

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

На правах рукописи

САЛЕНКО ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В
ЗОНЕ УМЕРЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ
ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

06.01.04 - агрохимия

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

**Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Есаулко А.Н.**

Ставрополь – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Обзор литературных источников	11
1.1. История развития программирования урожайности как науки	11
1.2. Агрохимические и технологические основы программирования урожайности озимой пшеницы	17
1.3. Роль удобрений при программировании урожаев озимой пшеницы	25
1.4. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы	34
2. Место, условия и методики проведения опытов	44
2.1. Почвенно-климатические условия	44
2.1.1 Агрохимическая характеристика почвенного покрова	44
2.1.2. Климат	45
2.2. Объект исследования 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 озимой пшеницы	63
3. Влияние различных доз минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного	68
3.1. Динамика продуктивной влаги	68
3.2. Реакция почвенного раствора	72
3.3. Динамика минерального азота	75
3.4. Динамика подвижного фосфора	81
3.5. Динамика обменного калия	85
3.6. Динамика подвижных форм цинка и меди	88
4. Влияние минеральных удобрений на химический состав и фитосанитарное состояние растений озимой пшеницы	97
4.1. Содержание азота	97

4.2. Содержание фосфора	100
4.3. Содержание калия	104
4.4. Влияние минеральных удобрений на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью	107
5. Программирование продуктивности озимой пшеницы в связи с агрохимическими принципами	111
5.1. Структура урожая	111
5.2. Урожайность	115
5.3. Качество зерна	119
6. Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от доз и методик расчета минеральных удобрений	124
Выводы	128
Предложения производству	131
Список использованной литературы	132
Приложения	162

ВВЕДЕНИЕ

Программирование урожайности – это разработка комплекса технологических приемов, обеспечивающих оптимизацию регулируемых факторов среды для получения заданного высокого уровня урожайности полевой культуры (Шатилов И.С., 1973).

Программирование дает возможность запланировать величину урожайности на каждом поле и обеспечить ее получение путем гибкого использования всей совокупности знаний о причинно-следственных связях, определяющих взаимодействие элементов агрокомплекса с полем (Баранов В.Д., Тараканов И.Г., 1990).

Программирование урожая часто считают преждевременным, хотя в то же время уже опубликовано несколько десятков работ по отдельным его вопросам. Причиной такого противоречия служит без сомнения и само толкование понятия «программирование урожая». Речь идет не о зерновой или другой программе, в которой выдвинуты задачи достижения определенного уровня производства.

Программирование урожаев базируется на целенаправленном изучении огромного количества данных. В его основе комплексный учет всех важнейших элементов, принимающих участие в формировании урожая, и использование полученных данных при разработке обоснованного и практически реализуемого комплекса мероприятий для достижения максимального урожая с учетом свойств каждого генотипа, почвенно-климатических условий и технологии воздействия. В любом конкретном случае это синтез большого числа отдельных данных. В сельском хозяйстве, как и в других отраслях, оправдали себя методы математического моделирования, техническое решение которых осуществляется с помощью вычислительной техники (Болотов И.М., 1986).

Получение высоких, заранее рассчитанных урожаев – новый шаг в агрономической науке. Всесторонний учет всех факторов, определяющих уровень урожайности, позволяет подойти с научных позиций к получению

высоких урожаев с одновременным ростом плодородия почв. Повышение культуры земледелия, выведение качественно новых сортов, разработка интенсивных технологий возделывания полевых культур и другие достижения в области агрономической науки, а также накопление исходных данных о взаимосвязи с различными факторами роста и развития растений позволили сформулировать новые принципы программирования урожаев: физиологические, биологические, агрохимические, агрофизические, агрометеорологические и агротехнические. Такое разделение несколько условно, но эти принципы широко применяются в решении задачи практического программирования урожаев специалистами различных отраслей агрономической и смежных с ней наук (Григоров А.Н., 1993; Агеев В.В., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И. и др., 2011; 2014).

Актуальность. Все допускаемые погрешности в технологии возделывания той или иной культуры в каждой климатической зоне можно устранить лишь при условии хороших знаний специалистов – агрономов о требованиях культур к основным жизненным факторам (температурному режиму, влажности почвы, свету, почвенному и воздушному питанию и др.). При выращивании любой культуры необходим строгий учет всех условий, определяющих как величину, так и качество урожая.

Повышение урожайности зерновых культур на основе перехода на новые инновационные технологии – это главный путь увеличения производства зерна в современных условиях и основа экономического роста предприятий АПК. Озимая пшеница основная зерновая культура в Ставропольском крае. В период с 2010 по 2013 г. посевные площади под озимой пшеницей составили 1717,5–1730,7 тыс. га. Однако валовые сборы зерна культуры в анализируемые годы значительно колебались и находились в пределах 22,4–39, 5 ц/га. Связано это с резкими колебаниями урожайности озимой пшеницы, которая составляла в 2010 – 34,4 ц/га, 2011 – 39,5 ц/га, 2012– 22,4 ц/га, 2013 – 31,5 ц/га (Саленко Е.А., 2015).

Проблема увеличения производства зерна и других сельскохозяйственных продуктов решается за счет дальнейшего повышения продуктивности пашни. Этому способствует направление – программирование и прогнозирование урожаев. В основе его лежит требование удовлетворения потребности растений в жизненно важных ресурсах для формирования заданного урожая. Для программирования урожаев требуется обработка всей накопленной смежными науками информации, разработка стройной системы мер по получению заданного, максимально возможного в данных почвенно-климатических условиях урожая, а при достаточной влагообеспеченности – полное использование генетического потенциала сорта. Суть метода программирования заключается в том, чтобы разработать оптимальную программу и систему ее реализации (Есаулко А.Н., Сигида М.С., Коломыцев Е.В., 2007; Жуковский Е.Е., 2014).

В Ставропольском крае наблюдаются резкие колебания в урожайности озимой пшеницы, несмотря на стабильные посевные площади. Поэтому программированное выращивание озимой пшеницы предусматривает оптимизацию минерального питания растений в посевах обеспечением в соответствии с наличием тепла, влаги и света, для повышения урожайности и качества.

В связи с этим представленная диссертационная работа посвящена изучению программирования урожайности озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения на основе оптимизации применения минеральных удобрений.

Цели и задачи исследований. Цель исследований заключалась в оптимизации применения минеральных удобрений на основе изучения балансовых методик расчета норм туков для достижения программируемого уровня урожайности озимой пшеницы. При изучении данного вопроса методикой исследования обозначено решение следующих задач:

- изучить влияние применения минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей 0–20 см слоя чернозёма выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы;

- установить влияние применения минеральных удобрений на показатели роста и химический состав растений озимой пшеницы;

- определить влияние методик расчета доз минеральных удобрений на урожайность и качество получаемой продукции на определенный уровень продуктивности озимой пшеницы;

- определить условия, способствующие получению максимальной агротехнической и экономической эффективности применения изучаемых приемов.

Научная новизна. Впервые в зоне умеренного увлажнения Центрального Предкавказья на черноземе выщелоченном были изучены различные методики расчета доз минеральных удобрений для оптимизации питания озимой пшеницы с целью получения программируемого уровня продуктивности культуры 4,0; 5,0 и 6,0 т/га.

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 результатов научных исследований при их внедрении на производстве.

Основные положения, выносимые на защиту:

- дозы минеральных удобрений оказывают положительное влияние на содержание в 0–20 см слое чернозема выщелоченного подвижных форм азота, фосфора и калия, но не изменяют динамики направленности процесса во время вегетации растений озимой пшеницы;

- эффективность программирования урожайности озимой пшеницы определяется в большей степени методиками расчета доз минеральных удобрений, планируемой продуктивности культуры и погодными условиями;

– экономическая эффективность применения минеральных удобрений под озимую пшеницу зависит от уровня планируемой урожайности и методик расчета доз минеральных удобрений.

Практическая значимость. Получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать производству различные методики расчета доз минеральных удобрений в зависимости от уровня планируемого урожая.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы на территории землепользования ИП глава КФХ «Колесникова Александра Петровича» Новоалександровского района и АО СП «Новотроицкое» Изобильненского района на общей площади 500 га. Рекомендованная доза минеральных удобрений по методике расчета В.В. Агеева ($N_{126}P_{80}K_{72}$) используется в технологии возделывания озимой пшеницы в хозяйствах, увеличивая урожайность на 1,97–2,26 т/га, а прибыль – на 1,3–1,7 тыс. руб.

Апробация работы. Основные результаты исследований диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета (2010–2014 гг.); Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте и образовании (Одесса, 2012 г.); XV Международной научно-практической конференции «Инновации в науке» (Новосибирск, 2012 г.); V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» (Москва, 2013 г.); конференции Международного института питания растений «Better crops with Plant Food» (Canada, 2014 г.); IV Международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса» (Ставрополь, 2015 г.); IV Международной научной конференции «Эволюция и деградация почвенного покрова» (Ставрополь, 2015 г.).

По итогам работы ежегодного конкурса научных работ студентов и аспирантов Scholar Award – 2013 от региона Восточная Европа и

Центральная Азия работа «Программирование урожайности озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения на основе оптимизации применения минеральных удобрений» стала победителем (IPNI, 2013 г.). Получено благодарственное письмо за участие в стипендиальной программе «ЭкоНива-Студент 2013» в номинации «Земледелие. Агрономия. Растениеводство». На V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум 2013» получен диплом за лучшую студенческую научную работу «Эффективность минеральных удобрений при программировании урожайности зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном». На Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых учёных высших учебных заведений Минсельхоза России 2013 г. (Владикавказ, 2013 г.) награждена дипломом за III место в номинации «Сельскохозяйственные науки» работа «Программирование урожайности озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения на основе оптимизации применения минеральных удобрений». На XXIV Международной агропромышленной выставке-ярмарке «Агрорусь – 2015» в номинации «За достижения в области сельскохозяйственной науки» получена золотая медаль: «Программирование продуктивности зерновых культур в условиях Центрального Предкавказья на основе мониторинга почвенного плодородия» (Санкт-Петербург, 2015 г.).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликованы 14 работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 162 странице машинописного текста, включает 12 таблиц, 6 рисунков, 53 приложения. Список использованной литературы включает 246 источников, из них 23 – зарубежных авторов.

Автор выражает глубокую признательность коллективу кафедры

агрохимии и физиологии растений, доцентам М.С. Сигида, С.А. Коростылеву, Е.В. Голосному, ассистентам А.Ю. Фурсовой, Т.С. Айсанову, за полученные в процессе выполнения работы консультации и советы.

Особая признательность – научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Александру Николаевичу Есаулко за его непосредственное участие в разработке программы-методики, получении и обсуждении результатов научных исследований.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1. История развития программирования урожайности как науки

Основы программирования урожаев как науки были заложены еще в XIX – начале XX столетия основоположниками агрономической науки, проводившими комплексные исследования, в которых оценивалась потребность растений в основных факторах жизни, рассчитываемых в количественных показателях. Среди ученых этого периода следует назвать Ю. Либиха, Г. Гельригеля, М.Э. Вольни, Д.Н. Прянишникова, К.А. Тимирязева, В.Р. Вильямса и многих других (Можаев Н.И., Серикпаев Н.А., Стыбаев Г.Ж., 2013; Савельев В.А., 2014).

Более интенсивно научные исследования в области программирования урожаев стали проводиться в 30-х годах прошлого столетия. Первые работы этого плана были проведены в те годы российским селекционером-картофелеводом А.Г. Лорхом, который для условий Московской области разработал систему урожая клубней картофеля 500 ц/га, фактический же сбор превысил 528 ц/га, а в последующие годы урожайность достигла 700 ц/га (Баранов В.Д., Таранов И.Г., 1990; Агеев В.В., Есаулко А.Н., 2003; Есаулко А.Н., 2006). Программа, разработанная А.Г. Лорхом, полностью соответствовала биологическим особенностям культуры, росту и развитию растений в процессе онтогенеза, а затем в соответствии с требованиями растений к факторам внешней среды регулировалось обеспечение растений пищей, водой и другими факторами (Каюмов М.К., 1986; 1989; Агеев В.В., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И. и др., 2011).

В конце 30-х годов XX столетия для условий Московской области М.С. Савицкий разработал программу получения 100 ц/га зерна озимой пшеницы, в основу которой в отличие от программы А.Г. Лорха была положена составленная им формула, включающая основные элементы структуры урожая: количество растений и число продуктивных стеблей (колосьев) на единице площади, число зерен в колосе, массу 1000 зерен; а также были

рассчитаны и дробно внесены дозы удобрений, необходимые для формирования заданного уровня урожайности. В итоге фактическая урожайность составила 99,8 ц/га (Савицкий М.С., 1973).

Позднее проблема программирования урожаев стала занимать умы многих ученых. Создание точных приборов, контролирующих рост и развитие растений, способствовало обогащению программы новыми элементами. Оснащение сельского хозяйства электронно-вычислительной техникой уже в 1963 году позволяет разработать машинные программы для обоснования оптимальной технологии получения заданных урожаев (Жуков Ю.П., Реутов А.В., 1984; Григоров А.Н., 1993).

Исследования по получению высоких запрограммированных урожаев позволяли перейти в 70–80-х гг. прошлого столетия к широкой производственной проверке и внедрению рекомендаций ученых. В то время стране урожаи программировались на миллионах гектаров. Зародившиеся в Советском Союзе теория и методы получения запрограммированных урожаев уже переросли рамки нашей страны. Ученые социалистических стран (НРБ, ВНР, ГДР, ЧССР и др.) совместно с советскими исследователями целенаправленно и комплексно работали над созданием таких технологий, которые позволяли экономично и эффективно использовать каждый гектар пашни, каждый центнер минеральных удобрений, каждый рубль затрат, вкладываемый на подъем сельского хозяйства (Климанов А.А., Листопад Г.Е., Устенко Г.П., 1971; Фатыхов И.Ш., 1991; Жуковский Е.Е., 2014).

Программирование урожаев предусматривает: определение величины потенциально возможного урожая (ПУ); определение величины действительно возможного урожая (ДВУ); выявление причин несоответствия между фактически получаемыми урожаями и действительно возможными; расчет доз внесения минеральных и органических удобрений под программируемый урожай для каждого поля севооборота с учетом агрохимических показателей почвы и биологических особенностей культуры; составление технологических карт (сетевых графиков), включающих все

необходимые агротехнические мероприятия, способы и сроки их выполнения; своевременное и качественное выполнение агротехнических мероприятий предусмотренных технологической картой; учет урожая и условий выращивания сельскохозяйственных культур на каждом поле с целью накопления информации, необходимой для систематического уточнения расчетов, осуществляемых при определении величины потенциально возможных урожаев, а также выявления факторов (показателей), лимитирующих получение действительно возможных урожаев, заложенных в генетическом потенциале каждого сорта (Замараев А.Г., Чаповская Г.В., 1974; Каюмов М.К., 1989).

С помощью программирования возможно заранее рассчитать норму посева, густоту стояния растений, площадь листьев, фотосинтетический потенциал для посевов заданной продуктивности с учетом климатических условий, потенциала сорта, естественного плодородия почвы и уровня обеспеченности хозяйства материальными и трудовыми ресурсами (Агеев В.В., Есаулко А.Н. и др., 2004).

Создание точных приборов, способных контролировать рост и развитие растений, позволило обогатить науку новыми экспериментальными материалами, особенно по фотосинтетической деятельности посевов. Важность этого вопроса предвидел еще К.А. Тимирязев, считавший, что предел плодородия почвы определяется не количеством вносимых удобрений и подаваемой воды, а количеством световой энергии, поступающей от солнца на поверхность поля. Растения, поглощая при участии хлорофилла – зеленого пигмента – солнечную энергию, преобразуют её в химическую энергию органических соединений и накапливают массу растений (Зиганшин А.А., 1987; Есаулко А.Н., Сигида М.С., Коломыцев Е.В., 2007).

Основная проблема получения максимально возможного уровня урожайности заключалась в том, что было необходимо научиться управлять фотосинтетической деятельностью растений и добиваться наиболее полного использования посевами энергии солнца (Калягин В.Н., 1995).

Вопросами фотосинтеза и повышением продуктивности растений в 50–70-е г. XX века занимался А.А. Ничипорович, который доказывал, что урожайность зерна 60 ц/га можно считать лишь удовлетворительной, а высокие урожаи при полном использовании фотосинтетического потенциала посевов должны превышать 200 ц/га зерна или сухой фитомассы растений (Кармаров В.Г., 1980; Зигашин А.А., 1984; Каюмов М.К., 1995).

Таким образом, в 70-е г. прошлого столетия в СССР сформировались несколько крупных центров в этой области и ими были достигнуты значительные успехи: Тимирязевская МСХА, Институт почвоведения и фотосинтеза, Волгоградский сельскохозяйственный институт, Агрофизический институт в Ленинграде, Горский СХИ и другие. Активно участвовали в программировании урожайности ученые Ставропольского аграрного университета: озимой пшеницы (Н.М. Шахзадов), озимого ячменя (С.П. Портуровская), сельскохозяйственных культур в различных почвенных условиях в орошаемых и неорошаемых 6–9 польных севооборотах (В.В. Агеев). И ими были достигнуты положительные результаты (Агеев В.В., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И. и др., 2014).

В 60–90-е г. прошлого столетия изучение вопросов формирования урожая сельскохозяйственных культур проводилось многими исследователями, создавались целые научные школы, например А.М. Рябчиков и Т.И. Шашко разработали методы и предложили формулы для определения гидротермических показателей фитомассы и биологической продуктивности растений, позволяющих определить потенциальные возможности культур в разных почвенно-климатических условиях для формирования определенного уровня урожайности. Н.А. Ефимова (1969), Х.А. Молдау (1963) разработали методику расчета уровня урожайности по приходу ФАР с использованием среднего месячного прихода ФАР за вегетационный период, А.М. Алпатыев разработал методику балансового расчета прихода и расхода влаги посевами (Каюмов М.К., 1991; Агеев В.В., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И. и др., 2008; 2011).

Работа по изучению практически всех основных принципов программирования урожаев была проведена в Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева под руководством академика И.С. Шатилова, а также М.К. Каюмовым. Научные исследования по данной проблематике проводились во многих других научных и учебных заведениях: ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса РФ, НИИ физиологии растений РФ (К.П. Афендулов, Н.И. Лантухова), Ивановском СХИ РФ (Ю.А. Чухнин); большой вклад в разработку вопросов питания растений внесли российские агрохимики В.Г. Минеев, Б.А. Ягодин и др. Отдельные вопросы применения программирования на посевах корнеплодов и овощных культур в Целиноградском СХИ КазССР (ныне Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина) изучались Н.Г. Шепетниковым и др. (Лисогоров С.Д., 1978; Мальцев В.Ф., 1982; Ковалев В.М., 1987).

Многолетние экспериментальные исследования и обобщение результатов работ по фотосинтезу, минеральному питанию, водному режиму, продуктивности культурных растений, использованию посевами фотосинтетически активной радиации (ФАР) позволили академику И.С. Шатилову в 1970 г. обосновать экологические, биологические и агротехнические основы программирования урожаев. Им предложены десять принципов программирования (Шатилов И.С., 1973).

Учитывая высокую эффективность метода программирования урожаев по И.С. Шатилову, Министерство сельского хозяйства СССР, в соответствии с указаниями директивных органов, 19 июня 1981 г. издало приказ «О мерах по внедрению программирования урожаев сельскохозяйственных культур», который обязывал сельскохозяйственные органы, колхозы и совхозы обеспечить с 1982 г. массовое применение методов получения программированных урожаев на орошаемых и богарных землях, обеспечив максимальную отдачу от применения удобрений, использования мелиорируемых земель, интенсивных сортов, техники и других производственных ресурсов (Зигагин А.А., 1984).

С 1975 г. работа по изучению возможностей программирования урожая кормовых культур под руководством Н.И. Можаяева проводилась в Целиноградском СХИ. Были изучены вопросы использования влаги посевами при естественном увлажнении и орошении, рассчитаны коэффициенты водопотребления культур, средние значения оптимальной густоты стеблестоя (травостоя) посевов кормовых культур, разработана методика расчета норм высева семян, даны поправочные коэффициенты для их расчета, изучалась эффективность применения расчетных доз удобрений под планируемую урожайность. Проверка и внедрение результатов исследований по этим вопросам была проведена на больших площадях в бывших совхозах Акмолинской области (Можаяев Н.И., 1986; 2003).

Наиболее активно внедрялись интенсивные технологии с элементами программирования урожая в хозяйствах Северного Кавказа и Нижнего Поволжья: если в 1978 г. по соответствующим программам сельскохозяйственные культуры возделывались на площади 850 тыс. га, то в 1987 г. достигли почти 4 млн. га. (Орлов А.Н., Тихонов Н.Н., 2013).

В 70-е г. в Латвийском НИИ земледелия и экономики сельского хозяйства была разработана информационно-вычислительная система «почва-урожай». Она состоит из банков данных, постоянно пополняющихся детальной информацией о плодородии почв, содержании в органических удобрениях элементов питания и т.д. С целью уменьшения количества хранящихся данных многие нормативы заданы в виде функциональных зависимостей. Для составления банка данных и нормативов использовались все доступные источники информации: данные агрохимического обследования почв, полевых опытов, рекомендации лучших хозяйств и другие рекомендации по применению удобрений составлялись с помощью ЭВМ практически для всех хозяйств Латвии (Дзюин Г.П., Безносков А.И., Холзаков В.М., 1986; Ганусевич Ф.Ф., 2009).

Коллективом авторов ЮЖНИИГиМ и научно-исследовательских учреждений Северного Кавказа (Кан Н.А., Бурдюгов В.Г., Балакай Г.Т., 1985)

была создана региональная система программирования урожаев, основанная на алгоритмах планирования агрокомплекса (АПА). С помощью этих алгоритмов специалист хозяйства на основании доступных данных о состоянии поля мог спланировать агрокомплекс, учитывающий индивидуальные особенности поля, технические возможности хозяйства, прогноз метеоусловий. АПА содержит правила в разных формах: в виде выраженного словами логического условия, формулы, таблицы (Агеев В.В., Демкин В.И., 1991). Если в зоне действует служба программирования урожаев, располагающая математическими моделями культур, расчеты выполняются вычислительным центром. При этом качество планирования повышается. Опыт широкого применения этого метода в хозяйствах Северного Кавказа показал, что своевременное и качественное выполнение всего комплекса агротехнических мероприятий обеспечивает получение 60 ц/га озимой пшеницы, свыше 40 –зерна кукурузы, 600 ц/га – зеленой массы многолетних трав и кукурузы на силос (Агеев В.В., Подколзин А.И., 2001; Есаулко А.Н., Агеев В.В., Стороженко А.Ю. и др., 2003; Есаулко А.Н., 2006).

1.2. Агрехимические и технологические основы программирования урожайности озимой пшеницы

Агротехническое обоснование уровня урожайности для каждого поля севооборота является первой частью программы по созданию посевов высокой продуктивности, имеющих оптимальное сочетание всех факторов жизнедеятельности растений. Программирование урожая требует своевременного выполнения всего комплекса работ согласно технологической карте от подготовки почвы и семян до уборки урожая (Баранов В.Д., Тараканов И.Г., 1990; Changjie J., Tiefan P., 2007; Передериева В.М., Власова О.И., 2015).

Урожай формируется за счет солнечной энергии и углекислого газа, находящегося в атмосфере. Поэтому все агротехнические приемы направлены на то, чтобы помочь растению лучше использовать солнечную

энергию. Зная приход ФАР за период вегетации, можно поставить задачу формирования посева с усвоением, например, 3% ФАР, а на основе этого показателя определить потенциальную урожайность культуры (Каюмов М.К., 1989; Rechina O., Sabo A., 2011; Пенчуков В.М., Дорожко Г.Р., Власова О.И. и др., 2013).

Обработка почвы должна обеспечить улучшение её агрофизических свойств, накопление влаги и действенную борьбу с сорняками, болезнями и вредителями. Предпосевное выращивание и прикатывание полей способствует равномерности заделки семян и сокращает испарение воды (Ковалев В.М., 1987; Aguilar J., Evans R., Vigil M. et al, 2012; Дридигер В.К., Комаров Н.М., 2013).

Определение оптимальных сроков и способов внесения удобрений (органических, минеральных и извести) имеет особое значение при программировании выращивания урожая озимой пшеницы. Внесение удобрений требует соблюдения следующих правил: оптимальная глубина заделки, оптимальное пространственное размещение относительно корневой системы и равномерное распределение по полю. Локальное (внутрипочвенное) внесение удобрений имеет преимущество перед другими способами (Минеев В.Г., 1990; Полоус Г.П., Войсковой А.И., 2013). В этом случае ленточным способом лучше вносить требуемые нормы азота, фосфора и калия одновременно. Например, ленточное внесение основного минерального удобрения осуществляется одной лентой на 3–5 см ниже клубня или на той же глубине двумя лентами по сторонам от ряда клубней на расстоянии около 5 см от центра (Шатилов И.С., 1993; Решетникова Н.Г., 2012).

Удобрение озимой пшеницы должно быть достаточно сбалансированным по элементам питания, с предотвращением избытка азота, который может вызвать полегание. Вынос элементов питания 1 ц зерна для озимой пшеницы составляет: азота (N) – 2,8–3,2 кг, фосфора (P_2O_5) – 1,2–1,4 кг, калия (K_2O) – 2,2–2,5 кг. При больших (более 60 кг/га) расчетных дозах

азотных удобрений их лучше вносить дробно, в несколько приемов. Лишние дозы азота, внесенные до посева, снижают зимостойкость растений, увеличивают вероятность гибели озимой пшеницы при перезимовке. При посеве в рядки вносят гранулированный суперфосфат (Якушев В.П. и др., 1989; Шатилов И.С., 1998; Власова О.И., Дорожко Г.Р., Передериева В.М., 2015).

Сроки сева – также важный элемент технологии программирования урожая. Здесь имеет значение время начала посева и его продолжительность. Технологическая карта должна содержать все, включая и общеизвестные, но не всегда используемые агроприемы (Шатилов И.С., Чудновский Д.Ф., 1980; Болотов И.М., 1986; Каюмов М.К., 1989; Gonchar L., Kovalenko P., 2013).

В настоящее время накоплен обширный экспериментальный материал, характеризующий ход поступления питательных веществ, необходимых на единицу хозяйственной части урожая. В условиях Подмосковья доступные для растений формы фосфора используются примерно на 5–7%, калия – на 10–12%, легкогидролизируемого азота – на 20% от их количества в почве. Учитывая эти данные, легко рассчитать количество удобрений для запланированного урожая (Кармаров В.Г., 1980; Григоров А.Н., 1993).

Ведущая роль в управлении процессом формирования урожая принадлежит водообеспечению (орошению) и удобрению культур. Коэффициент водопотребления (расход продуктивной влаги в м³/ц продукции) – величина непостоянная: он увеличивается или уменьшается в зависимости от всего комплекса агротехники (Каюмов М.К., 1977; Shenwen Vue, Shousong Vue, Chengguo Shen, 1995; Ziaei A.N., Sepaskhah A.R., 2003).

Для получения запланированного урожая сельскохозяйственных культур важно иметь сорта, которые способны создать то количество органической массы, которое рассчитано по влагообеспеченности и питанию растений (Войсковой А.И., Жукова М.П., Дубина В.В. и др., 2011). Вопросы уплотнения каждого гектара пашни во времени (выращивание двух-трех урожаев в год на единице площади) и в пространстве (совместные посевы

культур с разным уровнем расположения листьев) имеют важное агротехническое значение. Самые совершенные модели программируемых урожаев сельскохозяйственных культур имеют практическое значение в том случае, если весь процесс формирования урожая будет реально управляемым (Симакин А.И., 1983; Болотов И.М., 1986; Кулаковская Т.Н., 1988; Falisse A., Bodson B., 1989).

Важнейшим условием программирования и достижения заданной урожайности является обоснование оптимальных доз удобрений, удовлетворение заранее известных потребностей растений в питательных веществах, сохранение и повышение эффективного плодородия почвы, а также охрана окружающей среды (грунтовых вод, водоемов) от загрязнения химическими мелиорантами (Gallagher E.J., Bryan R., 1989; Духовный В.А., Нерозин С.А., 1989). Положительные результаты при обосновании норм питательных веществ дает учет следующих агрохимических показателей: химический состав основной и побочной продукции; вынос элементов минерального питания единицей урожая; обеспеченность почв доступными для растений азотом, фосфором, калием и микроэлементами; использование NPK почвы и удобрений полевыми культурами с учетом типа почвы, погодных условий и уровня заданной урожайности; окупаемость 1 кг действующего вещества NPK урожаем (Салмин И.Д., 1978).

Технологические основы программирования урожаев требуют четкого осуществления в заданной последовательности специально разработанного комплекса технических операций, необходимых для достижения на каждом этапе формирования урожая заранее рассчитанных количественных и качественных показателей роста, развития и продуктивности в агрофитоценозе (Семенов В.А., Селиванова Л.А., 1988). Технология получения программируемых урожаев основана на точном расчете и требует строгой производственной дисциплины при выполнении всех без исключения операций. Только в этом случае удастся осуществлять эффективное управление формированием заданного урожая

сельскохозяйственных культур в соответствии с составленной программой (Чернавский Н.П., 1979; Ермохин Ю.И., Трубина Н.К., 2012; Власова О.И., 2014).

Программированное возделывание сельскохозяйственных культур требует четкого осуществления в заданной последовательности специально разработанного комплекса технологических операций, необходимых для достижения на каждом этапе формирования урожая заранее рассчитанных количественных и качественных показателей роста, развития и продуктивности растений (Каюмов М.К., 1978; Можаяев Н.И., 1986; Ковтун В.И., Войсковой А.И., 2015).

В связи с тем что технология программированного выращивания урожая, обеспечивающая резкое повышение урожайности, требует некоторых дополнительных материально-технических затрат и привлечения дополнительных трудовых ресурсов, возможности широкого внедрения нового метода в хозяйствах могут различаться и определяться уровнем материально-технической базы хозяйства. Поэтому на данном этапе развития земледелия целесообразно вести по каждой культуре разработку нескольких типовых технологий, рассчитанных на получение разных уровней урожайности (от средней до максимальной экономически оправданной). Наличие таких технологий позволяет внедрить программированное выращивание урожая практически в любом хозяйстве и существенно увеличить валовые сборы зерна (Болотов И.М., 1986; Гриценко В.В., Долгодворов В.Е., 1986; Gutteridge R.J., Hornby D., Hollins T.W., 1993; Балацкий М.Ю., Кривенко А.А., Войсковой А.И. и др., 2010; Гуруева А.Ю., 2014).

Важным этапом программирования является обоснование технологической карты получения запрограммированного урожая. Технологическая карта – это технический проект урожая. В нем закладываются детальный план мероприятий, отражающий последовательность, сроки, количество и качество всех работ подготовки

семян к посеву до завершения уборки (Шатилов И.С., Чудновский Д.Ф., 1980; Можаяев Н.И., 1985; Борисенко В.В., Войсковой А.И., Балацкий М.Ю., 2009).

При программировании урожайности необходимо строго соблюдать технологические требования по возделыванию сельскохозяйственных культур, в особенности по срокам проведения всех технологических операций на каждом поле (Грошев А.Н., 1986; Рыков В.Б., Камбулов С.И., Дридигер В.К., 2014). Технологические схемы выращивания запрограммированной урожайности большинства сельскохозяйственных культур включают в себя правильно подобранные следующие операции:

- рациональная обработка почвы. Основа высокой урожайности закладывается уже перед посевом, а именно в результате обработки почвы;

- применение высококачественного семенного материала. Применение высококачественного семенного материала с высокой всхожестью имеет решающее значение на раннем этапе развития растений (Кармаров В.Г., 1980; Дридигер В.К., Жукова М.П., 2014);

- расчет оптимальной нормы высева с учетом почвенно-агроклиматических условий района возделывания. Норма высева уже в значительной мере определяет желательное число растений на 1 м²;

- равномерная глубина посева. Цель возделывания сельскохозяйственных культур заключается в достижении равномерной и высокой полевой всхожести (Каюмов М.К., 1978);

- целенаправленная борьба с сорняками. Для реализации высокой урожайности сорта необходимо как можно раньше исключить влияние сорняков, конкурирующих с культурными растениями за факторы роста;

- борьба с болезнями и вредителями. Важно гарантировать, чтобы вложенные до сих пор затраты приводили также к ожидаемой урожайности. Ибо, если проявить халатность и допустить развитие болезней и вредителей, это может повлечь за собой значительные потери урожайности (Каюмов

М.К., 1989; Шутко А.П., Марюхина А.Г., Цапко Л.И. и др., 2005; Шутко А.П., 2014);

– уборка – завершающая технологическая операция при возделывании полевой культуры. Главная задача заключается в том, чтобы собрать урожай с минимальными потерями количества и качества продукции. Для каждой культуры эта задача решается своими технологическими приемами и своим набором техники (Коданев И.М., 1974).

В технологической карте должны быть учтены общеизвестные, но не всегда используемые агроприемы (Мальцев В.Ф., Бельченко С.А., Сорокин А.Е. и др., 2007):

– выбор наилучшего варианта размещения культуры в полях севооборота с учетом предшественника и состояния окультуренности контура;

– подбор высокоурожайного для данного хозяйства, устойчивого к полеганию и заболеваниям сорта;

– посев высококачественными семенами (Можаев Н.И., 1983; Шутко А.П., Шматко С.В., Пчелинцева В.А., 2007);

– предпосевная калибровка семян с использованием на посев семян средней фракции, предпосевное прогревание семян;

– предпосевное протравливание семян всех культур;

– определение оптимальной нормы посева семян данной партии для программируемого урожая с учетом показателя массы 1000 семян и посевной годности (Баранов В.Д., Тараканов И.Г., 1990; Дридигер В.К., Дрёпа Е.Б., Попова Е.Л., 2011);

– обеспечение более равномерного распределения семян по поверхности почвы за счет перекрестного или узкорядного посева зерновых;

– борьба за сохранение и оптимальное использование почвенной влаги в весенний период (Кулинцев В.В., Дридигер В.К., 2014);

– равномерное внесение минеральных удобрений (Гриценко В.В., Долгодворов В.Е., 1986);

- шлейфование (выравнивание) поверхности почвы, совмещенное с предпосевной культивацией;
- предпосевное (в рядки) внесение сложных гранулированных удобрений;
- прикатывание посевов зерновых (Каюмов М.К., 1977);
- боронование посевов озимых при уплотнении почвы и образовании корки;
- использование гербицидов для подавления сорняков на посевах зерновых в период кущения;
- использование ретардантов в целях предупреждения полегания зерновых, применение некорневых подкормок (Кулаковская Т.Н., 1988; Коледа К.В., 2010).

Поскольку многие важные факторы среды остаются нерегулируемыми, то даже при оптимизации всех регулируемых факторов невозможно получать высокие урожаи ежегодно. Доля риска в разных зонах различна. Она определяется процентом лет с острым недостатком влаги или с избыточным увлажнением, с заморозками, губительным градом. Определить долю риска помогают результаты многолетних наблюдений зональных метеостанций. Чем больше процент лет с неблагоприятными метеорологическими условиями, тем выше доля риска получения высокого урожая (Шадских В.А., Кижяева В.Е., 2008; Косьянчук В.П., 2010).

Всестороннее и полное программирование хода формирования урожая с учетом всех влияющих на него факторов осуществить пока еще трудно. Однако многолетние поиски исследователей позволяют уже сегодня использовать некоторые обобщения для разработки элементов программирования урожая, осуществлять некоторую коррекцию условий выращивания в ходе его формирования (Тютюнов С.И., Никитин В.В., Воронин А.Н., 2013; Дорожко Г.Р., Пенчуков В.М., Передериева В.М. и др., 2013).

1.3. Роль удобрений при программировании урожаев озимой пшеницы

До настоящего времени зависимость между наличием питательных веществ и формированием урожаев полевых культур изучали в нескольких направлениях. Самыми старыми и одновременно самыми обширными являются исследования зависимости урожая от питательного режима почвы или внесения удобрений. На основе этих исследований была установлена математическая зависимость в виде логарифмической кривой (Журбицкий З.И., 1971; Dupret C., 1989). Однако многочисленные эксперименты по уточнению и корректировке полученной кривой позволили прийти к заключению, что однозначного математического выражения, характеризующего зависимость урожаев от питательных веществ в среде (почве), быть не может. Оказалось, что в зависимости от почвенного плодородия кривая урожая может иметь различную форму, чаще всего параболическую или сигмондальную, и на её вид существенное влияние оказывают экологические факторы. Помимо существенного влияния этих факторов, важно учитывать и способность растительного организма к авторегулированию, компенсации и приспособлению: все это затрудняет применение абсолютных констант кривых урожаев (Афендулов К.П., Лантухова А.И., 1978; Prasad B., Carver B.F., Raunatal W.R., 2007).

Исследования зависимости между содержанием питательных веществ в почве и урожаем показали, что отдельное изучение поглощения питательных веществ растениями и зависимости между этим поглощением и формированием урожаев более целесообразно. Величина урожаев зависит от процесса потребления элементов питания растениями из почвы и удобрений и от использования поглощенных элементов на создание органического вещества (Каюмов М.К., 1981; Jørgensen J.R., Jørgensen R.N., 2007; El-Nashaar H.M., Vanowetz G.M., Griffith S.M. et al., 2010; Кирпо Н.И., 2010).

Определение оптимальных доз минеральных удобрений под запланированные урожаи является наиболее сложным вопросом современной агрономической науки и практики химизации. Здесь находит отражение не

только вся сложность взаимоотношений между растениями, удобрениями, почвой, агротехническими условиями эффективности удобрений, климатом, но и экономическая эффективность разных доз (Агеев В.В., Есаулко А.Н., Подколзин А.И. и др., 2008).

При определении оптимальных доз удобрений учитывают следующие основные условия: общую потребность данной культуры в питательных элементах, которая зависит от уровня урожая (с учетом его качества) и условий выращивания растений; возможное использование растениями питательных веществ почвы; технику внесения удобрений; коэффициенты использования растениями питательных веществ минеральных и органических удобрений; экономические и организационно-хозяйственные условия, определяющие экономическую эффективность разных доз удобрений (Агеев В.В., Чернов А.П., Куйдан А.П. и др., 1999; Агеев В.В., Подколзин А.И., 2005).

По данным И.М. Болотова (1986), важным условием программирования и достижения заданного урожая являются обоснование оптимальных норм удобрений, удовлетворение заранее известных потребностей растений в питательных веществах, сохранение и повышение эффективного плодородия почвы. При обосновании норм удобрений для всех типов почв положительные результаты дает учет химического состава (содержания NPK) основной и побочной продукции, выноса элементов минерального питания единицей урожая, обеспеченности почв азотом, фосфором, калием и микроэлементами, использования NPK почвы и удобрений полевыми культурами в зависимости от типа почвы, погодных условий и уровня заданных урожаев, окупаемости одного килограмма NPK урожаем.

При программировании урожаев исследователями значительная роль отводится обоснованию доз и соотношения питательных веществ в удобрениях. Различия в почвенных, климатических условиях, разнообразие культур, сортов, гибридов и специализация растениеводства и земледелия привели к появлению более 40 методов (способов) расчета доз удобрений на

запланированный урожай (Каюмов М.К., 1978; Krasowicz S., Podolska G., 1996).

Программирование доз удобрений должно начинаться с определения эффективного плодородия почв. Либих писал: «Всякая почва лишь в том случае является вполне плодородной для того или иного вида растений, скажем для пшеницы, если каждая из частиц её, соприкасающихся с корнями, содержит все необходимые для пшеничного растения питательные вещества и притом в такой форме, которая позволяет корням усваивать эти вещества на любом этапе развития растения, должное время и в надлежащем их взаимном соотношении» (Колкер Ю.И., Полуэктов Р.А., 1975).

При программировании урожаев возникает необходимость внесения такого количества удобрений и в таком соотношении, которые обеспечивали бы получение рассчитанной величины урожайности продукции высокого качества. Для успешного выполнения этой задачи необходимы точные сведения, характеризующие особенности поступления питательных веществ в разные фазы развития растений, их распределение по отдельным органам (Дорохов Л.М., 1956; Гриценко В.В., Долгодворов В.Е., 1986).

Количество доступных растениям питательных веществ в почве, определяющее ее эффективное плодородие, зависит от свойств почвы, количества внесенных удобрений, предшественников и других факторов. Поэтому количество отдельных элементов питания в почве не всегда соответствует нужному для растений. Соотношения между азотом, фосфором и калием дают возможность характеризовать и сравнивать почвы по питательному режиму соответственно установленному в науке положению о взаимосвязи действия факторов растений и концепции о соответствии между выравненными соотношениями элементов в почвах и в составе растений, при которых получают наивысший урожай (Глухих М.А., 2005; Агеев В.В., Подколзин А.И., 2006).

При внесении удобрений необходимо учитывать два положения – ход поступления питательных веществ и динамику развития корневой системы с

тем, чтобы в каждый период растение полностью было удовлетворено в необходимых элементах питания (Jaquetart J.P., 1989; Можяев Н.И., 1996).

В сравнении с другими зерновыми культурами озимая пшеница более требовательна к удобрениям в связи со слабо развитой корневой системой и способностью поглощать питательные вещества из почвы, особенно трудно растворимые. Но в то же время, имея очень длинный вегетационный период, озимая пшеница усваивает из почвы основную массу питательных веществ в течение очень короткого периода времени – от фазы выхода в трубку до молочной спелости зерна. За этот период времени растение усваивает 78–92% азота, 75–88% фосфора и 85–88% калия (Агеев В.В., Подколзин А.И., 2001; 2005; Есаулко А.Н., 2006).

В период появления всходов и до весеннего возобновления вегетации растения озимой пшеницы усваивают 8–22% азота, 12–25% фосфора и 12–15% калия. Повышенное использование питательных веществ в этот период связано с развитием корневой системы, кущением растений и накоплением запасных веществ, необходимых для хорошей перезимовки растений. При повышенных требованиях пшеницы к элементам питания в различные фазы роста и развития растений максимальный эффект от минеральных удобрений получают лишь при внесении их по определённой схеме: под основную обработку почвы – 100% калийных удобрений и 85–90% фосфорных; при посеве с семенами – 10–15% фосфорных удобрений (Васильченко В.В., Столяров А.И., 1992; Агеев В.В., Есаулко А.Н., Подколзин А.И., 2008). Допосевное внесение азотных удобрений в различных республиках редко приводит к росту урожайности озимой пшеницы. Азотные удобрения осенью следует вносить в следующих случаях: если озимая пшеница посеяна на почвах низкого плодородия, поздно, по неблагоприятным предшественникам, сильно истощающим почву, или в случае короткого периода между уборкой предшествующей культуры и посевом пшеницы, когда в почве не может накопиться достаточного количества минерального азота. В подобных случаях можно вносить небольшие дозы азотных

удобрений (10–15 кг/га д.в.) в качестве основного удобрения или при посеве в рядки в виде комплексного (Агеев В.В., Чернов А.П., Куйдан А.П. и др., 1999; Голосной Е.В., Агеев В.В., Подколзин А.И., 2013).

При программировании урожая 60 ц/га в весенний период после схода снежного покрова следует произвести подкормку озимой пшеницы, так как в это время она особенно нуждается в азоте (Бильдиева Е.А., 2008).

Для получения урожайности озимой пшеницы на уровне 30–40 ц/га азотные удобрения вносятся в три-четыре срока (до посева при необходимости, в начале вегетации, в начале выхода растений в трубку и в начале колошения), 60 и более ц/га – в четыре-пять сроков (до посева при необходимости, в начале вегетации, в начале выхода растений в трубку, в середине фазы выхода растений в трубку и в начале колошения) (Войтенко С.И., 1988).

До посева азотные удобрения рекомендуется вносить при размещении пшеницы после небобовых предшественников, на почвах с низким содержанием гумуса (на суглинистых – менее 2%, супесчаных – менее 1,8%), если органические удобрения не вносились ни под предшественник, ни под саму культуру. Осеннее внесение азотных удобрений допускается и в том случае, когда очень короткий срок предпосевной обработки почвы. До посева вносят 20–40 кг/га азота. Формы удобрений: КАС, мочевины, аммиачная селитра (Бельтюков Л.П., 2002; Есаулко А.Н., 2006).

Первую подкормку азотными удобрениями весной проводят в начале возобновления активной вегетации растений, когда среднесуточная температура воздуха превысит +5°C и появятся молодые корешки. Цель первой ранневесенней подкормки азотом заключается в том, чтобы усилить мощьность кущения растений. Провести ее надо в максимально сжатые сроки (не более чем за 10 дней), так как при поздних сроках подкормки на боковых побегах сформируется укороченный колос, который не даст полноценного зерна или не успеет созреть к началу уборки (Коренев Г.В., Привалов А.Я., 1984). Рекомендуемая доза азота для первой ранневесенней подкормки

озимой пшеницы – 60–70 кг/га. Лучшей формой азотных удобрений является КАС (без разбавления), которая позволяет внести азот по поверхности поля с максимальной равномерностью (Каюмов М.К., 2007).

Вторая подкормка проводится в фазу начала выхода растений в трубку (над поверхностью почвы начинает прощупываться первый узел). В эту фазу закладывается основной потенциал урожайности как озимой пшеницы, так и других озимых зерновых культур (длина колоса, число зерен в колосе). Рекомендуемая доза азота для второй подкормки – 25–40 кг/га. При планировании средних уровней урожайности в эту фазу можно применять КАС в разведении 1:3. При планировании высоких уровней урожайности необходимо иметь в виду, что важным условием формирования урожая является как можно большая продолжительность функционирования листового аппарата растений. Чем больше продолжается фотосинтетическая деятельность листьев, тем выше будет окупаемость удобрений и конечный урожай. Поэтому следует избегать ожогов листового аппарата, осторожно относиться к применению КАС и отдавать предпочтение твердым формам азотных удобрений – аммиачной селитре, мочеvine (Носов П.В., 1979; Минеев В.Г., 1990).

Третья подкормка в середине фазы трубкования (флаговый лист) планируется для получения высокой урожайности (более 60 ц/га). Рекомендуемая доза азота – 20–25 кг/га. Формы удобрений: аммиачная селитра, мочеvine, КАС с разведением водой в соотношении 1:3 или 1:4 (использовать опрыскиватели с волоочильными шлангами) (Агеев В.В., Подколзин А.И., 2005).

Четвертая подкормка проводится в начале колошения для улучшения качества зерна. Рекомендуемая доза азота – 10–20 кг/га. Формы удобрений: 10–15%-ный раствор мочевины, КАС в разведении 1:3 или 1:4 (Афендулов К.П., Лантухова А.И., 1978; Агеев В.В., Подколзин А.И., 2006).

По данным М.В. Кончакова (1993), формирование урожайности зерна на уровне 60–80 ц/га при низкой обеспеченности почвы фосфором и калием

связано с необходимостью применения очень высоких доз удобрений, что значительно повышает себестоимость производства зерна, а также связано с большим риском из-за возможного негативного влияния неблагоприятных погодных условий. Поэтому на низкокультуренных почвах с невысокими запасами подвижных форм фосфора и калия высокая урожайность озимых зерновых культур не планируется.

Фосфорные и калийные удобрения под озимую пшеницу вносят до сева под основную обработку почвы. Фосфор в почве малоподвижен, и в начальный период роста очень важно обеспечить растения водорастворимыми удобрениями в зоне развития корневой системы, поэтому обязательным приемом должно быть припосевное внесение фосфора в дозе 10–15 кг/га д.в. (Тихонов А.А., 2010). Подкормки фосфорными и калийными удобрениями нецелесообразны из-за низкой их эффективности. Возможно проведение подкормки калием на почвах легкого гранулометрического состава (Васильченко В.В., Столяров А.И., 1992).

По данным М.Б. Гилис (1978) при планировании урожаев в 30–40 ц/га (по занятым парам) расчетные дозы азота на черноземах Башкирии составляют 60–80 кг/га. Дробное внесение этих доз ($\frac{2}{3}$ до посева и $\frac{1}{3}$ весной) преимуществами по сравнению с однократным допосевным внесением азота в наших опытах не имело: дополнительная прибавка урожая зерна при дробном внесении в среднем за три года составила 1 ц/га. Однако при расчетных дозах азота 90–120 кг/га и более (при планировании урожаев на 50 ц/га на черноземах, а также на 40–45 ц/га на серых лесных почвах) дополнительная прибавка урожая от дробного его внесения достигает 1,8–2,5 ц/га. Коэффициент использования азота из удобрений при этом достоверно повышается на 4,5–5,7%.

Программирование урожаев позволило в 2 раза повысить продуктивность полей в хозяйстве. Внесение расчетных доз удобрений оказало существенное влияние на формирование урожая. При сопоставлении основных факторов, влияющих на урожай, выявлено, что доля участия

удобрений оказалась самой высокой (66,3%), лишь 28,6% приходилось на долю погодных условий и 3,1% – на долю случайных факторов.

Проведение опытов по выявлению потенциальной продуктивности озимой пшеницы и обоснованию доз удобрений на разные уровни урожаев показало, что программирование продуктивности выше 50 ц/га зерна почти во все годы оказалось экономически не оправданным (Шатилов И.С., Каюмов М.К., 1970; Грошев А.Н., 1986).

При внесении доз удобрений на 45 ц/га зерна урожай был на 4,3 ц/га меньше заданного и в опыте с нормами NPK на 55 ц/га – на 11,3 ц/га. Методом сравнения фактического выноса питательных веществ с планируемыми были рассчитаны коэффициенты точности доз удобрений, применяемые для корректировки системы питания растений при программировании урожаев. Внесение расчетных доз удобрений на получение 55 ц/га оказалось нецелесообразным, потому что растения в этом случае не использовали от 12,4 до 20,7% азота, от 7,7 до 17,4% фосфора и от 12 до 18% калия, или в сумме от 32,1 до 54,6% питательных веществ от заданных величин. Вместо 8,4 кг зерна на 1 кг NPK получено всего 5,5 кг (Климанов А.А., Лиспопад Г.Е., Иванов А.Ф. и др., 1973).

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. Нормы, соотношения и дозы по способам внесения удобрений устанавливали по результатам агрохимических анализов растительной диагностики, затем в соответствии с уровнем прироста (Шеуджен А.Х., 2010; Савельев В.А., 2010; Pigorev I.Ya., Tarasov S.A., 2014).

В условиях Ставропольской возвышенности внедрение расчетных систем удобрений на черноземе выщелоченном способствует повышению урожайности, продуктивности звена севооборота и качества

сельскохозяйственной продукции (Голосной Е.В., Агеев В.В., Подколзин А.И., 2013).

В полевых опытах с удобрениями установлено, что растения используют только часть питательных веществ, внесенных в почву. Средние коэффициенты использования растениями азота (от общего внесенного количества) колеблются в пределах 40–60%, фосфора – 10–20 и калия – в пределах 20–40%. На эти величины, помимо обеспеченности почвы питательными веществами, влияют также её физико-химические свойства и другие экологические факторы, взаимодействие питательных элементов и емкость поглощения растений. Указанные факторы определяют изменение характера взаимозависимости между питательными веществами в почве и их поступлением в растения, однако в полевых условиях она никогда не бывает линейной (Кулаковская Т.Н., 1975; 1978).

В почвах, недостаточно обеспеченных питательными веществами, не создаются условия для интенсивного поглощения растениями питательных веществ. Доказательством этого служат результаты длительных стационарных опытов с модельными севооборотами, где на буроземах (высота 600 м над уровнем моря) в варианте без удобрения поглощение питательных веществ было на 40% слабее, чем в вариантах с системами внесения полного удобрения (Шаповалов Н.К., Солдат И.Е., 2013).

На усвоение питательных веществ из удобрений существенно влияют доза, форма и способ их внесения, а также вид питательного вещества, степень и форма его доступности для растений. При сравнении поглощения азота, внесенного в различных формах под озимую пшеницу на замершую почву, оказалось, что в наибольшей степени усваивался азот из сульфата аммония и в наименьшей – из цианамидка кальция (Шатилов И.С., Замараев А.Г., Чаповская Г.В., 1985).

Важно не только правильно рассчитать потребность нормы удобрений. Важно своевременно их внести. При возделывании озимой пшеницы с составлением технологической колеи 90% фосфора и 100% калия удобрений

при отсутствии условий для вымывания вносят с осени под основную обработку почвы, 10% фосфора при посеве в рядки. Если по результатам почвенной диагностики в осенний период запасы азота в почве незначительны, то перед посевом необходимо внести 20% расчетной нормы азота. Лучше это сделать под предпосевную культивацию (Шатилов И.С., 1993; Филин В.И., 2014).

При условии достаточного увлажнения первую подкормку весной азотом проводят в фазе кущения, внося 30% расчетной нормы азота. Вторую подкормку целесообразно проводить в фазе выхода в трубку. При этом эффективно внесение 50% нормы азота, но не более 80 кг/га. (Бондаренко Н.Ф., Полуэктов Р.А., Якушев В.П., 1986; Якушев В.П. и др., 1989).

1.4. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

На формирование урожая сельскохозяйственных культур влияют природные факторы (естественное плодородие почвы, погода), биологические (органические удобрения, семена, гибриды), организационно-техногенные (обработка почвы, минеральные удобрения, мелиоранты, средства защиты растений) (Листопад Г.Е., Иванов А.Ф., Филин В.И., 1984; Митина Н.П., Гончаров Н.Ф., 1995; Ruikun Ma, Jiali J., Xiuling J., 1995).

В экстенсивном земледелии, основанном на минимальном вложении в землю и в производство, получение урожая на 50–60% обусловлено природными факторами. В интенсивном земледелии за счет сортосмены, высокого уровня химизации резко возрастает роль биологических (28–37%) и техногенных факторов (37–43%) (Чухнин Ю.А., Соколов В.А., Надежина Н.В. и др., 1988).

Озимая пшеница одна из наиболее требовательных к плодородию почв зерновых культур и положительно реагирует на внесение удобрений. Удобрения способствуют экономному использованию почвенной влаги, улучшают зимостойкость, способствуют сохранению и улучшению

плодородия почвы, повышают урожай зерна и его качество. Положительное влияние удобрений на урожайность пшеницы объясняется тем, что в почве питательные вещества содержатся в труднорастворимой форме и из-за недостаточной физиологической активности корневой системы недоступны растениям (Long E., 1988; Mr GlerkS, 1989; Blum A., Klueva N., Nguyen H.T., 2001; Неволлина К.Н., Попова С.И., 2011; Голосной Е.В., Есаулко А.Н., Сигида М.С., 2013).

Фосфор является одним из важных элементов, необходимых растениям. Хотя содержание его невелико, но благодаря своей роли в обеспечении протекания физиолого-биохимических процессов без него жизнь невозможна. Он играет огромную роль в синтетических процессах, происходящих в растениях, таких как фотосинтез, синтез углеводов, белков, участие в процессе дыхания. С фосфором связана энергетика всех протекающих в растительной клетке синтетических процессов и передача наследственных признаков (Nisar A., 1989; Мельник А.Ф., Мартынов А.Ф., 2012).

Из общего количества фосфора, поступившего в растение, около половины его находится в органической форме, остальная часть – в минеральной. Высокое содержание фосфора в растениях является необходимым условием для нормального протекания физиолого-биохимических процессов (Окороков В.В., Семин И.В., 2014).

Калий содержится в растениях в основном в ионной форме, только небольшая часть его находится в связанном состоянии. Калий встречается во всех органах растений, в наибольшем количестве – в молодых тканях и органах, а также в местах отложения резервных питательных веществ.

Калий в ионной форме отличается большой подвижностью. Он хорошо передвигается из старых листьев в более молодые, особенно при резком его недостатке (Сорокин А.И., Гольдварг Б.А., Унканжинов Г.Д., 2012).

При исключении калия из питательного раствора в фазе колошения снижался урожай зерна с 51 до 46,6 г/сосуд в результате уменьшения массы

1000 зерен, и снижалось содержание белка в зерне с 29,6 до 19%, то есть недостаток калия ухудшил приток углеводов в зерно и в еще большей степени – азотистых веществ (Решетникова Н.Г., 2012).

Фосфорные и калийные удобрения на выщелоченном черноземе имеют подчиненное значение и эффективнее действуют при систематическом внесении совместно с азотными. А.И. Симакин (1983) считает, что оптимальная доза фосфора на выщелоченных черноземах под озимую пшеницу составляет 60 кг/га. На почвах, низко обеспеченных фосфатами, дозу фосфора можно повышать до 90 кг/га.

Эффективность калийных удобрений на черноземах низкая и неустойчивая, так как эти почвы содержат значительные запасы доступного растениям калия и характеризуются высокой способностью высвобождать необменный калий. Только при длительном использовании черноземов и применении больших количеств азотных и фосфорных удобрений запасы почвенного калия истощаются, и появляется потребность в применении калийных удобрений (Жукова Л.М., 1980).

Доза калия под озимую пшеницу, по данным Ю.Г. Погорелова и В.Д. Гавенского (1976), при разном количестве азотно-фосфорных удобрений не должна превышать 40 кг/га, независимо от обеспеченности почвы калием. Однако при низком содержании почвенного калия доза его может быть повышена до 60 кг/га. Исключение калийных удобрений может привести к снижению плодородия почвы (Погорелов Ю.Г., 1988).

На черноземе южном при средней обеспеченности подвижным фосфором, повышенной и высокой – подвижным калием припосевное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{10}P_{40}$ способствовало росту урожайности зерна на 10,1, а сбора белка – на 12,7%. Повышение дозы азота до 40 кг/га увеличивало прибавку урожайности в 2,47 раза – до 0,47 т/га, или 24,9% от контроля, а сбора белка в 2,76 раза – до 69 кг/га, или 35,0% (Агафонов Е.В., Клыков В.В., Громаков А.А. и др., 2014).

В литературе встречаются сведения, что фосфорные и калийные удобрения, как правило, не оказывают существенного влияния на содержание белка в зерне (Стрельникова М.М., 1968).

По данным М.К. Каюмова (1977), на содержание белка наряду с фосфорными и калийными удобрениями значительное влияние оказывают азотные. Иногда азотные удобрения при основном внесении резко повышают урожай, не вызывают значительного увеличения белковости зерна, а временами даже снижают её. И наоборот, в годы со слабой эффективностью азота содержание белка возрастает на большую величину.

Азот – это один из важнейших питательных элементов для всех растений. Он входит в состав таких важных органических веществ, как белки, нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, алкалоиды, фосфатиды, играющие исключительно важную роль в жизнедеятельности растительных организмов. Азот входит в состав витаминов и хлорофилла, а следовательно, косвенно участвует в процессе фотосинтеза (Кореньков Д.А., 1990; 1991; Симакин А.И., 1969; Xu Z.-Z., Yu Z.-W., Wang D., 2006).

Озимая пшеница чувствительна к недостатку азота в почве с самого начала роста и развития, так как уже с этого периода происходит формирование основных органов растения, закладывается будущий урожай. Обеспечение растений азотом в начальные периоды роста способствует усилению биохимических процессов, положительно сказывается на кушении. В условиях интенсивного земледелия при высоких дозах фосфорно-калийных удобрений ($P_{90}K_{120}$) наиболее эффективно используется азот, внесенный под предпосевную обработку в дозах 90–120 кг/га (Бутяйкин В.В., Чаткин М.Н., 2014). При этих дозах отмечается наиболее оптимальное использование элементов питания, что в значительной мере влияет на равномерное их поступление в растение, на направленность синтеза органических соединений, а следовательно, на рост и развитие озимой пшеницы. Важнейшими условиями эффективного применения азотных удобрений являются: внесение их с учетом предшественников, почвенно-

климатических условий, норм высева семян и т.д. Одновременно с использованием растениями азота удобрений происходят различные превращения азота в почве, в результате чего 20–30% его закрепляется в органическом веществе. На величину усвоения азота растениями большое влияние оказывает наличие в почве органического вещества. Тенденция к повышению урожайности озимой пшеницы отмечена при дробном внесении азотных удобрений (Иванова О.М., 2013; Алабушев А.В., Овсянникова Г.В., Янковский Н.Г. и др., 2014).

В исследованиях В.А. Бузова (2010) максимальный уровень урожайности, превышающий фон на 14,9%, обеспечивало применение традиционной аммиачной селитры, при этом полученная на этом варианте разница незначительно уступала вариантам с применением $N_{ias} N_m N_{m+тум}$. Наименьшие прибавки в урожайности зерна отмечались при использовании в подкормку N_{aaf} : в первые два года наблюдений данная форма удобрений увеличивала урожайность озимой пшеницы на 0,27 и 0,16 т/га соответственно, а полученная в 2010 г. прибавка (0,01 т/га) была в пределах ошибки опыта.

При проведении опытов по формированию урожая зерна сортов озимой твердой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения на экспериментальном поле отдела физиологии растений Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства выяснилось, что применение дробной азотной подкормки влияет на количество сырой клейковины в зерне озимой твердой пшеницы, она повышается на 2,1–3,4%, при разовой – 1,7–4,9%. Преимущество дробной подкормки по этому показателю наблюдается у сортов Крупинка, Прикумская 124, Прикумская 142 (Чапцев А.Н., 2010).

Максимальное содержание азота в растениях приходится на период от всходов до весеннего кущения и составляет 1–1,3%. В связи с этим важное значение имеют подкормки азотными удобрениями в ранневесенний период для формирования высоких урожаев и в период колошения для получения

зерна с высоким содержанием белка и клейковины (Устименко Е.А., Донцов А.Ф., Фурсова А.Ю. и др., 2013).

Для получения заданного урожая озимой пшеницы с высоким качеством зерна необходимо поддерживать оптимальное содержание общего азота в листьях: в фазе кущения – 5–5,5%, в фазе выхода в трубку – 4,5–5%, и в фазе колошения – 3–4% (Лебедевский И.А., Шабанова И.В., Яковлева Е.А., 2012).

Азот, фосфор и сера вместе с углеводом, кислородом и водородом являются строительным материалом для образования органических веществ и живой ткани растений. Азот играет большую роль в накоплении белка в зерне. В среднем его содержание в белках составляет 16–18%. (Бутяйкин В.В., Чаткин М.Н., 2014).

Озимая пшеница нуждается в азотном питании с раннего периода развития. Эта потребность в азоте обусловлена необходимостью формирования хорошо развитого ассимилирующего аппарата. Если в этот период азота не хватает, то образуется недостаточная листовая поверхность, а это отражается на величине и качестве урожая. Однако и избыточное количество азота в этот период может привести к снижению урожая зерна.

Необходимо иметь в виду, что основное количество белка в зерне накапливается благодаря оттоку азотистых веществ из вегетативных органов и немного за счет поглощения азота корнями после цветения (Горбатко Л.С., 2011).

При достаточном обеспечении растений влагой азот, внесенный в почву до посева, усиливает ростовые процессы, он используется на образование вегетативной массы (Каменских М.Г., Лейних П.А., 2014).

По данным Н.И. Толмачева, А.В. Муржинова и М.Н. Иванова (2014), в среднем за 3 года осенняя подкормка пшеницы (N_{45}) повысила урожай зерна на 4,6 ц/га, весенняя – на 5,1 ц/га при урожае на контроле 29,8 ц/га. Подкормка озимой пшеницы азотом перед уходом в зиму была или равноценна весенней подкормке, или более эффективна. Как показали

исследования динамики передвижения питательных веществ в почве, при осенней подкормке аммиачный азот и фосфорная кислота перераспределяются в основном в пахотном слое почвы. Нитраты мигрируют несколько ниже, но находятся в пределах корнеобитаемого слоя при нормальном развитии озимых, поэтому хорошо усваиваются растениями.

По данным М.П. Чуб, В.В. Пронько, Т.М. Ярошенко и др. (2014), недостаток минерального азота в посевах озимой пшеницы способствовал повышению эффективности азотных удобрений. От внесения подкормки N_{30} прибавка урожая зерна составила 47%, а на варианте $N_{120}P_{40}$ урожай увеличился более чем в 2 раза.

По данным А.Н. Есаулко, В.В. Агеева, Ю.И. Гречишкиной и др. (2011), весенняя подкормка озимой пшеницы или предпосевное внесение азотных удобрений под зерновые культуры повышают урожай, но слабо отражаются на качестве зерна. Применение 60–90 кг/га азота не всегда улучшает качество зерна. Более слабое влияние, а иногда даже отрицательное, на накопление белка в зерне оказывают общепринятые дозы подкормок – 30–40 кг/га азота. Такое положение объясняется тем, что азот, внесенный до посева или в начале роста, положительно влияет на закладку колоса, развитие вегетативной массы растений, а к периоду налива зерна азота в почве обычно бывает недостаточно. Для получения высокой белковости зерна важно, чтобы в почве было достаточное количество усвояемого азота на протяжении всего периода вегетации, и в особенности в фазу колошения – созревание. Эту задачу следует решать применением внекорневой подкормки посевов за счет дробного внесения азотных удобрений, лучше в фазу колошения – цветения (Коданев И.М., 1974; 2010).

По данным В.В. Сайко (2011), внесение расчетных доз удобрений под урожайи всех уровней улучшает фотосинтетическую деятельность растений в посевах озимой пшеницы: увеличивает максимальную площадь листьев посева на 2,1–6,5 тыс. м²/га; ФПП – на 126–324 тыс. м² х сутки/га; урожай сухой фитомассы – на 10,9–35,1 ц/га (14,8–47,6%).

П.В. Носов (1979) отмечает, что исключение азота в период от начала вегетации и до начала фазы кущения озимой пшеницы почти полностью подавляет формирование зерна. На выщелоченных черноземах, отличающихся пониженной нитрификационной способностью, где подвижные формы азота в зимне-весенний период вымываются в более глубокие слои почвы, ранневесенняя азотная подкормка повышает урожай на 8–27% (Симакин А.И., 1983). Доза азота в ранневесеннюю подкормку составляет 30 кг/га. Установлено, что внесение азотных удобрений осенью и рано весной направлено на повышение урожайности озимой пшеницы и часто не оказывает заметного влияния на качество зерна, особенно по пропашным предшественникам (Туртуряну Н.А., Антохи М.З., 1976; Малюга Н.Г., Тарасенко Н.Д., 1982; Кореньков Д.А., 1993). Согласно А.И. Симакину (1983), на выщелоченных черноземах основное удобрение повышает содержание клейковины в зерне на 0,3–0,9%, не доводя его до показателей сильной и ценной пшеницы. Только высокие дозы азота (120–180 кг/га) на фоне оптимального количества фосфора и калия и хорошие предшественники позволяют в благоприятные годы поднять содержание клейковины до 28–29%). Для гарантированного получения высокобелковой пшеницы большое внимание уделяется поздним азотным подкормкам. В полевом стационарном опыте Краснодарского НИИ сельского хозяйства введение в систему удобрения ($N_{60}P_{90}K_{45}$ до посева и N_{45} рано весной) азотной подкормки в период колошения в количестве 30 кг/га N позволяло получить ежегодно высокие урожаи на уровне 52–55 ц/га сильной пшеницы (Минеев В.Г., 1990).

В технологии возделывания озимых зерновых культур большое значение имеет применение азотных удобрений, оптимальным сроком для внесения которых является весенний период возобновления вегетации растений (Стукалов Р.С., 2014). Положительное влияние азотных удобрений на урожайность озимой пшеницы выявлено во всех природно-климатических зонах ее возделывания в России. Средняя прибавка урожайности озимой

пшеницы от внесения азота в подкормку в дозе N_{60} составляет от 2,2 до 9,4 ц/га (Окорков В.В., Семин И.В., 2013).

Для составления прогноза эффективности азотной подкормки озимой пшеницы следует учитывать такие показатели, как: сумма осадков за осенне-зимний период (август – февраль), степень обеспеченности почв азотом, содержание подвижного фосфора в почвах и дозы азота. Прибавка урожайности возросла при увеличении количества содержания подвижного фосфора в почве, уменьшалась при улучшении степени их обеспеченности доступным азотом (Шафран С.А., Прошкин В.А., Шаброва Е.В., 2013).

За 2003–2011 гг. было выявлено 78–86% продовольственной пшеницы, причем III класса – 25,8–51%, IV – 31–51,0%. Однако в среднем качество зерна остается низким, среднее содержание клейковины колеблется от 19,0 до 22,0%, белка – от 11,4 до 12,5%. Специалистами Ставропольского филиала ФГУ «Центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» сильной пшеницы практически не выявлено, хотя в крае есть большие возможности для ее выращивания. Видимо, причиной этого является неправильно подобранная система удобрения, так как есть возможность получать высокие урожаи (Войсковой А.И., Балацкий М.Ю., Галкин А.П., 2011).

По результатам исследований А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкиной и А.Ю. Олейникова (2011) дозы азотных удобрений, применяемые в качестве подкормки, существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы по сравнению с аналогичным показателем на естественном агрохимическом фоне, и разница средних величин по опыту составила 0,35–0,38 т/га. Анализируя средние данные по опыту, установили, что прибавка содержания клейковины в зерне по сравнению с контролем составляла 5,3–6,4%. При этом с ростом дозы азота как в основном удобрении (с 7,5 до 30 кг/га д.в.), так и в подкормке (с 30 до 60 кг/га д.в.) среднее значение анализируемого показателя пропорционально увеличивалось по сравнению с контролем на 1–2 и 5,3–6,4% соответственно.

Для получения зерна, отвечающего требованиям стандарта, в системе удобрений необходимо предусматривать поздние внекорневые подкормки мочевиной в период колошения – молочной спелости. Нуждаемость озимой пшеницы в азоте определяется методом листовой диагностики. За счет внекорневых подкормок мочевиной содержание белка удастся повысить на 1,5–2%, а сырой клейковины – на 3–12% (Малкандуев Х.А., Ашхотов А.М., Малкандуева А.Х. и др., 2014). Экономически выгодно подкормки проводить на тех полях, где содержание клейковины в зерне можно довести до 28 и более процентов, т.е. до требований стандарта на сильную пшеницу. Чтобы правильно выбрать поле для проведения внекорневой подкормки, необходима ранняя диагностика растений, способных накопить высокое содержание клейковины в зерне. Доза азотных удобрений рассчитывается на основании данных химических анализов: от 30 до 60 кг действующего вещества на 1 га (Мельник А.Ф., Мартынов А.Ф., 2012; Лазарев В.И., Вартанова А.Б., 2014).

Все вышеизложенное послужило целью для проведения исследований по изучению программирования урожайности озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения на основе оптимизации применения минеральных удобрений.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

2.1. Почвенно-климатические условия

Полевые опыты проводились в период с 2010 по 2014 г. на территории опытной сельскохозяйственной станции ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», находящейся в п. Демино, в 15 км от г. Ставрополя.

Опытный участок располагается в пределах Ставропольской возвышенности, на высоте 500–550 м над уровнем моря. Рельеф территории – слабоволнистая равнина, мезорельеф – северный пологий склон с крутизной около 1°.

2.1.1. Агрохимическая характеристика почвенного покрова

Почва места проведения исследований – чернозем выщелоченный, мощный, малогумусный тяжелосуглинистый. Почвообразующие породы представлены бурыми тяжелыми карбонатными элюво-делювиальными суглинками и глинами, а подстилающие породы – сарматскими отложениями, которые вместе как следствие предопределили тяжелосуглинистый пылевато-иловатый механический состав почвенного покрова (Петров Л.Н., Куприченков М.Т., Беликова С.В., 1976; Куприченков М.Т., 2005; Цховребов В.С., Фаизова В. И., 2015).

В период закладки опытов почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание органического вещества в 0–20 см слое почвы было средним (5,1–5,4%); а обеспеченность почвы подвижными формами макроэлементов соответствовала группировкам со средней обеспеченностью N-NO₃ – 16–30; P₂O₅ – 20–25 и K₂O – 220–270 мг/кг почвы.

По степени кислотности реакция почвенного раствора в пахотном горизонте почвы нейтральная, рН находится в пределах 6,1–6,5 ед. Валовое содержание в 0–20 см слое почвы общего азота составляет 0,25%, общего фосфора – 0,13–0,15%, общего калия – 2,3%.

Обеспеченность почвы подвижными формами микроэлементов (по результатам агрохимических анализов 2009 г.) была следующей: марганцем – средняя (16 мг/кг), цинком – низкая (0,7 мг/кг), бором – высокая (2,87 мг/кг). Содержание тяжелых металлов в 0–20 см слое почвы не превышало ПДК и было следующим: меди – 12,01 мг/кг, цинка – 41,5 мг/кг, марганца – 350 мг/кг, кобальта – 7 мг/кг, стронция – 8,5 мг/кг, свинца – 13,25 мг/кг, никеля – 24,35 мг/кг, кадмия – 0,37 мг/кг, хрома – 34 мг/кг почвы.

Почва опытного участка характеризуется высокой емкостью поглощения, обусловленной большим содержанием высокодисперсных илистых частиц. Емкость поглощения обрабатываемого слоя почвы – 40–42 мг-экв/100 г почвы. В составе поглощенных оснований на долю Са приходится 29–30 мг-экв/100 г почвы. Отличается плотным сложением – 1,22–1,35 г/см³.

Таким образом, почва места проведения исследований характеризуется хорошей зернисто-комковатой структурой, средней гумусированностью и такой же обеспеченностью основными элементами питания, оптимальной реакцией почвенного раствора, а в целом чернозем выщелоченный мощный, малогумусный тяжелосуглинистый благоприятен для возделывания сельскохозяйственных культур, рекомендованных для данной почвенно-климатической зоны, в том числе и озимой пшеницы.

2.1.2. Климат

Климат в районе расположения территории опытной станции умеренно сухой, характеризующийся по многолетним наблюдениям продолжительным жарким летом и теплой осенью, с довольно мягкой зимой и весной с неустойчивым температурным режимом. Средняя месячная температура самого холодного месяца февраля –3,0⁰С, самого теплого месяца июля +21,9⁰С.

Абсолютный минимум температуры воздуха может достигать –32⁰С. Зима неустойчивая, длится 85–110 дней. Снег выпадает в начале ноября. В течение зимы довольно часты оттепели, поэтому высота покрова не

превышает 10–12 см, максимальная высота – 15–20 см, а глубина промерзания почвы – 25 см. Сход снежного покрова отмечается в марте – апреле месяце.

Начало весенней вегетации и соответственно переход среднесуточных температур через отметку $+5^{\circ}\text{C}$ происходит, по многолетним наблюдениям, в начале апреля, прекращение вегетации растений наблюдается во второй декаде ноября. Почва до температуры 8–12 $^{\circ}\text{C}$ прогревается к концу апреля – началу мая. Лето довольно жаркое, максимальная температура достигает отметки $+37^{\circ}\text{C}$ и выше.

По многолетним данным, в зоне проведения опытов в год выпадает от 550 до 650 мм, в т.ч. в период активной вегетации 450–470 мм осадков.

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

Показатель	Величины
Годовая сумма осадков, мм	623
в т.ч. за период с $t \geq 10^{\circ}\text{C}$	450–470
Среднегодовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	9,2
Сумма температур за период с $t \geq +10^{\circ}\text{C}$	3000–3200
Запасы продуктивной влаги к началу вегетации в слое почвы 0–100 см, мм	160–200
Гидротермический коэффициент	1,1–1,3
Число суховейных дней	61
Продолжительность безморозного периода, дней	180–190

Сумма эффективных температур за период активной вегетации колеблется от 3000 до 3200 $^{\circ}\text{C}$. Отсюда, гидротермический коэффициент колеблется в пределах 1,1–1,3, что согласно схеме агроклиматического районирования Ставропольского края соответствует границе умеренно влажной зоны и зоны неустойчивого увлажнения (А.А. Жученко, 2011).

Таким образом, приведенные показатели подтверждают то, что климатические условия места проведения исследований благоприятны для возделывания и получения высоких и запрограммированных урожаев озимой пшеницы.

2.2. Объект исследования и схема опыта

Место проведения полевых исследований – землепользование опытной сельскохозяйственной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Исследования были проведены в 2010–2014 гг. Объект исследований – озимая пшеница (сорт Зустрич – среднеспелый (273–282 дня), среднерослый и устойчивый к полеганию. Это сорт степного экотипа, обладающий высокой экологической пластичностью, засухоустойчивостью и морозостойкостью. По качеству он относится к сильным пшеницам (содержание белка – 12,0–13,5%, клейковины – 27–28%).

В качестве минеральных удобрений были использованы: Аф, Наа и КСІ. Удобрения вносились до посева, при посеве и под основную обработку почвы. Предшественник – горох.

Размещение делянок по методу рендомизированных повторений, повторность опыта 3-кратная. Ширина – 12 м, длина – 80 м, площадь 1 делянки – 35 м², общая S опыта – 960 м², учетная S опыта – 528 м².

Опыт двухфакторный, представленный следующими факторами.

Фактор А – планируемая урожайность озимой пшеницы – сорт Зустрич 4,0; 5,0 и 6,0 т/га.

Фактор В – способы расчета минеральных удобрений.

Схема опыта представлена следующим образом (* – дозы удобрений на основе агрохимического анализа):

1. Контроль – без удобрений.
2. Рекомендованная – N₆₀P₆₀K₃₀* (В.В. Агеев и др.).
3. Планируемый урожай 4,0 т/га по методике В.В. Агеева. – N₆₀P₃₄K₃₄*.
4. Планируемый урожай 4,0 т/га по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» (1987 г.) – N₆₈P₄₄K₂₄*.

5. Планируемый урожай 5,0 т/га по методике В.В. Агеева – $N_{105}P_{60}K_{60}^*$.
6. Планируемый урожай 5,0 т/га по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» (1987 г.) – $N_{90}P_{67}K_{40}^*$.
7. Планируемый урожай 6,0 т/га по методике В.В. Агеева – $N_{126}P_{80}K_{72}^*$.
8. Планируемый урожай 6,0 т/га по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» (1987 г.) – $N_{110}P_{82}K_{51}^*$.

Расчет доз минеральных удобрений на планируемую урожайность озимой пшеницы 4,0; 5,0 и 6,0 т/га проводился по двум методикам. В соответствии с первым подходом, разработанным В.В. Агеевым (2004), дозы фосфорных и калийных удобрений рассчитывались следующим образом:

$$D = (B - B \times Kn) / Ky \times 100,$$

где D – доза P_2O_5 и K_2O , кг/га;

B – вынос P_2O_5 и K_2O с планируемым урожаем зерна, кг/га;

Kn – коэффициент использования фосфора и калия из почвы от выноса с планируемым урожаем зерна с учетом содержания в почвах подвижных форм фосфора и калия и планируемой урожайности;

Ky – коэффициент использования фосфора и калия из удобрений (40 и 70% соответственно).

Дозы азотных удобрений рассчитывались по преобразованной формуле

$$D = (B(N) - B(P_2O_5)Kn(P_2O_5)K) / Ky \times 100,$$

где K – отношение выноса N с планируемым урожаем зерна к выносу P_2O_5 с планируемым урожаем зерна;

Ky – коэффициент использования азота из удобрений (70%).

Согласно второй методике, разработанной специалистами Ставропольского НИИСХ и ГЦАС «Ставропольский» (Петрова Л.Н., Чернов

А.Я., Шустикова Е.П. и др., 1987), дозы удобрений были рассчитаны по формуле

$$D = UVK_k,$$

где U – планируемая урожайность зерна, т/га;

V – вынос N , P_2O_5 и K_2O с 1 ц планируемого урожая зерна, кг;

K_k – коэффициент компенсации выноса элементов питания за счет удобрений.

Кроме того, был включен контрольный вариант (без удобрений) и вариант со среднерекомендованными дозами удобрений для данной почвенно-климатической зоны.

2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований

В исследованиях проводились следующие наблюдения, учеты и анализы:

1. Почвенные анализы:

– нитратный азот – колориметрически с дисульфифеноловой кислотой по методу Грандваль – Ляжу, ГОСТ 26488–91;

– аммиачный азот – колориметрированием с реактивом Несслера, ГОСТ 26489–91;

– подвижные формы фосфора и обменного калия по Мачигину в модификации ЦИНАО, 26205–91;

– рН в водной суспензии (ГОСТ 26423–85);

– влажность почвы – весовым методом (Б.А. Доспехов, (1987);

– определение подвижных соединений меди и цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50686–94; ГОСТ Р 50683–94).

2. Наблюдения и учеты, проводимые в течение вегетации растений:

– фенологические наблюдения, динамика густоты стояния растений, линейный рост, накопление сухой биомассы, структура урожая по методике Госсортоиспытания (1991);

– фитосанитарный мониторинг состояния посевов проводили по методикам ВИЗР;

– содержание в растениях азота, фосфора и калия в одной навеске (Минеев В. Г., 2001);

– определение качественных показателей озимой пшеницы: белка – по ГОСТ 10846–91, массовой доли клейковины – по ГОСТ 13586.1, массы 1000 зерен – по ГОСТ 10842–89, натуры – по ГОСТ 10840–64; ИДК – по ГОСТ 27676–88;

– учет урожая методом механизированной уборки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике Госсортоиспытания (1983; 1991);

– расчет экономической эффективности разрабатываемых приемов по методике, предложенной кафедрой предпринимательства СтГАУ;

– расчеты баланса элементов питания по методике кафедры агрохимии СтГАУ (Агеев В.В. и др., 2005);

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

Отбор почвенных проб и их анализ приурочены к основным фазам развития озимой пшеницы: перед посевом, кущение, выход в трубку, колошение и полная спелость.

Глубина отбора почвенных проб на влажность и на содержание NPK составляет 0–20 см.

2.4. Погодные условия в годы проведения исследований

Сложившиеся в годы проведения опыта погодные условия отличались от среднеголетних показателей и оказали неоднозначное влияние на продуктивность культуры.

Агрометеорологические условия 2010–2011 сельскохозяйственного года в целом сложились благоприятно для формирования урожая озимых культур (рисунки 1, 2; приложения 1, 2).

Дефицит влаги в августе месяце, составивший 10% от среднемноголетней нормы, осложнил подготовку почвы под посев озимой пшеницы. Однако выпавшие в сентябре осадки позволили сформировать удовлетворительный запас продуктивной влаги в пахотном слое почвы перед посевом культуры (более 20 мм) и провести посев в рекомендуемые сроки.

Повышенный температурный фон (превышающий норму на 0,5–2,8°C), а также благоприятные условия увлажнения, наблюдавшиеся в октябре 2010 г., способствовали активной вегетации озимой пшеницы. В целом за осенний период вегетации культуры выпало 169 мм осадков, или 130% от среднемноголетней нормы, что сформировало оптимальные условия влагообеспеченности пахотного слоя (35–40мм) перед завершением осенней вегетации пшеницы. Прекращение ростовых процессов наблюдалось при хорошем состоянии посевов и пришлось на третью декаду ноября, что соответствовало обычным срокам. К наступлению периода зимнего покоя растения находились в фазе кущения.

В начале зимы 2010 г. опасных гидрометеорологических явлений для озимой пшеницы не отмечалось. Температура почвы на глубине залегания узла кущения не опускалась ниже $-1 \dots -6^\circ\text{C}$, что не представляло опасности.

Однако наблюдавшиеся в начале января низкие температуры воздуха ($-20 \dots -30^\circ\text{C}$) обусловили снижение анализируемого показателя до критических для растений значений $-10 \dots -11^\circ\text{C}$. Наличие снежного покрова высотой от 4 до 18 см позволило избежать значительных повреждений посевов. В последующем агрометеорологические условия перезимовки озимых оценивались как удовлетворительные.

В целом зимний период 2010–2011 г. отличался пониженным температурным режимом (в среднем ниже на $0,7^\circ\text{C}$), а по

влагообеспеченности соответствовал среднемноголетним значениям.

Агрометеорологические условия развития озимых культур в весенне-летний период складывались благоприятно и удовлетворительно. Возобновление вегетации озимой пшеницы наблюдалось 2–10 марта, что раньше многолетних сроков на 20–30 дней. Хорошее состояние культуры после перезимовки и более чем достаточные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы (170–180 мм) обусловили высокую отзывчивость культуры на проведение ранневесенней азотной подкормки. До конца марта у растений продолжалось кущение. Активное нарастание температуры в марте – апреле (средние температуры воздуха превышали климатические нормы на 2,2–5,7°C) происходило при относительно невысоком дефиците влаги (38%), что способствовало сокращению межфазного периода кущение – выход в трубку. Прохладная с достаточным количеством осадков погода мая была благоприятной для прохождения фазы колошения озимой пшеницы. Среднесуточные температуры воздуха в мае были ниже климатической нормы на 0,3–2,4°C, а дефицит влаги составил лишь 18%. Сумма осадков, выпавших за весенний период вегетации, составила 185 мм, что ниже климатической нормы на 13%.

Температура воздуха в июне была выше среднемноголетних значений на 0,5°C. У озимой пшеницы в третьей декаде июня продолжалось созревание – отмечалась восковая и полная спелость. В целом за месяц выпало 6 мм осадков, что составило 7,5% от среднемноголетней нормы.

Июль характеризовался повышенным температурным режимом. средняя за месяц температура воздуха составила 24,40С. Осадки распределились неравномерно: наибольшее их количество выпало в первой декаде – 31,1 мм. Всего за месяц выпало 54 мм, что соответствует среднемноголетней норме.

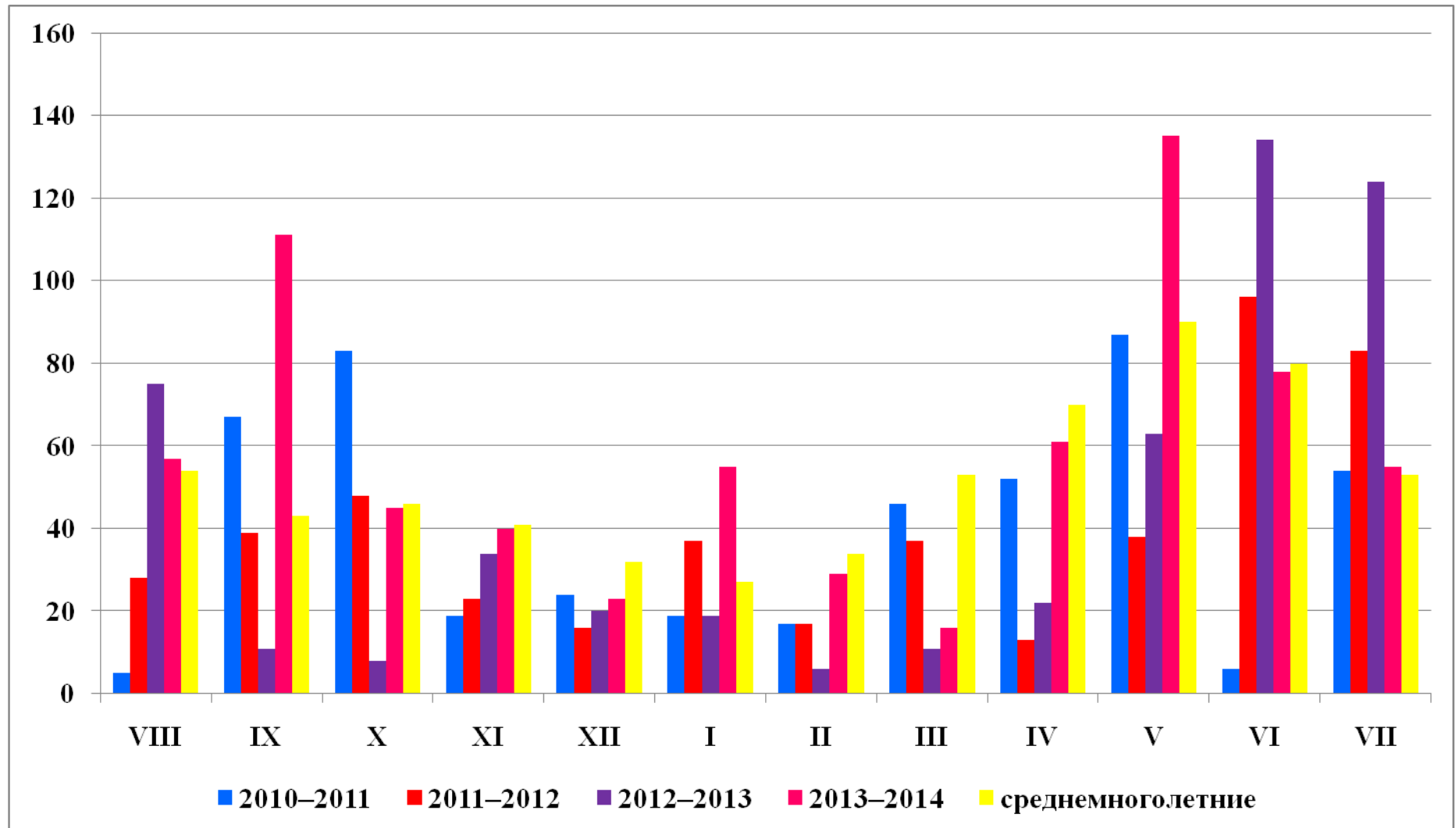


Рисунок 1 – Режим выпадения осадков по данным метеостанции г. Ставрополя (2010–2014 гг.), мм

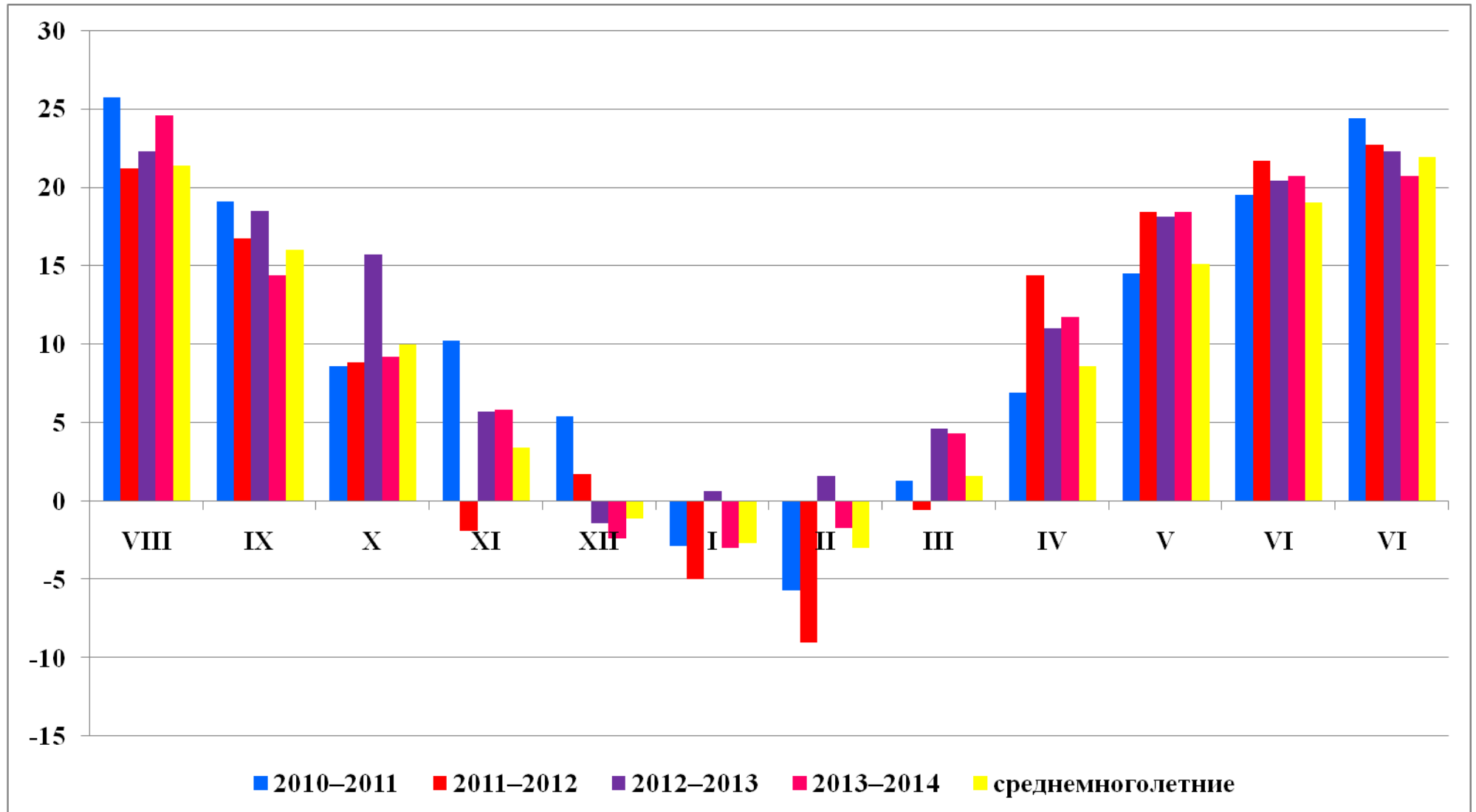


Рисунок 2 – Температурный режим по данным метеостанции г. Ставрополя (2010–2014 гг.), °С

Несмотря на то, что в целом за 2010–2011 год выпало 93 % осадков от среднемноголетней нормы, распределение же их по вегетации было равномерным и достаточным для формирования высокой продуктивности растений озимой пшеницы. Несмотря на умеренный температурный фон во время формирования и налива зерна, осадки, выпавшие перед уборкой, способствовали существенному снижению качества полученного урожая.

Агрометеорологические условия 2011–2012 сельскохозяйственный год для роста и развития озимой пшеницы характеризовались как неудовлетворительные (при остром дефиците влаги в зимне-весенний период и резком колебании температуры воздуха по периодам года и основным фазам развития).

В целом за сельскохозяйственный год выпало 475 мм осадков, что существенно уступало (на 24%) среднемноголетней норме. При этом их распределение по периодам вегетации культуры было крайне неравномерным: осенний и зимний периоды вегетации характеризовались 25% недобором атмосферных осадков, а весенний период соответствовал 59% от многолетней нормы. В то же время в летний период количество выпавших осадков превысило многолетние показатели на 11%, в начальные периоды вегетации в 1,6–2,5 раза. Наблюдавшийся дефицит весенних осадков отмечался на фоне повышенного температурного режима. Температурный режим характеризовался резкими скачками температур воздуха при переходе от периода осенней вегетации к периоду зимнего покоя и времени возобновления весенней вегетации растений озимой пшеницы, несмотря на то, что среднегодовая температура воздуха соответствовала многолетним показателям 9,1°C.

С момента уборки предшественника (горох) до посева озимой пшеницы выпало незначительное количество осадков (87% от среднемноголетней нормы), что на фоне многолетних температурных показателей не способствовало накоплению продуктивной влаги как в пахотном, так и в метровом профиле почвы перед посевом озимой пшеницы.

Сложившуюся критическую ситуацию скорректировали осадки, выпавшие после посева культуры, в октябре месяце (48 мм – месячная норма) и позволившие на фоне оптимального температурного режима получить быстрые всходы. При этом в целом за осенний период сумма осадков составляла 110 мм, или 85% от среднемноголетней нормы. Необходимо отметить резкое понижение температуры воздуха к концу осенней вегетации культуры. Так среднемесячная температура ноября соответствовала отметке в $-1,9^{\circ}\text{C}$, что в три раза ниже многолетних значений. Таким образом, к моменту прекращения осенней вегетации растения озимой пшеницы сформировали полные всходы и имели до трёх листочков, в такой степени развития растения озимой пшеницы наиболее устойчивы к неблагоприятным условиям перезимовки.

Последующие погодные условия января и февраля характеризовались как неординарные для зоны исследований. В этот период снижение столбика термометра доходило до отметок $-20\dots-35^{\circ}\text{C}$, при этом наличие устойчивого снежного покрова высотой от 6 до 15 см вкупе с начальным периодом развития культуры позволило избежать значительных повреждений посевов. Условия перезимовки озимой пшеницы можно охарактеризовать как аномальные. Общее количество осадков за зимний период (декабрь – февраль) составило 70 мм, или 84% от нормы. Среднемесячная температура воздуха первого зимнего месяца $+1,7^{\circ}\text{C}$, что выше нормы на $2,8^{\circ}\text{C}$, в январе уже отмечалось двукратное понижение температурного режима относительно нормы, а февраль характеризуется достижением минимальных отрицательных температур, при этом среднемесячные значения в три раза находились ниже среднемноголетних показателей. Зимние осадки преимущественно выпадали в виде снега, ранневесенние (осадки марта месяца) – в виде дождя и мокрого снега, что способствовало накоплению запасов продуктивной влаги в полутораметровом слое почвы к моменту весеннего возобновления вегетации растений озимой пшеницы.

В последующие периоды вегетации культуры погодные условия для роста и развития растений озимой пшеницы складывались неблагоприятно. Как уже было описано ранее, распределение осадков по дальнейшим периодам имело скачкообразный характер, в весенний период вегетации их сумма составляла 41%, а летний – 111% от соответствующих периодов среднемноголетних показателей. На фоне среднепозднего возобновления вегетации культуры озимой пшеницы произошёл резкий скачок прироста среднемесячной температуры воздуха, с $-0,6^{\circ}\text{C}$ в марте до $+14,4^{\circ}\text{C}$ в апреле, что при дефиците атмосферных осадков влаги в апреле месяце и повышенном перерасходе запасов почвенной влаги предопределило критические условия возобновления весенней вегетации растений. Недобор осадков составил 81% от многолетней нормы.

Дальнейший период вегетации растений проходил в тех же условиях, повышенный температурный режим мая месяца на $3,3^{\circ}\text{C}$ на фоне более чем 55% недобора осадков способствовал угнетению растений озимой пшеницы. Режим увлажнения в июне – июле 2011–2012 сельскохозяйственного года соответствовал многолетним значениям. Стоит отметить, что сумма осадков за летний период вегетации превышала норму на 34%, но большая их часть выпадала в виде ливневых осадков и пришлась на вторую половину летнего периода, что на фоне повышенного температурного режима спровоцировало активный рост сорной растительности к моменту полной спелости и уборки растений озимой пшеницы.

В результате аномальных условий перезимовки, острого дефицита влаги в весенний период и повышенного температурного режима растения озимой пшеницы не сформировали достаточно высокий уровень продуктивности в условиях крайне тяжёлого сельскохозяйственного года и не смогли реализовать в полной мере заложенный потенциал культуры.

Агрометеорологические условия 2012–2013 сельскохозяйственного года для подготовки почвы под посев озимой пшеницы в сентябре оказались неблагоприятными. Сумма осадков за месяц составила 11 мм, лишь 26% от

нормы, при этом температура воздуха превысила среднемноголетнюю норму на $2,5^{\circ}\text{C}$.

В первые недели после всходов условия развития озимой пшеницы складывались неблагоприятно. Осадки, выпавшие в течение октября (8 мм), не создали хороший запас продуктивной влаги в почве, температура воздуха была выше среднемноголетней нормы на $5,7^{\circ}\text{C}$. В ноябре температура воздуха превысила среднемноголетние значения на $2,3^{\circ}\text{C}$, 7–8 ноября произошел устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения, при этом на протяжении месяца отмечались кратковременные периоды повышения температур до $6\text{--}10^{\circ}\text{C}$. Количество выпавших осадков составило лишь 18% от среднемноголетней нормы – 41 мм. В целом за осенний период вегетации культуры выпало 53 мм осадков, что на 60% меньше среднемноголетней нормы. В посевах озимой пшеницы отмечается фаза осеннего кущения, стадия первой закалки пройдена.

Начало зимнего периода протекало холоднее обычного, среднемноголетние значения температуры были ниже на $0,3^{\circ}\text{C}$, что отразилось на вегетации озимой пшеницы, количество выпавших осадков было на 38% меньше среднемноголетней нормы. В конце декабря выпадал незначительный снег с дождем и отмечено понижение среднесуточных температур воздуха ($-1\text{--}4^{\circ}\text{C}$), что прекратило вегетацию озимой пшеницы.

Агрометеорологические условия перезимовки озимой пшеницы в январе были удовлетворительными – опасных гидрометеорологических явлений для растений не отмечалось. Количество осадков, выпавших за месяц, было ниже среднемноголетней нормы на 30%, среднемесячная температура воздуха была $+0,6^{\circ}\text{C}$, что было выше среднемноголетних значений на $2,1^{\circ}\text{C}$. Минимальные температуры почвы на глубине залегания узла кущения озимых культур понижались до $-1\text{--}5^{\circ}\text{C}$ и опасности не представляли.

Большую часть месяца посеvy озимой культуры находились под снегом высотой от 1 до 24 см.

Погодные условия начала и середины февраля можно охарактеризовать как теплые, с минимальным выпадением осадков. Температура воздуха превысила среднемноголетние значения на $1,4^{\circ}\text{C}$, осадки отмечались в виде снега, их выпало на 28 мм меньше нормы. К концу февраля отмечено устойчивое повышение температуры воздуха и местами полное отсутствие снежного покрова. В связи с вышеуказанным можно отметить, что условия перезимовки озимой пшеницы в феврале складывались неблагоприятно.

В марте наблюдался повышенный температурный режим ($4,6^{\circ}\text{C}$), превысивший среднемноголетний показатель на $3,0^{\circ}\text{C}$, отмечалось возобновление вегетации озимой пшеницы, состояние посевов после перезимовки хорошее.

Климатические условия апреля для развития озимой пшеницы складывались не совсем благоприятно, наблюдался повышенный температурный режим ($11,0^{\circ}\text{C}$) совместно с недостаточным количеством выпадающих осадков (22 мм, 69 % от нормы).

В мае отмечалась теплая погода с осадками различной интенсивности, преимущественно во второй половине месяца. Температурный фон мая превышал средние многолетние значения на $3,9^{\circ}\text{C}$. Выпавшие осадки составили 30% от среднего многолетнего значения. Агрометеоусловия роста и развития озимых культур в третьей декаде мая были только удовлетворительные. В посевах озимой пшеницы отмечалось начало молочной спелости зерна, местами заканчивалось цветение.

Температурный режим июля был близок к средним многолетним значениям ($22,3^{\circ}\text{C}$), выше нормы на $0,4^{\circ}\text{C}$. Количество выпавших осадков – 124 мм при среднемноголетних значениях 53 мм – привело к отложению уборки на конец месяца, погодные условия для ее проведения были лишь удовлетворительными. Интенсивные осадки, выпавшие в первой декаде июля и составившие 233% от месячной нормы, пришлись на момент уборки урожая. Это привело к процессу «стекания» зерна, что стало причиной получения невысокого по качеству урожая с довольно низким содержанием

клейковины.

Агрометеорологические условия 2013–2014 сельскохозяйственного года (приложение 1 и 2) для роста и развития озимой пшеницы характеризовались как удовлетворительные.

В целом за год выпало 705 мм осадков, что превысило среднемноголетние значения на 82 мм. Однако их распределение по вегетации культуры было неравномерным, а наблюдавшийся дефицит осадков чаще всего отмечался на фоне высоких температур воздуха и атмосферной засухи. При этом повышенный температурный режим был отмечен на протяжении всей вегетации озимой пшеницы: среднегодовая температура превысила многолетние показатели на 1,1°C.

С момента уборки предшественника до посева озимой пшеницы выпало сравнительно большое количество осадков (164% от среднемноголетней нормы), что способствовало формированию оптимального запаса продуктивной влаги в метровом слое почвы (126 мм) перед посевом озимой пшеницы. Это позволило получить дружные всходы. При этом в целом за осенний период вегетации сумма осадков превысила среднемноголетние данные на 150%, что на хорошем температурном фоне способствовало нормальному развитию культуры. К моменту прекращения осенней вегетации растения озимой пшеницы находились в начале фазы кущения, имели 3 листа и образовали 1–2 побега. В таком состоянии озимая пшеница наиболее устойчива к неблагоприятным условиям зимнего периода и на уровне узла кущения выдерживает снижение температуры до -16°C .

Температурный режим в январе был неустойчивым: относительно теплая первая половина месяца и аномально холодная последняя пятидневка. Во второй половине месяца наблюдалось обильное выпадение снега, усиление ветра, метели. Средняя температура за месяц изменялась от $-3,0^{\circ}\text{C}$ и была выше климатической нормы на $0,3^{\circ}\text{C}$. Сумма выпавших осадков превысила климатическую норму на 28 мм. В конце февраля отмечалось наличие 10 см снежного покрова. Глубина промерзания почвы не превышала

7 см, осадки выпадали преимущественно в виде дождя и мокрого снега. Общая сумма осадков за зимний период составила 107 мм, превысив норму на 14 мм. Повышенный температурный режим третьей декады февраля способствовал более быстрому завершению перезимовки озимых культур. В конце декады у растений возобновилась вегетация. Состояние растений удовлетворительное.

В последующие периоды вегетации погодные условия для роста и развития озимой пшеницы складывались крайне неудовлетворительно. Распределение осадков по месяцам весенне-летнего периода имело скачкообразный характер, к примеру в мае их сумма составляла 150%, а в марте – лишь 30% от соответствующих среднемесячных норм. На фоне позднего возобновления вегетации происходило быстрое и активное нарастание температуры воздуха. Средняя температура за весенний период вегетации озимой пшеницы была выше среднемноголетней нормы на 2,7–3,3°C.

Налив зерна проходил в первой половине июня при благоприятных погодных условиях. Температурный режим превышал многолетнюю норму на 1,8°C (максимальные температуры воздуха повышались до 32°C), сумма выпавших за месяц осадков составила 78 мм, что соответствует климатической норме. Все это ускорило созревание озимой пшеницы. Интенсивные осадки ливневого характера, выпавшие в июле и превысившие норму 32%, пришлись на момент созревания и начала уборки урожая, что привело к затягиванию процесса уборки урожая.

Таким образом, благоприятный режим увлажнения в осенне-зимний период 2013–2014 г., способствуя накоплению более чем достаточных запасов влаги, формировал предпосылки для закладки высокой продуктивности озимой пшеницы. Однако крайне неравномерное выпадение осадков при острых и продолжительных дефицитах влаги в отдельные месяцы весенне-летнего периода 2014 г. не позволило реализовать в полной

мере заложенный потенциал культуры. Количество осадков оказалось выше многолетней годовой нормы на 82 мм.

Подводя итог анализу сложившихся в ходе проведения исследований погодных условий, необходимо отметить, что они оказывали существенное влияние на уровень продуктивности культуры, а также на эффективность удобрений. В целом все четыре года наблюдений характеризовались как засушливые с повышенным температурным фоном. Среднегодовые температуры воздуха превышали норму на 1,1–2,5°C.

Погодные условия 2010-2011 сельскохозяйственного года можно было бы назвать удовлетворительными: сумма осадков, выпавших за вегетацию культуры (580 мм), уступала норме 7%, однако их распределение в течение вегетации озимой пшеницы было неравномерным, что не способствовало оптимальной влагообеспеченности посевов и формированию наибольшей урожайности озимой пшеницы. Среднегодовая температура воздуха оказалась на 1,4°C выше многолетних значений, достигнув 10,6°C.

Агрометеорологические условия 2011–2012 года для роста и развития озимой пшеницы характеризовались как неудовлетворительные, что связано с аномальными условиями перезимовки, способствующими накоплению запасов продуктивной влаги. На фоне острого дефицита влаги в весенний период и повышенного температурного режима растения озимой пшеницы не сформировали достаточно высокий уровень продуктивности в условиях крайне тяжёлого сельскохозяйственного года и не смогли реализовать в полной мере заложенный потенциал культуры.

Наиболее благоприятные агрометеорологические условия для формирования продуктивности озимой пшеницы сложились в 2012–2013 сельскохозяйственном году. Их можно характеризовать продолжительным периодом осенней вегетации с умеренно-прохладной зимой, влажной и тёплой весной и оптимальными условиями в период созревания урожая. При этом по условиям увлажнения данный год характеризуется дефицитом осадков на уровне 15% и наибольшими значениями среднегодовой

температуры – 11,6°C, превышающими норму на 2,5°C, что в большей мере подтверждает влияние оптимального распределения осадков по фазам вегетации на продуктивность культуры, а не их годовое количество осадков.

Несмотря на то что за 2013–2014 год выпало превышающее на 13% многолетнюю норму количество осадков при этом их распределение по фазам вегетации было неравномерным, это отрицательно сказалось в первую очередь на получении дружных всходов, а во вторую – недобор осадков пагубно сказался в момент закладки генеративных органов. Температурный фон характеризуется резкими перепадами, в целом среднегодовая температура превысила многолетние показатели на 1,1°C.

2.5. Биологические особенности озимой пшеницы

Характеристика сорта озимой пшеницы. Сорт озимой пшеницы, использовавшийся в опыте – Зустрич. Оригинаторы и патентообладатели: ГНУ Ставропольский НИИСХ Россельхозакадемии, Одесский селекционно-генетический институт. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону. Рекомендован для возделывания в Ставропольском крае. Разновидность эритроспермум. Куст прямостоячий. Растение среднерослое. Восковой налет на влагалище флагового листа и верхнем междоузлии сильный, на колосе средний. Колос пирамидальный, средней плотности, белый, средней длины – длинный. Ости на конце колоса короткие. Опушение верхушечного сегмента оси колоса с выпуклой стороны слабое – среднее. Плечо приподнятое, узкое – средней ширины. Зубец слегка изогнутый, длинный. Нижняя колосковая чешуя на внутренней стороне имеет очень слабое – слабое опушение. 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. В год проявления признака уступает сортам Писанка, Дон 95 на 0,6–0,9 балла.

Высота растений 71–98 см. По устойчивости к полеганию и засухоустойчивости превышает стандарт на 0,5–1,0 балла. В Ставропольском крае максимальные прибавки урожайности обеспечивает по черному пару и лучшим непаровым предшественникам. Хлебопекарные качества хорошие. Ценная пшеница. 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, как и стандарт Дон 95.

Особенности роста и развития. В развитии злакового растения М. Ф. Куперман установлено двенадцать основных этапов органогенеза, общих для всех покрытосеменных растений, на каждом из которых формируются характерные для данного этапа развития органы растения. В разные фазы развития у растений наблюдаются и разные требования к факторам внешней среды.

При температуре 14–16°C (I этап органогенеза) всходы появляются через 7–9 дней после посева. Сумма активных температур за период посев – всходы составляет 116–139°C. Через 13–15 дней после полных всходов при температуре 12–15 °C начинается кущение (II–III этапы), оно продолжается 30–45 дней в зависимости от срока посева, температуры и влажности. Озимая пшеница кустится осенью и весной (Петрова Л.Н., 1992; Белозерова А.А., Боме Н.А., 2004; Тищенко В.Н., Дриженко Л.М., Палий Ю.Г., 2014).

Выход в трубку (IV–VII этапы) у озимой пшеницы начинается через 25–35 дней после весеннего отрастания, колошение (VIII этап) – через 30 дней после выхода в трубку. Цветение (IX этап) пшеницы начинается через 2–3 дня после колошения и продолжается около недели. Продолжительность формирования, налива и созревания зерна (X–XII этапы) около 30–35 дней, зависит от погодных условий и особенностей сорта. При дождливой и

прохладной погоде этот период удлиняется, а при засушливой – сокращается (Четвериков Ф.П., Денисов Е.П., Панасов М.Н. и др., 2012).

Требования к теплу и свету. Озимая пшеница – растение длинного дня. В разные периоды вегетации пшеница предъявляет неодинаковые требования к теплу. Ее семена начинают прорастать при температуре 1–2⁰С, но для дружного прорастания и появления всходов нужна более высокая температура. При температуре 14–16⁰С всходы появляются через 7–9 дней после посева. Через 13–15 дней после полных всходов при температуре 12–15⁰С начинается кущение, оно продолжается 30–45 дней в зависимости от срока посева, температуры и влажности (Беликова С.В., Попов В.Ф., Годунова Е.И., 1982).

В переходный осенне-зимний период для развития озимой пшеницы наиболее благоприятна сухая ясная и теплая погода днем (до 10–12⁰С) с понижением до отрицательных температур ночью, это способствует большему накоплению углеводов, прохождению закалки и лучшей перезимовке.

Первая фаза закалки проходит в условиях интенсивного освещения и пониженных температур (8–10⁰С) в дневные часы и при температуре около 0⁰С в ночное время. Вторая фаза закалки протекает при более низких температурах (0–5⁰С). Лучшей закалке озимых способствуют посев в оптимальные сроки, достаточная обеспеченность растений фосфором и калием.

При понижении среднесуточной температуры воздуха до 4–5⁰С осенний рост озимой пшеницы приостанавливается. Весной при повышении температуры до 5⁰С пшеница начинает расти и дополнительно куститься. Для озимой пшеницы очень опасны резкие колебания температуры ранней весной, когда днем она поднимается до 10⁰С, а ночью падает до –10⁰С. Озимая пшеница может выдержать температуру в зоне узла кущения –16–18⁰С. Общая сумма положительных температур от посева до полной спелости составляет 1850–2200⁰С (Тухтаев М.О., Бухориев Т.А., 2012).

Требования к влаге. Потребление влаги в течение вегетации идет неравномерно. В фазе прорастания зерна и появления всходов растения потребляют сравнительно небольшое количество влаги. Однако чтобы получить дружные и полноценные всходы, необходимо иметь в верхнем слое почвы (0–10 см) не менее 10 мм продуктивной влаги. По мере роста и развития растений потребность во влаге повышается. Для нормального осеннего кушения озимой пшеницы необходимо иметь не менее 30 мм продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см. Озимая пшеница наибольшее количество влаги расходует от весеннего отрастания до колошения (до 70% общей потребности в воде за вегетацию) и наименьшее – от цветения до восковой спелости зерна (до 20%). Критический период по отношению к влаге у озимой пшеницы – выход в трубку – колошение (Корусь М.М., Марченко Д.М., Копусь Е.М., 2012).

Коэффициент водопотребления этой культуры равен 400–500.

Требования к почве. Озимая пшеница предъявляет повышенные требования к почве. Для нее наиболее пригодны почвы с мощным гумусовым горизонтом, высоким содержанием питательных веществ и хорошими водно-физическими свойствами. Этим требованиям в большей мере удовлетворяют высокоплодородные черноземные, темно-каштановые почвы с нейтральной или слабокислой реакцией (рН) 6,0–7,5, с содержанием гумуса не менее 2,0–2,5%, фосфора и калия – не менее 150 мг на 1 кг почвы (по Кирсанову). Эта культура может давать хорошие урожаи на удобренных слабоподзоленных, среднесуглинистых и серых лесных почвах. На легких супесях и осушенных торфяниках, а также на кислых почвах без соответствующего их улучшения озимая пшеница удаётся плохо. Известкование, применение органических и минеральных удобрений на кислых почвах с низким содержанием органического вещества – непереманные условия при возделывании озимой пшеницы (Степанов С.А., Ивлева М.В., Ильин Н.С. и др., 2013).

Требования к элементам питания. Один центнер урожая выносит из почвы: N–3,25 кг, P₂O₅–1,15 кг, K₂O–2,0 кг.

Потребление азота растениями озимой пшеницы начинается с первых дней жизни и продолжается до окончания налива зерна. Так, в фазе кущения потребление азота составляет 20%, в период выхода в трубку – колошения – 50–55, цветения – начала восковой спелости – 10–15 и к середине восковой спелости – 5–10% максимального количества потребляемого азота. Наибольшая потребность в нем ощущается от начала выхода в трубку до колошения.

Наибольшее содержание фосфора в растениях озимой пшеницы приходится на фазу всходов (1,0–1,5% на АСВ), по мере роста и развития содержание фосфора заметно уменьшается. Наибольшее потребление фосфора приходится на фазы выхода в трубку, колошения и цветения.

Поступление калия в растения начинается с фазы всходов и продолжается до цветения. Максимальное содержание его в растениях озимой пшеницы (2,5–3,8%) приходится на начальные фазы, к фазе полной спелости количество калия снижается до 0,8%. Наибольшее потребление калия приходится на фазы выхода в трубку, колошения и цветения.

3. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

В данном разделе диссертационной работы представлены материалы полевых опытов, лабораторных исследований и элементы статистической обработки данных, полученных в ходе исследований в период с 2010 по 2014 г.

3.1. Динамика продуктивной влаги

Формирование урожая озимой пшеницы во многом определяется условиями выращивания растений на протяжении всей вегетации, и прежде всего в критические периоды. Растения непрерывно испытывают влияние всего комплекса факторов, и недостаток одного из них: влаги, тепла, света или элементов питания – приводит к недобору урожая (Никитишин В.И., Личко В.И., Амелин А.А., 2008; Серебряков В.Ф., 2013).

Требования растений к условиям окружающей среды не остаются постоянными и меняются в соответствии с их ростом и развитием. Из многих экологических факторов, оказывающих влияние на урожайность, влагообеспеченность растений в период всей вегетации является одной из важнейших (Вольтерс И.А., 2008; Денисов Е.П., Солодовников А.П., Линьков А.С. и др., 2014).

Нарушение водного режима под влиянием засухи – явление в Ставропольском крае частое, и знание требования этой культуры к влагообеспеченности позволяет значительно снизить неблагоприятные воздействия погодных условий на рост, развитие растений и формирование урожая.

Вода является одним из основных факторов, определяющих развитие растений, она необходима от набухания зерна до полного созревания.

Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–10 см в течение первой декады после посева около 10 мм, а в течение двух последующих в слое 0–20 см более 20 мм обеспечивают в 86% случаев образование 3–4

побегов, глубину проникновения корневой системы до 40–50 см, высоту растения 15-25 см (Лапшинов Н.А., Пакуль В.Н., Божанова Г.В. и др., 2013).

В годы проведения опытов динамика содержания продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы на всех вариантах имела единый ход – неуклонное снижение её запасов в течение вегетации культуры с достижением минимальных значений в фазу полной спелости (таблица 2, приложения 3–7) (Саленко Е.А., 2015).

Таблица 2 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Дозы удобрений	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,6
			перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0	26,5	25,9	24,3	19,9	24,2
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	26,3	25,3	22,2	20,0	23,5
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	26,1	25,9	23,2	18,5	23,4
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	26,4	24,6	22,8	17,9	22,9
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	26,4	23,8	20,5	15,9	21,7
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	26,2	22,5	21,9	16,6	21,8
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	26,0	21,6	18,6	14,8	20,3
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	26,1	21,9	20,2	15,1	20,8
В, НСР ₀₅ = 1,4	–	–	26,3	23,9	21,7	17,3	НСР ₀₅ = 3,0

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Наибольшее содержание продуктивной влаги на всех вариантах опыта независимо от срока отбора и фазы развития озимой пшеницы отмечалось в

2012–2013 сельскохозяйственном году и составляло перед посевом 27,7 мм, в фазу кущения – 26,8 мм, в фазу колошения – 25,6 мм, в фазу полной спелости – 21,3 мм. В 2010–2011; 2011–2012 и 2013–2014 г. в зависимости от срока наблюдения значения доступной влаги варьировались в пределах 26,4–14,9; 25,9–12,5 и 27,0–15,3 мм соответственно (приложения 4–7).

Применяемые в опыте минеральные удобрения снижали содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см относительно показателей контроля в 2010–2011 г. на 07–3,7 мм; в 2011–2012 г. – на 0,7–5,3 мм; в 2012–2013 г. – на 0,2–3,2 мм и в 2013–2014 г. – на 0,6–3,6 мм. При этом достоверную разницу относительно контроля во все годы исследований обеспечивал вариант на планируемую урожайность 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$. Необходимо отметить, что на всех вариантах с планируемой урожайностью и рекомендованной дозой минеральных удобрений показатели продуктивной влаги были в пределах наименьшей существенной разницы. В среднем по опыту наибольший влагозапас в зависимости от вариантов опыта наблюдался в 2012–2013 г. и составил 188,7 мм, тогда как в 2010–2011; 2011–2012 и 2013–2014 г. данный показатель составил соответственно 177,5; 165 и 183 мм.

На удобренных вариантах запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см относительно показателей естественного агрохимического фона оказались ниже: в 2010–2011 г. – на 0,1–4,9 мм; в 2011–2012 г. – на 0,3–5,9 мм; в 2012–2013 гг. – на 3,3–4,6 мм; в 2013–2014 гг. – на 0,7–5,3 мм. Это связано с большим потреблением влаги растениями с удобренных вариантах. Значительное снижение рассматриваемого показателя по сравнению с контролем во все годы исследований наблюдалось на вариантах с применением доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Анализ средних данных показал, что изучаемые в опыте методики расчета минеральных удобрений способствовали снижению содержания продуктивной влаги (на 1–5,8 мм) относительно контроля в слое почвы 0–20 см. При этом достоверное снижение обеспечивали все методики расчета минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га, но разница между данными методиками расчета была в пределах наименьшей существенной разницы.

Статистический анализ данных позволил нам сделать вывод, что максимальные запасы продуктивной влаги отмечались в фазу всходов, что достоверно выше по сравнению с аналогичными показателями в другие фазы развития культуры. Перед посевом озимой пшеницы все изучаемые в опыте дозы минеральных удобрений обеспечивали оптимальное содержание продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы. В последующие фазы развития изучаемые методики расчета минеральных удобрений снижали анализируемый показатель относительно контроля, и разница составила: в фазу кущения 0,6–4,3 мм, в фазу колошения – 1,1–5,7 мм, в фазу полной спелости – 1,4–5,1 мм. Во все сроки наблюдений достоверное снижение влагозапаса в 0–20 мм относительно контроля обеспечили дозы удобрений на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га по сравниваемым методикам расчета.

Таким образом, четырехлетние исследования по возделыванию озимой пшеницы на чернозёме выщелоченном показали, что применение удобрений снижало запасы продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы за счет большой вегетативной массы культуры на удобренных вариантах. В зависимости от методики расчета норм удобрений по сравнению с контролем запас продуктивной влаги снижался в фазу кущения на 0,6–4,3 мм, в фазу колошения – на 1,1–5,7, мм, в фазу полной спелости – на 1,4–5,1 мм. На вариантах с планируемой урожайностью озимой пшеницы 5,0 и 6,0 т/га все дозы удобрений достоверно снижали влагозапас в слое почвы – 0–20 см по сравнению с показателем естественного агрохимического фона.

3.2. Реакция почвенного раствора

Почва обладает определенной реакцией, которая проявляется при взаимодействии с водой или растворами солей. Реакция почвы может быть нейтральной, кислой или щелочной. Эти свойства почвы имеют чрезвычайно важное значение для роста и развития растений, так как каждый вид растений лучше всего развивается при определенной реакции почвы (Подколзин А.И., Подколзин О.А., Шкабарда С.Н., 2007).

Почвенный раствор подкисляется в результате выделения углекислоты при дыхании корней, образовании HNO_3 при нитрификации и от продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. Реакция почвы изменяется также от удобрений. Изменение реакции разных почв под действием этих факторов неодинаково. Способность почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора в кислую или щелочную сторону называется буферной способностью почвы. Буферность почвы в целом зависит от буферных свойств ее твердой и жидкой частей. Буферность раствора создается слабыми кислотами и их солями (Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х. и др., 2012).

Культурные растения весьма чувствительны к реакции почвенного раствора, и большинство из них не могут развиваться при рН ниже 3,5 и выше 9 ед. Сильнокислая и сильнощелочная реакции почвенного раствора весьма неблагоприятны для растений, а нередко и губительны (Шеуджен А.Х., 2003; Мазницына Л.В., Безгина Ю.А., Бондаренко М.А., 2014).

Наиболее благоприятной реакцией почвенного раствора для большинства культурных растений является слабокислая или слабощелочная реакция в пределах рН = 6–7,5 ед.

Регулирование состава почвенного раствора в практике земледелия осуществляется путем внесения удобрений, обработкой почв и мелиорацией. При этом нейтрализация кислотности в дерново-подзолистых почвах достигается при помощи известкования, ликвидация высокой щелочности в

солонцовых почвах производится путем гипсования, удаление избытка легко растворимых солей из солончаковых почв достигается при помощи неоднократных промывок водой (Шеуджен А.Х., Сычев В.Г., 2006; Подколзин А.И., Подколзин О.А., Шкабарда С.Н., 2007; Цховребов В.С., Ефремов Ю.Е., 2012).

В результате проведенных в период 2010–2014 гг. исследований была выявлена определенная закономерность изменения реакции почвенного раствора чернозема выщелоченного: чем выше уровень увлажнения в году, тем ниже показатель рН почвенного раствора, чем ниже среднегодовое количество осадков, тем более щелочная реакция почвенного раствора. Так, в 2010–2011 сельскохозяйственном году среднее значение рН почвенного раствора по опыту находилось в пределах 6,07–6,38 ед. рН. В то же время в 2011–2012; 2012–2013 и 2013–2014 сельскохозяйственных годах значение рН соответствовало 6,12–6,53; 5,11–6,25 и 5,82–6,28 ед. (приложения 9–12).

Анализ средних данных по динамике реакции почвенного раствора в годы проведения исследований под посевами озимой пшеницы позволил нам установить, что до фазы колошения наблюдалось существенное подкисление почвенного раствора от 6,33 до 6,12 ед. рН в среднем по вариантам опыта (таблица 3, приложение 8). Затем от фазы кущения до фазы колошения продолжалось незначительное подкисление почвы на 0,10 ед. рН. К фазе полной спелости отмечалось достоверное повышение показателя рН. Подщелачивание реакции почвенного раствора по сравнению с показателем в фазе колошения достигло 0,19 ед. и уровень рН соответствовал 6,22 ед. Снижение показателя реакции почвенного раствора наблюдалось по мере увеличения массы озимой пшеницы. В эти фазы растения потребляли максимальное количество элементов питания, при этом насыщая почвенный раствор корневыми выделениями, которые в свою очередь способствовали сдвигу уровня рН в сторону подкисления.

Таблица 3 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенной среды в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг., ед. рН

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Дозы удобрений	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =0,11
			перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0	6,33	6,12	6,01	6,22	6,17
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	6,23	6,0	5,82	6,09	6,04
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	6,25	6,01	6,02	6,14	6,11
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	6,24	6,01	6,03	6,16	6,11
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	6,10	6,10	6,04	6,19	6,11
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	6,15	6,08	6,0	6,15	6,10
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	6,05	6,21	6,02	6,30	6,15
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	6,10	6,20	6,10	6,27	6,17
В, НСР ₀₅ =0,10	–	–	6,18	6,09	6,0	6,19	НСР ₀₅ =0,22

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Относительно влияния исследуемых доз минеральных удобрений в среднем по вегетации культуры на реакцию почвенного раствора можно отметить, что на всех вариантах опыта реакция почвенного раствора находилась на уровне от слабокислой до близкой к нейтральной. На вариантах N₁₂₆P₈₀K₇₂ и N₁₁₀P₈₂K₅₁ на планируемую урожайность 6,0 т/га было отмечено недостоверное подщелачивание реакции раствора. На остальных вариантах реакция почвенного раствора была на уровне естественного агрохимического фона.

Данные, полученные в результате проведенных исследований, свидетельствуют о том, что в среднем по опыту рассматриваемые дозы и

методики расчета минеральных удобрений оказывали различное влияние на реакцию почвенного раствора чернозема выщелоченного. Наиболее существенное влияние на показатель рН во все фазы развития культуры оказало внесение рекомендованной дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{30}$. Степень подкисления реакции среды относительно контроля на данном варианте составила: до посева – 0,1 ед., в фазу кущения – 0,12 ед., в фазу колошения – 0,19 ед. и в фазу полной спелости – 0,13 ед. рН. На остальных вариантах реакция почвенного раствора изменялась несущественно либо находилась на уровне естественного агрохимического фона.

Таким образом, анализируя полученные данные четырехлетних исследований влияния доз и методик расчета минеральных удобрений на реакцию почвенной среды в посевах озимой пшеницы, можно сделать вывод, что существенное изменение было отмечено на варианте с внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{30}$, где подкисление реакции среды относительно контроля на данном варианте составило: до посева – 0,1 ед., в фазу кущения – 0,12 ед., в фазу колошения – 0,19 ед. и в фазу полной спелости – 0,13 ед. рН. На остальных вариантах реакция почвенного раствора изменялась несущественно либо находилась на уровне естественного агрохимического фона.

3.3. Динамика минерального азота

Азот входит в состав органических веществ почвы. Валовое содержание азота в поверхностном горизонте почв колеблется в пределах 0,10–0,85%. На долю минеральных форм приходится 1–3% общего содержания азота (Лямкина Ю.Б., Хворова Л.А., 2011; Ермохин Ю.И., Тищенко Н.Н., 2011).

Содержание минеральных форм азота в почве весьма лабильно и зависит от целого ряда факторов: микробиологических процессов – аммонификации, нитрификации, денитрификации, азотфиксации, гранулометрического состава, физико-химических свойств почвы, гидротермических условий периода вегетации растений, вида выращиваемой

культуры. Поэтому определение минеральных форм азота в почвенных образцах устанавливает их содержание только для срока взятия образца, но не даёт представления об обеспеченности растения почвенным азотом в течение вегетации. В связи с этим минеральный азот в почве, как правило, определяют несколько раз за период вегетации растений, т.е. в динамике. Это позволяет рассчитать или корректировать дозы и сроки внесения азотных удобрений, проведение подкормок растений азотом (Полуэктов Р.А., 2011; Богуславская Н.В., 2010).

Содержание минерального азота в почве до посева и по фазам развития растений определённым образом коррелирует с содержанием азота в вегетативных органах растений и величиной урожая сельскохозяйственных культур, что является основой для почвенной диагностики питания растений азотом (Иванова Н.А., Куликова А.Х., 2013).

Для оценки способности почв обеспечивать растения элементами питания, а также необходимости во внесении удобрений и их доз важное значение имеет определение подвижных (доступных растению) форм азота. С этой целью используются водные, слабокислотные, солевые и слабощелочные вытяжки из почвы с последующим определением различными методами (колориметрическим, спектрофотометрическим и др.) количества извлеченного элемента (Алябина И.О., Лапаева О.Н., 2009).

Содержание минерального азота находится в прямой зависимости от погодных условий. Чем более увлажненный был год исследований, тем выше содержание минерального азота в почве опытного участка. Так, на всех рассматриваемых культурах содержание азота в почве в 2012–2013 г. было выше относительно показателей 2010–2011, 2011–2012 и 2013–2014 гг. (приложения 14–17).

Согласно результатам математической обработки данных, полученных в ходе проведения исследований, относительно динамики содержания минерального азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного выявлена определенная тенденция. При применении всех рассматриваемых систем

удобрения содержание минерального азота устойчиво снижалось от периода до посева по фазам вегетации культур с наступлением минимальных значений к фазе полной спелости. Данная тенденция объясняется тем, что с увеличением биомассы растений увеличивается и количество потребляемого азота, поэтому содержание его в почве с развитием растений снижается.

Максимальное содержание минерального азота в почве за период вегетации озимой пшеницы было отмечено в фазе кущения, что оказалось существенно выше показателей в остальные фазы развития на 8,6–20,0 мг/кг почвы.

Это обосновывается тем, что в фазе кущения на посевах озимой пшеницы на всех анализируемых методиках расчета доз минеральных удобрений проводилась прикорневая азотная подкормка аммиачной селитрой на вариантах с рекомендованной и планируемой урожайностью 4,0 и 5,0 т/га в дозе N_{30} , а на вариантах с планируемой урожайностью на 6,0 т/га в дозе N_{60} , что способствовало значительному повышению содержания минерального азота в 0–20 см слое почвы (таблица 4).

В межфазные периоды кущения – колошения и колошения – полной спелости наблюдалось снижение содержания минерального азота на 15,5 и 4,5 мг/кг почвы соответственно.

Дисперсионный анализ полученных результатов позволил нам сделать вывод о том, что все рассматриваемые методики расчета доз минеральных удобрений на планируемый урожай 4,0; 5,0 и 6,0 т/га достоверно увеличивали содержание минерального азота в 0–20 см слое почвы относительно показателей естественного агрохимического фона.

При этом необходимо отметить, что применение методик расчета минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 и 5,0 т/га достоверно увеличивало содержание минерального азота как относительно контроля, так и варианта с рекомендованной дозой минеральных удобрений.

Таблица 4 – Влияние доз и методик расчета минеральных удобрений на динамику минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Дозы удобрений	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,2
			перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0	18,6	20,8	14,6	11,6	16,4
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	21,3	29,4	16,2	14,6	20,4
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	23,6	31,1	17,9	15,0	21,9
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	25,4	34,6	19,1	15,2	23,6
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	30,1	40,3	22,1	16,7	27,3
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	28,6	38,2	20,6	15,9	25,8
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	35,4	47,3	25,9	18,6	31,8
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	33,2	43,1	24,1	17,1	29,4
В, НСР ₀₅ = 1,6	–	–	27,0	35,6	20,1	15,6	НСР ₀₅ = 2,9

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Применение методик расчета норм минеральных удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га за счет высокой насыщенности минеральными удобрениями существенно увеличивало содержание минерального азота относительно контроля и всех других анализируемых методик расчета.

Необходимо отметить, что достоверно увеличивали содержание минерального азота методики расчета В.В. Агеева и ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 6,0 т/га N₁₂₆P₈₀K₇₂ и N₁₁₀P₈₂K₅₁ – относительно контроля на 13,0–15,4 мг/кг почвы, относительно рекомендованной дозы – на 9 - 11,4 мг/кг почвы и

относительно методик расчета минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га – на 5,8–10,5 мг/кг почвы, относительно методик расчета минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га – на 2,1–6 мг/кг почвы. Методика расчета минеральных удобрений В.В. Агеева на планируемую урожайность 6,0 т/га $N_{126}P_{80}K_{72}$ достоверно повышала содержание минерального азота относительно контроля на 15,4 мг/кг почвы.

Согласно статистической обработке полученных данных влияния методик расчета минеральных удобрений на содержание минерального азота в почве в среднем по опыту, нами сделан вывод, что на всех рассматриваемых вариантах изучаемые методики расчета обеспечивали существенное повышение содержания минерального азота относительно показателей естественного агрохимического фона. Так, содержание азота в почве по фазам вегетации озимой пшеницы относительно контроля составило (мг/кг): до посева – 2,7–16,8; кущение – 8,6–26,5; колошение – 1,6–11,3; полная спелость – 3,0–7,0.

Необходимо отметить, что на начальных фазах вегетации озимой пшеницы разница содержания минерального азота в почве по методикам расчета норм минеральных удобрений на планируемую урожайность была существенной. Затем наблюдалось снижение разности содержания элемента по методикам расчета. К моменту наступления полной спелости озимой пшеницы разница содержания изучаемого элемента в 0–20 см слое почвы в зависимости от доз минеральных удобрений нивелировалась.

До посева озимой пшеницы была выявлена существенная разница между всеми изучаемыми методиками расчета доз минеральных удобрений. Методики расчета В.В. Агеева и ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 6,0 т/га $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ способствовала достоверному увеличению данного показателя относительно рекомендованной и методик расчета на планируемую урожайность на 4,0 и 5,0 т/га на 13,0–15,4 мг/кг почвы. В фазе кущения существенная прибавка содержания минерального азота была получена по

методикам расчета В.В. Агеева и ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 6,0 т/га $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$. Достоверное увеличение данного показателя относительно рекомендованной и методик расчета на планируемую урожайность на 4,0 и 5,0 т/га – 22,3–26,5 мг/кг почвы. На варианте с планируемой урожайностью 5,0 т/га $N_{105}P_{60}K_{60}$ по методике расчета В.В. Агеева прибавка относительно контроля и рекомендованной дозы удобрений составила 10,9–19,5 мг/кг. В фазе колошения на вариантах с планируемой урожайностью 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ содержание минерального азота было существенно выше соответствующих значений на рекомендованной дозе и методиках расчета на планируемую урожайность 4,0 и 5,0 т/га, разница составила 2,8–9,7 мг/кг почвы. В фазе полной спелости наблюдалась аналогичная тенденция – показатели методик расчета В.В. Агеева и ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 6,0 т/га $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ были существенно выше контроля и методик расчета на планируемую урожайность 4,0 и 5,0 т/га на 5,5 и 7,0 мг/кг соответственно.

Все изучаемые методики расчета доз минеральных удобрений достоверно увеличивали содержание минерального азота в среднем по методикам расчета. Относительно показателей контроля рекомендованная доза минеральных удобрений на 4,0 мг/кг почвы на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева и ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$ – на 5,5–7,2 мг/кг почвы, дозы удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» $N_{105}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{67}K_{40}$ удобрения увеличивали данный показатель на 9,4–10,9 мг/кг почвы, дозы удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ – на 13–15,4 мг/кг почвы.

Таким образом, содержание минерального азота в почве при внесении дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева существенно увеличилось по отношению к контролю на 13,6 мг/кг почвы. Минимальная концентрация минерального азота в почве отмечается перед посевом культуры на контроле – 18,6 мг/кг. Максимальное значение минерального азота в почве концентрировалось в фазу кущения на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева $N_{126}P_{80}K_{72}$ – 47,3 мг/кг.

3.4. Динамика подвижного фосфора

Фосфор является одним из важнейших биогенных элементов. Он входит в состав нуклеопротеидов, сахарофосфатов, фосфатидов и других соединений, активно участвует в процессах обмена веществ и синтеза белка, определяет энергетику клетки, влияет на рост растений (Сычев В.Г., 2009; Синещев В.Е., Ткаченко Г.И., 2014).

Фосфор содержится в почве в различных формах: органической и неорганической, подвижной и неподвижной. Содержание подвижного фосфора в почве – одна из важнейших характеристик её плодородия (Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., 2013).

Подвижными соединениями фосфора принято считать те соединения, которые доступны растениям, т.е. сравнительно быстро могут переходить в почвенный раствор.

В почве фосфор находится в форме минеральных и органических соединений. Минеральные соединения фосфора содержатся в почве в виде ортофосфатов кальция, магния, железа и алюминия; в поглощенном состоянии – в форме фосфат-иона; в составе минералов апатита, фосфорита и вивианита. В почвах с кислой реакцией преобладают фосфаты железа и алюминия (Зайцева Г.А., 2011).

Значительная доля фосфатов в кислых почвах (при pH 5,5–6,5) связана с силикатами. Фосфаты кальция преобладают только в слабощелочных и

щелочных ($\text{pH} > 7,5$) почвах степей и полупустынь (Оганесова О.А., Калугин Д.В., Никифорова А.М., 2013).

Преобладающая часть неорганических фосфатов в большинстве почв представлена минералами апатитовой группы. В почвах фосфаты присутствуют в разных формах как в одном почвенном профиле, так и в профилях разных почв (Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., 2012).

Погодные условия в годы проведения исследований значительно повлияли на динамику содержания в 0–20 см слое почвы подвижного фосфора, не изменяя его динамику содержания в течение вегетации озимой пшеницы. Обильное увлажнение в межфазный период кушения – колошения 2013 г. способствовало более интенсивному использованию фосфора растениями озимой пшеницы по сравнению со значениями 2011 г.

Данные, приведенные в таблице 5 и приложениях 19–22, показывают, что независимо от методик расчета доз минеральных удобрений на планируемую урожайность динамика содержания подвижного фосфора в течение вегетации озимой пшеницы имела единый ход: это неуклонное снижение его содержания от фазы кушения с достижением минимальных значений к фазе полной спелости (Esaulko A.N. et al., 2015).

Несущественное увеличение концентрации доступного фосфора в фазу кушения по сравнению с предыдущим сроком отбора почвенных образцов произошло за счет более влагообеспеченной почвы.

В межфазный период кушения – колошения нами отмечается достоверное снижение содержания подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы, что связано с периодом максимального потребления элемента (4,5 мг/кг почвы) растениями озимой пшеницы. В межфазный период колошения полной спелости продолжается снижение содержания подвижного фосфора, но разница 1,6 мг/кг почвы менее существенна относительно предыдущего показателя.

Таблица 5 – Влияние доз и методик расчета минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Дозы удобрений	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,2
			перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0	24,3	25,4	22,0	20,2	23,0
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	29,0	29,4	24,2	23,1	26,4
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	26,7	27,3	22,9	21,0	24,5
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	27,1	28,6	23,4	21,9	25,3
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	28,0	27,9	24,1	22,7	25,7
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	29,1	29,1	25,7	23,1	26,8
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	31,2	31,0	26,4	25,3	28,5
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	32,0	32,9	27,6	25,9	29,6
В, НСР ₀₅ = 1,0	–	–	28,5	29,0	24,5	22,9	НСР ₀₅ = 2,3

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Согласно результатам анализа средних данных по опыту все изучаемые дозы минеральных удобрений достоверно увеличивали содержание в 0–20 см слое почвы подвижного фосфора, и разница с контролем составила 1,5–5,5 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора в почве предопределено количеством элемента во вносимых дозах удобрений. Так, на вариантах с применением методик расчета норм удобрений СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» содержание в почве фосфора независимо от уровня планируемой урожайности оказалось несущественным по сравнению с вариантами, где применялись дозы минеральных удобрений, рассчитанные по методике профессора В.В. Агеева. Так, разница между методиками

расчета составила: уровень планируемой урожайности 4,0 т/га – 0,8 мг/кг; 5,0 т/га – 1,1 мг/кг; 6,0 т/га – 1,1 мг/кг почвы.

Содержание доступного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в среднем за вегетацию озимой пшеницы на вариантах с планируемой урожайностью 6,0 т/га оказалось достоверно выше не только показателей контроля, но и всех остальных удобренных вариантов.

Согласно результатам анализа средних данных по опыту дозы удобрений $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по отношению к контролю достоверно увеличивали содержание в почве подвижного фосфора, и разница по отношению к контролю перед посевом составила 6,9 и 7,7 мг/кг почвы, в фазу кущения – 5,6 и 7,5 мг/кг, в фазу колошения – 4,4 и 5,6 мг/кг и в фазу полной спелости – 5,1 и 5,7 мг/кг соответственно.

Таким образом, содержание доступных фосфатов в пахотном слое почвы в большей степени определялось условиями увлажнения. Независимо от уровня планируемой урожайности и методик расчета доз минеральных удобрений динамика содержания подвижных форм фосфора в 0–20 см слое почвы имела единый ход: с достижением максимума в фазу кущения – непрерывное снижение концентрации элемента в течение вегетации озимой пшеницы с достижением минимальных величин в фазу полной спелости. Все изучаемые дозы минеральных удобрений, рассчитанные по различным методикам, способствовали существенному увеличению содержания подвижного фосфора по сравнению с контролем. Содержание в почве доступного фосфора зависело от дозы элемента, в связи с чем на вариантах с внесением удобрений, рассчитанных по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», концентрация фосфатов в почве была недостоверно выше. Дозы удобрений $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по отношению к контролю и другие удобренные варианты достоверно увеличивали содержание в почве подвижного фосфора, и разница по отношению к контролю перед посевом составила 6,9 и 7,7 мг/кг почвы, в

фазу кущения – 5,6 и 7,5 мг/кг, в фазу колошения – 4,4 и 5,6 мг/кг и в фазу полной спелости – 5,1 и 5,7 мг/кг соответственно.

3.5. Динамика обменного калия

Калий является одним из основных элементов питания наряду с азотом и фосфором. Функция калия в растениях, как и других необходимых для них элементов, строго специфична. Наряду с азотом и фосфором калий является важнейшим элементом питания растений. При недостатке в почве калия снижается урожай и ухудшаются декоративные качества садовых культур, их зимостойкость, устойчивость к возбудителям и болезням в период роста растений (Савич В.И., Платонов И.Г., Духанин Ю.А. и др., 2006).

Валовое содержание калия в почвах значительно выше, чем азота и фосфора, и зависит в основном от гранулометрического состава почвы.

Значительная его часть находится в составе первичных (полевых шпатах, слюдах) и вторичных глинистых (смектитах, иллитах и др.) минералов. Больше всего калия (2–3%) содержится в глинистых, суглинистых почвах, значительно меньше (0,5–1,0%) его в песчаных и супесчаных почвах (Якименко В.Н., 2005).

Содержащийся в почвенных минералах калий практически недоступен растениям, однако после их разрушения, освободившийся в ионной форме (K⁺) он легко может использоваться растениями. В зависимости от гранулометрического состава почвы и климатических условий ежегодно высвобождается из минералов 15–30 кг/га калия (Кучер Л.И., 2014).

С точки зрения питания растений важное значение имеют доступные формы калия, включающие калий почвенного раствора и обменно-поглощенный калий, доля которых в супесчаных почвах составляет 0,5–1%, в суглинистых – 1–2 % от валового его содержания в почве. В зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, гранулометрического состава почвы и содержания в ней обменного калия

коэффициенты его использования могут колебаться в пределах 5–30% (Цховребов В.С., Оганесова О.А., Фаизова В.И. и др., 2013).

Влагообеспеченность почвы оказывает большое влияние на содержание обменного калия и других элементов питания сельскохозяйственных культур. Обильное увлажнение в фазу кущения озимой пшеницы в 2013 г. способствовало тому, что содержание обменного калия в почве достигло максимальных значений и оказалось выше показателей контроля 2011, 2012 и 2014 г., разница по сравнению с контролем составила 3–47; 6–12 и 11–13 мг/кг на удобренных вариантах (приложения 24 – 27).

Согласно результатам дисперсионного анализа средних данных по опыту содержание обменного калия в почве при внесении рекомендованной $N_{60}P_{60}K_{30}$ и расчетных доз минеральных удобрений $N_{105}P_{60}K_{60}$, $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева существенно увеличилось на 12; 13 и 21 мг/кг почвы, по сравнению с контрольным вариантом (Esaulko A.N. et al., 2015).

На вариантах с внесением таких доз минеральных удобрений, как $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$ на планируемую урожайность 4,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» содержание обменного калия в почве было равно или уступало контролю на 11 мг/кг почвы. Максимальное значение обменного калия отмечается на варианте с применением расчетной дозой удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева $N_{126}P_{80}K_{72}$ – 248 мг/кг почвы, а минимальная концентрация обменного калия на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га по методике расчета СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» – $N_{68}P_{44}K_{24}$ и составляет 216 мг/кг почвы.

Нами установлено значительное снижение концентрации обменного калия в 0–20 см слое почвы с фазы кущения (241 мг/кг) с достижением минимальных значений в фазу полной спелости (216 мг/кг) независимо от методики расчета доз минеральных удобрений (таблица 6, приложение 23).

Таблица 6 – Влияние доз и методик расчета минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Дозы удобрений	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 22,2
			перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0	241	232	218	216	227
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	253	244	228	231	239
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	244	238	221	203	227
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	233	228	209	192	216
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	257	250	232	220	240
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	245	241	213	211	228
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	262	254	240	237	248
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	251	239	226	217	233
В, НСР ₀₅ = 10,2	–	–	248	241	223	216	НСР ₀₅ = 33,6

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Перед посевом озимой пшеницы все изучаемые дозы и методики расчета минеральных удобрений, за исключением N₆₈P₄₄K₂₄, рассчитанные по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 4,0 т/га, увеличивали содержание обменного калия на 3–21 мг/кг почвы. В фазы кущения и колошения рекомендованная N₆₀P₆₀K₃₀ и расчетные дозы минеральных удобрений N₁₀₅P₆₀K₆₀ и N₁₂₆P₈₀K₇₂ на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева увеличивали концентрацию элемента на 10–22 мг/кг почвы, остальные расчетные дозы минеральных удобрений не способствовали увеличению

содержания обменного калия. К фазе полной спелости содержание элемента на дозах минеральных удобрений $N_{60}P_{34}K_{34}$, $N_{68}P_{44}K_{24}$ и $N_{90}P_{67}K_{40}$ на планируемую урожайность 4,0; 5,0 и 6,0 т/га по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» уступали контролю на 5–24 мг/кг почвы, а на вариантах с применением $N_{105}P_{60}K_{60}$, $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева содержание элемента оказалось больше на 4–21 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом. Все отмеченные нами изменения были незначительными, так как находятся в пределах ошибки опыта.

Таким образом, на содержание обменного калия изучаемые дозы и методики расчета минеральных удобрений оказали существенное влияние, увеличив концентрацию элемента на 21 мг/кг при внесении дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева. Вне зависимости от доз и способов расчета минеральных удобрений в течение вегетации озимой пшеницы наблюдается значительное снижение концентрации обменного калия в почве с фазы кущения (241 мг/кг) с достижением минимальных величин к полной спелости (216 мг/кг).

3.6. Динамика подвижных форм цинка и меди

Изучение значения микроэлементов в обмене веществ растений необходимо для выявления новых возможностей управления их продуктивностью, поскольку микроэлементы могут выступать и как специфические, и как неспецифические регуляторы обмена веществ.

Во многих жизненных процессах, происходящих в растениях на молекулярном уровне, микроэлементы принимают самое активное участие. Действуя через ферментную систему или непосредственно связываясь с биополимерами растений, микроэлементы могут стимулировать или ингибировать процессы роста, развития и репродуктивную функцию растений (Журавлева С.В., 1972).

Цинк участвует в образовании триптофана, предшественника ауксина (гормона роста), и в синтезе протеинов. Необходим для преобразования и

потребления крахмала и азота. Повышает сопротивляемость растения к грибным заболеваниям, при резкой смене температуры повышает жаро- и морозоустойчивость растений.

Медь участвует в метаболизме белков и углеводов, активирует некоторые ферменты, участвует в фотосинтезе, важна в азотном обмене. Повышает устойчивость к грибным и бактериальным заболеваниям, защищает хлорофилл от распада (Андрианова Э.М., Карнаухов Ю.А, 2010).

Для успешного культивирования сельскохозяйственных растений очень важна роль сбалансированности минерального питания. Избыток или недостаток какого-либо элемента приводит к нарушению поступления других, что вызывает задержку ростовых процессов и снижает урожайность. Так, некоторые макроудобрения, внесенные в больших дозах, влияют на доступность для растений микроэлементов: фосфорные – цинка и меди, азотные – меди и молибдена, калийные – бора и магния. В то же время недостаток в почве микроэлементов снижает эффективность удобрений с макроэлементами (Белоусова Ю.С., 2013).

Цинк. Основным источником цинка в почве являются материнские породы. Дополнительными источниками служат атмосферные осадки (пыль и аэрозоли – коллоидные частицы в сухом состоянии или с дождями) и агрохимические средства (удобрение, известкование). Почвы на речных поймах получают микроэлементы из потока воды и оседающих частиц. Все из этих источников могут сильно отличаться по значимости и приводить к тому, что в почвах будут широкие диапазоны содержания микроэлементов. Пространства в почве, в которых сконцентрирован цинк, доступный для корней растений или миграционноспособный, определяются рядом почвенных свойств (Кукушкин В.К., 1988).

В почве цинк входит в состав первичных минералов (авгит, роговые обманки), а также адсорбционно связан глинистыми минералами. Интенсивность поглощения цинка растениями зависит от кислотности почвы: на нейтральных и щелочных почвах она незначительна. В таких

почвах, а также при обильном удобрении фосфором цинк сильно связывается в верхних горизонтах, в результате чего может происходить цинковое голодание, особенно у культур с глубоким расположением корней, куда цинк не попадает. Уменьшение при этом количества усвояемого цинка в почве объясняется образованием труднорастворимых фосфатов этого элемента (Парубец Ю.С., Карпова Е.А., Ермаков А.А. и др., 2012).

При растворении минералов Zn в процессе выветривания образуется подвижный ион Zn^{2+} , особенно в кислых средах. Однако Zn легко адсорбируется как минералами, так и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах.

Усвоение цинка может тормозиться также тяжелыми металлами, особенно медью. В свою очередь дефицит цинка снижает поглощение аммонийного азота (Климова Е.В., 2001; 2004).

Под влиянием благоприятных погодных условий 2012–2013 сельскохозяйственного года и при внесении расчетных доз минеральных удобрений средние показатели подвижных форм цинка были выше на 0,06–0,17 мг/кг перед посевом и на 0,18–0,28 мг/кг в фазу колошения, по сравнению с показателями 2010–2011, 2011–2012 и 2013–2014 гг. (приложения 29–32).

Максимальное содержание цинка в пахотном слое почвы наблюдалось в кушение, а минимальное – в фазу полной спелости озимой пшеницы. Перед посевом нами установлена незначительная прибавка содержания подвижного цинка в почве относительно контроля без удобрений, на вариантах с рекомендованной дозой и на планируемой урожайности 5,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» $N_{105}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{67}K_{40}$ на 0,01 мг/кг почвы.

Данные, приведенные в таблице 7 и в приложениях 29–32, указывают, что в течение вегетации озимой пшеницы динамика содержания подвижного цинка в пахотном слое чернозема выщелоченного от фазы кушения имела

единый ход – непрерывное снижение концентрации цинка с достижением минимальных величин в фазу полной спелости культуры.

Таблица 7 -Динамика содержания (мг/кг) подвижного цинка в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Дозы удобрений	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,04
			перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0	0,53	0,66	0,64	0,37	0,55
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	0,54	0,67	0,65	0,38	0,56
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	0,55	0,67	0,64	0,38	0,56
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	0,56	0,68	0,66	0,40	0,58
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	0,54	0,70	0,68	0,44	0,59
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	0,53	0,69	0,67	0,43	0,58
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	0,57	0,72	0,72	0,50	0,63
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	0,58	0,71	0,70	0,47	0,62
В, НСР ₀₅ = 0,11	–	–	0,55	0,69	0,67	0,42	НСР ₀₅ = 0,18

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Содержание подвижного цинка в почве в посевах озимой пшеницы находилось в пределах 0,37–0,72 мг/кг, что говорит о низком содержании данного элемента в почве. В период перед посевом до фазы кущения отмечалось повышение концентрации микроэлемента на 0,14 мг/кг почвы. В фазу полной спелости растений отмечалось устойчивое снижение концентрации подвижного цинка, что связано с особенностями потребления микроэлемента растениями озимой пшеницы и условиями увлажнения.

Исследуемые методики расчета доз минеральных удобрений в фазу кущения увеличивали содержание цинка в 0–20 см слое почвы. В зависимости от методики расчета минеральных удобрений на планируемый урожай составляла 0,01–0,08 мг/кг почвы, по отношению к контролю. Внесение рекомендованной дозы и $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$, рассчитанных по методикам В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 4,0 т/га, не оказали существенного влияния на содержание цинка в чернозёме выщелоченном и разница с контролем составила 0,01–0,02 мг/кг почвы. Внесение $N_{105}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{67}K_{40}$, рассчитанных по методикам В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 5,0 т/га, незначительно увеличили данный показатель на 0,03–0,04 мг/кг почвы. Варианты $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$, рассчитанных по методикам В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 6,0 т/га, превышали контроль на 0,05–0,06 мг/кг почвы.

В остальные фазы развития озимой пшеницы наибольшая прибавка отмечалась в фазе полной спелости на варианте $N_{126}P_{80}K_{72}$, рассчитанном по методике В.В. Агеева на планируемую урожайность 6,0 т/га прибавка составила 0,13 мг/кг почвы по отношению к контрольному варианту.

Применение рекомендованной дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{30}$ по всем фазам вегетации культуры на содержание подвижного цинка в почве не повлияло. Внесение $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$, рассчитанных по методикам В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 6,0 т/га, превышало контроль на 0,05–0,06 мг/кг почвы, это объясняется тем, что внесение повышенных доз минеральных удобрений увеличивает плодородие чернозема выщелоченного и содержание подвижных форм цинка возрастает.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что динамика содержания подвижных форм цинка в пахотном горизонте чернозема выщелоченного зависела от доз минеральных удобрений.

Медь. Недостаток меди часто совпадает с недостатком цинка, а на песчаных почвах – также с недостатком магния. Внесение высоких норм азотных удобрений усиливает потребность растений в меди и способствует обострению признаков ее недостатка. Озимая пшеница чувствительна к недостатку меди. Применение медных удобрений на почвах, бедных на медь, позволяет повышать урожайность зерновых культур на 2–3 ц/га. Характерной особенностью действия меди является повышение устойчивости растений против грибных и бактериальных болезней. Медь снижает заболеваемость зерновых культур различными видами головни, повышает устойчивость растений против бурой пятнистости и т.д. Наибольшая потребность растений в меди отмечается в ранние фазы роста, а к началу цветения ее усвоение почти завершается (Климова Е.В., 2001).

Валовое содержание меди в почвах колеблется от 1,5 до 100 мг/кг и более. Количество подвижной меди также находится в довольно широких пределах – от 0,05 до 10 мг/кг. Принята следующая шкала обеспеченности растений медью по содержанию ее подвижных соединений в почве (1 н HCl), мг/кг: низкая – 1,5; средняя – 1,5–3; высокая – более 3. Бедны на содержание меди малогумусные песчаные и осушенные болотные и торфяные почвы, где она находится в труднодоступной для растений органической форме, низкое содержание меди и в дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава. Больше меди содержится в красно- и желтоземах. Медь поглощается как органическими, так и минеральными коллоидами почвы (Кукушкин В.К., 1988).

Растения испытывают недостаток меди, когда содержание ее подвижных форм в кислых почвах меньше 2, а в нейтральных – меньше 3 мг/кг. Как и цинк, медь более подвижна низкого значения рН почвенного раствора, но при рН 5,5 выпадает в осадок в виде гидроокиси. Известкование почвы и высокий уровень содержания фосфатов снижает подвижность меди в связи с плохой растворимостью карбонатов и фосфатов меди. Усвоение меди

растениями значительно связано с влажностью почвы. Признаки недостатка меди прежде сказываются на сухих почвах (Белоусова Ю.С., 2013).

При анализе полученных данных было выявлено, что весь период исследований погодные условия не оказали значительного влияния на динамику элемента. В то же время мы отмечаем, что в 2012–2013 сельскохозяйственном году независимо от фона питания содержание меди на всех вариантах было несколько выше, чем в 2010–2011, 2011–2012 и 2013–2014 гг., что может быть обусловлено погодными условиями. По фазам вегетации озимой пшеницы максимальные значения содержания микроэлемента приходились на фазу кущения (0,40 мг/кг), а минимальное – в фазу полной спелости (0,16 мг/кг) (таблица 8).

Таблица 8 – Динамика содержания подвижных форм меди (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Дозы удобрений	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,02
			перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0	0,21	0,31	0,28	0,22	0,26
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	0,21	0,31	0,25	0,17	0,24
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	0,17	0,32	0,25	0,16	0,23
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	0,18	0,34	0,24	0,19	0,24
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	0,21	0,37	0,28	0,21	0,27
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	0,19	0,36	0,26	0,22	0,26
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	0,23	0,40	0,29	0,23	0,29
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	0,23	0,39	0,28	0,22	0,28
В, НСР ₀₅ = 0,13	–	–	0,20	0,35	0,27	0,20	НСР ₀₅ = 0,16

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

В среднем по опыту максимальное содержание меди отмечается при внесении дозы минерального удобрения $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева – 0,40 мг/кг, что на 0,09 мг/кг больше контрольного варианта, и эта разница является существенной.

В результате исследований установлено, что наибольшее содержание подвижной меди в 0–20 см слое почвы было в фазу кущения озимой пшеницы – на 0,40 мг/кг, вне зависимости от дозы минеральных удобрений и методики расчета. В дальнейшем фиксируется уменьшение концентрации микроэлемента и к фазе полной спелости она достигала исходных данных – 0,21 мг/кг. Необходимо отметить, что на удобренных вариантах снижение концентрации элемента от фазы кущения к фазе полной спелости происходит интенсивней на 0,17 мг/кг при внесении дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева – 0,40 мг/кг, чем на естественном агрохимическом фоне, на 0,31 мг/кг. На вариантах с рекомендованной дозой и $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$, рассчитанных по методикам В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 4,0 т/га, прибавка содержания подвижных форм меди в почве относительно контроля составила 0,01–0,03 мг/кг почвы, и внесение $N_{105}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{67}K_{40}$, рассчитанных по методикам В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» на планируемую урожайность 5,0 т/га, незначительно увеличило данный показатель на 0,05–0,06 мг/кг почвы.

Таким образом, минеральные удобрения и их сочетания не оказали существенного влияния на содержание подвижных форм меди относительно естественного агрохимического фона и на характер динамики элемента в 0–20 см слое почвы в течение вегетации растений озимой пшеницы.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что между содержанием микроэлементов в 0–20 см слое почвы и основным внесением удобрений тесной связи не выявлено. Наибольшее содержание микроэлементов было выявлено в фазу кущения озимой пшеницы при

внесении дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева для цинка 0,72 мг/кг почвы и меди 0,40 мг/кг почвы. К фазе полной спелости содержание микроэлементов снижается, а разница между дозами минеральных удобрений и методиками расчета минеральных удобрений находится в пределах ошибки опыта вне зависимости от изучаемого элемента. Увеличение содержания подвижных форм цинка и меди в начальные фазы развития культуры объясняется тем, что внесение повышенных доз минеральных удобрений увеличивает плодородие чернозема выщелоченного, и содержание подвижных форм цинка и меди возрастает.

4. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Содержание азота

Азот – один из основных элементов, необходимых для растений. Он входит в состав всех белков (содержание его колеблется от 15 до 19%) нуклеиновых кислот, аминокислот, хлорофилла, ферментов, многих витаминов, липоидов и других органических соединений, образующихся в растениях. Общее содержание азота в растении составляет 0,2–5 % и более массы воздушно-сухого вещества (Осипов А.И., Соколов О.А., 2001).

Наиболее высокое содержание общего (5–7%) и белкового азота наблюдается в молодых тканях растений. Общее содержание азота в вегетативных органах растений увеличивается по мере его развития и достигает максимума как правило во время цветения, после чего происходит резкое снижение его содержания в листьях и стеблях (с 2–3% до 0–0,6% в фазу полной спелости) в результате гидролиза белков и оттока азота в репродуктивные органы (зерно, семена). Высокая обеспеченность растений азотом требует соответствующего удовлетворения потребности растений в других элементах питания и факторах жизни (Будажаров Л.В., 2014).

Содержание общего азота в растениях озимой пшеницы находится в прямой зависимости от условий увлажнения периода исследований (приложения 35–38). Во второй год наблюдений (2011–2012 г.) содержание азота в растениях было наивысшим за период исследований. В фазе всходов в этот год данный показатель был на уровне 4,33–4,78%; в фазе кущения – 3,82–4,27%; в фазе колошения – 2,99–3,43%; в фазе полной спелости – 1,99–2,40%. Во многом это обусловлено более высоким содержанием минерального азота в почве в этот год наблюдений на фоне погодных условий, благоприятствующих процессу нитрификации, а также умеренным развитием вегетативной массы при равномерном распределении осадков.

Данные четырехлетних исследований содержания азота в растениях озимой пшеницы в зависимости от планируемой урожайности и методик расчета минеральных удобрений представлены на рисунке 3 и в приложении 34.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что в среднем по всем вариантам опыта содержание азота в растениях озимой пшеницы снижалось от фазы всходов до фазы полной спелости с 4,48 до 2,07% соответственно. Данная тенденция объясняется тем, что с увеличением биомассы растений концентрация азота в них снижается. Так, на контрольном варианте к фазе кущения концентрация азота в растениях снижалась по сравнению с предыдущим сроком отбора растительных проб на 0,44%, к колошению – на 1,01%, тогда как к фазе полной спелости – на 0,96%. Вероятно, это обусловлено тем, что после фазы колошения корневое питание растений затухает, а накопление азота в зерне происходит в основном за счет процесса реутилизации.

В среднем за период вегетации все изучаемые в опыте методики расчета доз минеральных удобрений способствовали существенному увеличению содержания азота в растениях озимой пшеницы по отношению к контролю. Наименьшая концентрация элемента отмечалась на варианте с планируемой урожайностью 4,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева ($N_{60}P_{34}K_{34}$), и разница составила по 0,2–0,26%.

Внесение расчетных доз минеральных удобрений $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ способствовало достоверному увеличению концентрации общего азота в растениях озимой пшеницы вне зависимости от фазы развития культуры, прибавка составила от 0,2 до 0,46%. Наибольшая концентрация, существенно превышающая все изучаемые варианты, формируется при внесении дозы до посева $N_{126}P_{80}K_{72}$ при программировании урожайности на 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева – 4,63%, существенно превышающей другие дозы минеральных удобрений.

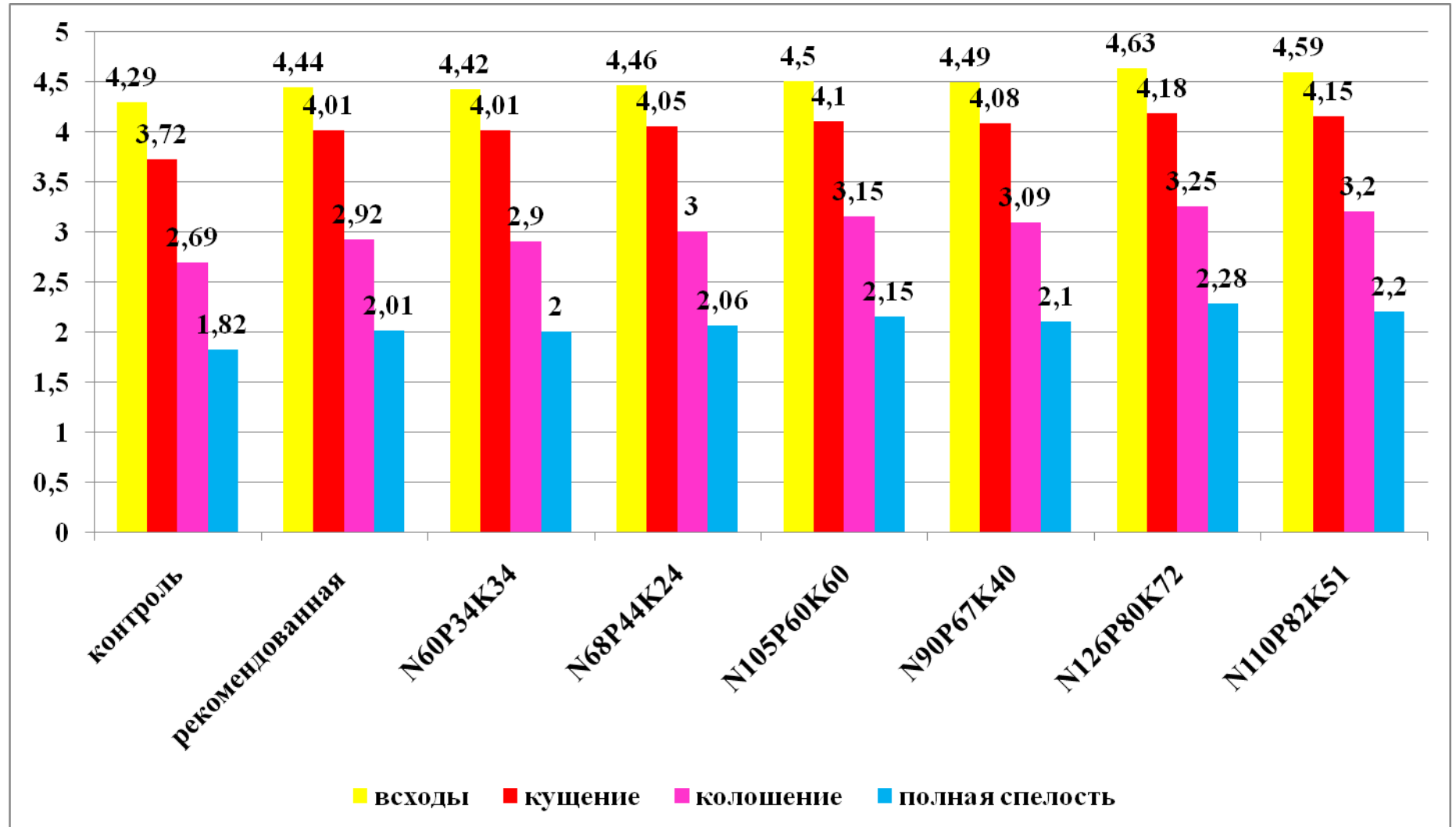


Рисунок 3 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику общего азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Вариант $N_{60}P_{34}K_{34}$ при планировании урожайности 4,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева формировал содержание элемента несущественно превышающий контрольный показатель 0,13% на всходах, в фазу кущения – 0,29%, в фазу колошения – 0,21% и в фазу полной спелости – 0,18%.

В среднем за четыре года исследований на вариантах при планировании урожайности 4,0; 5,0 и 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» максимальные значения были отмечены на всходах при планировании урожайности на 6,0 т/га в дозах $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ – 4,63 и 4,59%, тогда как на контроле было 4,29%.

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что внесение расчетных доз минеральных удобрений $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ способствовало достоверному увеличению концентрации общего азота в растениях озимой пшеницы вне зависимости от фазы развития культуры, прибавка составила от 0,3 до 0,56%. Наибольшая концентрация, существенно превышающая все изучаемые варианты, формируется при внесении дозы до посева $N_{126}P_{80}K_{72}$ при программировании урожайности на 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева – 4,63%, существенно превышающей другие дозы минеральных удобрений.

4.2. Содержание фосфора

Фосфор является одним из главных элементов питания, необходимых для жизни, среди питательных веществ растений ему принадлежит ключевая роль. Без фосфора не может существовать ни один живой организм. Он выполняет конституционную функцию в растениях и других организмах, входя в многочисленные фосфорорганические соединения, и энергетическую функцию – в составе АТФ. Он участвует практически во всех биохимических процессах вещественного и энергетического обмена в клетке, передаче наследственной информации, синтезе ферментов, белков, углеводов и других веществ (Иванов А.Л., Шахджахан М., 1992).

В репродуктивных органах растений содержится примерно 90–95% органического и 5–10% минерального фосфора.

Фосфорсодержащие соединения клетки контролируют практически все биохимические процессы жизнедеятельности растений, и своевременное обеспечение их фосфором имеет первостепенное значение в формировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур (Наумова В.В., Кукина Л.С., 2014).

Влияние погодных условий на содержание фосфора в растениях озимой пшеницы было аналогично содержанию азота. В самый засушливый год периода исследований (2011–2012 г.) на всех изучаемых вариантах среднее содержание фосфора в растениях озимой пшеницы в фазу всходов составило 1,1%, в фазу кущения – 0,97%, в фазу колошения – 0,74%, в фазу полной спелости – 0,71%. 2013–2014 сельскохозяйственный год характеризуется как год с избыточным количеством осадков, при этом концентрация элемента вне зависимости от варианта опыта составляла 1,02; 0,90; 0,69; 0,67% соответственно рассматриваемым фазам, в 2010–2011 г. концентрация элемента составила 1,19%, 0,93%, 0,71% и 0,70% соответственно, а в 2012–2013 сельскохозяйственном году концентрация составила 0,99; 0,79; 0,66 и 0,64% соответственно (приложения 38–41).

Динамика содержания фосфора в растениях озимой пшеницы для всех вариантов опыта имела общую тенденцию – происходило неуклонное снижение их концентрации в процессе органогенеза с достижением минимальных значений к полной спелости (рисунок 4 и приложение 39).

Минеральные удобрения, вносимые под озимую пшеницу, незначительно влияли на содержание фосфора в растениях, а разница как относительно контроля, так и между изучаемыми вариантами была несущественной.

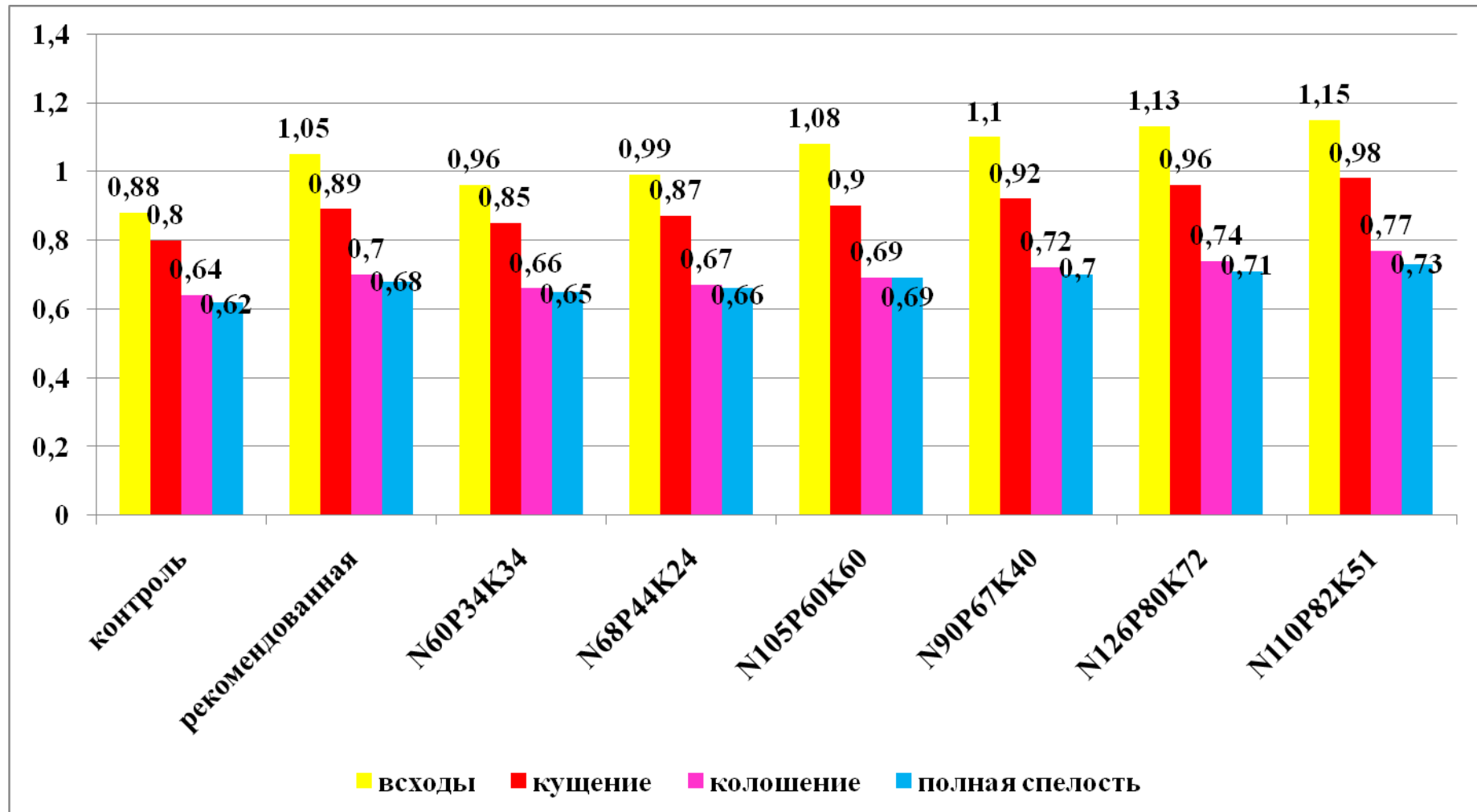


Рисунок 4 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

В фазу колошения нами отмечалось незначительное снижение концентрации фосфора на 0,03–0,06% при внесении дозы $N_{68}P_{44}K_{24}$ на планируемую урожайность 4,0 т/га по методике расчета СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» и рекомендованной дозы $N_{60}P_{60}K_{30}$ и на 0,02% при внесении дозы $N_{60}P_{34}K_{34}$ при планируемой урожайности 4,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева. В фазу колошения дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ при планировании урожайности на 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» способствовали накоплению элемента, а разница с контрольным вариантом составила 0,1–0,13%. Все остальные дозы минеральных удобрений незначительно увеличивали концентрацию фосфора в растениях на 0,05–0,08%. В фазу полной спелости озимой пшеницы разница в содержании фосфора нивелировалась, и показатели большинства вариантов находились на уровне контрольного варианта.

Внесение расчетных доз минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание фосфора в растениях озимой пшеницы, вне зависимости от срока отбора растительных образцов прибавка относительно контроля составила 0,03–0,27%. При этом наибольшая концентрация элемента в растениях формируется при внесении дозы до посева $N_{110}P_{82}K_{51}$ при программировании урожайности на 6,0 т/га по методике расчета СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», на всходах – 1,15%, в фазу кущения – 0,98%, в фазу колошения – 0,77% и в фазу полной спелости – 0,73%.

Таким образом, динамика содержания фосфора в растениях в течение вегетации имела единый ход – достоверное снижение показателей от фазы всходов к фазе полной спелости – 1,04–0,68% соответственно. Максимально существенное накопление фосфора растениями озимой пшеницы по сравнению с контролем во все фазы вегетации наблюдалось при внесении дозы $N_{110}P_{82}K_{51}$ при программировании урожайности на 6,0 т/га по методике расчета СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», на всходах – 1,15%, в

фазу кущения – 0,98%, в фазу колошения – 0,77% и в фазу полной спелости – 0,73%. Большинство других исследуемых вариантов удобрений также способствовали увеличению содержания фосфора в растениях озимой пшеницы относительно контроля, однако разница находилась в пределах НСР.

4.3. Содержание калия

Калий является одним из основных элементов питания, потребляемых сельскохозяйственными культурами в большом количестве. Несмотря на довольно высокое общее количество калия в почве, содержание его в доступной для растений форме в большинстве почв недостаточно, что вызывает необходимость применения калийных удобрений (Козлечков Г.А., Лабынцев А.В., 2012).

Калий один из основных элементов питания растений, потребление которого значительно больше, нежели других элементов, за исключением азота. Физиологические функции калия в растениях разнообразны. Калий непосредственно не входит в состав каких-либо органических соединений клетки. Практически весь калий, содержащийся в растениях, находится в ионной форме, что определяет высокую его подвижность в клетках и тканях. В зависимости от условий выращивания и физиологического состояния растений его содержание в отдельных органах варьирует от 1 до 7%. По мере созревания сельскохозяйственных культур содержание его в вегетативных органах снижается в 3–4 раза. В зависимости от возраста растений 70–85% калия находится в клеточном соке в свободной ионной форме, остальные 15–30% адсорбируются на поверхности белковых молекул цитоплазмы, образуя с ними нестойкие соединения (Зялалов М.Ш., Сибгатуллина М.Ш., Бариева А.И. и др., 2010).

В течение вегетации культуры динамика содержания калия в растениях озимой пшеницы имела аналогичный ход, что и содержание азота: при

максимальных значениях в фазу всходов и последующем снижении до минимума к фазе полной спелости.

Однако по годам исследования его концентрация была стабильной, очевидно вследствие высокой обеспеченности почвы этим элементом питания, при этом содержание калия в растениях озимой пшеницы: в 2011–2012 сельскохозяйственном году выпало наименьшее количество осадков, а концентрация калия в растениях изучаемой культуры была выше на 0,02–0,46; 0,02–0,30; 0,05–0,25; 0,03–0,24% соответственно в фазы всходов, кущения, колошения и полной спелости, чем в 2010–2011, 2012–2013 и 2013–2014 сельскохозяйственных годах, которые характеризовались как более увлажненные (приложения 45–48).

Анализ данных, представленных на рисунке 5 и в приложении 44, позволяет сделать вывод, что на контрольном варианте наиболее интенсивное снижение содержания калия в растениях (в 2,5 раза) происходило в межфазный период кущения – колошения. Во многом это обусловлено все тем же эффектом «разбавления» в период максимального накопления биомассы растений.

Нами установлено, что в среднем за четыре года содержание калия в растениях озимой пшеницы постепенно снижалось от фазы всходов до полной спелости культуры. Максимальное содержание элемента нами отмечалось в фазу всходов – 4,06% на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева, а минимальное – в фазу полной спелости – 1,17% на рекомендованной дозе внесения минеральных удобрений, что связано с нарастанием массы озимой пшеницы (приложение 44).

Согласно результатам анализа опыта изучаемые дозы и способы расчета минеральных удобрений не оказали существенного влияния на содержание калия в растениях озимой пшеницы.

Применение таких доз удобрений, как $N_{60}P_{60}K_{30}$, $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$, недостоверно увеличивало содержание элемента в растениях изучаемой культуры на 0,03–0,11% относительно контрольного варианта.

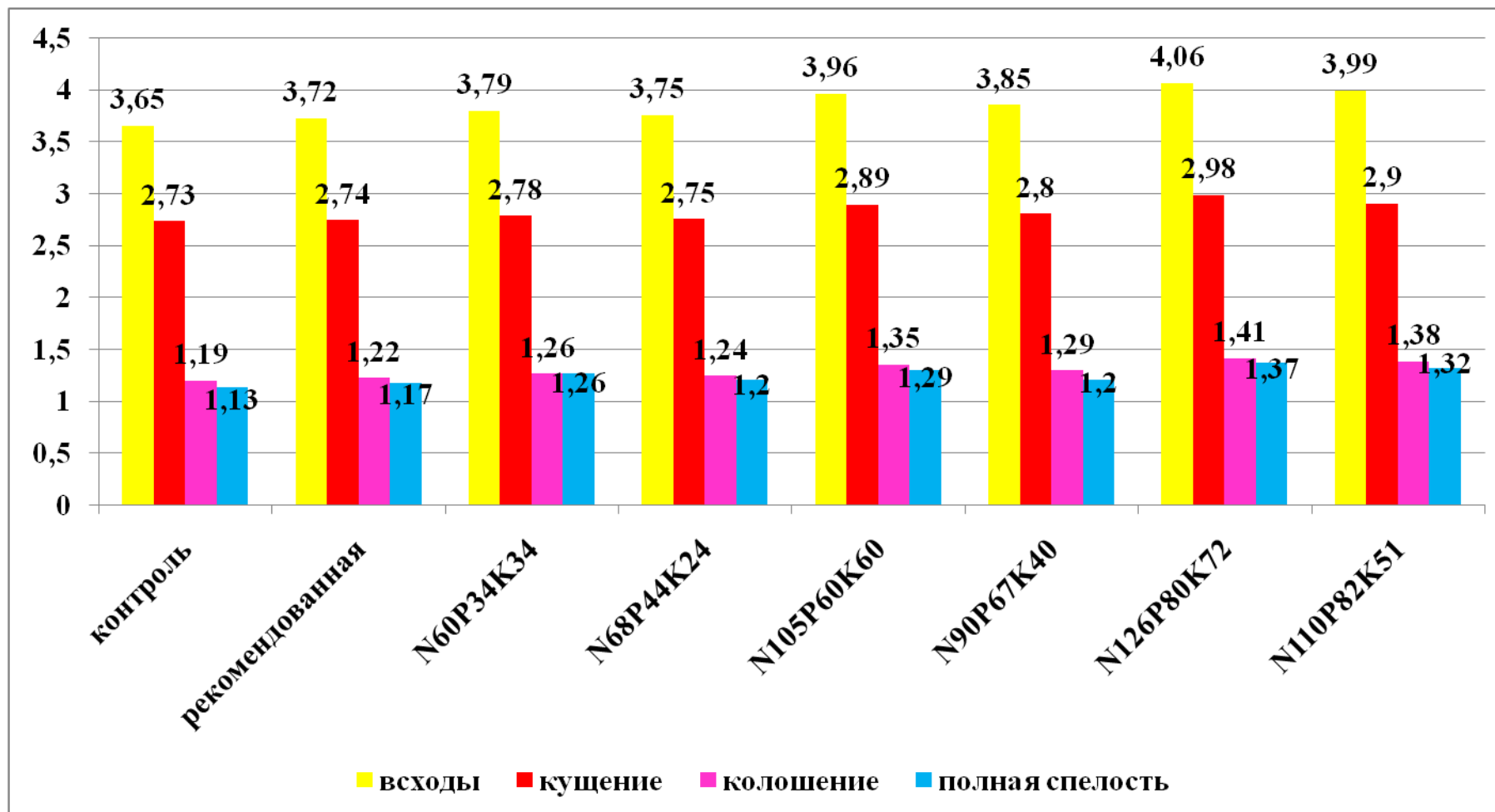


Рисунок 5 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг

Варианты с применением расчетных доз удобрений на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га увеличивали содержание калия в растениях озимой пшеницы на 0,19–0,28% по сравнению с контролем.

Максимальная концентрация элемента 4,06% была отмечена в фазу всходы при внесении дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ при планировании урожайности на 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева.

Таким образом, применение таких доз удобрений, как $N_{60}P_{60}K_{30}$, $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$ недостоверно увеличивало содержание элемента в растениях изучаемой культуры на 0,03–0,11% относительно контрольного варианта. Содержание калия в растениях озимой пшеницы постепенно снижается от фазы всходов до полной спелости культуры. Максимальная концентрация элемента 4,06% была отмечена в фазу кушения при внесении дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ при планировании урожайности на 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева.

4.4. Влияние минеральных удобрений на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью

Применение фосфорно-калийных удобрений традиционно считается важным приемом, улучшающим фитосанитарное состояние агроценозов. Повышение уровня калийного питания растений обеспечивает формирование у них более прочных скелетных тканей, а также клеточных стенок и кутикулы, что препятствует проникновению фитопатогенов внутрь клетки. Более того, при усилении процессов метаболизма в оптимальных условиях калийного питания замедляется распад органических веществ, таким образом, в растениях отсутствуют низкомолекулярные углеводы и растворимые азотные соединения, которые служат питательным субстратом для патогенной микрофлоры. В условиях достаточного калийного питания в растении активизируется биосинтез фенольных соединений, играющих

важную роль в иммунитете растений (Никитишин В.И., 2003; Плотникова Л.Я., 2007).

Имеются данные, что применение калийных удобрений повышает устойчивость многих культурных растений к мучнистой росе и ржавчине, корнеплодов – к гнилям при хранении.

С другой стороны, азотные удобрения, создавая избыток нитратов в почве, усиливают ее кондуктивные свойства, в результате чего фитопатогенные микромицеты не только становятся преобладающими, но и способны при оптимальных условиях активно заражать восприимчивые растения. Известны случаи повышения восприимчивости растений к ржавчине и мучнистой росе при внесении избытка азотных удобрений.

Более того, по данным В.А. Чулкиной и др. (2009), при избытке нитратов многие бактерии-антагонисты утрачивают способность продуцировать антибиотики и другие биологически активные вещества. В этих условиях увеличивается численность фитопатогенных грибов в почве и усиливается поражение растений корневой гнилью.

Но известны и противоположные факты, например повышение устойчивости к пероноспорозу табака и подсолнечника при некотором избытке азота.

Таким образом, в каждом отдельном случае требуется оценка влияния удобрений на поражаемость сельскохозяйственных культур теми и иными заболеваниями.

Согласно многолетним данным в месте проведения опытов отмечается повышенный температурный режим в летний и осенний периоды. В зимний период температурный режим и снежный покров неустойчивы. Весна затяжная, холодная, температурный режим неустойчив. Среднее количество осадков, выпадающих в год, – 623 мм. Средняя годовая температура воздуха – 9,2 °С.

Результаты по оценке биологической эффективности различных доз удобрений и соотношения в них азота и калия в отношении корневой гнили озимой пшеницы представлены на рисунке 6.

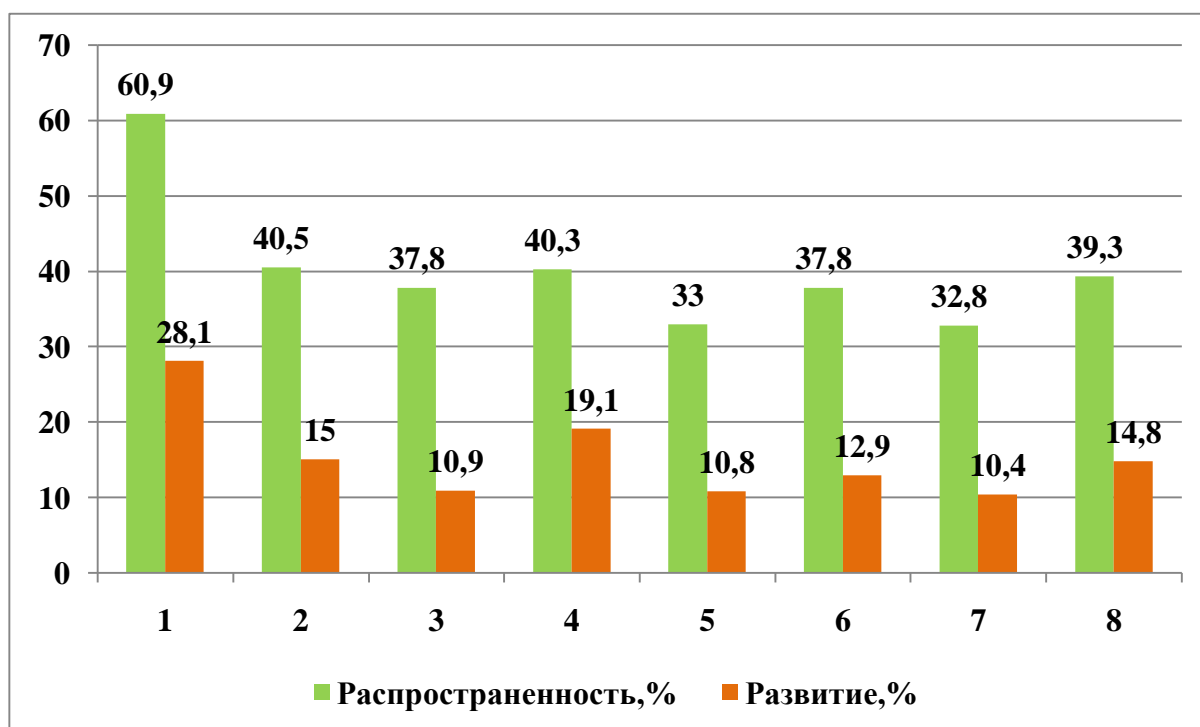


Рисунок 6 – Пораженность растений озимой пшеницы корневой гнилью в зависимости от дозы минерального питания (среднее за 2010– 2014 гг.):

1 – контроль (без удобрений); 2 – $N_{60}P_{60}K_{30}$; 3 – $N_{60}P_{34}K_{34}$; 4 – $N_{68}P_{44}K_{24}$; 5 – $N_{105}P_{60}K_{60}$; 6 – $N_{90}P_{67}K_{40}$; 7 – $N_{126}P_{80}K_{72}$; 8 – $N_{110}P_{82}K_{51}$

Исследования показали, что снижение дозы калия ниже K_{30} не оправдывает себя с фитосанитарной точки зрения, так как приводит к увеличению развития корневой гнили до уровня контроля без удобрений. Рекомендованная доза удобрений $N_{60}P_{60}K_{30}$ позволяет снизить данный показатель в 1,9 раза (Саленко Е.А., Есаулко А.Н., Шутко А.П. и др., 2014).

Анализ пораженности растений озимой пшеницы корневой гнилью в зависимости от дозы удобрений при увеличении планируемой урожайности до 5–6 т/га приводит к выводу о фитосанитарном значении пропорции между элементами питания. Установлено, что наиболее оптимальным с

фитосанитарной точки зрения является соотношение азота и калия 1,7:1, которое позволяет удерживать развитие заболевания в пределах экономического порога вредоносности ЭПВ=10–15%.

Смещение в сторону повышения данного соотношения до 2,2–2,8:1 приводит к развитию заболевания в пределах верхнего уровня ЭПВ и выше.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют, что регулирование оптимального и сбалансированного уровня минерального питания растений является одним из факторов оздоровления фитосанитарного состояния посевов озимой пшеницы.

5. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СВЯЗИ С АГРОХИМИЧЕСКИМИ ПРИНЦИПАМИ

5.1. Структура урожая

Величина урожая зерна озимой пшеницы – это интегральный показатель продуктивности растений по фазам роста и развития, зависящий от количественного выражения каждого структурного элемента. Главные факторы величины урожая – плотность продуктивного стеблестоя, озерненность колоса и крупность колосков (зерен) – определяются условиями произрастания растений озимой пшеницы в различные фазы роста. Озимая пшеница интенсивностью кушения восполняет густоту стеблестоя. Период же выхода растений в трубку ответственен за формирование одного из главных элементов структуры урожая – озерненности колоса (Ковтун В.И., 2010; Гулянов Ю.А., 2003).

Условия увлажнения в годы проведения исследований оказали существенное влияние на формирование структуры урожая озимой пшеницы.

Так, погодные условия в 2010–2011 сельскохозяйственном году сложились крайне неблагоприятно. Количество осадков в 2011–2012 г. оказалось меньше многолетней годовой нормы на 27%. Погодные условия в 2012–2013 г. оказались меньше многолетней годовой нормы на 15%. В целом за 2013–2014 г. выпало 705 мм осадков, что превысило среднемноголетние показатели на 13%, что способствовало получению максимальной урожайности за анализируемый период и наиболее высоких показателей элементов структуры урожая (приложения 50–53).

Необходимо отметить, что на всех вариантах методики расчета доз минеральных удобрений обеспечили показатели структуры формирования урожая, обеспечивающие планируемый уровень биологической урожайности зерна озимой пшеницы.

Все изучаемые в опыте дозы минеральных удобрения по сравнению с контролем достоверно повышали такие показатели структуры урожая пшеницы, как длина колоса – на 0,7–3 см, число зерен в одном колосе – на 2–

7 шт., массу 1000 зерен – на 1,2–3,5 г, массу 1 колоса – на 0,01–0,09 г. Однако необходимо отметить, что наибольшие значения показателей структуры урожая в опыте были зафиксированы на планируемую урожайность 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева (Саленко Е.А., 2015).

При сравнении показателей наиболее существенное влияние на структурные показатели относительно контрольного варианта без применения минеральных удобрений было зафиксировано на следующих показателях структуры: количество растений на 1 м² увеличено на 39 шт., количество стеблей с колосом – на 98 шт. Число зерен в колосе – на 2 шт., масса зерен – 0,01 г. Увеличение массы 1000 зерен составило 1,2 г.

При оптимизации минерального питания на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 4,0 т/га нами установлено, что все изучаемые расчетные методики определения доз минеральных удобрений показали довольно высокое увеличение показателей структуры урожая озимой пшеницы, но наибольший эффект был получен при внесении N₆₈P₄₄K₂₄, рассчитанной по методике ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский». Количество растений на 1 м² увеличено на 5 шт., количество стеблей с колосом – на 17 шт. Число зерен в колосе – на 2 шт., масса зерен – 0,01 г. Длина колоса – 0,5 см, по сравнению с N₆₀P₃₄K₃₄, рассчитанной по методике В.В. Агеева.

Из данных, приведенных в таблице 9, видно, что по отношению к контролю при планировании урожайности озимой пшеницы на 4,0 т/га обе методики расчета показали высокое увеличение показателей структуры урожая озимой пшеницы. Так, количество растений на 1 м² увеличено на 44 шт., количество стеблей с колосом – на 103 шт. Число зерен в колосе – на 4 шт., масса зерен – 0,03 г. Увеличение массы 1000 зёрен составило 1,13 г.

**Таблица 9 – Влияние расчетных доз минеральных удобрений на структуру урожая озимой пшеницы,
2010–2014 гг.**

Планируемая урожайность, т/га	Методика расчета	Дозы удобрений	Количество, шт/м ²			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, т/Га
			растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт.	масса зерна, г		
				всего	с колосом							
контроль	контроль	0	207	381	349	1,9	1,7	8,5	23	0,97	34,0	3,39
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	246	479	447	2,0	1,8	9,2	25	0,98	35,2	4,38
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	246	467	435	2,0	1,8	9,4	27	0,99	36,4	4,31
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	251	484	452	2,1	1,8	9,9	25	1,00	36,1	4,52
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	283	558	526	2,2	1,9	9,8	26	1,04	36,7	5,06
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	281	527	495	2,1	1,8	9,9	28	1,03	37,1	5,1
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	355	620	588	1,9	1,7	11,5	28	1,04	37,2	6,12
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	320	581	549	1,9	1,7	10,8	30	1,06	37,5	5,82
НСР ₀₅	–	–	32,0	36,0	42,0	–	–	0,6	1,9	0,01	0,2	0,2

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

При программировании урожайности озимой пшеницы на 5,0 т/га нами установлено, что наибольшее увеличение в структуре урожая озимой пшеницы было отмечено при внесении $N_{105}P_{60}K_{60}$ по методике расчета В.В. Агеева. Так, количество растений на 1 м^2 увеличено на 2 шт., количество стеблей с колосом – на 31 шт. Кустистость общая и продуктивная – на 0,1. Масса 1000 зерен составила – 0,01 г, по отношению $N_{90}P_{67}K_{40}$, рассчитанной по методике ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

По отношению к контролю при программировании урожайности озимой пшеницы на 5,0 т/га обе методики расчета показали высокое увеличение показателей структуры урожая озимой пшеницы. Так, количество растений на 1 м^2 увеличено на 76 шт., количество стеблей с колосом – на 177 шт. Число зерен в колосе – на 5 шт., масса зерен – 0,06 г. Увеличение массы 1000 зёрен составило 3,1 г.

При оптимизации минерального питания на программируемый уровень урожайности озимой пшеницы 6,0 т/га нами установлено, что все изучаемые расчетные методики определения доз минеральных удобрений показали довольно высокое увеличение показателей структуры урожая озимой пшеницы, но наибольший эффект был получен при внесении $N_{126}P_{80}K_{72}$, рассчитанной по методике В.В. Агеева. Так, количество растений на 1 м^2 увеличено на 35 шт., количество стеблей с колосом – на 39 шт. Число зерен в колосе – 2 шт., в свою очередь масса зерен на 0,02 г и масса 1000 зерен – 0,03 г, были выше при внесении $N_{110}P_{82}K_{51}$, рассчитанной по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», где отклонение находится в пределах НСР.

Так, по отношению к контролю при программировании урожайности озимой пшеницы на 6,0 т/га обе методики расчета показали высокое увеличение показателей структуры урожая озимой пшеницы, количество растений на 1 м^2 увеличено на 148 шт., количество стеблей с колосом – на 239 шт. Число зерен в колосе – на 7 шт., масса зерен – 0,09 г. Увеличение массы 1000 зёрен составило 3,5 г.

Таким образом, в ходе проведения исследований все изучаемые дозы минеральных удобрений существенно увеличивали показатели структуры урожая озимой пшеницы по сравнению с контролем. Сравнение изучаемых методик расчетных доз минеральных удобрений на программируемый уровень урожайности 6,0 т/га показало, что количество растений на 1 м² увеличено на 148 шт., количество стеблей с колосом – на 239 шт. Число зерен в колосе – 7 шт., масса зерен – 0,09 г. Увеличение массы 1000 зёрен составило 3,5. Однако, наибольшие значения показателей структуры урожая в опыте были зафиксированы на планируемую урожайность 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева. Так, количество растений на 1 м² увеличено на 35 шт., количество стеблей с колосом – на 39 шт. Число зерен в колосе – на 2 шт.

5.2. Урожайность

Как показывают исследования, проведенные в различных почвенно-климатических зонах, получение высокого урожая озимой пшеницы зависит от рационального размещения посевов по лучшим предшественникам, применения научно обоснованных систем удобрений и способов основной обработки почвы (Полоус Г.П., Войсковой А.И., 2013).

Высокий биологический и хозяйственный урожай можно получить лишь в том случае, когда созданы оптимальные условия для формирования надземной биомассы и экономически рационального распределения органического вещества. Хозяйственный урожай зависит от степени согласованности процессов формирования надземной биомассы и отдельных элементов урожайности, характеризующихся очень сложными взаимоотношениями. Урожай зерна создается тремя основными компонентами: числом колосьев на единице площади; числом зерен в колосе; массой зерна (массой 1000 зерен) (Нешин И.В., Чапцева Т.В., 2005).

Урожай озимой пшеницы формируется под воздействием сложного комплекса условий, каждое из которых оказывает влияние на его количество

и качество. Улучшая условия произрастания пшеничного растения – водный, пищевой, световой режимы и другие необходимые факторы, можно добиться получения высокого урожая. Многочисленные данные научно-исследовательских учреждений и производства показывают, что в природе озимой пшеницы заложены большие возможности и при полном их использовании она в состоянии давать 80–100 ц зерна с 1 га и более (Ториков В.Е., Шпилев Н.С., Фокин И.И. и др., 2011).

Погодные условия в годы проведения исследований характеризовались неравномерным выпадением осадков, уступающим многолетней норме на 82–148 мм.

Наиболее благоприятные агрометеорологические условия для формирования урожая культуры сложились в 2010–2011 г. Сумма осадков, выпавших за вегетацию культуры (580 мм), уступала норме 7%, однако их распределение способствовало оптимальной влагообеспеченности посевов и формированию наибольшей урожайности озимой пшеницы. Среднегодовая температура воздуха оказалась на 1,4°C выше многолетних значений, достигнув 10,6°C.

Погодные условия в 2011–2012 г., сложились крайне неблагоприятно для формирования урожая. Неравномерное распределение осадков в весенне-летний период оказало неблагоприятное влияние на формирование урожая озимой пшеницы. Количество осадков в 2011–2012 г. оказалось меньше многолетней годовой нормы на 27%. Погодные условия в 2012–2013 г. оказалось меньше многолетней годовой нормы на 15%. В целом за 2013–2014 г. выпало 705 мм осадков, что превысило среднемноголетние показатели на 13%. Однако их распределение по вегетации культур было неравномерным, а наблюдавшийся дефицит осадков отмечался на фоне высоких температур воздуха и атмосферной засухи. При этом повышенный температурный режим был отмечен на протяжении всей вегетации культур, среднегодовая температура превысила многолетние показатели на 0,3°C (приложения 1, 2).

Из данных, приведенных в таблице 10, видно, что все изучаемые дозы минеральных удобрений достоверно увеличивали урожайность озимой пшеницы, и разница относительно контроля составляла в 2010–2011 г. 1,03–2,9 т/га, в 2011–2012 г. – 0,97–2,28 т/га, в 2012–2013 г. – 0,69–3,17 т/га, в 2013–2014 г. – 0,66–2,69 т/га.

При оптимизации минерального питания на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 4,0 т/га нами установлено, что все изучаемые расчетные методы определения доз минеральных удобрений показали довольно высокую точность программирования урожайности культуры, а отклонения от +3 до +7% являются незначительными. Более высокий уровень продуктивности культуры был отмечен, при внесении $N_{68}P_{44}K_{24}$ (4,85 т/га), рассчитанной по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», которая оказалась выше на 18% по сравнению с расчетом доз минеральных удобрений по методике В.В. Агеева.

Таблица 10 – Урожайность озимой пшеницы в умеренно-влажной зоне Ставропольского края на основе оптимизации минерального питания за 2010–2014 гг.

Дозы удобрений	Методика расчета	Планируемая урожайность	Урожайность, т/га				Средняя
			2010	2011	2012	2013	
			– 2011	– 2012	– 2013	– 2014	
0	контроль	–	3,12	2,63	3,74	3,25	3,19
$N_{60}P_{60}K_{30}$	рекомендованная	–	4,3	3,60	4,90	3,91	4,18
$N_{60}P_{34}K_{34}$	1	4,0	4,15	3,72	4,43	4,15	4,11
$N_{68}P_{44}K_{24}$	2		4,39	3,93	4,85	4,10	4,32
$N_{105}P_{60}K_{60}$	1	5,0	4,63	4,34	5,57	4,90	4,86
$N_{90}P_{67}K_{40}$	2		5,17	4,21	5,42	4,62	4,90
$N_{126}P_{80}K_{72}$	1	6,0	6,02	4,91	6,91	5,85	5,92
$N_{110}P_{82}K_{51}$	2		5,8	4,61	6,23	5,94	5,65
НСР ₀₅	–	–	0,27	0,32	0,45	0,30	0,34
Sx, %	–	–	3,6	4,6	3,3	4,3	4,0

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра

«Ставропольский».

При планировании урожайности на 5,0 т/га наблюдались аналогичные результаты. Обе расчетные методики обеспечили незначительное отклонение от планируемой урожайности в сторону уменьшения –2,0 и –2,5% (Устименко Е.А., Есаулко А.Н., Подколзин А.И. и др., 2013).

При внесении удобрений на планируемый уровень урожайности 6,0 т/га, точность методики В.В. Агеева оказалась выше методики расчета, рекомендованной учеными СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», на 4,8%. В свою очередь, при внесении $N_{126}P_{80}K_{72}$ отмечалось существенное отклонение от планируемого уровня урожайности на 11 %, чего нельзя сказать при внесении $N_{110}P_{82}K_{51}$, рассчитанной по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», где отклонение находилось в пределах ошибки опыта.

Мы не смогли получить запрограммированный уровень урожайности озимой пшеницы 6,0 т/га независимо от методики расчета, но наибольший эффект от программирования был получен в 2012–2013 г., когда все варианты обеспечивали достоверную прибавку в урожайности культуры (отклонение составило +4 и +13%).

Таким образом, в ходе проведения исследований все изучаемые дозы минеральных удобрений существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы по сравнению с контролем. Сравнение изучаемых методик расчетных доз минеральных удобрений на программируемый уровень урожайности 4,0 и 6,0 т/га показало, что существенной разницы в показателях урожайности озимой пшеницы не выявлено.

В среднем за 4 года исследований оба метода расчета доз удобрений обеспечили запрограммированный уровень урожайности озимой пшеницы 4,0 т/га $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$. Программированный уровень 5,0 и 6,0 т/га достигнут не был, но наибольшая достоверность программирования 99% была получена при внесении дозы $N_{126}P_{80}K_{72}$ под планируемый урожай 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева.

5.3. Качество зерна

В понятие «качество пшеницы» входят более двух десятков признаков, которые могут быть объединены в 3 группы: физические показатели – натуральный вес, масса 1000 зерен, стекловидность и др.; химические показатели – содержание белка, клейковины, крахмала, клетчатки, растворимых углеводов, жира, золы; хлебопекарные и технологические свойства муки. Все эти показатели взаимосвязаны и определяют качество изделий, приготовленных из пшеничной муки. Уже внешний вид зерна в значительной мере характеризует его качество (Кулеватова Т.Б., Андреева Л.В., Свистунов Ю.С., 2013). Так, полноценное зерно отличается хорошей выполненностью, блеском, соответствующим цветом. Показатели стекловидности и прозрачности определяют товарные свойства зерна (Мельник А.Ф., Нечаев Л.А., Фомочкин В.А., 2011).

Из зерна пшеницы могут быть получены разные сорта муки. Высший сорт муки отличается низким содержанием золы, клетчатки, жира и высоким содержанием крахмала и глиадины. Химический состав муки в значительной мере определяет качество приготовленных из нее хлебобулочных и других изделий (Никитина В.Ю., Максименко А.А., Иваницкий Я.В., 2011).

Результаты исследований, представленные в таблице 11 указывают на то, что, изучаемые методики расчета доз минеральных удобрений, оказали положительное влияние на анализируемые качественные показатели зерна озимой пшеницы.

Исследуемые методики расчета минеральных удобрений оказывали влияние на один из главных показателей качества зерна – содержание сырой клейковины.

В среднем за четыре года все исследуемые дозы минеральных удобрений увеличивали содержание клейковины по сравнению с контролем на 2,4–9,9 %. При этом существенная разница была получена при внесении $N_{126}P_{80}K_{72}$ под планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева (Саленко Е.А., Есаулко А.Н., 2015).

Содержание клейковины в зерне при планировании урожайности на 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» было существенно выше не только варианта без применения удобрений, но и способов расчета доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 и 5,0 т/га.

Все изучаемые дозы минеральных удобрений обеспечивали увеличение содержания клейковины в зерне озимой пшеницы по сравнению с контролем. Так, при планировании урожайности озимой пшеницы на 4,0 и 5,0 т/га по методикам В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» увеличивали содержание клейковины в зерне озимой пшеницы на 7,6–9,4%.

Наибольшее содержание клейковины (27,0%) было получено при внесении $N_{126}P_{80}K_{72}$ на варианте с планируемой урожайностью 6,0 т/га по методике расчёта В.В. Агеева. Необходимо отметить, что на вариантах $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ разница между вариантами была незначительной.

Для накопления белка в зерне была характерна аналогичная тенденция, при этом на всех вариантах опыта его содержание колебалось в пределах 1,81–3,52%.

Данные, приведенные в таблице 11, показывают, что все исследуемые методики расчета доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0; 5,0 и 6,0 т/га увеличивали содержание белка по сравнению с контролем, однако достоверную прибавку обеспечивали только варианты с планируемой урожайностью 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский». Разница по исследуемому показателю между вариантами с применением микроудобрений была в пределах НСР. Наибольшее содержание белка в зерне озимой пшеницы в опыте обеспечивала доза $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» – 12,71%.

Таблица 11 – Влияние доз минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы в умеренно-влажной зоне Ставропольского края, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га	Методика расчета	Дозы удобрений	Содержание клейковины, %	Стекловидность, %	Показатель ИДК	Класс зерна	Белок
контроль	контроль	0	17,1	38,0	80	V	9,19
	рекомендованная	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	19,5	40,0	73	I V	11,34
4,0	1	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	24,7	45,0	75	I V	11,00
	2	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	24,9	47,0	72	I V	11,34
5,0	1	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	25,8	49,0	72	I V	11,51
	2	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	26,5	48,0	73	I V	11,12
6,0	1	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	27,0	65,0	75	III	12,48
	2	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁	26,7	55,0	73	III	12,71
НСР ₀₅ , %	–	–	0,4	9,0	–	–	0,2

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Все изучаемые методики расчета минеральных удобрений обеспечивали существенное увеличение содержания белка в зерне озимой пшеницы по сравнению с контролем на 1,81–2,15%; 1,93–2,32% и 3,29–3,52% соответственно. Следует отметить, что в среднем по опыту на планируемую урожайность 6,0 т/га доза $N_{110}P_{82}K_{51}$ превосходила дозу $N_{126}P_{80}K_{72}$.

Максимальное содержание белка в опыте было получено на варианте $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский» – 12,71%.

Существенные изменения наблюдались по такому показателю, как стекловидность. Этот показатель является наследственным свойством сорта и имеет косвенное отношение к белковости зерна.

Как видно из таблицы, показатель стекловидности по вариантам составил 38,0–65,0%, а для мукомольной промышленности минимальная стекловидность зерна озимой пшеницы не должна быть ниже 40%.

Все способы и дозы расчета минеральных удобрений на 4,0; 5,0 и 6,0 т/га существенно увеличивали показатели стекловидности зерна озимой пшеницы относительно контроля на 7–9%; 10–11 и 17–27%.

На вариантах без применения удобрений в среднем по опыту стекловидность зерна составила 38,0%, при внесении рекомендованной дозы удобрений $N_{60}P_{60}K_{30}$ происходило увеличение стекловидности на 2%.

Максимальное значение стекловидности зерна (65,0%) было отмечено на варианте $N_{126}P_{80}K_{72}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева.

Планируемые уровни урожайности 4,0 и 5,0 т/га, как и рекомендованная доза минеральных удобрений, обеспечивали получение зерна IV класса, на контроле показатель соответствовал V классу, лишь только планируемые уровни урожайности на 6,0 т/га обеспечили получение зерна III класса. В среднем за четыре года все исследуемые дозы удобрений увеличивали содержание клейковины по сравнению с контролем на 2,4–9,9%.

При этом на вариантах с планируемой урожайностью 5,0 и 6,0 т/га методика расчета В.В. Агеева обеспечивала более высокое содержание клейковины. Применение всех изученных доз минеральных удобрений также способствовало получению клейковины хорошего качества – показания прибора ИДК составили 72–80 ед.

Таким образом, изучаемые дозы и методики расчета минеральных удобрений оказали положительное влияние на анализируемые показатели качества зерна озимой пшеницы.

В среднем за четыре года все исследуемые дозы и методики расчета минеральных удобрений на 4,0; 5,0 и 6,0 т/га увеличивали по сравнению с контролем содержание клейковины на 1,8–9,9%, содержание белка – 1,81–3,52%, стекловидность – 2–27%, при этом существенную прибавку по содержанию клейковины, стекловидности и белка обеспечивали дозы удобрений $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га по методикам расчета В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Максимальные показатели стекловидности (65%), содержания клейковины (27,0%) были получены на варианте с планируемой урожайностью 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ И МЕТОДИК РАСЧЕТА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Прежде чем то или иное мероприятие внедрять в практику сельскохозяйственного производства, необходимо сначала изучить эффективность путем проведения экономической оценки, отражающей влияние различных факторов на процесс производства. Лишь система показателей позволяет провести комплексный анализ и сделать достоверные выводы об обоснованных направлениях повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Экономическая эффективность показывает конечный полезный эффект от применения средств производства и живого труда, другими словами, отдачу совокупных вложений. В сельском хозяйстве это получение максимального количества продукции с единицы площади при наименьших затратах живого и вещественного труда.

Рассмотренные выше экспериментальные данные показали, что различные методики расчета минеральных удобрений оказали положительное влияние на получение планируемого уровня урожайности культуры, показатели качества зерна и плодородия почвы. Однако этих сведений недостаточно для установления наиболее рационального способа применения изучаемых приемов. Помимо агрономической оценки, необходима экономическая, критериями которой являются оправданность затрат и выгодность использования рекомендуемых приемов, технологий.

Экономическая эффективность производства зерна характеризуется системой показателей. Основные их них: урожайность, стоимость валовой продукции с 1 га, производственные затраты на 1 га, себестоимость 1 ц продукции, чистый доход с 1 га, уровень рентабельности.

Один и тот же уровень урожайности может быть достигнут при различных затратах труда и средств. Более того, при одинаковом урожае

может быть различное качество продукции, что оказывает влияние на эффективность производства.

Чтобы получить соизмеримые величины затрат и результатов производства, объем производственной продукции переводят в стоимостную форму.

Стоимостные показатели имеют не только учетное, но и экономическое значение, так как они участвуют в развитии товарно-денежных отношений, а продукт производства выступает в качестве товара на рынке. Стоимостные показатели позволяют уловить различия не только в качестве, но и в ассортименте.

Данные, приведенные в таблице 12, свидетельствуют о том, что изучаемые методики расчета доз минеральных удобрений в период 2010–2014 гг. по сравнению с контролем увеличили урожайность на 0,92–2,73 т/га, денежную выручку – на 9415–27760 руб. Увеличивались затраты труда на 1 га – на 4,5–16,6%, производственные затраты – на 3004–9160 руб., но при этом снижались затраты труда на 1 т – на 19–37% и себестоимость единицы продукции – на 236–947 руб.

При довольно низких дополнительных затратах все изучаемые дозы минеральных удобрений повышали относительно контроля прибыль на 5640–18600 руб., а уровень рентабельности на 16–54%.

Таким образом, по всем основным показателям экономической эффективности производства озимой пшеницы при сложившейся в настоящее время ценовой политике на минеральные удобрения дозы удобрений $N_{110}P_{82}K_{51}$ и $N_{126}P_{80}K_{72}$ имеют преимущество как над контролем, так и над другими дозами минеральных удобрений. Использование данных доз минеральных удобрений обеспечивает выход с 1 га пашни 5,65–5,92 т зерна, что на 2,46–2,73 т больше контроля. В результате увеличились: денежная выручка – на 25330–27760 руб., производственные затраты на 1 га – на 49–53%, прибыль с 1 га – на 16900 – 18600 руб., а себестоимость

снизилась на 863–947 руб. Уровень рентабельности доз $N_{110}P_{82}K_{51}$ и $N_{126}P_{80}K_{72}$ составил 98 и 102%, что на 50–54% выше контроля.

Таблица 12 – Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы на планируемую урожайность 4,0; 5,0 и 6,0 т/га в зависимости от методик расчета минеральных удобрений (среднее за 2010–2014 гг.)

Показатель	Варианты							
	Контроль	Рекомендованная	N ₆₀ P ₃₄ K ₃₄	N ₆₈ P ₄₄ K ₂₄	N ₁₀₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₆₇ K ₄₀	N ₁₂₆ P ₈₀ K ₇₂	N ₁₁₀ P ₈₂ K ₅₁
Урожайность с 1 га, т	3,19	4,18	4,11	4,32	4,86	4,90	5,92	5,65
Цена за 1 т, руб.	8000	8500	8500	8500	8500	8500	9000	9000
Денежная выручка с 1 га, руб.	25520	35530	34935	36720	41310	41650	53280	50850
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	13,2	14,0	13,8	14,2	14,6	14,7	15,4	15,2
Затраты труда на 1 т, чел.-ч.	4,14	3,35	3,36	3,29	3,00	3,00	2,60	2,69
Производственные затраты на 1 га, руб.	17250	21620	20254	21023	23756	23485	26410	25680
Себестоимость 1 т продукции, руб.	5408	5172	4928	4866	4888	4793	4461	4545
Прибыль на 1 га, руб.	8270	13910	14681	15697	17554	18165	26870	25170
Уровень рентабельности, %	48	64	72	75	74	77	102	98

ВЫВОДЫ

На основании четырехлетних полевых опытов и лабораторных исследований по изучению программирования урожайности озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения на основе оптимизации применения минеральных удобрений мы пришли к следующим основным выводам:

1. Применение удобрений снижало запасы продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы за счет большой вегетативной массы культуры на удобренных вариантах. В зависимости от методики расчета норм удобрений по сравнению с контролем запас продуктивной влаги снижался в фазу кущения на 0,6–4,3 мм, в фазу колошения – на 1,1–5,7 мм, в фазу полной спелости – на 1,4–5,1 мм. На вариантах с планируемой урожайностью озимой пшеницы 5,0 и 6,0 т/га все дозы удобрений достоверно снижали влагозапас в слое почвы – 0–20 см по сравнению с контролем.
2. Изменение реакции почвенного раствора на всех вариантах опыта имело единый ход, это достоверное её снижение к фазе колошения и последующее увеличение к полной спелости. Изучаемые дозы минеральных удобрений снижали по сравнению с контролем данный показатель только перед посевом на 0,08–0,23 ед. Во все остальные сроки отбора существенное изменение реакции почвенного раствора было отмечено на варианте с внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{30}$.
3. Минеральные удобрения, не изменяя направленности динамики содержания, оказывали достоверное влияние на концентрацию минерального азота в 0–20 см слое почвы, превышая контроль на 4–15,4 мг/кг почвы. В среднем за вегетацию содержание минерального азота в почве оказалось существенно выше на вариантах с расчетом доз минеральных удобрений на планируемую урожайность культуры 5,0 и 6,0 т/га по методике расчета В.В. Агеева.

4. Минеральные удобрения в прямой зависимости от содержания в них фосфора увеличивали концентрацию подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного по сравнению с контролем на 1,5–6,6 мг/кг почвы. На вариантах с внесением доз минеральных удобрений, рассчитанных по методике СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский», содержание подвижного фосфора было несущественно выше, независимо от уровня планируемой урожайности.
5. Внесение удобрений несущественно увеличивало содержание обменного калия относительно контроля, за исключением варианта $N_{68}P_{44}K_{24}$ на планируемую урожайность 4,0 т/га, который уступал показателю контроля на 11 мг/кг почвы. На всех вариантах с использованием расчетных доз минеральных удобрений по методике В.В. Агеева содержание обменного калия в почве было недостоверно выше показателей второй методики расчета норм удобрений.
6. Независимо от фона питания содержание в растениях азота, фосфора и калия неуклонно снижалось с достижением минимальных величин в фазу полной спелости. Максимальная концентрация азота, фосфора и калия на протяжении всей вегетации культуры нами отмечалась при применении $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 6,0 т/га. Дозы минеральных удобрений увеличивали содержание в растениях по сравнению с контролем: азота – 0,2–0,46%, фосфора – 0,04–0,17%, калия – 0,03–0,28%, а методики расчета норм удобрений не оказали существенного влияния на данный показатель.
7. Все дозы минеральных удобрений в соответствии с методиками расчета увеличивали по сравнению с контролем: число зерен – на 2–7 шт.; массу зерна с 1 колоса – на 0,01–0,09 г; массу 1000 зерен – на 1,2–3,5 г, или 3,5–10,3%. Максимальные параметры структуры урожая озимой пшеницы были достигнуты при внесении $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемый уровень урожайности 6,0 т/га за счет повышения относительно контроля продуктивного стеблестоя – на 86–239 ед. и длины колоса – на 0,7–3 см.

8. Все изучаемые дозы минеральных удобрений в среднем за четыре года существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы, и разница по сравнению с контролем составила 0,93–2,73 т/га. Сравнимые методики расчета доз удобрений $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$ обеспечили программированный уровень урожайности озимой пшеницы 4 т/га, который соответственно составил 4,11–4,32 т/га. Планируемый уровень урожайности 5 т/га достигнут не был, а изучаемые методики расчета норм удобрений позволили получить примерно одинаковый уровень продуктивности (4,86–4,90 т/га).

Максимальная урожайность (5,92 т/га) и наибольшая достоверность программирования 99% была получена при внесении $N_{126}P_{80}K_{72}$ по методике расчета В.В. Агеева на планируемый уровень урожайности 6,0 т/га. Распределение осадков по фазам развития озимой пшеницы оказало значительное влияние на эффективность применения удобрений.

9. Применение минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности 4,0; 5,0 и 6,0 т/га по сравнению с контролем увеличивало содержание клейковины на 1,8–9,9%, содержание белка – 1,81–3,52%, стекловидность – 2–27%. Дозы удобрений $N_{126}P_{80}K_{72}$ и $N_{110}P_{82}K_{51}$ на планируемую урожайность 6,0 т/га способствовали получению зерна III класса.
10. Все изучаемые в опыте дозы минеральных удобрений увеличивали основные показатели экономической эффективности по сравнению с контролем за счет более высокой урожайности и качества зерна озимой пшеницы. Внесение удобрений снижало по сравнению с контролем себестоимость 1 т зерна на 236–946 руб., увеличивали прибыль на 5640–18600 руб., уровень рентабельности – на 16–53%. Максимальные показатели экономической эффективности нами установлены при внесении $N_{126}P_{80}K_{72}$ (по методике расчета В.В. Агеева) на планируемый уровень продуктивности 6,0 т/га.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При программировании урожайности озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения на черноземе выщелоченном для получения 6,0 т/га высококачественного зерна и максимального экономического эффекта рекомендуется внесение расчетной дозы минеральных удобрений по методике расчета В.В. Агеева.

При программировании уровня урожайности озимой пшеницы 4,0 т/га рекомендуются расчетные дозы удобрений по методике В.В. Агеева и СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, Е.В. Применение минеральных удобрений и биопрепаратов под *Rapicumtiliaceum*L. на черноземе южном/ Е.В. Агафонов, В.В. Клыков, А.А. Громаков, В.В. Турчин // Проблемы агрохимии и агроэкологии – 2014. – №2. С. 3-7.
2. Агеев, В.В., Демкин, В.И. Программирование урожая : Учеб. пособ. – Ставрополь, 1991.– С.119.
3. Агеев, В.В., Есаулко, А.Н. и др Математико-нормативное обеспечение программирования урожаев: Учебное пособие / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко и др. – Ставрополь: изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004. – С.168.
4. Агеев, В.В., Есаулко, А.Н. Математико-нормативное обеспечение программирования урожаев: Учебное пособие / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко – Ставрополь: изд-во СтГАУ «АГРУС», 2003. – С.160.
5. Агеев В.В., Подколзин А.И. Системы удобрения в севооборотах Юга России, 2001. – С.349.
6. Агеев, В.В, Программирование урожаев сельскохозяйственных культур // Агеев, В.В., Есаулко, А.Н., Гречишкина, Ю.И., Лобанкова, О.Ю., Радченко, В.И., Горбатко, Л.С., Коростылёв, С.А., Ставрополь: СтГАУ, 2008. – С.168.
7. Агеев, В.В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина и др.: учеб.пособие. – 4 изд., перераб. и доп. Ставрополь, 2011. – С.200.
8. Агеев, В.В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина и др.: учеб.пособие. – 5 изд., перераб. и доп. Ставрополь, 2014. – С.200.
9. Агеев, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур на юге России: учебно-методическое пособие / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, А.И. Подколзин, Ю.И. Гречишкина, О.Ю. Лобанкова, В.И. Радченко // Ставрополь: 2008 – С.151.

10. Агеев, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур на Юге России: уч. пособие / В.В. Агеев, А.П. Чернов, А.П. Куйдан и др. – Ставрополь: ГСХА, 1999. – С.113.
11. Агеев, В.В., Подколзин, А.И. Агрехимия (Южно-Российский аспект): Учебник для студентов вузов, – Т.1 / В.В. Агеева. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2005. – С.488.
12. Агеев, В.В., Подколзин, А.И. Агрехимия (Южно-Российский аспект): Учебник для студентов вузов, – Т. 2 / В.В. Агеева. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2006. – С.480.
13. Алабушев, А.В. Реакция озимой пшеницы на систематическое внесение удобрений в звеньях зернопаропропашного севооборота / А.В. Алабушев, Г.В. Овсянникова, Н.Г. Янковский, Н.Г. Игнатъева // Зерновое хозяйство России, 2014. – Т. 35. – № 5. – С. 54-60.
14. Алябина, И.О., Лапаева О.Н. Азот удобрений в почвах России (Картографическая оценка по данным 2000 года) / И.О. Алябина, О.Н. Лапаева // Доклады по экологическому почвоведению, 2009. – Т. 2. – № 12. – С. 1-19.
15. Андриянова, Э.М. Медь и цинк в системе «почва - корма - продукция» / Э.М. Андриянова, Ю.А. Карнаухов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2010. – Т. 3. – № 27-1. – С. 107-109.
16. Афанасьев, Р.А., Мерзлая, Г.Е. Динамика подвижного фосфора в различных почвах / Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая // Плодородие, 2012. – № 3. – С. 16-18.
17. Афанасьев, Р.А., Мерзлая, Г.Е. Динамика подвижных форм фосфора и калия в почвах длительных опытов / Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013. – № 3. – С. 30-33.
18. Афондулов, К.П., Лантухова, А.И. Удобрения под планируемый урожай. – М.: Колос, 1978.

19. Балацкий, М.Ю. Урожайность и качество зерна новых сортов озимой твердой пшеницы на черноземе обыкновенном Ставропольского края / М.Ю. Балацкий, А.А.Кривенко, А.И. Войсковой, М.В. Зосименко, В.В. Дубина, А.Н. Пелипенко // В сборнике: Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Северо-Кавказского федерального округа 74-я научно-практическая конференция, 2010. – С. 5-7.
20. Баранов, В.Д., Тараканов, И.Г. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: Учеб.пособ. – М.: Изд-во УДН, 1990. – 71 с.
21. Беликова, С.В., Попов, В.Ф., Годунова, Е.И. Оценка эффективности мелиоративных приёмов на солонцах по биологическим особенностям семян озимой пшеницы // В сборнике: Новые методы исследования почв солонцовых комплексов Оценка эффективности мелиоративных приёмов на солонцах по биологическим особенностям семян озимой пшеницы. Москва, 1982. – С. 90-94.
22. Белозерова, А.А., Боме, Н.А. Биологические особенности озимых форм пшеницы и ржи в условиях северной лесостепи Тюменской области // Фундаментальные исследования, 2004. – № 2. – С. 117-118.
23. Белоусова, Ю.С. Состояние меди и цинка в системе "почва-растение" в условиях загрязнения / Ю.С. Белоусова : дисс... канд... биол. н. - Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ). Москва, 2013.
24. Бельтюков, Л.П. Сорт, технология, урожай: уч. пособие / Л.П. Бельтюков.- Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2002. – С.176.
25. Бильдиева, Е.А. Влияние азотных удобрений и фунгицидов на формирование урожая и качества зерна озимой пшеницы /Е.А. Бильдиева : автореф. дисс...канд..с.-х. н. – Ставрополь, 2008 – С. 21.

26. Богуславская, Н.В. Прогнозирование обеспеченности почв азотом / Н.В. Богуславская // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал, 2010. – № 1. – С. 93.
27. Болотов, И.М. Программирование урожая. – Ставрополь: Кн. Изд-во, 1986. – С.127.
28. Бондаренко, Н.Ф., Полуэктов, Р.А., Якушев, В.П. Имитационные модели и методы принятия решений при программировании урожаев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 1986. – № 2. – С. 5-7.
29. Борисенко, В.В. Сравнительная оценка сортов озимой пшеницы в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В.В. Борисенко, А.И. Войсковой, М.Ю. Балацкий // В сборнике: Образование. Наука. Производство - 2009 Сборник научных статей студенческой научно-практической конференции. Ставропольский государственный аграрный университет, 2009. – С. 14-16.
30. Будажапов, Л.В. Концепция биокинетической оценки трансформации азота в системе почва - удобрение – растение / Л.В. Будажапов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2014. – № 1 (34). – С. 27-33.
31. Бузов, В.А. Эффективность форм азотных удобрений, применяемых в ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / В.А. Бузов: автореф..дисс... канд.. с.-х. н. – Ставрополь, 2010 – С. 23.
32. Бутяйкин, В.В. Влияние способов основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожай, качество зерна озимой пшеницы/ В.В. Бутяйкин, М.Н. Чаткин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2014. – №7(117). – С. 38-41.
33. Бутяйкин, В.В., Чаткин, М.Н. Влияние способов основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожай, качество зерна озимой

- пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2014. – № 7 (117). – С. 38-41.
34. Васильченко, В. В., Столяров, А. И. Влияние фосфорно-калийных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, при выращивании по интенсивной технологии/ Тр. Кубан. ГАУ, 1992, вып. 325. – С.120-124.
35. Власова, О. И. Основы адаптивно-дифференцированной системы обработки почвы / О.И. Власова, Г. Р. Дорожко, В. М. Передериева // Вестник АПК Ставрополя, 2015. – № S2. – С. 45-52.
36. Власова, О.И. Научное обоснование приемов сохранения плодородия почв при возделывании пшеницы озимой в условиях Центрального Предкавказья : автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / О.И. Власова. – Ставрополь, 2014.
37. Войсковой, А.И. Динамика изменения качества зерна пшеницы, возделываемой в Ставропольском крае/ А.И. Войсковой, М.Ю. Балацкий, А.П. Галкин // Агрехимический вестник – 2011. - №4. – С. 6-7.
38. Войсковой, А.И. Роль сорта в формировании урожайности зерна озимой пшеницы по климатическим зонам Ставропольского края / А.И. Войсковой, М.П. Жукова, В.В. Дубина, В.Н. Желтопузов // В сборнике: Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе, 2011. – С. 26-28.
39. Войтенко, С.И. О дозах азота при основном внесении под озимую пшеницу. Агрехимия, 1988, – №7 – С. 3-10.
40. Вольтерс, И.А. Запасы продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы / И.А. Вольтерс // Земледелие, 2007. – № 3. – С. 31.
41. Ганусевич, Ф.Ф. От программирования урожаев к точному земледелию // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2009. – № 16. – С. 35-38.

42. Гилис, М.Б. Расчетные дозы удобрений при планировании урожаев сельскохозяйственных культур / М.Б. Гилис // Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур, 1978, – С. 122.
43. Глухих, М.А. Оптимизация технологий применения удобрений / М.А. Глухих // Земледелие. – 2005. – № 6. – С. 18-20.
44. 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// Агрехимический вестник – 2013. – №2. – С. 33-35.
45. Голосной, Е.В. Влияние систем удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края/ Е.В. Голосной, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида// Плодородие – 2013. – №3(72). – С. 4-5.
46. Горбатко, Л.С. Эффективность новых форм азотно-калийных удобрений при возделывании озимой пшеницы/ Л.С. Горбатко // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном округе – 2011. – С.58-60.
47. Григоров, А.Н. Программирование урожаев при интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы / Сб. Аграрная реформа и стабилизация экономики аграрного комплекса ЦРЗ. Воронеж, 1993. – С. 129-130.
48. Гриценко, В.В., Долгодворов, В.Е., Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1986. – С.56
49. Грошев, А.Н. Основные приемы интенсивной технологии получения запрограммированных урожаев озимой пшеницы/ Сб. Повышение эффективности использования мелиорированных земель Волгоград: СХИД, 1986. – С.70-75.

50. Гулянов, Ю.А. Урожайность озимой пшеницы и его структура / Ю.А. Гулянов // Земледелие, 2003. – № 5. – С.10.
51. Гуруева, А.Ю. Агротехнические принципы программирования урожая озимой пшеницы на черноземе выщелоченном // В сборнике: Молодые аграрии Ставрополя 78-я научно-практическая конференция. Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2014. – С. 6-10.
52. Денисов, Е.П. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, А.С. Линьков, Ф.П. Четвериков // Аграрный научный журнал, 2014. – № 8. – С. 10-15.
53. Дзюин, Г.П., Безносков, А.И., Холзаков, В.М. Программирование урожая // В сборнике: Интенсивные технологии на полях Удмуртии опыт и рекомендации. рецензент В. И. Наговицын. Устинов, 1986. – С. 7-31.
54. Дорошко, Г.Р. Биологизация земледелия Ставрополя / Г.Р. Дорошко, В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, О.И. Власова // Вестник АПК Ставрополя, 2013. – № 2 (10). – С.31-35.
55. Дорохов, Л.М. Минеральное питание как фактор повышения продуктивности фотосинтеза и урожая с.-х. растений. – Сб. «Проблемы фотосинтеза». М., Изд-во АН СССР, 1956.
56. Дридигер, В.К. Поражения болезнями и вредителями сортов озимой пшеницы в зависимости от сроков сева / В.К. Дридигер, Н.М. Комаров // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства, 2013. – № 5. – С. 28-34.
57. Дридигер, В.К. Распространение сортов зерновых культур селекции Ставропольского НИИСХ / В.К. Дридигер, М.П. Жукова // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства, 2014. – № 6. – С. 34-40.

58. Дридигер, В.К. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае / В.К. Дридигер, Е.Б. Дрёпа, Е.Л. Попова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2011. – Т. 4. – № 32-1. – С. 34-37.
59. Ермохин, Ю.И. Плодородие почвы и факторы внешней среды - основа программирования урожаев. учебное пособие / Ю. И. Ермохин, Н. К. Трубина : М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Омский гос. аграрный ун-т им. П. А. Столыпина" (ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П. А. Столыпина). Омск, 2012.
60. Ермохин, Ю.И., Тищенко, Н.Н. Величина накопления доступного азота в почве и его практическое использование / Ю.И. Ермохин, Н.Н. Тищенко // Омский научный вестник, 2011. – № 1 (104). – С. 251-254.
61. Есаулко, А.Н. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, Е.В. Коломыцев // Программирование урожаев и биологизация земледелия: науч. тр. / Брянской ГСХА. – Брянск. – Вып. 3. – Ч.1: «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур», 2007. – С. 229-237.
62. Есаулко, А.Н. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина, А.Ю. Олейников // Агрехимический вестник – 2011. – №4. – С. 10-11.
63. Есаулко, А.Н. К вопросу биологизации систем удобрения в севооборотах / А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.Ю. Стороженко, А.И. Подколзин // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения имени Д.Н. Прянишникова. №117 Результаты исследований Географической сети опытов с

- удобрениями и другими агрохимическими средствами. – М.: Агроконсалт, 2003. – С. 112-115.
64. Есаулко, А.Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур / Александр Николаевич Есаулко: автореф.. дисс. ... д. с.-х. н. - Ставрополь, 2006. – С. 48
65. Есаулко, А.Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья: монография / А.Н. Есаулко. – Ставрополь: изд-во СтГАУ «АГРУС», 2006. – С. 304.
66. Есаулко, А.Н. Эффективность ранневесенних азотных подкормок озимой пшеницы в различных почвенно-климатических условиях Ставропольского края/ А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, Ю.И. Гречишкина, Л.С. Горбатко, О.Ю. Лобанкова, В.И. Радченко, А.А. Беловолова, М.С. Сигида, С.А. Коростылев, Н.В. Громова, Е.В. Голосной// Аграрная наука – 2011. – С. 49-52.
67. Жуков, Ю.П., Реутов, А.В. Применение рассчитанных норм удобрений для получения плановых урожаев/ Сб. Программирование урожаев с.-х. культур. Казань: СХИ, 1984. – С. 67-73.
68. Жукова, Л.М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства различных почв // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почв и продуктивность севооборотов. М., Колос, 1980. – С.41-60.
69. Жуковский, Е.Е. Программирование урожаев. Взгляд в прошлое и современность/ Е.Е. Жуковский // Математические модели в теоретической экологии и земледелии – 2014. – С. 1-9.
70. Журавлева, С.В. Взаимодействие молибдена, меди и фосфора в питании и обмене веществ растения / С.В. Журавлева : автореф., дисс... канд... биол. н. - Московская ордена Ленина и ордена

- Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева. Москва, 1972
71. Журбицкий, З.И. Удобрения под планируемый урожай / З.И. Журбицкий // Земледелие. – 1971. – №10.
72. Жученко, А.А. Системы земледелия Ставропольского края / А.А. Жученко и др. – Ставрополь : изд-во Агрус, 2011. – С. 844.
73. Зайцева, Г.А. Влияние влажности почвы и содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном на урожайность сельскохозяйственных культур / Г.А. Зайцева // Плодородие, 2011. – № 5. – С. 33-34.
74. Замараев, А.Г., Чаповская, Г.В. Факторы запрограммированных урожаев. – Казань, 1974.
75. Зиганшин, А.А. Методы программирования урожаев и их эффективность / Сб. Программирование урожаев с.-х. культур. М.: МСХА, 1987. – С. 48-50.
76. Зигагин, А.А. Методы программирования урожаев и их эффективность / А.А. Загагин // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Сборник научных трудов, выпуск 13, 1984, – С. 3-20.
77. Зялалов, М.Ш. Характер транслокации калия и кальция в растениях / М.Ш. Зялалов, М.Ш. Сибгатуллина, А.И. Бариева, В.А. Плеханова // Агрохимия, 2010. – № 1. – С. 27-32.
78. Иванов, А.Л., Шахджахан, М. Моделирование процессов поглощения фосфора растениями / А.Л. Иванов, М. Шахджахан // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1992. – № 5. – С. 17-20.
79. Иванова, Н.А., Куликова, А.Х. Азот в почве и растениях / Н.А. Иванова, А.Х. Куликова // В сборнике: В мире научных открытий материалы II Всероссийской студенческой научной конференции. редакционная коллегия: В.А. Исайчев, О.Н. Марьина, 2013. – С. 42-44.

- 80.Иванова, О.М. Оптимизация азотного питания различных сортов озимой пшеницы в ЦЧЗ... диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии. Москва, 2013.
- 81.Калягин, В.Н. К вопросу прогнозирования урожайности с.-х. культур/ Сб. науч. тр. по агрономии. Рязань: СХИ, 1995. – С. 61-63.
- 82.Каменских, М.Г. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве/ М.Г. Каменских, П.А. Лейних// Молодежная наука 2014, 2014. – С. 240-242.
- 83.Кармаров, В.Г. Математическое программирование. – М., 1980.
- 84.Каюмов, М.К. Плодородие почв и дозы удобрений на запланированный урожай / М.К. Каюмов // Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур, 1978. – С. 94.
- 85.Каюмов, М.К. Почвенные аспекты программирования урожаев с.-х. культур/ Сб. науч. тр. по агрономии. Рязань: СХИ, 1995. – С. 63-65.
- 86.Каюмов, М.К. Программирование продуктивности полевых культур : Справочник. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Росагропромиздат, 1989. – С. 368.
- 87.Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – С.320.
- 88.Каюмов, М.К. Программирование урожаев. – М.: Моск. Рабочий, 1986. – С.182.
- 89.Каюмов, М.К. Состояние проблемы программирования урожаев полевых культур/ Тр. Росс. Ун-та дружбы народов. М: РУДН, 1991. – С. 1012.
- 90.Каюмов, М.К. Справочник по программированию урожаев. – М., Россельхозиздат, 1977. – С. 188.
- 91.Каюмов, М.К. Удобрение под запланированный урожай зерновых культур/ Обзорная информация. М.: ВНИИТЭИСХ, 1981. – С. 82

- 92.Каюмов, М.К. Биологический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования / М.К. Каюмов // Программирование урожаев и биологизация земледелия: науч. тр. / Брянской ГСХА. – Брянск. – Вып. 3. – Ч.1: «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур», 2007. – С. 5-64.
- 93.Кирпо, Н.И. Мелиоративное земледелие с основами программирования урожаев. учебное пособие / Н. И. Кирпо ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, ФГОУ ВПО Волгоградская гос. с.-х. акад.. Волгоград, 2010.
- 94.Климанов, А.А., Листопад, Г.Е., Иванов, А.Ф., Устенко, Г.П. Основные принципы оптимального программирования урожая. (Тезисы докладов). М., Изд-во ВАСХНИЛ, 1973.
- 95.Климанов А.А., Листопад Г.Е., Устенко Г.П. Программирование урожая (Постановка и обоснование проблемы). – «Труды Волгоградского с.-х. ин-та», 1971. – Т. 36.
- 96.Климова, Е.В. Влияние средств химизации на продуктивность сельскохозяйственных растений и их состав на загрязненных почвах [загрязнение тяжелыми металлами] / Е.В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал, 2004. – № 3. – С. 672.
- 97.Климова, Е.В. Накопление меди и цинка сельскохозяйственными культурами при разных уровнях содержания их в почве / Е.В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал, 2001. – № 4. – С. 983.
- 98.Ковалев, В.М. Прогнозирование и программирование урожаев. – М.: Знание, 1987. – С. 64
- 99.Ковтун, В.И. Основные элементы структуры урожая у новых сортов озимой пшеницы / В.И. Ковтун // В сборнике: Теоретические и прикладные проблемы использования, сохранения и восстановления

- биологического разнообразия травяных экосистем материалы Международной научной конференции, 2010. – С. 190-193.
100. Ковтун, В.И. Новые сорта озимой мягкой пшеницы универсального типа в повышении урожайности, качества зерна и устойчивости к болезням / В.И. Ковтун, А.И. Войсковой // Вестник АПК Ставрополя, 2015. – № 2 (18). – С. 204-207.
101. Коданев, И.М. Производство зерна. Горький, Волго-Вятское книжное изд-во, 1974.
102. Козлечков, Г.А., Лабынцев, А.В. Обоснование модели динамики выноса азота, фосфора и калия растениями пшеницы для оптимизации режима минерального питания / Г.А. Козлечков, А.В. Лабынцев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 81. – С. 546-560.
103. Коледа, К.В. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : рекомендации / К.В. Коледа и др.; под общ.ред. К.В. Коледы, А.А. Дудука. – Гродно : ГГАУ, 2010. – С. 340. – ISBN 978-985-6784-71-5.
104. Колкер, Ю.И., Полуэктов, Р.А. Математическая модель органогенеза растений и принцип лимитирования / Ю.И. Колкер, Р.А. Полуэктов // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур, 1975. – С. 104-108.
105. Кончаков, М.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии/ Автореф. канд. дисс. Воронеж: ГАУ, 1993. – С.24.
106. Копусь, М.М., Марченко, Д.М., Копусь, Е.М. Хозяйственно-биологические характеристики и сортовые особенности перспективных сортов озимой мягкой пшеницы // Вестник аграрной науки Дона, 2012. – № 3 (19). – С. 53.

107. Корнев, Г.В., Привалов, А.Я. Получение запрограммированных урожаев озимой пшеницы/ Сб. Интенсивное земледелие и программирование урожаев. Йошкар-Ола: Гос. ун-т, 1984. – С. 110-112.
108. Кореньков, Д.А. Агрохимия важное направление научно-технического прогресса в земледелии. //Агрохимия, 1993. – №2. – С.3-6.
109. Кореньков, Д.А. Азотные удобрения и экология // Бюл. ВИУА, 1991. – №4. – С. 3-897.
110. Кореньков, Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях. – М.: Росагропромиздат, 1990. – С.189.
111. Косьянчук, В.П. Фитометрические показатели и их использование в программировании урожаев // Вестник Брянского государственного университета, 2010. – № 4. – С. 169-172.
112. Кукушкин, В.К. Поведение цинка в системе почва-растение при повышенном содержании фосфора и меди в почве / В.К. Кукушкин : автореф., дисс... канд... биол. н. - Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева. Москва, 1988.
113. Кулаковская, Т.Н. Агрохимические основы повышения урожайности с.-х. культур. Мн.: Урожай, 1988. – С. 244.
114. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. -Мн.: Урожай, 1978. – С. 272
115. Кулаковская, Т.Н. Программирование высоких урожаев сельскохозяйственных культур. – Минск., 1975.
116. Кулеватова, Т.Б. О качестве зерна озимой пшеницы / Т.Б. Кулеватова, Л.В. Андреева, Ю.С. Свистунов // Хранение и переработка сельхозсырья, 2013. – № 5. – С. 44-47.
117. Кулинцев, В.В. Научное обеспечение системы земледелия без обработки почвы в Ставропольском крае / В.В. Кулинцев, В.К. Дридигер // В сборнике: Экологизация земледелия и оптимизация

- агроландшафтов Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, 2014. – С. 33-38.
118. Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополя / М. Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. – С.423.
119. Кучер, Л.И. Резервы калия в черноземных почвах / Л.И. Кучер // Сборник научных трудов Sworld, 2014. – Т. 33. – № 1. – С. 3-8.
120. Лазарев, В.И., Варганова, А.Б. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. – № 6. – С. 45-48.
121. Лапшинов, Н.А. Накопление и сохранение продуктивной влаги в ресурсосберегающих технологиях / Н.А. Лапшинов, В.Н. Пакуль, Г.В. Божанова, Т.П. Кукшенева // Международный научно-исследовательский журнал, 2013. – № 4-1 (11). – С. 131-134.
122. Лебедовский, И.А., Шабанова, И.В., Яковлева, Е.А. Влияние микроэлементов на продуктивность и качество озимой пшеницы, возделываемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 82. – С. 684-695.
123. Лисогоров, С.Д. Прогнозирование и программирование урожая сельскохозяйственных культур на полевых землях : Лекция. – Херсон, 1978.
124. Листопад, Г.Е., Иванов, А.Ф., Филин, В.И. Программирование урожая зерновых и кормовых культур в орошаемом земледелии. В кн.: Программирование урожая сельскохозяйственных культур. Казань, 1984. – С. 20-30.
125. Лямкина, Ю.Б., Хворова, Л.А. Моделирование динамики азота в почве (теоретические аспекты) / Ю.Б. Лямкина, Л.А. Хворова //Известия Алтайского государственного университета, 2011. – № 1-2. – С. 94-97.

126. Малкандуев, Х.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в условиях Кабардино-Балкарии / Х.А. Малкандуев, А.М. Ашхотов, А.Х. Малкандуева, Р.И. Шамурзаев // *Аграрная Россия*, 2014. – № 6. – С. 15-17.
127. Мальцев, В.Ф. Программирование урожаев с.-х. культур/ Сб. система земледелия Брянской области. Брянск, 1982. – С. 170-176.
128. Мальцев, В.Ф. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур в условиях биологизации земледелия / В.Ф. Мальцев, С.А. Бельченко, А.Е. Сорокин, А.В. Прокопенков, С.С. Шапочкин // *Программирование урожаев и биологизация земледелия: науч. тр. / Брянской ГСХА. – Брянск. – Вып. 3. – Ч.: «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур»*, 2007. – С. 81-96.
129. Малюга, Н.Г., Тарасенко, Н.Д. Возделывание сильных сортов пшеницей. М.: Россельхозиздат. 1982. – С. 96.
130. Мельник, А.Ф. Приемы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы / А.Ф. Мельник, Л.А. Нечаев, В.А. Фомочкин // *Земледелие*, 2011. – № 3. – С. 36-37.
131. Мельник, А.Ф. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы/ А.Ф. Мельник, А.Ф. Мартынов// *Вестник Орловского государственного аграрного университета*, 2012. – № 2. – С. 23-27.
132. Минеев, В.Г. Химизация земледелия и природная среда. М.: ВО. Агропромиздат, 1990. –287. – С. 99.
133. Митина, Н.П., Гончаров, Н.Ф. Совершенствование элементов технологии возделывания озимой пшеницы/ Сб. Совершенствование технических средств и технологий возделывания с.-х. культур Курск, 1995. – С. 25-28.

134. Можаяев, Н., Серикпаев, Н., Стыбаев. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: Учебное пособие. – Астана: Фолиант, 2013. – С.160
135. Можаяев, Н.И. Методика программирования урожайности полевых культур. Практикум по растениеводству: Учеб.пособие. – Астана, 2003. – С. 26-67.
136. Можаяев, Н.И. Основы программирования урожаев. Кормопроизводство: Учеб.пособие. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – С.142-155.
137. Можаяев, Н.И. Программирование урожаев культур и основные пути внедрения его элементов в производственную практику // Тр.ЦСХИ. – Т.65, 1985. – С. 3-18.
138. Можаяев, Н.И. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Растениеводство: Учебник. – Акмола, 1996.
139. Можаяев, Н.И. Создание посевов оптимальной структуры при программировании урожаев. В кН.: Природопользование Северного Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1983. – С. 116 – 125
140. Наумова, В.В., Кукина, Л.С. Динамика содержания фосфора в растениях озимой пшеницы в зависимости от применения синтетических регуляторов роста / В.В. Наумова, Л.С. Кукина // В сборнике: В мире научных открытий Материалы Всероссийской студенческой научной конференции (с международным участием). Редакционная коллегия: В.А. Исайчев главный редактор, О.Н. Марьина ответственный секретарь, 2014. – С. 40-46.
141. Невалина, К.Н. Влияние основного внесения полного минерального удобрения и ранневесенней подкормки на урожайность озимых культур / К.Н. Невалина, С.И. Попова. Системы высокоурожайного земледелия и биотехнологии как основа инновационной модернизации АПК в условиях климатических изменений // Материалы Всероссийской научно-практической

- конференции. - Уфа: НВП «БашИнком», ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2011. – С. 277-281.
142. Нешин, И.В. Влияние удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы / И.В. Нешин, Т.В. Чапцева// В сборнике: Проблемы борьбы с засухой материалы Международной научно-практической конференции: 75 лет СтГАУ, 2005. – С. 110-113.
143. Никитина, В.Ю. Система минерального питания озимой пшеницы, обеспечивающая высокий урожай с хорошим качеством зерна / В.Ю. Никитина, А.А. Максименко, Я.В. Иваницкий, Ю.Ф. Осипов // В сборнике: Инновационные процессы в АПК Сборник статей III Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 50-летию образования Аграрного факультета РУДН. Москва, 2011. – С. 50-52.
144. Никитишен, В.И. Продуктивное потребление влаги озимой пшеницей при оптимизации минерального питания посев / В.И. Никитишен, В.И. Личко, А.А. Амелин //Агрохимия, 2008. – № 4. – С. 20-30.
145. Носов, П.В. Азотное питание озимой пшеницы. //Тр. Кубанского СХИ, 1979. – Вып.178. – С.3-8.
146. Оганесова, О.А. Соотношение подвижных и валовых форм фосфора в основных типах почв Ставропольского края / О.А. Оганесова, Д.В. Калугин, А.М. Никифорова // В сборнике: Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК. 2013. – С. 174-177.
147. Окорков, В.В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В.В. Окорков, И.В. Семин// Владимирский земледелец, 2013. – № 1 (63). – С. 18-21.
148. Орлов, А.Н., Тихонов Н.Н. Энергосберегающие приемы возделывания озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья //

- Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2013. – № 1 (21). – С. 34-37.
149. Осипов, А.И., Соколов, О.А. Роль азота в плодородии почв и питании растений / А.И. Осипов, О.А. Соколов // Российская академия сельскохозяйственных наук, Агрофизический научно-исследовательский институт, Всероссийский научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. Санкт-Петербург, 2001.
150. Парубец, Ю.С. Влияние фосфорных удобрений на состояние цинка и меди в системе «загрязненная почва - растения» / Ю.С. Парубец, Е.А. Карпова, А.А. Ермаков, В.А. Шохин // Проблемы агрохимии и экологии, 2012. – № 3. – С. 9-14.
151. Пенчуков, В. М. Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика / В.М. Пенчуков, Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, В.М. Передериева, Л.В. Трубачева, И.А. Вольтерс // В сборнике: Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию юбилею В.М. Пенчукова, 2013. – С. 9-12.
152. Передериева, В.М. Севооборот как биологическое средство интенсификационных процессов в современной земледелии / В. М. Передериева, О. И. Власова // Вестник АПК Ставрополя, 2015. – № S2. – С. 35-44.
153. Петров, Л.Н. Характеристика почв Ставропольского края и приемы их улучшения / Л.Н. Петров, М.Т. Куприченков, С.В. Беликова // В сб. Научные достижения – сельскому хозяйству. – Ставрополь, 1976. – Вып. III – С.158-169.
154. Петрова, Л.Н., Чернов, А.Я., Шустикова, Е.П., Подколзин, А.И., Карандашов, Л.Г., Булавинов, А.В. Методические указания для расчета потребности и распределения фондов минеральных удобрений в колхозах и совхозах Ставропольского края. Ставрополь. – 1987. – С.20.

155. Петрова, Л.Н. Физиология озимой пшеницы при интенсивной технологии возделывания / Л.Н. Петрова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – Ставрополь, 1992.
156. Погорелов, Ю.Г. Влияние уровней обеспеченности выщелоченного чернозема обменным калием // Тр. Кубанского СХИ, 1988. – Вып.286. – С.22-26.
157. Погорелов, Ю.Г., Гавенский, В.Д. К вопросу о миграции калия удобрений в карбонатном черноземе Кубани // Тр. Кубанского СХИ, 1976. – Вып. 117. – С.48-51.
158. Полоус, Г.П. Формирование урожайности зерна озимой пшеницы при внесении удобрений / Г.П. Полоус, А.И. Войсковой // В сборнике: Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летнему юбилею В.М. Пенчукова, 2013. – С. 185-188.
159. Полоус, Г.П. Формирование урожайности зерна озимой пшеницы при внесении удобрений / Г.П. Полоус, А.И. Войсковой // В сборнике: Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летнему юбилею В.М. Пенчукова, 2013. – С. 185-188.
160. Полуэктов, Р.А. Динамика микробной популяции в рамках модели трансформации азота в почве / Р.А. Полуэктов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2011. – № 6. – С. 33-35.
161. Полуэктов, Р.А. Описание процесса аммонификации в рамках модели трансформации углерода и азота в почве / Р.А. Полуэктов // Проблемы агрохимии и экологии, 2011. – № 4. – С. 25-28
162. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур на Северо-Западе РСФСР. В.А. Семенов, Л.А. Селиванова. Ленинград, 1988.

163. Программирование урожая (системный подход в приложении мелиорации) (обзор). Духовный В.А., Нерозин С.А. – Ташкент :УзНИИТИ, 1989. – С. 60.
164. Решетникова, Н.Г. Влияние минеральных удобрений и основной обработки почвы на продуктивность трехпольного севооборота/ Н.Г. Решетникова// Плодородие, 2012. – №5. – С. 23-24.
165. Рыков, В.Б. Результаты сравнительной оценки механизированных технологий возделывания зерновых колосовых культур / В.Б. Рыков, С.И. Камбулов, В.К. Дридигер // В сборнике: Инновационные технологии в науке и образовании - ИТНО-2014 Сборник научных трудов Международной научно-методической конференции, 2014. – С. 370-375.
166. Савельев, В.А. Программированное изучение растениеводства. учебное пособие / Савельев В.А. Издательство: КГСХА, 2010.
167. Савельев, В.А. Программированное изучение растениеводства. учебное пособие / Савельев В.А. Саратов, 2014.
168. Савицкий, М.С. Структура высоких урожаев озимой пшеницы в условиях БССР. Сборник «Теоретические основы формирования высоких урожаев зерновых культур». – Т.103, Горки, 1973.
169. Савич, В.И. Комплексная оценка состояния калия в почве / В.И. Савич, И.Г. Платонов, Ю.А. Духанин, Н.Л. Поветкина, А.Ф. Сафонов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2006. – № 3. – С. 15-28.
170. Сайко, В.В. Программирование урожайности озимой пшеницы с использованием микроудобрений при предпосевной обработке семян, диссертация на соискание канд. наук, спец. 06.01.01 - Общее земледелие. Тверь, 2011 г.
171. Саленко, Е.А. Влияние минеральных удобрений на формирование параметров структуры урожая и качества зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / Саленко Е.А. //

- Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105).
172. Саленко, Е.А. Влияние минеральных удобрений на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью в умеренно-влажной зоне Ставропольского края / Е.А. Саленко, А.Н. Есаулко, А.П. Шутко, А.И. Подколзин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №6. – URL: <http://www.science-education.ru/120-16657>.
173. Саленко, Е.А. Влияние минеральных удобрений на формирование качества зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / Е.А. Саленко, А.Н. Есаулко // Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. по матер. IV Междунар. конф. – ФГБНУ ВНИИОК, Ставрополь, 2015. – Том 1. – вып. 8. – Ставрополь : Бюро новостей, 2015. – С. 976–978.
174. Саленко, Е.А. Влияние минеральных удобрений на динамику продуктивной влаги на черноземе выщелоченном в умеренно-влажной зоне Ставропольского края / Е.А. Саленко // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. стат. по матер. IV Межд. науч. конф. – Ставрополь : АГРУС Ставроп. гос. аграрного ун-та, 2015. – С. 319–322.
175. Салмин, И.Д. Математическое программирование. – Ч. 1. – М., 1978.
176. Серебряков, В.Ф. Роль весенних запасов продуктивной влаги и атмосферных осадков в формировании урожая озимой пшеницы / В.Ф. Серебряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование, 2013. – № 4 (32). – С. 63-67.
177. Симакин, А.И. Удобрение, плодородие почв и урожай Краснодар, 1983. – С. 269.

178. Симакин, А.И. Эффективность минеральных удобрений под озимые культуры в условиях Северного Кавказа // Сессия по вопросам дальнейшего развития химизации сельского хозяйства Вып.1. – М., 1969. – С.72-74.
179. Синещекова, В.Е., Ткаченко, Г.И. Особенности динамики подвижного фосфора в почве при минимизации основной обработки / В.Е. Синещеков, Г.И. Ткаченко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2014. – № 6. – С. 11-18.
180. Сорокин, А.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Калмыкии/ А.И. Сорокин, Б.А. Гольдварг, Г.Д. Унканжинов // Плодородие, 2012. – №4. – С. 23-25.
181. Степанов, С.А. Биологические особенности развития элементов продуктивности озимой пшеницы / С.А. Степанов, М.В. Ивлева, Н.С. Ильин, М.Ю. Касаткин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология, 2013. – Т. 13. – № 3. – С. 63-69.
182. Стрельникова, М.М. О действии минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы //Агрохимия, 1968. – №3. – С.150-165.
183. Стукалов, Р.С. Влияние технологии возделывания и удобрений на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы // В сборнике: Аграрная наука, творчество рост Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, 2014. – С. 197-204.
184. Сычев, В. Г. Приемы оптимизации фосфатного режима почв в агротехнологиях / В. Г. Сычев, Н. А. Кирпичников.. – М.: ВНИИА, 2009. – С. 176.
185. Сычев, В. Г. Интенсификация продукционного процесса растений. Приемы управления / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов, А. Ф.

- Харитонов, В. П. Толстоусов, Н. К. Ефимова, Н. Н. Бушуев. - М.: ВНИИА, 2009. – С.520.
186. Сычев, В. Г. Удобрение в сельском хозяйстве (народная мудрость) / В. Г. Сычев // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 2-3.
187. Тихонов, А.А. Оценка эффективности припосевного внесения фосфорсодержащих минеральных удобрений под озимую пшеницу // Плодородие, 2010. – № 3. – С. 10-11.
188. Тищенко, В.Н., Дриженко Л.М., Палий Ю.Г. Формирование продуктивности озимой пшеницы при изменчивости межфазных периодов начальных этапов органогенеза // Вестник Курганской ГСХА, 2014. – № 1 (9). – С. 25-27.
189. Толмачев, Н.И. Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность и химический состав сельскохозяйственных культур в севообороте / Н.И. Толмачев, А.В. Муржинова, М.Н. Иванов // Фундаментальные исследования – 2014. №8. – С. 1626-1629.
190. Ториков, В.Е. Влияние сроков посева, норм высева семян и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В.Е. Ториков, Н.С. Шпилёв, И.И. Фокин, И.Г. Рыченков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии, 2011. – № 4 (2011). – С. 3-10
191. Туртуряну, Н.А., Антохи, М.З. Питание и удобрение озимой пшеницы, Накопление} вынос питательных веществ сельскохозяйственными растениями. Кишинев, 1976. – С.34-37.
192. Тухтаев, М.О., Бухориев, Т.А. Рост, развитие и урожайность озимой пшеницы в зависимости от температурного режима // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук, 2012. – № 2 (32). – С. 3-6.

193. Тютюнов, С.И., Никитин, В.В., Воронин, А.Н. О методике программирования урожаев на черноземах Центрально-Черноземного региона // *Агрехимия*, 2013. – № 9. – С. 48-54.
194. Устименко, Е.А. Влияние новых марок сложных минеральных удобрений выпускаемых ОАО «Невинномысский Азот» на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / Е.А. Устименко, А.Ф. Донцов, А.Ю. Фурсова, В.И. Радченко // *Сборник научных трудов Sworld*, 2013. – Т. 46. – № 1. – С. 17-21.
195. Устименко, Е.А. Роль минеральных удобрений при программировании урожая озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е.А. Устименко, А.Н. Есаулко, А.И. Подколзин, И.О. Лысенко // *Современные проблемы науки и образования*. – 2013. – №6. – URL: <http://www.science-education.ru/113-11568>.
196. Фатыхов, И.Ш. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур в условиях Западного Предгорья. учебное пособие. Ижевский сельскохозяйственный институт. Ижевск, 1991.
197. Филин, В.И. Программирование урожая: от идеи к теории и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*, 2014. – № 3 (35). – С. 26-36.
198. Цховребов, В.С. Содержание обменных и валовых форм калия в почвах Ставропольского края / В.С. Цховребов, О.А. Оганесова, В.И. Фаизова, А.М. Никифорова, Л.Ю. Чистоглядова // *Плодородие*, 2013. – № 5 (74). – С. 8-9.
199. Цховребов, В.С. Почвы и климат Ставрополя / В.С. Цховребов, В.И. Фаизова // *Вестник АПК Ставрополя*, 2015. – № S2. – С. 21-34.

200. Цховребов, В.С. Физические свойства чернозёма южного при различных способах основной обработки / В.С. Цховребов, Ю.Е. Ефремов // Плодородие, 2012. – № 5. – С. 16-17.
201. Чапцев, А. Н. Формирование урожая и качества зерна сортов озимой твердой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края: автореф. дис. канд. с.-х. наук. / А. Н. Чапцев – Ставрополь, 2010. – С.22
202. Чернавский, Н.П. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: 1979. – С.48.
203. Четвериков, Ф.П. Оценка соответствия биологических особенностей озимой пшеницы абиотическим факторам / Ф.П. Четвериков, Е.П. Денисов, М.Н. Панасов, А.М. Косачев // Нива Поволжья. 2012. – № 2. – С. 45-50.
204. Чуб, М.П. Отзывчивость озимой пшеницы (TRITICUMAESTIVUML.) на удобрения в зависимости от влагообеспеченности южных черноземов Поволжья / М.П. Чуб, В.В. Пронько, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова, Д.Ю. Журавлев, Н.И. Никонорова// Проблемы агрохимии и экологии, 2014. – №3. – С. 3-7.
205. Чухнин, Ю.А., Соколов, В.А., Надежина, Н.В., Ветрова, М.Н. Программирование урожаев полевых культур и интенсивные технологии возделывания в Нечерноземье. Л.: СХИ, 1988. – С. 81.
206. Шадских, В.А., Кижаяева, В.Е. Выращивание сельскохозяйственных культур по заданной программе // Аграрный научный журнал, 2008. – № 8. – С. 46-49.
207. Шаповалов, Н.К., Солдат, И.Е. Математическое моделирование управления продукционным процессом на посевах озимой пшеницы // Аграрная наука, 2013. – № 11. – С. 24-25.
208. Шатилов, И.С. Принципы программирования урожайности. – Вестник сельскохозяйственной наук. – №3, 1973.

209. Шатилов, И.С. Программирование плодородия почвы и урожайности. Аграрная наука, 1993, – № 3. – С. 11-13.
210. Шатилов, И.С. Программирование плодородия почвы, высокой урожайности хорошего качества с одновременным сохранением внешней среды. Аграрная наука, 1998. – № 3. – С. 11-13.
211. Шатилов, И.С., Замараев, А.Г., Чаповская, Г.В. Программирование урожая и воспроизводство плодородия почв. – Докл. Симпозиумов VII съезда Всесоюзного общества почвоведов. Ч. 6. Ташкент, 1985. – С. 102-115.
212. Шатилов, И.С., Каюмов, М.К. Как получить запрограммированный урожай пшеницы // Сельское хозяйство России, 1970. – №12.
213. Шатилов, И.С., Чудновский, Д.Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агрохимические основы программирования урожая. – Л., 1980.
214. Шафран, С.А. О возможности прогнозирования эффективности азотной подкормки озимой пшеницы по агрохимическим свойствам почв и величине осадков / С.А. Шафран, В.А. Прошкин, Е.В. Шаброва // Агрохимия – 2013. – №11. – С. 26-36.
215. Шильников, И.А., Сычев, В.Г., Шеуджен, А.Х., Аканова, Н.И., Бондарева, Т.Н., Кизинек, С.В. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. М.: ВНИИА, 2012. – С.351.
216. Шеуджен, А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003.– С. 1028.
217. Шеуджен, А.Х. Агробиогеохимия. 2-е изд. перераб. и доп. Краснодар: КубГАУ, 2010. – С.877.
218. Шеуджен, А.Х., Сычев, В.Г. Агрохимия в России. Майкоп: Издательство «Афиша», 2006. – С.726.

219. Шутко, А.П. Влияние предпосевной обработки семян биологически активными веществами на проявление болезней озимой пшеницы / А.П. Шутко, А.Г. Марюхина, Л.И. Цапко, С.В. Бесаева // В сборнике: Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве 69-я научно-практическая конференция. Редколлегия: В. И. Демкин, А. А. Гаврилов, А. В. Брыкалов, О. Г. Шабалдас, Ю. А. Безгина, 2005. – С. 84-87.
220. Шутко, А.П. Преимущества устойчивых сортов озимой пшеницы / А.П. Шутко, С.В. Шматко, В.А. Пчелинцева // Защита и карантин растений, 2007. – № 8. – С. 52.
221. Шутко, А.П. Экологический мониторинг в защите зерновых культур от фитопатогенов / А.П. Шутко // В сборнике: Актуальные вопросы экологии и природопользования, 2014. – С. 89-93.
222. Якименко, В.Н. Подвижность форм калия в почвах / В.Н. Якименко // Агрохимия, 2005. – № 9. – С. 5-12.
223. Якушев, В.П. и др. Экспертная система поддержки агротехнологических решений при программировании урожаев (опыт построения) // Вестник с/х наук, 1989. – №4. – С. 31-37.
224. Aguilar, J., Evans, R., Vigil, M., Daughtry C.S.T. Spectral estimates of crop residue cover and density for standing and flat wheat stubble. *Agronomy Journal*. 2012. – Т. 104. – № 2. – С. 271-279.
225. Ahmad Nisar. Phosphorus Requirements of wheat crop in different/ Cropping Systems. *FertilizerNews*, 1989, – Т. 30. – P. 38-42.
226. Blum A., Klueva N., Nguyen H.T. Wheat cellular thermotolerance is related to yield under heat stress. *Euphytica*. 2001. – Т. 117. – № 2. – С. 117-123.
227. Changjie J., Tiefan P. An application of markov decision programming to ecologico-cybernetics-a decision method applied to the antifrost of winter wheat *Ecological Modelling*. 2007. – Т. 200. – № 3-4. – С. 452-458.

228. Duperret C. Club des 100 quintaux SOPRA. Des performances a la mesure des objectifs. *Agriculture*, 1989. – № 454. – P. 239-241.
229. El-Nashaar H.M., Banowetz G.M., Griffith S.M., Peterson C.J. Genetic variability of elemental concentration in winter wheat straw. *Energy and Fuels*. 2010. – T. 24. – № 3. – C. 2020-2027.
230. Esaulko, A.N. Agrochemical Principles of Targetting Winter Wheat Yield on Leached Chernozem of the Stavropol Elevation / A.N. Esaulko, E.A. Salenko, M.S. Sigida, S.A. Korostylev and E.V. Golosnoy // *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 2015. – Vol.12(1), 301–309. – DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1666>.
231. Falisse A., Bodson B. Development of high input systems of cereal production in Europe/ In *Cereal production* (ed. E. Gallagher), 1989. – P. 273-283.
232. Gallagher E.J., Bryan R. The «systems» approach to high yield cereal production. - *Cereal food world*, 1989, – vol. 23, – №10. – P. 590-595.
233. Gonchar L., Kovalenko P. Improving winter wheat resistance to adverse environmental factors. *Агробіологія*. 2013. – № 11 (104). – С. 167-171.
234. Gutteridge R.J., Hornby D., Hollins T.W., Prew R.D. Take-all in autumn sown wheat grown with high and low inputs. - *Plant Pathol.*, 1993, – №3. – P. 425-431.
235. Jaquemart J.P. Le club des 100 quintaux. Une contribution originale de SOPRA a l'expansion cerealiere. *Agriculture revue mensuelle*, 1989, – №446. – P. 429-433.
236. Jørgensen J.R., Jørgensen R.N. Uniformity of wheat yield and quality using sensor assisted application of nitrogen. *Precision Agriculture*. 2007. – T. 8. – № 1-2. – C. 63-73.
237. Krasowicz S., Podolska G. Efehtywnj czenergyuczna, uprawypsenicy o zimjprzy rolne junten syw hosci produkcji. *Roczn. Naukroln. Ser.G.*, 1996, – T.86. – z4. – S.1 13-125.

238. Long E. BASF approach makes inroads in Belgian wheat growing. - *Agronomist*, 1988. – №3. – P. 5.
239. Ma Ruikun, Jiali J., Xiuling J., Shuzhen L. Characteristics of leaf water potential in water saving cultivation of high yielding winter wheat. *Acta agron. Sinica*, 1995. – V. 21. – №4. – P. 451-457.
240. MrGlerkS ways wheat or how to get into the Guinness Book of records. *PowerFarming*, 1989. – № 1. – P. 18.
241. Pigorev I.Ya., Tarasov S.A. Elements of biologization in cultivation technology of winter wheat. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*. 2014. – Т. 50. – № 5. – С. 102-108.
242. Prasad B., Carver B.F., Raun W.R., Klatt A.R., Stone M.L., Babar M.A. Potential use of spectral reflectance indices as a selection tool for grain yield in winter wheat under great plains conditions. *Crop Science*. 2007. – Т. 47. – № 4. – С. 1426-1440.
243. Rechina O., Sabo A. Management of light exposure of greenhouse plants depending on crop programming // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2011. – Т. 11. – № 4. – С. 213-219.
244. Vuezhenwen, Vue Shousong, Shen Chengguo. Effekt on senescence of flag leaf in winter wheat under high yield low norm irrigation conditions. - *Acta agron. Sinica*, 1995. – V.21. – №4. – P. 503-508.
245. Xu Z.-Z., Yu Z.-W., Wang D. Nitrogen translocation in wheat plants under soil water deficit. *Plant and Soil*. 2006. – Т. 280. – № 1-2. – С. 291-303.
246. Ziaei A.N., Sepaskhah A.R. Model for simulation of winter wheat yield under dryland and irrigated conditions. *Agricultural Water Management*. 2003. – Т. 58. – № 1. – С. 1-17.

ПРИЛОЖЕНИЯ

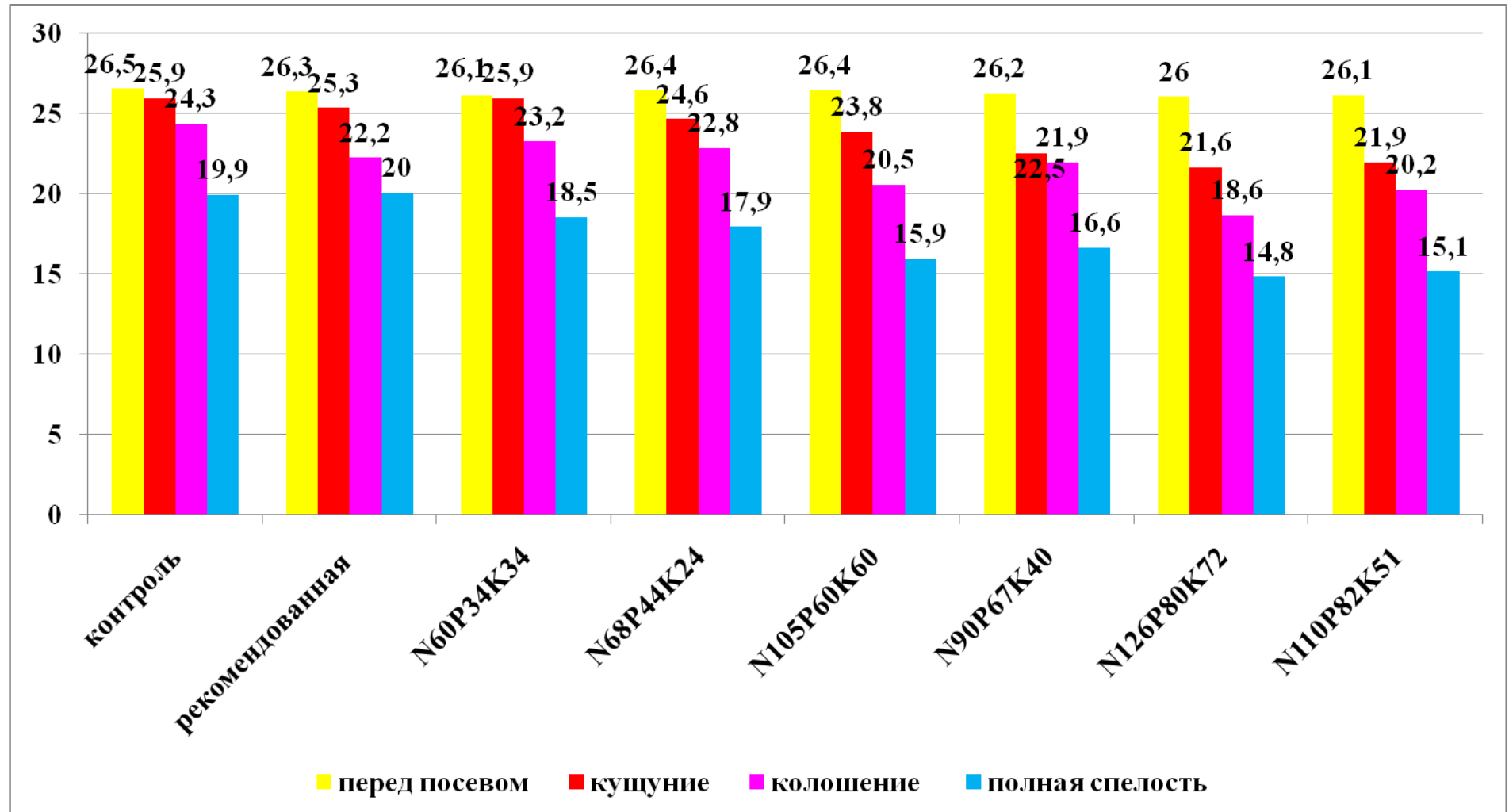
Приложение 1 – Распределение осадков в годы исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, мм

год	Сумма осадков												Сумма осадков за год
	месяцы												
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
2010–2011	5	67	83	19	24	19	17	46	52	87	6	54	580
2011–2012	28	39	48	23	16	37	17	37	13	38	96	83	475
2012–2013	75	11	8	34	20	19	6	11	22	63	134	124	527
2013–2014	57	111	45	40	23	55	29	16	61	135	78	55	705
Среднемноголетние	54	43	46	41	32	27	34	53	70	90	80	53	623

Приложение 2 – Среднемесячные температуры воздуха в годы исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, °С

год	Среднемесячная температура												Средне-годовая
	месяцы												
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
2010–2011	25,4	19,1	8,6	10,2	5,4	-2,9	-5,7	1,3	6,9	14,5	19,5	24,4	10,6
2011–2012	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
2012–2013	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
2013–2014	24,6	14,4	9,2	5,8	-2,4	-3,0	-1,7	4,3	11,7	18,4	20,7	20,7	10,2
средне-мно-го-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	9,1

Приложение 3 – Динамика продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.



Приложение 4 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2011гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,5
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	26,1	25,5	24,3	19,8	23,9
	рекомендованная	26,4	25,0	21,8	19,5	23,2
4,0	1	25,7	25,7	22,9	18,5	23,2
	2	26,8	24,2	22,7	17,8	22,9
5,0	1	25,9	23,9	20,3	16,9	21,8
	2	26,2	22,5	21,9	16,6	21,8
6,0	1	25,5	22,1	19,0	15,2	20,5
	2	25,4	21,1	19,4	14,9	20,2
В, НСР ₀₅ = 1,2	–	26,0	23,8	21,5	17,4	НСР ₀₅ = 2,8

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 5 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2011–2012гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,7
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	25,9	24,8	22,4	18,5	22,9
	рекомендованная	24,8	23,9	21,5	18,6	22,2
4,0	1	24,8	24,9	21,8	14,6	21,5
	2	24,4	23,6	21,4	16,9	21,6
5,0	1	25,5	22,0	19,8	12,5	20,0
	2	24,9	21,4	19,8	15,1	20,3
6,0	1	24,1	18,1	15,5	12,6	17,6
	2	24,5	19,8	18,6	12,6	18,9
В, НСР ₀₅ = 1,6	–	24,9	22,3	20,1	15,2	НСР ₀₅ =3,8

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 6 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2012–2013гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,3
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	27,1	26,8	25,6	20,7	25,1
	рекомендованная	27,5	26,4	22,9	21,3	24,5
4,0	1	27,0	26,8	24,3	21,3	24,9
	2	27,5	25,7	23,6	18,8	23,9
5,0	1	27,2	25,2	21,3	17,2	22,7
	2	27,1	23,2	23,8	17,6	22,9
6,0	1	27,5	23,4	20,6	16,1	21,9
	2	27,7	24,5	21,5	17,6	22,8
В, НСР ₀₅ = 1,4	–	27,3	25,3	20,0	18,8	НСР ₀₅ = 2,5

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

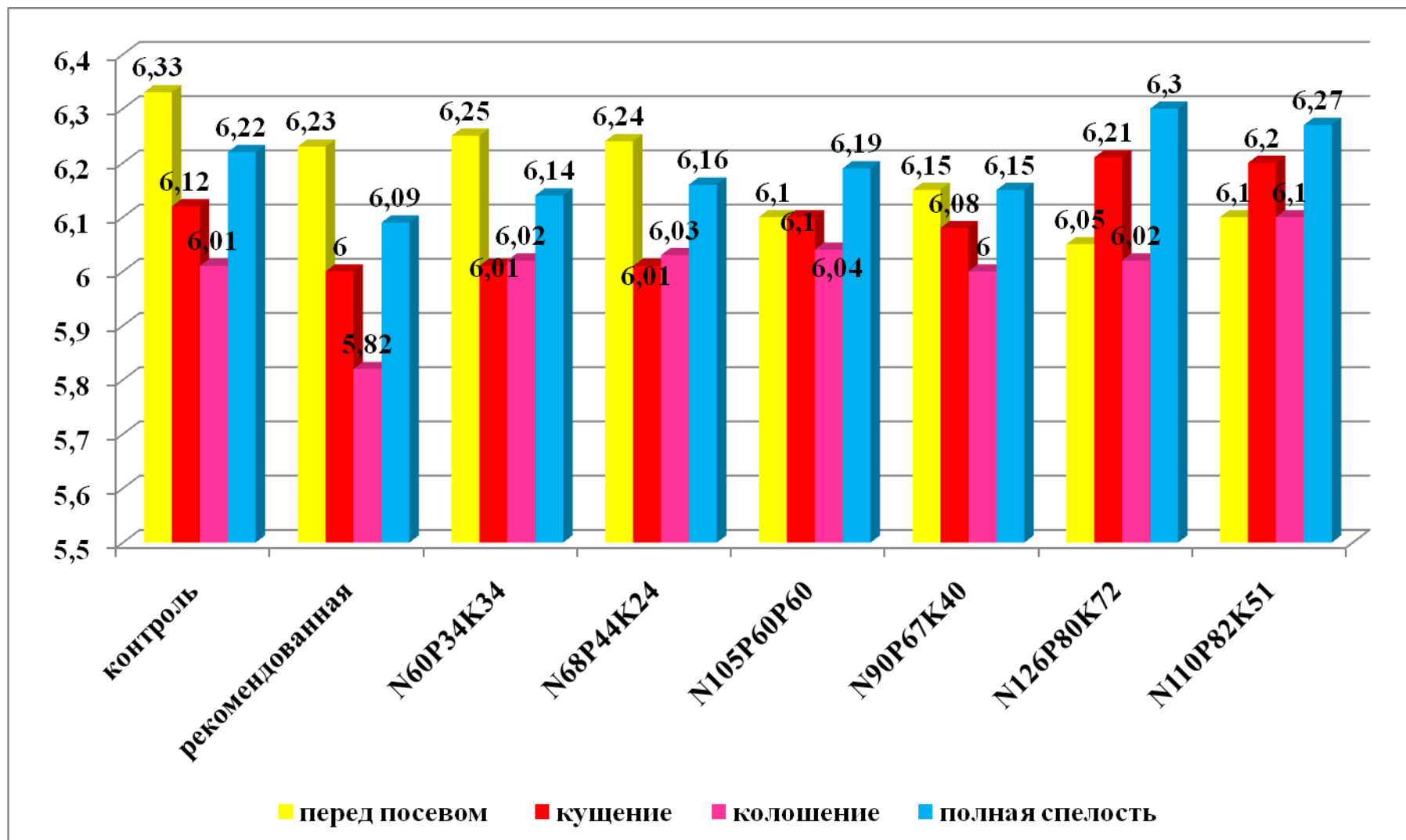
**Приложение 7 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое
чернозема выщелоченного, 2013–2014гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,2
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	26,9	26,5	24,9	20,6	24,7
	рекомендо- ванная	26,5	25,9	22,6	20,6	23,9
4,0	1	26,9	26,2	23,8	19,6	24,1
	2	26,9	24,9	23,5	18,1	23,4
5,0	1	27,0	24,1	20,6	17,0	22,2
	2	26,6	22,9	22,1	17,1	22,2
6,0	1	26,9	22,8	19,3	15,3	21,1
	2	26,8	22,2	21,3	15,3	21,4
В, НСР ₀₅ = 1,9	–	26,8	24,4	22,3	18,0	НСР ₀₅ = 3,5

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 8 – Динамика реакции почвенной среды в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг, ед. рН



Приложение 9 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенной среды в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2011гг., ед. рН

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =0,06
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	6,38	6,15	6,20	6,22	6,24
	рекомендованная	6,24	6,30	6,10	6,14	6,20
4,0	1	6,23	6,25	6,11	6,14	6,18
	2	6,29	6,10	6,16	6,16	6,18
5,0	1	6,11	6,20	6,18	6,31	6,20
	2	6,17	6,23	6,19	6,18	6,19
6,0	1	6,07	6,30	6,34	6,29	6,25
	2	6,12	6,25	6,15	6,29	6,20
В, НСР ₀₅ =0,05	–	6,20	6,22	6,18	6,22	НСР ₀₅ = 0,18

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 10 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенной среды в 0–20 см слое
чернозема выщелоченного, 2011–2012 гг., ед. рН**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,06
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	6,41	6,30	6,23	6,35	6,32
	рекомендо- ванная	6,39	6,40	6,25	6,23	6,32
4,0	1	6,38	6,30	6,35	6,40	6,36
	2	6,33	6,23	6,28	6,29	6,28
5,0	1	6,14	6,25	6,45	6,50	6,34
	2	6,18	6,53	6,51	6,50	6,43
6,0	1	6,12	6,35	6,40	6,35	6,31
	2	6,13	6,35	6,19	6,52	6,30
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	6,26	6,34	6,33	6,39	НСР ₀₅ = 0,20

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 11 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенной среды в 0–20 см слое
чернозема выщелоченного, 2012–2013 гг., ед. рН**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,18
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	6,25	5,95	5,60	6,11	5,98
	рекомендо- ванная	6,08	5,30	5,11	5,9	5,60
4,0	1	6,19	5,48	5,60	5,93	5,8
	2	6,16	5,67	5,38	6,06	5,82
5,0	1	6,06	5,92	5,49	5,76	5,81
	2	6,10	5,46	5,26	5,52	5,59
6,0	1	5,96	6,01	6,0	6,08	6,01
	2	6,05	6,0	5,98	6,08	6,03
В, НСР ₀₅ = 0,16	–	6,11	5,72	5,55	5,93	НСР ₀₅ = 0,19

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

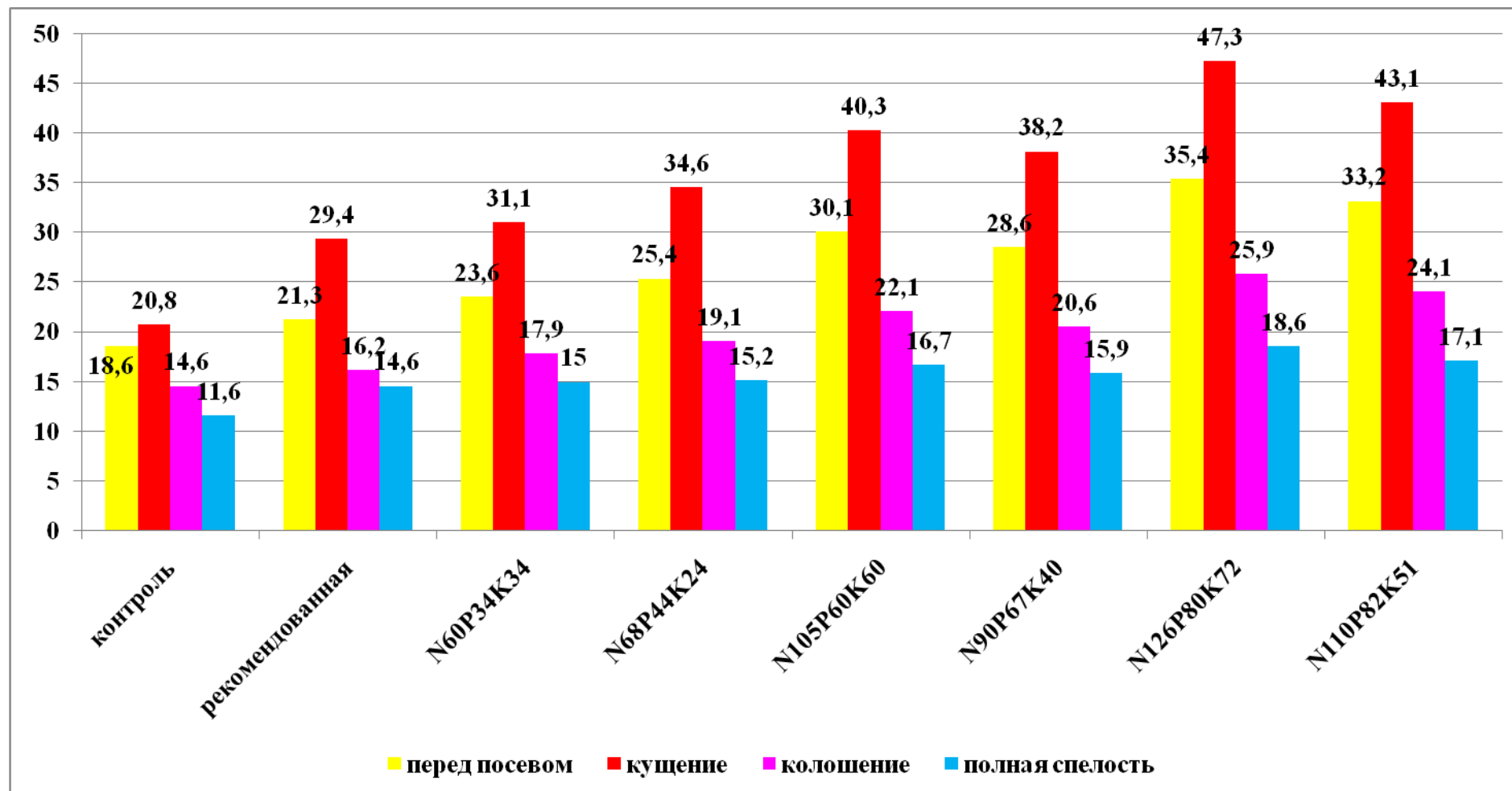
Приложение 12 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенной среды в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2013–2014гг., ед. рН

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,12
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	6,28	6,08	6,01	6,2	6,14
	рекомендованная	6,21	6,0	5,82	6,09	6,03
4,0	1	6,20	6,01	6,02	6,09	6,08
	2	6,18	6,04	6,03	6,13	6,10
5,0	1	6,09	6,03	6,04	6,19	6,09
	2	6,15	6,10	6,01	6,4	6,17
6,0	1	6,05	6,09	6,06	6,18	6,10
	2	6,10	6,20	6,08	6,19	6,14
В, НСР ₀₅ = 0,08	–	6,16	6,07	6,01	6,18	НСР ₀₅ = 0,15

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 13 – Динамика минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.



Приложение 14 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2011 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 2,2
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	19,2	21,3	14,8	11,9	16,8
	рекомендованная	21,6	30,1	16,8	15,2	20,9
4,0	1	23,9	32,0	18,1	15,7	22,4
	2	25,9	35,2	20,1	15,8	24,3
5,0	1	30,9	40,1	22,5	17,1	27,7
	2	28,7	39,2	20,9	16,1	26,2
6,0	1	36,6	48,2	26,6	19,2	32,7
	2	33,9	43,8	25,6	17,2	30,1
В, НСР ₀₅ = 2,5	–	27,6	36,2	20,7	16,0	НСР ₀₅ =3,4

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 15 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2011–2012 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,8
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	16,8	17,6	13,9	10,7	14,8
	рекомендованная	20,7	26,7	14,9	12,2	18,6
4,0	1	21,7	29,2	16,8	13,0	20,2
	2	24,2	33,0	15,2	13,8	21,6
5,0	1	28,2	38,9	21,0	15,3	25,9
	2	27,8	34,3	19,5	15,4	24,3
6,0	1	31,5	45,1	24,0	17,8	29,6
	2	31,5	41,7	19,9	16,4	27,4
В, НСР ₀₅ =1,3	–	25,3	33,3	18,2	14,3	НСР ₀₅ =2,5

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 16 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2012–2013 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =1,9
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	20,4	23,4	15,2	12,1	17,8
	рекомендованная	22,1	31,3	17,2	16,1	21,7
4,0	1	26,0	33,4	19,1	16,2	23,7
	2	26,2	36,4	21,3	16,3	25,1
5,0	1	32,4	41,2	23,1	17,5	28,6
	2	29,5	40,6	21,5	16,2	27,0
6,0	1	37,1	48,5	27,1	19,3	30,8
	2	34,7	44,1	26,4	18,2	30,9
В, НСР ₀₅ =1,8	–	28,6	37,4	21,4	16,5	НСР ₀₅ = 2,6

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

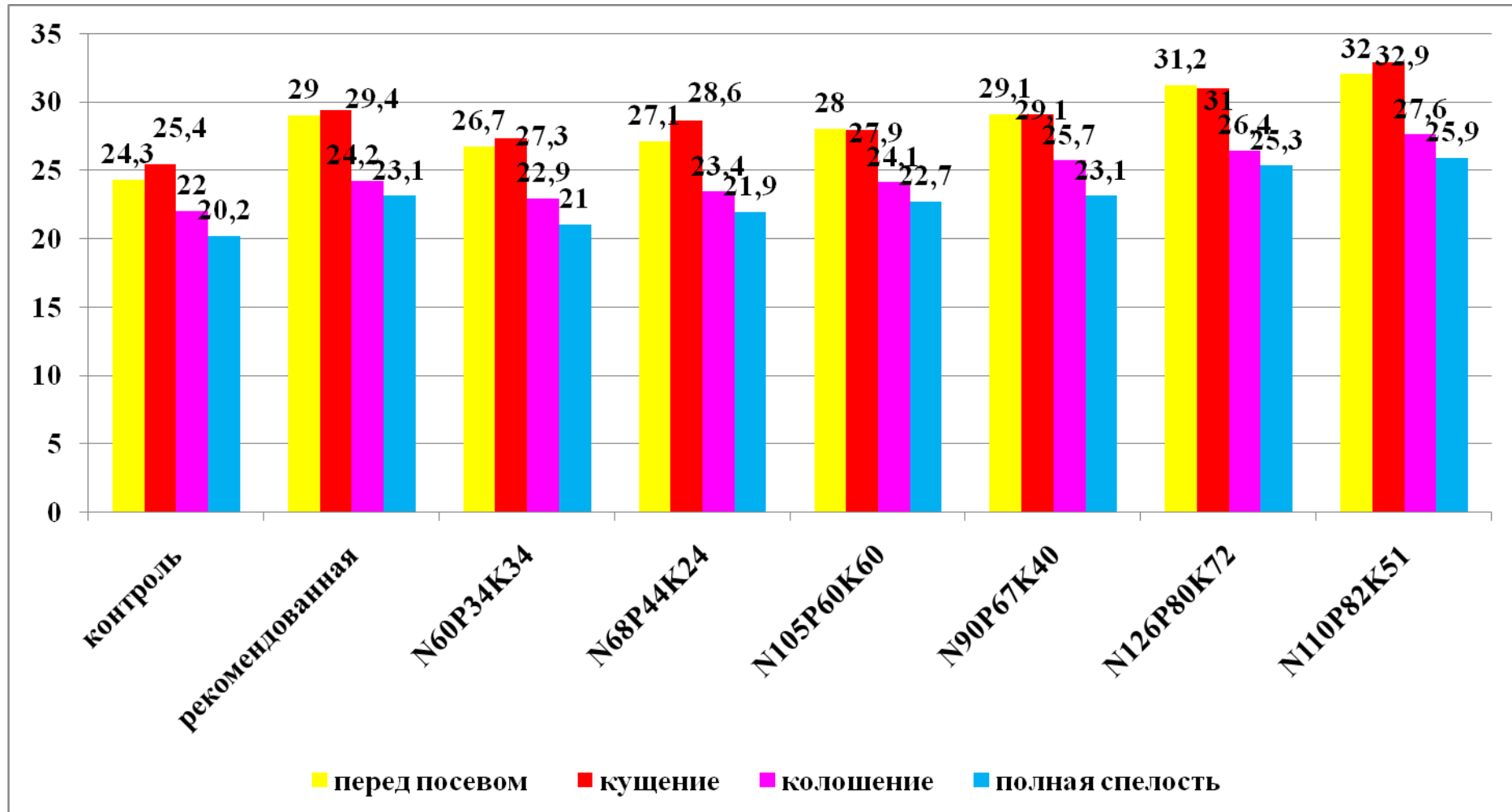
Приложение 17 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2013–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 2,3
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	18,0	20,9	14,5	11,7	16,3
	рекомендованная	20,8	29,5	15,9	14,9	20,3
4,0	1	22,8	29,8	17,6	15,1	21,3
	2	25,3	33,8	19,8	14,9	23,5
5,0	1	28,9	41,0	21,8	16,9	27,2
	2	28,4	38,7	20,5	15,9	25,9
6,0	1	36,4	47,4	25,9	18,1	32,0
	2	32,7	42,8	24,5	16,6	29,2
В, НСР ₀₅ =1,9	–	26,7	35,5	20,1	15,5	НСР ₀₅ =3,4

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 18 – Динамика содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.



Приложение 19 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2011гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,4
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	22,8	24,9	21,9	20,9	22,6
	рекомендованная	28,6	28,6	23,8	22,9	26,0
4,0	1	25,6	26,6	22,9	20,6	23,9
	2	27,1	25,9	23,4	21,9	24,6
5,0	1	27,5	27,5	22,4	22,7	25,0
	2	28,4	29,1	25,7	22,7	26,5
6,0	1	29,8	31,0	25,9	25,3	28,0
	2	32,0	33,5	27,6	25,3	29,6
В, НСР ₀₅ = 1,2	–	27,7	28,4	24,2	22,8	НСР ₀₅ = 2,6

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 20 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2011–2012гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,8
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	24,4	24,8	20,0	16,2	21,4
	рекомендованная	27,9	25,2	22,8	22,1	24,5
4,0	1	25,1	25,1	21,5	20,3	23,0
	2	25,3	24,6	20,5	21,5	23,0
5,0	1	26,8	27,5	22,3	18,6	23,8
	2	25,2	25,9	22,4	21,9	23,9
6,0	1	27,3	28,6	25,5	24,1	26,4
	2	29,5	28,6	25,9	23,4	26,9
В, НСР ₀₅ =0,9	–	26,4	26,3	22,6	21,0	НСР ₀₅ =1,7

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 21 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2012–2013гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 1,0
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	25,3	26,1	23,5	22,1	24,3
	рекомендованная	29,9	33,7	25,6	24,5	28,4
4,0	1	28,2	28,9	23,8	22,1	25,8
	2	28,6	35,0	25,6	22,1	27,8
5,0	1	29,2	28,6	26,1	25,3	27,3
	2	32,6	32,1	28,2	24,6	29,4
6,0	1	34,6	32,2	27,8	26,0	30,2
	2	33,4	35,3	28,8	28,4	31,5
В, НСР ₀₅ =1,1	–	30,2	31,5	26,2	24,4	НСР ₀₅ =2,7

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

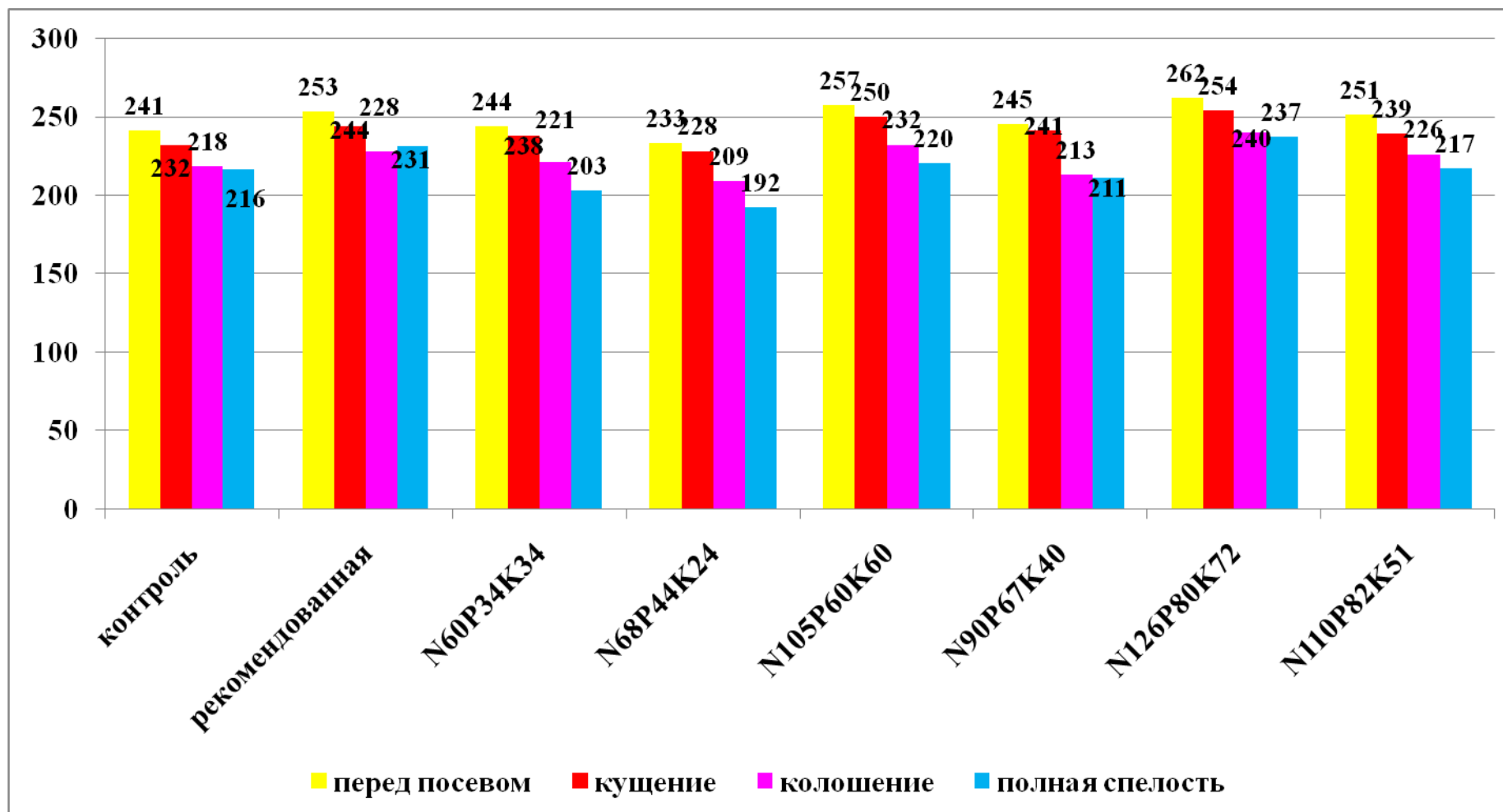
Приложение 22 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2013–2014гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =1,9
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	24,7	25,8	22,6	21,6	23,6
	рекомендованная	29,6	30,1	24,6	22,9	26,8
4,0	1	27,9	28,6	23,4	21,0	25,2
	2	27,4	28,9	24,1	22,1	25,6
5,0	1	28,5	28,0	25,6	24,2	26,6
	2	30,2	29,3	26,5	23,2	27,3
6,0	1	33,1	32,2	26,4	25,8	29,4
	2	33,1	34,2	28,1	26,5	30,5
В, НСР ₀₅ = 1,3	–	29,3	29,6	25,2	23,4	НСР ₀₅ =2,6

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 23 – Динамика содержания (мг/кг) обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2014 гг.



Приложение 24 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2011 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 20,1
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	234	200	203	200	209
	рекомендованная	245	231	213	224	228
4,0	1	239	227	208	186	215
	2	221	203	184	172	195
5,0	1	194	239	224	217	219
	2	230	227	201	204	216
6,0	1	230	247	236	232	236
	2	244	229	211	202	222
В, НСР ₀₅ = 10,5	–	230	225	210	205	НСР ₀₅ = 34,2

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 25 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) обменного калия
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2011–2012 гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 21,6
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	238	236	218	204	224
	рекомендо- ванная	249	246	228	229	238
4,0	1	241	238	220	203	226
	2	235	228	211	175	212
5,0	1	249	248	228	218	236
	2	239	238	212	208	224
6,0	1	263	248	239	237	247
	2	247	230	223	217	229
В, НСР ₀₅ = 9,5	–	245	239	222	211	НСР ₀₅ = 34,1

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 26 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) обменного калия
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2012–2013 гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 19,7
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	250	251	230	241	243
	рекомендо- ванная	260	250	241	240	248
4,0	1	250	248	231	213	236
	2	240	251	223	220	234
5,0	1	328	261	240	225	264
	2	261	251	221	221	239
6,0	1	284	267	245	240	259
	2	258	251	240	229	245
В, НСР ₀₅ = 11,5	–	235	254	234	229	НСР ₀₅ = 30,5

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

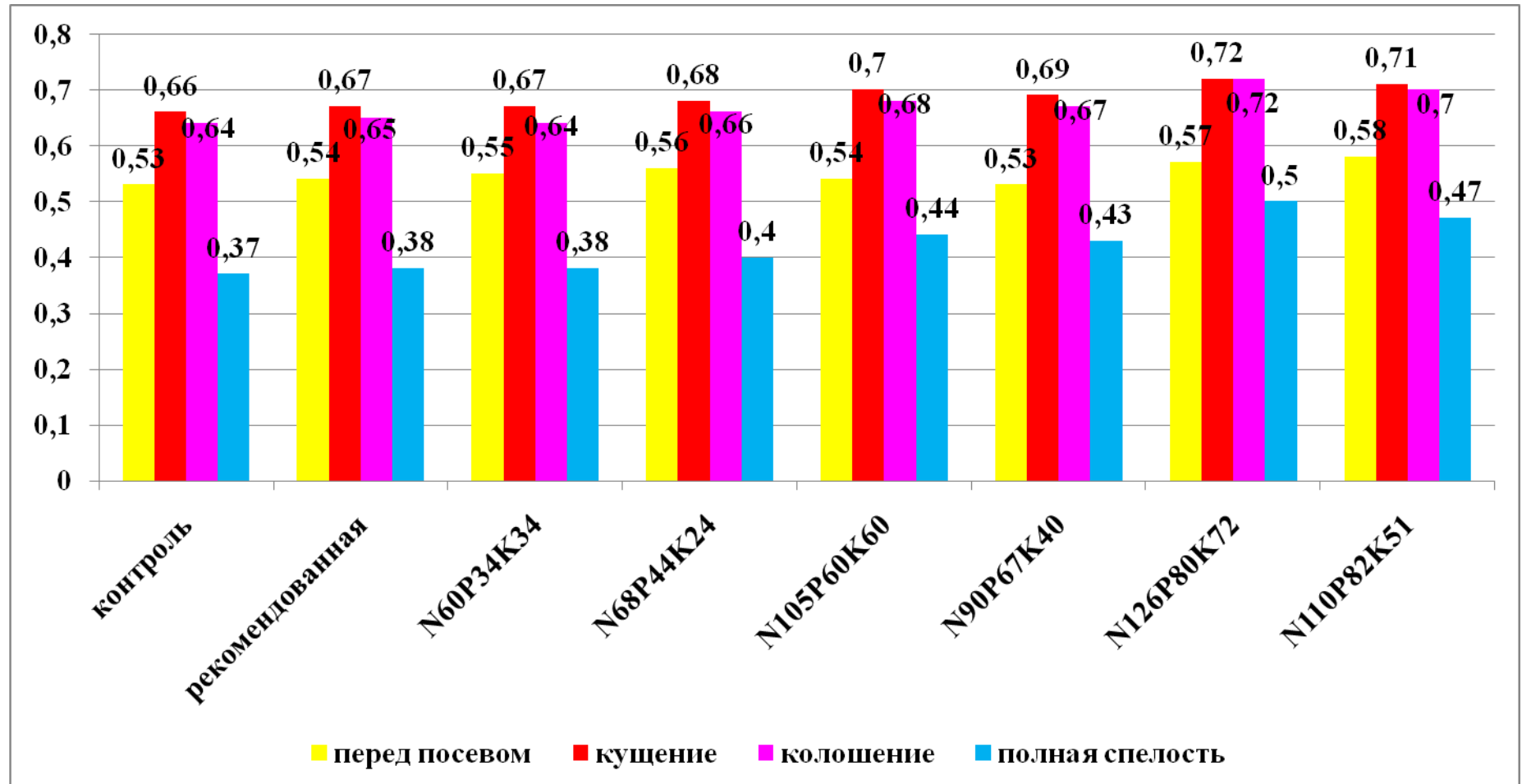
**Приложение 27– Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания (мг/кг) обменного калия в
0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2013–2014 гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 18,7
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	242	241	221	219	231
	рекомендо- ванная	258	249	230	231	242
4,0	1	246	239	225	210	230
	2	236	230	218	201	221
5,0	1	257	252	236	220	241
	2	250	248	218	211	232
6,0	1	271	254	240	239	251
	2	255	246	230	220	238
В, НСР ₀₅ = 9,8	–	251	245	227	219	НСР ₀₅ = 34,1

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 28 – Динамика содержания подвижного цинка (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема
выщелоченного, 2010–2104 гг.



**Приложение 29 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2011 гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,02
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,51	0,69	0,65	0,37	0,56
	рекомендо- ванная	0,55	0,69	0,68	0,49	0,60
4,0	1	0,59	0,67	0,66	0,39	0,58
	2	0,58	0,72	0,69	0,48	0,62
5,0	1	0,55	0,75	0,70	0,48	0,62
	2	0,55	0,71	0,67	0,46	0,62
6,0	1	0,62	0,77	0,72	0,50	0,65
	2	0,61	0,71	0,73	0,49	0,64
В, НСР ₀₅ = 0,10	–	0,57	0,71	0,69	0,46	НСР ₀₅ =0,11

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 30 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2011–2012гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,03
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,40	0,59	0,56	0,34	0,47
	рекомендованная	0,49	0,62	0,52	0,13	0,44
4,0	1	0,44	0,59	0,57	0,36	0,49
	2	0,52	0,58	0,56	0,29	0,49
5,0	1	0,49	0,57	0,61	0,36	0,51
	2	0,46	0,58	0,61	0,37	0,51
6,0	1	0,39	0,64	0,68	0,44	0,54
	2	0,52	0,66	0,61	0,41	0,55
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	0,46	0,60	0,59	0,34	НСР ₀₅ = 0,17

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 31 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2012–2013 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =0,02
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,73	0,70	0,71	0,41	0,64
	рекомендованная	0,58	0,71	0,78	0,52	0,65
4,0	1	0,62	0,78	0,70	0,41	0,63
	2	0,62	0,76	0,73	0,51	0,66
5,0	1	0,58	0,80	0,73	0,51	0,66
	2	0,61	0,85	0,74	0,51	0,68
6,0	1	0,68	0,82	0,79	0,56	0,71
	2	0,61	0,80	0,78	0,52	0,68
В, НСР ₀₅ =0,14	–	0,63	0,88	0,75	0,49	НСР ₀₅ = 0.12

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

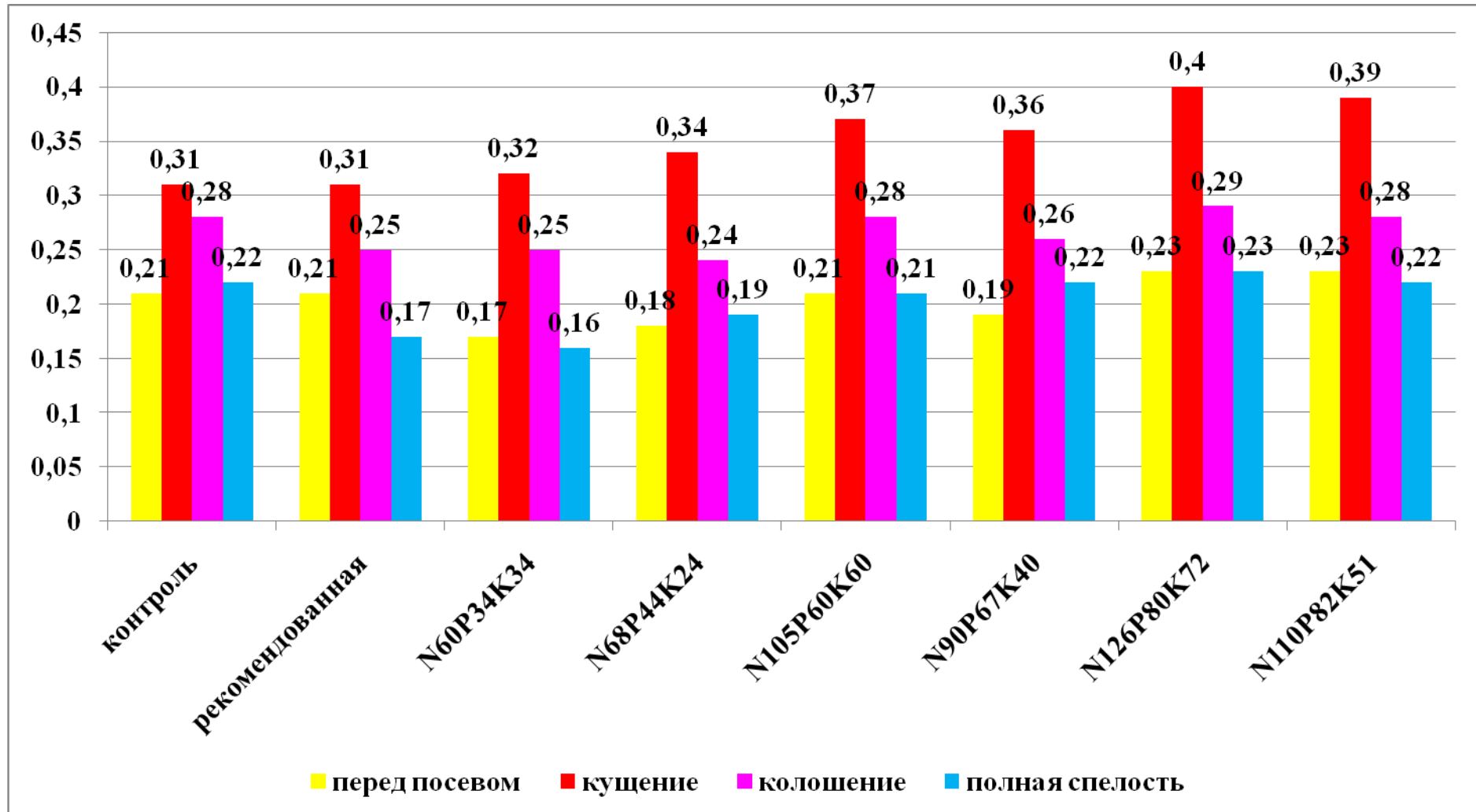
**Приложение 32 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг)
в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2013–2014 гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,05
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,48	0,66	0,64	0,36	0,54
	рекомендо- ванная	0,54	0,66	0,62	0,38	0,55
4,0	1	0,55	0,64	0,63	0,36	0,55
	2	0,52	0,66	0,66	0,32	0,54
5,0	1	0,54	0,68	0,68	0,41	0,58
	2	0,50	0,62	0,66	0,38	0,54
6,0	1	0,59	0,65	0,69	0,50	0,61
	2	0,58	0,67	0,68	0,46	0,60
В, НСР ₀₅ =0,10	–	0,54	0,66	0,66	0,40	НСР ₀₅ =0,20

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 29 – Динамика содержания подвижных форм меди (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема
выщелоченного 2010–2014 гг



Приложение 30 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижных форм меди (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2010–2011 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,02
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,16	0,26	0,25	0,20	0,22
	рекомендованная	0,18	0,29	0,20	0,14	0,20
4,0	1	0,14	0,30	0,20	0,13	0,19
	2	0,15	0,29	0,21	0,15	0,2
5,0	1	0,19	0,30	0,25	0,19	0,23
	2	0,15	0,32	0,23	0,20	0,23
6,0	1	0,20	0,38	0,26	0,20	0,26
	2	0,20	0,36	0,25	0,20	0,25
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	0,17	0,31	0,23	0,18	НСР ₀₅ = 0,18

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 31 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижных форм меди (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2011–2012 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =0,02
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,21	0,31	0,27	0,21	0,25
	рекомендованная	0,20	0,30	0,22	0,17	0,22
4,0	1	0,17	0,31	0,22	0,16	0,22
	2	0,17	0,32	0,24	0,19	0,23
5,0	1	0,21	0,44	0,27	0,21	0,28
	2	0,19	0,36	0,25	0,21	0,25
6,0	1	0,22	0,40	0,27	0,21	0,28
	2	0,22	0,40	0,27	0,21	0,28
В, НСР ₀₅ =0,10	–	0,20	0,36	0,25	0,20	НСР ₀₅ =0,15

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 32 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижных форм меди
(мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2012–2013 гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,03
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,25	0,35	0,32	0,25	0,29
	рекомендо- ванная	0,24	0,34	0,33	0,19	0,28
4,0	1	0,19	0,34	0,33	0,18	0,26
	2	0,21	0,39	0,26	0,21	0,27
5,0	1	0,23	0,44	0,31	0,23	0,30
	2	0,21	0,39	0,29	0,25	0,29
6,0	1	0,26	0,42	0,32	0,26	0,32
	2	0,26	0,48	0,31	0,25	0,33
В, НСР ₀₅ =0,05	–	0,23	0,39	0,31	0,23	НСР ₀₅ =0,18

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 33 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижных форм меди (мг/кг) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2013–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,02
		перед посевом	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,22	0,32	0,28	0,22	0,26
	рекомендованная	0,22	0,31	0,25	0,18	0,24
4,0	1	0,18	0,33	0,25	0,17	0,23
	2	0,19	0,36	0,25	0,21	0,25
5,0	1	0,21	0,39	0,29	0,21	0,28
	2	0,21	0,37	0,27	0,22	0,27
6,0	1	0,24	0,40	0,31	0,25	0,3
	2	0,24	0,42	0,29	0,22	0,29
В, НСР ₀₅ = 0,06	–	0,21	0,36	0,27	0,21	НСР ₀₅ = 0,17

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 34 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику общего азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,08
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	4,29	3,72	2,69	1,82	3,13
	рекомендованная	4,44	4,01	2,92	2,01	3,35
4,0	1	4,42	4,01	2,90	2,00	3,33
	2	4,46	4,05	3,00	2,06	3,39
5,0	1	4,50	4,10	3,15	2,15	3,48
	2	4,49	4,08	3,09	2,10	3,44
6,0	1	4,63	4,18	3,25	2,28	3,59
	2	4,59	4,15	3,20	2,20	3,54
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	4,48	4,04	3,03	2,07	НСР ₀₅ = 0,2

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 35 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику общего азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2011 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =0,07
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	4,32	3,75	2,76	1,91	3,19
	рекомендованная	4,49	4,01	2,91	2,05	3,37
4,0	1	4,41	4,03	2,99	2,05	3,37
	2	4,50	4,09	3,06	2,06	3,43
5,0	1	4,55	4,11	3,17	2,15	3,50
	2	4,50	4,10	3,09	2,20	3,48
6,0	1	4,66	4,21	3,27	2,30	3,61
	2	4,59	4,18	3,21	2,20	3,55
В, НСР ₀₅ =0,19	–	4,50	4,06	3,06	2,12	НСР ₀₅ =0,3

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 36 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику общего азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2011–2012 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,03
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	4,33	3,82	2,99	1,99	3,28
	рекомендованная	4,52	4,10	3,79	2,10	3,63
4,0	1	4,48	4,08	3,00	2,09	3,42
	2	4,53	4,12	3,10	2,10	3,46
5,0	1	4,59	4,17	3,20	2,20	3,54
	2	4,51	4,13	3,43	2,40	3,62
6,0	1	4,67	4,27	3,30	2,38	3,66
	2	4,78	4,21	3,24	2,35	3,65
В, НСР ₀₅ = 0,11	–	4,55	4,11	3,26	2,20	НСР ₀₅ = 0,6

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 37– Влияние доз минеральных удобрений на динамику общего азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2012–2013 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ =0,08
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	4,20	3,61	2,43	1,53	2,94
	рекомендованная	4,34	3,94	2,30	1,85	3,11
4,0	1	4,39	3,95	2,79	1,86	3,25
	2	4,39	3,96	2,89	2,03	3,32
5,0	1	4,39	4,04	3,11	2,07	3,40
	2	4,47	4,03	2,84	1,80	3,29
6,0	1	4,59	4,10	3,21	2,20	3,53
	2	4,49	4,09	3,16	2,10	3,46
В, НСР ₀₅ =0,11	–	3,86	3,97	2,84	1,93	НСР ₀₅ =0,8

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 38 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику общего азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2013–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,06
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	4,31	3,70	2,58	1,85	3,11
	рекомендованная	4,41	3,99	2,68	2,04	3,28
4,0	1	4,40	3,98	2,82	2,00	3,30
	2	4,42	4,03	2,95	2,05	3,36
5,0	1	4,47	4,08	3,12	2,15	3,46
	2	4,48	4,06	3,00	2,00	3,39
6,0	1	4,60	4,14	3,22	2,24	3,55
	2	4,50	4,12	3,19	2,15	3,49
В, НСР ₀₅ = 0,14	–	4,45	4,01	2,95	2,06	НСР ₀₅ = 0,7

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 39 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику фосфора (%) в растениях озимой пшеницы,
2010–2014 гг.**

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,03
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,88	0,80	0,64	0,62	0,74
	рекомендо- ванная	1,05	0,89	0,70	0,68	0,83
4,0	1	0,96	0,85	0,66	0,65	0,78
	2	0,99	0,87	0,67	0,66	0,80
5,0	1	1,08	0,90	0,69	0,69	0,84
	2	1,10	0,92	0,72	0,70	0,86
6,0	1	1,13	0,96	0,74	0,71	0,89
	2	1,15	0,98	0,77	0,73	0,91
В, НСР ₀₅ = 0,06	–	1,04	0,79	0,70	0,68	НСР ₀₅ = 0,10

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 40 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2011 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,02
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,90	0,90	0,64	0,62	0,77
	рекомендованная	1,09	0,92	0,71	0,69	0,85
4,0	1	1,98	0,88	0,67	0,67	1,05
	2	0,99	0,90	0,70	0,69	0,82
5,0	1	1,10	0,90	0,70	0,71	0,85
	2	1,10	0,95	0,73	0,72	0,88
6,0	1	1,15	0,98	0,75	0,72	0,90
	2	1,18	0,99	0,78	0,74	0,92
В, НСР ₀₅ = 0,09	–	1,06	0,93	0,71	0,70	НСР ₀₅ = 0,12

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 41 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2011–2012 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,01
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,92	0,95	0,71	0,66	0,81
	рекомендованная	1,10	0,93	0,74	0,70	0,87
4,0	1	1,01	0,90	0,69	0,69	0,82
	2	1,05	0,95	0,71	0,70	0,85
5,0	1	1,12	0,94	0,72	0,73	0,88
	2	1,21	1,05	0,76	0,73	0,94
6,0	1	1,16	0,99	0,76	0,74	0,91
	2	1,20	1,05	0,80	0,75	0,95
В, НСР ₀₅ = 0,10	–	1,10	0,97	0,74	0,71	НСР ₀₅ = 0,14

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 42 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2012–2013 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,01
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,82	0,50	0,60	0,59	0,63
	рекомендованная	1,00	0,80	0,65	0,65	0,78
4,0	1	0,89	0,80	0,62	0,61	0,73
	2	0,95	0,74	0,63	0,61	0,73
5,0	1	1,01	0,86	0,65	0,64	0,79
	2	1,01	0,78	0,68	0,65	0,78
6,0	1	1,10	0,92	0,72	0,68	0,86
	2	1,10	0,93	0,74	0,70	0,88
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	0,99	0,79	0,66	0,64	НСР ₀₅ = 0,10

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 43 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2013–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,03
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	0,88	0,85	0,61	0,61	0,74
	рекомендованная	1,01	0,91	0,70	0,68	0,83
4,0	1	0,96	0,82	0,66	0,63	0,77
	2	0,97	0,89	0,64	0,64	0,79
5,0	1	1,09	0,90	0,69	0,68	0,84
	2	1,08	0,90	0,71	0,70	0,85
6,0	1	1,11	0,95	0,73	0,70	0,87
	2	1,12	0,95	0,76	0,73	0,89
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	1,03	0,90	0,69	0,67	НСР ₀₅ = 0,14

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 44 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,18
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	3,65	2,73	1,19	1,13	2,18
	рекомендованная	3,72	2,74	1,22	1,17	2,21
4,0	1	3,79	2,78	1,26	1,26	2,27
	2	3,75	2,75	1,24	1,20	2,24
5,0	1	3,96	2,89	1,35	1,29	2,37
	2	3,85	2,80	1,29	1,20	2,29
6,0	1	4,06	2,98	1,41	1,37	2,46
	2	3,99	2,90	1,38	1,32	2,40
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	3,85	2,82	1,29	1,24	НСР ₀₅ = 0,3

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 45 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2011 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,17
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	3,65	2,75	1,20	1,15	2,19
	рекомендованная	3,73	2,75	1,24	1,18	2,23
4,0	1	3,80	2,81	1,28	1,27	2,29
	2	3,75	2,76	1,24	1,22	2,24
5,0	1	4,00	2,90	1,38	1,32	2,40
	2	3,88	2,81	1,31	1,22	2,31
6,0	1	4,08	2,99	1,44	1,39	2,48
	2	4,00	2,92	1,40	1,32	2,41
В, НСР ₀₅ = 0,10	–	3,86	2,84	1,31	1,26	НСР ₀₅ = 0,5

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 46 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2011–2012 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,19
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	3,74	2,80	1,20	1,16	2,23
	рекомендованная	3,76	2,78	1,25	1,19	2,25
4,0	1	3,80	2,82	1,31	1,30	2,31
	2	3,81	2,82	1,26	1,25	2,29
5,0	1	4,05	2,92	1,40	1,32	2,42
	2	3,90	2,82	1,33	1,25	2,33
6,0	1	4,10	3,10	1,45	1,41	2,52
	2	4,20	2,93	1,42	1,36	2,48
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	3,92	2,52	1,33	1,28	НСР ₀₅ = 0,4

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 47 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2012–2013 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,14
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	3,59	2,66	1,17	1,10	2,13
	рекомендованная	3,69	2,69	1,19	1,15	2,18
4,0	1	3,77	2,70	1,25	1,22	2,24
	2	3,70	2,70	1,22	1,15	2,19
5,0	1	3,84	2,85	1,30	1,24	2,31
	2	3,80	2,78	1,24	1,15	2,24
6,0	1	4,00	2,88	1,33	1,32	2,38
	2	3,86	2,85	1,33	1,29	2,33
В, НСР ₀₅ = 0,12	–	3,78	2,76	1,25	1,20	НСР ₀₅ = 0,6

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 48 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2013–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га, А	Методика расчета	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,12
		всходы	кущение	колошение	полная спелость	
контроль	контроль	3,62	2,71	1,19	1,11	2,16
	рекомендованная	3,70	2,74	1,20	1,16	2,20
4,0	1	3,79	2,79	1,20	1,25	2,26
	2	3,74	2,72	1,22	1,18	2,22
5,0	1	3,95	2,89	1,32	1,28	2,36
	2	3,82	2,79	1,28	1,18	2,27
6,0	1	4,06	2,95	1,42	1,36	2,45
	2	3,90	2,90	1,37	1,31	2,37
В, НСР ₀₅ = 0,11	–	3,82	2,81	1,28	1,23	НСР ₀₅ = 0,4

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

**Приложение 49 – Влияние доз минеральных удобрений на пораженность растений озимой пшеницы
корневой гнилью (среднее за 2010–2014 гг.):**

Планируемая урожайность, т/га	Методика расчета	Распространенность %	Развитие, %
контроль	контроль	60,9	28,1
	рекомендованная	40,5	15,0
4,0	1	37,8	10,9
	2	40,3	19,1
5,0	1	33,0	10,8
	2	37,8	12,9
6,0	1	32,8	10,4
	2	39,3	14,8
НСР ₀₅	–	1,6	0,9

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 50 – Влияние различных доз минеральных удобрений на структуру урожая озимой пшеницы, 2010–2011 гг.

Планируемая урожайность, т/га	Методика расчета	Количество шт/м ²			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, т/га
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
контроль	контроль	199	368	328	1,4	1,5	7,6	20	0,88	32,0	3,23
	рекомендованная	240	395	390	1,8	1,6	8,6	22	0,66	32,0	3,98
4,0	1	238	446	395	1,7	1,5	8,8	25	0,65	32,1	3,75
	2	240	458	432	1,6	1,4	9,2	21	0,85	35,0	4,13
5,0	1	276	550	471	2,0	1,5	9,0	23	0,96	36,2	4,66
	2	267	514	477	1,6	1,6	9,2	25	0,99	36,0	4,75
6,0	1	324	554	552	1,5	1,5	10,8	24	0,96	36,2	5,99
	2	291	558	492	1,4	1,5	10,5	25	0,89	36,2	5,42
НСР ₀₅	–	28,0	32,0	42,0	–	–	0,9	2,1	0,11	0,6	0,39

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 51 – Влияние различных доз минеральных удобрений на структуру урожая озимой пшеницы, 2011–2012 гг.

Планируемая урожайность, т/га	Методика расчета	Количество шт/м ²			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, т/га
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
контроль	контроль	207	372	339	1,6	1,6	8,4	22	0,95	30,0	3,40
	рекомендованная	246	482	453	1,9	1,6	8,8	24	0,88	32,8	4,45
4,0	1	245	455	439	1,9	1,7	9,1	26	0,95	36,6	4,44
	2	246	476	437	2,2	1,7	9,4	25	0,99	36,0	4,52
5,0	1	280	550	532	2,1	1,7	9,8	25	1,01	36,4	4,99
	2	274	520	482	2,2	1,8	9,4	27	1,02	36,9	4,85
6,0	1	353	633	592	1,9	1,6	11,0	27	1,01	36,7	6,00
	2	303	560	544	1,8	1,6	10,7	30	1,06	37,5	5,82
НСР ₀₅	–	26,0	36,0	46,0	–	–	1,1	2,9	0,04	0,9	1,1

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 52–Влияние различных доз минеральных удобрений на структуру урожая озимой пшеницы, 2012–2013 гг.

Планируемая урожайность, т/га	Методика расчета	Количество шт/м ²			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, т/га
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
контроль	контроль	212	396	377	2,7	1,9	9,2	26	1,05	38,0	3,51
	рекомендованная	250	537	480	2,3	2,1	10,0	29	1,4	40,0	4,58
4,0	1	252	495	461	2,4	2,2	10,1	30	1,3	38,9	4,56
	2	260	512	476	2,3	2,2	11,0	27	1,6	37,1	4,82
5,0	1	293	570	561	2,4	2,2	10,5	30	1,1	37,3	5,5
	2	295	541	519	2,3	1,9	11,0	32	1,08	38,1	5,5
6,0	1	283	653	612	2,2	1,9	12,2	31	1,1	38,2	6,44
	2	356	610	592	2,3	1,9	11,1	33	1,2	38,4	6,05
НСР ₀₅	–	13,0	40,0	56,0	–	–	1,2	2,1	0,2	1,2	0,65

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».

Приложение 53 – Влияние различных доз минеральных удобрений на структуру урожая озимой пшеницы, 2013–2014 гг.

Планируемая урожайность, т/га	Методика расчета	Количество шт/м ²			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, т/га
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
контроль	контроль	210	388	352	1,9	1,8	8,8	24	1,00	36,0	3,42
	рекомендованная	248	502	465	2,0	1,9	9,4	25	0,98	36,0	4,51
4,0	1	249	472	445	2,0	1,8	9,6	27	1,1	38,0	4,49
	2	258	490	463	2,3	1,9	10,0	27	1,1	36,3	4,61
5,0	1	283	562	540	2,3	1,8	9,9	26	1,09	36,9	5,09
	2	288	533	502	2,3	1,9	10,0	28	1,03	37,4	5,3
6,0	1	360	640	596	2,0	1,8	12,0	30	1,09	37,7	6,05
	2	330	596	568	2,1	1,8	10,9	32	1,09	37,9	5,99
НСР ₀₅	–	28,2	39,0	50,0	–	–	2,1	2,4	0,05	1,0	0,71

Примечание: 1–Методика расчета по В.В. Агееву;

2–Методика расчета ученых СНИИСХ и агрохимцентра «Ставропольский».