

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

На правах рукописи

ФУРСОВА АЛЕКСАНДРА ЮРЬЕВНА

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЁМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

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.....	10
1.1. Особенности питания озимой пшеницы и ее реакция на удобрения	10
1.2. Влияние систем удобрения на агрохимические свойства чернозёма выщелоченного.....	19
1.3. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы.....	29
2. Место, условия и методика проведения опыта.....	42
2.1. Почвенно-климатические условия.....	42
2.1.1. Агрохимическая характеристика почв.....	42
2.1.2. Климат.....	43
2.2. Место проведения и схема опыта.....	46
2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований.....	48
2.4. Погодные условия в годы проведения исследований.....	49
2.5. Основные агротехнические приёмы при возделывании озимой пшеницы в опыте.....	58
3. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику продуктивной влаги и агрохимических показателей чернозёма выщелоченного.....	61
3.1. Динамика продуктивной влаги.....	61
3.2. Реакция почвенного раствора.....	66
3.3. Минеральный азот.....	71
3.4. Подвижный фосфор.....	76
3.5. Обменный калий.....	80
3.6. Подвижная сера.....	84
4. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на развитие и химический состав озимой пшеницы.....	90
4.1. Динамика накопления сухой массы.....	90

4.2. Содержание азота.....	93
4.3. Содержание фосфора.....	97
4.4. Содержание калия.....	101
4.5. Содержание серы.....	105
5. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы.....	108
5.1. Структура урожая	108
5.2. Урожайность.....	112
5.3. Качество продукции.....	116
6. Экономическая эффективность производства озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы.....	120
Выводы.....	124
Предложения производству.....	128
Список использованной литературы.....	129
Приложение.....	146

ВВЕДЕНИЕ

В Ставропольском крае за последние 20 лет земледелие ведётся с убывающим плодородием почв. Ухудшились агрохимические, агрофизические и биологические свойства почв. Баланс питательных элементов и гумуса в земледелии сложился отрицательный. Дефицит по фосфору достиг 12–15 кг/га, калию – 30–40 кг/га, гумусу – 400–700 кг/га. Меняющиеся климатические условия усилили деградационные процессы в земледелии края. Решение этой проблемы кроется в сохранении и повышении плодородия почв.

В связи с уменьшением количества применяемых минеральных, органических удобрений и химических мелиорантов, а также из-за неумелого их использования заметно снизилось плодородие почв России и продуктивность отечественного земледелия. Плодородие всякой почвы определяется комплексом её агропроизводственных свойств, которые непосредственно влияют на величину урожая. Также важная роль в решении проблем почвенного плодородия принадлежит дифференцированной агротехнике на полях, защищённых лесополосами, с различной степенью эродированности почвенного покрова и проявления дефляции.

Главным агротехническим приемом повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур является рационально составленная система удобрения с учетом биоклиматического потенциала местности (зоны), особенностей растений и конъюнктуры рынка.

Удобрение почвы выполняет не только функции пополнения питательных веществ для растений, но и их мобилизации в почве в доступную форму, повышения энергии жизненных процессов в почве, улучшения их свойств. Следовательно, научно обоснованная система удобрения выполняет важные экологические функции при применении ее в агроэкосистеме. Эффективнее всего применять удобрения в севообороте. Только рациональное применение агрохимических средств позволит

сохранить и поддержать высокое плодородие почв.

Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами контролирует многочисленные процессы обмена веществ и играет ключевую роль в формировании урожая и его химического состава. Все биогенные элементы выполняют в растении жизненно важные функции. Их содержание обуславливает продуктивность сельскохозяйственных культур, дефицит элементов питания непременно отразится на урожайности и качестве продукции. Растениям практически безразлично, что является источником элементов питания – твердая фаза почвы или вносимые удобрения. Важно, чтобы они находились в почве в достаточном количестве и оптимальном соотношении. При любом уровне химизации земледелия необходим контроль за состоянием баланса питательных элементов в системе «почва – растение».

Актуальность. Ставропольский край сохраняет позиции одного из крупнейших в России зернопроизводящих регионов и поставщика высококачественного зерна. Ежегодно озимая пшеница высевается на площади 1,7–1,8 млн га. В среднем за последние 5 лет производство зерна стабилизировалось на уровне 7,3 млн т.

В настоящее время мировая и отечественная практика интенсивного земледелия убедительно доказывает, что удобрения – это материальная основа количества и качества получаемой растениеводческой продукции, источник биогенных элементов для растений. Применение удобрений направлено не только на получение высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции, но и на повышение плодородия почв, улучшение экономических показателей в хозяйстве.

Рационально составленная система удобрения в севообороте является неотъемлемым звеном интенсивного научного земледелия. Она предполагает снижение доз удобрений, увеличение почвенных запасов элементов питания. Современные системы удобрения должны основываться на биологизации земледелия в сочетании с рациональным применением минеральных и

органических удобрений, применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям с учетом требований экологии и адаптивного земледелия (Минеев В. Г., 2005).

Системы удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте для хозяйств в настоящее время разрабатываются исходя из возможных финансово-экономических ресурсов хозяйства; прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур в соответствии с погодными условиями; рационального применения возможных объемов минеральных и органических удобрений. Производственный и научный опыт однозначно свидетельствует о том, что при систематическом применении удобрений не происходит ухудшение свойств почвы, падение ее плодородия, снижение продуктивности культур и ухудшение качества урожая. Наоборот, научно обоснованные системы удобрения позволяют снизить себестоимость производимой растениеводческой продукции на 10–15% и повысить эффективность применения удобрений на 25–30% (Есаулко А. Н., 2006).

Различные способы и приёмы обработки почвы влияют на ее структурное состояние, строение пахотного слоя, водно-воздушный, пищевой и тепловой режимы, распределение в обрабатываемом слое почвы удобрений, тем самым оказывают влияние на условия роста растений, что сказывается на их урожайности. В большой мере обработка почвы защищает культурные растения от сорняков, вредителей и болезней.

В связи с этим представленная диссертационная работа посвящена изучению влияния систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы после предшественника горох в зоне неустойчивого увлажнения.

Цель и задачи исследований. Основная цель исследований заключалась в определении влияния систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на пищевой режим чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы.

В результате изучения данного вопроса методикой исследования было

поставлено решение следующих задач:

- изучить влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику агрохимических показателей 0–20 см слоя чернозема выщелоченного в течение роста и развития озимой пшеницы;
- установить влияние изучаемых приёмов на развитие и химический состав растений озимой пшеницы;
- определить действие изучаемых в опыте приёмов на урожайность и качественные характеристики зерна озимой пшеницы;
- выявить условия, способствующие получению максимальной экономической эффективности применения систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы при выращивании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном.

Научная новизна. Впервые на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности изучено совместное влияние систем удобрения, построенных на различных принципах, способов и приёмов обработки почвы на агрохимические показатели почвенного плодородия и продуктивность озимой пшеницы, выращиваемой после предшественника горох.

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 научных исследований при их внедрении на производстве.

Основные положения, выносимые на защиту:

- системы удобрения, способы и приёмы обработки почвы положительно влияют на содержание в 0–20 см слое чернозема выщелоченного минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в течение вегетации озимой пшеницы, но не изменяют динамику их направленности;
- применение систем удобрения повышает результативность

продукционного процесса и стабилизирует урожайность озимой пшеницы;

– экономическая эффективность изучаемых систем удобрения обусловлена принципами их построения.

Практическая значимость. На основании проведенных исследований получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать расчетно-балансовый метод определения норм удобрений для построения расчетной системы удобрения, позволивший получить максимальную урожайность озимой пшеницы (6,01 т/га) после предшественника горох на черноземе выщелоченном. Установлено оптимальное сочетание систем удобрения озимой пшеницы после предшественника горох со способами и приемами размещения туков в 0–20 см слое почвы.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы в АО СП «Новотроицкое» Изобильненского района, ООО СХП «Русь» Грачевского района Ставропольского края на общей площади 500 га. Расчетная система удобрения используется в технологии возделывания озимой пшеницы в хозяйствах, увеличивая урожайность на 0,5–0,7 т/га, а прибыль – на 1,5–1,9 тыс. руб.

Апробация работы. Основные результаты исследований диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета (2012–2015 гг.) и международной конференции в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства» (2015 г.).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликованы 6 работ, в том числе 2 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 161 странице машинописного текста, включает 18 таблиц, 2 рисунка, 15 приложений. Список

использованной литературы включает 141 источник, 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, старшим преподавателям А. В. Воскобойникову, Е. А. Саленко, ассистенту 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. Особенности питания озимой пшеницы и ее реакция на удобрения

Озимая пшеница обладает большими потенциальными возможностями в формировании урожая, реализация которых возможна на основе создания оптимальных условий питания. Культура требовательна к плодородию почв. Оптимальный интервал реакции почвенной среды (рН) колеблется в пределах 6,3–7,5. Для нее наиболее подходят черноземы, на которых при реализации первого принципа построения системы удобрения в севообороте «физиолого-биологические или внутренние условия питания растений» даже без внесения туков по лучшим предшественникам получают урожаи порядка 50–60 ц/га зерна. После неблагоприятных предшественников урожайность озимой пшеницы при внесении оптимальных норм удобрений удваивается (Агеев В. В., Чернов А. П., Куйдан А. П. и др., 1999; Жученко А. А., Трухачев В. И., 2011; Mayer J., Gunst L., Mäder P., 2015).

Питание озимой пшеницы наиболее важно в два периода – осенний, сразу после сева, и ранневесенний, при возобновлении вегетации. В первом случае необходима хорошая обеспеченность молодых растений фосфором и сбалансированность почвенного раствора по фосфору, азоту и калию, а после оттаивания почвы весной при низких температурах возникает потребность в азоте (Агафонов Е. В., Громаков А. А., Максименко М. В., 2012; Dabin Z., Pengwei Y., Na Z., Weidong C., 2015).

Потребление основных элементов питания пшеницей во время ее вегетации происходит довольно неравномерно. Исследования, проведенные в Ставропольском крае, показали, что в начальный период роста и развития (всходы – кущение) питательных веществ потребляется относительно небольшое количество. Наиболее интенсивно и много их поступает в растение при выходе пшеницы в трубку и в начале колошения. За этот период она потребляет основное количество азота, фосфора и калия.

Несмотря на относительно небольшое поглощение пшеницей азота и зольных элементов от появления всходов до конца кущения, в это время растения весьма чувствительны к недостатку указанных элементов (Смирнов П. М., Муравин Э. А., 1977; Агеев В. В., 1996; Бобрышев Ф. И., Войсковой А. И., Дубина В. В. и др., 2003).

В осенний период пшеница синтезирует относительно небольшую биомассу. Однако элементы питания в первые две недели роста накапливаются очень интенсивно. К началу стеблевания растения образуют 10–15% биомассы от максимального количества, но потребляют уже 25–30% всего азота, 20–25% фосфора и 25–30% калия. Следовательно, в начале роста необходима достаточно хорошая обеспеченность растений элементами питания. Дефицит азота и особенно фосфора в этот период не может быть возмещен последующим улучшением питания. Поэтому он получил название «критического» (Гулякин И. В., 1977; Агеев В. В., 1996; Подколзин А. И., 1997; Yang Z. C., Zhao N., Huang F., 2015).

Потребление азота растениями озимой пшеницы начинается с первых дней жизни и продолжается до окончания налива зерна. В фазе кущения потребление азота составляет 20–25%, в период выхода в трубку – колошения – 50–55%, цветения – начала восковой спелости – 5–10% максимального количества потребляемого азота. Недостаток азота в отдельные фазы нельзя компенсировать внесением его в последующие фазы (Посыпанов Г. С., Долгодворов Г. С., Коренев В. Е., 1997; Сандухадзе Б. И., Журавлева Е. В., 2011; Гамзиков Г. П., 2013; Cormier F., Faure S., Dubreuil P., 2013).

Для данного элемента характерно два критических периода потребления: в начале роста и во время налива зерна. Недостаток азота в первый период приводит к снижению урожая, во второй – к заметному ухудшению качества зерна, снижает его белковость, ухудшает хлебопекарные качества (Петрова Л. Н., Чернов А. Я., 1975; Подколзин А. И., 1997; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2001; Yan L., Shi Y., 2013).

Повышенное азотное питание озимой пшеницы в осенний период усиливает синтез азотистых веществ, интенсивность дыхания и активность окислительных ферментов, но снижает содержание сахаров, что ведет к преждевременному расходу пластических веществ семени. При таком направлении синтетических процессов пшеница становится менее зимостойкой, растения становятся изнеженными, много растений гибнет во время перезимовки, что в дальнейшем является причиной сильного полегания, которое затрудняет уборку и вызывает значительные потери урожая. Для устранения этого отрицательного явления необходима изоляция азота удобрений от семени (Минеев В. Г., 1973; Агеев В. В., Чернов А. П., Куйдан А. П. и др., 1999; Babulicová M., Faragová N., 2014; Noack S. R., McLaughlin M.J., Smernik R. J., 2014).

Оптимизация фосфорного питания растений способствует улучшению корневой системы – она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Это улучшает снабжение растений питательными веществами и влагой, а также способствует накоплению в растениях сахаров (Петухов М. П., 1979; Шеуджен А. Х., Загорулько А. В., Громова Л. И. и др., 2009; Vairwa R. K., Purohit H. S., Meena R. H., 2013).

Потребность в фосфоре озимой пшеницы отмечается от появления всходов до полной спелости. Он имеет особое значение в биохимических процессах, происходящих в набухающем зерне и проростках пшеницы. Фосфор, внесенный вместе с семенами, оказывает положительное влияние на рост и развитие растений, а азот часто замедляет рост, особенно корней. Он является не только источником энергии, но и элементом, необходимым в углеводном обмене, в накоплении сахарофосфатов, нуклеиновых кислот, в синтезе нуклепротеидов и других сложных органических соединений, крайне необходимых при усилении ростовых процессов. В результате растения хорошо подготавливаются к зиме (Агеев В. В., Чернов А. П., Куйдан А. П. и др., 1999).

Достаточное снабжение фосфором создает резерв этого элемента питания на весь последующий период, повышает зимостойкость и устойчивость озимых к засухе и полеганию, ускоряет их развитие и созревание, влияет на формирование генеративных органов (Есаулко А. Н., Агеев В. В., Лобанкова О. Ю., 2013).

Критический период питания этим элементом приходится на первые две недели после появления всходов растений, когда поглощающая способность корневой системы ещё очень слаба. Именно оптимальное питание фосфором в этот период предопределяет дальнейшее развитие растений, приобретение ими большей устойчивости к неблагоприятным условиям и возбудителям различных заболеваний. Отсюда становится понятной значимость рядкового удобрения озимой пшеницы фосфором (Петрова Л. Н., Чернов А. Я., 1975; Подколзин А. И., 1997; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2001; Yan L., Shi Y., 2013).

Под влиянием фосфора формируется мощный организм, усиливается фотосинтез, ускоряются процессы синтеза углеводов, белков, жиров, ферментов, снижается величина транспирационного коэффициента, повышается зимостойкость и засухоустойчивость растений со всеми вытекающими последствиями (Агеев В. В., 1996).

Калий поступает в растения из почвы с первых дней роста растения до цветения, однако большее его потребление наблюдается в фазу выхода озимой пшеницы в трубку и колошения (Подколзин А. И., 1997; Агеев В. В., Подколзин А. И., Динякова С. В., 2007). Усиливает образование боковых корней, нарастание тонких корешков, увеличивает общую поглощающую поверхность корневой системы, повышает зимостойкость растений. Наряду с кальцием и магнием, калий оказывает влияние на дисперсность, вязкость, оводненность коллоидов протоплазмы, повышает устойчивость растений к болезням и полеганию (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2006; Horváth C., Kis J., Tarnawa Á., 2014).

Если в питательной среде калий отсутствует почти до выхода в трубку, а потом пшеница получает его до конца вегетации, то это не сказывается на снижении урожая; отсутствие же его с момента стеблевания уменьшает урожай. Недостаток калия ведет к задержке роста растений, качество зерна ухудшается, натурная масса снижается и падает урожай (Джанаев З. Г., 2008).

Следует особо подчеркнуть, что в отличие от азота и фосфора калий сосредоточивается в неотчуждаемой из хозяйства части урожая. Следовательно, при хозяйском отношении к нетоварной части урожая возвращение ее в поле позволит существенно повлиять на калийный режим почвы и питание растений (Агеев В. В., 1996).

Роль серы в питании растений трудно переоценить, исходя хотя бы из того, что она очень широко распространена во всех органах растений и многочисленных соединениях, содержащихся в них. Несмотря на это роль её пока раскрыта недостаточно. Кроме участия в синтезе белков, аминокислот (цистеин, цистин, метионин) и родственных им соединений, а также витаминов тиамин, биотин, содержащих серу в конце молекулы, ферментов, растительных масел, она причастна к энергетическому обмену (Агеев В. В., Чернов А. П., Куйдан А. П., 1999; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2006).

В ранний период из-за недостатка серы вдоль листа появляются крупные желтые полосы. Позже все листья желтеют, становятся мелкими, растения становятся низкими. При недостатке серы проявляется череззерница, т. е. часть колоса не дает зерна (Маслова И. Я., 1993; Шеуджен А. Х., Загорулько А. В., Громова Л. И., 2009).

Влияние серы на продукционный процесс происходит опосредованно, через взаимодействие с другими факторами. Наиболее существенное влияние серы как на зерновую продуктивность, так и на качество зерна наблюдалось при ее внесении в фазу формирования зерна (Иваницкий Я. В., Каленич В. И., 2011; Караса Н., 2014).

В условиях Ставропольского края практически на всех используемых под озимую пшеницу почвах отмечается положительная отзывчивость ее на удобрения. Однако величина эффекта зависит от ряда факторов, главные из которых почвенно-климатические условия, предшествующая культура, плодородие почвы, виды, дозы, сроки и способы использования удобрений (Петрова Л. Н., Чернов А. П., 1975; Дубовик Д. В., 2014).

Минеральные удобрения вносятся под озимую пшеницу в дозах 45–60 кг д. в. Определение оптимальных доз и соотношения удобрений, сроков и способов их внесения под озимую пшеницу зависит от планируемого урожая, содержания питательных веществ в почве, биологических особенностей питания, условий агротехники, важнейшими из которых являются выбор лучших предшественников и сортов, орошение. Удобрения вносят под различные приемы обработки почвы (вспашка, перепашка, дискование, культивация) (Минеев В. Г., 1973; Петухов М. П., 1979; Есаулко А. Н., 2005).

Эффективность рядкового удобрения зависит от плодородия почвы, предшественника, погодных условий и дозы удобрений. Высокая эффективность этого приема объясняется локальным размещением удобрений в пределах корнеобитаемого слоя почвы, т. е. удобрения приближены к сфере деятельности корневой системы растений. Коэффициент использования питательных веществ при этом резко возрастает и может достигать 30–40% против 12–15% при разбросном внесении. Это происходит за счет интенсивного нарастания мелких ветвящихся корешков в зоне повышенной концентрации питательных веществ (Агеев В. В., Чернов А. П., Куйдан А. П., 1999; Шеуджен А. Х., 2006).

Опытами установлено, что рядковое удобрение озимых культур суперфосфатом усиливает рост растений в осенний период и повышает их зимостойкость. Известны случаи, когда на неудобренных полях посевы озимых сильно изреживались или полностью погибали, а на участках, где вносили в рядки небольшие количества суперфосфата, растения хорошо сохранялись и образовывали нормальный урожай (Найдин П. Г., 1963).

Припосевное удобрение суперфосфатом усиливается при сочетании его с основным удобрением и подкормками. Снижение эффективности этого приема возможно при систематическом внесении повышенных доз фосфорных удобрений, а также при отсутствии достаточного количества в почве других питательных веществ, особенно азота. Поэтому внесение гранулированного суперфосфата в рядки более эффективно при посеве озимой пшеницы после чистого и занятого пара, бобовых трав, зернобобовых культур (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Слабое действие суперфосфата при посеве озимой пшеницы после зерновых культур связано с большим дефицитом в почве минерального азота (Есаулко А. Н., 2006).

Часто азотное удобрение, внесенное под озимую пшеницу на богатых почвах, удлиняет период вегетации на 3–5 дней по сравнению с неудобренным полем как при большом, так и при малом запасе воды в почве. При этом удлинение вегетации падает на период колошения – созревания (Носатовский А. И., 1950; Lu D., Lu F., Pan J., He M., 2015).

Ранневесенняя подкормка озимой пшеницы – обязательный и высокоэффективный прием в системе удобрения, которая после перезимовки значительно ослаблена и остро нуждается в азоте. Кроме того, накопление минеральных форм азота в результате процессов нитрификации и аммонификации происходит медленно из-за низкой температуры почвы и ее повышенной влажности. В результате растения голодают от недостатка азота и снижают урожай (Бузов В. А., Гречишкина Ю. И., 2012; Фурсова А. Ю., Гуруева А. Ю., Есаулко А. Н., 2012; Liu J., Chu Q., Wang G., 2013; Miao Y.-F., Wang Z.-H., Li S.-X., 2015).

Весенние азотные подкормки усиливают регенерацию отмерших стеблей, кущение, ускоряют рост и формирование листового фотосинтезирующего аппарата. Достаточная обеспеченность азотом в этот период увеличивает образование продуктивных стеблей, ускоряет и усиливает процессы дифференциации и формирования репродуктивных

органов, а затем образование более озернённых колосьев, повышает массу зерна одного колоса и в итоге урожайность озимых хлебов. Эффективность весенних подкормок озимых сильно зависит от сроков их проведения и погодных условий, прежде всего влагообеспеченности (Есаулко А. Н., Агеев В. В., Лобанкова О. Ю., 2013; Chuan L.-M., He P., Zhao T.-K., 2015).

Внекорневая подкормка озимых культур азотом обычно производится в ранние сроки, вслед за разрушением снежного покрова, по тало-мерзлой почве – «черепку». При ранних сроках подкормки возможны значительные потери азота путем смыва талыми водами, вымывания из корнеобитаемого слоя, с внутрипочвенным стоком, а также за счет возрастания газообразных потерь. Активное потребление азота растениями весной наступает при полном оттаивании почвы, при температурах воздуха 5 °С (Федосеев А. П., 1985; Муравин Э. А., Ромодина Л. В., Литвинский В. А., 2014; Ni K., Pacholski A., Kage H., 2014).

В осенний период должно быть усилено фосфорно-калийное питание. Так, под влиянием фосфорных удобрений созревание зерновых культур ускоряется на 5–6 дней, что имеет особенно важное значение для районов с более коротким периодом вегетации (Петухов М. П., 1979; Шеуджен А. Х., Загоруйко А. В., Громова Л. И. и др., 2009; Агафонов Е. В., Громаков А. А., Максименко М. В., 2012; Bairwa R. K., Purohit H. S., Meena R. H., 2013; Dabin Z., Pengwei, Y. Na Z., Weidong C., 2015).

Аммофос, нитроаммофос, нитроаммофоска и нитрофоска имеют преимущество перед суперфосфатом после стерневых и поздноубираемых предшественников, что связано с недостаточной обеспеченностью азотной пищей (Агеев В. В., Подколзин А. И., 1999).

Органические удобрения – важнейшая составная часть системы удобрения озимой пшеницы, особенно при размещении их по чистым парам и рано убираемым занятым. На почвах с высокой поглощательной способностью навоз можно вносить осенью под предпосевную обработку, не опасаясь потерь питательных веществ. Доза навоза для подкормки не должна

превышать 20 т/га. Часть потребности озимых в азоте (25%) обеспечивается за счет минеральных удобрений (Васильев В. А., Швецов М. М., 1983; Hao Z., Dong Q., Feng H., 2013).

При внесении под озимые навоза, а также при размещении их после бобовых на зеленый корм и на плодородных почвах азотные удобрения следует вносить только весной (Гулякин И. В., 1977; Петухов М. П., 1979; Ефимов В. Н., Донских И. Н., Сеницын Г. И., 1984; Guo Z., Zhang Y., Zhao J., 2014).

До недавнего времени при разработке системы удобрений вопросам питания растений серой особого значения не придавали, поскольку в применяемых удобрениях сера содержалась в достаточном количестве в качестве сопутствующего элемента. Однако переход сельского хозяйства на комплексные удобрения, не содержащие серу, и увеличение выноса питательных элементов из почвы в связи с ростом урожайности, а также некоторые другие причины поставили вопрос о внесении в почву серосодержащих удобрений (Симбирёв Н. Ф., Болвачев В. А., Перепелицын А. Н. и др. 2003; Есаулко А. Н., Радченко В. И., Фурсова А. Ю., Устименко Е. А., Марьина Е. А., 2013).

Из изученных способов внесения предпочтение отдается внесению серных удобрений преимущественно до посева в составе азотных удобрений или элементарной серы. Варианты внесения серных удобрений при подкормках неэффективны в основном из-за того, что растения в большей степени страдают от недостатка серы в начале вегетации, а подкормки не компенсируют в достаточной мере наносимый недостатком серы ущерб в начале развития растений (Аристархов А. Н., 2007).

При внесении в почву серы в виде органических соединений (навоз) она долго мигрирует в цикле почвообразования. Только при разложении органического вещества и образовании минеральных соединений сера становится доступной для корневых систем растений. Этот процесс называется сульфификацией и происходит за счет микробиологической

деятельности. Он имеет сезонный характер с минимумом в весенний период, максимумом летом и затуханием осенью. Элементарная сера, попадая в почву, также должна пройти процесс сульфотификации и перейти в ион SO_4^{2-} , поскольку только в данном виде сера усваивается растениями (Маслова И. Я., 1993).

Минеральные серосодержащие удобрения, попадая в почву, диссоциируют на ионы в почвенном растворе. Сера представлена в виде иона SO_4^{2-} , легко усваиваемого растениями. Однако на легких почвах этот ион может вымываться из корнеобитаемого слоя (Шеуджен А. Х., Загорулько А. В., Громова Л. И., 2009).

Таким образом, оптимизация минерального питания озимой пшеницы требует профессионального подхода. Чтобы достичь желаемой урожайности необходимо знать, сколько и в какой период элементов питания требуется, принимая во внимание массу факторов: сбалансированность элементов питания, их доступность растениям, особенности питания на разных этапах развития и др.

1.2. Влияние систем удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного

При длительном систематическом применении удобрений физические свойства почвы и ее химический состав не остаются постоянными. В зависимости от набора культур, генетических свойств почвы, доз минеральных и органических удобрений, применения мелиорирующих средств почвенное плодородие в той или иной степени улучшается. Нерациональная эксплуатация земель приводит к снижению плодородия почвы (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Изменения, происходящие в почве, сказываются на урожайности культур и эффективности удобрений при дальнейшем их использовании. Известно, что на почвах, более окультуренных (с меньшей кислотностью, большей насыщенностью основаниями, с большим содержанием подвижных

форм фосфора и калия, с более высокой нитрификационной способностью, лучшими физическими свойствами и т. д.), получают более высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Поэтому повышению или хотя бы сохранению почвенного плодородия как основного фактора, определяющего высокие и стабильные урожаи, уделяется большое внимание (Дубовик Д. В., 2014).

В результате исследований Е. В. Голосного, проведенных в 2006–2008 гг., по изучению влияния систем удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края, было выявлено, что все изучаемые в опыте системы удобрения значительно увеличивали содержание основных элементов питания в 0–20 см слое почвы, и разница с контролем составила (мг/кг): подвижный фосфор – 3,2–13,5, обменный калий – 13–40. Наибольшее содержание элементов питания во все фазы развития озимой пшеницы зафиксировано в вариантах с применением расчетной системы удобрения.

Длительное (более 20 лет) применение удобрений оптимизирует агрохимические свойства чернозема выщелоченного. Внесение минеральных удобрений и навоза обеспечивает увеличение содержания нитратного азота (слой почвы 0–40 см) соответственно на 20–47 и 32%, подвижного фосфора (слой почвы 0–20 см) – на 43–81 и 22%. Использование в качестве органического удобрения измельченной при уборке соломы не оказывает существенного влияния на азотный и фосфорный режимы почвы. Систематическое применение навоза КРС в дозе 10 т/га пашни в севообороте увеличило содержание гумуса на 0,26%. При комплексном использовании минеральных удобрений и навоза ($N_{28}P_{65}K_{28} + H_1$) оно возросло на 0,41%. Действие соломы на гумусовый режим почвы было несущественным (Воронкова Н. А., Балабанова Н. Ф., 2013).

Применение органических и минеральных удобрений – необходимое условие существенного улучшения питательного режима чернозема выщелоченного в лесостепи Центрально-Черноземного региона.

Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и калия в процессе вегетации снижается с глубиной, но в отношении калия эта закономерность проявляется слабее. Минеральные удобрения в большинстве случаев обеспечивают повышенное содержание элементов питания в период вегетации, а органические – фосфора и калия в более глубоких слоях почвы (Мельникова М. Г., Минакова О. А., 2013).

В черноземных почвах недостаточно подвижного фосфора, вследствие чего фосфорные удобрения приобретают здесь первостепенное значение. На мощных выщелоченных черноземах в предгорных районах Северного Кавказа с повышением естественного увлажнения роль азотных удобрений вновь возрастает. В этих районах необходимо правильное соотношение питательных веществ в удобрении (Минеев В. Г., Ивлев М. М., Аникст Д. М., 1980; Подколзин А. И., 1997).

Известно, что систематическое внесение фосфорных удобрений, полного минерального удобрения, а также навоза в обычных дозах приводит к заметному увеличению содержания подвижных форм фосфора. Объясняется это далеко не полным использованием растениями фосфорной кислоты удобрений. Однако под влиянием систематического применения удобрений увеличение содержания подвижных форм P_2O_5 выражено сильнее, чем увеличение его валового количества (Петрова Л. Н., Чернов А. П., 1975; Гулякин И. В., 1977; Голосной Е. В., 2013; Прошкин В. А., Шаброва Е. В., Чернова Л. С., 2014).

Органоминеральные системы удобрения по сравнению с минеральной увеличивали содержание валового фосфора в пахотном слое на 36–86 мг/кг почвы. Эти системы также способствовали накоплению фосфора в органической фракции, подвижных I и II групп фосфатов в составе минерального фосфора почвы и снижали закрепление элемента в труднорастворимые соединения (Цвей Я. П., Иванина В. В., Петрова Е. Т. и др., 2013; 2014).

Под воздействием 70-летнего применения минеральных и органических удобрений в черноземе выщелоченном происходило увеличение содержание валового фосфора, а также подвижных фосфатов, а при этом снижалось содержание неизвлекаемого фосфора (Минакова О. А., Александрова Л. В., Мельникова М. Г., 2013).

Балансовая, биологизированная и расчетная системы удобрения (с колебаниями по периодам наблюдений) поддерживали потенциал обменного калия в 0–20 см слое почвы и существенно (12–37 мг/кг) повышали его содержание в длительном периоде по сравнению с естественным агрохимическим фоном в зернопропашном севообороте. Темпы и направленность формирования потенциала обменного калия в пахотном слое чернозема выщелоченного управляемы изменением насыщенности севооборота калием и выбором способа обработки (Есаулко А. Н., Подколзин А. И., 2006; Голосной Е. В., Есаулко А. Н., Сигида М. С., 2013).

Содержание обменного калия в черноземе, даже при его высокой буферности, подвержено значительным изменениям. Различные виды минеральных удобрений по-разному влияют на динамику запасов K_2O в метровом профиле почвы. Систематическое внесение калийных удобрений способствует накоплению обменного калия в виде остаточных форм. После 15-кратного наложения различных доз 20–23% от внесенного количества K_2O находятся в метровом слое почвы в обменном состоянии. При этом 63–78% подвижного калия сосредотачиваются в слое 0–40 см. Длительное использование азотных и фосфорных удобрений, наоборот, приводит к ухудшению агрохимических свойств почвы по калию. Снижение запасов K_2O относительно контроля на фоне 15-кратного внесения азота и фосфора достигает в зависимости от дозы 3–5%, а на фоне 21-кратного наложения уже 5–16%. Исключение калийсодержащих агрохимикатов из системы удобрения приводит к снижению плодородия по калию даже таких высоко обеспеченных этим элементом почв, как черноземы (Шустикова Е. П., Шаповалова Н. Н., 2012; Карабутов А. П., 2014).

Рекомендованная и расчетная системы удобрений в 27-летнем периоде значительно подкисляли реакцию почвенного раствора в 0–100 см профиле выщелоченного чернозема; балансовая, впоследствии биологизированная система удобрения снижала в метровом профиле выщелоченного чернозема реакцию почвенного раствора в почвенных горизонтах 61–80 и 81–100 см на 0,4 ед. Воздействие систем удобрений на реакцию почвенного раствора в 0–20, 21–40, 41–60 см адекватно естественному агрохимическому фону, а статистически выявленные между вариантами стационара различия незначительны (Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. И., Кочкин А. С., 2007).

Влияние систем удобрения на реакцию почвенного раствора сопряжено с насыщенностью севооборота физиологически кислыми азотными, калийными и другими удобрениями. В опыте изучались следующие системы удобрений: рекомендованная с насыщенностью NPK 115 кг/га + 5 т/га навоза; биологизированная – NPK 62,5 кг/га + 8,2 т/га органики; расчетная – NPK 167 кг/га + 5 т/га навоза. Рекомендованная и расчетная системы удобрения ускоряли процесс подкисления, по сравнению с исходным показателем (1999 г.) pH в 0–20 см слое почвы снизилось на 0,3 ед. Биологизированная система удобрений насыщена органикой и снижено количество минеральных удобрений, в результате реакция почвенного раствора поддерживалась на первоначальном уровне (Голосной Е. В., Есаулко А. Н., Сигида М. С., 2013).

В опытах Г. И. Уварова и А. П. Карабутова (2014 г.) содержание нитратного азота в почве без внесения удобрений было очень низким и уменьшалось к уборке. Содержание этой формы азота возрастало при совместном внесении минеральных удобрений и навоза в слое почвы 0–30 см примерно в 1,5–2,5 раза, в целом в метровом слое – в 3,2 раза. Зафиксирована локализация основной части минерального азота в начале вегетации озимой пшеницы в слоях 0–30 и 50–100 см. Среди способов обработки почвы наибольшее количество минерального азота отмечено при мелкой обработке почвы, наименьшее – при вспашке.

Минеральные удобрения повышали содержание в почве как нитратного, так и аммиачного азота. Их количество, а также соотношение между ними зависело от погодных условий и вида возделываемых культур. В удобренной почве больше содержалось и доступного фосфора. Максимальным (46–53 мг/кг в слое 0–40 см) оно было при внесении 40 т/га навоза + $N_{180}P_{60}$. На динамику обменного калия изучаемые системы удобрений влияния не оказали (Леонтьев А. С., 2007).

Усиливая минерализацию органического вещества и азота почвы, минеральные удобрения уменьшали в 2–3 раза его дефицит и обеспечивали урожайность пшеницы 25,0–28,0 ц/га при высоком уровне нитратного азота в почве (Галеева Л. П., 2011).

Сера в почве представлена в форме органических и минеральных соединений, в почвенном растворе и адсорбированной глинистыми минералами, оксидами алюминия и железа. На долю органических соединений серы приходится 95–98% от ее общего содержания, и сосредоточена она в составе гумуса (0,5%) в восстановленной форме, в виде эфиров серной кислоты и серы, связанной с углеродом, а также аминокислот (цистин, цистеин, метионин) и родственных им соединений. В связи с этим содержание серы в почве резко убывает с глубиной, так как в этом направлении падает содержание в ней гумуса и других органических веществ (Агеев В. В., 1996; Шеуджен А. Х., 2003; 2010; Есаулко А. Н., Радченко В. И., Фурсова А. Ю. и др., 2013).

Чернозём выщелоченный Западного Предкавказья характеризуется невысоким содержанием валовой серы. Основная часть ее приходится на резервную форму и недоступна растениям. Доля подвижной и минеральной серы значительно меньше и составляет в среднем по почвенному профилю соответственно 0,8–1,0 и 6,2–23,1% от валовой. Для поддержания в чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья оптимального количества доступной для растений серы и предотвращения обеднения почвы за счет выноса с урожаем и вымывания из верхних горизонтов необходимо вносить

серные удобрения (Шеуджен А. Х., Слюсарев В. Н., Бондарева Т. Н. и др., 2014).

По данным М. И. Ильиной в 2006–2009 гг. во всех горизонтах чернозема выщелоченного содержание фосфора и серы на пашне составило 21 и 4 мг/кг соответственно при ее сельскохозяйственном использовании.

Поглощаемая корнями растений сера в почвах представлена гипсом. Поглощение происходит с массовым током воды и в результате диффузии. Скорость поглощения SO_4^{2-} корнями из почвы зависит от его концентрации у поверхности корня (Агеев В. В., 1996).

Чтобы поддерживать содержание подвижной серы на достаточном для жизнеобеспечения растений уровне и предотвратить истончение почвы, необходимо компенсировать естественные процессы выноса и вымывания питательных веществ путем внесения минеральных серосодержащих удобрений. Для этих целей наиболее приемлемо использование сульфата аммония (Лукин С. В., Меленцова С. В., Авраменко П. М., 2006).

Запасы серы в почвах могут пополняться за счет ее поступления с органическими удобрениями. Однако поступление серы с органическими удобрениями в большинстве случаев не приводит к существенному улучшению обеспеченности почвы этим элементом, так как различные виды этих удобрений в основном содержат ее менее 0,2% сухого вещества. С минеральными удобрениями серы вносится 8–12 кг/га. Анализ ассортимента удобрений в Российской Федерации показывает, что количество серы в них не только не увеличивается, но даже уменьшается (Орлов Д. С., 2000).

Нормы внесения серных удобрений зависят от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, запрограммированного урожая, плодородия и гранулометрического состава почвы, содержания серы в атмосфере и поливных водах. В большинстве случаев они составляют: для зерновых колосовых и кукурузы – 20–30 кг/га, сахарной свёклы и картофеля

– 50–70, рапса и многолетних бобовых трав – 50-90 кг/га (Аристархов А. Н., 2007).

Из изученных способов внесения предпочтение отдается внесению серных удобрений преимущественно до посева в составе азотных удобрений или элементарной серы. Варианты внесения серных удобрений при подкормках неэффективны в основном из-за того, что растения в большей степени страдают от недостатка серы в начале вегетации, а подкормки не компенсируют в достаточной мере наносимый недостатком серы ущерб в начале развития растений (Куркаев В. Т., 2000; Симбирёв Н. Ф., Болвачев В. А., Перепелицын А. Н. и др., 2003).

На величину поступления серы в растения, как и других элементов, существенно влияют органические и минеральные удобрения. Также установлено, что потребность растений в сере зависит от уровня азотного питания: чем выше норма азота, тем больше растения потребляют серы. Для большинства сельскохозяйственных культур соотношение азота и серы составляет в среднем 15:1 (Панасин В. И., 1999).

Способы основной обработки почвы не оказали влияния на содержание в пахотном слое чернозема подвижных форм цинка, меди, марганца и кобальта. При ежегодном внесении средней дозы минеральных удобрений $N_{41}P_{32,5}K_{32,5}$ без использования органических удобрений в четырехпольном севообороте формируется резко отрицательный баланс микроэлементов (Смуров С. И., Агафонов Г. С., Григоров О. В. и др., 2014; Лазарев В. И., Айдиев А. Я., Варганова А. Б., 2014).

Внесённые азотные удобрения не оказали существенного влияния на содержание цинка в чернозёме выщелоченном, при этом доза минерального азота 60 кг/га способствовала незначительному увеличению его концентрации на 0,02 мг как относительно контроля, так и одинарной дозы.

Изучаемые фоны питания оказали положительное влияние на концентрацию цинка лишь в начале вегетации озимой пшеницы, когда разница с контролем составила от 0,03 до 0,06 мг/кг почвы. В то же время,

согласно результатам дисперсионного анализа средних данных по опыту, на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ в фазу выхода в трубку по отношению с контрольному фону увеличивалось содержание в почве подвижного цинка, и разница по отношению к контролю составила 0,06 мг/кг почвы, это можно объяснить тем, что внесенные минеральные удобрения в подкормку озимой пшеницы приводили к подкислению почвенного раствора и повышали подвижность этого элемента в почве (Олейников А. Ю., 2012).

В черноземах выщелоченных более высокое содержание органического вещества по сравнению с остальными подтипами почв. Так, в верхнем горизонте пашни его количество снижается на 1,15%. Такая тенденция сохраняется по всему профилю выщелоченных черноземов (Цховребов В. С., Новиков А. А., Фаизова В. И., 2005).

Гумус служит хранилищем основных элементов питания растений, это коллоидное вещество, частички которого удерживают на своей поверхности элементы питания в доступной для растений форме. Сейчас на основании многочисленных полевых опытов, проведенных в нашей стране, вполне подтвердилась целесообразность использования избытков соломы как органического удобрения. Недостаток азота после заделки соломы можно компенсировать внесением азотных удобрений из расчета 6–7 кг азота на 1 т запаханной соломы. При этом положение не вполне исправляется, так как солома содержит некоторые вещества, токсичные для растений. Требуется некоторый период времени для их детоксикации, которую проводят микроорганизмы, разлагающие эти соединения (Рекомендации по использованию соломы на удобрение в Ставропольском крае, 2003).

Солома зерновых, оставленная на поле, как и пожнивные остатки, после разложения служит отчасти источником дополнительного питания, а отчасти стабилизатором органического вещества почвы. На одном из стационарных экспериментов Центрального опытного поля в севообороте без пара солому оставляли на поле в течение 36 лет. Отмечены сохранение содержания гумуса во времени на контроле и повышение на 0,5–0,7% при

применении удобрений в дозах $N_{40-60}P_{20}$. В эксперименте на центральном опытном поле по изучению доз азота в сочетании с хлорхолинхлоридом (ССС), уменьшающим длину растений пшеницы, при систематическом его применении в течение 18 лет отмечено снижение содержания гумуса с 4,11 до 3,95%. Таким образом, из имеющихся данных о роли соломы можно сделать вывод о слабом ее воздействии на урожай и качество сельскохозяйственных культур и положительном влиянии на содержание органического вещества почвы (Волинкин В. И., Волинкина О. В., 2014).

Длительное применение органических и минеральных удобрений способствует повышению содержания запасов гумуса в черноземе выщелоченном, однако это сопровождается перераспределением его по профилю и накоплением преимущественно в нижней части профиля за счет миграционных форм гумуса. Внесение дефеката по фону органических удобрений приводит к повышению содержания запасов гумуса преимущественно в верхней части гумусового профиля (Стекольников К. Е., Кольцова О. М., 2012).

Наибольшее воспроизводство гумуса в почве происходит на фоне повышенной дозы минеральных удобрений ($NPK - 181$ кг/га) с внесением кальция из расчета нейтрализации 0,5 гидролитической кислотности при разноглубинной обработке почвы. Внесение мелиоранта ($CaCO_3$) снижает гидролитическую кислотность до 3,8...4,7 мг-экв/100 г почвы. Наиболее высокая биологическая активность почвы наблюдается после люцерны при традиционной обработке почвы, а наименьшая после подсолнечника по безотвальной – соответственно 6,0 и 3,2 мкг лейцина на 1 г ткани. Самыми эффективными являются технологии со вспашкой (на 25...27 см) и чизелеванием (на 38...40 см) под пропашные в сочетании с поверхностной обработкой почвы (на 8...10 см) под зерновые колосовые на повышенном фоне минерального питания $N_{126}P_{77}K_{51}$ с внесением мелиоранта, при использовании которых урожайность составила 69,0...66,4 ц/га (Романенко А. А., Кильдюшкин В. М., Кулик В. А. и др., 2014).

Ежегодная отвальная обработка чернозема выщелоченного усиливала минерализацию органического вещества и азота почвы. В среднем за три года в слое почвы 0–40 см дефицит азота в контроле составил 21 кг/га, при внесении удобрений в рядки и локально – 10 и 6 кг/га. Следовательно, удобрения, внесенные в рядки при посеве с семенами и локально – на глубину 10–12 см, уменьшали в 2–3 раза дефицит азота в почве (Галеева Л. П., 2011).

Кроме агрономической и экономической оценок результатов учета урожая важен экологический аспект применения удобрений, а именно их влияние на свойства почвы. На удобряемых в течение 30 лет фонах в системе ежегодной вспашки в зернопропашном севообороте содержание гумуса чаще было близким к контролю. Исключением был вариант одностороннего применения P_{30} , здесь содержание гумуса снизилось до 4,91%. Кроме того, появилась тенденция к снижению этого важного показателя в вариантах N_{67} и $N_{67}P_{15}$, а также к его повышению в варианте $N_{67}P_{30}$ с добавлением соломы. Накопление подвижного P_2O_5 в слое почвы 0–20 см отмечено во всех вариантах с внесением фосфорного удобрения (Волинкин В. И., Копылов А. П., Волинкина О. В., 2014).

Таким образом, из обобщения литературных источников в сфере влияния систем удобрения на агрохимические показатели чернозема выщелоченного можно сделать следующий вывод, что мнения многих ученых разнятся по некоторым вопросам. Это скорее всего зависит от различных почвенно-климатических условий места проведения опыта и других факторов.

1.3. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы

Система удобрения должна не только обеспечивать получение высокого урожая озимой пшеницы, но и неуклонно повышать почвенное плодородие (Петрова Л. Н., Чернов А. П., 1975; Szabó E., 2013). При

интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы система удобрения складывается из трех приемов: основного внесения, припосевного и подкормок. Продуктивность культуры при этом определяется основным удобрением, а качество зерна и сила муки – подкормками азотом (Артюшин А. М., Дерюгин И. П., Кулюкин А. Н. и др., 1991; Рухович О. В., Романенко В. А., Ермаков А. А., 2014; Фурсова А. Ю., 2015).

Без применения удобрений получить высокий урожай с хорошим качеством зерна невозможно. Вносить удобрения необходимо на основе почвенной, тканевой и листовой диагностики (Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., 2013; Stepień A., Wojtkowiak K., 2013; Liu J., Chu Q., Wang G., 2013; Yang W., Sun H., Zheng L., 2013).

Максимальная урожайность озимой пшеницы после гороха в годы исследований отмечена на вариантах с применением расчетной системы удобрения 4,65–5,98 т/га. Рекомендованная и биологизированная системы удобрений существенно (0,69–1,35 т/га) увеличивали урожайность культуры относительно контроля, но значительно уступали по урожайности расчетной системе удобрений. Разница между системами удобрений существенна практически во все годы исследований. Наиболее высокий урожай культуры по всем вариантам также отмечен в благоприятный по погодным условиям 2008 год, и прибавка относительно контроля составила 1,09–1,75 т/га (Голосной Е. В., Агеев В. В., Сигида М. С., 2013; Голосной Е. В., Агеев В. В., Подколзин А. И., 2013).

Оценивая роль отдельных элементов питания в повышении урожайности озимой пшеницы, необходимо отметить первоочередную реакцию ее на фосфорные удобрения. Важная роль их для каштановых почв и черноземов отмечается большинством исследователей и подтверждается практикой (Петрова Л. Н., Чернов А. Я., 1975; Dai X., Xiao L., Jia D., 2014).

На выщелоченном черноземе с низким содержанием подвижного фосфора азотное удобрение значительно эффективнее в сочетании с фосфорным. При этом оптимальная доза для пшеницы – 40–50 кг/га,

оптимальная доза фосфора – P_{20} . Средний уровень прибавок пшеницы 5–7 ц/га в варианте $N_{40}P_{20}$ обеспечивал достаточно высокую окупаемость затрат на внесение удобрений. Данные о длительности последствий азота и фосфора служат основанием для дифференцированного подхода к применению удобрений на разных полях сельскохозяйственных предприятий при условии знания истории поля и истории его удобренности (Волынкин В. И., Волынкина О. В., 2013).

Важное место при обеспечении растений азотным питанием в период всей вегетации озимой пшеницы занимают подкормки. Они создают высокий уровень азотного питания, который бывает достаточным для обеспечения растений полноценным питанием на оставшийся период вегетации. Азотные подкормки повышают как объем получаемого хлеба на 5,9%, так и бал общей хлебопекарной оценки (Подколзин А. И., 2000; Гречишкина Ю. И., Бузов В. А., 2011; Тагиров М. Ш., Фадеева И. Д., Газизов И. Н., 2014).

Хорошее состояние озимой пшеницы после перезимовки и более чем достаточные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы обусловили высокую отзывчивость культуры на проведение ранневесенней азотной подкормки. Это отразилось на продуктивности озимой пшеницы, наибольшая урожайность (5,23 т/га) независимо от сорта, способа и дозы внесения (Донцов А. Ф., Есаулко А. Н., Сигида М. С. и др., 2012).

Максимальную прибавку зерна при проведении ранневесенней подкормки, на черноземе выщелоченном обеспечивала мочеви́на с добавкой лигногумата (8,8 ц/га) и без нее (7,3), при этом варианты с аммиачной селитрой и известково-аммиачной селитрой (6,5 и 5,7 ц/га) несущественно уступали им (Бузов В. А., Гречишкина Ю. И., 2012).

В результате исследований В. В. Зайцева в 2007–2009 гг. по изучению интегрированного влияния удобрений и фунгицида на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе обыкновенном было установлено, что совместное использование микроэлемент содержащих препаратов Лигнас, Лаварин и фунгицида Тимус увеличивает урожай зерна

озимой пшеницы на 3,9–5,7 ц/га, при этом количество сырой клейковины возрастает на 0,2–1,0% и находится в пределах ошибки. Интегрированное использование удобрений и фунгицида в сравнении с отдельным их применением не дает значительного повышения урожая и качества зерна озимой пшеницы в условиях средней обеспеченности почв фосфором, высокой калием, оптимальной – азотом, значительного различия степени поражения растений болезнями.

По результатам двухлетних данных, в условиях умеренно влажной зоны на черноземе выщелоченном максимальная (40,4 ц/га) урожайность озимой пшеницы была получена при обработке семян препаратом Микромак на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ и ранневесенней азотной подкормки в дозе 60 кг д. в/га, с содержанием клейковины (27,1%), значительно превышающим остальные показатели (Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. И., Олейников А. Ю., 2011).

По данным А. Ю. Олейникова (2008–2011 гг.), изучаемые в опыте макро- и микроудобрения оказали положительное влияние на качественные показатели зерна озимой пшеницы, но получению зерна 3-го класса в среднем по опыту способствовали допосевное внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$, проведение ранневесенней подкормки дозами N_{30} и N_{60} , совместное применение жидких комплексных микроудобрений Микромак и Микроэль. Максимальные показатели стекловидности (55%), содержания клейковины (27,5%) и белка (14,2%) были получены на вариантах с совместным применением микроудобрений на фоне $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{60}$ (в подкормку).

Применение поздней некорневой азотной подкормки в фазе колошения озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края и в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края способствует повышению урожайности культуры на 2,6 и 3,1 ц/га, а также улучшению качества продукции (увеличение содержания сырой клейковины составило 1,4 и 2,5% к контролю соответственно) (Ерошенко Ф. В., Ерошенко А. А., Сторчак И. Г., 2014).

При применении аммиачной селитры в чистом виде прибавка в сборе зерновых единиц в сумме за 3 года последствия варьировала от 13,1 (вариант N₃₀) до 32,6 ц/га (вариант N₁₂₀), или от 10 до 24% по отношению к контролю. В составе полного минерального удобрения отклик на эти же дозы был меньше и составил 4 и 11% соответственно (Шустикова Е. П., Шаповалова Н. Н., 2014).

В результате проведенных в 1995–1999 гг. А. М. Ашхотовым исследований, по изучению влияния совершенствования элементов возделывания озимой пшеницы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики было выявлено, что применение азотных подкормок с учетом различных фосфорно-калийных уровней питания оказывает влияние на рост, развитие и продуктивность озимой пшеницы. Содержание элементов питания в почве определялось фосфорно-калийными фонами и дозами азотной подкормки.

Внесение азотных удобрений в фазе колошения не рекомендуется при низких запасах продуктивной влаги в почве (Ерошенко Ф. В., Ерошенко А. А., Сторчак И. Г., 2014).

На выщелоченном черноземе экономически более эффективными были дозы минеральных удобрений N₉₀P₆₀K₄₀ и N₁₂₀P₉₀K₄₀. Внесение калийных удобрений в дозе 40 кг/га на фоне азотных и фосфорных удобрений практически не влияло на урожай и качество зерна озимой пшеницы.

При изучении дробного внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу на обыкновенных и выщелоченных черноземах отмечена эффективность внесения фосфорных удобрений в рядки при посеве в дозе 20 кг/га, что особенно важно в условиях недостатка доступного растениям фосфора в почве. Этот прием весьма рентабелен. Для повышения качества зерна на этих же почвах необходимо проводить одну или две подкормки азотными удобрениями от фазы трубкования до начала молочной спелости в дозах 30–40 кг (Подколзин А. И., 1997).

В условиях Республики Мордовия наибольший условно чистый доход при выращивании озимой пшеницы сорта Волжская качественная достигается при внесении $N_{40}P_{65}K_{70}$. При этом оптимальные дозы варьируют в зависимости от складывающихся метеоусловий. Так, в 2010 г. наилучшие результаты обеспечило внесение $N_{40}P_{65}K_{70}$, а в 2011 г. – $N_{148}P_{65}K_{70}$ (Каргин В. И., Захаркина Р. А., Латышова И. А. и др., 2014).

При выращивании озимой пшеницы важным является не только количественный рост урожая, но и повышение его качества за счет увеличения содержания белков и клейковины. Основная роль в повышении белковости зерна принадлежит азоту. Накопление белка происходит в результате реутилизации азотистых веществ, накопленных в вегетативных органах растений до начала налива зерна и поглощения азота из почвы в период налива зерна. Хорошего снабжения этим элементом до цветения и уже накопленного в вегетативных органах азота недостаточно для получения зерна с высоким содержанием белка. Отсюда понятно, что позднее внесение азота (межфазный период конец колошения – налив) является эффективным способом повышения белковости зерна (Агеев В. В., 1999; Жученко А. А., Трухачёв В. И., 2011).

Зерно наивысшего качества – с содержанием протеина 17,2%, стекловидностью 72%, с содержанием клейковины в муке 40%, с силой муки 421 Дж и с объемным выходом хлеба 541 см³ – получали в том случае, когда под пшеницу вносили совместно навоз и компост и полное минеральное удобрение. Такой состав удобрений обеспечивал высокий урожай при отличном качестве зерна.

Установлено, что при использовании только фосфорно-калийных удобрений, даже на почвах высокого плодородия и по предшественнику, который может накапливать и оставлять в почве значительное количество азота, стекловидность зерна, содержание клейковины в муке, сила муки и объемный выход хлеба не улучшались, а при внесении 40 т/га компоста под пшеницу в этих же условиях, в лучшем случае, эти показатели качества зерна

были равны показателям, отвечающим требованию стандарта на среднюю пшеницу (Никитенко Г. Ф., Русков В. Е., 1978).

В результате проведенных в период с 2007 г. по 2010 г. В. А. Бузовым исследований, по изучению эффективности форм азотных удобрений, применяемых в ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы на черноземе выщелоченном, было выявлено, что формы азотных удобрений способствовали по сравнению с контролем увеличению содержания клейковины в зерне на 0,1–2,5%, белка – на 0,3–1,4%, стекловидности – на 4–11% и снижению натуры зерна на 1–8 г/л. На всех вариантах опыта зерно соответствовало IV классу.

В результате исследований Г. Н. Черкасова (2009–2010 гг.) было выявлено, что способы основной обработки и связанные с ними изменения водного режима повлияли на качество зерна возделываемых культур. Наиболее качественное зерно озимой пшеницы получено при посеве по отвальной вспашке. В этом варианте обработки без применения минеральных удобрений содержание сырой клейковины в зерне было на 1,1%, белка – на 0,7%, стекловидность – на 4% выше, чем по нулевой. Натура зерна, полученного в вариантах со вспашкой и поверхностной обработкой, существенно не отличалась, а на фоне нулевой обработки снизилась на 32 г/л по сравнению со вспашкой и на 25 г/л – по сравнению с поверхностной обработкой. Качество клейковины в зерне пшеницы не зависело от способа обработки почвы, и клейковина относилась к удовлетворительно слабой.

Наибольшее действие на накопление клейковины оказали азотные удобрения. Внесение двойной дозы азота (N_{80}) позволило получить сильное зерно с содержанием клейковины 28,2%. Фосфорные и калийные удобрения несколько повышали содержание клейковины в зерне по сравнению с контролем, но их действие было значительно слабее, чем азота. Добавление фосфорных и калийных удобрений к азотным также не имело существенного влияния. Это подтверждается результатами регрессионного анализа данных по содержанию клейковины (Громова Л. И., 2006).

В результате исследований А. А. Квашина в 2000–2002 гг. по определению продуктивности озимой пшеницы в зависимости от предшественников и системы удобрений на обыкновенном черноземе Западного Предкавказья было выявлено, что количество белка в зерне озимой пшеницы в среднем за три года в зависимости от предшественников на неудобренном фоне варьировало в пределах 8,2–11,2%. Внесение удобрений в минимальной дозе ($N_{10}P_{20}$; $N_{20}P_{30}K_{30}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$) повышало белковость зерна озимой пшеницы до 8,2–12,0%, и наибольшей она была при внесении высоких доз NPK – 12,5–13,1%. Удобрения оказали существенное положительное влияние на содержание клейковины в зерне. Наиболее качественное зерно во все годы исследований получено при размещении озимой пшеницы по эспарцету и гороху с содержанием клейковины 23,9–27,4%.

На основании исследований Х. А. Малкандуева в 2007-2009 гг. установлено, что применение минеральных удобрений в основную обработку почвы и подкормки в фазах кущения и колошения в дозе аммиачной селитры N_{30} дают возможность получать по зонам Кабардино-Балкарской Республики и сортам мягкой пшеницы устойчивые урожаи с хорошим качеством зерна.

Заметно улучшалось качество клейковины (ИДК) в сравнении с контролем по всем видам обработки почвы. Наряду с содержанием белка и клейковины число падения служит важным показателем устойчивости пшеницы к прорастанию зерна на корню и во многом определяет его качество. Чем выше число падения, тем выше качество. Число падения было выше в варианте посева озимой пшеницы по люцерне синей, чем в варианте с сидеральным и чистым паром, соответственно на 4 и 12%. Влияние основной обработки на урожай и качество озимой пшеницы за годы исследований не обнаружено, так как различия находились в пределах ошибки. Качество зерна было хуже по чистому пару при всех способах основной обработки почвы (Болучевский Д. А., Дедов А. В., 2014).

Двухлетние исследования (2009–2011 гг.) А. М. Толоконникова по применению некорневых подкормок микроэлементами озимой пшеницы свидетельствуют об их эффективности, максимальное содержание белка – 13,9% и клейковины – 30,8% было получено при подкормке озимой пшеницы Мастером ($N_{20}P_{20}K_{20} + MgO_3 +$ микроэлементы (S, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo). В целом все варианты с использованием микроэлементов дали прибавку по отношению к контролю.

Содержание клейковины в зерне пшеницы в вариантах с применением удобрений было выше, чем на контроле, подкормка положительно повлияла на величину этого показателя во всех вариантах опыта. При использовании $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ содержание клейковины достигало 30%. Подкормка азотом во всех вариантах способствовала достоверному увеличению натурной массы зерна пшеницы до 816 г. Наибольший показатель стекловидности зерна отмечен при использовании $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ – 68%. В варианте без применения удобрений она была ниже на 17% (Неволина К. Н., 2013).

Обработка почвы является одним из основных приемов оптимизации ее свойств (водно-физических, биологических, агрохимических), воспроизводства плодородия, контроля фитосанитарного состояния, защиты от эрозии. На продуктивность почв положительно влияют способы обработки, адаптированные к почвенно-климатическим условиям и требованиям культур (Аюпов З., Анохина Н., 2012).

Способы основной обработки почвы, как отвальные, так и безотвальные, по степени влияния на урожайность озимой пшеницы существенно не отличались, хотя по данным регрессионного анализа имеется тенденция в пользу отвальной вспашки. Последствие органических и основное внесение минеральных удобрений во все годы исследований существенно повышали урожайность озимой пшеницы (Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Виноградов Д. Ю., 2014).

В среднем за годы исследований наиболее высокий урожай зерна озимой пшеницы (2 т/га) был получен при глубокой вспашке на 28–30 см с

одновременным боронованием, это значение оказалось ниже показателей других вариантов на 0,20; 0,29; 0,35 и 0,26 т/га (Керимов Я. Г., 2011).

Исследования, проведенные на стационарных и производственных опытах, показали, что внесение удобрений при мульчирующей безотвальной обработке является необходимым условием получения высоких стабильных урожаев. При отсутствии удобрений на участках с плоскорезной обработкой происходит существенное уменьшение урожаев (Рябов Е. И., 2002).

В результате исследований Ю. Е. Ефремова было выявлено, что сорта озимой пшеницы Айвина и Петровчанка по вспашке показали лучшую урожайность и качество зерна, чем при использовании дисковой бороны и комбинированного агрегата. Строение пахотного слоя при отвальной обработке изменяется в благоприятную для почвенного плодородия сторону: объем капиллярной скважности расширяется, а некапиллярной – уменьшается, возрастает степень аэрации. За счет капиллярной влагоёмкости и повышения степени насыщенности почвы водой улучшаются ее водно-физические свойства.

В результате исследований, проведенных на опытной станции Ставропольского ГАУ в зоне неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном по влиянию основного удобрения, вносимого в предпосевную культивацию, на элементы структуры урожайности зерна озимой пшеницы сорта Айвина по предшественнику черный пар, было выявлено, что применение $N_{60}P_{60}$ при основном внесении в предпосевную культивацию способствует увеличению числа растений на 1 м^2 , продуктивной кустистости, числа продуктивных стеблей и числа зерен в колосе. Положительное влияние калия в составе нитроаммофоски на элементы структуры урожайности зерна при высокой его обеспеченности почвы перед посевом озимой пшеницы не установлено (Полоус Г. П., Войсковой А. И., Костенко Е. И., 2013).

После зернобобовых и пропашных культур лучшим способом основной обработки почвы под озимую пшеницу является поверхностная обработка. Она не только экономичнее вспашки, но и обеспечивает к тому же лучшую

разделку почвы. За счет накопления в осенний период влаги в посевном слое такая обработка позволяет получить своевременные и дружные всходы, повысить урожайность на 0,5–2,5 ц/га (Голоусов Н. С., Дорожко Г. Р., Войсковой А. И., 2004; Zhao W., Yao X., Tian Y., 2014).

Способ основной обработки почвы влияет на урожай независимо от степени оптимизации размещения удобрений в корнеобитаемом слое. В засушливых условиях поверхностная обработка почвы может создать более благоприятный водный режим. Поэтому здесь заделка удобрений как плугом с предплужником, так и культиваторами или тяжелыми дисковыми боронами обеспечивает одинаковую прибавку урожая зерна. В опытах Уманского сельскохозяйственного института пшеница, высеваемая по гороху на зерно, при внесении $N_{40}P_{60}K_{60}$ под вспашку вразброс обеспечивала одинаковую прибавку урожая. Тем не менее, если представляется возможность, вносят удобрения под вспашку, так как это способствует более глубокому проникновению корней. В годы с недостаточными запасами влаги в верхнем слое почвы пшеница с глубокоразвитой корневой системой лучше противостоит засухе, более эффективно использует удобрения и формирует более высокий урожай (Артюшин А. М., Дерюгин И. П., Кулюкин А. Н. и др., 1991).

По результатам исследований Д. А. Ткаченко (2002–2004 гг.) на черноземе выщелоченном в многолетнем стационарном опыте по определению влияния предшественников и способов основной обработки почвы на взаимоотношения компонентов агрофитоценоза и урожайность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном было выявлено, что систематическое применение отвальной и безотвальной обработки почвы на глубину 20–22 см имеет преимущество перед поверхностным рыхлением. В среднем, независимо от предшественников, по вспашке с оборотом пласта получено 42,7 ц/га озимой пшеницы, по отвальной обработке результат мало отличается – 42,4 ц/га, а при поверхностном рыхлении почвы урожайность

составляет 40,2 ц/га. Недобор зерна по сравнению с отвальной обработкой почвы составляет 2,5 ц/га.

Многими исследованиями убедительно доказано, что серосодержащие удобрения положительно влияют на качество урожая: повышается содержание белкового азота в зерне колосовых культур. Механизм действия серного питания растений на качество продукции исследователями объясняется, как правило, увеличением содержания серы в растениях (Аристархов А. Н., 2007).

В. В. Церлинг и А. А. Ерофеев (1972) указывают, что при серной недостаточности ухудшается налив зерна (снижение массы 1000 зёрен) и уменьшается доля зерна в урожае из расчёта на единицу соломы. Следовательно, сера способствует более высокой продуктивности растений.

Применение нитроаммофоски позволяет не только получить эффективную прибавку урожая, но и повысить его качество. Для повышения урожайности озимой пшеницы и, особенно, для повышения качества зерна необходимо проведение поздних азотных подкормок, начиная от фазы выхода растений в трубку до молочной спелости зерна. Этого требует классическая технология земледелия. Но благодаря современным технологиям мы можем дать комплексные удобрения, и это будет не простое азотное удобрение, а удобрение, которое удовлетворит все потребности растения в данный период вегетации. Например, азофоска является идеальным удобрением для весенней подкормки озимых культур, которое обеспечит максимальный рост вегетативной массы растений в ранневесенний и летний периоды за счет содержания азота, фосфора, калия и серы, обеспечит повышенную потребность озимой пшеницы в доступном фосфоре в почве, калий повысит засухоустойчивость растений, резистентность к некоторым грибковым заболеваниям, качество зерна (Аристархов А. Н., 2007).

Органические удобрения применяют под озимые, идущие по чистым парам и после раноубираемых предшественников. При посеве по занятым

парам органические удобрения лучше вносить под парозанимающую культуру, так как в этом случае они обеспечивают большую суммарную прибавку урожая. При орошении органические удобрения вносят, как правило, под предшествующую культуру в дозе 20–40 т/га (Муравин Э. А., Ромодина Л. В., Литвинский В. А., 2014; Yang S.-Q., Wang Y.-S., Xie X.-J., 2014).

В результате исследований В. И. Волюнкина по изучению действия и последствий минеральных и двух видов органических удобрений – навоза и соломы на урожай, качество сельскохозяйственных культур и содержание гумуса в почве в условиях Курганской области было выявлено, что прибавка урожайности пшеницы от последствий навоза составила 4,9 ц/га, а в варианте с действием минерального удобрения в дозе N_{40} – 9,3 ц/га. Вполне очевидно, что азотное удобрение оказывало сильное действие на урожайность пшеницы, удваивая прибавку от последствий навоза и положительно влияя на качество ее зерна. Увеличение содержания клейковины в зерне на фоне N_{40} более значительное: 5,8% при 2,7% от последствий навоза. Вариант сочетания 30 т/га навоза с азотным удобрением давал эффект, близкий к сумме прибавок от отдельного их применения.

Только при сочетании системы удобрения со всеми приемами передовой агротехники можно говорить о прочном фундаменте будущего урожая главной производственной культуры края – озимой пшеницы (Челядинов Г. И., 1964).

Таким образом, можно сделать вывод, что оптимизация питания озимой пшеницы способствует получению высоких урожаев хорошего качества. Прийти к этому можно в результате правильного сочетания минеральных и органических удобрений.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

2.1. Почвенно-климатические условия

Исследования были проведены на стационаре кафедры агрохимии и земледелия Ставропольского государственного аграрного университета, расположенном на опытной станции в пределах Ставропольской возвышенности в зоне неустойчивого увлажнения.

Ставропольская возвышенность является климатической границей между влажными степями Западного Предкавказья и сухими – Восточного.

2.1.1. Агрохимическая характеристика почв

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, мощный, малогумусный, тяжелосуглинистый. Почвообразующие породы – бурые тяжелые карбонатные элювиоделювиальные суглинки и глины. Подстилающие породы – сарматские отложения. Почва отличается довольно плотным сложением – 1,20–1,41 г/см³. Емкость поглощения пахотного слоя – 40 мг-экв/100 г почвы. На долю кальция в составе поглощенных оснований приходится 29,6 мг-экв/100 г почвы.

Чернозем выщелоченный отличается высокими показателями почвенного плодородия. Важнейший показатель плодородия почв – обеспеченность их гумусом. Среднее содержание гумуса в почве опытного участка равно 5,2–5,9%. По содержанию гумуса почва относится к группе со средней обеспеченностью.

Содержание подвижного фосфора по Мачигину составляет 22–28 мг/кг почвы. Данные показатели содержания подвижного фосфора в почве относятся к группе со средней обеспеченностью. Почва опытного участка характеризуется средним содержанием обменного калия – 240–290 мг/кг почвы. Нитрификационная способность почвы – 16–30 мг/кг, что относится к повышенным показателям.

Почвы относятся к разряду незасоленных. Содержание водорастворимых солей низкое – 0,1–0,2%. Представлены они в основном бикарбонатами кальция и магния. Гранулометрический состав тяжелосуглинистый. Структура верхних горизонтов зернистая или зернисто-комковатая. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной – 6,1–6,7 ед.

Почва опытного участка среднеобеспечена марганцем – 18 мг/кг почвы, имеет низкое содержание подвижного цинка – 0,7 мг/кг и высоко обеспечена подвижным бором – 2,86 мг/кг. Содержание тяжёлых металлов в 0–20 см слое почвы не превышает ПДК и составляет: меди – 12,38 мг/кг, цинка – 42,5 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.

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°.

В результате изложенного можно сделать вывод, что чернозем выщелоченный имеет среднюю гумусированность, рН близка к нейтральной, хорошо обеспечен макро- и микроэлементами, отсутствуют вредные соли, благоприятные водно-физические свойства и хорошая структура позволяют получать высокие урожаи возделываемых на данных почвах сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы.

2.1.2. Климат

Опытный участок расположен в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольской возвышенности. Эта зона характеризуется континентальностью, неустойчивым увлажнением по годам и неравномерностью выпадения осадков в течение года. Влаго- и теплообеспеченность являются главными показателями климата района. Среднегодовое количество осадков составляет 663 мм, при этом в теплый

период выпадает 471 мм, а в холодный – 192 мм. Максимум приходится на июнь (192 мм), минимум – на февраль (28 мм). В летние месяцы они нередко выпадают в виде ливней, не успев впитаться в почву, стекают в понижения. ГТК составляет 1,1–1,3. В период вегетации выпадает 450–470 мм. Сумма активных температур составляет 2800–3200 °С (таблица 1).

Таблица 1 – Агроклиматические показатели согласно данным метеостанции г. Ставрополя

Показатель	Величина
Среднегодовая температура воздуха, °С	9,2
Сумма температур за период с $t \geq +10$ °С	2800–3200
Годовая сумма осадков, мм	623
В т. ч. за период с $t \geq 10$ °С	450–470
Гидротермический коэффициент	1,1–1,3
Запасы продуктивной влаги к началу вегетации в слое почвы 0–100 см, мм	160–200
Число суховейных дней	61
Продолжительность безморозного периода, дней	180–190

Особенность зоны закладки опыта – это умеренно сухой климат, жаркое лето, теплая осень, умеренно мягкая зима, в декабре – феврале сопровождается метелями, и весна с нестабильным температурным режимом. Среднегодовая температура воздуха +9,2 °С. Продолжительность безморозного периода 180–190 дней. Дата последних заморозков в среднем приходится на 11 апреля, в отдельные годы и до первых дней мая. Самые ранние заморозки 17 сентября, среднее наступление заморозков 15 октября. Устойчивый период среднесуточных температур воздуха выше +5 °С приходится на 5 апреля весной и на 28 октября осенью. Первый снег

выпадает в начале ноября. Среднемесячная температура воздуха самого холодного месяца января – $-4...5^{\circ}\text{C}$. В январе – феврале высота снежного покрова достигает 15–20 см, промерзание почвы происходит на глубину – 25 см. Скачки температуры, вызываемые оттепелями, приводят к неустойчивости снежного покрова. Число снежных дней составляет от 93 дней, а с оттепелями – 55. Сход снега с середины марта, а иногда в конце этого месяца. По условиям суровости средний абсолютный минимум температуры воздуха составляет от -25 до -20°C , на глубине залегания узла кущения этот минимум равен от -10 до -5°C .

Весна ранняя, с быстрыми темпами нарастания положительных температур. Сход снежного покрова наблюдается в конце февраля – начале марта, затем в течение двух недель происходит активное возобновление вегетации озимых культур. К середине апреля – началу мая почва прогревается до $8-12^{\circ}\text{C}$. В это время нередки такие атмосферные явления, как заморозки и ливневые осадки.

Лето относительно нежаркое, среднемесячная температура воздуха $22-24^{\circ}\text{C}$. Максимальная температура воздуха в летний период достигает 40°C .

Увлажненность зоны хорошая, атмосферные засухи при этом встречаются довольно часто. Наблюдаются продолжительные засушливые периоды (1–1,5 месяца). Относительная влажность воздуха во время засухи составляет 30%, и растения вянут, прекращают рост. Всего с апреля по сентябрь с относительной влажностью воздуха ниже 30% бывает около 30 дней. Господствующими ветрами являются: восточные, западные и юго-восточные ветры. Число дней с силой ветра больше 15 м/с составляет 50 дней в году, наибольшее их количество бывает в феврале, марте, апреле, октябре и ноябре. Такие ветры вызывают сильную эрозию почв. Осадки, выпадающие летом, ливневые, кратковременные. Их количество составляет порядка 350–400 мм. Среднемесячная температура самого теплого месяца года (июля) составляет $22,3^{\circ}\text{C}$.

Осенний период относительно теплый, к концу сентября – середине

октября отмечается переход температуры воздуха через +10 °С в сторону понижения. Значительное похолодание осеннего периода способствует окончанию активной вегетации сельскохозяйственных культур. Осенние заморозки могут наблюдаться уже во второй половине сентября.

В результате вышеизложенного можно сделать вывод, что климатические условия в зоне проведения исследований позволяют получать высокие и стабильные урожаи озимой пшеницы.

2.2. Место проведения и схема опыта

Исследования были проведены в 2010–2014 гг. в экспериментальном севообороте стационара, расположенного на опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Стационар представляет собой длительный опыт «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах», зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА Российской Федерации. Он был заложен сотрудниками кафедры агрохимии и земледелия Ставропольского государственного аграрного университета в 1976 году.

Тип севооборота – зернопропашной со следующим чередованием культур: горохоовсяная смесь (занятой пар) – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на силос – озимая пшеница – горох - озимая пшеница – подсолнечник.

Опыт двухфакторный, 3×4. Размещение вариантов рендомизированное по методу расщепленных делянок, повторность опыта 3-кратная, ширина делянки – 7,5 м, длина – 15 м. Общая площадь делянки 108 м², а учетная – 50 м².

Фактор А – способы и приёмы обработки почвы.

Варианты с изучаемыми согласно схеме опыта системами удобрения накладывались на варианты с различными способами и приёмами основной обработки почвы:

- 1 – отвальный способ (ПЛН 5-35), 20–22 см;
 2 – комбинированный способ (АКП-6), 20–22 см;
 3 – поверхностная обработка (дискатор, БДМ × 4×4) 10–12 см.
 Фактор Б – система удобрения в севообороте (таблица 2).

Таблица 2 – Система удобрения озимой пшеницы после предшественника горох, кг/га д. в.

Насыщенность севооборота удобрениями NPK, кг/га + навоз т/га	Внесено непосредственно под культуру	Способы внесения удобрения		
		Основное	Припосевное	Подкормка
Контроль	–	–	–	–
Рекомендованная	N ₇₀ P ₄₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₁₀ P ₁₀	N ₃₀
Биологизированная	Солома 2,4 т/га + N ₆₀ P ₁₀	Солома 2,4 т/га + N ₂₀	N ₁₀ P ₁₀	N ₃₀
Расчетная	N ₁₂₀ P ₇₅ K ₂₄	N ₆₀ P ₆₅ K ₂₄	N ₁₀ P ₁₀	N ₅₀

При сохранении контроля (без удобрений) в севообороте изучались следующие системы удобрений:

– **рекомендованная** система удобрений – синтезирована на основе материалов, полученных в рассматриваемом стационаре с насыщенностью севооборота NPK 115 кг/га, в т.ч. N₅₀P_{58,75}K_{6,25} при соотношении N:P:K = 1:1,18:0,13 + 5 т/га навоза;

– **биологизированная** система удобрений - ориентирована на максимальное использование органических удобрений с насыщенностью севооборота NPK 62,5 кг/га, в т.ч. N_{42,5}P₂₀K₀ при соотношении N:P:K = 1:0,47:0 + 8,2 т/га органических удобрений, в том числе 5 т/га навоза подстилочного;

– **расчетная** система удобрения - запланирована на получение максимально возможной урожайности сельскохозяйственной культуры: озимая пшеница – 65 ц/га с насыщенностью севооборота NPK 219 кг/га, в т.ч. $N_{120}P_{75}K_{24}$ при соотношении N:P:K = 1:0,98:0,12. Нормы, соотношения и дозы минеральных удобрений устанавливались по результатам текущих анализов и растительной диагностики в соответствии с уровнем программируемой урожайности на основе методики В. В. Агеева (2006) и ежегодно уточнялись.

В опыте изучается районированный сорт озимой пшеницы Зустріч после предшественника горох. Применялись такие удобрения: аммофос, нитроаммофоска, аммиачная селитра, калий хлористый.

2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований

В период проведения исследований проводились следующие учеты, наблюдения и анализы.

1. Почвенные анализы:

Полевые опыты будут сопровождаться следующими анализами, учетами и наблюдениями:

- рН водной суспензии, ГОСТ 26423–85;
- определение нитратов ионометрическим методом с помощью ионоселективного электрода, ГОСТ 26951–86;
- аммиачный азот – колориметрированием с реактивом Несслера, ГОСТ 26489 – 91;
- подвижные формы фосфора и обменного калия по Мачигину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205 – 91;
- подвижная сера по методике ЦИНАО, ГОСТ 26490–85.

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

- накопление сухой биомассы, структура урожая по методике Госсортоиспытания (1971, 1983);

- содержание в растениях азота, фосфора и калия в одной навеске по Б. А. Ягодину (1987);
- сера в растениях весовым методом по В. Г. Минееву (2001);
- учет урожая – методом механизированной уборки, с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике Госсортоиспытания (1983);
- анализ качества зерна озимой пшеницы: белок по ГОСТ 10846–91; массовой доли клейковины – по ГОСТ 13586.1; стекловидность – по ГОСТ – 10987; масса 1000 зерен – по ГОСТ 10842–89;
- статистическая обработка экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами (Б. А. Доспехов, 1985);
- экономическая эффективность применения систем удобрения и приёмов обработки почвы рассчитывалась по технологическим картам, с использованием действующих нормативных затрат и цен.

Отбор растительных проб и их анализ был приурочен к основным фазам развития озимой пшеницы: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, полная спелость.

Отбор почвенных проб и их анализ проводились в следующие сроки: перед посевом, кущение, выход в трубку, колошение, полная спелость озимой пшеницы.

2.4. Погодные условия в годы проведения исследований

Уровень урожая любой культуры в отдельном году во многом определяется складывающимися погодными условиями. Выше были рассмотрены многолетние климатические условия места проведения опыта. Большой интерес представляют погодные условия в годы проведения исследований. Продуктивность озимой пшеницы, как и любой другой культуры, зависит от погодных условий. Доказан наукой и практикой тот факт, что чем благоприятнее агрометеорологические условия для культуры,

тем выше урожай, и наоборот.

2010–2011 сельскохозяйственный год оказался благоприятным для формирования урожая. За вегетацию озимой пшеницы выпало 580 мм осадков, что меньше среднемноголетнего значения на 7%, влагообеспеченность посевов культуры была хорошая, так как осадки были распределены равномерно (рисунок 1, приложение 1). Средняя температура воздуха за год составила 10,6 °С, что оказалось выше среднемноголетних значений на 1,4 °С (рисунок 2, приложение 2).

Незначительное количество осадков – 5 мм, выпавшее в августе месяце, способствовало затруднению предпосевной подготовки почвы для озимой пшеницы. Однако количество осадков в сентябре (67 мм) позволило сформировать хороший запас влаги в пахотном слое почвы перед посевом озимой пшеницы, проведенным в оптимальные сроки.

В октябре 2010 г. выпало 83 мм осадков, что на фоне повышенной температуры воздуха в это время года способствовало хорошему росту и развитию культуры. Всего в осенний период выпало 169 мм влаги. Это способствовало хорошему увлажнению пахотного горизонта. В конце ноября растения озимой пшеницы прекратили рост, состояние посевов нами отмечалось, как хорошее.

В 2010–2011 сельскохозяйственном году зимний период сопровождался резкими колебаниями температуры. Прекращение ростовых процессов происходило в декабре, что позднее чем обычно, так как среднемесячная температура первого зимнего месяца составила 5,4 °С. Растения ушли в зимний покой в фазе кущения. Среднемесячная температура января –2,9 °С почти соответствовала многолетнему значению. В феврале температура опустилась до –5,7 °С, что ниже многолетней нормы на 2,7 °С. В январе наблюдалось несколько дней с температурой воздуха –20 °С (рисунок 2, приложение 2). Негативного влияния низкой температуры на растения озимой пшеницы удалось избежать благодаря наличию снежного покрова.

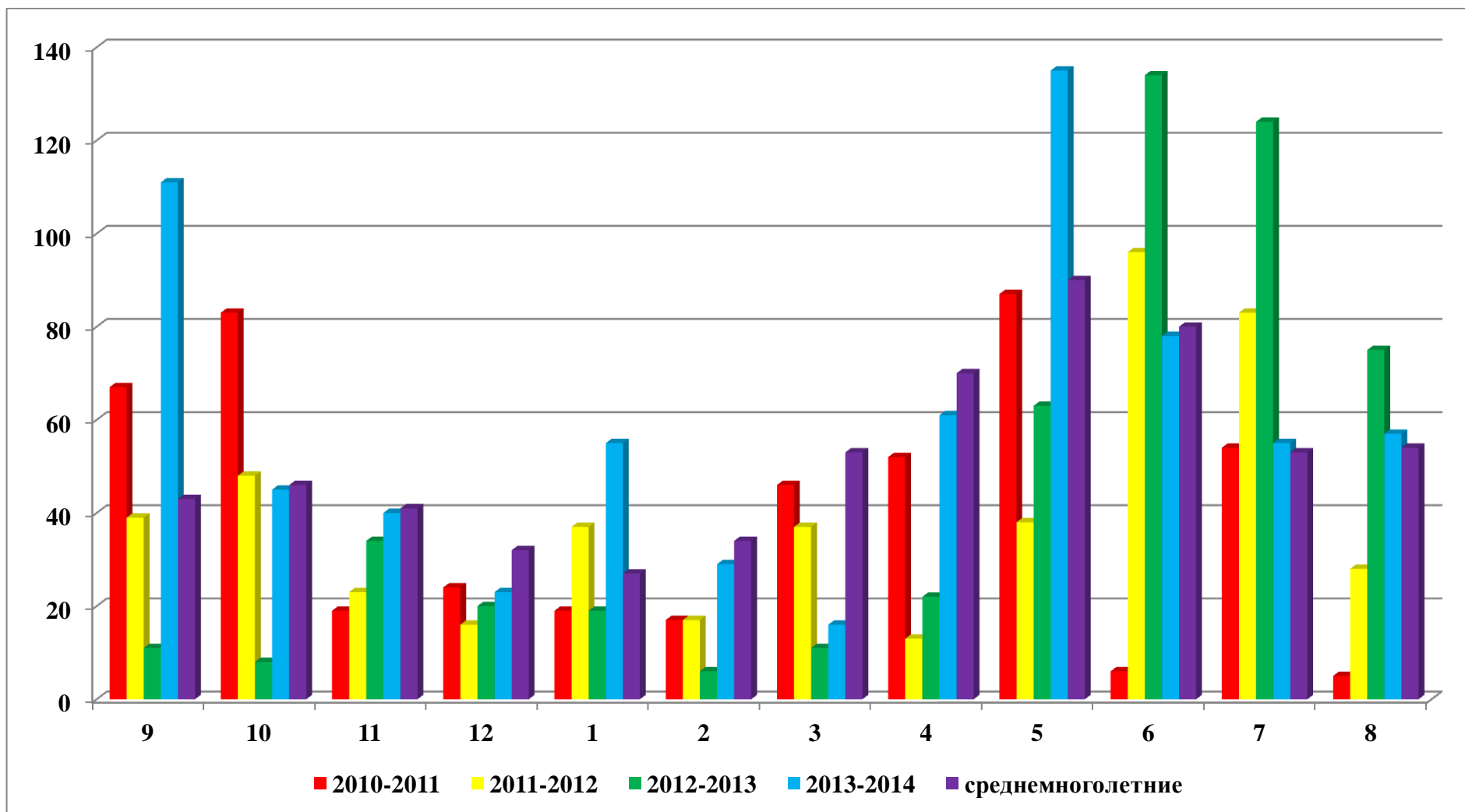


Рисунок 1 – Распределение осадков (мм) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2010–2014 гг.

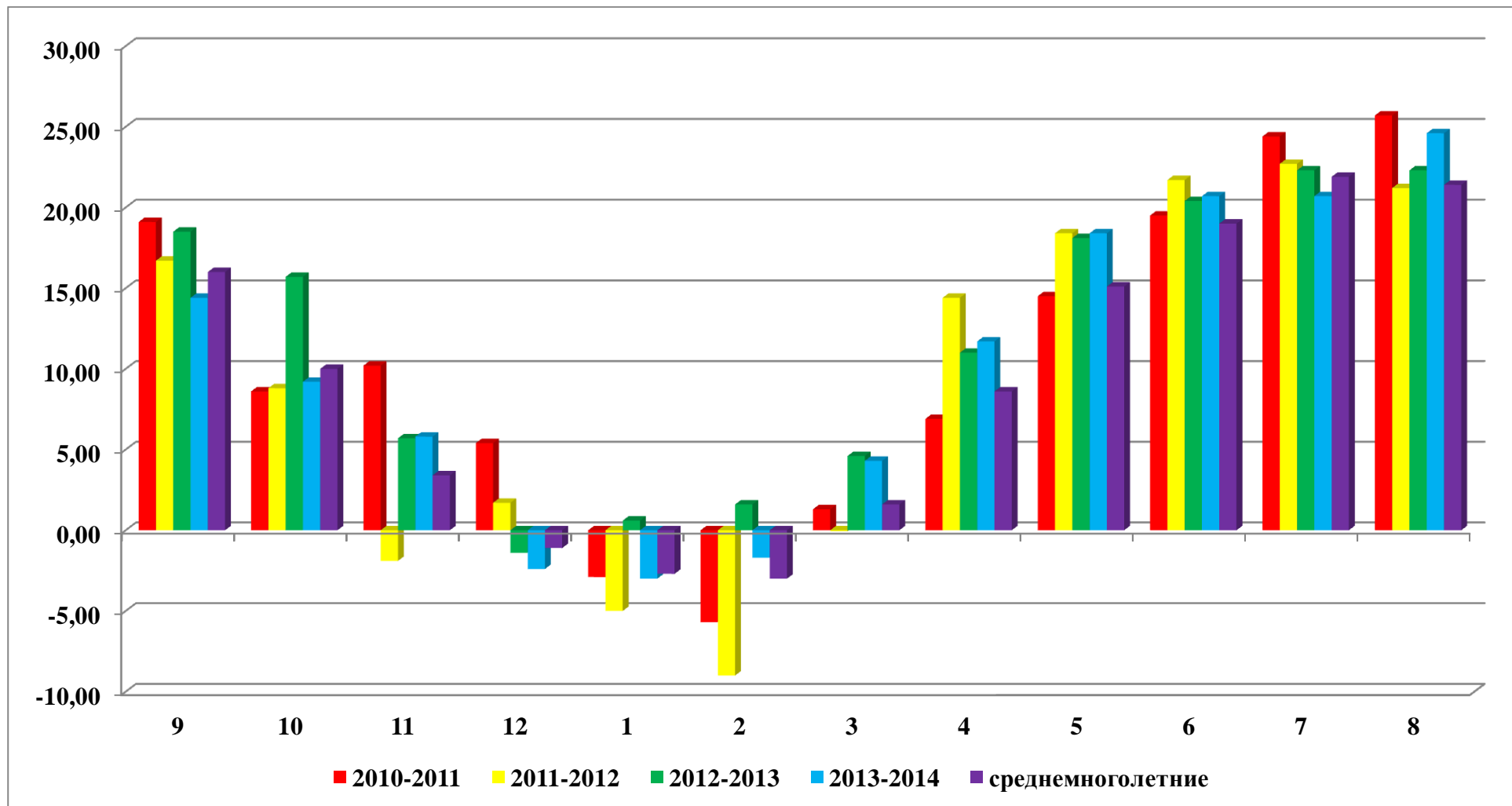


Рисунок2 – Среднемесячная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2010 – 2014 гг.

Опасность небольшого повреждения посевов растений в связи с чередованием низких и повышенных температур была минимальной. Снежный покров был неустойчивым и преимущественно отсутствовал. Осадки выпадали в виде мокрого снега и дождя.

Весеннее возобновление вегетации озимой пшеницы наблюдалось с третьей декады марта, растения хорошо перезимовали, что обусловлено высокой отзывчивостью озимой пшеницы на ранневесеннюю азотную подкормку. Фаза кущения озимой пшеницы продолжалась до конца марта.

В марте среднемесячная температура воздуха незначительно уступала среднемноголетним показателям ($0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), количество осадков составило 46 мм, что ниже нормы на 7 мм. В апреле температура воздуха составила $6,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, что ниже нормы на $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, сумма осадков – 52 мм, что ниже среднемноголетнего значения 18 мм. Среднемесячная температура воздуха в мае была на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже среднемноголетнего значения, а дефицит влаги составил 3 мм. За весенние месяцы выпало 185 мм осадков, что ниже среднемноголетнего значения на 28 мм. Весенний период характеризовался пониженным температурным режимом, и дефицит влаги составил 26%. В апреле периодически отмечались ночные заморозки, в связи с этим растения находились в стрессовом состоянии. По визуальной оценке растения испытывали азотное голодание – наблюдалась задержка роста, они имели бледно-зеленую окраску. Прохладная весна продолжительного характера способствовала замедлению обменных процессов в почве, отмечался существенный дефицит азота в питании озимой пшеницы, в связи с этим растения хорошо отзывались на ранневесеннюю азотную подкормку.

В июне выпало 6 мм осадков, что на 74 мм меньше среднемноголетнего значения. Среднемесячная температура воздуха составила $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ больше среднемноголетнего значения. Первая декада июня была преимущественно прохладной, вторая и третья декада сопровождались повышением температуры и низким количеством выпавших осадков, что способствовало хорошему созреванию зерна высокого качества.

В целом погодные условия 2010–2011 г. благоприятствовали хорошему развитию растений озимой пшеницы и создавали предпосылки для получения характерной для зоны урожайности культуры.

Для формирования урожая культуры 2011–2012 сельскохозяйственный год оказался неблагоприятен, что было связано с неравномерным распределением осадков весной и летом. Общее количество осадков за вегетацию озимой пшеницы составило 475 мм, что на 27% оказалось меньше среднемноголетней нормы. Среднегодовая температура воздуха составила 9,1 °С, что ниже среднемноголетнего значения на 1 °С.

В августе и сентябре выпало 28 и 39 мм осадков, что ниже среднемноголетней нормы соответственно на 26 и 4 мм, и обработка благодаря оптимальной влажности почвы перед посевом культуры прошла успешно, сев проведен в срок. В октябре выпало 48 мм осадков, что на 2 мм больше среднемноголетнего значения, пахотный горизонт почвы сформировал хороший запас влаги, всходы появились быстро, культура развивалась нормально. В третьей декаде ноября растения прекратили рост и подготовились зимовать в фазе кущения. В целом за осенний период выпало 110 мм, что на 20 мм ниже среднемноголетней нормы. Необходимо отметить, что в конце осенней вегетации культуры наблюдалось понижение температуры воздуха по сравнению с многолетней нормой. В ноябре среднемесячная температура составила –1,9 °С. В декабре средняя температура воздуха составила +1,7 °С, что выше среднемноголетнего значения на 2,8 °С. В январе и феврале температура воздуха достигла –5 °С и –9 °С, иногда температура доходила до отметок –20...–35 °С, наличие снежного покрова позволило избежать значительных повреждений посевов озимой пшеницы. Осадки в зимний период выпадали в виде снега, в ранневесенний период в виде дождя и мокрого снега.

В весенний и летний период вегетации озимой пшеницы условия для роста и развития складывались неудовлетворительно. В весенний период сумма осадков составила 88 мм, что ниже среднемноголетней

нормы на 125 мм. Так как в марте еще наблюдалась минусовая температура ($-0,6$ °C), весеннее возобновление вегетации наблюдалось позднее чем обычно. В апреле произошел резкий скачок среднемесячной температуры до $+14,4$ °C, что критически повлияло на набор вегетативной массы и условия развития озимой пшеницы. В мае наблюдался повышенный температурный режим – $18,4$ °C, что на $3,3$ °C больше среднемноголетнего значения, при этом наблюдался дефицит осадков на 52 мм меньше среднемноголетнего значения.

Первая половина июня благоприятствовала хорошему наливу зерна, погода в первой декаде была преимущественно прохладной, на вторую декаду пришлось выпадение большей доли месячной нормы осадков, в третьей декаде июня стояла жаркая погода, температура повышалась до 36 °C. Сумма выпавших за месяц осадков составила 96 мм, что ускорило созревание культуры. В первой декаде июля выпало большое количество осадков, что совпало с периодом уборки урожая озимой пшеницы. Переувлажненность способствовала процессу стекания зерна, содержание клейковины в зерне было низким. Осадки в летний период имели ливневый характер, что совместно с повышенным температурным фоном спровоцировало рост сорной растительности к моменту уборки культуры.

Количество выпавших осадков за вегетацию озимой пшеницы в 2012–2013 сельскохозяйственном году составило 527 мм, что ниже среднемноголетнего значения на 15%. Средняя температура воздуха за год составила $11,6$ °C, что больше среднемноголетнего значения на $2,4$ °C.

В августе выпало 75 мм, что выше среднемноголетнего значения на 21 мм. За осенний период выпало 53 мм осадков, что на 77 мм меньше среднемноголетней нормы. Засушливые условия в сентябре осложнили обработку почвы перед посевом культуры и сам посев. В конце ноября растения озимой пшеницы в фазе кущения прекратили рост и подготовились к перезимовке. Следует отметить, что температура воздуха за осенний период была в сентябре на $2,5$ °C, в октябре на $5,5$ °C, в ноябре на $2,3$ °C

больше среднемноголетнего значения. В декабре наблюдалась минусовая температура $-1,4$ °С, что на $0,3$ °С ниже среднемноголетней нормы. Однако в январе и феврале преобладала положительная температура, и разница по сравнению с нормой составила $2,1$ и $1,4$ °С.

Сумма осадков за зимний период составила 45 мм, что на 48 мм меньше среднемноголетнего значения. Осадки выпадали преимущественно в виде снега. Весенний период для озимой пшеницы тоже складывался не очень благоприятно, сумма осадков составила 96 мм, что меньше среднемноголетней нормы на 117 мм. На фоне дефицита влаги наблюдался повышенный температурный режим, что повлияло на весеннее возобновление вегетации растений. Температура в марте, апреле и мае была выше среднемноголетних показателей на $3,0$; $2,4$ и $3,0$ °С.

В июне температура воздуха была $20,4$ °С, что выше среднемноголетнего значения на $1,4$ °С. Количество осадков в июне оказалось выше нормы на 54 мм, что несомненно способствовало хорошему наливу зерна. В июле температура воздуха составила $22,3$ °С, что выше нормы на $0,4$ °С. Большое количество осадков, выпавших в период уборки, способствовало получению зерна низкого качества.

Сумма выпавших осадков в 2013–2014 с.-х. году составила 705 мм, что больше среднемноголетней нормы на 13% . Распределение влаги в течение роста и развития озимой пшеницы было неравномерным. Высокие температуры способствовали дефициту осадков. Среднегодовая температура была равна $10,2$ °С, что больше среднемноголетних значений на 1 °С.

В августе выпало 57 мм осадков, что на 3 мм больше среднемноголетнего значения, температура воздуха составила $24,6$ °С, что на $3,2$ °С больше нормы. В сентябре выпало 111 мм осадков, что на 68 мм больше среднемноголетней нормы. Это затруднило предпосевную обработку почвы. Количество осадков, выпавшее в октябре, почти соответствующее норме, выровняло ситуацию, посев был проведен в оптимальные сроки. Температура $9,2$ °С способствовала хорошему росту и развитию культуры.

Всего за осенние месяцы выпало 196 мм осадков, что на 66 мм больше среднемноголетнего значения. Это способствовало накоплению влаги в пахотном горизонте.

В третьей декаде ноября растения в фазе кущения подготовились к перезимовке, так как температура воздуха составила 2,7 °С. В декабре среднемесячная температура составила –2,4 °С, что ниже нормы на 1,3 °С. Всего за зимние месяцы выпало 107 мм, преимущественно в виде снега, что на 14 мм выше среднемноголетнего значения. Температура в январе была ниже нормы на 0,3 °С, а в феврале – выше нормы на 1,3 °С.

Возобновление вегетации озимой пшеницы отмечалось в начале марта, растения хорошо перезимовали, что явилось предпосылкой для эффективного применения ранневесенней азотной подкормки. Фаза кущения культуры закончилась в конце марта. Температура в весенний период была выше среднемноголетнего значения на 2,7–3,3 °С, сумма осадков составила 212 мм, что соответствовало норме. Повышенный температурный режим и достаточное количество влаги способствовали благоприятному росту и развитию растений озимой пшеницы.

Количество осадков, выпавших в июне, составило 78 мм, что на 2 мм меньше среднемноголетнего значения, температура воздуха в этом месяце была выше нормы на 1,7 °С. В июле выпало 55 мм осадков, что на 2 мм выше среднемноголетней нормы, температура воздуха на 1,2 °С ниже нормы.

Погодные условия в 2013–2014 сельскохозяйственном году сложились благоприятно для налива и хорошего созревания зерна озимой пшеницы.

Таким образом, 2010–2011 сельскохозяйственный год отличился равномерностью выпадения осадков и повышенным температурным режимом. За вегетацию озимой пшеницы выпало 580 мм осадков, что меньше среднемноголетнего значения на 7%. Средняя температура воздуха за год составила 10,6 °С, что оказалось выше среднемноголетних значений на 1,4 °С. В целом погодные условия 2010–2011 сельскохозяйственного года благоприятствовали получению хорошей урожайности культуры.

Погодные условия для формирования урожая озимой пшеницы в 2011–2012 сельскохозяйственном году сложились неудовлетворительно, так как осадки были распределены неравномерно в течение вегетации культуры. Общее количество осадков за вегетацию озимой пшеницы составило 475 мм, что на 27% оказалось меньше среднегодовой нормы. Среднегодовая температура воздуха составила 9,1 °С, что ниже среднегодового значения на 1 °С.

Условия 2012–2013 сельскохозяйственного года для формирования продуктивности озимой пшеницы складывались не особо благоприятно, этому способствовало неравномерное выпадение осадков и повышенный температурный режим в течение роста и развития изучаемой культуры. В период вегетации озимой пшеницы выпало 527 мм осадков, что ниже среднегодового значения на 15%. Средняя температура воздуха за год составила 11,6 °С, что больше среднегодового значения на 2,4 °С.

Самый высокий урожай озимой пшеницы хорошего качества был получен в 2013–2014 сельскохозяйственном году. Сумма осадков составила 705 мм, что выше среднегодового значения на 13%. Среднегодовая температура была равна 10,2 °С, что больше среднегодовых значений на 1 °С.

2.5. Основные агротехнические приёмы при возделывании озимой пшеницы в опыте

В связи с размещением озимой пшеницы по различным предшественникам обработку почвы дифференцируют с учетом особенностей почвенно-климатической зоны, сложившихся погодных условий. Научно обоснованная обработка почвы под озимую пшеницу составляет неотъемлемую часть комплекса мероприятий, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев.

При подготовке почвы под посев озимой пшеницы важно накопление и сбережение влаги в почве, особенно при размещении по непаровым

предшественникам. В последнем случае период между уборкой предшествующей культуры и посевом озимой пшеницы весьма короткий и с относительно высокими температурами, что затрудняет накопление необходимого количества влаги для получения дружных и полноценных всходов. Дружные и полные всходы пшеницы получают на полях, где ко времени сева в пахотном слое имеется не менее 15–20 мм продуктивной влаги.

При обработке почвы принимают во внимание засоренность полей и видовой состав сорняков, химические и водно-физические свойства почвы, степень ее окультуренности, строение пахотного слоя, сроки уборки предшествующей культуры и другие факторы. Большое значение при выборе способа обработки почвы имеют погодные условия и прежде всего условия увлажнения.

Озимая пшеница требовательна к предшественникам, поскольку они существенно различаются по обеспечению растений влагой; питательными веществами и другими факторами.

Технология выращивания озимой пшеницы после предшественника горох в опыте классическая для третьей почвенно-климатической зоны Ставропольского края и направлена на получение максимальной урожайности.

Варианты с изучаемыми согласно схеме опыта системами удобрений накладывались на варианты с различными способами и приёмами основной обработки почвы: 1 – отвальный способ (ПЛН 5-35), 20-22 см; 2 – комбинированный способ (АКП-6), 20–22 см; 3 – поверхностная обработка (дискатор, БДМ × 4×4), 10–12 см.

Согласно схеме опыта минеральные удобрения вносили под основную обработку. Способы и приёмы основной обработки почвы рассматриваются, как приёмы размещения основного удобрения в связи с орудиями и глубиной обрабатываемого слоя почвы.

Подкормку посевов аммиачной селитрой (N 34,6%) проводили в фазу

кущения пшеницы, согласно схеме опыта удобрения, вносились в дозе 30 и 60 кг д. в. на га.

Основная обработка почвы и внесение удобрений проводились по представленной выше схеме, далее, по мере появления всходов сорной растительности, проводили сплошные культивации культиватором (КТП 9,4) на глубину 8–10 см.

В октябре проводили культивацию с боронованием непосредственно перед посевом на глубину заделки семян КПС-5 + 5БЗСС-1,0. Это необходимо для того, чтобы выровнять поверхность почвы, разрушить почвенную корку, разбить комки и уничтожить сорную растительность. Посев озимой пшеницы проводили в оптимальные сроки – 5 октября. Норма высева всхожих семян 5 млн на 1 га, что соответствует 200–220 кг/га, сев производился сеялкой Rapid 600С на глубину 5–6 см.

В течение вегетации культуры необходимо создать благоприятные условия для роста и развития озимой пшеницы. Эти мероприятия включали в себя подкормку посевов минеральными удобрениями согласно схеме опыта, борьбу с сорной растительностью, болезнями и вредными насекомыми с помощью гербицидов (Прима – 0,4–0,6 л/га, Гранстар 0,01–0,02 г/га), фунгицидов (Фалькон – 0,6 л/га, Тилт – 0,4–0,5 л/га), инсектицидов (Эфория, КС – 0,2 л/га). Защита растений от вредителей, болезней, сорняков является одним из важных резервов в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции (Фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы в осенний период, прогноз и защитные мероприятия в 2015 г.). Уборку урожая при наступлении полной спелости и влажности зерна 12–14% осуществляли однофазную прямым комбайнированием комбайном Sampro-500 во второй декаде июля.

3. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ДИНАМИКУ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

3.1. Динамика продуктивной влаги

Для сельскохозяйственного производства основное значение имеет только та часть почвенной влаги, которая обеспечивает формирование урожая культурных растений, т. е. превышает влажность устойчивого завядания. Поскольку лишь эта влага используется для формирования продуктивности сельскохозяйственных растений, ее называют продуктивной влагой. Оценка условий водоснабжения сельскохозяйственных культур, произрастающих на разных почвах, можно производить только по запасам продуктивной влаги. Продуктивную влагу выражают высотой слоя воды в миллиметрах, что позволяет сопоставлять ее запасы с расходом воды (испарением) и ее приходом (осадками), которые также измеряются в миллиметрах (Куприченков М. Т., 2005).

Влажность является мощным фактором плодородия, без учета и оценки которого нереально получить объективную картину состояния почвы. Количество влаги в почве определяет эффективность удобрений и в свою очередь минеральное питание способствует использованию влаги растениями (Шеуджен А. Х., 2008).

Корневое питание возможно лишь при оптимальной влагообеспеченности. Избыток или недостаток продуктивной влаги в почве нарушает нормальный процесс корневого питания. Недостаток вызывает необходимость увеличения объема, из которого корни извлекают пищу и воду; избыток ухудшает кислородное питание и обменные реакции на поверхности корней. Питание должно строиться так, чтобы развитие надземной массы всегда соответствовало влагообеспеченности (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Запас влаги в почвенном покрове является основным важным фактором в формировании продуктивности основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в зоне неустойчивого увлажнения. Атмосферные осадки в естественных условиях являются основным источником запасов почвенной влаги и обеспечения ею растений.

Влагозапас в почве во многом зависит от агрометеорологических условий. Годы проведения исследований очень сильно различались и по сумме осадков, и по характеру распределения в течение вегетации озимой пшеницы.

В 2013–2014 сельскохозяйственном году запас влаги в почве оказался максимальным во все периоды отбора почвенных образцов, и разница по сравнению с 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 гг. составила: перед посевом – 2,0; 4,5 и 3,0 мм; в фазу кущения – 2,9, 5,7 и 4,0 мм; в фазу выхода в трубку – 3,2; 5,9 и 4,2 мм; в фазу колошения – 1,6; 4,2 и 2,6 мм; в фазу полной спелости – 1,5; 4,3 и 2,9 мм соответственно.

В 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения запас продуктивной влаги варьировался в пределах 24,8–20,5, 22,3–17,7 и 23,8–19,1 мм соответственно (приложение 3).

Изучаемые в опыте способы и приёмы обработки почвы не оказали существенного влияния на запас продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного. Самый высокий показатель 25,5 мм был отмечен на вариантах с применением отвального способа обработки почвы на глубину 20–22 см, что выше комбинированного способа и поверхностного приёма обработки почвы на 1,2 и 2,1 мм соответственно (таблица 3).

Минимальные значения были получены на вариантах опыта с применением поверхностного приёма обработки почвы – 23,4 мм, что ниже отвального на 2,1 мм, а комбинированного на 0,9 мм.

Таблица 3 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 2,1	В, НСР ₉₅ = 0,3
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	27,2	28,2	28,9	25,1	21,1	25,5	25,5
	Рекомендованная	25,9	26,9	27,9	24,9	20,7		24,1
	Биологизированная	26,1	27,1	28,2	25,1	20,9		24,4
	Расчетная	25,8	26,8	27,3	24,3	20,6		23,7
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	26,3	27,4	28,6	24,2	20,5	24,3	
	Рекомендованная	24,1	25,5	27,5	23,1	19,6		
	Биологизированная	24,2	26,2	27,8	23,5	19,8		
	Расчетная	24,1	25,2	26,4	23,2	19,5		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	25,2	26,5	29,5	23,1	20,8	23,4	
	Рекомендованная	21,5	24,6	27,9	22,5	18,3		
	Биологизированная	22,0	25,4	28,3	22,9	18,5		
	Расчетная	22,1	24,3	25,3	21,9	18,1		
С, НСР ₉₅ = 1,2		24,5	26,2	27,8	23,7	19,9		НСР ₉₅ = 3,5

Объяснить наилучшее влияние отвальной обработки на запас влаги в 0–20 см слое почвы можно тем, что это важнейший способ обработки почвы, который проводится для создания в почве наиболее благоприятных условий для роста и развития растений. Основная задача – рыхление пахотного слоя с оборотом пласта и перемешиванием частиц, с полной заделкой дернины, жнивья, других послеуборочных растительных остатков, а также органических и минеральных удобрений. Чем лучше вспахана почва, полнее оборот пласта по всему полю, и качественнее рыхление почвы, тем лучше задерживается влага в почвенном покрове и соответственно создаются отличные условия для роста и развития растения.

Дисперсионный анализ свидетельствует о том, что в течение вегетации озимой пшеницы изучаемые в опыте системы удобрения оказали существенное влияние на запас продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем. Сопоставление средних данных по опыту показало, что все системы удобрения существенно понизили запас продуктивной влаги на 1,1–1,8 мм в сравнении с контрольным вариантом.

Минимальные показатели запаса продуктивной влаги на черноземе выщелоченном в среднем по опыту были получены на вариантах с применением расчетной системы удобрения – 23,7 мм, что ниже контрольного варианта на 1,8 мм, рекомендованной и биологизированной систем удобрения на 0,4 и 0,7 мм соответственно.

Рекомендованная система удобрения способствовала уменьшению запаса продуктивной влаги по сравнению с контролем на 1,4 мм.

Самые высокие показатели запаса продуктивной влаги были отмечены на вариантах с применением биологизированной системы удобрения – 24,4 мм, что ниже контрольного варианта на 1,1 мм, но выше рекомендованной и расчетной систем удобрения на 0,3 и 0,7 мм. Объяснить это можно тем, что при применении биологизированной системы удобрения создаются благоприятные водно-физические условия в почве, в связи с внесением органических удобрений и минимальным использованием минеральных удобрений.

Рассматривая динамику запаса продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы, можно сделать вывод, что в фазу кущения и выхода в трубку количество продуктивной влаги было выше предпосевного периода на 1,7 и 3,3 мм соответственно. Это можно объяснить выпадением обильного количества осадков. Затем происходило снижение количества влаги до минимальных значений к фазе полной спелости. В фазу колошения и полной спелости разница по сравнению с предпосевным периодом составила 0,8 и 4,6 мм соответственно.

Изучаемые системы удобрения в среднем по опыту уменьшали запас продуктивной влаги в 0–20 см слое чернозема выщелоченного по сравнению с контролем. С применением отвального способа обработки почвы системы удобрения несущественно снижали количество продуктивной влаги по сравнению с контрольным вариантом, и разница составила: перед посевом культуры – 1,1–1,4; в фазу кущения – 1,1–1,4; в фазу выхода в трубку – 1,0–1,7; в фазу колошения – 0,2–0,8; в фазу полной спелости – 0,2–0,7 мм.

На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы данные системы удобрения несущественно уменьшали запас продуктивной влаги по сравнению с контролем, и разница составила: перед посевом – 2,1–2,2; в фазу кущения – 1,2–2,2; в фазу выхода в трубку – 0,8–2,2; в фазу колошения – 1,0–1,1; в фазу полной спелости – 0,7–1,0 мм.

На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы перед посевом озимой пшеницы изучаемые системы удобрения существенно снижали запас продуктивной влаги по сравнению с естественным агрохимическим фоном на 3,1–3,7 мм; в фазу кущения культуры несущественно снижали на 1,1–2,2 мм; в фазу выхода в трубку озимой пшеницы расчетная система удобрения существенно снижала количество продуктивной влаги на 4,2 мм, биологизированная и рекомендованная системы удобрения несущественно уменьшали запас продуктивной влаги по сравнению с контролем – на 1,2 и 1,6 мм соответственно; в фазу колошения изучаемые системы удобрения недостоверно снижали запас продуктивной влаги на 0,2–1,2 мм по сравнению с контрольным вариантом; в фазу полной спелости озимой пшеницы расчетная система удобрения существенно снижала запас продуктивной влаги в почве по сравнению с естественным агрохимическим фоном на 2,7 мм, а биологизированная и рекомендованная системы удобрения незначительно снижали количество влаги в почве на 2,3 и 2,5 мм соответственно.

На контрольном варианте при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы максимальное количество влаги в среднем

по опыту отмечалось в фазу выхода в трубку – 28,9; 28,6 и 29,5 мм соответственно, после чего его содержание достоверно снижалось, достигая минимальных значений к фазе полной спелости – 21,1; 20,5 и 20,8 мм. Самые высокие значения продуктивной влаги на вариантах при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы при применении биологизированной системы удобрения были получены в фазу выхода в трубку озимой пшеницы – 28,2; 27,8 и 28,3 мм, в дальнейшем происходило снижение с достижением минимальных показателей – 20,9; 19,8 и 18,5 мм. Объяснить высокий запас продуктивной влаги на вариантах с применением биологизированной системы удобрения в фазу выхода в трубку можно тем, что данная система менее насыщена минеральными удобрениями, чем рекомендованная и расчетная, а именно в этот период выпадало достаточное количество осадков.

Таким образом, изучаемые в опыте способы и приёмы обработки почвы не оказали существенного влияния на содержание продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы. Изучаемые в опыте системы удобрения существенно, на 1,1–1,8 мм снижали содержание продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем. В фазу выхода в трубку озимой пшеницы отмечалось максимальное содержание продуктивной влаги – 27,8 мм, что выше исходного значения на 3,3 мм, затем к фазе полной спелости происходило снижение до 19,9 мм.

3.2. Реакция почвенного раствора

Под реакцией почвенной среды (рН) понимается показатель степени кислотности, нейтрального состояния либо щёлочности почвы. Состояние почвы в рамках этого показателя оказывает существенное влияние на рост и развитие растений. Реакция среды оказывает на растение прямое и косвенное влияние. В последнем случае она влияет не на само растение, а на условия, от которых зависит процесс его жизнедеятельности, и прежде всего доступность растениям тех или иных элементов минерального питания. Корневая система

большинства растений лучше развивается в слабокислой и нейтральной среде (Минеев В. Г., 1980; Муравин Э. А., 2014; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005; Есаулко А. Н., Айсанов Т. С., Фурсова А. Ю. и др., 2012).

Кислотность или щелочность почвенного раствора зависит от соотношения в нем ионов H^+ и OH^- . Изменение рН почвы в результате известкования, когда происходит замена ионов H^+ на Ca^{2+} , изменяет возможности использования растениями ряда элементов минерального питания. Как известно, кальций тормозит поступление ионов водорода в растения, и они при повышенном содержании кальция способны переносить более кислую реакцию среды (Куркаев В. Т., Шеуджен А. Х., 2000).

В кислом растворе преобладают ионы H^+ , поэтому увеличение кислотности раствора улучшает поступление анионов. При подщелачивании раствора усиливается поступление катионов. Так, ион NH_4^+ поступает лучше в растение при нейтральных значениях рН, а ион NO_3^- – при кислой реакции почвенного раствора. Но следует отметить, что в почвенных культурах эта закономерность проявляется не всегда, так как почва является весьма сложной средой, где поступление элементов питания в растение во многом зависит от их формы и подвижности. Реакция среды имеет весьма важное значение при поглощении растениями фосфатов, так как при постепенном подщелачивании происходит видоизменение преобладающей в почве формы фосфатов от одновалентной $H_2PO_4^-$ к двухвалентной HPO_4^{2-} и, наконец, к трехвалентной PO_4^{3-} . Ухудшение роста ряда растений при щелочной реакции среды частично может объясняться снижением в этих условиях необходимого количества доступных соединений фосфора (Муравин Э. А., Ромодина Л. В., Литвинский В. А., 2014).

Деятельность человека ведет к сильному понижению рН (кислотные дожди, чрезмерные нормы азотных удобрений, калийные удобрения). Известно, что калийная соль закисляет почву, ион водорода со свободными ионами хлора образуют раствор HCl . Подобным образом действуют и иные физиологически кислые удобрения (Шеуджен А. Х., 2008).

Существенное влияние на рН среды оказывает физиологическая реакция азотных и других удобрений. Селитры на щелочных почвах способствуют появлению гидролитических щелочных соединений и ухудшают поглощение элементов питания корнями, и наоборот ведут себя соли аммония, за исключением аммиачной селитры; физиологическая кислотность калийных солей выражена слабее, чем аммиачных (Агеев В. В., 1996).

В результате наших исследований было выявлено, что реакция почвенного раствора в некоторой степени зависит от погодных условий. Чем более влажный год, тем более кислее реакция среды. В 2013–2014 сельскохозяйственном году количество выпавших осадков было наивысшим за четырехлетний период исследований, осадки были распределены равномерно в течение вегетации озимой пшеницы.

Реакция почвенной среды чернозема выщелоченного в 0–20 см слое почвы в 2013–2014 году была более подкисленной во все сроки отбора почвенных образцов, чем в другие периоды исследования, и разница по сравнению с 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 с.-х. гг. составила: перед посевом – 0,17; 0,37 и 0,46 ед.; в фазу кущения – 0,20; 0,40 и 0,49 ед.; в фазу выхода в трубку – 0,13; 0,33 и 0,45 ед.; в фазу колошения – 0,19; 0,41 и 0,44 ед.; в фазу полной спелости – 0,18; 0,37 и 0,47 ед. соответственно.

В 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения реакция почвенного раствора варьировалась в пределах 5,79–6,03, 6,03–6,23 и 5,87–6,22 ед. соответственно (приложение 4).

Рассматривая способы и приём обработки почвы, изучаемые в данном опыте, мы приходим к выводу, что они оказали несущественное влияние на рН почвы. В среднем по опыту на вариантах с применением отвального способа обработки почвы в посевах озимой пшеницы рН почвенного раствора составила 6,01 ед., что выше значений на вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы и поверхностного приема

обработки почвы на 0,03–0,05 ед. Происходило несущественное подкисление на вариантах с применением комбинированного способа и поверхностного приёма обработки почвы. Объяснить это можно тем, глубокая обработка почвы может изменить рН верхнего слоя почвы на 1,5 ед. В агрономии есть очень важный приём, понижающий рН, – это отказ от частой обработки почвы, так как она приводит к частичному вымыванию многих элементов (в т. ч. кальция), потому что большая часть удобрений локализуется в поверхностном слое почвы.

Рассматривая влияние систем удобрения в среднем по опыту на реакцию почвенного раствора, можно сделать вывод, что рекомендованная и расчетная системы удобрения способствовали существенному подкислению почвенного раствора, и разница по сравнению с контрольным вариантом составила 0,12–0,18 ед. Биологизированная система удобрения в посевах озимой пшеницы способствовала стабилизации показателей рН почвенного раствора во время вегетации культуры. Значение рН на вариантах с применением данной системы удобрения составило 6,14 ед., разница по сравнению с контролем составила 0,11 ед. Изменение рН почвенного раствора в связи с применением систем удобрения сопряжено с насыщенностью их органическими и минеральными удобрениями. Рекомендованная и расчетная системы удобрения содержат в себе большое количество физиологически кислых минеральных удобрений, что способствует подкислению рН чернозема выщелоченного. В состав биологизированной системы удобрения входят органические удобрения, в том числе навоз. При длительном применении этой системы удобрения в ППК вводится значительное количество ионов Ca^{2+} , способствующее повышению содержания гумуса, что, в свою очередь, увеличивает буферность почвы и препятствует значительным колебаниям уровня рН.

Если рассматривать средние по опыту данные динамики рН в период вегетации озимой пшеницы, то можно сделать вывод об устойчивом снижении данного показателя от посева до колошения изучаемой культуры

на 0,09–0,26 ед. и резком увеличении к фазе полной спелости до 6,01 ед. (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 0,07	В, НСР ₉₅ = 0,06
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	6,15	6,05	6,03	5,95	6,13	6,01	6,03
	Рекомендованная	6,10	5,99	5,90	5,81	5,95		5,91
	Биологизированная	6,15	6,14	6,11	6,02	6,14		6,14
	Расчетная	6,07	5,99	5,87	5,71	5,90		5,85
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	6,10	6,05	5,95	5,91	6,09	5,98	
	Рекомендованная	6,07	5,95	5,85	5,78	5,90		
	Биологизированная	6,17	6,16	6,11	6,09	6,15		
	Расчетная	6,05	5,89	5,79	5,70	5,89		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	6,15	6,06	5,85	5,84	6,13	5,96	
	Рекомендованная	6,06	5,93	5,81	5,75	5,88		
	Биологизированная	6,25	6,23	6,15	6,02	6,23		
	Расчетная	6,01	5,85	5,75	5,66	5,68		
С, НСР ₉₅ = 0,08		6,11	6,02	5,93	5,85	6,01		НСР ₉₅ = 0,21

Подкисление рН почвенной среды в течение вегетации озимой пшеницы можно объяснить тем, что активный рост растения увеличивает биомассу, что способствовало интенсивному выделению продуктов жизнедеятельности в почву и максимальному поглощению элементов питания из почвенного раствора.

На контроле при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы максимальные значения рН отмечались перед посевом озимой пшеницы – 6,15; 6,10 и 6,15 ед. соответственно, после

чего реакция почвенной среды значительно снижалась, достигая минимальных величин к фазе колошения озимой пшеницы – 5,95; 5,91 и 5,84 ед. Если рассматривать применяемые в опыте системы удобрения, то можно сделать вывод, что максимальные показатели реакции почвенной среды были отмечены на вариантах при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы при применении биологизированной системы удобрения перед посевом озимой пшеницы – 6,15; 6,17 и 6,25 ед. В дальнейшем происходило снижение с достижением минимальных величин в фазу колошения озимой пшеницы – 6,02; 6,09 и 6,02 ед. По группировке почв по реакции почвенной среды (определено в солевой вытяжке потенциометрически) эти значения относятся к нейтральной реакции среды.

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что в среднем по опыту обработки почвы не оказали существенного влияния на рН почвы. Рекомендованная и расчетная система удобрения способствовали существенному подкислению почвенного раствора 0–20 см слоя почвы в период максимального потребления элементов питания озимой пшеницы на 0,12–0,18 ед. по сравнению с контролем. Биологизированная система удобрения способствовала поддержанию нейтральной реакции почвенного раствора – 6,14 ед., разница по сравнению с контролем составила 0,11 ед. В период вегетации озимой пшеницы наблюдалось устойчивое снижение реакции почвенного раствора на 0,09–0,26 ед., и резкое увеличение к фазе полной спелости до 6,01 ед.

3.3. Минеральный азот

Значимость азота для растений заключается в его участии в белковом обмене, углеводном обмене, фотосинтезе, энергетическом обмене, передаче наследственных свойств организма, поскольку через нуклеиновые кислоты воспроизводится синтез белковых молекул у потомства. Амфотерные свойства белков, поскольку аминокислоты одновременно содержат и основную группу (NH_2), и кислотную (COOH), оказывают существенное

влияние на поглотительную деятельность корней. Азот содержится в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах, ферментах и многих органических веществах растительных клеток (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Главными источниками для растений являются нитратный (NO_3^-) и аммиачный (NH_4^+) азот. Известная часть растений способна поглощать молекулярный азот (N_2), нитритную форму (NO_2^-), аминокформу (NH_2) и азот, входящий в состав многочисленных органических соединений после их минерализации. Азот из одной формы достаточно легко переходит в любую другую из вышеназванных. Наиболее спорным оказался вопрос об отношении растений к аммиачной и нитратной формам азота (Минеев В. Г., Ивлев М. М., Анкист Д. М., 1980; Агеев В. В., 1996; Шафран С. А., Сычев В. Г., Кондрашов А. П., 2013; Сычев В. Г., Шафран С. А., 2013).

Содержание минерального азота в почве весьма изменчиво. Причиной его лабильности является целый ряд факторов: микробиологические процессы, гранулометрический состав, физико-химические свойства почвы, погодные условия в период вегетации, а также вид выращиваемой культуры. Минеральный азот в почве принято определять несколько раз за период вегетации растений (в динамике), что позволяет рассчитать или скорректировать дозы и сроки внесения азотных удобрений, проведение ранневесенних подкормок (Гамзиков Г. П., 2013).

Содержание минерального азота в почве во многом зависит от погодных условий. Чем больше осадков выпало в год исследований, тем выше содержание минерального азота в почве.

В 2013–2014 сельскохозяйственном году содержание минерального азота во все сроки отбора почвенных образцов оказалось наивысшим, и разница по сравнению 2010–2011, 2011–2012 и 2012–2013 гг. составила: перед посевом – 0,5; 0,3; 0,8 мг/кг; в фазу кущения – 0,3; 0,6; 0,7 мг/кг; в фазу выхода в трубку – 0,3; 0,5; 0,8, в фазу колошения – 0,3; 0,2; 0,4 мг/кг, в фазу полной спелости – 0,1; 0,8; 1,1 мг/кг соответственно.

В 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 сельскохозяйственных годах в

зависимости от срока наблюдения содержание минерального азота варьировалось в пределах 17,9–28,6, 18,0–28,3 и 17,7–28,2 мг/кг соответственно (приложение 5).

Если сравнивать между собой способы и приёмы обработки почвы, то можно сделать вывод, что самым благоприятным оказался отвальный способ. Значения содержания минерального азота на вариантах с применением этого способа обработки оказались выше комбинированного способа и поверхностного приёма обработки на 2,6 и 4,8 мг/кг почвы (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 1,1	В, НСР ₉₅ = 1,2
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	23,3	26,2	22,8	21,0	17,4	24,9	18,7
	Рекомендованная	27,5	28,9	26,9	25,7	19,6		22,9
	Биологизированная	23,5	25,0	24,8	23,9	18,8		20,9
	Расчетная	29,6	31,9	30,9	29,5	22,5		27,1
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	18,1	20,1	17,9	16,5	14,4	22,3	
	Рекомендованная	25,4	25,9	25,1	22,0	17,3		
	Биологизированная	22,2	22,6	21,9	21,1	16,1		
	Расчетная	29,2	31,2	30,1	26,1	22,1		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	17,6	18,8	16,5	15,9	13,4	20,1	
	Рекомендованная	21,1	22,3	21,9	20,5	15,1		
	Биологизированная	20,1	20,9	19,4	19,3	14,5		
	Расчетная	25,2	29,9	25,1	23,3	20,2		
С, НСР ₉₅ =1,2		23,6	25,3	23,6	22,1	17,6		НСР ₉₅ = 3,6

На наш взгляд, это связано с физико-химическими свойствами чернозема выщелоченного, воздушным режимом, распределением удобрений

в обрабатываемом слое почвы. Минимальные значения минерального азота были получены при применении поверхностного приёма обработки почвы – 20,1 мг/кг, что ниже показателей отвального и комбинированного способа обработки почвы на 2,2–4,8 мг/кг.

Все системы удобрения существенно увеличивали концентрацию минерального азота в чернозёме выщелоченном на 2,2–8,4 мг/кг по сравнению с контролем.

При применении расчетной системы удобрения в среднем по опыту было получено максимальное значение содержания минерального азота 27,1 мг/кг в почве в посевах озимой пшеницы, что существенно выше показателей естественного агрохимического фона на 8,4 мг/кг почвы, рекомендованной и биологизированной систем удобрения на 4,2 и 6,2 мг/кг почвы соответственно. Минимальные показатели содержания элемента были отмечены на вариантах с применением биологизированной системы удобрения 20,9 мг/кг почвы, что существенно выше контроля – на 2,2 мг/кг, но ниже рекомендованной и расчетной системы удобрения на 2,0 и 6,2 мг/кг почвы соответственно.

В результате проведенных исследований мы пришли к выводу, что в посевах озимой пшеницы максимальное содержание минерального азота в почве за период вегетации культуры было выявлено в фазу кущения – 25,3 мг/кг почвы, этот показатель выше значений в другие фазы развития на 1,7–7,7 мг/кг почвы. Затем происходило постепенное снижение с достижением минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы – 17,6 мг/кг почвы. Это связано с оптимальными условиями увлажнения, температурным режимом, особенностями питания растений озимой пшеницы и принципами построения систем удобрений после предшественника горох. С увеличением биомассы растений увеличивается потребление азота, поэтому его содержание в почве с развитием растений снижается.

С применением отвального способа обработки почвы разница в содержании минерального азота по сравнению с контрольным вариантом и

изучаемыми системами удобрения составила: перед посевом культуры – 0,2–6,3; в фазу кущения – 2,7–5,7; в фазу выхода в трубку – 2,0–8,1; в фазу колошения – 2,9–8,5; в фазу полной спелости – 1,4–3,7 мг/кг. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контролем и системами удобрения составила: перед посевом – 4,1–11,1; в фазу кущения – 2,5–11,31; в фазу выхода в трубку – 4,0–12,2; в фазу колошения – 4,1–5,5; в фазу полной спелости – 1,7–7,7 мг/кг. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном и изучаемыми системами удобрения составила: перед посевом – 2,5–7,6; в фазу кущения – 2,1–11,1; в фазу выхода в трубку – 2,9–8,6; в фазу колошения – 3,4–7,4; в фазу полной спелости – 1,1–6,8 мг/кг.

На контроле при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы максимальные значения минерального азота отмечались в фазу кущения озимой пшеницы – 26,2; 20,1 и 18,8 мг/кг почвы соответственно, после чего содержание минерального азота в почве значительно снижалось, достигая минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы – 17,4; 14,4 и 13,4 мг/кг почвы. Максимальные показатели концентрации минерального азота были отмечены на вариантах при отвальном, комбинированном способах и поверхностной обработке почвы при применении расчетной системы удобрения в фазу кущения озимой пшеницы – 31,9; 31,2 и 29,9 мг/кг почвы. В дальнейшем происходило снижение с достижением минимальных величин в фазу полной спелости озимой пшеницы – 22,5; 22,1 и 20,2 мг/кг почвы.

Таким образом, на вариантах с применением отвального способа обработки почвы содержание минерального азота составило 24,9 мг/кг почвы, что выше комбинированного и поверхностного способа обработки почвы на 2,6 и 4,8 мг/кг почвы. Системы удобрения существенно увеличивали концентрацию минерального азота по сравнению с естественным агрохимическим фоном на 2,2–8,4 мг/кг. В фазу кущения

озимой пшеницы содержание минерального азота составило 25,3 мг/кг, затем наблюдалось снижение к фазе полной спелости.

3.4. Подвижный фосфор

Главным источником фосфора для растений в природе являются одно- и двухвалентные ионы ортофосфорной кислоты (H_2PO_4^-); трехвалентный анион (PO_4^-) появляется в сильно щелочной среде, когда культурные растения не развиваются или даже погибают (Шеуджен А. Х., 2008).

Фосфор принимает участие в передаче наследственных свойств, росте и размножении растений через нуклеиновые кислоты, являющиеся важной составной частью нуклеопротеидов. Эти кислоты имеют и самостоятельное значение в жизни всех организмов. Фосфор также играет важную роль в фотосинтезе через фосфорилирование в биосинтезе сложных углеводов – сахарозы, крахмала, ди- и полисахаридов. В процессе фосфорилирования образуются нестойкие, богатые энергией вещества, обеспечивающие течение многих окислительных процессов, в том числе дыхание (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Содержание фосфора в почве определяется минералогическим составом почвообразующих материнских пород, составом вносимых удобрений. На количество фосфатов в почве существенное влияние оказывают: влажность почвы, ее температурный режим. Резкие колебания содержания влаги в пахотном слое почвы могут привести к увеличению содержания труднорастворимых форм, а оптимальные условия увлажнения способствуют увеличению подвижных форм фосфора в почве (Никитенко Г. Ф., 1978).

На содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозема выщелоченного погодные условия оказывают определяющее влияние.

В 2013-2014 сельскохозяйственном году было отмечено максимальное содержание в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного, и разница по сравнению с 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 с.-х. гг. составила: перед

посевом озимой пшеницы – 0,3; 0,6 и 0,7 мг/кг; в фазу кущения культуры – 0,2–0,4 мг/кг; в фазу выхода в трубку – 1,1; 0,6; 0,7 мг/кг; в фазу колошения – 0,7; 0,4; 0,7 мг/кг; в фазу полной спелости – 0,4; 0,8 и 0,6 мг/кг соответственно, разница оказалась незначительной.

В 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения содержание подвижного фосфора варьировалось в пределах 17,0–26,7, 16,6–26,4 и 16,7–26,3 мг/кг соответственно (приложение б).

Максимальный показатель содержания изучаемого элемента, 22,2 мг/кг, почвы был отмечен на вариантах с применением отвального способа обработки почвы, что несущественно выше показателей подвижного фосфора на вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы, на 0,7 мг/кг почвы, и существенно превысило значения изучаемого элемента на вариантах с поверхностной обработкой почвы, на 1,7 мг/кг почвы.

Все изучаемые в опыте системы удобрения в среднем по опыту существенно увеличивали содержание подвижного фосфора, на 2,2–9,7 мг/кг почвы, по сравнению с контролем в 0–20 см слое почвы. Максимальный показатель содержания подвижного фосфора, 26,9 мг/кг почвы, был отмечен на вариантах с применением расчетной системы удобрения, что существенно выше значений не только контрольного варианта, но и показателей на биологизированной и рекомендованной системах удобрения, на 9,7; 7,5 и 4,9 мг/кг. Самые низкие показатели подвижного фосфора в посевах озимой пшеницы выявлены при применении биологизированной системы удобрения – 19,4 мг/кг, что выше контроля на 2,2 мг/кг и ниже значений рекомендованной системы на 2,6 мг/кг, расчетной на 7,5 мг/кг.

Анализ средних данных по опыту позволил нам установить, что максимальное содержание подвижного фосфора, 25,3 мг/кг почвы, на вариантах с применением всех систем удобрения отмечалось перед посевом культуры, далее происходило достоверное снижение с достижением

минимальных величин в фазу полной спелости озимой пшеницы – 17,0 мг/кг почвы (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 0,8	В, НСР ₉₅ = 1,4
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	22,7	19,9	16,2	14,4	13,5	22,2	17,2
	Рекомендованная	28,3	25,8	23,5	19,7	18,2		22,0
	Биологизированная	24,8	21,7	19,8	18,4	16,9		19,4
	Расчетная	32,8	31,1	28,4	25,1	23,2		26,9
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	22,1	19,9	16,0	14,8	14,1	21,5	
	Рекомендованная	27,4	25,7	21,2	19,0	16,2		
	Биологизированная	23,2	21,7	20,1	18,1	15,5		
	Расчетная	31,1	30,2	27,1	24,1	22,1		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	21,8	19,1	15,5	13,9	13,9	20,5	
	Рекомендованная	26,3	25,1	20,1	18,5	15,5		
	Биологизированная	22,1	20,1	18,5	17,3	13,5		
	Расчетная	30,1	28,1	26,1	24,1	21,3		
С, НСР ₉₅ = 1,2		25,3	24,0	21,0	18,9	17,0		НСР ₉₅ = 3,5

Все изучаемые в опыте системы удобрения существенно увеличивали содержание подвижного фосфора, на 2,2–9,7 мг/кг почвы, по сравнению с контролем в 0–20 см слое почвы. Максимальный показатель содержания подвижного фосфора, 26,9 мг/кг почвы, был отмечен на вариантах с применением расчетной системы удобрения, что существенно выше значений на контрольном варианте, биологизированной и рекомендованной системах удобрения, на 9,7, 7,5 и 4,9 мг/кг почвы. Самые низкие показатели подвижного фосфора в посевах озимой пшеницы выявлены при применении биологизированной системы удобрения, 19,4 мг/кг, что существенно выше

контроля на 2,2 мг/кг и значительно ниже показателей содержания элемента на вариантах с применением рекомендованной системы, на 2,6 мг/кг, расчетной на 7,5 мг/кг.

С применением отвального способа обработки почвы разница в содержании подвижного фосфора по сравнению с контрольным вариантом и изучаемыми системами удобрения составила: перед посевом культуры – 2,1–5,6; в фазу кущения – 1,8–11,2; в фазу выхода в трубку – 3,6–8,6; в фазу колошения – 4,0–10,7; в фазу полной спелости – 3,4–9,7 мг/кг. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контролем и системами удобрения составила: перед посевом – 1,1–5,3; в фазу кущения – 1,8–10,3; в фазу выхода в трубку – 4,1–11,2; в фазу колошения – 3,3–9,3; в фазу полной спелости – 1,4–8,0 мг/кг. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном и изучаемыми системами удобрения составила: перед посевом – 0,3–8,3; в фазу кущения – 1,0–9,0; в фазу выхода в трубку – 3,0–10,6; в фазу колошения – 3,4–10,2; в фазу полной спелости – 1,6–7,4 мг/кг.

На контроле при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы максимальные значения подвижного фосфора отмечались перед посевом озимой пшеницы – 22,7; 22,1 и 21,8 мг/кг почвы соответственно, после чего концентрация значительно снижалась, достигая минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы – 13,5; 14,1 и 13,9 мг/кг почвы. Если рассматривать применяемые в опыте системы удобрения, то можно сделать вывод, что максимальные значения подвижного фосфора обнаружены на вариантах при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы при применении расчетной системы удобрения перед посевом озимой пшеницы – 32,8; 31,1 и 30,1 мг/кг почвы. В дальнейшем происходило достоверное снижение с достижением минимальных значений в фазу полной спелости озимой пшеницы – 23,2; 22,1 и 21,3 мг/кг почвы.

Таким образом, на вариантах с применением отвального способа обработки почвы в среднем по опыту было отмечено максимальное содержание подвижного фосфора – 22,2 мг/кг, что оказалось несущественно выше показателей содержания элемента на вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы, на 0,7 мг/кг почвы и существенно превысило значения содержания подвижного фосфора на вариантах с поверхностной обработкой почвы, на 1,7 мг/кг почвы. Изучаемые системы удобрения достоверно увеличивали содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы на 2,2–9,7 мг/кг почвы по сравнению с контролем. На протяжении вегетации озимой пшеницы содержание подвижного фосфора на всех вариантах опыта неуклонно снижалось с достижением минимальных величин в фазу полной спелости.

3.5. Обменный калий

Калий является одним из основных наряду с азотом и фосфором необходимых элементов минерального питания. В отличие от азота и фосфора он не входит в состав органических соединений в растении, а находится в клетках растения в ионной форме в виде растворимых солей в клеточном соке и частично в виде непрочных адсорбционных комплексов с коллоидами цитоплазмы (Аюпов З., 2012).

Интенсивное накопление углеводов в растениях при достаточном калийном питании повышает качество урожая. Одновременно с улучшением качества продукции растениеводства повышается устойчивость растений к слабым заморозкам, что наблюдается на озимых культурах в случае возвратных заморозков весной. Это происходит вследствие повышения осмотического давления клеточного сока, понижения температуры его замерзания (Артюшин А. М., 1991).

У зерновых культур калия содержится больше в соломе, чем в зерне. Поэтому при более полном использовании растительных отходов в корм и на подстилку скоту большая часть калия с навозом снова возвращается в почву.

Рациональное использование навоза имеет очень большое значение в обеспечении растений калием. Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, особенно потребляющих большое количество калия, наряду с азотными и фосфорными удобрениями важная роль принадлежит минеральным калийным удобрениям (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Содержание калия в почве может сильно изменяться, это зависит от состава минералов, почвообразующих процессов, гранулометрического состава и погодных условий. В 2013–2014 сельскохозяйственном году содержание обменного калия в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного было максимальным во все периоды отбора почвенных образцов, и разница по сравнению с 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 гг. составила: перед посевом озимой пшеницы – 32, 64 и 77 мг/кг, в фазу кущения культуры – 35, 67 и 78 мг/кг, в фазу выхода в трубку – 33, 64, 77 мг/кг, в фазу колошения – 28, 60, 76 мг/кг, в фазу полной спелости – 28, 65 и 74 мг/кг соответственно. Это вызвано благоприятными погодными условиями.

В 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения содержание обменного калия варьировалось в пределах 232–268, 184–236 и 199–260 мг/кг соответственно (приложение 7).

На вариантах с применением отвального способа обработки почвы было отмечено максимальное содержание обменного калия, 243 мг/кг почвы, что несущественно выше показателей на вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы, на 6 мг/кг, и существенно выше значений на вариантах с применением приема поверхностной обработки почвы, на 8 мг/кг. Минимальные показатели содержания элемента в посевах озимой пшеницы наблюдались при применении такого приема обработки почвы, как поверхностная – 235 мг/кг (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 7,2	В, НСР ₉₅ = 14,3
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	245	244	230	200	212	243	223
	Рекомендованная	260	259	235	228	230		236
	Биологизированная	267	265	242	231	239		246
	Расчетная	271	270	250	239	247		249
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	243	242	225	196	205	237	
	Рекомендованная	245	244	232	225	229		
	Биологизированная	260	259	232	232	242		
	Расчетная	260	259	240	235	243		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	240	239	220	194	203	235	
	Рекомендованная	241	240	229	220	228		
	Биологизированная	255	254	231	236	241		
	Расчетная	255	254	239	230	241		
С, НСР ₉₅ = 14,2		254	252	234	222	230		НСР ₉₅ = 34,8

Все системы удобрения в среднем по опыту увеличивали содержание обменного калия в почве по сравнению с контролем на 13–26 мг/кг почвы, и, на наш взгляд, это связано с применением органических удобрений в системе удобрений севооборота. Максимальные показатели были отмечены в среднем по опыту на вариантах с применением расчетной системы удобрения – 249 мг/кг почвы, что существенно выше контрольного варианта, на 26 мг/кг почвы, и разница по сравнению с рекомендованной системой удобрения составила 13 мг/кг почвы. Содержание обменного калия на биологизированной системе удобрения составило 246 мг/кг почвы, что существенно выше естественного агрохимического фона, на 23 мг/кг, несущественно выше, на 10 мг/кг, рекомендованной и несущественно ниже

расчетной системы удобрения, на 3 мг/кг почвы. Минимальные значения элемента были обнаружены на вариантах с применением рекомендованной системы удобрения – 236 мг/кг, что несущественно выше естественного агрохимического фона на, 13 мг/кг почвы, и несущественно ниже расчетной и биологизированной систем удобрения, на 13 и 10 мг/кг почвы.

Максимальное содержание элемента было отмечено перед посевом культуры (254 мг/кг), затем наблюдается постепенное снижение, и к фазе колошения озимой пшеницы содержание элемента достигло минимальных значений (222 мг/кг). В фазу полной спелости зерна озимой пшеницы под влиянием различных факторов содержание калия в почве несущественно увеличилось по сравнению со значениями содержания элемента в фазу колошения озимой пшеницы, на 8 мг/кг почвы, и составило 230 мг/кг.

Все изучаемые в опыте системы удобрения в среднем по опыту увеличивали содержание обменного калия по сравнению с контролем в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного в посевах озимой пшеницы. С применением отвального способа обработки почвы разница по сравнению с контрольным вариантом составляла: перед посевом культуры – 15–26; в фазу кущения – 15–26; в фазу выхода в трубку – 5–20; в фазу колошения – 28–39; в фазу полной спелости – 18–35 мг/кг. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контролем составила: перед посевом – 3–17; в фазу кущения – 2–17; в фазу выхода в трубку – 7–8; в фазу колошения – 29–39; в фазу полной спелости – 38–44 мг/кг. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила: перед посевом – 1–15; в фазу кущения – 1–15; в фазу выхода в трубку – 9–19; в фазу колошения – 6–36; в фазу полной спелости – 25–28 мг/кг.

На контроле при отвальном, комбинированном способе и поверхностной обработке почвы максимальные значения обменного калия отмечались перед посевом озимой пшеницы – 245, 243 и 240 мг/кг почвы

соответственно, после чего концентрация значительно снижалась, достигая минимальных величин к фазе колошения озимой пшеницы – 200, 196 и 194 мг/кг почвы. Самые высокие значения обменного калия были отмечены на вариантах при применении отвального, комбинированного способа и поверхностной обработки почвы на расчетной системе удобрения перед посевом озимой пшеницы – 271, 260 и 255 мг/кг почвы. В дальнейшем происходило снижение с достижением минимальных значений в фазу колошения озимой пшеницы – 239, 235 и 230 мг/кг почвы.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать выводы, что комбинированный способ и поверхностная обработка почвы снижали относительно отвального способа содержание обменного калия в среднем за вегетацию на 6–8 мг/кг почвы. Изучаемые в опыте системы удобрения увеличивали содержание обменного калия в почве по сравнению с контролем на 13–26 мг/кг. Перед посевом озимой пшеницы в среднем по опыту содержание обменного калия составило 254 мг/кг, к фазе колошения содержание изучаемого элемента снизилось до 222 мг/кг, затем к фазе полной спелости произошло повышение содержания элемента до 230 мг/кг.

3.6. Подвижная сера

Сера – жизненно важный элемент для растений. S способствует лучшему использованию растениями N и P, повышает устойчивость растений к засухе и болезням. При дефиците серы они перестают синтезировать белки. Таким образом, питательная ценность культуры снижается (Шеуджен А. X., Слюсарев В. Н., Бондарева Т. Н. и др., 2014).

Наличие серы в составе растений было установлено Либихом в 1859 г. Ее значение как элемента, необходимого растениям, стало очевидным после разработки Саксом и Кнопом в 1860 г. метода выращивания растений на солевых растворах. Она поглощается растением из почвы в виде ее высшего окисла – сульфата-аниона, источником которого служат различные соли

серной кислоты (Церлинг В. В., Ерофеев А. А., 1972; Слюсарев В. Н., 2007; Фурсова А. Ю., Есаулко А. Н., Радченко В. И. и др., 2013).

Роль серы в питании растений трудно переоценить, исходя хотя бы из того, что она очень широко распространена во всех органах растений и многочисленных соединениях, содержащихся в них. Кроме участия в синтезе белков, аминокислот (цистеин, цистин, метионин) и родственных им соединений, а также витаминов – тиамин, биотин, содержащих серу в кольце молекулы, ферментов, растительных масел, она причастна к энергетическому обмену (Смирнов П. М., Муравин Э. А., 1977; Агеев В. В., 1996; 2005).

Сера нужна растениям не меньше, чем фосфор или калий. Однако до сегодняшнего дня ей как элементу минерального питания не придавалось особого значения. Считалось, что достаточное количество серы поступает в почву с осадками и такими удобрениями, как простой суперфосфат, сульфаты аммония, калия и др. В то же время большой вынос этого элемента с урожаями сельскохозяйственных культур, изменение ассортимента применяемых удобрений (увеличение использования концентрированных удобрений) привели в последние годы к его дефициту в некоторых почвах (Тонконоженко Е. В., 1985; Лукин С. В., Меленцова С. В., Авраменко П. М., 2006; Аристархов А. Н., 2007; Самотоенко А. С., 2011).

Сера в почве, как и любой другой элемент, находится в доступной и недоступной для растений форме. Доступная сера входит в состав легкорастворимых сульфатов и называется «подвижной серой». Недоступная сера находится в виде труднорастворимых в воде соединений (CaSO_4) или в свободном виде, т. е. элементарная сера (Панасин В. И., Слобожанинова В. Д., Лопатина Н. В., 1999; Агеев В. В., 1996; 2005).

Сера в почве представлена в форме органических, минеральных соединений, в почвенном растворе и адсорбированной глинистыми минералами, окислами алюминия и железа. Наиболее важно для плодородия почв содержание подвижных форм серы (Симбирёв Н.Ф., Болвачев В. А., Перепелицын А. Н. и др., 2003).

Основными причинами повышения дефицита серы является снижение содержания сернистого газа в атмосфере, замена минеральных удобрений на концентрированные без серы туки, снижение объемов применения органических соединений, повышение урожайности культур и увеличение выноса с ней серы (Слюсарев В. Н., 2007).

Атмосферные осадки могут быть причиной повышения концентрации подвижной серы в почве, сера поступает в атмосферу в виде промышленных выбросов.

В 2013–2014 сельскохозяйственном году было отмечено максимальное содержание подвижной серы в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного во все периоды отбора почвенных образцов, и разница по сравнению с 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 гг. составила: перед посевом озимой пшеницы – 0,1; 0,4 и 0,3 мг/кг; в фазу кущения культуры – 0,3; 0,1 и 0,2 мг/кг; в фазу выхода в трубку – 0,1; 0,3 и 0,3 мг/кг соответственно; в фазу колошения – 0,3; 0,6 и 0,3 мг/кг; в фазу полной спелости – 0,1; 0,2 и 0,1 мг/кг соответственно.

В 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения содержание подвижной серы варьировалось в пределах 3,6–5,1, 3,5–4,8 и 3,6–4,9 мг/кг соответственно (приложение 8).

При рассмотрении способов и приёмов обработки почвы в среднем по опыту было отмечено, что на фоне отвального способа обработки почвы содержание подвижной серы достигло максимальных значений – 4,5 мг/кг почвы. Этот показатель несущественно выше комбинированного способа, на 0,3 мг/кг, и приёма поверхностной обработки почвы, на 0,5 мг/кг.

Биологизированная система удобрения способствовала существенному увеличению содержания подвижной серы в 0–20 см слое почвы по сравнению с контрольным вариантом, на 0,9 мг/кг.

Это связано с тем, что данная система удобрения насыщена органикой, в том числе навозом. Рекомендованная система удобрения несущественно

увеличивала содержание изучаемого элемента по сравнению с контролем, на 0,3 мг/кг, а расчетная система удобрения несущественно уменьшала содержание подвижной серы в почве по сравнению с естественным агрохимическим фоном, на 0,2 мг/кг почвы (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания подвижной серы (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С					А, НСР ₉₅ = 0,5	В, НСР ₉₅ = 0,5
		Перед посевом	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20-22 см	Контроль	4,9	4,3	4,2	3,9	3,7	4,5	4,0
	Рекомендованная	5,1	4,9	4,5	4,1	3,9		4,3
	Биологизированная	5,7	5,5	5,1	4,9	4,5		4,9
	Расчетная	4,9	4,1	3,9	3,7	3,3		3,8
Комбинированный, 20-22 см	Контроль	4,8	4,2	4,1	3,8	3,6	4,2	
	Рекомендованная	5,0	4,6	4,1	3,8	3,5		
	Биологизированная	5,5	5,1	4,9	4,5	4,3		
	Расчетная	4,7	4,0	3,6	3,4	3,1		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	4,6	4,1	3,7	3,4	3,2	4,0	
	Рекомендованная	4,9	4,7	4,0	3,6	3,2		
	Биологизированная	5,2	5,0	4,7	4,4	4,1		
	Расчетная	4,5	4,1	3,3	3,1	2,7		
С, НСР ₉₅ = 0,9		5,0	4,6	4,2	3,9	3,6		НСР ₉₅ = 1,8

Анализируя таблицу 8, можно сделать вывод, что в среднем по опыту максимальное содержание элемента было обнаружено перед посевом озимой пшеницы – 5,0 мг/кг, затем мы наблюдали постепенное снижение, и к фазе полной спелости культуры содержание подвижной серы достигло минимальных значений – 3,6 мг/кг. Причиной максимального содержания подвижной серы 5 мг/кг перед посевом может быть обильное выпадение осадков, в течение роста и развития растения концентрация незначительно

уменьшалась за счет потребления растением данного элемента.

Все изучаемые в опыте системы удобрения, кроме расчетной, в среднем по опыту увеличивали содержание подвижной серы по сравнению с контролем в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного в посевах озимой пшеницы. С применением отвального способа обработки почвы разница по сравнению с контрольным вариантом составляла: перед посевом культуры – 0,2–0,8; в фазу кущения – 0,2–0,3; в фазу выхода в трубку – 0,3–0,9; в фазу колошения – 0,2–1,0; в фазу полной спелости – 0,2–0,8 мг/кг. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контрольным вариантом составила: перед посевом – 0,2–0,7; в фазу кущения – 0,4–0,9; в фазу выхода в трубку – 0,1–0,8; в фазу колошения – 0,1–0,7; в фазу полной спелости – 0,1–0,7 мг/кг. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила: перед посевом – 0,3–0,6; в фазу кущения – 0,6–0,9; в фазу выхода в трубку – 0,3–1,0; в фазу колошения – 0,2–1,0; в фазу полной спелости – 0,1–0,9 мг/кг. Содержание подвижной серы на вариантах с применением расчетной системы удобрения было или равно контрольному варианту, или незначительно ниже.

На естественном агрохимическом фоне при применении отвального и комбинированного способа обработки почвы и приёма поверхностной обработки почвы максимальные показатели подвижной серы отмечались перед посевом изучаемой культуры – 4,9; 4,8 и 4,6 мг/кг почвы соответственно, далее отмечалось постепенное снижение с достижением минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы – 3,7; 3,6 и 3,2 мг/кг почвы. На биологизированной системе удобрения на вариантах при применении отвального, комбинированного способа и поверхностной обработки почвы перед посевом озимой пшеницы отмечались максимальные показатели содержания подвижной серы – 5,7; 5,5 и 5,2 мг/кг почвы. В дальнейшем происходило снижение с достижением минимальных значений в фазу полной спелости озимой пшеницы – 4,5; 4,3 и 4,1 мг/кг почвы.

Содержание подвижной серы на чернозёме выщелоченном по группировке почв является низким (менее 6 м/кг). Основной причиной, объясняющей недостаточную обеспеченность подвижной серой, является снижение уровня применения удобрений, содержащих этот элемент. Рекомендуется увеличить количество серосодержащих удобрений, например сульфата аммония. В севообороте вносилась органика, но этого недостаточно, так как органические удобрения нельзя в полной мере рассматривать как основной источник поступления серы в почву, 1 т навоза КРС содержит всего около 200 кг серы. Сера может попадать в почву с атмосферными осадками, но в последнее время ее выбросы значительно сократились из-за экономического спада. Определенное количество серы может попадать в атмосферу во время сжигания угля и древесины, отопления жилых помещений, но край полностью газифицирован.

Таким образом, на фоне отвального способа обработки почвы содержание подвижной серы достигло максимальных значений – 4,5 мг/кг, что незначительно выше комбинированного способа, на 0,3 мг/кг, и приёма поверхностной обработки почвы, на 0,5 мг/кг. Среди изучаемых систем удобрения биологизированная способствовала существенному увеличению концентрации подвижной серы в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем, на 0,9 мг/кг. Перед посевом озимой пшеницы содержание элемента составило 5 мг/кг, затем наблюдалось постепенное снижение, и к фазе полной спелости концентрация подвижной серы составила 3,6 мг/кг.

4. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА РАЗВИТИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Динамика накопления сухой массы

Сухое вещество (органические соединения) – разница между валовым урожаем и содержанием в нем воды. Сухое вещество на 90–95% представлено органическими соединениями в виде углеводов, жиров, белков, азотсодержащих небелковых соединений, ферментов и т. д. и на 5–10% минеральными солями. Производство их – главная задача земледелия (Носатовский А. И., 1950; Бобрышев Ф. И., Войсковой А. И., Дубина В. В. и др., 2003; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005; Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., 2013).

Значение сухой биомассы озимой пшеницы является основным показателем выращивания и формирования урожая культуры. Изучаемые в опыте системы удобрения способствовали существенному повышению накопления сухой биомассы растений озимой пшеницы вследствие усиленного развития основных биометрических показателей. Условия увлажнения и температурный режим в период исследований оказывают значительное влияние на накопление сухой биомассы озимой пшеницы.

В 2013-2014 сельскохозяйственном году содержание сухой биомассы в растениях озимой пшеницы во все фазы развития было выше, чем в 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 гг., и разница составила: в фазу всходов – 0,11; 0,30; 0,51 т/га; в фазу кущения культуры – 0,07; 0,13; 0,28 т/га; в фазу выхода в трубку – 0,06; 0,16; 0,14 т/га; в фазу колошения – 0,41; 2,66; 3,89 т/га; в фазу полной спелости – 0,13; 2,48; 2,87 т/га соответственно.

В 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения содержание сухой биомассы варьировалось в пределах 1,02–10,55; 0,83–8,20 и 0,62–7,81 т/га соответственно (приложение 9).

На вариантах с применением отвального способа обработки почвы содержание сухой биомассы находилось в пределах 4,98 т/га, что существенно выше значений на комбинированном способе и поверхностной обработке почвы, на 0,14 и 0,47 т/га соответственно (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику накопления сухой биомассы (т/га) растениями озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С					А, НСР ₉₅ = 0,10	В, НСР ₉₅ = 0,11
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	0,66	1,02	3,13	7,58	8,32	4,98	4,10
	Рекомендованная	0,98	1,12	4,04	9,38	10,05		4,87
	Биологизированная	0,87	1,09	3,92	8,90	9,55		4,71
	Расчетная	1,22	1,22	4,86	10,52	11,09		5,43
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	0,65	1,00	3,12	7,57	8,20	4,84	
	Рекомендованная	0,95	1,09	4,01	9,00	9,45		
	Биологизированная	0,85	1,02	3,90	8,80	9,50		
	Расчетная	1,18	1,20	4,70	10,10	10,59		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	0,63	1,01	3,10	7,50	8,02	4,51	
	Рекомендованная	0,89	1,04	3,60	8,40	8,99		
	Биологизированная	0,81	1,03	3,80	8,05	8,50		
	Расчетная	1,09	1,15	4,10	9,05	9,40		
С, НСР ₉₅ = 0,15		0,90	1,08	3,86	8,74	9,31		НСР ₉₅ = 0,38

Все изучаемые в опыте системы удобрения в среднем по опыту способствовали существенному накоплению сухой биомассы, и разница с контролем составила 0,61–1,33 т/га. Максимальные показатели содержания сухой массы, 5,43 т/га, были получены при применении расчётной системы удобрения, что существенно выше контрольного варианта, на 1,33 т/га, и

рекомендованной и биологизированной систем удобрения на, 0,56 и 0,72 т/га соответственно. Минимальные значения содержания сухой биомассы, 4,71 т/га, были отмечены на вариантах при применении биологизированной системы удобрения, этот показатель значительно выше естественного агрохимического фона, на 0,61 т/га, и существенно ниже значений на рекомендованной и расчётной системах удобрения, на 0,16 и 0,56 т/га.

Рассматривая динамику накопления сухой массы в онтогенезе озимой пшеницы, можно сделать вывод, что неуклонное интенсивное возрастание накопления сухой массы наблюдалась на протяжении всей вегетации с достижением максимальных показателей в фазу полной спелости озимой пшеницы. Так, в фазу всходов озимой пшеницы среднее содержание сухой массы составило 0,90 т/га, а в фазу полной спелости – 9,31 т/га, что выше исходного значения на 8,41 т/га.

Исследуемые системы удобрения существенно стимулировали накопление сухой массы озимой пшеницы на протяжении всей вегетации. На вариантах с применением отвального способа обработки почвы разница по сравнению с контролем составляла: в фазу всходов – 0,21–0,56; в фазу кущения – 0,07–0,2; в фазу выхода в трубку – 0,79–1,73; в фазу колошения – 1,32–2,94; в фазу полной спелости – 1,23–2,77 т/га. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контрольным вариантом составила: в фазу всходов – 0,20–0,53; в фазу кущения – 0,02–0,20; в фазу выхода в трубку – 0,78–1,58; в фазу колошения – 1,23–2,53; в фазу полной спелости – 1,25–2,39 т/га. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила: в фазу всходов – 0,18–0,46; в фазу кущения – 0,02–0,14; в фазу выхода в трубку – 0,50–1,00; в фазу колошения – 0,50–1,55; в фазу полной спелости – 0,48–1,38 т/га. Необходимо отметить, что за период наших исследований на удобренных вариантах происходило более интенсивное нарастание сухой массы по сравнению с контрольным вариантом.

На контроле при применении отвального и комбинированного способа и приёма поверхностной обработки почвы показатели содержания сухой биомассы составили в фазу всходов изучаемой культуры – 0,66; 0,65 и 0,63 т/га соответственно, далее отмечалось постепенное увеличение и к фазе полной спелости содержание сухой массы составило – 8,32; 8,20 и 8,02 т/га соответственно. На расчетной системе удобрения на вариантах при применении отвального, комбинированного способа и поверхностной обработки почвы в фазу всходов озимой пшеницы содержание сухой массы в растениях озимой пшеницы составило 1,22; 1,18 и 1,09 т/га, затем происходило увеличение с достижением максимальных значений в фазу полной спелости культуры – 11,09; 10,59 и 9,40 т/га.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать выводы, что: на отвальном способе обработки почвы концентрация сухой биомассы составила 4,98 т/га, это значение оказалось существенно выше значений на комбинированном способе и поверхностной обработке почвы, на 0,14 и 0,47 т/га соответственно. Все изучаемые в опыте системы удобрения способствовали существенному увеличению концентрации сухой биомассы по сравнению с естественным агрохимическим фоном, на 0,61–1,33 т/га. В течение роста и развития озимой пшеницы наблюдалось интенсивное возрастание накопления сухой биомассы с достижением максимальных показателей к фазе полной спелости озимой пшеницы – 9,31 т/га.

4.2. Содержание азота

Критические периоды в потреблении азота отмечаются в два этапа: в начале роста и во время налива зерна. В первом случае дефицит этого элемента приводит к снижению урожая, во втором – к заметному ухудшению качества. 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 (Гамзиков Г. П., 2013).

Содержание азота в растениях подвержено значительным колебаниям не только в связи с видом растений, но и с сортовыми особенностями культур, почвенно-климатическими условиями их произрастания, предшественниками, опаданием части органов, повреждением их болезнями и вредителями. Даже в одном опыте, состав одних и тех же сортов оказывается непостоянным (Куркаев В. Т., 2000).

На содержание азота существенное влияние оказывает обеспеченность почвы подвижным фосфором. Так, на черноземе мицеллярно-карбонатном со средней обеспеченностью фосфором содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы без применения удобрений составило 12,8%, на фоне с повышенной обеспеченностью – 13,4%; высокой обеспеченностью – 13,7%. Аналогичная закономерность отмечается и в отношении клейковины. В процессе созревания урожая содержание азота снижается (Агеев В. В., Подколзин А. И., 2005).

Между содержанием общего азота в растениях озимой пшеницы и уровнем увлажненности во время развития устанавливается обратная связь. 2012-2013 сельскохозяйственный год оказался менее увлажненным по сравнению с другими, и содержание азота в растениях озимой пшеницы во все фазы развития было выше, чем в 2010-2011, 2011-2012, 2013-2014 гг., и разница составила: в фазу всходов – 0,35; 0,12, 0,49%; в фазу кущения культуры – 0,28; 0,03; 0,02%; в фазу выхода в трубку – 0,38; 0,13; 0,45%; в фазу колошения – 0,37; 0,14; 0,51%, в фазу полной спелости – 0,30; 0,11; 0,47%.

В 2010-2011, 2011-2012, 2013-2014 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения содержание азота в растениях озимой пшеницы варьировалось в пределах 1,98–4,21; 2,17-4,44 и 1,81-4,07% соответственно (приложение 10).

Отвальный способ обработки почвы обеспечивал максимальное содержание азота, 3,42%, в растениях изучаемой культуры, что несущественно выше комбинированного, на 0,07%, и существенно выше

поверхностной обработки почвы, на 0,17%. Минимальные значения концентрации азота в растениях озимой пшеницы были отмечены на вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы – 3,25%, что ниже отвалного и комбинированного способа обработки почвы на 0,17 и 0,10% (таблица 10) (Фурсова А. Ю., Есаулко А. Н., 2015).

Таблица 10 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С					А, НСР ₉₅ = 0,10	В, НСР ₉₅ = 0,16
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвалный, 20–22 см	Контроль	4,23	3,72	3,12	2,73	1,83	3,42	3,04
	Рекомендованная	4,46	4,05	3,74	3,16	2,19		3,45
	Биологизированная	4,31	3,92	3,48	2,93	2,16		3,30
	Расчетная	4,68	4,25	3,91	3,31	2,21		3,57
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	4,19	3,64	3,07	2,60	1,58	3,35	
	Рекомендованная	4,37	3,99	3,65	3,09	2,28		
	Биологизированная	4,27	3,85	3,34	2,98	2,14		
	Расчетная	4,52	4,21	3,85	3,25	2,17		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	4,11	3,61	3,01	2,52	1,61	3,25	
	Рекомендованная	4,25	3,85	3,52	2,92	2,27		
	Биологизированная	4,21	3,72	3,29	2,81	2,13		
	Расчетная	4,25	4,05	3,52	3,15	2,15		
С, НСР ₉₅ = 0,25		4,32	3,91	3,46	2,95	2,06		НСР ₉₅ = 0,50

Все изучаемые в опыте системы удобрения способствовали существенному увеличению содержания азота в растениях озимой пшеницы (0,26–0,53%) по сравнению с контролем. В среднем по опыту самые высокие показатели содержания элемента в растениях изучаемой культуры – 3,57% были отмечены на вариантах с применением расчетной системы удобрения,

и разница по сравнению с контрольным вариантом составила 0,53%, а по сравнению с рекомендованной и биологизированной системами – 0,12% и 0,27% соответственно. Биологизированная система удобрения по сравнению с другими снижала содержание азота в растениях озимой пшеницы на 0,15 и 0,27%, но это было выше значений контрольного варианта на 0,26%.

В результате проведенных исследований по изучению влияния систем удобрения, построенных на различных принципах, способов и приёмов обработки почвы на содержание азота в растениях озимой пшеницы нами выявлена общая тенденция. В течение вегетации по фазам развития озимой пшеницы наблюдалось снижение содержания элемента в растениях.

Самые высокие показатели отмечались в период всходов растения, далее данный показатель существенно снижался с достижением минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы. Так, в период всходов озимой пшеницы содержание азота в растениях было 4,32%, в фазу полной спелости концентрация уменьшилась 2,26 раза и составила 2,06%.

Изучаемые в опыте системы удобрения существенно увеличивали содержание азота в растениях озимой пшеницы на протяжении всей вегетации. На вариантах с применением отвального способа обработки почвы разница по сравнению с контролем составила: в фазу всходов – 0,08–0,45; в фазу кущения – 0,20–0,53; в фазу выхода в трубку – 0,36–0,79; в фазу колошения – 0,20–0,58; в фазу полной спелости – 0,33–0,38%. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контрольным вариантом составила: в фазу всходов – 0,08–0,33; в фазу кущения – 0,21–0,57; в фазу выхода в трубку – 0,27–0,78; в фазу колошения – 0,38–0,65; в фазу полной спелости – 0,56–0,59%. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила: в фазу всходов – 0,10–0,14; в фазу кущения – 0,11–0,44; в фазу выхода в трубку – 0,28–0,51; в фазу колошения – 0,29–0,63; в фазу полной спелости – 0,52–0,54%.

На естественном агрохимическом фоне при применении отвального и комбинированного способа и приёма поверхностной обработки почвы максимальные показатели содержания азота отмечались в фазу всходов изучаемой культуры – 4,23, 4,19 и 4,11 % соответственно, далее отмечалось постепенное снижение с достижением минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы – 1,83, 1,58 и 1,61%. На расчетной системе удобрения на вариантах при применении отвального, комбинированного способа и поверхностной обработки почвы в фазу всходов озимой пшеницы отмечались максимальные показатели содержания азота в растениях озимой пшеницы – 4,68, 4,52 и 4,25%. В дальнейшем происходило снижение с достижением минимальных значений в фазу полной спелости озимой пшеницы – 2,21, 2,17 и 2,15%.

Таким образом, основываясь на результатах проведенных исследований, можно сделать выводы, что на фоне отвального способа обработки почвы в среднем по опыту максимальное содержание азота в растениях озимой пшеницы составило 3,42%, что незначительно выше значений на комбинированном способе, на 0,07%, и существенно выше показателей на вариантах с применением поверхностной обработки почвы, на 0,17%. Все изучаемые в опыте системы удобрения способствовали значительному увеличению концентрации азота в растениях озимой пшеницы, и разница по сравнению с контрольным вариантом составила 0,26–0,53%. В течение роста и развития озимой пшеницы наблюдалось неуклонное снижение концентрации элемента в растениях с достижением минимальных величин к фазе полной спелости.

4.3. Содержание фосфора

Действие фосфора на растения во многих отношениях противоположно действию азота: оптимальное питание фосфором ускоряет развитие сельскохозяйственных культур, повышает их холодостойкость и засухоустойчивость, сильнее способствует образованию зерна у хлебов,

повышает содержание сахара, крахмала, увеличивает прочность волокна и т. д. Особенно чувствительны к недостатку фосфора растения в первые две недели после всходов, когда поглощающая способность корневой системы еще очень слаба. Именно оптимальное питание фосфором в этот период предопределяет дальнейшее развитие растений, приобретение ими большей устойчивости к неблагоприятным условиям и возбудителям различных заболеваний. Отсюда становится понятной значимость рядкового удобрения сельскохозяйственных культур фосфором (Смирнов П. М., Муравин Э. А., 1977; Куркаев В. Т., Шеуджен А. Х., 2000; Голосной Е. В., 2013).

Фосфор нужен растениям как элемент питания и для более полного усвоения азота, без которого задерживается синтез белков. Он способствует лучшему развитию корневой системы, генеративных органов, ускоряет созревание. При недостатке фосфора ослабевает общее развитие растений и задерживается цветение и созревание (Муравин Э. А., 2014).

Содержание фосфора в растениях озимой пшеницы напрямую зависит от увлажненности периода исследований. Чем менее увлажнен год, тем выше содержание элемента в растениях. Самым засушливым оказался 2012-2013 сельскохозяйственный год по сравнению с другими периодами исследования, и содержание фосфора в растениях озимой пшеницы во все фазы развития было выше, чем в 2010-2011, 2011-2012, 2013-2014 гг., и разница составила: в фазу всходов – 0,54; 0,31; 0,87%; в фазу кущения культуры – 0,48; 0,3; 0,85%; в фазу выхода в трубку – на 0,52; 0,24; 0,84%, в фазу колошения – 0,58; 0,55; 0,90%; в фазу полной спелости – 0,52; 0,31; 0,82% соответственно.

В 2010-2011, 2011-2012, 2013-2014 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения содержание фосфора в растениях озимой пшеницы варьировалось в пределах 1,50–0,86, 0,71–1,09 и 0,19–0,53% соответственно (приложение 11).

Самое высокое содержание элемента в растениях изучаемой культуры – 0,79%, было получено на всех вариантах опыта при применении отвального способа обработки почвы, что несущественно выше показателей

комбинированного способа обработки почвы, на 0,03%, и существенно выше значений на вариантах с применением поверхностной обработка почвы, на 0,07% (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С					А, НСР ₉₅ = 0,04	В, НСР ₉₅ = 0,08
		Входы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	0,89	0,80	0,70	0,62	0,61	0,79	0,70
	Рекомендованная	1,06	0,86	0,79	0,66	0,64		0,76
	Биологизированная	1,00	0,83	0,71	0,61	0,60		0,72
	Расчетная	1,13	0,94	0,84	0,73	0,70		0,83
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	0,87	0,79	0,68	0,61	0,56	0,76	
	Рекомендованная	1,01	0,83	0,75	0,63	0,61		
	Биологизированная	0,95	0,81	0,69	0,59	0,58		
	Расчетная	1,05	0,91	0,81	0,70	0,67		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	0,85	0,75	0,66	0,59	0,54	0,72	
	Рекомендованная	0,96	0,81	0,61	0,59	0,59		
	Биологизированная	0,91	0,79	0,59	0,55	0,56		
	Расчетная	1,01	0,88	0,80	0,68	0,61		
С, НСР ₉₅ = 0,09		0,78	0,67	0,58	0,50	0,48		НСР ₉₅ = 0,18

Максимальный показатель содержания фосфора в растениях был получен при применении расчетной системы удобрения, 0,83%, что существенно выше не только контрольного варианта, но и биологизированной системы удобрения, на 0,13 и 0,11% соответственно, и несущественно выше значений, полученных на вариантах с применением рекомендованной системы удобрения, на 0,07%. Среди изучаемых систем самые низкие значения изучаемого элемента в растениях озимой пшеницы

были получены при применении биологизированной системы удобрения, 0,72%, что выше контроля на 0,02%, но меньше показателей рекомендованной и расчетной систем, на 0,04–0,11% (таблица 11) (Фурсова А. Ю., Есаулко А. Н., 2015).

Исходя из данных таблицы 11 можно сделать вывод, что во все фазы развития озимой пшеницы динамика содержания фосфора в растениях имела единый ход – неуклонное снижение от фазы всходов, 0,78%, с достижением минимальных величин к фазе полной спелости, 0,48%, и разница по сравнению с исходным значением составила 0,3%.

Исследуемые в данном опыте системы удобрения существенно увеличивали содержание фосфора в растениях озимой пшеницы на протяжении всей вегетации. На вариантах с применением отвального способа обработки почвы разница по сравнению с контролем составила: в фазу всходов – 0,11–0,24; в фазу кущения – 0,03–0,14; в фазу выхода в трубку – 0,01–0,14; в фазу колошения – 0,01–0,11; в фазу полной спелости – 0,01–0,09%. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контрольным вариантом составила: в фазу всходов – 0,08–0,18; в фазу кущения – 0,02–0,12; в фазу выхода в трубку – 0,01–0,13; в фазу колошения – 0,02–0,09; в фазу полной спелости – 0,02–0,11%. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила: в фазу всходов – 0,06–0,16; в фазу кущения – 0,04–0,13; в фазу выхода в трубку – 0,07–0,14; в фазу колошения – 0,04–0,09; в фазу полной спелости – 0,02–0,07%.

На естественном агрохимическом фоне при применении отвального и комбинированного способа и приёма поверхностной обработки почвы максимальные показатели содержания фосфора в растениях отмечались в фазу всходов изучаемой культуры – 0,89, 0,87 и 0,85% соответственно, далее наблюдалось постепенное снижение с достижением минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы – 0,61; 0,56 и 0,54%. На расчетной

системе удобрения на вариантах при применении отвального, комбинированного способа и поверхностной обработки почвы в фазу всходов озимой пшеницы отмечались максимальные показатели содержания изучаемого элемента в растениях озимой пшеницы – 1,13; 1,05 и 1,01%. В дальнейшем происходило снижение концентрации с достижением минимальных значений в фазу полной спелости озимой пшеницы – 0,70; 0,67 и 0,61%.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать выводы, что: на фоне отвального способа обработки почвы было отмечено максимальное содержание фосфора в растениях озимой пшеницы, 0,79%, что несущественно выше показателей комбинированного способа обработки почвы, на 0,03%, и значительно выше концентрации элемента на вариантах с применением поверхностной обработки почвы, на 0,07%. На вариантах с применением расчетной системы удобрения был получен максимальный показатель содержания фосфора в растениях озимой пшеницы, 0,83%, что значительно выше не только контроля, но и биологизированной системы удобрения, на 0,13 и 0,11% соответственно, и несущественно выше значений, полученных на вариантах с применением рекомендованной системы удобрения, на 0,07%. В течение роста и развития озимой пшеницы содержание фосфора в растениях неуклонно снижалось от фазы всходов, 0,78% с достижением минимальных значений к фазе полной спелости, 0,48%.

4.4. Содержание калия

Калий способствует синтезу белков. Он участвует в образовании углеводов, хлорофилла, каротина и других веществ, повышает зимостойкость растений и устойчивость к полеганию, уменьшает поражение растений корневой гнилью и ржавчиной (Агеев В. В., 1996; Агеев В. В., 2005).

В растении калий распределен неравномерно: его весьма больше в тех органах и тканях, где сохраняется высокий уровень обмена веществ и происходит интенсивное деление клеток (меристема, молодые побеги и др.)

Соответственно из вышесказанного ясно, что калия значительно больше в молодых жизнедеятельных частях и органах растения, чем в старых. При недостатке калия в питательной среде происходит отток его из более старых органов и тканей в молодые растущие органы, где он подвергается повторному использованию (реутилизации). Обращает на себя внимание высокое содержание калия в пыльце (Носатовский А. И., 1950; Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., Коренев Г. В., 1997; Куркаев В. Т., Шеуджен А. Х., 2000; Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., 2013).

Содержание калия в растениях озимой пшеницы в некоторой степени зависит от увлажненности периода исследований. 2012–2013 сельскохозяйственный год оказался менее увлажненным по сравнению с другими, и содержание калия в растениях озимой пшеницы было выше, чем в 2010–2011, 2011–2012, 2013–2014 гг., и разница составила в фазу всходов - 0,44; 0,29; 0,87%; в фазу кущения культуры – 0,54; 0,26; 0,87%; в фазу выхода в трубку – 0,57; 0,34; 0,90%; в фазу колошения – 0,53; 0,31; 0,81%; в фазу полной спелости – 0,54; 0,31; 0,87% соответственно.

В 2010–2011, 2011–2012, 2013–2014 сельскохозяйственных годах в зависимости от срока наблюдения содержание калия в растениях озимой пшеницы варьировалось в пределах 1,06–3,71, 1,29–3,86 и 0,73–3,28% соответственно (приложение 12).

Наивысшие значения содержания калия в растениях в среднем по опыту были получены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы, 2,10%, что несущественно превышает значения, полученном при комбинированном способе обработки почвы, на 0,03%, и существенно выше, на 0,06%, значений при поверхностном приёме обработки почвы.

Все изучаемые в опыте системы удобрения в среднем по опыту увеличивали содержание калия в растениях озимой пшеницы по сравнению с контролем на 0,07–0,31%. На вариантах с применением расчетной системы удобрения были получены наивысшие результаты по содержанию калия в

растениях озимой пшеницы в среднем по опыту, 2,26%, что существенно выше контрольного варианта, на 0,31%, а рекомендованной и биологизированной систем удобрения, на 0,24 и 0,22% (таблица 12) (Фурсова А. Ю., Есаулко А. Н., 2015).

Таблица 12 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С					А, НСР ₉₅ = 0,05	В, НСР ₉₅ = 0,10
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	3,63	2,72	1,24	1,18	1,12	2,10	1,95
	Рекомендованная	3,72	2,91	1,29	1,20	1,14		2,02
	Биологизированная	3,73	2,93	1,35	1,28	1,21		2,04
	Расчетная	4,05	3,00	1,61	1,45	1,32		2,26
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	3,61	2,70	1,22	1,15	1,10	2,07	
	Рекомендованная	3,69	2,86	1,26	1,17	1,12		
	Биологизированная	3,68	2,83	1,27	1,25	1,15		
	Расчетная	4,02	2,98	1,59	1,41	1,29		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	3,59	2,68	1,20	1,13	1,09	2,04	
	Рекомендованная	3,65	2,83	1,23	1,15	1,10		
	Биологизированная	3,63	2,79	1,25	1,23	1,13		
	Расчетная	3,99	2,99	1,55	1,39	1,25		
С, НСР ₉₅ = 0,15		3,75	2,85	1,34	1,25	1,17		НСР ₉₅ = 0,31

Рекомендованная и биологизированная системы удобрения несущественно увеличивали содержание калия в растениях озимой пшеницы по сравнению с естественным агрохимическим фоном, на 0,07–0,09%.

Содержание калия в растениях озимой пшеницы достигло максимальной концентрации в среднем по опыту в фазу всходов культуры, 3,75%, затем происходило снижение с достижением минимальных величин к

фазе полной спелости, 1,17%. Разница по сравнению с исходным значением составила 2,58%.

Исследуемые в данном опыте системы удобрения увеличивали содержание калия в растениях озимой пшеницы на протяжении всей вегетации. На вариантах с применением отвального способа обработки почвы разница по сравнению с контролем составила: в фазу всходов – 0,10–0,90; в фазу кущения – 0,19–0,28; в фазу выхода в трубку – 0,05–0,37; в фазу колошения – 0,02–0,27; в фазу полной спелости – 0,02–0,20%. На вариантах с применением комбинированного способа обработки почвы разница по сравнению с контрольным вариантом составила: в фазу всходов – 0,08–0,41; в фазу кущения – 0,13–0,28; в фазу выхода в трубку – 0,02–0,37; в фазу колошения – 0,02–0,26; в фазу полной спелости – 0,02–0,19 %. На вариантах с применением поверхностного приёма обработки почвы разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила: в фазу всходов – 0,04–0,4; в фазу кущения – 0,11–0,31; в фазу выхода в трубку – 0,03–0,35; в фазу колошения – 0,02–0,26; в фазу полной спелости – 0,01–0,16%.

На контрольном варианте при применении отвального и комбинированного способа обработки почвы и приёма поверхностной обработки почвы наивысшие показатели содержания калия в растениях озимой пшеницы отмечались в фазу всходов – 3,63; 3,61 и 3,59% соответственно, далее отмечалось постепенное снижение с достижением минимальных величин к фазе полной спелости озимой пшеницы – 1,12; 1,10 и 1,09%. На расчетной системе удобрения на вариантах при применении отвального, комбинированного способа и поверхностной обработки почвы в фазу всходов озимой пшеницы отмечались максимальные показатели содержания калия в растениях – 4,05; 4,02 и 3,99%. В дальнейшем происходило снижение с достижением минимальных значений в фазу полной спелости озимой пшеницы – 1,32; 1,29 и 1,25%.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы, что: в среднем по опыту на вариантах с применением

отвального способа обработки почвы было получено максимальное содержание калия в растениях озимой пшеницы, 2,10%, что незначительно превышает значения комбинированного способа обработки почвы на 0,03%, и существенно выше на 0,06% поверхностного приёма обработки почвы. Расчетная система удобрения обеспечивала самое высокое содержание калия в растениях изучаемой культуры, 2,26%, что значительно выше контроля, на 0,31%. В течение вегетации озимой пшеницы на всех вариантах опыта наблюдалось неуклонное снижение содержания азота, фосфора и калия с достижением минимальных величин к фазе полной спелости.

4.5. Содержание серы

Сера – биогенный элемент, который довольно широко распространен в природе и постоянно присутствует во всех живых организмах. Поступает сера в растения в виде сульфатов – SO_4^{2-} (Лукин С. В., Меленцова С. В., Авраменко П. М., 2006).

Растения могут усваивать серу также листьями из воздуха в виде сернистого газа. В малом биологическом круговороте веществ в биосфере превращения этого элемента идут по двум главным путям: окисление и восстановление. В растениях преобладает ассимиляторная сульфатная редукция – главный путь метаболизма серы в растительной клетке, поэтому сульфат, как главный источник питания серы, занимает у них ведущее положение. Сера активно вовлекается культурными растениями в биологический круговорот и отчуждается с урожаем растений. В старых листьях растений сера очень лабильна и служит источником некоторого количества подвижной серы для более нуждающихся в ней активно делящихся меристем молодых листьев и корней (Шевякова Н. И., 1979; Шеуджен А. Х., Слюсарев В. Н., Бондарева Т. Н. и др., 2014).

Сера также повышает устойчивость культур к сниженным или повышенным температурам, засухе, а также к радиации. Серу за своим многогранным значением невозможно заменить другими элементами

минерального питания. По последней классификации ее отнесли к первоэлементам (наряду с Н, С, О, N и Р), входящих в состав белковых молекул ДНК и РМК (Панасин В. И., Слобожанинова В. Д., Лопатина Н. В., 1999; Слюсарев В. Н., 2007).

Нехватка серы в минеральном питании культур приводит к снижению фотосинтеза на 40%, до распада белков, и накоплению растворимых азотистых соединений. Симптомы дефицита серы проявляются на молодых листьях культур или точках роста. Они несколько напоминают симптомы дефицита азота, однако дефицит азота сначала проявляется на нижних старых листьях. Это связано с тем, что сера, в отличие от азота, почти не двигается с нижних ярусов к молодым листьям и повторно не усваивается (не реутилизируется) культурами. Как правило, такие ошибки приводят к применению повышенных доз азотных удобрений, недобору урожайности, ухудшению ее качества, экологичности и снижения окупаемости затрат (Тонконоженко Е. В., 1985; Агеев В. В., 1996; 2005; Аристархов А. Н., 2007; Самогненко А. С., 2011).

Дефицит серы, безусловно, связан с качеством продукции. Однако это не обязательно является прямым следствием снижения урожайности, поскольку сера тесно взаимодействует с основным питательным веществом для растений – азотом. Тесно взаимодействующие метаболические функции азота и серы в растении, страдающем от дефицита серы, взаимно изменяются по сравнению с ситуацией, когда снабжение серой обеспечено. Особенно выраженным является влияние на качество белка. При дефиците серы серосодержащие аминокислоты синтезируются в меньшем количестве, и они заменяются другими аминокислотами, часто менее ценными с точки зрения питания. Таким образом, растение, выросшее в условиях дефицита серы, не только обнаруживает меньшую урожайность, но и качество таких растений заметно хуже, например снижение качества хлебного зерна и выпечки (Аристархов А. Н., 2007).

Содержание серы в растениях озимой пшеницы зависит от погодных условий проведения исследований, чем более засушливый год, тем больше элемента содержится в растениях изучаемой культуры. 2012–2013 сельскохозяйственный год оказался менее увлажненным по сравнению с другими периодами исследования, и содержание серы в растениях озимой пшеницы в этом году больше, чем в 2010-2011, 2011-2012, 2013-2014 с.-х. гг. (приложение 13).

На отвальном способе обработки почвы максимальная концентрация содержания серы была обнаружена на вариантах с применением биологизированной системы удобрения, и разница по сравнению с контролем составила: в фазу всходов – 0,04%, в фазу кущения – 0,05%, в фазу выхода в трубку – 0,03%, в фазу колошения культуры – 0,06%, в фазу полной спелости – 0,03% (таблица 13).

Таблица 13 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания серы (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способ обработки почвы	Система удобрения	Фаза развития				
		Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
Отвальный, 20–22 см	Контроль	0,09	0,14	0,19	0,24	0,20
	Рекомендованная	0,11	0,15	0,20	0,27	0,22
	Биологизированная	0,13	0,19	0,22	0,30	0,23
	Расчетная	0,12	0,17	0,20	0,26	0,21

Таким образом, максимальное содержание серы на всех вариантах опыта отмечалось в фазу колошения. Системы удобрения увеличивали по сравнению с контролем содержание серы в растениях на 0,02–0,06%. Наивысшие показатели в течение всей вегетации культуры отмечались на вариантах с биологизированной системой удобрения.

5. ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

5.1. Структура урожая

Под элементами урожая имеют в виду продуктивные органы и признаки растения, которые создают и определяют величину урожая. Для пшеницы основными элементами урожая являются: густота продуктивного стеблестоя, озернённость колоса и выполненность зерна (Носатовский А. И., 1950; Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., 2013).

Каждый из этих элементов урожая под воздействием условий среды может изменяться в большую или меньшую сторону. Это влечет за собой увеличение или снижение урожая зерна. Густота продуктивного стеблестоя в полевых условиях у пшеницы может изменяться в больших интервалах – от 150 до 800 колосоносных стеблей на 1 м посева и более. Ее величина зависит от густоты стояния растений, особенностей возделываемого сорта, обеспеченности растений влагой, светом, питательными веществами и другими факторами среды. В южных влажных районах страны озимая пшеница в уборку обычно имеет от 500 до 700 продуктивных стеблей на 1 м посева, а в степных районах недостаточного увлажнения – от 350 до 500. С увеличением густоты стояния растений, как правило, увеличивается и количество продуктивных стеблей. Однако густота стояния растений проявляется до определенного предела, после которого её увеличение не повышает густоту продуктивного стеблестоя (Бобрышев Ф. И., Войсковой А. И., Дубина В. В. и др., 2003).

Для разных почвенно-климатических условий этот верхний предел неодинаков. При прочих равных условиях узколистные сорта пшеницы имеют большую густоту продуктивного стеблестоя, чем широколистные сорта. Густота продуктивного стеблестоя зависит и от уровня агротехники. Урожай зерна повышается с увеличением продуктивного стеблестоя.

Высокие урожаи яровой и озимой пшеницы обычно получают на полях с большим количеством продуктивных стеблей. Каждой почвенно-климатической зоне, с учетом сортовых особенностей и уровня агротехники, соответствует определенная густота продуктивного стеблестоя, обеспечивающая получение наиболее высокого урожая зерна. Увеличение ее выше указанной величины приводит к снижению урожая зерна. Последнее может происходить из-за недостатка в почве влаги или питательных веществ в период формирования продуктивных органов растения и зерна (Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., 2013).

2013–2014 сельскохозяйственный год оказался самым благоприятным по погодным условиям для формирования хорошей урожайности. Параметры структуры урожая озимой пшеницы в этом году были выше, чем в другие периоды исследования. На отвальном способе обработки почвы в 2013–2014 г. изучаемые системы удобрения увеличивали количество растений, стеблей всего, стеблей с колосом на квадратный метр, длину колоса, массу зерна с колоса, массу 1000 зерен по сравнению с контролем на 22–54, 72–130, 94–144 шт/м², 1,2–1,4 см, 0,08–0,17 и 0,62,7 г соответственно. На комбинированном способе обработки почвы данные системы удобрения благоприятно влияли на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы в 2013–2014 сельскохозяйственном году по сравнению с контрольным вариантом количество растений увеличилось на 49–69 шт/м², всего стеблей – на 78–107 шт/м², стеблей с колосом – на 96–136 шт/м², длину колоса – на 0,2–1,8 см, масса зерна с колоса – на 0,02–0,1 г, масса 1000 зерен – на 0,5–1,8 г. На вариантах с применением поверхностной обработки почвы изучаемые в опыте системы удобрения в 2013–2014 сельскохозяйственном году по сравнению с естественным агрохимическим фоном увеличивали параметры структуры урожая озимой пшеницы: количество растений – на 57–71 шт/м², всего стеблей – на 89–106 шт/м², стеблей с колосом – на 99–136 шт/м², длина колоса – на 0,6–0,8 см, масса зерна с колоса – на 0,02–0,05 г, масса 1000 зерен – на 0,01–1,1 г.

Таблица 14 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы, 2010-2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Количество шт/м ²			Колос		Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, ц/га
		растений	стеблей		длина, см	масса зерна, г		
			всего	с колосом				
Отвальный, 20–22 см	Контроль	198	446	406	8,6	0,98	39,3	39,1
	Рекомендованная	230	532	502	9,8	1,13	40,1	57,6
	Биологизированная	220	518	500	8,6	1,06	39,9	52,9
	Расчётная	252	576	550	10,0	1,15	42,0	62,1
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	165	440	386	8,1	1,01	38,4	39,0
	Рекомендованная	221	537	498	8,5	1,03	38,9	51,5
	Биологизированная	214	518	482	8,3	1,07	38,1	51,4
	Расчётная	234	540	522	9,9	1,11	40,2	57,8
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	159	432	372	7,3	1,00	38,1	37,1
	Рекомендованная	228	532	485	7,9	1,03	38,1	49,8
	Биологизированная	216	521	471	8,0	1,02	37,4	48,0
	Расчётная	230	538	508	8,1	1,05	39,2	53,3

На отвальном способе обработки почвы изучаемые системы удобрения оказали положительное влияние на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы, и разница с контролем составила: количество растений – 22–54 шт/м², всего стеблей – 86–130 шт/м², стеблей с колосом – 94–144 шт/м², длина колоса – 1,2–2,0 см, масса зерна с колоса – 0,08–0,15 г, масса 1000 зерен – 0,6–2,7 г (таблица 14) (Фурсова А. Ю., 2015).

На комбинированном способе обработки почвы изучаемые в опыте системы удобрения также способствовали увеличению параметров структуры урожая озимой пшеницы по сравнению с контрольным вариантом: количество растений на 49–69 шт/м², всего стеблей – на 78–100 шт/м², стеблей с колосом – на 96–136 шт/м², длина колоса – на 0,2–1,8 см, масса зерна с колоса – на 0,02–0,10 г, масса 1000 зерен – на 0,5–1,8 г.

На приёме поверхностной обработки почвы изучаемые в опыте системы удобрения увеличивали параметры структуры урожая озимой пшеницы по сравнению с естественным агрохимическим фоном: количество растений увеличилось на 57–69 шт/м², всего стеблей – на 89–106 шт/м², стеблей с колосом – на 99–136 шт/м², длина колоса – на 0,6–0,8 см, масса зерна с колоса – на 0,2–0,3 г, масса 1000 зерен – на 0,01–1,1 г.

На всех системах удобрения максимальные значения параметров структуры урожая озимой пшеницы были отмечены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы. Количество растений на всех системах удобрения, включая контрольный вариант, составило 198, 230, 220 и 252 шт/м², что выше, чем на вариантах с применением комбинированного способа и поверхностного приема обработки почвы, на 33, 9, 6, 18 и 39, 2, 4, 22 шт/м² соответственно. Всего стеблей на всех системах удобрения, включая контрольный вариант, составило 446, 532, 518, 576 шт/м², что выше, чем на вариантах с применением комбинированного способа и поверхностного приема обработки почвы, на 6, 5, 1, 36 и 14, 1, 2, 38 шт/м² соответственно. Количество стеблей с колосом на изучаемых системах удобрения, включая контрольный вариант, составило 406, 502, 500,

550 шт/м², что превышает значения на вариантах комбинированного способа и поверхностного приема обработки почвы на 20, 4, 18, 28 и 34, 17, 29, 42 шт/м²соответственно. Длина колоса на данных системах удобрения, включая контроль, составила 8,6; 9,6; 8,6; 10,0 см, что выше значений на вариантах с применением комбинированного способа и приёма поверхностной обработки почвы на 0,5; 1,3; 0,1; 0,1 и 1,3; 1,9; 0,6; 1,9 см соответственно. Масса зерна с колоса на изучаемых системах удобрения составила 0,98; 1,13; 1,06; 1,15, что выше значений на вариантах с применением этих же систем удобрения на комбинированном способе и приёме поверхностной обработки почвы на 0,1; 0,01; 0,4 и 0,05; 0,03; 0,1 г соответственно. Масса 1000 зерен на изучаемых системах удобрения составила 39,3; 40,1; 39,9; 42,0, что выше, чем на вариантах с применением комбинированного способа и приёма поверхностной обработки почвы на 0,9; 1,2; 1,8; 1,8 и 1,2; 2,0; 2,5; 2,8 г.

Таким образом, удобрения способствовали формированию по сравнению с контролем большей биологической урожайности за счет увеличения продуктивности: густоты стояния – на 94–144 шт/м², длины колоса –на 0,6–1,4 см и массы зерна с 1 колоса – 0,02–0,17 г. На вариантах с применением отвального способа обработки почвы показатели биомассы оказались выше по сравнению с комбинированным способом и поверхностной обработкой почвы. Максимальные параметры структуры урожая формируются на варианте с расчетной системой удобрения и отвальным способом обработки почвы.

5.2. Урожайность

Урожайность озимой пшеницы есть количественное выражение интегрированного взаимодействия агротехнических, агрохимических приёмов с окружающей средой. Определяющими факторами при получении высоких урожаев зерна озимой пшеницы являются, несомненно, удовлетворение потребности растений в элементах питания и воде. Природно-климатические условия, культура земледелия, агротехника и

технология выращивания культур, внесение удобрений и т. д. оказывают большое влияние формирование урожайности озимой пшеницы (Бобрышев Ф. И., Войсковой А. И., Дубина В. В. и др., 2003; Фурсова А. Ю., 2015).

2013–2014 сельскохозяйственный год оказался самым благоприятным для формирования урожая озимой пшеницы после предшественника горох, удалось получить высокий урожай хорошего качества. 2011–2012 с.-х. год по климатическим условиям оказался менее благоприятным для роста и развития озимой пшеницы. Самая низкая урожайность была отмечена в этом году.

Самые высокие показатели урожайности озимой пшеницы в среднем по опыту были отмечены на отвальном способе обработки почвы – 5,09 т/га, что незначительно выше показателей на комбинированном способе и приёме поверхностной обработки почвы, на 0,07 и 0,63 т/га соответственно.

Максимальная эффективность влияния изучаемых систем удобрения в среднем по опыту на урожайность озимой пшеницы отмечалась в 2013–2014 сельскохозяйственном году, разница по сравнению с контролем составила 0,23–1,64 т/га.

На вариантах с применением отвального, комбинированного способов и приёма поверхностной обработки почвы максимальная урожайность отмечалась в 2014 году на расчетной системе удобрения – 6,79, 6,01 и 5,55 т/га, что выше контрольного варианта на 2,21; 1,36 и 1,35 т/га. Минимальная урожайность была получена в 2012 году на биологизированной системе удобрения – 4,31; 4,11 и 3,32 т/га, что выше контроля на 2,52; 2,54 и 1,82 соответственно (таблица 15).

Если сравнивать между собой способы и приемы обработки почвы в среднем по опыту, то можно сделать вывод, что максимальные показатели урожайности культуры были получены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы, 5,09 т/га, что достоверно выше, чем на варианте с применением комбинированного способа, на 0,07 т/га, и существенно приёма поверхностной обработки почвы, на 0,63 т/га.

**Таблица 15 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на урожайность (т/га)
озимой пшеницы, 2010–2014 гг.**

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В																А, НСР ₉₅ = =1,11
	Контроль				Рекомендованная				Биологизированная				Расчетная				
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	
Отвальный, 20–22 см	4,49	1,79	4,25	4,58	5,73	4,36	5,56	6,19	5,41	4,31	5,04	5,60	6,16	5,02	6,07	6,79	5,09
Комбинированный, 20–22 см	4,15	1,57	4,45	4,65	5,67	3,92	4,45	5,78	5,22	4,11	4,60	5,41	6,06	4,72	5,51	6,01	5,02
Поверхностная обработка, 10–12 см	3,99	1,50	4,35	4,20	5,31	3,53	4,25	5,61	5,13	3,32	4,14	5,42	5,52	4,18	5,25	5,55	4,46
В, НСР ₉₅ = 0,35	4,21	1,62	4,35	4,48	5,47	3,94	4,75	5,86	5,25	3,91	4,59	5,48	5,91	4,64	5,61	6,12	НСР ₉₅ = = 0,46 Sx = 3,3

Самые низкие показатели урожайности озимой пшеницы были отмечены на вариантах с применением поверхностной обработки почвы – 4,46 т/га (таблица 16) (Фурсова А. Ю., 2015).

Таблица 16 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на урожайность (т/га) озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В				А, НСР ₉₅ = 0,11
	Контроль	Рекомендованная	Биологизированная	Расчетная	
Отвальный, 20–22 см	3,78	5,46	5,09	6,01	5,09
Комбинированный, 20–22 см	3,70	4,95	4,84	5,58	5,02
Поверхностная обработка, 10–12 см.	3,51	4,68	4,50	5,13	4,46
В, НСР ₉₅ = 0,35	3,66	5,03	4,81	5,57	НСР ₉₅ = 0,46 S _x = 3,3

В ходе проведения исследований было установлено, что все изучаемые системы удобрения в среднем за четыре года существенно увеличивали урожайность культуры, и разница по сравнению с контролем составила 1,15–1,91 т/га. Максимальная урожайность озимой пшеницы была отмечена на расчетной системе удобрения, 5,57 т/га, что существенно выше значений не только контроля (1,91 т/га), но и рекомендованной и биологизированной систем удобрения, на 0,54 и 0,76 т/га соответственно. Минимальная урожайность культуры была отмечена на вариантах с применением биологизированной системы удобрения, 4,81 т/га, что выше контрольного варианта на 1,15 т/га и ниже рекомендованной и расчетной систем на 0,22 и 0,76 т/га.

Таким образом, в результате исследований можно сделать выводы, что системы удобрения существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы, и разница относительно контроля составляла: на отвальном способе – 1,31–2,23 т/га, комбинированном – 1,14–1,88 т/га, поверхностной обработке – 0,99–1,62 т/га. Поверхностная обработка достоверно снижала урожайность культуры (0,56–0,63 т/га) по сравнению с отвальным и комбинированным способами обработки почвы. Максимальная урожайность озимой пшеницы 6,01 т/га была получена при внесении расчетной дозы удобрения ($N_{120}P_{75}K_{24}$) на фоне отвального способа обработки почвы, что несущественно выше значений на комбинированном способе (0,07 т/га).

5.3. Качество продукции

Качество зерна озимой пшеницы зависит от большого ряда факторов: погодных-климатических условий вегетационного сезона, минерального питания, вредителей, болезней и сорняков.

Качество зерна существенно ухудшается при поражении растений болезнями, повреждении клопом-черепашкой и при неблагоприятных погодных условиях (чередовании дождей и засух непосредственно перед уборкой). Отмечается существенное снижение содержания клейковины и белка при завышении температуры сушки влажного зерна (Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., 2013).

Чтобы уровень содержания белка и клейковины в зерне были высокими, растения должны получать необходимое количество азота в критические фазы развития – кущение, рост стебля и непосредственно перед колошением. Полегание приводит к прорастанию зерен, уменьшению числа падения и выхода муки (Бобрышев Ф. И., Войсковой А. И., Дубина В. В. и др., 2003).

В 2012-2013 сельскохозяйственном году качество урожая зерна озимой пшеницы было на высшем уровне по сравнению с другими периодами исследования: на отвальном способе обработки почвы изучаемые системы

удобрения по сравнению с контролем увеличивали: содержание клейковины на 5,4–9,3%, показатели стекловидности на – 10,0–20,1%, количество белка – на 1,9–2,1%. На комбинированном способе данные системы удобрения также способствовали увеличению показателей качества по сравнению с контрольным вариантом: содержание клейковины – на 3,4–5,9%, показатели стекловидности на – 10,0–22,2%, количество белка на – 3,3–4,0%. На вариантах с использованием приёма поверхностной обработки почвы, изучаемые системы удобрения способствовали увеличению показателей качества по сравнению с естественным агрохимическим фоном: содержание клейковины – на 3,6–6,5%, показатели стекловидности на – 9,3–23,2%, количество белка на 3,0–3,7%.

На контрольном варианте при применении отвального способа обработки почвы получено зерно четвертого класса (содержание белка не более 12 и не менее 10 %), а на контроле при применении комбинированного способа и приёма поверхностной обработки почвы зерно озимой пшеницы по своим качественным характеристикам соответствует пятому классу (содержание белка менее 10 %). Объяснить то, что на отвальном способе обработки почвы на естественном агрохимическом фоне качественные характеристики зерна озимой пшеницы оказались лучше и класс зерна выше, можно тем, что отвальная обработка почвы улучшает физико-химические свойства почвы (улучшается синтез и разложение органического вещества, использование запасов питательных веществ, доступ воздуха, необходимый для жизнедеятельности микроорганизмов и корневой системы).

Значения ИДК для изучаемых систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы относятся ко II группе и вполне соответствуют характеристикам зерна III, IV и VI класса качества изучаемой культуры.

На отвальном способе обработки почвы изучаемые системы удобрения оказали положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы, и разница по сравнению с контролем составила: по содержанию клейковины на 5,4–9,3%, по показателю стекловидности на 10,0–20,1%, по содержанию белка на

1,91–2,1% Зерно озимой пшеницы по всем показателям соответствовало III классу (таблица 17).

Таблица 17 – Влияние систем удобрения, способов и приемов обработки почвы на качество зерна озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Содержание клейковины, %	Стекловидность, %	Показатель ИДК	Белок, %
Отвальный, 20–22 см	Контроль	19,1	45,0	77	10,41
	Рекомендованная	24,5	57,1	74	12,50
	Биологизированная	26,9	55,0	74	12,32
	Расчетная	28,4	65,1	60	12,51
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	17,9	41,1	80	9,01
	Рекомендованная	23,8	53,7	77	12,33
	Биологизированная	21,3	51,1	75	12,18
	Расчетная	25,3	63,3	62	12,99
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	17,1	40,9	82	9,19
	Рекомендованная	23,4	52,9	77	12,23
	Биологизированная	20,7	50,2	76	12,15
	Расчетная	23,6	64,1	63	12,92

На комбинированном способе изучаемые системы удобрения оказали хорошее влияние на качественные показатели озимой пшеницы, и разница по сравнению с контрольным вариантом составила: по содержанию клейковины на 5,4–9,3%, по показателю стекловидности на 10,0–20,1%, по содержанию белка на 1,91–2,1%. Зерно изучаемой культуры по всем показателям соответствовало III классу.

На вариантах с применением приёма поверхностной обработки почвы, изучаемые в опыте системы удобрения положительно повлияли на качественные характеристики зерна озимой пшеницы, и разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила: по содержанию клейковины на 3,6–6,5%, по показателю стекловидности на 12,0–23,2%, по содержанию

белка на 2,96–3,73%. Зерно по всем показателям соответствовало III классу.

На всех системах удобрения максимальное содержание сырой клейковины, стекловидности и белка было отмечено на вариантах с применением отвального способа обработки почвы. Значения сырой клейковины на всех системах удобрения, включая контрольный вариант, составили – 19,1, 24,5, 26,9 и 28,4%, что выше на 2,0; 1,1; 6,2 и 4,8%, чем на вариантах с применением приёма поверхностной обработки почвы. Показатели стекловидности на всех системах удобрения составили 45,0; 57,1; 55,0 и 65,1%, что превышает значения, полученные на вариантах с применением приёма поверхностной обработки почвы – на 1,0–4,8%. Содержание белка в зерне озимой пшеницы составило 10,41; 12,50; 12,32 и 12,51%, что выше показателей, полученных на вариантах с применением приёма поверхностной обработки почвы, на 0,17–1,22%. Минимальные показатели были отмечены на вариантах с применением приёма поверхностной обработки почвы.

Таким образом, системы удобрения оказали положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы, увеличивая по сравнению с естественным агрохимическим фоном: содержание клейковины – на 3,4–9,3%, стекловидность – на 10,0–23,2%, содержанию белка – на 1,91–3,98%. На удобренных вариантах зерно озимой пшеницы по всем показателям соответствовало III классу. Максимальные значения показателей качества зерна были получены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ, СПОСОБОВ И ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Внедрение и освоение научно обоснованной системы земледелия и комплекса удобрений позволит хозяйству вести устойчивое сельскохозяйственное производство. Это базируется на осуществлении комплекса агротехнических и организационных приемов и методов.

Высокая культура земледелия, правильное чередование культур в севообороте, безотвальная обработка почвы, учитывающая особенности каждого поля и рабочего участка, своевременное проведение всех полевых работ, внесение удобрений с учетом особенностей биологических культур, защита растений от болезней, вредителей и сорняков позволят хозяйству получить стабильно высокие урожаи всех сельскохозяйственных культур.

Увеличение производства и рациональное применение удобрений – важнейший фактор интенсификации сельскохозяйственного производства, необходимое условие повышения продуктивности озимой пшеницы.

Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения рассчитывалась на основании данных технологических карт, через систему показателей, которые включали: урожайность, стоимость продукции, затраты труда на один центнер, себестоимость, прибыль в расчете на один гектар и уровень рентабельности.

В таблице 18 произведен расчет основных экономических показателей для сравниваемых вариантов опыта на основании технологических карт.

В результате наших исследований было выявлено, что из всех применяемых в опыте систем удобрения максимальная урожайность озимой пшеницы была получена на отвальном способе обработки почвы с применением расчетной системы удобрения, 6,01 т/га, что выше контроля на 2,23 т/га.

Таблица 18 – Экономическая эффективность производства озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы, 2010–2014 гг.

Показатель	Способы и приём обработки почвы						
	Отвальный			Комбинированный		Поверхностная обработка	
	Система удобрения						
	Контроль	Биологизированная	Расчетная	Контроль	Расчетная	Контроль	Расчетная
Урожайность, т/га	3,78	5,09	6,01	3,70	5,58	3,51	5,13
Цена реализации 1 т, руб.	8000	9000	9000	8000	9000	8000	9000
Денежная выручка с 1 га, руб.	30240	45810	54090	29600	50220	28080	46170
Затраты труда на 1 га, ч	13,2	13,6	14,0	13,0	13,8	12,8	13,5
Затраты труда на 1 т, ч	3,5	2,7	2,3	3,5	2,5	3,6	2,6
Производственные затраты на 1 га, руб.	18680,0	23450	28000,0	18150	27202	17950	26910
Себестоимость 1 т, руб.	4942	4607	4659	4905	4875	5114	5246
Прибыль на 1 га, руб.	11560	22360	24090	11450	23018	10130	19260
Уровень рентабельности, %	61,9	95,4	93,2	63,1	84,6	56,4	71,6

Денежная выручка на варианте с применением отвального способа обработки почвы и расчетной системы удобрения составила 54090 руб. с 1 га, что выше контроля на 23850 руб. с 1 га. На биологизированной системе удобрения на вариантах с применением отвального способа обработки почвы денежная выручка составила 45810 руб. с 1 га, что выше контрольного варианта на 15570 руб. На фоне комбинированного способа обработки почвы при применении расчетной системы удобрения денежная выручка с 1 га составила 50220 руб., что выше контрольного варианта на 20620 руб. На вариантах с поверхностной обработкой почвы денежная выручка при применении расчетной системы удобрения составила 46170 руб. с 1 га, что на 18090 руб. выше естественного агрохимического фона.

Максимальное увеличение прибыли на вариантах с использованием отвального способа обработки почвы и расчетной системы удобрения составило 24090 руб. на 1 га, что выше контроля на 12530 руб. На вариантах опыта с применением биологизированной системы удобрения при использовании отвального способа обработки почвы на 1 га была получена прибыль 22360 руб., что выше контроля на 10800 руб. На комбинированном способе обработке с применением расчетной системы удобрения при производстве озимой пшеницы была получена прибыль – 23018 руб. на 1 га, разница по сравнению с контрольным вариантом составила 11568 руб. На поверхностной обработке почвы с применением расчетной системы удобрения была получена самая низкая прибыль при производстве зерна озимой пшеницы – 19260 руб., и разница по сравнению с естественным агрохимическим фоном составила 9130 руб.

Минимальную себестоимость при производстве зерна озимой пшеницы 4607 руб. за 1 тонну обеспечили варианты с применением отвального способа обработки почвы и биологизированной системы удобрения, что ниже контроля на 335 руб. Себестоимость на вариантах с отвальным способом обработки почвы с применением расчетной системы удобрения при производстве зерна озимой пшеницы составила 4659 руб. за 1 т, что ниже

контроля на 282,9 руб. На комбинированном способе обработке почвы с применением расчетной системы удобрения себестоимость 1 т зерна изучаемой культуры составила 4874,9 руб., что ниже контрольного варианта на 30,5 руб. Максимальная себестоимость 1 т зерна составила 5245,6 т/га, что оказалось выше естественного агрохимического фона на 131,6 т/га.

Самый высокий уровень рентабельности производства озимой пшеницы на отвальном способе обработки почвы при применении биологизированной системы удобрения оказался выше 26,3%, чем на контрольном варианте.

Таким образом, в результате исследований выявлено, что применение расчетной системы удобрения в зависимости от способа и приема обработки почвы по сравнению с контролем увеличивали: прибыль с 1 га на 9130–12530 руб., а уровень рентабельности на 15,2–31,3%. Наилучшие показатели экономической эффективности независимо от фона питания отмечаются на вариантах с отвального способа обработки почвы. Сочетание биологизированной системы удобрения и отвального способа обработки почвы обеспечило минимальную себестоимость 1 т зерна озимой пшеницы и максимальный уровень рентабельности.

ВЫВОДЫ

Таким образом, основываясь на результатах четырехлетних исследований по влиянию систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы, можно сделать следующие выводы:

1. Изучаемые способы и приёмы обработки почвы не оказали достоверного влияния на запасы продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного в период роста и развития озимой пшеницы. Системы удобрения существенно снижали относительно контроля запасы продуктивной влаги в среднем за вегетацию изучаемой культуры на 1,1–1,8 мм. Динамика изменения влагозапаса на всех вариантах опыта была одинаковой.

2. Способы и приемы обработки почвы не оказали достоверного влияния на реакцию почвенной среды. Реакция почвенного раствора в большей мере зависела от насыщенности севооборота органическими и минеральными удобрениями: биологизированная система способствовала поддержанию нейтральной реакции почвенного раствора – 6,14 ед., разница по сравнению с контрольным вариантом составила 0,11 ед., а применение рекомендованной и расчетной систем способствовало существенному подкислению почвенного раствора на 0,12–0,18 ед. по сравнению с контролем. В период вегетации озимой пшеницы наблюдалось устойчивое снижение реакции почвенного раствора на 0,09–0,26 ед. до фазы колошения, и резкое увеличение к фазе полной спелости до 6,01 ед.

3. Максимальное содержание минерального азота в 0–20 см слое чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы было получено при применении отвального способа обработки почвы – 24,9 мг/кг, что достоверно выше (2,6 и 4,8 мг/кг) показателей комбинированного способа и поверхностной обработки почвы. Системы удобрения существенно увеличивали концентрацию минерального азота по сравнению с контролем –

на 2,2–8,4 мг/кг. Наибольшее содержание в почве минерального азота – 25,3 мг/кг отмечалось в фазу кущения, а затем наблюдалось снижение к фазе полной спелости.

4. На протяжении вегетации озимой пшеницы содержание подвижного фосфора на всех вариантах опыта неуклонно снижалось с достижением минимальных величин в фазу полной спелости. Применение удобрений достоверно увеличивало среднее содержание элемента в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем на 2,2–9,7 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора оказалось больше на вариантах с отвальным способом обработки почвы по сравнению с комбинированным на 0,7 и на 1,7 мг/кг относительно поверхностной обработки почвы.

5. Комбинированный способ и поверхностная обработка почвы снижали относительно отвального способа содержание обменного калия в среднем за вегетацию на 6–8 мг/кг почвы. Применение удобрений увеличивало концентрацию элемента относительно контроля на 13–26 мг/кг почвы на протяжении всей вегетации озимой пшеницы. Максимальное содержание обменного калия в слое почвы 0–20 см отмечалось на вариантах с биологизированной и расчетной системами удобрения.

6. Изучаемые в опыте способы и приёмы обработки почвы несущественно увеличивали содержание подвижной серы в 0–20 см слое почвы чернозема выщелоченного. Биологизированная система удобрения способствовала существенному увеличению концентрации подвижной серы в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем (0,9 мг/кг) и другими системами удобрений (0,6–1,1 мг/кг).

7. В течение роста и развития озимой пшеницы на всех вариантах наблюдалось интенсивное накопление сухой биомассы с достижением максимальных показателей к фазе полной спелости культуры – 9,31 т/га. Все применяемые в опыте системы удобрения способствовали существенному увеличению концентрации сухой биомассы по сравнению с естественным агрохимическим фоном, на 0,61–1,33 т/га. На отвальном способе обработки

почвы количество сухой биомассы оказалось существенно выше средних значений на комбинированном способе и поверхностной обработке почвы.

8. В течение вегетации озимой пшеницы на всех вариантах опыта наблюдалось неуклонное снижение содержания азота, фосфора и калия с достижением минимальных величин к фазе полной спелости. Максимальные показатели концентрации в растениях элементов питания отмечались на вариантах с применением отвального способа обработки почвы, но существенная разница была установлена только по сравнению с поверхностной обработкой почвы. Системы удобрения существенно увеличивали содержание в растениях азота относительно контроля, 0,26–0,53%. Содержание в растениях фосфора и калия достоверно увеличивалось относительно контроля только на вариантах с расчетной системой удобрения, и разница составила 0,13–0,31% соответственно.

9. Максимальное содержание серы на всех вариантах опыта отмечалось в фазу колошения. Системы удобрения увеличивали по сравнению с контролем содержание серы в растениях на 0,02–0,06%. Наивысшие показатели в течение всей вегетации культуры отмечались на вариантах с биологизированной системой удобрения.

10. Удобрения способствовали формированию по сравнению с контролем большей биологической урожайности за счет увеличения продуктивности: густоты стояния – на 94–144 шт/м², длины колоса – на 0,6–1,4 см и массы зерна с 1 колоса – 0,02–0,17 г. На вариантах с применением отвального способа обработки почвы показатели биомассы оказались выше по сравнению с комбинированным способом и поверхностной обработкой почвы. Максимальные параметры структуры урожая формируются на варианте с расчетной системой удобрения и отвальным способом обработки почвы.

11. Системы удобрения существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы, и разница относительно контроля составляла: на отвальном способе – 1,31–2,23 т/га, комбинированном – 1,14–1,88 т/га,

поверхностной обработке – 0,99–1,62 т/га. Поверхностная обработка достоверно снижала урожайность культуры (0,56–0,63 т/га) по сравнению с отвальным и комбинированным способами обработки почвы. Максимальная урожайность озимой пшеницы, 6,01 т/га, была получена при внесении расчетной дозы удобрения ($N_{120}P_{75}K_{24}$) на фоне отвального способа обработки почвы, что несущественно выше значений на комбинированном способе (0,07 т/га).

12. Системы удобрения оказали положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы, увеличивая по сравнению с естественным агрохимическим фоном: содержание клейковины – на 3,4–9,3%, стекловидность – на 10,0–23,2%, содержанию белка – на 1,91–3,98%. На удобренных вариантах зерно озимой пшеницы по всем показателям соответствовало III классу. Максимальные значения показателей качества зерна были получены на вариантах с применением отвального способа обработки почвы.

13. Применение расчетной системы удобрения в зависимости от способа и приема обработки почвы по сравнению с контролем увеличивало: прибыль с 1 га на 9130–12530 руб., а уровень рентабельности на 15,2–31,3%. Наилучшие показатели экономической эффективности независимо от фона питания отмечаются на вариантах с отвальным способом обработки почвы. Сочетание биологизированной системы удобрения и отвального способа обработки почвы обеспечило минимальную себестоимость 1 т зерна озимой пшеницы и максимальный уровень рентабельности.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При выращивании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном после предшественника горох для достижения урожайности зерна 5,58–6,01 т/га и максимального экономического эффекта рекомендуется расчетная система удобрения в сочетании с комбинированным и отвальным способами обработки почвы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, Е. В. Применение комплексных удобрений и азотной подкормки под озимую пшеницу / Е. В. Агафонов, А. А. Громаков. М. В. Максименко // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 16–17.
2. Агеев, В. В. Агрехимия (Южно-Российский аспект) / В. В. Агеев, А. И. Подколзин: учеб. для студ. вуз. том 2. – Ставрополь, СтГАУ, 2006. – 478 с.
3. Агеев, В. В. Агрехимия (Южно-Российский аспект) / В. В. Агеев, А. И. Подколзин: учеб. для студ. вуз. том 1. – Ставрополь, СтГАУ, 2005. – 488 с.
4. Агеев, В. В. Длительные стационары – основа теории и практики агрохимии / В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрехимический вестник. – 2005. – № 4. – С. 5–7.
5. Агеев, В. В. Корневое питание сельскохозяйственных растений / В. В. Агеев. – Ставрополь, ГСХА, 1996 – 134 с.
6. Агеев, В. В. Особенности питания и удобрение сельскохозяйственных культур на Юге России: Учебное пособие для студентов вузов агрономических специальностей / В. В. Агеев, А. П. Чернов, А. П. Куйдан, В. И. Демкин, П. И. Махуков, А. И. Подколзин, А. Н. Есаулко, М. А. Кузённая, М. В. Литвиненко; под ред. проф. В. В. Агеева. – Ставрополь, СГСХА, 1999. – 113 с.
7. Агеев, В. В. Планирование, методология, методика, модификации длительных опытов с удобрениями и математико-статистические методы обработки экспериментальных данных : методические указания / В. В. Агеев, А. И. Подколзин, С. В. Динякова. – Ставрополь: СтГАУ, 2007. – 384 с.
8. Агеев, В. В. Системы удобрений в севооборотах Юга России / В. В. Агеев, А. И. Подколзин: учеб. пособ. – Ставрополь, СГСХА, 2001. – 352 с.
9. Аристархов, А. Н. Агрехимия серы / А. Н. Аристархов. – М.:ВНИИА, 2007. – 272 с.

10. Артюшин, А. М. Удобрение в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / А. М. Артюшин, И. П. Дерюгин, А. Н. Кулюкин, Б. А. Ягодин; Под ред. И. П. Дерюгина. – М.: Агропромиздат, 1991. – 233 с.

11. Ашхотов, А. М. Совершенствование элементов возделывания озимой пшеницы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Ашхотов Алик Мухамедович. – Ставрополь, 2001. – 17 с.

12. Аюпов, З. Влияние обработки почвы и удобрений на урожайность озимой пшеницы / З. Аюпов, Н. Анохина // Главный агроном. – 2012. – № 5. – С. 23–25.

13. Бобрышев, Ф. И. Озимая пшеница в Ставропольском крае / Ф. И. Бобрышев, А. И. Войсковой, В. В. Дубина и др. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2003. – 307 с.

14. Болучевский, Д. А. Урожайность и качество озимой пшеницы в зависимости от приемов биологизации и обработки почвы / Д. А. Болучевский, А. В. Дедов // Агрехимический вестник. – 2014. – № 2. – С. 39–40.

15. Бузов, В. А. Эффективность форм азотных удобрений применяемых в ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы на черноземе выщелоченном : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Бузов Виталий Андреевич. – Ставрополь, 2010. – 24 с.

16. Бузов, В. Применение новых форм азотных удобрений в ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы на выщелоченном черноземе / В. Бузов, Ю. Гречишкина // Главный агроном. – 2012. – № 1. – С. 18–21.

17. Васильев, В. А. Применение бесподстилочного навоза для удобрения / В. А. Васильев, М. М. Швецов. – М.: Колос, 1983. – 174 с.

18. Волынкин, В. И. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур и агрохимические свойства выщелоченного чернозема / В. И. Волынкин, А. П. Копылов, О. В. Волынкина // Плодородие. – 2014. – № 6. – С. 14–16.

19. Волынкин, В. И. Действие состава удобрения и доз азота при систематическом применении в севообороте и на монокультуре пшеницы / В. И. Волынкин, О. В. Волынкина // Плодородие. – 2013. – № 2. – С. 20–21.

20. Волынкин, В. И. Сравнительное действие минеральных и органических удобрений на выщелоченных черноземах / В. И. Волынкин, О. В. Волынкина // Плодородие. – 2014. – № 4. – С. 17–19.

21. Воронкова, Н. А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. А. Воронкова, Н. Ф. Балабанова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 30–32.

22. Галеева, Л. П. Нитратный режим черноземов выщелоченных при разных способах внесения удобрений / Л. П. Галеева // Агрохимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 43–45.

23. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах : моногр. / Г. П. Гамзиков. – Новосибирск : НГАУ, 2013. – 790 с.

24. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 33–35.

25. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрения на агрохимические свойства чернозёма выщелоченного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е. В. Голосной, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида // Плодородие. – 2013. – №3(72). – С. 4–5.

26. Голосной, Е. В. Отзывчивость культур звена севооборота на уровень минерального питания в условиях Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, В. В. Агеев, М. С. Сигида // Материалы 77-й научно-практической конференции «Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном округе». – Ставрополь, 2013. – С. 12–15.

27. Голоусов, Н. С. Обработка почвы на Ставрополье: Учебное пособие / Н. С. Голоусов, Г. Р. Дорожко, А. И. Войсковой, В. М. Передериева. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004. – 108 с.

28. Гречишкина, Ю. И. Эффективность форм азотных удобрений, при ранневесенней подкормке озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / Ю. И. Гречишкина, В. А. Бузов, В. А. Подорогин // Плодородие. – 2011. – № 4. – С. 22–23.

29. Громова, Л. И. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от видов и норм минеральных удобрений / Л. И. Громова // Материалы международной, посвященной 100-летию со дня рождения В. В. Пейве «Энтузиасты аграрной науки». – Краснодар, 2006. – С. 392–404.

30. Гулякин, И. В. Система применения удобрений / И. В. Гулякин. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., «Колос», 1977. – 240 с.

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

32. Донцов, А. Ф. Изучение доз и способов ранневесенней подкормки озимой пшеницы на черноземе обыкновенном / А. Ф. Донцов, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, Д. А. Шевченко // Агрохимический вестник. – 2012. – № 6. – С. 22–24.

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

34. Дубовик, Д. В. Влияние агротехнических приемов на урожайность озимой пшеницы / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, Д. Ю. Виноградов // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 39–40.

35. Ерошенко, Ф. В. Эффективность поздних некорневых азотных подкормок озимой пшеницы / Ф. В. Ерошенко, А. А. Ерошенко, И. Г. Сторчак // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 32–35.

36. Есаулко, А. Н. Биологизация систем удобрений – как путь совершенствования систем земледелия / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев, О. Ю. Лобанкова, Л. С. Горбатко, С. А. Коростылев, М. С. Сигида, Е. В. Голосной, В. И. Радченко, А. А. Беловолова, А. В. Воскобойников, Н. В. Громова, Ю. И. Гречишкина, Т. С. Айсанов, А. Ю. Фурсова, Е. А. Устименко, Е. А. Седых, А. П. Гринько, Д. Е. Галда // материалы международной научно-практической конференции: «Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика». – Ставрополь, 2013. – С. 87 – 89.

37. Есаулко, А. Н. Влияние длительного применения систем удобрений в стационарном опыте на содержание серы на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Н. Есаулко, В. И. Радченко, А. Ю. Фурсова, Е. А. Устименко, Е. А. Марьина // Материалы 77-й научно-практической конференции «Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном округе». – Ставрополь, 2013. – С. 132-133.

38. Есаулко, А. Н. Влияние длительного применения систем удобрений на показатели Р_н чернозема выщелоченного / А. Н. Есаулко, Т. С. Айсанов, А. Ю. Фурсова, М. Ю. Кузьменко // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном Округе. Материалы 76-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 10–20 апреля 2012 года) / СтГАУ, 2012 – С 40–46.

39. 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. 10–13.

40. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений и способов обработки почвы на калийный потенциал чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности / А. Н. Есаулко, А. И. Подколзин // Материалы

международной, посвященной 100-летию со дня рождения В. В. Пейве «Энтузиасты аграрной науки». – Краснодар, 2006. – С. 421–426.

41. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрений на реакцию почвенного раствора чернозема выщелоченного / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, А. С. Кочкин // Материалы 71-й регионально-практической конференции «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного Федерального Округа». – Ставрополь, 2007. – С. 98–100.

42. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур : дис. ... доктора с.-х. наук : 03.00.16. – экология; 06.01.04. – агрохимия / Есаулко Александр Николаевич. – Ставрополь, 2006. – 515 с.

43. Есаулко, А. Н. Совершенствование систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев // Агрохимический вестник. – 2005. – № 4. – С. 7–12.

44. Ефимов, В. Н. Система применения удобрений / В. Н. Ефимов, И. Н. Донских, Г. И. Сеницын. – М.: Колос, 1984. – 272 с.

45. Ефремов, Ю. Е. Влияние различных способов обработки каштановых почв на урожайность и качество озимой пшеницы в условиях Красногвардейской опытно-селекционной станции / Ю. Е. Ефремов, В. С. Цховребов // Материалы 74-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 7–15 апреля 2010 года) «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Северо-Кавказского Федерального Округа». – Ставрополь, 2010. – С. 74–75.

46. Зайцев, В. Н. Интегрированное влияние удобрений и фунгицида на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе обыкновенном : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Зайцев Василий Николаевич. – Ставрополь, 2010. – 22 с.

47. Иваницкий, Я. В. Влияние серы на фотосинтетический аппарат, зерновую продуктивность и качество зерна озимой пшеницы / Я. В.

Иваницкий, В. И. Каленич // Аграрная наука. – 2011. – № 4. – С. 12–14.

48. Ильинова, М. И. Изменение свойств черноземов и солонцов Ставропольской возвышенности при сельскохозяйственном использовании : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Ильинова Мария Ивановна. – Краснодар, 2009. – 24 с.

49. Карабутов, А. П. Влияние агроприёмов на режим калия чернозема типичного / А. П. Карабутов, Г. И. Уваров, С. И. Тютюнов // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 36–38.

50. Каргин, В. И. Оценка эффективности применения минеральных удобрений и биопрепаратов под озимую пшеницу / В. И. Каргин, Р. А. Захаркина, И. А. Латышова, Н. А. Перов, Н. В. Лукьянова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 7. – С. 21–23.

51. Квашин, А. А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественников и системы удобрений на обыкновенном черноземе Западного Предкавказья : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Квашин Александр Алексеевич. – Краснодар, 2003. – 28 с.

52. Керимов, Я. Г. Эффективность основной и предпосевной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы / Я. Г. Керимов // Земледелие. – 2011. – № 7. – С. 28–30.

53. Ковтун, В. И. Технология выращивания высококачественного зерна озимой пшеницы на юге России / В. И. Ковтун, Л. Н. Ковтун // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 27–29.

54. Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополя / М. Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. – 423 с.

55. Куркаев, В. Т. Агрохимия: учебное пособие / В. Т. Куркаев, А. Х. Шеуджен. – Майкоп, ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.

56. Лазарев, В. И. Внесение комплексных удобрений с микроэлементами в посевы озимой пшеницы / В. И. Лазарев, А. Я. Айдиев, А. Б. Варганова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 6. – С. 22–25.

57. Леонтьев, А. С. Плодородие чернозема южного и продуктивность зернопарового севооборота при длительном применении органических и органо-минеральных удобрений в Поволжье / Леонтьев Алексей Сергеевич. – Саратов, 2007. – 22 с.

58. Лукин, С. В. Динамика содержания подвижной серы в почвах Белгородской области / С. В. Лукин, С. В. Меленцова, П. М. Авраменко // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – №2. – С. 21–22.

59. 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.

60. Маслова, И. Я. Диагностика и регуляция питания яровой пшеницы серой / И. Я. Маслова. – Новосибирск.: В. О. «Наука». Сибирская издательская фирма, 1993. – 124 с.

61. Мельникова, М. Г. Влияние длительного применения удобрений на динамику подвижных форм фосфора и калия чернозема выщелоченного / М. Г. Мельникова, О. А. Минакова // Плодородие. – 2013. – № 2. – С. 5–7.

62. Минакова, О. А. Динамика фосфатного режима чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в зернопропашном севообороте лесостепи ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, М. Г. Мельникова // Агрохимия. – 2013. – № 5. – С. 9–17.

63. Минеев, В. Г. Удобрение зерновых культур / В. Г. Минеев, М. М. Ивлев, Д. М. Анкист. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 160 с.

64. Минеев, В. Г. Эффективность удобрений при возделывании озимой пшеницы на карбонатном черноземе в зависимости от метеоусловий / В. Г. Минеев // Агрохимия. – 2005. – № 3. – С. 30–35.

65. Муравин, Э. А. Агрохимия : учебник для студ. учреждений высш. образования / Э. А. Муравин, Л. В. Ромодина, В. А. Литвинский. – Москва, 2014. – 304 с.

66. Неволина, К. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность

и качество зерна озимых зерновых культур в Предуралье / К. Н. Неволлина // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 27–29.

67. Никитенко, Г. Ф. Удобрение и качество продукции / Г. Ф. Никитенко, В. Е. Русков. – М.; «Моск. Рабочий». – 1978. – 128 с.

68. Носатовский, А. И. Пшеница / А. И. Носатовский. – Москва, 1950. – 402 с.

69. Олейников, А. Ю. Влияние способов применения макро- и микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном : автореф. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Олейников Андрей Юрьевич. – Ставрополь, 2012. – 22 с.

70. Орлов, Д. С. Биогеохимия / Д. С. Орлов, О. С. Безуглова – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.

71. Панасин, В. И. «Сера и урожай» / В. И. Панасин, В. Д. Слобожанинова, Н. В. Лопатина. Изд. «КГТ», Калининград, 1999. – 150 с.

72. Петрова, Л. Н. Удобрения и урожай / Л. Н. Петрова, А. Я. Чернов. – Ставрополь, 1975. – 117 с.

73. Подколзин, А. И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии юга России / А. И. Подколзин. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 182 с.

74. Подколзин, А. И. Практическое руководство по контролю за состоянием посевов озимой пшеницы в Ставропольском крае / А. И. Подколзин. – Ставрополь, 2000. – 31 с.

75. Полоус, Г. П. Влияние основного удобрения на структуру урожайности зерна озимой пшеницы / Г. П. Полоус, А. И. Войсковой, Е. И. Костенко // Материалы 77-й научно-практической конференции «Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском Федеральном округе». – Ставрополь, 2013. – С. 99–102.

76. Посыпанов, Г. С. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Г. В. Коренев. – М.: Колос, 1997. – 448 с.

77. Прошкин, В. А. Связь эффективности внесения фосфорных

удобрений под озимую пшеницу с агрохимическими свойствами почв / В. А. Прошкин, Е. В. Шаброва, Л. С. Чернова // Плодородие. – 2014. – № 3 (78). – С. 4–7.

78. Рекомендации по использованию соломы на удобрение в Ставропольском крае. – Ставрополь: ГУП «Ставропольская краевая типография», 2003 – 36 с.

79. Романенко, А. А. Плодородие чернозема выщелоченного деградированного и продуктивность озимой пшеницы в севообороте при различных способах обработки и системах удобрения / А. А. Романенко, В. М. Кильдюшкин, В. А. Кулик, А. Г. Солдатенко, Е. Г. Животовская // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 3.– С. 8–10.

80. Рухович, О. В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от условий агроландшафта / О. В. Рухович, В. А. Романенко, А. А. Ермаков // Плодородие. – 2014. – № 3 (78). – С. 12–14.

81. Рябов, Е. И. Научно-методическое пособие по применению почвозащитной безотвальной обработки на территории Ставропольского края / Под общ. Ред. проф. Е. И. Рябова. – Ставрополь: Кн. Из-во, 2002. – 159 с.

82. Самтоенко, А.С. Влияние микроэлементов и серы на урожайность и качество озимой пшеницы в условиях типичного и обыкновенного чернозёмов Воронежской области : автореф. дис....кандидата сельскохозяйственных наук / Самтоенко Андрей Сергеевич. – Москва, 2011. – 27 с.

83. Сандухадзе, Б. И. Влияние азотной подкормки сортов озимой пшеницы нового поколения на урожай, качество, рентабельность / Б. И. Сандухадзе, Е. В. Журавлев // Агрохимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 6–8.

84. Симбирёв, Н. Ф. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения Ставропольского края / Н. Ф. Симбирёв, В. А. Болвачев, А. Н.

Перепелицын и др. – Ставрополь: ГУП СК «Ставропольская краевая типография», 2003. – 208 с.

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

86. Слюсарев, В. Н. Сера в почвах Северо-Западного Кавказа (агроэкологические аспекты): монография / В. Н. Слюсарев. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 230 с.

87. Смирнов, П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин. – М., «Колос», 1977. – 240 с.

88. Смуров, С. И. Влияние способов основной обработки почвы на содержание микроэлементов / С. И. Смуров, Г. С. Агафонов, О. В. Григоров, Н. В. Шелухина // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 5.– С. 5–7.

89. Стекольников, К. Е. Влияние длительного применения удобрений и мелиоранта на содержание гумуса в черноземе выщелоченном / К. Е. Стекольников, О. М. Кольцова // Земледелие. – 2012. – № 6. – С. 7–10.

90. Сычев, В. Г. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений // В.Г. Сычев, С.А. Шафран. – Москва, 2013. – 296 с.

91. Тагиров, М. Ш. Влияние уровня азотного питания и микроэлементов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях северных районов Среднего Поволжья / М. Ш. Тагиров, И. Д. Фадеева, И. Н. Газизов // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 9. – С. 34–36.

92. Ткаченко, Д. А. Влияние предшественников и способов основной обработки почвы на взаимоотношения компонентов агрофитоценоза и урожайность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном : автореф. дис ... кандидата сельскохозяйственных наук / Ткаченко Дмитрий Александрович. – Ставрополь, 2005. – 23 с.

93. Толоконников, А. М. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на

черноземе выщелоченном / А. М. Толоконников, Н. Г. Мязин // Агрохимический вестник. – 2012. – № 4. – С. 13–14.

94. Тонконоженко, Е. В. Регулирование содержания серы в почвах как элемент оптимизации плодородия почв / Е. В. Тонконоженко // Тез. докл. VII Делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов. Ч. 3. – Ташкент, 1985. – С. 172.

95. Уваров, Г. И. Влияние удобрений и способов обработки почвы на содержание форм азота в черноземе типичном / Г. И. Уваров, А. П. Карабутов // Агрохимия. – 2014. – № 2. – С. 13–19.

96. Федосеев, А. П. Погода и эффективность удобрений / А. П. Федосеев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.

97. Фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы в осенний период, прогноз и защитные мероприятия в 2015 г. / В. Н. Черкашин, А. Н. Малыхина, Г. В. Черкашин, К. А. Макаров. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. Аграрного университета, 2015. – 8 с.

98. Фурсова, А. Ю. Влияние длительного применения систем удобрений в стационарном опыте на содержание серы в черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Ю. Фурсова, А. Н. Есаулко, В. И. Радченко, Е. А. Устименко, Е. А. Марьина // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе. – Ставрополь : Параграф, 2013. – С. 132–133.

99. Фурсова, А. Ю. Оптимизация применения доз и способов внесения азотных удобрений под озимые культуры в Ставропольском крае / А. Ю. Фурсова, А. Ю. Гурьева, А. Н. Есаулко // Сборник тезисов научно-исследовательских проектов Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ учащихся, студентов, аспирантов (соискателей) и научных сотрудников «Развитие АПК юга России», посвященный 90-летию Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – С. 61–64.

100.Фурсова, А. Ю. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности / А. Ю. Фурсова // Аграрная наука, творчество, рост. Секция факультетов агробиологии и земельных ресурсов, экологии и ландшафтной архитектуры «Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК» Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции (г. Ставрополь, Ставропольский ГАУ, 5–11 февраля 2015 года). – Ставрополь: Секвойя, 2015. – С. 200–202.

101.Фурсова, А. Ю. Влияние систем удобрения и приёмов обработки почвы на условия формирования продуктивности озимой пшеницы после предшественника горох на черноземе выщелоченном / А. Ю. Фурсова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105).

102.Фурсова, А. Ю. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки чернозема выщелоченного на химический состав растений озимой пшеницы / А. Ю. Фурсова, А. Н. Есаулко // Вестник АПК Ставрополя. – Ставрополь, 2015. – №2(18). – С. 182–186.

103.Цвей, Я. П. Влияние севооборота и системы удобрения на фосфатный режим чернозема выщелоченного / Я. П. Цвей, В. В. Иванина, Е. Т. Петрова // Земледелие. – 2014. – № 2.– С. 17–20.

104.Цвей, Я. П. Динамика фосфатного режима чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / Я. П. Цвей, В. В. Иванина, Е. Т. Петрова, Ю. П. Дубовый // Плодородие. – 2013. – № 4.– С. 28–31.

105.Церлинг, В. В. Влияние уровня серного питания на формирование урожая злаковых, бобовых и крестоцветных растений / В. В. Церлинг, А. А. Ерофеев // Агрехимия. 1972. – № 4. С. 74–83.

106.Цховребов, В. С. Изменение содержания органического вещества

черноземов Центрального Предкавказья / В. С. Цховребов, А. А. Новиков, В. И. Фаизова // Агрехимический вестник. – 2005. – № 4. – С. 18–22.

107.Челядинов, Г. И. Рациональное применение удобрений в полеводстве Ставрополя / Г. И. Челядинов. – Ставрополь, 1964. – 48 с.

108.Черкасов, Г. Н. Способ основной обработки, урожай и качество зерна / Г. Н. Черкасов, Д. В. Дубовик, Е. В. Шутов, С. И. Казанцев // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 18–19.

109.Шафран, С. А. Азотное питание / С. А. Шафран, В. Г. Сычев, А. Л. Кондрашов. – М. : ЕвроХим, 2013. – 80 с.

110.Шевякова, Н. И. Метаболизм серы в растениях / Н. И. Шевякова. – М.:Наука, 1979. – 165 с.

111.Шеуджен, А. Х. Агробиогехимия / А. Х. Шеуджен. – Краснодар :КубГАУ, 2010. – 877 с.

112.Шеуджен, А. Х. Агрехимия в России / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: Издательство «Афиша», 2006. – 726 с.

113.Шеуджен, А. Х. Биогехимия / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.

114.Шеуджен, А. Х. Валовое содержание серы и ее формы в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А. Х. Шеуджен, В. Н. Слюсарев, Т. Н. Бондарева, О. А. Гуторова, М. А. Осипов, С. В. Есипенко // Плодородие. – 2014. – №4 (79). – С. 29–30.

115.Шеуджен, А. Х. Диагностика минерального питания растений / А. Х. Шеуджен, А. В. Загорулько, Л. И. Громова, Л. М. Онищенко, И. А. Лебедовский, М. А. Осипов. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 298 с.

116.Шеуджен, А. Х. Региональная агрехимия. Северный Кавказ : учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Л. М. Онищенко / под ред. И. Т. Трубилина. – Краснодар : КубГАУ, 2008. – 502 с.

117.Шустикова, Е. П. Азотный режим чернозема обыкновенного и продуктивность сельскохозяйственных культур в последствии различных доз азотных удобрений / Е. П. Шустикова, Н. Н. Шаповалова // Агрехимия. –

2014. – № 2. – С. 20–25.

118.Шустикова, Е. П. Изменение калийного режима чернозема обыкновенного под влиянием систематического внесения минеральных удобрений / Е. П. Шустикова, Н. Н. Шаповалова // *Агрохимический вестник*. – 2012. – № 2. – С. 5–7.

119.Babulicová, M. The influence of winter wheat continuous cropping and fertilization on the crop yields and microbial soil diversity / M. Babulicová, N. Faragová // *Cereal Research Communications*. – 2014. – 42(2). – P. 326-337.

120.Bairwa, R. K.Phosphorus levels and phosphatic biofertilizers influenced yield, nutrient uptake and soil fertility under wheat (*Triticum aestivum* L.) / R. K. Bairwa, H. S. Purohit, R. H. Meena, H. K. Jain // *Ecology, Environment and Conservation*. – 2013. - 19 (3). – P. 757–762.

121.Chuan, L.-M. Nitrogen cycling and balance for wheat in China / L.-M. Chuan, P. He, T.-K. Zhao, W. Zhou, H. -G. Zheng // *Chinese Journal of Applied Ecology*. – 2015. – 26 (1). – P. 76–86.

122.Cormier, F.A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) / F. Cormier, S. Faure, P. Dubreuil, S. Praud, J. Le Gouis // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2013. – 126 (12). – P. 3035–3048.

123.Dabin, Z. Responses of winter wheat production to green manure and nitrogen fertilizer on the loess plateau / Z. Dabin, Y. Pengwei, Z. Na, C. Weidong, G. Yajun // *Agronomy Journal*. – 2015. – 107 (1). – P. 361–374.

124.Dai, X. Increased plant density of winter wheat can enhance nitrogen–uptake from deep soil / X. Dai, L. Xiao, D. Jia, Y. Zhang, , M. He // *Plant and Soil*. – 2014. - 384 (1-2). – P. 141–152.

125.Guo, Z. Nitrogen use by winter wheat and changes in soil nitrate nitrogen levels with supplemental irrigation based on measurement of moisture content in various soil layers / Z. Guo, Y. Zhang, J. Zhao, Y. Shi, Z. Yu // *Field Crops Research*. – 2014. – 164(1). – P. 117–125.

126.Hao, Z.Effect of straw on soil evaporation of winter wheat // Z. Hao, Q. Dong, H. Feng, Z. Wang // Paiguan Jixie Gongcheng Xuebao/Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering. – 2013. – 31(10). – P. 907–913.

127.Horváth, C. The effect of nitrogen fertilization and crop year precipitation on the protein and wet gluten content of wheat (*Triticum aestivum* L.) grain / C. Horváth, J. Kis, Á. Tarnawa, H. Nyárai, M. Jolánkai // *Agrokemia es Talajtan.* – 2014. – 63 (1). – P. 159–164.

128.Karaca, H. Effects of elemental sulfur and mycorrhizae on the yield of wheat in different soils / H. Karaca // *Journal of Plant Nutrition.* – 2014. – 37 (1). – P. 1–15.

129.Liu, J. Simulating yield gap of winter wheat in response to nitrogen management in North China Plain based on DSSAT model / J. Liu, Q. Chu, G. Wang, F. Chen, Y. Zhang // *Nongye Gongcheng Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering.* – 2013. – 29 (23). – P. 124–129.

130.Lu, D. The effects of cultivar and nitrogen management on wheat yield and nitrogen use efficiency in the North China Plain / D. Lu, F. Lu, J. Pan, M. He, Z. Wang // *Field Crops Research.* – 2015. – 171. – P. 157–164.

131.Mayer, J. Productivity, quality and sustainability of winter wheat under long-term conventional and organic management in Switzerland / J. Mayer, L. Gunst, P. Mäder, I. K. Thomsen, D. Dubois // *European Journal of Agronomy.* – 2015. – 65. – P. 27–39.

132.Miao, Y. -F. Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer / Y. -F. Miao, Z. -H. Wang, S. -X. Li // *Field Crops Research.* – 2015. – 170. – P. 119–130.

133.Ni, K. Ammonia volatilization after application of urea to winter wheat over 3 years affected by novel urease and nitrification inhibitors / K. Ni, A. Pacholski, H. Kage // *Agriculture, Ecosystems and Environment.* – 2014. – 197. – P. 184-194.

134.Noack, S. R.Phosphorus speciation in mature wheat and canola plants as affected by phosphorus supply / S. R. Noack, M.J. McLaughlin, R. J. Smernik, T. M. McBeath, R. D. Armstrong // *Plant and Soil*. – 2014. – 378 (1–2). – P. 125–137.

135. Stepień, A. Composition of gluten proteins in spring and winter wheat grain cultivated under conditions of varied fertilization / A. Stepień, K. Wojtkowiak // *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. – 2013. – 63 (7). – P. 588–594.

136.Szabó, E. Relationship between the physiological properties and yield of winter wheat varieties on chernozem soil / E. Szabó, // *Acta Agronomica Hungarica*. – 2013. – 61 (4). – P. 279–292.

137.Yan, L. Effect of drought Stress on growth and development in winter wheat with aquasorb-fertilizer / L. Yan, Y. Shi // *Advance Journal of Food Science and Technology*. –2013. – 61 (11), – P. 1502–1504.

138.Yang, S.–Q. Effect of swine manure application on nitrate leaching in winter wheat field in the Yellow River irrigation area of Ningxia, China / S.–Q. Yang, Y.–S. Wang, X.–J. Xie, Z.–L. Yang // *Chinese Journal of Applied Ecology*. – 2014. – 25 (6). – P. – 1759–1764.

139.Yang, W. Prediction model of winter wheat yield based on soil parameters / W. Yang, H. Sun, L. Zheng, M. Li // *Nongye Gongcheng Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. – 2013. – 29 (23). – P. 118–123.

140.Yang, Z. C. Long-term effects of different organic and inorganic fertilizer treatments on soil organic carbon sequestration and crop yields on the North China Plain / Z. C. Yang, N. Zhao, F. Huang, Y. Z. Lv // *Soil and Tillage Research*. – 2015. – 146 (PA). – P. 47–52.

141.Zhao, B. New critical nitrogen curve based on leaf area index for winter wheat / B. Zhao, X. Yao, Y. Tian, W. Cao, Y. Zhu // *Agronomy Journal*. – 2014. – 106 (2). – P. 379–389.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Приложение 1 – Распределение осадков (мм) в годы проведения исследований по данным метеостанции
г. Ставрополя, 2010–2014 гг.**

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 – Среднемесячная температура воздуха (°С) в годы проведения исследований по данным метеостанции г. Ставрополя, 2010 – 2014 гг.

Год	Среднемесячная температура												среднегодовая
	Месяцы												
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
2010-2011	25,7	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
Среднемноголетние	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 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на содержание продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С																				А, НСР ₉₅ =2,1	В, НСР ₉₅ =0,3
		Перед посевом				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	27,1	24,3	26,2	31,1	27,9	25,8	26,2	32,8	27,9	25,9	28,0	33,9	25,8	22,8	25,1	27,0	22,2	18,4	19,6	23,9	26,5	23,7
	Рекомендованная	25,8	23,8	24,9	29,1	27,9	23,9	25,9	30,0	28,0	24,8	26,8	31,9	25,8	22,9	23,9	27,1	22,0	18,3	19,6	23,1		24,4
	Биологизированная	25,8	23,8	25,1	29,9	25,0	24,8	26,8	31,1	27,9	25,8	26,2	32,8	25,8	22,8	25,1	27,0	22,2	18,8	19,1	23,5+		24,1
	Расчетная	26,6	23,8	24,9	28,3	27,9	23,9	25,8	29,9	28,3	24,1	26,8	30,1	25,1	22,1	23,1	26,9	21,9	18,3	19,5	22,9		25,5
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	25,2	24,1	25,9	30,1	27,8	24,3	26,2	31,5	29,0	26,5	28,2	30,7	24,8	22,1	23,6	26,3	20,9	18,4	20,1	22,6	24,2	
	Рекомендованная	24,7	22,1	23,5	26,1	25,6	22,8	24,3	29,8	27,0	25,1	26,9	31,0	23,5	21,0	22,6	25,2	20,0	17,5	19,2	21,7		
	Биологизированная	24,7	22,2	23,7	22,6	26,8	24,1	25,6	28,3	27,9	24,8	26,2	31,8	23,9	25,1	23,1	25,5	20,3	17,8	19,3	21,8		
	Расчетная	25,3	21,9	22,9	25,1	25,2	22,1	24,2	29,4	27,1	23,5	25,8	29,5	23,9	21,0	22,5	25,4	19,8	128,4	19,2	20,6		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	25,6	23,1	24,8	27,3	27,1	24,4	26,1	28,6	29,9	27,4	29,1	31,6	23,5	21,0	22,7	25,2	21,2	18,7	20,4	22,9	23,4	
	Рекомендованная	21,9	19,4	21,1	23,6	25,0	22,5	24,2	26,7	27,9	24,8	26,2	32,8	22,9	20,4	22,1	24,6	18,7	16,3	17,9	20,4		
	Биологизированная	22,4	19,9	21,6	24,1	25,8	23,3	25,0	27,5	28,7	26,2	27,9	30,4	22,3	20,8	22,5	25,0	18,9	16,4	18,1	20,6		
	Расчетная	22,5	20,0	21,7	24,2	24,7	22,2	23,9	26,4	25,7	23,2	24,9	27,4	22,3	19,8	21,5	24,0	18,5	16,0	17,7	20,2		
С, НСР ₉₅ =1,2		24,8	22,3	23,8	26,8	26,4	23,6	25,3	29,3	27,9	25,2	26,9	31,1	24,1	21,5	23,1	25,7	20,5	17,7	19,1	22	НСР ₉₅ =3,5	

Приложение 4 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С																				А, НСР ₉₅ =0,02	В, НСР ₉₅ =0,06
		Перед посевом				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	6,07	6,27	6,36	5,90	5,95	6,16	6,27	5,82	5,95	6,15	6,24	5,78	5,87	6,07	6,16	5,70	6,05	6,25	6,34	5,88	6,01	6,03
	Рекомендованная	6,02	6,22	6,31	5,85	5,91	6,11	6,20	5,74	5,82	6,02	6,11	5,65	5,73	5,93	6,02	5,56	5,87	6,07	6,16	5,70		5,91
	Биологизированная	6,07	6,27	6,36	5,90	6,06	6,26	6,35	5,89	6,03	6,23	6,32	5,86	5,94	6,14	6,23	5,77	6,06	6,26	6,35	5,89		6,14
	Расчетная	5,99	6,19	6,28	5,82	5,91	6,11	6,20	5,74	5,55	5,78	6,23	5,92	5,63	5,83	5,92	5,46	5,82	6,02	6,11	5,65		5,85
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	6,02	6,22	6,31	5,85	5,97	6,17	6,26	5,80	5,87	6,07	6,16	5,70	5,83	6,03	6,12	5,66	6,01	6,21	6,30	5,84	5,98	
	Рекомендованная	5,99	6,19	6,28	5,82	5,87	6,07	6,16	5,70	5,77	5,97	6,06	5,60	5,83	6,17	5,68	5,44	5,82	6,02	6,11	5,65		
	Биологизированная	6,09	6,29	6,38	5,92	6,18	6,38	6,47	5,61	6,03	6,23	6,32	5,86	6,03	6,25	6,27	5,81	6,07	6,27	6,36	5,90		
	Расчетная	5,97	6,17	6,26	5,80	5,81	6,01	6,10	5,64	5,71	5,91	6,00	5,54	5,62	5,82	5,91	5,45	5,81	6,01	6,10	5,64		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	6,07	6,27	6,36	5,90	5,98	6,18	6,27	5,81	5,77	5,97	6,06	5,60	5,76	5,96	6,05	5,59	6,05	6,25	6,34	5,88	5,96	
	Рекомендованная	5,98	6,18	6,27	5,81	5,85	6,05	6,14	5,68	5,73	5,93	6,02	5,56	5,67	5,87	5,96	5,50	5,80	6,00	6,09	5,63		
	Биологизированная	6,17	6,37	6,46	6,00	6,15	6,35	6,44	5,98	6,07	6,27	6,36	5,90	5,94	6,14	6,23	5,77	6,25	6,30	6,46	5,91		
	Расчетная	5,93	6,13	6,22	5,76	5,77	5,97	6,06	5,60	5,67	5,87	5,96	5,50	5,58	5,78	5,87	5,41	5,60	5,80	5,89	5,43		
С, НСР ₉₅ =0,8		6,03	6,23	6,32	5,86	5,95	6,15	6,24	5,75	5,83	6,03	6,15	5,71	5,79	6,00	6,04	5,59	5,93	6,12	6,22	5,75	НСР ₉₅ =0,16	

Приложение 5 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания минерального азота (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С																				А, НСР ₉₅ = 1,1	В, НСР ₉₅ = 1,2
		Перед посевом				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	23,4	23,1	23,0	23,7	26,3	26,0	25,9	26,6	22,9	22,6	22,5	23,2	21,1	20,8	20,7	21,4	17,5	17,2	17,1	17,8	24,9	18,7
	Рекомендованная	32,8	36,2	32,4	33,1	36,5	36,2	36,1	36,8	33,7	33,4	33,3	34,0	26,8	26,5	26,4	27,1	19,7	19,3	19,2	19,9		22,9
	Биологизированная	29,6	29,3	29,2	29,9	32,1	31,8	31,7	32,4	28,9	28,6	28,5	29,2	24,0	23,7	23,6	24,3	18,9	18,6	18,5	19,2		20,9
	Расчетная	44,7	44,4	44,3	45,0	55,6	55,3	55,2	55,9	50,8	50,5	50,4	51,1	39,6	39,3	39,2	39,9	24,6	29,3	27,2	32,9		27,1
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	18,7	20,2	18,7	20,8	20,2	19,9	19,8	20,5	18,0	17,7	17,6	18,3	16,6	16,3	16,2	16,9	14,5	14,2	14,1	14,8	22,3	
	Рекомендованная	25,5	25,2	25,1	25,8	26,0	25,7	25,6	26,3	25,0	25,9	23,8	25,7	22,1	21,8	21,7	22,4	17,4	17,1	17,0	17,7		
	Биологизированная	22,3	22,0	21,9	22,6	22,7	22,4	22,3	23,0	22,0	21,7	21,6	22,3	24,2	21,9	20,5	17,8	16,2	15,9	15,8	16,5		
	Расчетная	29,3	29,0	28,9	29,6	31,3	31,0	30,9	31,6	30,2	29,9	29,8	30,5	26,2	25,9	25,8	26,5	22,2	21,9	21,8	22,5		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	17,7	17,4	17,3	18,0	18,9	18,6	18,5	19,2	16,6	16,3	16,2	16,9	16,0	15,7	15,6	16,3	13,5	13,2	13,1	13,8	20,1	
	Рекомендованная	21,2	20,9	20,8	21,5	22,4	22,1	22,0	22,7	22,0	21,7	21,7	22,4	20,6	20,3	20,2	20,9	15,2	14,9	14,8	15,5		
	Биологизированная	20,2	19,9	19,8	20,5	21,0	20,7	20,6	21,3	19,5	19,2	19,1	19,8	19,4	19,1	19,0	19,7	14,6	14,3	14,2	14,9		
	Расчетная	25,3	25	25	25,6	30	29,7	29,6	30,3	25,2	24,9	24,8	25,5	23,4	23,1	23	23,7	20,3	20	19,9	20,6		
С, НСР ₉₅ = 1,2		25,9	26,1	25,5	26,3	28,6	28,3	28,2	28,9	26,2	26,0	25,8	26,6	23,3	22,9	22,7	23,1	17,9	18,0	17,7	18,8	НСР ₉₅ = 3,6	

Приложение 6 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С																				А, НСР ₉₅ = 0,8	В, НСР ₉₅ = 1,4
		Перед посевом				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	22,8	22,5	22,4	23,1	20,0	19,7	19,6	20,3	16,3	16,0	15,9	16,6	14,5	14,2	14,1	14,8	13,6	13,3	13,2	13,9	22,2	17,2
	Рекомендованная	28,4	28,1	28,0	28,7	25,9	25,6	25,5	26,2	23,6	23,3	23,2	23,9	19,8	19,5	19,4	20,1	18,3	18,0	17,9	18,6		22,0
	Биологизированная	24,9	24,6	24,5	25,2	21,8	21,5	21,4	22,1	19,9	29,6	29,5	30,2	18,5	18,2	18,1	18,8	17,0	16,7	16,6	17,3		19,4
	Расчетная	34,7	34,4	34,3	35,0	31,5	33,2	34,1	30,8	28,8	28,5	28,4	29,1	26,9	16,6	16,5	17,2	23,8	23,5	23,4	24,1		26,9
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	22,2	21,9	21,8	22,5	20,0	19,7	19,6	20,3	16,1	15,8	15,7	16,4	14,9	14,6	14,5	15,2	14,2	13,9	13,8	14,5	21,5	
	Рекомендованная	27,5	27,2	27,1	27,8	25,8	25,5	25,4	26,1	21,3	21,0	20,9	21,6	19,1	18,8	18,7	19,4	16,3	16,0	15,9	16,6		
	Биологизированная	23,3	23,0	22,9	23,6	21,8	21,5	21,4	22,1	20,2	19,9	19,8	20,5	18,2	17,9	17,8	18,5	13,6	14,3	17,2	16,9		
	Расчетная	33,3	33,0	32,9	33,6	31,3	31,0	30,9	31,6	29,4	29,1	29,0	29,7	25,2	24,9	24,8	25,5	22,2	19,9	19,8	20,5		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	21,9	21,6	21,5	22,2	19,2	18,9	18,8	19,5	15,6	15,3	15,2	15,9	14,0	13,7	13,6	14,3	14,0	13,7	13,6	14,3	20,5	
	Рекомендованная	26,4	26,1	26,0	26,7	25,2	24,9	24,8	25,5	20,2	19,9	19,8	20,5	19,6	19,3	17,2	17,9	15,6	15,3	15,2	15,9		
	Биологизированная	22,2	21,9	21,8	22,5	20,2	19,9	19,8	20,5	18,6	18,3	18,2	18,9	17,4	17,1	17,0	17,7	13,6	13,3	13,2	13,9		
	Расчетная	33,0	32,7	32,6	33,3	31,0	30,7	30,6	31,3	27,3	27,0	26,9	27,6	24,4	24,1	24,0	24,7	21,4	21,1	21,0	21,7		
С, НСР ₉₅ = 1,2		26,7	26,4	26,3	27,0	24,5	24,3	24,3	24,7	21,4	22,0	21,9	22,6	19,4	18,2	18,0	18,7	17,0	16,6	16,7	17,4	НСР ₉₅ = 3,5	

Приложение 7 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С																				А, НСР ₉₅ = 7,2	В, НСР ₉₅ = 14,3
		Перед посевом				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	238	206	195	273	246	214	203	281	224	192	181	259	195	163	152	230	198	166	155	233	243	223
	Рекомендованная	279	247	236	314	283	251	240	318	251	219	208	286	248	216	205	283	264	232	221	299		236
	Биологизированная	267	235	224	302	274	242	231	309	243	211	200	278	237	205	194	272	251	219	208	286		246
	Расчетная	272	240	229	307	295	263	252	330	266	234	223	301	259	227	216	294	277	245	234	312		249
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	232	200	189	267	240	208	197	275	220	188	177	255	190	158	147	225	192	160	149	227	237	
	Рекомендованная	265	233	222	300	274	242	231	309	250	230	205	255	241	209	198	276	255	223	212	290		
	Биологизированная	260	228	217	295	269	237	226	304	231	199	188	266	230	198	187	265	286	204	213	241		
	Расчетная	283	249	223	285	289	257	246	324	252	220	209	287	249	217	206	284	265	233	222	300		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	230	198	187	265	235	203	192	270	211	179	168	246	189	157	146	224	188	156	145	223	235	
	Рекомендованная	260	228	217	295	270	238	227	305	253	221	210	288	279	237	176	224	243	211	200	278		
	Биологизированная	255	222	211	289	265	233	222	300	244	212	201	279	226	194	183	261	241	209	198	276		
	Расчетная	265	233	222	300	281	249	238	316	257	225	214	292	241	209	198	276	256	224	213	291		
С, НСР ₉₅ = 14,2		259	227	214	291	268	236	225	303	242	211	199	274	232	199	184	260	243	207	198	271	НСР ₉₅ = 34,8	

Приложение 8 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания подвижной серы (мг/кг) в 0–20 см слое почвы в посевах озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Срок отбора, С																				А, НСР ₉₅ =0,4	В, НСР ₉₅ =0,5
		Перед посевом				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20-22 см	Контроль	5,0	4,7	4,8	5,1	4,4	4,1	4,2	4,5	4,3	4,0	4,1	4,4	4,0	3,7	3,8	4,1	3,8	3,5	3,6	3,9	4,5	4,0
	Рекомендованная	5,2	4,9	5,0	5,3	5,0	4,7	4,8	5,1	4,6	4,3	4,4	4,7	4,2	3,9	4,0	4,3	4,0	3,7	3,8	4,1		4,3
	Биологизированная	5,8	5,5	5,6	5,9	5,6	5,3	5,4	5,7	5,2	4,9	5,0	5,3	5,0	4,7	4,8	5,1	4,6	4,3	4,4	4,7		4,9
	Расчетная	5,0	4,7	4,8	5,1	4,2	3,9	4,0	4,3	4,0	3,7	3,8	4,1	3,8	3,5	3,6	3,9	3,4	3,1	3,2	3,5		3,8
Комбинированный, 20-22 см	Контроль	4,9	4,6	4,7	5,0	4,3	4,0	4,1	4,4	4,2	3,9	4,0	4,3	3,9	3,6	3,7	4,0	3,7	3,4	3,5	3,8	4,2	
	Рекомендованная	5,1	4,8	4,9	5,2	5,7	5,4	3,5	3,8	4,2	3,9	4,0	4,3	3,9	3,6	3,7	4,0	3,6	3,3	3,4	3,7		
	Биологизированная	5,6	5,3	5,4	5,7	5,2	4,9	5,0	5,3	5,0	4,7	4,8	5,1	3,6	3,3	5,4	5,7	4,4	4,1	4,2	4,5		
	Расчетная	4,8	4,5	4,6	4,9	4,1	3,8	3,9	4,2	4,7	3,4	3,0	3,3	3,5	3,2	3,3	3,6	3,2	2,9	3,0	3,3		
Поверхностная обработка, 10-12 см	Контроль	4,7	4,4	4,5	4,8	4,2	3,9	4,0	4,3	3,8	3,5	3,6	3,9	3,5	3,2	3,3	3,6	3,3	3,0	3,1	3,4	4,0	
	Рекомендованная	5,0	4,7	4,8	5,1	4,8	4,5	4,6	4,9	4,1	3,8	3,9	4,2	3,7	3,4	3,5	3,8	3,3	3,0	3,1	3,4		
	Биологизированная	5,3	5,0	5,1	5,4	5,1	4,8	4,9	5,2	4,8	4,5	4,6	4,9	4,5	4,2	4,3	4,6	3,2	4,9	5,0	3,3		
	Расчетная	4,6	4,3	4,4	4,7	4,2	3,9	4,0	4,3	3,4	3,1	3,2	3,5	3,2	2,9	3,0	3,3	2,8	2,5	2,6	2,9		
С, НСР ₉₅ = 0,9		5,1	4,8	4,9	5,2	4,7	4,4	4,4	4,7	4,4	4,0	4,0	4,3	3,9	3,6	3,9	4,2	3,6	3,5	3,6	3,7	НСР ₉₅ = 1,8	

Приложение 9 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику накопления сухой биомассы (т/га) растениями озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С																				А, НСР ₉₅ =0,05	В, НСР ₉₅ =0,11
		Всходы				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	0,78	0,59	0,38	0,89	1,07	1,01	0,86	1,14	3,16	3,06	3,08	3,22	8,91	6,66	5,43	9,32	9,56	7,21	6,82	9,69	4,98	4,13
	Рекомендованная	1,10	0,91	0,70	1,21	1,17	1,11	0,96	1,24	4,07	3,97	3,99	4,13	10,71	8,46	7,23	11,12	11,29	8,94	8,55	11,42		5,11
	Биологизированная	0,99	0,80	0,59	1,10	1,14	1,08	0,93	1,21	3,95	3,85	3,87	4,01	10,23	7,98	6,75	10,64	10,79	8,44	8,05	10,92		4,85
	Расчетная	1,34	1,15	0,94	1,45	1,27	1,21	1,06	1,34	4,89	4,79	4,81	4,95	11,85	9,60	8,37	12,26	12,33	9,98	9,59	12,46		5,66
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	0,77	0,58	0,37	0,88	1,05	0,99	0,84	1,12	3,15	3,05	3,07	3,21	8,90	6,65	5,42	9,31	9,44	7,09	6,70	9,57	4,94	
	Рекомендованная	1,07	0,88	0,67	1,18	1,14	1,08	0,93	1,21	4,04	3,94	3,96	4,10	10,33	8,08	6,85	10,74	10,69	8,34	7,95	10,82		
	Биологизированная	0,97	0,78	0,57	1,08	1,07	1,01	0,86	1,14	3,93	3,83	3,85	3,99	10,13	7,88	6,65	10,54	10,74	8,39	8,00	10,87		
	Расчетная	1,30	1,11	0,90	1,41	1,25	1,19	1,04	1,32	4,73	4,63	4,65	4,79	11,43	9,18	7,95	11,84	11,83	9,48	9,09	11,96		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	0,75	0,56	0,35	0,86	1,06	1,00	0,85	1,13	3,13	3,03	3,05	3,19	8,83	6,58	5,35	9,24	9,26	6,91	6,52	9,39	4,91	
	Рекомендованная	1,01	0,82	0,61	1,12	1,09	1,03	0,88	1,16	3,63	3,53	3,55	3,69	9,73	7,48	6,25	10,14	10,23	7,88	7,49	10,36		
	Биологизированная	0,93	0,74	0,53	1,04	1,08	1,02	0,87	1,15	3,83	3,73	3,75	3,89	9,38	7,13	5,90	9,79	9,74	7,39	7,00	9,87		
	Расчетная	1,21	1,02	0,81	1,32	1,20	1,14	0,99	1,27	4,13	4,03	4,05	4,19	10,38	8,13	6,90	10,79	10,64	8,29	7,90	10,77		
С, НСР ₉₅ = 0,5		1,02	0,83	0,62	1,13	1,13	1,07	0,92	1,20	3,89	3,79	3,81	3,95	10,07	7,82	6,59	10,48	10,55	8,20	7,81	10,68	НСР ₉₅ = 0,31	

**Приложение 10 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания азота
(%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.**

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С																				А, НСР ₉₅ =0,10	В, НСР ₉₅ =0,16
		Всходы				Кушение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	4,12	4,35	4,47	3,98	3,61	3,64	3,74	3,70	3,01	3,24	3,36	2,87	2,62	2,85	2,97	2,48	1,72	1,95	2,07	1,58	3,42	3,04
	Рекомендованная	4,35	4,58	4,70	4,21	3,94	4,02	4,07	4,03	3,63	3,86	3,98	3,49	3,05	3,28	3,40	2,91	2,08	2,31	2,43	1,94		3,45
	Биологизированная	4,20	4,43	4,55	4,06	3,81	3,99	3,94	3,90	3,37	3,60	3,72	3,23	2,82	3,05	3,17	2,68	2,05	2,28	2,40	1,91		3,30
	Расчетная	4,57	4,80	4,92	4,43	3,14	4,27	4,27	5,23	3,80	4,03	4,15	3,66	3,20	3,43	3,55	3,06	2,10	2,33	2,45	1,96		3,57
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	4,08	4,31	4,43	3,94	3,53	3,76	3,66	3,62	2,96	3,19	3,31	2,82	2,49	2,72	2,84	2,35	1,47	1,70	1,82	1,33	3,35	
	Рекомендованная	4,26	4,49	4,61	4,12	3,88	4,01	4,20	3,97	3,54	3,77	3,89	3,40	2,98	3,21	3,33	2,84	2,17	2,40	2,52	2,03		
	Биологизированная	4,16	4,39	4,51	4,02	3,74	3,97	3,87	3,83	3,23	3,46	3,58	3,09	2,87	3,10	3,22	2,73	2,33	2,16	2,18	1,89		
	Расчетная	4,41	4,64	4,76	4,27	4,10	4,33	4,35	4,19	3,34	3,87	4,09	4,10	3,14	3,37	3,49	3,00	2,06	2,29	2,41	1,92		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	4,00	4,23	4,35	3,86	3,50	3,73	3,63	3,59	2,90	3,13	3,25	2,76	2,41	2,64	2,76	2,27	1,50	1,73	1,85	1,36	3,25	
	Рекомендованная	4,14	4,37	4,49	4,00	3,74	3,97	3,87	3,83	3,41	3,64	3,76	3,27	2,81	3,04	3,16	2,67	2,16	2,39	2,51	2,02		
	Биологизированная	4,10	4,33	4,45	3,96	3,61	3,84	3,74	3,70	3,18	3,41	3,53	3,04	2,70	2,93	3,05	2,56	2,02	2,25	2,37	1,88		
	Расчетная	4,14	4,37	4,49	4,00	3,94	4,00	4,50	4,03	3,41	3,64	3,76	3,27	3,04	3,17	3,59	2,80	2,04	2,27	2,39	1,90		
С, НСР ₉₅ = 0,25		4,21	4,44	4,56	4,07	3,71	4,03	3,99	3,97	3,32	3,57	3,70	3,25	2,84	3,07	3,21	2,70	1,98	2,17	2,28	1,81	НСР ₉₅ =0,50	

Приложение 11 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания фосфора (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С																				А, НСР ₉₅ =0,04	В, НСР ₉₅ =0,08
		Всходы				Кушение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	0,78	1,01	1,32	0,45	0,69	0,92	1,23	0,36	0,59	0,82	1,13	0,26	0,51	0,74	1,05	0,18	0,50	0,73	1,04	0,17	0,79	0,70
	Рекомендованная	0,95	1,18	1,49	0,62	0,75	0,98	1,29	0,42	0,68	0,91	1,22	0,35	0,55	0,78	1,09	0,22	0,53	0,76	1,07	0,20		0,76
	Биологизированная	0,89	1,12	1,43	0,56	0,72	0,95	1,26	0,39	0,60	0,83	1,14	0,27	0,50	0,73	1,04	0,17	0,49	0,72	1,03	0,16		0,72
	Расчетная	1,02	1,25	1,56	0,69	1,30	0,90	1,07	0,50	0,73	0,96	1,27	0,40	0,62	0,85	1,16	0,29	0,59	0,82	1,13	0,26		0,83
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	0,76	0,99	1,30	0,43	0,68	0,91	1,22	0,35	0,57	0,80	1,11	0,24	0,50	0,73	1,04	0,17	0,45	0,68	0,99	0,12	0,76	
	Рекомендованная	0,90	1,13	1,44	0,57	0,72	0,95	1,26	0,39	0,64	0,87	1,18	0,31	0,52	0,75	1,06	0,19	0,50	0,73	1,04	0,17		
	Биологизированная	0,84	1,07	1,38	0,51	0,70	0,93	1,24	0,37	0,58	0,81	1,12	0,25	0,48	0,71	1,02	0,15	0,47	0,50	0,81	0,54		
	Расчетная	0,94	1,17	1,48	0,61	0,80	1,03	1,34	0,47	0,60	1,43	0,84	0,37	0,59	0,82	1,13	0,26	0,56	0,79	1,10	0,23		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	0,74	0,97	1,28	0,41	0,64	0,87	1,18	0,31	0,55	0,78	1,09	0,22	0,48	0,71	1,02	0,15	0,43	0,66	0,97	0,10	0,72	
	Рекомендованная	0,85	1,08	1,39	0,52	0,70	0,93	1,24	0,37	0,50	0,73	1,04	0,17	0,48	0,71	1,02	0,15	0,48	0,71	1,02	0,15		
	Биологизированная	0,80	1,03	1,34	0,47	0,68	0,91	1,22	0,35	0,48	0,71	1,02	0,15	0,44	0,67	0,98	0,11	0,45	0,68	0,99	0,12		
	Расчетная	0,90	1,13	1,44	0,57	0,77	1,00	1,31	0,44	0,69	0,92	1,23	0,36	0,47	0,50	1,51	0,24	0,50	0,73	1,04	0,17		
С, НСР ₉₅ =0,09		0,86	1,09	1,40	0,53	0,76	0,94	1,24	0,39	0,60	0,88	1,12	0,28	0,51	0,73	1,09	0,19	0,50	0,71	1,02	0,20	НСР ₉₅ =0,18	

Приложение 12 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания калия (%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Фаза развития, С																				А, НСР ₉₅ =0,05	В, НСР ₉₅ =0,10
		Всходы				Кушение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость					
		2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014		
Отвальный, 20–22 см	Контроль	3,52	3,75	4,06	3,19	2,61	2,84	3,15	2,28	1,13	1,36	1,67	0,80	1,07	1,30	1,61	0,74	1,01	1,24	1,55	0,68	2,10	1,95
	Рекомендованная	3,61	3,84	4,15	3,28	2,80	3,03	3,34	2,47	1,18	1,41	1,72	0,85	1,09	1,32	1,63	0,76	1,03	1,26	1,57	0,70		2,02
	Биологизированная	3,62	3,85	4,16	3,29	2,82	3,05	3,36	2,49	1,24	1,47	1,78	0,91	1,17	1,40	1,71	0,84	1,10	1,33	1,64	0,77		2,04
	Расчетная	4,74	4,07	4,08	3,31	2,89	3,12	3,43	2,56	1,50	1,73	2,04	1,17	1,34	1,57	1,88	1,01	1,21	1,44	1,75	0,88		2,26
Комбинированный, 20–22 см	Контроль	3,50	3,73	4,04	3,17	2,59	2,82	3,13	2,26	1,11	1,34	1,65	0,78	1,04	1,27	1,58	0,71	0,99	1,22	1,53	0,66	2,07	
	Рекомендованная	3,58	3,81	4,12	3,25	2,75	2,98	3,29	2,42	1,15	1,38	1,69	0,82	1,06	1,29	1,60	0,73	1,01	1,24	1,55	0,68		
	Биологизированная	3,57	3,80	4,11	3,24	2,72	2,95	3,26	2,39	1,16	1,39	1,70	0,83	1,04	1,17	1,48	1,31	1,04	1,27	1,58	0,71		
	Расчетная	3,91	4,14	4,45	3,58	2,77	3,50	3,21	2,44	1,48	1,71	2,02	1,15	1,30	1,53	1,84	0,97	1,18	1,41	1,72	0,85		
Поверхностная обработка, 10–12 см	Контроль	3,48	3,71	4,02	3,15	2,57	2,80	3,11	2,24	1,09	1,32	1,63	0,76	1,02	1,25	1,56	0,69	0,98	1,21	1,52	0,65	2,04	
	Рекомендованная	3,54	3,77	4,08	3,21	2,72	2,95	3,26	2,39	1,12	1,35	1,66	0,79	1,04	1,27	1,58	0,71	0,99	1,22	1,53	0,66		
	Биологизированная	3,52	3,75	4,06	3,19	2,68	2,91	3,22	2,35	1,14	1,37	1,68	0,81	1,12	1,35	1,66	0,79	1,02	1,25	1,56	0,69		
	Расчетная	3,88	4,11	4,42	3,55	2,88	3,11	3,42	2,55	1,34	1,57	2,28	1,01	1,28	1,51	1,82	0,95	1,14	1,37	1,68	0,81		
С, НСР ₉₅ =0,15		3,71	3,86	4,15	3,28	2,73	3,01	3,27	2,40	1,22	1,45	1,79	0,89	1,13	1,35	1,66	0,85	1,06	1,29	1,60	0,73	НСР ₉₅ =0,31	

**Приложение 13 – Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на динамику содержания серы
(%) в растениях озимой пшеницы, 2010–2014 гг.**

Способ обработки почвы	Система удобрения,	Фаза развития																			
		Всходы				Кущение				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость			
		2010- 2011	2011- 2012	2012- 2013	2013- 2014	2010- 2011	2011- 2012	2012- 2013	2013- 2014	2010- 2011	2011- 2012	2012- 2013	2013- 2014	2010- 2011	2011- 2012	2012- 2013	2013- 2014	2010- 2011	2011- 2012	2012- 2013	2013- 2014
Отвальный, 20-22 см	Контроль	0,11	0,08	0,13	0,04	0,16	0,13	0,18	0,09	0,21	0,18	0,23	0,14	0,26	0,23	0,28	0,19	0,22	0,19	0,24	0,15
	Рекомендо- ванная	0,13	0,10	0,15	0,06	0,17	0,14	0,19	0,10	0,22	0,19	0,24	0,15	0,29	0,26	0,31	0,22	0,24	0,21	0,26	0,17
	Биологизи- рованная	0,15	0,12	0,17	0,08	0,21	0,18	0,23	0,14	0,24	0,21	0,26	0,17	0,32	0,29	0,34	0,25	0,25	0,22	0,27	0,18
	Расчетная	0,14	0,11	0,16	0,07	0,19	0,16	0,21	0,12	0,22	0,19	0,24	0,15	0,28	0,25	0,30	0,21	0,23	0,20	0,25	0,16

Приложение 14 – Влияние систем удобрения, способов и приемов обработки почвы на формирование параметров структуры урожая озимой пшеницы, 2010–2014 гг.

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Количество шт/м ²												Колос								Масса 1000 зёрен, г			
		растений				стеблей								длина, см				масса зерна, г							
						всего				с колосом															
		2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Отвальный, 20-22 см	Контроль	192	184	205	211	439	430	454	461	403	395	407	419	8,5	7,7	8,9	9,3	0,94	0,86	1,03	1,09	38,7	37,6	40,1	40,8
	Рекомендованная	224	216	237	243	525	516	540	547	499	491	503	515	9,7	8,9	10,1	10,5	1,09	1,01	1,18	1,24	39,5	38,4	40,9	41,6
	Биологизированная	214	206	227	233	511	502	526	533	497	489	501	513	8,5	7,7	8,9	9,3	1,02	0,94	1,11	1,17	39,3	38,2	40,7	41,4
	Расчётная	246	238	259	265	569	560	584	591	547	539	551	563	9,9	9,1	10,3	10,7	1,11	1,03	1,20	1,26	41,4	40,3	42,8	43,5
Комбинированный, 20-22 см	Контроль	159	151	172	178	433	424	448	455	383	375	387	399	8,0	7,2	8,4	8,8	0,97	0,89	1,06	1,12	37,8	36,7	39,2	39,9
	Рекомендованная	215	207	228	234	530	521	545	552	495	487	499	511	8,4	7,6	8,8	9,2	0,99	0,91	1,08	1,14	38,3	37,2	39,7	40,4
	Биологизированная	208	200	221	227	511	502	526	533	479	471	483	495	8,2	7,4	8,6	9,0	1,03	0,95	1,12	1,18	37,5	36,4	38,9	39,6
	Расчётная	228	220	241	247	533	524	548	555	519	511	523	535	9,8	9,0	10,2	10,6	1,07	0,99	1,16	1,22	39,6	38,5	41,0	41,7
Поверхностная обработка, 10-12 см	Контроль	153	145	166	172	425	416	440	447	369	361	373	385	7,2	6,4	7,6	8,0	0,96	0,88	1,05	1,11	37,5	36,4	38,9	39,6
	Рекомендованная	222	214	235	241	525	516	540	547	482	474	486	498	7,8	7,0	8,2	8,6	0,99	0,91	1,08	1,14	37,5	36,4	38,9	39,6
	Биологизированная	210	202	223	229	514	505	529	536	468	460	472	484	7,9	7,1	8,3	8,7	0,98	0,90	1,07	1,13	36,8	35,7	38,2	38,9
	Расчетная	224	216	237	243	531	522	546	553	505	497	509	521	8,0	7,2	8,4	8,8	1,01	0,93	1,10	1,16	38,6	37,5	40,0	40,7

**Приложение 15 - Влияние систем удобрения, способов и приемов обработки почвы на качество зерна
озимой пшеницы, 2010-2014 гг.**

Способы и приём обработки почвы, А	Система удобрения, В	Содержание клейковины, %				Стекловидность, %				Показатель ИДК				Белок, %			
		2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Отвальный, 20–22 см	Контроль	18,2	19,5	21,2	17,5	42,9	46,7	48,7	41,7	88	79	73	68	9,7	10,9	12,0	9,0
	Рекомендованная	23,6	24,9	26,6	22,9	55,0	58,8	60,8	53,8	85	76	70	65	11,8	13,0	14,1	11,1
	Биологизированная	26,0	27,3	29,0	25,3	52,9	56,7	58,7	51,7	85	76	70	65	11,6	12,8	13,9	10,9
	Расчетная	27,5	28,8	30,5	26,8	63,0	66,8	68,8	61,8	71	62	56	51	11,8	13,0	14,1	11,1
Комбини- рованный, 20–22 см	Контроль	17,0	18,3	20,0	16,3	39,0	42,8	44,8	37,8	91	82	76	71	8,3	9,5	10,6	7,6
	Рекомендованная	22,9	24,2	25,9	22,2	51,6	55,4	57,4	50,4	88	79	73	68	11,6	12,8	13,9	10,9
	Биологизированная	20,4	21,7	23,4	19,7	49,0	52,8	54,8	47,8	86	77	71	66	11,5	12,7	13,8	10,8
	Расчетная	24,4	25,7	27,4	23,7	61,2	65,0	67,0	60,0	73	64	58	53	12,3	13,5	14,6	11,6
Поверхност- ная обработка, 10–12 см	Контроль	16,2	17,5	19,2	15,5	38,8	42,6	44,6	37,6	93	84	78	73	8,5	9,7	10,8	7,8
	Рекомендованная	22,5	23,8	25,5	21,8	50,8	54,6	56,6	49,6	88	79	73	68	11,5	12,7	13,8	10,8
	Биологизированная	19,8	21,1	22,8	19,1	48,1	51,9	53,9	46,9	87	78	72	67	11,5	12,7	13,8	10,8
	Расчетная	22,7	24,0	25,7	22,0	62,0	65,8	67,8	60,8	74	65	59	54	12,2	13,4	14,5	11,5