 | 27,3 | 0,88 | 35,8 | 3,07 |
| | горох | 223 | 558 | 512 | 2,5 | 2,3 | 6,7 | 29,4 | 1,01 | 38,6 | 5,17 |

Таблица 52 – Влияние систем удобрения на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2013 г.

| Система удобрения | Предшественник | Количество шт./м ² | | | Кустистость | | Колос | | | Масса 1000 зёрен, г | Биологическая урожайность, т/га |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|---------|------------|-------------|---------------|-----------|------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|
| | | растений | стеблей | | общая | продуктив-ная | длина, см | число зёрен, шт. | масса зерна, г | | |
| | | | всего | с коло-сом | | | | | | | |
| контроль | занятый пар | 244 | 512 | 488 | 2,1 | 2,0 | 6,0 | 27,2 | 0,97 | 39,9 | 4,73 |
| | кукуруза на силос | 208 | 395 | 354 | 1,9 | 1,7 | 5,7 | 23,0 | 0,82 | 35,6 | 2,90 |
| | горох | 279 | 558 | 503 | 2,0 | 1,8 | 5,9 | 25,6 | 0,87 | 39,0 | 4,38 |
| рекомендованная | занятый пар | 242 | 605 | 508 | 2,5 | 2,1 | 7,1 | 35,3 | 1,19 | 42,5 | 6,04 |
| | кукуруза на силос | 215 | 452 | 387 | 2,1 | 1,8 | 6,8 | 32,6 | 0,97 | 37,6 | 3,75 |
| | горох | 258 | 593 | 516 | 2,3 | 2,0 | 7,0 | 34,0 | 1,11 | 42,0 | 5,73 |
| биологизированная | занятый пар | 250 | 600 | 550 | 2,4 | 2,2 | 7,0 | 33,2 | 1,03 | 42,2 | 5,67 |
| | кукуруза на силос | 211 | 422 | 401 | 2,0 | 1,9 | 6,4 | 29,4 | 0,89 | 36,8 | 3,57 |
| | горох | 245 | 539 | 514 | 2,2 | 2,1 | 6,8 | 31,4 | 1,01 | 39,7 | 5,19 |
| расчётная | занятый пар | 230 | 644 | 576 | 2,8 | 2,5 | 6,9 | 32,7 | 1,12 | 41,3 | 6,45 |
| | кукуруза на силос | 197 | 473 | 434 | 2,4 | 2,2 | 6,6 | 29,0 | 0,97 | 37,3 | 4,21 |
| | горох | 241 | 627 | 579 | 2,6 | 2,4 | 6,8 | 31,0 | 1,08 | 41,0 | 6,25 |

Таблица 53 – Влияние систем удобрения на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от предшественников, 2014 г.

| Система удобрения | Предшественник | Количество шт./м ² | | | Кустистость | | Колос | | | Масса 1000 зёрен, г | Биологическая урожайность, т/га |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|---------|------------|-------------|---------------|-----------|------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|
| | | растений | стеблей | | общая | продуктив-ная | длина, см | число зёрен, шт. | масса зерна, г | | |
| | | | всего | с коло-сом | | | | | | | |
| контроль | занятый пар | 251 | 552 | 528 | 2,2 | 2,1 | 6,1 | 29,2 | 1,01 | 42,2 | 5,33 |
| | кукуруза на силос | 254 | 508 | 458 | 2,0 | 1,8 | 5,8 | 24,7 | 0,86 | 37,5 | 3,94 |
| | горох | 259 | 544 | 492 | 2,1 | 1,9 | 6,0 | 27,3 | 0,96 | 39,8 | 4,72 |
| рекомендованная | занятый пар | 230 | 598 | 505 | 2,6 | 2,2 | 7,2 | 37,6 | 1,29 | 43,7 | 6,52 |
| | кукуруза на силос | 259 | 570 | 493 | 2,2 | 1,9 | 6,9 | 33,8 | 1,05 | 42,0 | 5,18 |
| | горох | 262 | 629 | 550 | 2,4 | 2,1 | 7,1 | 35,6 | 1,16 | 44,1 | 6,38 |
| биологизированная | занятый пар | 200 | 500 | 461 | 2,5 | 2,3 | 7,1 | 35,2 | 1,14 | 43,9 | 5,25 |
| | кукуруза на силос | 248 | 521 | 496 | 2,1 | 2,0 | 6,4 | 31,3 | 0,98 | 38,8 | 4,86 |
| | горох | 247 | 568 | 544 | 2,3 | 2,2 | 6,8 | 33,6 | 1,06 | 42,4 | 5,77 |
| расчётная | занятый пар | 246 | 713 | 639 | 2,9 | 2,6 | 7,0 | 34,3 | 1,14 | 42,3 | 7,28 |
| | кукуруза на силос | 254 | 635 | 585 | 2,5 | 2,3 | 6,7 | 30,7 | 1,03 | 39,7 | 6,03 |
| | горох | 243 | 656 | 608 | 2,7 | 2,5 | 6,9 | 33,2 | 1,15 | 42,8 | 6,99 |

Приложение 54 – Влияние систем удобрения и предшественников на урожайность (т/га) озимой пшеницы

| Система удобрения | Предшественник | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|------|------|-------------------|------|------|-------|------|------|
| | занятый пар | | | кукуруза на силос | | | горох | | |
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| контроль | 2,10 | 4,59 | 5,17 | 1,49 | 2,82 | 3,83 | 1,79 | 4,25 | 4,58 |
| рекомендованная | 3,60 | 5,86 | 6,33 | 2,23 | 3,64 | 5,03 | 4,36 | 5,56 | 6,19 |
| биологизированная | 3,72 | 5,50 | 5,10 | 2,17 | 3,47 | 4,72 | 4,31 | 5,04 | 5,60 |
| расчетная | 5,25 | 6,26 | 7,07 | 2,98 | 4,09 | 5,85 | 5,02 | 6,07 | 6,79 |
| НСР ₀₅ | 0,16 | 0,23 | 0,34 | 0,36 | 0,16 | 0,28 | 0,35 | 0,41 | 0,43 |
| S _x , % | 3,5 | 3,2 | 3,7 | 3,5 | 3,1 | 3,8 | 4,1 | 3,5 | 3,7 |

Приложение 55 – Влияние систем удобрения и предшественников на качество зерна озимой пшеницы, 2012г.

| Система удобрения | Предшественник | Клейковина, % | ИДК, ед. | Белок, % | Стекловидность, % |
|-------------------|-------------------|---------------|----------|----------|-------------------|
| контроль | занятый пар | 20,6 | 75 | 11,22 | 52,5 |
| | кукуруза на силос | 16,6 | 81 | 10,01 | 49,1 |
| | горох | 19,9 | 77 | 10,40 | 51,3 |
| рекомендованная | занятый пар | 25,5 | 68 | 13,08 | 58,7 |
| | кукуруза на силос | 23,1 | 76 | 11,88 | 55,5 |
| | горох | 24,6 | 70 | 12,51 | 57,0 |
| биологизированная | занятый пар | 23,7 | 72 | 12,81 | 56,9 |
| | кукуруза на силос | 19,8 | 79 | 11,71 | 54,8 |
| | горох | 23,1 | 75 | 12,33 | 56,1 |
| расчетная | занятый пар | 27,7 | 56 | 13,41 | 61,9 |
| | кукуруза на силос | 23,3 | 68 | 12,28 | 57,7 |
| | горох | 26,8 | 59 | 12,52 | 60,0 |

Приложение 56 – Влияние систем удобрения и предшественников на качество зерна озимой пшеницы, 2013 г.

| Система удобрения | Предшественник | Клейковина, % | ИДК, ед. | Белок, % | Стекловидность, % |
|-------------------|-------------------|---------------|----------|----------|-------------------|
| контроль | занятый пар | 19,2 | 81 | 10,01 | 51,3 |
| | кукуруза на силос | 15,1 | 83 | 8,82 | 48,0 |
| | горох | 18,3 | 81 | 8,23 | 50,2 |
| рекомендованная | занятый пар | 23,7 | 71 | 12,02 | 57,6 |
| | кукуруза на силос | 21,8 | 84 | 10,61 | 54,3 |
| | горох | 23,1 | 79 | 11,30 | 56,0 |
| биологизированная | занятый пар | 21,9 | 74 | 11,62 | 55,5 |
| | кукуруза на силос | 18,2 | 82 | 10,48 | 53,3 |
| | горох | 21,6 | 77 | 11,11 | 55,0 |
| расчетная | занятый пар | 25,9 | 57 | 12,18 | 60,2 |
| | кукуруза на силос | 21,5 | 72 | 11,02 | 56,2 |
| | горох | 25,1 | 65 | 11,30 | 59,2 |

Приложение 57 – Влияние систем удобрения и предшественников на качество зерна озимой пшеницы, 2014 г.

| Система удобрения | Предшественник | Клейковина, % | ИДК, ед. | Белок, % | Стекловидность, % |
|-------------------|-------------------|---------------|----------|----------|-------------------|
| контроль | занятый пар | 21,4 | 72 | 12,37 | 54,3 |
| | кукуруза на силос | 18,4 | 76 | 11,17 | 50,5 |
| | горох | 21,2 | 73 | 12,60 | 52,7 |
| рекомендованная | занятый пар | 27,0 | 62 | 14,20 | 60,1 |
| | кукуруза на силос | 24,1 | 71 | 13,09 | 57,0 |
| | горох | 25,8 | 64 | 13,69 | 58,3 |
| биологизированная | занятый пар | 24,6 | 67 | 14,06 | 58,0 |
| | кукуруза на силос | 21,1 | 73 | 12,91 | 56,0 |
| | горох | 24,9 | 70 | 13,52 | 56,9 |
| расчетная | занятый пар | 29,2 | 52 | 14,61 | 63,3 |
| | кукуруза на силос | 25,4 | 61 | 13,51 | 58,9 |
| | горох | 28,8 | 56 | 13,71 | 61,1 |