

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

На правах рукописи



Али Али Кадем Али

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор с.-х. наук, профессор
Онищенко Л. М.

Краснодар – 2024

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ И РОЛЬ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПШЕНИЦЫ (обзор литературы)	10
1.1 Факторы определяющие закономерности роста и развития пшеницы озимой.	10
1.2 Влияние плодородия почвы на продукционный процесс.....	21
1.3 Минеральные удобрения и особенности питания.....	26
2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ.....	48
2.1 Программа, объекты и методы.....	48
2.2 Климатические и агрометеорологические условия исследований.....	50
2.3 Агрохимическая характеристика почвы периода проведения исследований	57
2.4 Схема опыта и методика исследований.....	60
3 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ.....	69
3.1 Предпосевная обработка семян озимой мягкой пшеницы	69
3.2 Питательный режим почвы в агроценозе пшеницы озимой.....	72
3.3 Содержания биогенных элементов в растениях пшеницы озимой в зависимости от норм и сочетаний удобрений	79
3.3.1 Общий азот	79
3.3.2 Общий фосфор.....	81
3.3.3 Общего калия.....	83
4 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ.....	85
5 ВЫНОС УРОЖАЕМ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ, ИХ БАЛАНС И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	96
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	141

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница – самая распространенная, древняя зерновая культура. В мире за год зерна пшеницы производится более 750 млн т. По данным FAO-Statistics в период с 2017 по 2021 гг. посевные площади под пшеницей в Ираке увеличились с 1047,5 до 15918,0 тыс. га, при этом урожайность культуры и валовый сбор зерна варьирует от 28,4 до 26,6 ц и от 2974,1 до 4233,7 тыс. т соответственно (Доклад о состоянии..., 2022). В большом объеме зерно пшеницы производят такие страны как Индия – 93,4 млн т, Китай – 131,6 млн т и Российская Федерация – более 100 млн т. Об увеличении производства зерна этой культуры свидетельствует его прирост по следующим периодам: 2012–2016 гг. – 56 955,5 тыс. т, за 2017–2021 гг. – 78 900,3 тыс. т. В Российской Федерации наблюдается довольно устойчивый характер, и положительная динамика продуктивности пшеницы: 1990–2000 гг. Урожайность культуры постепенно увеличивается – 1,66 т/га, в 2000–2010 гг. – 2,08, в 2010–2020 гг. – 2,59 т/га (Экспертно-аналитический центр, 2022).

Для аграриев Кубани 2018–2021 сельскохозяйственные годы оказались непростыми. Неблагоприятные агроклиматические условия, сложившиеся при выращивании пшеницы озимой на Кубани, а также в период проведения исследований, не помешали собрать хороший и качественный урожай зерна. Средняя урожайность изменялась от 63,7 до 67,4 ц/га, тогда как в 2017 году она была равна 62,0 ц/га. Валовой сбор зерна пшеницы в регионе составил более 10,7 млн тонн. В значительной мере продовольственную безопасность страны и Кубани, обеспечивают высокие валовые сборы зерна, где основу ведения сельскохозяйственного производства определяет плодородие земель сельскохозяйственного назначения, площадь которых в регионе составляет 62,07 %. Остро стоит проблема по способности воспроизводства почвенного плодородия. Состояние баланса питательных веществ в земледелии Кубани по наиболее дефицитным элементам азоту, фосфору и калию – отрицательное. Связано это с тем, что научно-обоснованная потребность региона в минеральных удобрениях в 2018-2021 гг. выполнена в среднем на 60 %. По азотным

удобрениям на 84 %, фосфорным – 49 % и калийным – 27 %. Вынос из почвы этих элементов питания урожаем выращиваемых культур значительно выше количества применяемых удобрений. Научно-обоснованная потребность земледелия региона в минеральных удобрениях на 2018-2021 гг. составляла более 748,2 тыс. т в д. в. (соотношение N : P : K должно было быть равным 1 : 0,82 : 0,51), в том числе азотных, фосфорных и калийных – 319,3 тыс. т, 264,5 и 164,4 тыс. т соответственно. Приобретено же минеральных удобрений – 462,3 тыс. т д.в., в том числе, азотных – 280,1 тыс. т, фосфорных – 129,9 и калийных – 45,2 тыс. т (фактическое соотношение N : P : K равно 1 : 0,5 : 0,2 (Đukic D., Mandic L., Veskovic S., 2015; Dumitru M.; Lupaşcu N.; Mărin, 2019; Kostić M. M., Tagarakis A. C., Ljubičić N., 2021; Доклад о состоянии..., 2022)).

Многими Кубанскими исследователями получены значимые и конкретные результаты по положительной оценке влияния применения удобрений на агроценозах региона в агроценозе пшеницы озимой мягкой при реализации различных агротехнологий (Глуховский А. Б., 1968; Симакин А.И., 1981; Малюга Н. Г. 1992; Губанов Я. В., Кравцов А. М, Загорулько А. В., 2002 и др.). Однако создание новых сортов культуры с высоким генетическим потенциалом по продуктивности, а также изменяющиеся почвенно-климатические условия выращивания ставят новые задачи в области агрохимии: определить оптимальные нормы и сочетания видов удобрений для стабилизации урожайности и показателей качества зерна культуры в складывающихся условиях произрастания растений.

В решении проблемы стабилизации и прироста урожайности и качественных показателей зерна пшеницы озимой мягкой приоритет принадлежит научно обоснованной системе удобрений культуры на основе знаний о ее биологических особенностях. Оптимальное сочетание питательных веществ и видов удобрений, сбалансированность минерального питания культуры по элементному составу обеспечит формирование более развитой ассимилирующей поверхности листьев пшеницы озимой мягкой. В совокупности это будет способствовать ослаблению действия неблагоприятных агрометеорологических условий и противостоять недо-

статочному или избыточному влагообеспечению, жаростойкости, засухоустойчивости, устойчивости к комплексной засухе, болезням и вредителям, что особо часто стало проявляться в условиях изменяющегося климата в регионе.

Известно, что в процессе репродукции постепенно снижаются хозяйственно-биологические признаки семян (Беспалова Л.А., 2014), а по мере роста и развития пшеницы озимой уменьшаются показатели величины листовой поверхности и продолжительность фотосинтезирующей поверхности листьев, что являются основными факторами, лимитирующими урожай культуры (Лукьяненко П. П., 1990).

Поэтому в агротехнологии выращивания зерна пшеницы остро стоит необходимость внедрения комплекса агрохимического обеспечения:

– предпосевной обработки семян агрохимическими средствами, что позволит формировать агроценозы пшеницы озимой мягкой с более высокими урожайными свойствами тесно взаимодействующими со многими экологическими факторами;

– усовершенствованной системы удобрения по соотношению и количественному сочетанию наиболее дефицитных элементов с учетом потребности культуры, биологических особенностей ее минерального питания и влияния предшественника на почву.

В интересах развития научных знаний и сельскохозяйственного производства решение обозначенных проблем в области получения зерна пшеницы озимой мягкой – актуально. Генетический потенциал современных сортов пшеницы может быть реализован, если такие факторы как посевные качества семян, уровень обеспеченности пшеницы озимой питательными веществами, экологические условия, научное сопровождение современных агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур, где используются более их продуктивные новые сорта будут реализованы в полной мере.

Длительно реализуемая не научно обоснованная минеральная система удобрения при выращивании пшеницы озимой мягкой приводит к проблеме деградации многих свойств пахотных почв. Свод систематизированной ежегодной аналитической информации свидетельствует об уменьшении в почве средневзвешенных показателей: содержания гумуса с 3,9 до 3,6 %, содержания подвижного фосфора и

калия с 34 до 26 мг/кг и с 413 до 402 мг/кг соответственно. Потребность в минеральных удобрениях выполнена на 60 %: по азоту, фосфору и калию на 84 %; 49 и 27 % соответственно. Однако имеются сведения, что для поддержания плодородия необходимо возвращать вынесенного урожаем из почвы: азота не менее 80 %, фосфора – 100–110 % и калия – 70–80 % (Доклад о состоянии..., 2023). При этом возникает необходимость усовершенствования системы удобрения территориально распространенной зерновой культуры в мире, стране и регионе. Направленность ее должна быть не только на максимизацию урожая качественного зерна, реализацию адаптационного потенциала растений, но и на минимизацию отрицательных воздействий на показатели плодородия почв. Требуется новые исследования по мониторингу за последующим восполнением питательных веществ, теряющихся из почвы, используемых на формирование продукции и в последствии выносимых с урожаем зерна.

Исследования являются частью научной работы кафедры агрохимии и проводились с 2019 по 2023 гг. на многофакторном стационарном опыте в рамках тематического плана научной деятельности университета (номер государственной регистрации АААА-А16-116021110069-8) по теме «Разработка приемов воспроизводства плодородия почв и экологически безопасной почвоохраняемой системы интегрированного применения агрохимических средств в агроценозах полевых культур, выращиваемых в условиях Краснодарского края».

Цель исследований в критические периоды роста и развития растений определить действие норм и сочетаний минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой на содержание и динамику подвижных форм биогенных элементов питания, а также дать оценку их влияния на урожайность и качество зерна культуры.

Задачи исследования:

- определить действие микроудобрений, улучшающих посевные качества семян пшеницы озимой мягкой на: энергию, всхожесть, скорость и дружность прорастания, а также рост и развитие проростков культуры;
- проследить в агроценозе пшеницы озимой эффективность воздействия норм и сочетаний агрохимических средств на динамику содержания в черноземе

выщелоченном обменно-поглощенного аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия;

– определить содержание в растениях и зерне пшеницы мягкой озимой биогенных элементов: азота, фосфора и калия в зависимости от применяемых удобрений;

– рассчитать вынос, баланс биогенных элементов питания в почве, а также соотношение питательных веществ в зерне пшеницы озимой мягкой;

– проследить коэффициенты эффективности использования удобрений растениями пшеницы озимой для обоснования применения норм и их сочетаний на черноземе выщелоченном;

– выявить агрономическую эффективность влияния норм минеральных удобрений и их сочетаний на урожайность и качество зерна пшеницы озимой.

Научная новизна. Впервые на черноземе выщелоченном в многофакторном стационарном опыте Северо-Западного Предкавказья получены данные по эффективности норм и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество зерна пшеницы озимой сорта Безостая 100, выращиваемой в 11-польном зернотравяно-пропашном севообороте (4-я ротация), а также дана оценка качеству семян при их предпосевной обработке микроэлементами. Установлены особенности минерального питания растений. Выявлено улучшение питательного режима почвы посредством определения содержания в ней подвижных биогенных элементов от внесения дифференцированных норм и различных сочетаний минеральных удобрений. Получены современные сведения, содержащие показатели выноса, баланса азота, фосфора и калия в почве при применении удобрений.

Практическая значимость работы. По результатам проведенной работы предложена усовершенствованная система удобрения для возделывания пшеницы мягкой озимой на черноземе выщелоченном, позволяющая добиться стабильной урожайности с соответствующим качеством зерна.

Методология и методы исследований. Основа методологии исследовательской работы состоит в использовании принятых методов исследований в агрохимии – полевой и лабораторный. Проведен предварительный анализ научной литературы по

исследуемым вопросам как русскоязычных, так и иностранных авторов по теме научной работы. В ее основу положены химические анализы почвы и растений пшеницы озимой, наблюдения за ее ростом и развитием, а также методы сравнения, системного подхода «почва – удобрение – растение» и логического обобщения. Использовали методики, входящие в базу стандартов Российской Федерации.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

– предпосевная обработка семян пшеницы озимой микроудобрениями повышает их посевные качества и улучшает начальный рост растений;

– усовершенствованная минеральная система удобрения пшеницы озимой мягкой улучшает питательный режим чернозема выщелоченного и обеспеченность растений элементами минерального питания;

– удобрения в различных нормах и сочетаниях обеспечивают сбалансированное содержание доступных форм элементов минерального питания в почве, поддерживают плодородие почвы, повышают содержание биогенных элементов питания в растениях и способствуют более полной реализации потенциала продуктивности и качества зерна культуры.

Личный вклад соискателя состоит в обобщении опубликованных литературных материалов и экспериментальных данных, планировании научных исследований, выборе объекта, методологии, методов и методик проведения исследований. Принимал участие в постановке опыта, сборе исходных данных, отборе проб почвы и растений, а также подготовке их к анализу, в проведении химических анализов. Проводил фенологические наблюдения за ростом и развитием культуры. Результаты исследований обобщил и доложил на научных, научно-практических конференциях различного уровня. Основные положения работы опубликовал, подготовил диссертацию и автореферат.

Степень достоверности результатов подтверждает большой объем экспериментальных данных в течении трех лет исследования в стационарном опыте. Применение нормативных документов, входящих в действующую базу Российских и межгосударственных стандартов. Результаты исследований обработаны статистически.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на кафедре агрохимии ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ в 2019-2022 гг.; включены в ежегодных отчетах по научно-исследовательской работе кафедры агрохимии ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ в 2019-2023 гг.; опубликованы в тезисах докладов на научных и научно-практических конференциях по итогам научной работы на факультете агрохимии и защиты растений КубГАУ.

Апробация работы прошла на научных конференциях различного уровня. Основные результаты диссертационного исследования доложены, обсуждены на конференциях различного уровня: Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Д.А. и Тонконоженко Е. В. (Краснодар, 7–8 сентября 2020 г.); III Международной конференции «Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов» (Краснодар, 2019 г.); Международной научной экологической конференции «Аграрные ландшафта их устойчивость и особенности развития» (Краснодар, 24–26 марта 2020 г.); V Международной конференции «Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов». (Краснодар, 2020 г.); V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем» (Иркутск, 23–29 августа 2021 г.); XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения Общества почвоведов им. В. В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В. В. Докучаева (Курск, 28–29 апреля 2021 г.) и Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ (Казань, 17 марта 2021 г.).

Структура и объем работы. Диссертационная работа написана на 1148 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемых источников – 430 в том числе 64 зарубежных авторов. Работа содержит 22 рисунка, 8 таблиц. Общий объем публикаций – 8,1 п.л., в том числе по теме – 5,3 п.л.

1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ И РОЛЬ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПШЕНИЦЫ (обзор литературы)

1.1 Факторы, определяющие закономерности роста и развития пшеницы озимой

Лимитирующие агрометеорологические факторы, снижающие урожайность пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Кубани отмечают Е. С. Бойко, В. П. Василько (2020). Авторы констатируют, что наблюдается часто резкий переход от достаточно высоких положительных температур к низким отрицательным в период осеннего кущения растений. В период зимнего покоя наблюдается либо отсутствие отрицательных температур атмосферного воздуха, либо повышение их более чем 20 °С. В середине весны интенсивное нарастание температуры после продолжительного периода низких положительных ее значений, а также проявляется продолжительная почвенная или атмосферная засухи, или обильные осадки в период формирования или налива зерна (Бойко Е. С., Василько В. П. 2020). Обильные осадки в период уборки зерна приводят к ее задержке. Имеются сведения Шамина А. Е., Заикина В. П. и Лисиной А. Ю. (2022), что потеря выращенного урожая составляет 12,7 и 26,1 % с одного гектара с задержкой уборки после созревания зерна на 10 или 20 дней соответственно.

Механизм воздействия климата на устойчивость пшеницы озимой ее рост и развитие А.И. Белолобцев, О.Э. Суховеева, И.Ф. Асауляк (2012) определяют сложным, многогранным и глубоким в течение всего онтогенеза. Продукционный процесс растений, как констатируют авторы, проходит в многообразных и изменчивых погодно-климатических условиях, обусловленных микроклиматическими особенностями, региональными трансформациями общих климатических показателей. Это оказывает большое воздействие на органогенез пшеницы озимой: изменения

скорости физиолого-биохимических и морфогенетических процессов, оказывающих влияние на рост и развитие растений, на формирование структуры урожая и, в целом, на продуктивность культуры.

Агроклиматическими ресурсами аграрии Кубани не могут управлять, но они могут значительно влиять на урожайность зерна пшеницы озимой, которая за последнее десятилетие колебалась от 38,7 до 72,3 ц/га. Применительно к культуре важны такие показатели, как запас продуктивной влаги в метровом слое почвы в начале весенней вегетации (160 – 200 мм, ГТК = 1,34), сумма осадков – 440 – 750 мм (550 мм – осень 100 мм, зима 230 мм, весна-лето – 220 мм) и сумма температур за вегетацию – 2200 – 2500 °С (Ш. И. Литвак, 1990; В. Д. Муха, И. С. Кочетов, Д. В. Муха, В. А. Пелипец, 1994; А. И. Белолобцев, О. Э. Суховеева, И. Ф. Асауляк, 2012; С. В. Жиленко, 2015; Е. Р. Арланцева, В. К. Храмой, 2019).

Температура. Пшеница озимая мягкая (*Triticum aestivum*) – умеренно теплолюбивая культура с продолжительностью вегетационного периода – 240 – 350 дней и необходимой до полного созревания зерна общей суммой положительных температур – 1 800 – 2 300 °С. Исследователи В. Н. Ремесло, В. К. Блажевский (1972), Ф. М. Пруцков (1976) установили, оптимальную сумму среднесуточных температур для осеннего развития пшеницы озимой – 500–550 °С при активной вегетации растений – 50–65 дней. Другие авторы Ю. В. Буденный и др. (1992), Е. В. Ториков (1993) оптимальную сумму температур определили в пределах 400–600 °С, В. Ф. Огарев, В. В. Шестаков (1972), В. М. Личикаки (1974) – 600–700°С, в то время как К. И. Саранин (1973), Н. В. Дорофеев (1995) 359–484°С. (Я. В. Губанов, Н. Н. Иванов, 1983; цит. по В. М. Иванову, 2005).

Прорастать семена пшеницы озимой начинают при положительных значениях температуры – 1 – 2 °С, но дружное появление всходов (7 – 9 дней после посева) при более высокой – 14 – 16 °С. Период *посев – всходы* сумма активных температур должна варьировать в пределах 116 – 139 °С. Затем, при температуре 12 – 14 °С, через 12 – 16 дней начинается фаза осеннего кущения, которая зависит от срока посева, температуры воздуха и влажности. В среднем продолжительность этой фазы – 30 – 45 дней (Кузьмич М. А., Кузьмич Л. С., Чуйкова А. В., 2008).

Осенний рост и развитие пшеницы озимой приостанавливается при снижении среднесуточной температуры воздуха до 4 – 5 °С. Повышение температуры более 5 °С способствует росту растений, и пшеница озимая начинает дополнительно куститься. Значительные изменения температурного режима ранней весной нежелательны для озимой пшеницы, так как отрицательно сказываются на процессе вегетации. Культура в зоне узла кущения может преодолеть температуру –18 °С, а при снежном покрове до – 25 °С (В. Е. Ториков, 1994; В. В. Коломейченко, 2007; Н. Г. Туктарова, 2015; В. Е. Ториков, Н. М. Белоус, О. В. Мельникова, С. В. Артюхова, 2020).

Исследователи М. А. Кузьмич и Л. С. Кузьмич и А. В. Чуйкова (2008) отмечают, что когда в осеннем периоде вегетации пшеницы озимой сумма активных температур – 3 630 °С в узле кущения сахаридов аккумулируется от 21,1 до 23,3 %, при температуре 3 634 °С – от 29,6 до 31,5 %, а при 4 153 °С – от 26,2 до 27,5 %, Авторы установили, что синтез сахаров в растениях зависит от количества дней с суммой активных температур равной 10 °С. За один день при таких условиях содержание сахаридов может повыситься на 0,6 %.

Для развития пшеницы озимой в период покоя растений (поздняя осень-зима) днем благоприятны положительные низкие температуры – 10 – 12 °С, а ночью пониженные до отрицательных значений. Эти агрометеорологические условия благоприятствуют накоплению защитных веществ – углеводов, способствуют прохождению процесса закаливания и лучшей перезимовке пшеницы озимой (Коровин А. И., 1977). При ранних сроках сева морозо- и зимостойкость агроценоза пшеницы озимой обуславливается глубоким залеганием корневой системы культуры в непрозамерзающей почве. При этом она в период зимнего покоя не только поглощает воду, но и транспортирует ее к надземным органам, тем самым, расходуя питательные вещества и снижая устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды. При поздних сроках посева ограничивается осенний период вегетации пшеницы озимой, она не успевает раскуститься, сформировать запас сахаридов и в зиму растения уходят ослабленными, что обуславливает значительное изреживание агроценоза в следствии наблюдаемых суховеев, пониженной морозостойкости. Устойчивость к пониженным температурам низкая потому что корневая система пшеницы озимой в верхнем слое почвы и при

оттепелях растения выходят из состояния зимнего покоя, и теряют закалку. Низкую морозо- и зимостойкость агроценозов пшеницы озимой описывал М. П. Малиенко (1960), объясняя его неустойчивость не глубоким залеганием корневой системы в замерзшей почве (цит. по В. М. Иванову, 2005).

Закаливание пшеницы озимой протекает в две фазы и способствует повышению зимостойкости культуры. В первой фазе в клетках узла кущения и листовых влагалищ растений усиленно накапливаются сахара (продолжительность 11 дней, температура днем – 8 – 15°C и ночью 0°C). Во второй фазе (при слабых заморозках до -5 °C, длящихся продолжительное время), происходит обезвоживание растительных клеток вследствие постепенного понижения температуры атмосферного воздуха (Коломейченко В. В., 2007; Торилов В. Е., Белоус Н. М., Мельникова О. В., Артюхова С. В., 2020).

В большинстве случаев физиологическими причинами повреждения пшеницы озимой в зимний период при создании неблагоприятных условий, как считают В. М. Личикаки (1974), Н. Г. Туктарова (2013, 2015), являются: вымерзание, выпревание, повреждение притертой к почве ледяной коркой, вымокание, выпирание и выдувание растений. Гибель или повреждение пшеницы озимой от повреждения ледяной коркой происходит вследствие снижения газообмена из-за препятствия, созданной ей, и невозможности доступа воздуха к растениям. Ледяная корка быстро тает на темной поверхности почвы. Почва обнажается и интенсивно идет транспирация влаги из растений, что еще больше ослабляет растения. Под влиянием ледяной корки возможно оседание почвы, что может привести к механическому повреждению узлов кущения, обрыву корневой системы, выпиранию растений. Выпревания посевов пшеницы озимой происходит при периодическом замерзании почвы ночью и оттаивании ее днем. Способствует этому явлению увеличение температуры почвы в узле кущения, ее промерзание, а также неглубокий и длительный снежный покров (Моисейчик В. А., 1971, 1975; цит. по Н. Г. Туктаровой, 2013, 2015, 2017).

Жаровыносливость и засухоустойчивость пшеницы озимой выше чем зимостойкой культуры. Недостаток влаги (недостаток не только атмосферной влаги, но

и почвенной), продолжительные высокие температуры (выше 40 °С), сухие ветры нарушают процесс фотосинтеза, повышают коэффициент транспирации, понижают темпы роста и развития растений пшеницы озимой, что препятствует наливу зерна (Мухаметов Э. М., 1976).

В условиях изменения климата Е. И. Годунова, Л. И. Желнакова, В. И. Удовыденко (2011), а также Н. А. Морозов, С. А. Лиходиевская, А. И. Хрипунов и др. (2016) отмечают, что продуктивность зерновых севооборотов нестабильна вследствие неблагоприятных гидротермических условий. Засухи различной интенсивности и продолжительности в мае – июне отрицательно влияют на накопление биомассы растений, созревание зерна пшеницы озимой. Часто наблюдается критический период по влагообеспеченности – ГТК = 0,60, что существенно ухудшает условия налива зерна.

Влажность. Фаза кущения (два периода – осенью и весной) озимой пшеницы, как отмечают М. Ф. Стихин, П. В. Денисов (1977), протекает при достаточной влажности, низких положительных температурах атмосферного воздуха (5 – 10 °С). Температура может задерживать развитие растений, не способствовать кущению, при этом на одно растение необходимо 3–5 стеблей. Кущение культуры повышается при посеве оригинальными семенами и применении удобрений.

Озимая пшеница потребляет значительное количество влаги, используя осенние и зимние осадки. У нее период вегетации довольно продолжительный и при этом формируется хороший урожай зерна. Влага из почвы в течение вегетации потребляется растениями неравномерно. Это связано с развитием корневой системы у пшеницы озимой, физико-химическими свойствами почвы, наличием в ней почвенного органического вещества, оптимального содержания биогенных элементов минерального питания, температурой, влагой, густотой стояния растений в агроценозе, а также сортовой особенностью – интенсивностью роста и развития пшеницы озимой (Пруцков Ф. М., 1970, 1976; Коломейченко В. В., 2007; Ториков В. Е., Белоус Н. М., Мельникова О. В., Артюхова С. В., 2020).

При прорастании зерна пшеницы озимой и появления всходов растения потребляют небольшое количество влаги. Дружные и полноценные всходы в агроценозе пшеницы озимой получают если в десяти сантиметровом слое почвы продуктивной влаги содержится не меньше 10 мм. Необходимость в обеспеченности растений водой повышается по мере их роста и развития (В. Е. Ториков, 1999; Hafeez, B. M. K. Y., Khanif Y. M., Saleem Muhammad, 2013; Prasad, Rajendra, Shivay Yashbir Singh, 2020).

Содержание влаги в верхнем слое почвы, как отмечают И. Н. Листопадов, Э.А. Гаевая (2009), способствует поверхностному формированию корневой системы растений пшеницы озимой. Скелетные и усваивающие питательные вещества корни культуры закладываются в более глубоких, влажных слоях почвы. Проникают они в почву глубже, если она имеет благоприятный водно-воздушный режим и гранулометрический состав. В почве с невысокой плотностью – 0,98 – 1,15 г/см³ улучшены условия вегетации: повышается запас влаги, степень аэрации почвы, содержание минерального азота и доступных фосфора и калия.

В период осеннего кушения пшеницы озимой необходимо иметь в пахотном слое почвы не менее 30 мм продуктивной влаги. Пшеница озимая от весеннего отрастания до колошения растений использует две трети воды от общей своей потребности за вегетацию (70 %) и только пятую часть (до 20 %) – от цветения до восковой спелости зерна. Выход в трубку и колошение являются критическими периодами по отношению к обеспеченности пшеницы озимой водой. Недостаток влаги – важный фактор, сдерживающий рост и развитие растений. В таких условиях формируется незначительная листовая поверхность у растений, уменьшается накопление сухого вещества и снижается высота растений, дифференциация генеративных органов нарушается, что приводит к недобору урожая зерна (Горынин Л. В., 1979; Колмейченко В. В., 2007; El-Metwally, A., Khalil N. A., El-Fouly M. M., 2012; Bouain, N., Krouk G., Lacombe B., 2019; Rajičić, V., Terzić D., Perišić V., 2020).

Примерные сроки наступления фенологических фаз у пшеницы озимой: после весеннего кушения начинается выход в трубку через 24–36 дней, после выхода

в трубку идет колошение –31–36 дней, после колошения – цветение, которое продолжается около 7 дней. Агрометеорологические условия и особенности сортов определяют длительность периодов формирования, налива и созревания зерна – 31–36 дней. Этот период определяют условия: дождливой и прохладной период – удлиняет, засушливой – сокращает (Пруцков Ф. М., 1970; Саранин К. И., 1973, 1976; Коломейченко В. В., 2007).

Следует отметить еще такие особенности периода цветения и налива зерна – недостаток влаги. При таких условиях снижаются показатели натурности (выполненности зерна), озерненности колоса и в целом урожайности культуры. Осадки осеннего, зимнего и весеннего периодов к возобновлению вегетации пшеницы озимой максимально увлажняют почву на глубину от 50 см до 200 см, что удовлетворяет потребности культуры по влагообеспеченности. Корни растений могут распространяться на глубину более 1,4 м, и использовать воду из более глубоких слоев почвы (Пруцков Ф. М., 1970; Горынин Л. В., 1979; Коломейченко В. В., 2007; Ториков В. Е., Белоус Н. М., Мельникова О. В., Артюхова С. В., 2020).

Обработка почвы. Обработка почвы – важный фактор, влияющий на продуктивность возделываемой пшеницы озимой. Обработка изменяет водный, воздушный и питательный режимы почвы, ее физико-химические свойства. Минимальная обработка снижает обеспеченность растений азотом в начале их вегетации, уменьшает запасы минерального азота в метровом слое почвы (Завалин А. А., Соколов О. А., 2018). Кильдюшкин В. М., Бойко А. П., Солдатенко А. Г. и др. (2017), Кильдюшкин В. М., Солдатенко А. Г., Китайгора Т. С., Онищенко Л. М., Бойко А. П. (2017) рассмотрели дискуссионный вопросы обработки почвы под посев пшеницы озимой. Применение традиционной технологии – вспашки на глубину до 22 см или использование поверхностной технологии – дисковое лушение до 8 см. Отмечено, что недостаток поверхностной технологии – высокая плотность сложения почвы и меньшее накопление влаги, от чего напрямую зависит урожайность пшеницы озимой. Запасы продуктивной влаги по подсолнечнику при традиционной технологии – и 146,1 и 127,0 мм, при поверхностной – 130,3 и 103,7 мм.

Плотность сложения в пахотном и подпахотном слоях почвы была на уровне оптимальных значений: 1,18–1,19 г/см³, и 1,25–1,30 г/см³ соответственно. Применение удобрений (N₁₀₂P₂₆K₃₀) существенно повысило урожайность зерна пшеницы, выращиваемой на выщелоченном черноземе по традиционной технологии – 5,78 т/га и поверхностной – 5,57 т/га.

Комбинированная система основной обработки почвы, предложенная М. Р. Ахметзяновым и И. П. Талановым (2019), с применением минеральных удобрений обеспечивала существенное увеличение в почве запасов продуктивной влаги и ее эффективное расходование на формирование урожая зерна пшеницы озимой.

В южных районах страны эффективным способом обработки почвы после подсолнечника для посева пшеницы озимой Г. Н. Гасанов и А. А. Айтемиров (2010) считают измельчение пожнивных остатков и хорошее рыхление верхнего слоя почвы – дважды обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами типа БДТ-7 на глубину до 10 – 12 см в перекрестном направлении. В засушливые годы после уборки подсолнечника проводят 2 – 3 обработки дисковыми боронами на 8 – 10 см, что позволит накопить достаточного количества влаги и доступных питательных веществ растениям, создать мелкокомковатый рыхлый посевной слой с ровной поверхностью почвы и уплотненным семенным ложем, а также очистить поле от сорной растительности.

На юге России многие исследователи, в том числе А.В. Алабушев, Н. Г. Янковский Г. В. Овсянникова и др. (2009), рекомендуют использовать комбинированные почвообрабатывающие агрегаты для применения минимальной системы обработки почвы. Это значительно уменьшит затраты при выращивании пшеницы озимой. Авторы отмечают значительную экономию ресурсов, когда основная обработка почвы под пшеницу озимую проводится комбинированным агрегатом КУМ-4 на глубину до 10 см. Этот прием повысит урожайность зерна без снижения его качества. В засушливые условия летне-осеннего периода поверхностная обработка почвы дисковыми луцильниками с одновременным боронованием и прикатыванием более эффективна. Не рекомендуется этот прием использовать на тяжелых по гранулометрическому составу почвах, засоренных сорняками и склонных к заплыванию.

Предшественник. Многочисленные исследования научных учреждений показывают положительные результаты по выращиванию пшеницы озимой в севооборотах. Поэтому актуальны вопросы по ее предшественнику. Эта культура требовательна к предшественникам, от которых зависит фитосанитарное состояние агроценоза, обеспеченность растений влагой, питательными веществами, а также, в будущем, появлению и развитию дружных всходов. Сравнительный анализ литературы (А. Ф. Мельник, Б. С. Кондрашин, Н. И. Митюшкин, 2009; Х. А. Малкандуев, А. Х. Малкандуева, Р. И. Шамурзаев, Р. А. Гажева, 2015; И. И. Галиченко, 2015; Х. А. Малкандуев, Р. И. Шамурзаев, А. Х. Малкандуева, 2022) показал, что по предшественнику подсолнечник по сравнению с другими культурами урожайность зерна пшеницы озимой наименьшая – 4,02–4,51 т/га.

Размещение посевов пшеницы озимой в севообороте по предшественнику подсолнечник должно решаться только при высококачественной и своевременной его уборке и в последующем тщательной подготовке почвы для обеспечения благоприятных водного, воздушного и питательного ее режимов. Своевременно убраный подсолнечник позволит получить стабильную урожайность зерна. Х. А. Малкандуев, Р. И. Шамурзаев, А. Х. Малкандуева (2022) считают целесообразным после подсолнечника размещать полукарликовые и короткостебельные урожайные сорта пшеницы озимой, устойчивые к полеганию и имеющие высокий коэффициент хозяйственного использования биомассы: Таня, Батько, Победа 50 (ст), Краснодарская 99, Алексеич и в том числе – Безостая 100. Авторы, отмечая агрономическую ценность предшественников, выявили их способность к повышению урожая зерна на 5 – 10 %.

В литературе имеются сведения о положительном влиянии подсолнечника на питательный режим чернозема. Используя нормативный коэффициент гумификации растительных остатков подсолнечника, Н. М. Тишков (2006), Н. М. Тишков и А. Н. Назарько (2015) рассчитали, что растительные остатки подсолнечника, в почве могут образовать до 1,41 т/га гумуса. И. Б. Макаров (1979), пишет, что процесс минерализации растительных остатков более интенсивно проходит в пахот-

ном слое почвы, а с глубиной он снижается. Авторы также отмечают, что надземные растительные остатки подсолнечника, подвергаясь в почве минерализации и гумификации под воздействием почвенной микрофлоры чернозёма, в последующем они являются источником восполнения не только почвенного органического вещества, но и элементов минерального питания растений. Исследователи подсчитали, что с растительными остатками подсолнечника в почву возвращается: азота до 73,4 кг/га, фосфора – 27,2 и калия – 251,2 кг/га. При этом компенсация выноса азота – 85,3 %, фосфора – 83,0 и калия – 860,5 %.

Значительные площади сельскохозяйственных угодий подвержены различным видам эрозии: ветровой, водной. В условиях региона, где наблюдается недостаточное и неустойчивое увлажнение, ветры различной интенсивности вызывают пыльные бури, а также длительное использование почв в производстве растениеводческой продукции приводит к их деградации. Поэтому рекомендовано использовать противоэрозионную систему обработки почвы. В сельскохозяйственной практике распространен рядовой (междурядье – 15 см), узкорядный (междурядье – 10 см) и перекрестный способы посева. Преимущества: равномерное распределение по поверхности почвы семян, развивается мощная корневая система, при этом растения пшеницы озимой лучше растут, увеличивается площадь минерального питания, повышается продуктивная кустистость, они полнее используют влагу, свет, питательные элементы, что формирует достаточно высокий продукционный процесс в агроценозе (Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., Коренев Г. В. и др., 1997; Коломейченко В. В., 2007; Ториков В. Е., Белоус Н. М., Мельникова О. В., Артюхова С. В., 2020). Другие авторы, П. А. Чекмарёв (2012), В. И. Балашкина, Г. П. Диканев, В. Н. Рассадников и И. В. Швыдков (2008), считают главным агроприемом, обеспечивающим производство высококачественного зерна пшеницы озимой, являются прогрессивные агротехнологии и рекомендованный севооборот. Озимая пшеница предъявляет высокие требования к предшественнику. Важно вовремя освободить поле от занимающих культур, чтобы подготовить почву для посева: борьба с сор-

няками, сохранение и накопление влаги, обеспечение дружных всходов, формирование стабильного агроценоза пшеницы озимой с осени, улучшение устойчивости растений к неблагоприятным условиям при их перезимовке.

Чередование культур в севообороте необходимо для того, чтобы растения оказывали различное влияние на физико-химические, водно-физические свойства почвы. Для создания урожая они выносят из почвы неодинаковое по количеству и соотношению макро-, мезо- и микроэлементов при вариативном уровне использования воды.

Зерновые культуры, как свидетельствуют А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинёк (2013) требуют больше азота, бобовые – фосфора, а клубненосные и корнеплодные культуры – калия. Растительные остатки культур после уборки урожая имеют неодинаковые массу корней и пожнивных остатков и разнообразный химический состав. Почва при этом неодинаково обогащается питательными веществами и различается использованием элементов питания из почвы в зависимости от предшествующей культуры. Это в последствии влияет на коэффициенты использования фосфора и калия растениями: при размещении после озимой пшеницы показатель составляет P_2O_5 – 27,5–33,7 %, K_2O – 4,8–5,5 %, после кукурузы на силос – 19,4–31,8 и 5,5–6,0 %, а наибольший он после гороха – 39,4–40,7 и 6,0–7,0 % соответственно.

В. И. Бровкин, А. Н. Уланов (2008) считают, что при выращивании пшеницы озимой значительного увеличения зерна можно добиться при размещении культуры как по занятому, так и по чистому парам.

Аграрии не могут управлять вышеприведенными факторами, но максимально возможно снизить действие неблагоприятных условий внешней среды за счет усовершенствования системы удобрений, как элемента агротехнологии выращивания пшеницы озимой. Применение наукоемких агротехнологий, по мнению В. И. Кирюшина (2007, 2020), меняет характер взаимодействия с факторами жизни растений. При переходе к адаптивно-ландшафтным системам земледелия возрастает вклад человека в продуктивность земли. Агроэкологическая оценка сельско-

хозяйственных культур должна отражать требования растений к различным агро-экологическим условиям и их потенциальную продуктивность. Ученый считает, что возникает необходимость последовательного смягчения или даже устранения лимитирующих условий на формирование продуктивности культуры. Повышение урожайности, как считает автор, требует смещения в сторону более высокой влагообеспеченности почв, их биогенности и регулярного поступления в почву лабильного органического вещества.

Таким образом сведения из литературных источников показывают, что для стабилизации продукционного процесса и получения качественного зерна пшеницы озимой необходимо учитывать биологические особенности, экологические факторы, потенциал современных сортов культуры, ее адаптивный потенциал, природоориентированную пластичность и стабильность, а также устранять факты или смягчать условия, лимитирующие формирование продуктивности культуры.

1.2 Влияние плодородия почвы на продукционный процесс

Уровень плодородия почвы и применение удобрений способствуют реализации потенциальной урожайности новых сортов пшеницы озимой. В фазу колошения культуры, по данным А. М. Кравцова, А. В. Загорулько, В. П. Василько, Н. Н. Кравцовой (2017), увеличивалась площадь листовой поверхности с 26,9 до 58,6 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал возрос с 1390 до 3344 тыс. м²/га сутки, но при этом ухудшился режим освещенности внутри агроценоза пшеницы озимой, и чистая продуктивность фотосинтеза растений вследствие этого снизилась с 5,58 до 4,58 г/м² сутки. Одновременно следует заметить, что с единицы площади существенно возрастали суммарные приросты абсолютно сухого вещества на 39 – 74 %.

Влияние уровня плодородия почвы на повышение урожая (с 4,49 до 6,06 т/га) и качественных показателей зерна пшеницы озимой (группа качества «сильная», класс второй) было изучено А. М. Кравцовым, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцовой и Т. Я. Бровкиной (2020). Исследователи установили тесную положительную корреляционную зависимость между уровнем плодородия почвы, нормами минеральных удобрений и увеличением в растениях озимой пшеницы содержания азота ($r = 0,802 - 0,950$) фосфора ($r = 0,745 - 0,850$) и калия ($r = 0,606 - 0,940$). Авторы отмечают решающее значение минеральных удобрений в повышении урожая зерна и его качества, которые способствовали формированию большего количества зерен в колосе, колосоносных побегов на 1 м².

Плодородие почвы определяет продуктивность культуры. Максимальный урожай зерна пшеницы озимой, как отмечают А. А. Квашин, Н. Н. Нецадим, К. Н. Горпинченко (2017) можно получить при внедрении систем удобрения с полным минеральным удобрением, минимальный – с использованием фосфорно-калийного или азотно-калийного удобрений.

К почвенным условиям пшеница озимая предъявляет высокие требования. Она дает стабильные урожаи зерна на почвах: легкого гранулометрического состава, окультуренных, влажных и свободных от сорняков. Можно культуру выращивать на чернозёмах, тёмно-каштановых почвах и серых лесных, а также дерново-подзолистых почвах. Лучшая реакция почвы – близкая к нейтральной – рН 6,0–7,5 единиц рН, содержание гумуса не меньше 2,5 %, а доступного фосфора и обменного калия не меньше 161 мг/кг почвы. Наиболее высокие и устойчивые урожаи зерна пшеницы удаётся получить на плодородных почвах (Коломейченко В. В., 2007; Федотов А. А., Лиходиевская С. А., Хрипунов А. И., 2014).

Пшеница требовательна к почвенным условиям. Получение высоких и устойчивых урожаев зерна, как считают А. В. Загорулько (2005); Т. В. Швец (2011); Л. М. Онищенко, В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец (2013); Н. Слюсарев, Т. В. Швец, А. В. Осипов (2022) возможно на почвах, имеющих хорошую оструктуренность профиля, близкую к нейтральной или слабокислой (рН 6,0–7,5) реакции почвенной

среды, высокое содержание доступных растениям питательных веществ. В зависимости от уровня плодородия почвы, учеными В. Е. Ториковым, А. А. Осиповым (2015), а также В. Е. Ториковым, О. В. Мельниковым, В. В. Мамеевыми др. (2016), показана эффективность использования удобрений на посевах пшеницы озимой мягкой. При внедрении агротехнологий возделывания новых сортов культуры отмечена их адаптивность, стабильность и пластичность.

Отмечая рекордные урожаи зерновых культур, которые в большей части формируются за счет мобилизации плодородия почвы, П. А. Чекмарёв (2012), обращает внимание на уровень плодородия почв. Автор отмечает, что в земледелии сложился отрицательный баланс питательных веществ, который составляет более 6,26 млн. т д.в., что приводит к необратимой деградации. Ежегодный вынос элементов питания превышает их возврат. Уменьшается количество почвенного органического вещества. Об изменении содержания гумуса в Азово-Кубанской низменности чернозема выщелоченного при выращивании полевых культур с применением различных агротехнологиями свидетельствовали В. И. Терпелец, В. Г. Живчиков (1999), Н. Г. Малюга, Л. Х. Аветянц, А. В. Бузоверов, А. В. Загорулько и др. (2008) В. И. Терпелец, Ю. С. Плитень, Е. Е. Баракина (2013). Они отмечали, что необоснованная интенсивная эксплуатация черноземов, привела к дисбалансу между потенциальным и эффективным плодородием. Снижение содержания гумуса ($> 30\%$ от исходного содержания) в черноземах привела к качественному изменению гумусного состояния, ухудшила агрохимические, микробиологические и агрофизические свойства почвы.

Новые сорта пшеницы озимой предъявляют достаточно высокие требования к плодородию почвы, и они проявляют хорошую отзывчивость при использовании минеральных удобрений. Получение устойчивых урожаев высококачественного зерна, как отмечают В. Г. Сычѳв, Г. Е. Мерзлая, С. П. Волошин, И. В. Понкратенкова (2016) и Г. Е. Мерзлая, И. В. Понкратенкова, А. Ю. Гаврилова (2019) в значительной степени зависит от совершенствования агротехнологий, в том числе за счет научно обоснованных и экологически сбалансированных систем

удобрения. На создание одной тонны зерна пшеницы озимой при соответствующем количестве соломы, по данным В. Г. Минеева (2004), пшеница озимая в среднем использует азота – 35 – 37 кг, фосфора – 12–13 и калия – 23 – 26 кг, а при продуктивности зерна культуры (около 6,5 т/га) пшеница озимая, как установили Я. В. Губанов и Н. Н. Иванов (1988) потребляет азота – 195 – 244 кг, фосфора – 51–70 кг и калия – 160–179 кг. При этом вынос из почвы азота, фосфора и калия варьирует в пределах – 410–515 кг/га. Для создания урожая зерна пшеницы озимой 30–45 ц/га на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах при среднем уровне обеспеченности подвижным фосфором и калием целесообразно сочетать органические удобрения – 30–40 т/га и минеральные – $N_{80-130}P_{80-120}K_{60-100}$ (Б. А. Ягодин, 1989; А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Л. М. Онищенко, 2012).

Современные, адаптированные к различным почвенно-климатическим условиям сорта озимой пшеницы, очень требовательны, но в тоже время и отзывчивы на внесение повышенных норм минеральных удобрений (Лыкова Н. А., Гусакова Л. П. и др., 2008; Хачидзе А. С., Мамедов М. Г., 2008).

При производстве высококачественного зерна пшеницы озимой, когда нет экономических возможностей применять под культуру научно обоснованные нормы минеральных удобрений создаются условия для перехода на альтернативные пути решения повышения почвенного плодородия – биологизацию земледелия (Ляхов В. А., 2005; Бельченко С. А., 2001; Камков С. П., 2006; Сычёв В. Г., Мёрзлая Г. Е., Волошин С. П., Понкратенкова И. В., 2016).

Увеличение продуктивности культуры возможно по приходу солнечной энергии, обеспеченности влагой и повышении эффективного плодородия почвы. Сидерация, возделывание многолетних бобовых трав и зернобобовых культур может обеспечить дополнительное накопление в почве питательных веществ от 75 до 325 кг/га д. в. N P K (Каюмов М. К., 1981; 1982, 1989; Мальцев В. Ф., 2002).

Таким образом, регулирование уровня плодородия почвы за счет применения минеральных удобрений должно основываться на знаниях о содержании в почве доступных форм дефицитных элементов питания для формирования планируемого урожая выращиваемой культуры, ее потребности, особенно в критические периода

роста и развития, а также эффективности применения различных способов, приемов, сроков и форм вносимых удобрений. Нормы удобрений уточняются по данным растительной и почвенной диагностик.

1.3 Минеральные удобрения и особенности питания

Академиком Г. П. Гамзиковым (2018) для прогнозирования потребности пшеницы озимой в азотных удобрениях разработаны методы диагностики и предложены индексы обеспеченности почв доступным азотом. Эффективность минеральных удобрений и получение стабильных и планируемых урожаев зерна с высоким качеством можно при обеспечении агроценоза пшеницы озимой достаточным количеством питательных веществ. О создании хороших условий для минерального питания пшеницы озимой пишут многие исследователи: Макарова Л. И., 1978; Ремесло В. Н., 1977; Ремесло В. Н., Блохин Н. И., 1977; Бельтюков Л. П., Пащенко В. Л., 1994; Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Онищенко Л. М., 2012; Подколзин А. И., 2000; Кравцов А. М., Загорулько А. В., Кравцова Н. Н., Бровкина Т. Я., 2020 и многие другие.

На Кубани средняя урожайность пшеницы озимой, как отмечает Е. С. Бойко, (2020) составляет 58,8 ц/га. Наибольший урожай зерна (на уровне 70 ц/га) формируется при следующих условиях: ранняя весна (первая декада марта) от начала вегетации до колошения 70 дней, количество осадков за вегетацию 570 мм, в том числе в апреле – июне не менее 250 мм, ГТК = 1,7.

Об увеличении содержания белка в зерне пшеницы озимой и высоких прибавках урожая от использования минеральных удобрений в различных регионах России пишут Ремесло В. Н., Сайко В. Ф. 1979; Семенов А. Д., Голоха В. В., 1986; Симакин А. И., 1988; Сычѳв В. Г., Ниловская Н. Т., Осипова Л. В., 2009; Жиленко С. В., Аканова Н. И., Винничек Л. Б., 2015; Шеуджен А. Х., Громова Л. И., Пастернак Я. Е., 2015; Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Гузик В. В., 2019.

Применение минеральных удобрений в рекомендуемых дозах способствует лучшей перезимовке пшеницы озимой. В период осеннего роста и развития пшеницы озимой создаются благоприятные условия. Поэтому подготовку к зиме и перезимовку растений во многом определяет применение минеральных удобрений. Следует заметить, что отзывчивость культур и роль минеральных удобрений в питании растений возрастает на тех почвах, где пшеница озимая выращивается по непаровым предшественникам. Здесь прибавки зерна (0,31–0,88 т/га) и вообще, показатели по урожайности, получены более высокие в сравнении с паром – 0,28–0,66 т/га. Исследователи это связывают с недостаточным накоплением питательных веществ в почве. При отмечают такую особенность, что даже при условии хорошего увлажнения почвы, накопление питательных веществ, необходимых для оптимального продукционного процесса культуры отстает здесь от их потребления (Бельтюков Л. П., Гриценко А. А., 1993; Бельтюков Л. П., Пащенко В. Л., 1994).

Вопросами повышения эффективности использования агрохимических средств в агроценозах зерновых культур занимались многие исследователи: Бахтунин И. Р., 1978; Кореньков Д. А., 1984, 1985, 1990; Петербургский А. В., Постников А. В., 1981; Постников А. В., Шафран С. А., 1983; Рубан В. С., Котляров Н. Н., Шкурпела В. П., 1981; Филиппова В. Н., 1991; Солдатенко А. Г., Мельцына Т. П., Малюга Н. Г., 1993, 2001; Кравцов А. М., Загорулько А. В., Кравцова Н. Н., Бровкина Т. Я., 2020 и многие другие. Результаты научной работы показали, что при использовании минеральных удобрений урожайность пшеницы озимой может повышаться до 55 %. Экономически оправданные прибавки урожая дает пшеница озимая мягкая. Изучение таких факторов как форма, доза (норма) минерального удобрения, способ и прием внесения, влияющих на урожайность и качество зерна пшеницы озимой выполнялись в различных адаптивно-ландшафтных системах земледелия России. Были выявлены важные закономерности действия минеральных удобрений и роль отдельных макро-, мезо- и микроэлементов в получении программированных урожаев зерновой культуры. К сожалению, многообразие почвено-климатических условий в мире, большое количество данных различного уровня опытов и логические сделанные

по ним выводы и заключения (по дозам, нормам, способам, срокам и приемам применения удобрений) не могут автоматически перенесены в агротехнологии выращивания культур. Полученные сведения нуждаются в корректировке с учетом региональных особенностей действия окружающей среды и внедряемых новых высокопродуктивных сортов культуры с высоким генетическим потенциалом урожайности.

Оптимальные дозы (нормы) как минеральных, так и органических удобрений определяют условие уровня урожайности пшеницы озимой. При этом необходимо не только применение удобрений в критические периоды роста и развития растений, удовлетворяющие их потребности в наиболее дефицитных элементах питания, но также необходим мониторинг показателей плодородия почв с целью его сохранения и поддержания (Кулаковская Т. Н., Богдановская М. Н., 1978; Афендулов К. П., 1979; Каюмов М. К., 1989; Шатилов И. С., Каюмов М. К., 1978; Али Али Кадем Али, Онищенко Л. М., 2020).

Расчет норм удобрений на программируемый уровень урожайности пшеницы озимой различными методиками сравнивали Е. А. Устименко, А. Н. Есаулко, А. И. Подколзин и др. (2013). Исследователи не установили достоверной разницы в действии расчётных норм – $N_{60}P_{34}K_{34}$ и $N_{68}P_{44}K_{24}$. Уровень урожайности пшеницы озимой был не более 4 т/га.

Удобрение, применяемое в агроценозе пшеницы озимой, размещаемой после кукурузе на силос, должно быть полным. Доза его должна быть в пределах $N_{80-120}P_{60}K_{60}$. Недопустимо исключение одного биогенного элемента питания, так как нарушенные условия могут существенно сократить использование двух и более других безусловно необходимых питательных веществ (Гоник Г. Е., 1980). Внесение $N_{60}P_{90}K_{60} + N_{60}$ в фазу колошения обеспечивало максимальное суммарное использование азота, фосфора и калия озимой пшеницей из вносимых удобрений после кукурузы на силос (Шевченко А. И., Борсук Г. Е., 1985). Показатели качества зерна также определяют уровни минерального питания культуры (Коданев И. М., 1976; Павлов А. Н., 1981, 1984). Оптимальное накопление белка и повышение значения по содержанию клейковины, а также улучшение хлебопекарных качеств зерна, происходит тогда, когда азотные, фосфорные и калийные удобрения вносят

в более поздние сроки – подкормка в период колошения-цветения (Самсонов М. М., 1967; Казарцева А. Т., Шеуджен А. Х., Нецадим Н. Н., 2004).

Удобрения – действенный фактор, определяющий урожайность и показатели качества зерна. Расчет норм внесения удобрений предусматривает необходимость знания максимального потребления элементов минерального питания на единицу получаемой основной продукции – зерна, но и уровня урожайности, соотношения основной и побочной продукции в урожае, элементов агротехнологии, почвенно-климатических условий района возделывания культуры. Для современных сортов пшеницы озимой, широко используемых в производстве зерна этой культуры, при урожайности четыре и более тонн в расчете на одну тонну зерна вынос азота был равен 31,0 кг, фосфора – 9,6 кг и калия – 28,8 кг (Дорофеев В. Ф., Саранин К. И., Степанов А. И., 1983; Куйдан А. П., Полоус Г. П., 1997; Агеев В. В., Подколзин А. И., 2001).

Пшеница озимая к условиям минерального питания предъявляет высокие требования. Повышенной потребностью в питательных веществах отличаются современные сорта с высоким генетическим потенциалом. С увеличением урожая зерна пшеницы озимой повышается вынос элементов питания. Она хорошо отзывается на все формы соединений в азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрениях, но действие их неидентичное. Удобрения проявляют лучшее воздействие тогда, когда растения пшеницы озимой в полном объеме обеспечены питательными веществами, а почва более полно сочетает в себе все необходимые элементы. Недостаток одного из веществ может привести к снижению эффективности всей системы удобрения культуры (Данилов А. Г., 1985; Шеуджен А. Х., Загорюлько А. В., Громова Л. И., Онищенко Л. М. и др., 2009; Стихин М. Ф., Денисов П. В., 1977; Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н. и Кизинёк С. В., 2013).

Содержание минерального азота в почве очень динамичный показатель. Об этом свидетельствуют многие исследователи, в том числе и экспериментальные данные Л. П. Бельтюкова, А. А. Гриценко (1993) подтверждают эту особенность и то, что, он заметно изменяется в течение вегетационного периода сельскохозяйственных культур в зависимости от гидротермических условий региона и наличия

почвенного органического вещества. В период наибольшего потребления растениями фосфора и калия потребность в этих элементах может быть удовлетворена применением основного (допосевного) и предпосевного внесения удобрений. Эти элементы слабоподвижны. Азот с обильными осадками промывается, такие приемы внесения азотных удобрений во многих случаях необходимо дополнять подкормками (Малюга Н. Г., 1992). Внесение полной рекомендованной дозы азотных удобрений весной, когда происходит активная вегетация культуры, позволяет избежать их потери за счет вымывания (Рыбалкин П. Н., 1997). Внесение удобрений в несбалансированном количестве, с задержкой или в холодное время года ухудшает эффективность дорогостоящих азотных удобрений (Симакин А. И., 1988).

Определены основные закономерности влияния форм и доз минеральных удобрений в различных почвенно-климатических зонах России, и их роль в получении программированных уровней продуктивности пшеницы озимой. Многообразие почвенно-климатических условий не позволяет данные, полученные в полевых, в том числе и стационарных опытах интерпретировать, рекомендовать на другие регионы. Они не могут быть универсальными, а нуждаются в уточнении норм, сочетаний, сроков внесения с учетом местных особенностей. Уровень продуктивности зерна пшеницы озимой во многом определяют агрометеорологические условия выращивания в сочетании с применяемыми удобрениями. Комплексное использование азотных, фосфорных и калийных удобрений позволяет добиться более положительного эффекта, которое определяется в окупаемости удобрений (Куряш Н. П., 1979; Сдобникова О. В., 1983; Ладонин В. Ф., 1984; Ладонин В. Ф., 1999; Луговкин В. В., 2004).

Различные уровни минерального питания пшеницы озимой и ее влагообеспеченность изучал В. Б. Смоленцев (1985). Сравнивая влияние ранее обозначенных факторов и расчетных норм минеральных удобрений автором определено условие формирования урожая и посевных качеств семян. На окультуренной почве уровень урожайности – 40 и 55 ц/га, а зерно было получено с хорошими посевными качествами. У пшеницы озимой наблюдалось увеличение площади листьев, темпов и величины нарастания сухой надземной биомассы.

Длительное использование в севообороте на дерново-подзолистой почве под озимую пшеницу минеральных удобрений в норме $N_{90}P_{70}K_{90}$ способствовало получению высокой урожайности – 3,5–5,3 т/га, но показатели качества зерна – содержание сырого белка и клейковины повышались незначительно. Внесение $N_{125}P_{155}K_{205}$ обеспечивало урожайность зерна – 3,2–5,4 т/га, но зерно по содержанию клейковины и белка отвечало требованиям государственных стандартов, предусматривающих показатели качества для сильных пшениц. Масса 1000 зерен повысилась, но выполненность зерна практически не улучшилась, а показатель натурности остался на прежнем уровне. Содержание клейковины было хорошим во всех вариантах опыта, которые проводили Н. Б. Бекмухамедова и И. А. Сироткин (1984). Они изучали влияние минеральных удобрений в норме $N_{90}P_{70}K_{90}$ и $N_{120}P_{150}K_{200}$. Наибольшие прибавки урожая зерна пшеницы озимой получали при внесении под основную обработку почвы фосфорных и калийных удобрений. Дробно (одна треть или две трети от полной нормы) следует вносить азотные удобрения под основную обработку, а также в период весеннего кущения и фазу выхода в трубку. Эффективна весенняя подкормка пшеницы озимой в зонах с устойчивыми влажностными и температурными режимами, а также в агроценозах вышедших из зимы в ослабленном состоянии (Губанов Я. В., Иванов Н. Н., 1988; Ефимов В. Н., Донских И. Н., Сеницын Г. И., 1984; Козырева М. Д., 1985; Кулаковская Т. Н., Богдановская М. Н., 1978; Кулаковская Т. Н., 1975, 1978; Chaudhry Aman Ullah, Mehmood R., 1998; Шеуджен А. Х., 2010; Ali A., Syed A. A. W., Khaliq, T., Asif, M., Aziz, M., Mubeen, M., 2011; Ali A., Syed A. A. W., Khaliq T., 2011; Liu D.; Shi Y., 2013; Tana Tamado, Dalga Dawit, Sharma J. J., 2015; Belete F., Dechassa N., Molla A., 2018; Ishete T. A., Tana T., 2019; Nehe A., King J., King I. P., 2022).

Азот – элемент, имеющий одно из определяющих значений в минеральном питании растений пшеницы озимой. А. А. Завалин, О. А. Соколов (2018) утверждают, что этот биогенный элемент эффективен при управлении качеством зерна этой культуры. Он – составляющий компонент органических соединений: нуклеиновых кислот, хлорофилла, фосфатидов, аминокислот, белков, алкалоидов, а также отдельных витаминов и ферментов. А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек

(2013) определили экологический оптимум для этой культуры: содержание гумуса в почве ($> 3-4\%$), запасов почвенного органического вещества (300-600 т/га), плотность корнеобитаемой ее толщи ($1,35 \text{ г/см}^3$). Авторы отмечают, что при наличии оптимального содержания минерального азота в почве улучшается питание растений. Они хорошо кустятся, а окраска листьев, как правило, надолго остается интенсивно-зеленой. Это свидетельствует об активном процессе фотосинтеза, что усиливает синтез аминокислот, ускоряется рост и развитие растений. Улучшается формирование у растений репродуктивных органов и, в конечном счете, увеличивается урожай и содержание белка в зерне пшеницы озимой. Если в почвенной среде обнаруживается дефицит азота, происходит уменьшение темпа роста, ускорение развития растений, а также наблюдаем бледно-зеленую окраску листьев растений. Это обстоятельство отрицательно сказывается к концу вегетации культуры: особенно на накоплении белка в зерне пшеницы озимой, на элементах структуры урожая – продуктивной кустистости, натуре, величине и озерненности колоса, массе 1000 зерен. Критическим периодом у растений называют этап органогенеза, когда отсутствие элемента или даже его недостаток отрицательно влияет на рост и развитие растений пшеницы озимой. У культуры наибольшее накопление сухой биомассы и интенсивное поступление азота в растения происходит в периоды выхода в трубку и колошения. Растения потребляют азот с самого раннего периода своего развития. Он наиболее важен в минеральном питании в фазу осеннего кушения: от всходов до ухода в зимний покой. Азот необходим при возобновлении весенней вегетации до выхода растений в трубку – происходит закладка и дифференциация колоса, и период налива зерна – недостаток элемента снижает содержание протеина в зерне. В период налива зерна из почвы азот потребляется в небольших количествах. Через корневую систему поглощение элемента составляет $18-26\%$. Наибольшее количество в зерновку азота поступает вследствие реутилизации его из вегетативных органов культуры (Н. Г. Малюга, 1992). Содержание наиболее дефицитных элементов минерального питания в растениях пшеницы озимой сопровождается постоянным изменением (Шеуджен А. Х., Загорулько А. В., Громова Л. И., Онищенко Л. М. и др., 2009).

Азотные удобрения (доза N₂₀ на фон P₄₀K₄₀), вносимые на черноземе выщелоченном увеличивали только урожайность зерна. Применение дозы N₆₀ способствовало повышению не только продуктивности, но и показателей качества зерна. Увеличивалось содержание белка на 1,5 %, клейковины – на 3,5 % и стекловидности более чем на 7 % (Завалин А. А., Соколов О. А., 2018; Delfine, S., Tognetti R., Desiderio E., 2005).

Отмечено увеличение числа колосков в колосе и его озерненность при проведении в ранневесенний период подкормки азотными удобрениями пшеницы озимой. Важно оптимизировать азотное питание растений в фазы выхода в трубку-колошения. Это дает возможность увеличивать количество продуктивных стеблей, ускорять и усиливать процессы дифференциации и формирования репродуктивных органов, что в последующем дает образование более озерненных колосьев, повышает массу зерна с одного колоса и в итоге повышается урожай пшеницы озимой. В зерне культуры к фазе молочной спелости содержится до 50 % потребляемого ею азота, а к фазе восковой спелости зерна – 80 % (Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Кизинёк С. В., 2013; Cormier F., Foulkes J., Hirel, B., 2016).

На содержание азота в растениях пшеницы озимой в фазу ее колошения оказывает влияние истинный уровень минерального питания (Малюга Н. Г., 1992). Повышение уровня питания растений азотом способствует увеличению поступления азота в надземные органы пшеницы озимой. Внесение азотных удобрений, по данным Д. У. Кука (1975), достоверно повысило содержание в почве нитратного азота и в меньшей мере обменно-поглощенного аммония.

Влияние азотсодержащих удобрений на урожайность зерна культуры в большей степени сопряжено со складывающимися почвенно-климатическими и географическими закономерностями (Д. А. Кореньков, 1984). Эффективность азотных удобрений повышается при хорошей обеспеченности агроценозов почвенной влагой. Недостаточность увлажнения существенно уменьшает окупаемость вносимых минеральных удобрений (Минеев В. Г., 1973). Применение минеральных удобрений способствует накоплению большего количества растительных остатков, что в последующем способствует повышению содержания нитратного азота в черноземе

обыкновенном. Его всегда больше, чем на контроле (Загорча К. Л., Белтей В. И., Индоиту Д. М., Т. А. Малаева, 1980; Годунова Е. И., Желнакова Л. И., Удовыдченко В. И., 2011; Онищенко Л. М., Шаляпин В. В., Али Али Кадем Али, 2020). Прослеживается положительная корреляционная зависимость: с увеличением содержания минерального азота в почве содержание азота в растениях также повышается (Вакал Л. С., Литвин В. Г., 1974; Kandil A. A., Sharief A. E. M., Seadh S. E., 2016).

Главный источник азота для питания растений – почва. Но основной его запас находится в органической форме. Только после процесса минерализации элемент становится доступным. Интенсивность же процесса разложения почвенного органического вещества зависит от его природы, физико-химических и биологических свойств почвы, аэрации, ее влажности и температуры (Chen S., Waghmode T. R., Sun R., 2019; Кочегарова Н. Ф., 1974).

Получение высоких урожаев полевых культур возможно при высокой обеспеченности растений азотом. В странах с развитым сельскохозяйственным производством растениеводческой продукции (урожайность зерновых – 6-8 т/га), ежегодно на один гектар пашни используют до 150–200 кг азота. Азот в нитратной форме представляют собой одно из главных соединений азота для питания растений (Посыпанов Г. С., Бузмаков В. В., 1999; Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., Корнев Г. В. и др., 1997; Atia, R. H.; Ragab, Kh E., 2013).

Применение минеральных удобрений способствует более интенсивному накоплению запаса минерального азота в почве за счет трансформации трудногидролизующихся форм элемента в легкогидролизующиеся (Турчин Ф. В., 1972; Attia A. N. E., Seadh S. E., Sharshar M. S. E., 2013).

Качество зерна пшеницы озимой – интегральный показатель, отражающий воздействие комплекса факторов на поглощение, усвоение и метаболизм элементов питания в конкретных почвенно-климатических условиях (Завалин А. А., Соколов О. А., 2018; Abou-Salama, A.M., A.A. Ismail, 2000).

Дополнительно применяемые азотсодержащие удобрения в фазу кущения или колошения повышают сбор белка с гектара в агроценозе пшеницы озимой за счет стабилизации такого показателя как содержание белка в зерне (Павлов А. Н.,

1984). Многие исследователи свидетельствуют о том, что в поздние сроки роста и развития пшеницы (до налива зерна) повышение содержания белка в зерне напрямую связано с улучшением азотного питания. В фазу колошения положительный результат наблюдается от некорневых подкормок. Агрохимические мероприятия в поздние сроки улучшают показатели качества зерна пшеницы – содержание белка и клейковины, повышающих питательную ценность зерна, изменяя фракционный состав зерна в сторону увеличения содержания глиадина и глютенина – свойства, представляющих большую ценность при выпечке хлебобулочных и кондитерских изделий. Продуктивность пшеницы озимой растет до определенного уровня при использовании азотных удобрений. Не рациональное использование азотсодержащих удобрений не изменяет урожайность культуры и не повышает содержание белка в зерне (Пруцков Ф. М., 1970, 1976; Завалин А. А., Соколов О. А., 2018).

Внесение удобрений под пшеницу озимую – важный фактор, способствующий улучшению питательного режима чернозема выщелоченного. Данные многих исследователей, в том числе и Е. В. Агафонова (1992), Л. П. Бельтюкова, А. А. Гриценко (1993) свидетельствуют, что в пахотном слое почвы подкормки в агроценозах культуры повышают содержание нитратного азота. Общее содержание минерального азота в почве весной определяется количеством атмосферных осадков в осенне-зимний период и интенсивностью процессов нитрификации и аммонификации, происходящими под предшественником в почве. Действие ранневесенней азотной подкормки растений пшеницы озимой зависит от содержания в почве влаги (Степанов А. И., М. Г. Пономарев (1977); Юркин С. Н. (1979); А. Н. Абраменко (1982). Проведение азотной подкормки весной на посевах пшеницы озимой зависит от агрометеорологических условий. В литературе имеются данные, что если в метровом слое почвы содержится влаги менее 60 мм, то эффект от применения азотных удобрений в 10 % случаев. Азот положительное влияние оказывает: при влаге 60–100 мм с вероятностью 20–30 %; 100–150 мм – 46–60 %; максимальный эффект можно наблюдать при влаге 150–180 мм – 80–90 %.

И. М. Шапошникова и др. (1978) сравнивая эффективность прикорневой подкормки дисковыми сеялками с ранне-весенней по таломерзлой почве, пришла к выводу, что во влажную и продолжительную весну более необходимо проводить подкормки дисковыми сеялками. Избыточное увлажнение в период необходимости ранневесенней подкормки предусматривает рыхление и повторную подкормку в начале выхода в трубку пшеницы озимой. Этот прием может снизить развитие корневой гнили в два-три раза у растений. На величину урожайности ранневесенняя подкормка культуры оказывает довольно высокое влияние, а на качество – все-таки поздние подкормки. В. А. Межакова (1968), А. Б. Глуховский (1968), И. Г. Калининко (1979) свидетельствовали о положительном влиянии поздних подкормок пшеницы озимой на качество ее зерна.

Хорошие данные были получены в полевых опытах Н. И. Блохина, В. В. Дудника (1985) при отмене с осени внесения высокой нормы азота (N_{150}) и перенесении ее на весенне-летней период. Данный прием способствовал повышению natyры зерна на 21-27 г/л, массы 1000 зерен на 2,6–4,5 г, содержания клейковины на 2,2–4,7 %. Как высокое, так и низкое содержание минерального азота в почве приводит к нарушению обмена веществ у пшеницы озимой, вызывает угнетение растений. Однако на протяжении всего периода роста и развития пшеницы озимой необходимо поддерживать уровень азотного питания и обеспеченность им должна быть высокой. Это условие важно в фазы осеннего и весеннего кушения, дифференциации колоса и образования колосков. В этот период важно определить оптимальное соотношение азота и других элементов минерального питания. В эти периоды формируются высокопродуктивные растения с высокими показателями качества. Уровень азотного питания для выращивания зерновых растений, имеет первостепенное значение. Он должен быть оптимальным с учетом потребности и биологических особенностей культуры (Богдевич И. М., Лапа В. В., Лимантова Е. М. и др., 1991; Ягодин Б. А., 1980; Богдевич И. М., Лапа В. В., Лимантова Е. М. и др., 1991).

Внесение возрастающих норм азотных удобрений (N_{60} , N_{90} , N_{120} и N_{150}) в различные сроки их применения изучали Е. М. Лимантова, О. М. Лашукевич, А. А. Чаховский и др. (1986). Применением норм – N_{60} и N_{90} в качестве подкормки

в начале фазы трубкования очень положительно сказалось на продукционном процессе и по эффективности не уступило ранневесенней подкормке в показателях повышения урожая и качества зерна пшеницы озимой. Действие положительное на содержание белка в зерне. Определено ее увеличение – в среднем 0,8–1,1 %. Норма азота N_{90} не обеспечила достоверной прибавки урожая зерна, но существенно повышала расход азота удобрений (на 4–5 кг) на формирование единицы урожая. Применение низких доз азотных удобрений или их отсутствие не могут обеспечить получение зерна пшеницы, соответствующее требованиям стандарта (Завалин А. А., Соколов О. А., 2018).

В исследованиях по установлению эффективности действия азотных удобрений А. М. Головковым и Н. Ф. Черкашиной (1986) выявлено, что продуктивность культуры определялась агроклиматическими условиями, степенью окультуренности почв. Авторы отмечают, что растениями эффективнее использовался азот в дозах 90 и 120 кг/га, а урожай зерна пшеницы озимой, его качество более полно проявились в годы с повышенной влагообеспеченностью почвы. Достоверная прибавка зерна составляла 7–9 ц/га.

При внесении 45 кг/га азота под основную обработку почвы исследователям удалось получить максимально высокий урожай зерна – 41,4 ц/га с содержанием белка –15,4 %. Дополнительная ранневесенняя подкормка в дозе 40 кг/га в сочетании на фосфорно-калийном фоне увеличила массу 1000 зерен до 35,4 г при проведении азотных подкормок (Комарова Т. Е., Евтихова Т. П., Комаров В. Д., 1995).

В начале вегетации растений или перед выходом в трубку пшеницы озимой азот лучше применять в норме 30–60 кг/га. Исследователи В. Т. Мамонтов, Г. Г. Дуда, А. В. Иващенко (1986) показали повышение на 1,6–1,8% содержание белка в зерне культуры. При ранневесенней подкормке растений азотными удобрениями в дозе N_{30} авторами установлены достоверные прибавки урожая. В фазу колошения внесение азота способствовало формированию зерна хорошего качества, но продуктивность при этом не увеличивалась. М. Г. Таран (1987) в микрополевых опытах показал высокую эффективность ранневесенней подкормки в агроценозе короткостебельной пшеницы озимой, а также преимущество дробного внесения

азотных удобрений. Определил коэффициенты использования азота растениями из удобрений, которые повышались с 33,7 до 47,3 %.

Азотное удобрение в дозе N_{40} на чернозёме выщелоченном с низким содержанием подвижного фосфора обеспечивало прибавку зерна пшеницы – 0,18 т/га. Азотно-фосфорное удобрения в дозе $N_{60}P_{25}$ одновременно повышали урожайность зерна пшеницы на 0,50-0,97 т/га и улучшало его качество (Милащенко Н. З., Завалин А. А., Сычѳв В. Г., Самойлов Л. Н., Трушкин С. В., 2015; Vysloužilová, V., Ertlen D., Schwartz D., 2016).

Высокие дозы азотного удобрения, вносимые дробно, как утверждают А. А. Завалин, О. А. Соколов (2018), в зерне озимой пшеницы увеличивают содержание сырого белка на 1–2 % по сравнению с применением повышенной дозы азота в один прием. Корректировка доз вносимого азотного удобрения в соответствии с требованиями, предъявляемыми к сильным пшеницам, значительно улучшает качество зерна.

Б. Е. Якубенко (1985) утверждает, что наиболее высокий урожай зерна пшеницы озимой получен при внесении N_{195} в 4 срока с дифференцированной дозой азота (N_{45}), внесенной до посева – 55,8 ц/га. Весеннее азотное удобрение, как установили Н. В. Остапенко и Н. Т. Ниловская (1994), обеспечивает повышение продуктивной кустистости растений пшеницы озимой, что в последующем увеличивает продуктивность культуры.

Вопрос по дробному внесению азота в агроценозе пшеницы озимой до конца еще не выработан. Единого мнения нет и идут еще дискуссии. Одни исследователи – В. В. Церлинг, М. А. Горшкова, В. П. Толстоусов, (1980) утверждают, что дробное применение азотных удобрений не повышает урожай при одинаковых нормах по сравнению с однократными. Другие авторы напротив, свидетельствуют об отрицательном эффекте возрастающих доз удобрений, и сторонники дробного внесения азотных удобрений. Негативное влияние высоких норм азота проявляется в возможном понижении отдельных показателей качества зерна – природы, массы 1000 семян (Кореньков Д. А., 1990; Стихин М. Ф., Денисов П. В., 1977).

Средневзвешенное содержание азота в нитратной форме в 0-20 см слое почвы по данным Е. В. Агафонова (1992), а также Л. П. Бельтюкова, А. А. Гриценко (1993) определяется гидротермическими условиями, интенсивностью в почве процессов нитрификации под предшественником в осенне период роста и развития растений. Положительное влияние подкормки азотом весной зависит от имеющейся влаги в почве. Если в метровом слое почвы ее содержится менее 50 мм, то вероятность благоприятного ее влияния очень низкая, если влаги в почве в диапазоне более 60 (до 100 мм) эффективность возрастает до 30 %; если до 150 мм – до 50 % и до 180 мм – 80 % (Степанов А. И., Пономарев М. Г., 1977; Юркин С. Н., 1979; Абраменко А. Н., 1982; Chendev, Y. G., Saue T. J., Hernandez Ramirez G., 2015; Vysloužilová, B., Ertlen D., Schwartz D., 2016).

На потребление азота растениями пшеницы озимой наилучшее влияние оказала медь. Некорневая подкормка микроэлементами растений пшеницы озимой, как отмечают А. Х. Шеуджен, И. А. Булдыкова, Р. В. Штуц (2014) способствовала, более интенсивному потреблению растениями азота почвы и удобрений. В фазы кущения, трубкования и колошения культуры содержание этого элемента под их воздействием возросло соответственно на 0,03–0,22; 0,05–0,22 и 0,08–0,20 % сухой массы. Медь и цинк в зерне пшеницы повышали в среднем содержание белка на 1,3 и 1,1 %, клейковины – на 3,8 и 3,4 %, стекловидность зерновок была максимальной – 90 и 89 % соответственно (Clarke, J. M., Campbell C. A., Cutforth H. W., 1990; Kasatkina, A. O., Yesaulko A. N., Korostylev S. A., 2021).

Воздействие азотных удобрений изучали А. М. Головкин и Н. Ф. Черкашина (1986). Авторы установили, что количество собираемого зерна пшеницы, его качество и окупаемость применяемых удобрений достаточно сильно зависит от агрометеорологических условий, степени окультуренности почвы. Генетический потенциал сорта пшеницы озимой наиболее полно проявлялся во влажные сельскохозяйственные годы. Прибавка зерна варьировала от 0,6 до 1,0 т/га. Положительно влияет улучшенное азотное питание растений на почве средней окультуренности. Пшеницей озимой эффективнее поглощался азот при применении повышенных доз азотных удобрений: N₉₀ и N₁₂₀. Исследователи отмечают увеличение урожайности и

снижение отрицательного действия погодных факторов на растения в периоды закладки и формирования элементов урожая при дробном внесении азота в подкормку (Куперман Ф. М., Ржанова Е. И., 1963; Кореньков Д. А., 1985; Ладонин В. Ф., 1999; Лапа В. В., Босак Н. В., 2000; Лапа В. В., 2002; Altermann, M., Rinklebe J., Merbach I., 2005; Yang, X., Yang Y., Sun B., 2011; Andrea, B. K., János K., Evelin J., 2019; Kabała, Cezary, 2019; Chen, S., Cade-Menun B. J., Bainard L. D., 2021; Rawal N., Pande K. R., Shrestha R., 2022).

Фосфор важен в питании растений пшеницы озимой. А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева и С. В. Кизинёк (2013) считают, что оптимальная обеспеченность пшеницы озимой доступным фосфором способствует улучшению использования азота, более быстрому росту и развитию растений, положительному влиянию на формирование генеративных органов. Фосфор способствует зимостойкости, озерненности колоса, ускоряются темпы созревания зерна, а также он увеличивает урожай и повышает его качество. Недостаток фосфора в минеральном питании растений пшеницы озимой способствует снижению темпов роста и развития растений. Листья культуры приобретают антоциановую окраску, деформируются и преждевременно теряют способность к фотосинтезу, при этом снижается урожай, задерживается созревание зерна и ухудшается его качество (Шеуджен А. Х., Загорулько А. В., Громова Л. И., Онищенко Л. М. и др., 2009; Zeboon, N. H., 2016; Erro, J., Urrutia O., Baigorri R., Fuentes M., 2016; Carmo, M., García-Ruiz R., Ferreira M. I. 2017; Motesharezadeh, B., Valizadeh-Rad K., Dadrasnia, A., 2017).

Фосфор важен при процессах оплодотворения и физиоло-биохимических процессах, и превращениях, происходящих в растениях. Он выносится растениями в меньших количествах. Входит этот элемент в состав белковых соединений – нуклеопротеидов, клеточных ядер. (В. Ф. Дорофеев, К. И. Саранин, А. И. Степанов, 1983; Л. А. Ежова, 2001). Осенью пшеница озимая предъявляют высокие требования к фосфорно-калийному питанию. Фосфор способствует накоплению углеводов в растениях, что способствует зимостойкости, а также формирует более мощную корневую систему (Головков А. М., Черкашина Н. Ф., 1986).

На протяжении всей своей вегетации пшеница озимая потребляет фосфор неравномерно. В растениях большая его концентрация в начале вегетации культуры, наименьшая в фазу полной спелости зерна. В фазу кущения в вегетативных органах пшеницы озимой содержание фосфора – 0,57–0,62 %, трубкавания – 0,43–0,54 %, колошения – 0,33–0,42 % и цветения – 0,31–0,42 % сухой массы. В. В. Агеев (1999) с коллегами установили, что для реализации потенциальной продуктивности культуры эти значения являются оптимальными (цит. по А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева и С. В. Кизинёк, 2013)

Хорошая обеспеченность растений доступным фосфором улучшает действие азотных удобрений (Музыкантов П. Д., 1970; Петербургский А. В., Постников А. В., 1981; Полякова Г. Д., 1981; Bilal, Khan, Muhammad, Iqbal Lone, Muhammad, Ullah, Rehmat, 2012; Hussain, Shahid, Maqsood Muhammad Aamer, Aziz Tariq, 2015; Cade-Menun, Barbara J., 2017).

Материнская порода почвы является основным источником минеральных соединений фосфора, которые находятся в виде различных минералов. Эти вещества изменяются в процессе почвообразования качественно и количественно. В отличие от азота фосфор не имеет дополнительных естественных источников пополнения своих запасов в почве. Пополнение запасов этого биогенного элемента из почвы для формирования урожая, практически можно только за счет применения удобрений. Зная природу химического поглощения фосфорсодержащих удобрений в почве и складывающуюся динамику содержания подвижных форм элемента, можно регулировать его режим внесением определенных доз, форм этих удобрений (Клечковский В. М., Петербургский А. В., 1967; Простаков П. Е., Носов П. В., 1964, 1969; Носов П. В., 1973; Káš, M., Mühlbachová G., Kusá H., 2016; Шеуджен А. Х., 2018; Singh, J., Bhatt R., Dhillon B. S., 2022).

Многочисленные научные исследования, проведенные за рубежом и в России показывают прямую зависимость между урожаем культуры и содержанием в почве усвояемых форм фосфора (Пономарева А. Г., 1973; Носко Б. С., Кучир Н. А., Егоршин А. А., 1980; Medinski, Tetiana, Freese Dirk, Reitz Thomas, 2018).

Применение в научно обоснованных нормах фосфорных удобрений повышает урожайность зерновых культур. Увеличение в почве содержания подвижного фосфора при их внесении увеличивает его концентрацию в растениях и, как следствие, вынос из почвы с урожаем культуры. А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева и С. В. Кизинёк (2013) отмечают, что фосфор является важнейшим биогенным элементом. Под воздействием фосфора, как считает Ю. В. Алексеев (1978), у зерновых культур улучшается качественный состав белков. В тоже время, есть и другое мнение. Отдельными авторами получены данные, которые обнаружили снижение содержания протеина в зерне пшеницы озимой при внесении фосфорных удобрений. Этому факту В. Г. Минеев и А. Н. Павлов (1981) нашли объяснение, которое показывает основную причину уменьшения качественных показателей у зерна пшеницы – насбалансированность по элементному составу почвенного раствора. Повышение содержания фосфора в почве под влиянием обноименных удобрений приводит к недостатку минерального азота, за счет так называемого «ростового разбавления» в растении.

Однако имеются сведения, что оптимальное содержание подвижного фосфора в почве способствует использованию азота, а значит улучшению минерального питания растений, более быстрому их росту и развитию, положительному совместному действию на формирование генеративных органов, что значительно улучшает озерненность колоса пшеницы озимой. Рекомендуется фосфорные удобрения вносить перед посевом культуры – допосевное удобрение и применять при посеве – рядковое удобрение в дозах P_{30-90} и P_{10} соответственно (Петин Н. С., Павлов А. Н., 1966; Мосолов И. В., Мосолова Л. В., 1967; Коданев И. М., 1976; Чумаченко И.Н., 2003; Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н. и Кизинёк С. В., 2013).

После появления всходов пшеницы наблюдается первый критический период в отношении фосфора – период наибольшей потребности растений в этом элементе для формирования развитой корневой системы. Применение гранулированного аммофоса, сульфаммофоса при посеве в рядки способствует формированию дружных посевов. В фосфоре потребность у растений пшеницы озимой возрастает при

повышенном содержании в почве минерального азота (нитратной его формы). Максимальное поглощение фосфора приходится на фазы выхода в трубку, колошения и цветения у растений пшеницы (Дорофеев В. Ф., Саранин К. И., Степанов А. И., 1983; Посыпапов Г. С., 1997; Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н. и Кизинёк С. В., 2013).

Эффективность фосфорных удобрений (влияние на продуктивность пшеницы озимой) напрямую связана с условиями увлажнения. Внесение в почву фосфорных удобрений способствует улучшению обеспеченности этим элементом растений, общее его потребление растениями повышается и формируется более высокий урожай зерна. Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы получена при внесении $N_{120}P_{140}K_{120}$. Высокая отзывчивость на P_{90} наблюдалась при содержании фосфора в почве до 10 мг/100 г почвы. С увеличением концентрации подвижных фосфоритов эффективность фосфорсодержащих удобрений снижается. В агроценозе пшеницы озимой при повышении содержания подвижного (доступного) фосфора выше чем 30 мг/100 г почвы не сказывается на отзывчивости культуры на фосфорные удобрения. Использование под пшеницу озимую новых форм фосфорных удобрений в дозе P_{90} не имели преимущества перед традиционными по динамике содержания подвижного фосфора в почве. Фосфорные удобрения большее воздействие на урожайность культуры в агроценозе оказывают в засушливые сельскохозяйственные годы (Шустикова Е. П., 1955; Пенчукова Н. А., Булавинов А. В., 1986; Dhillon, J., Torres G., Driver E., Figueiredo V., 2017).

Калий. Для обеспечения устойчивости растений пшеницы озимой к неблагоприятным условиям внешней среды большое значение имеет калийное питание. Максимальное содержание калия, прежде всего, определяется в молодых жизнедеятельных органах растений. В листьях и в органах размножения его много, преимущественно он находится в клеточном соке и в плазме. Калий – зольный элемент. В растениях в наибольшем количестве этот биогенный элемент содержится в водорастворимой форме. В зерне пшеницы озимой содержат 12,4–16,2 % белка и 0,41–0,62 % K_2O , а семена бобовых растений 23,3–25,1 % белка и 1,5–1,9 % K_2O (Каталымов М. В., 1960). В растительных остатках пшеницы озимой калия в два раза больше, чем в зерне (Zubriski, J.C., Vasey E.H., Norum E. B., 1970; Spiridonova,

N.K., 1978; Das, S., Sarker A., 1981; Danko, V.I., Sardak N.A., 1985; Минеев В. Г., 1999; Xu H., Dai X. Chu J., 2018).

В черноземах запасы калия, как свидетельствуют В. В. Прокошев, И. П. Дерюгин (2000), довольно большие (в пахотном слое 42–60 т/га), что выше запасов азота и фосфора в 4 и 16 раз соответственно, а валовое его содержание – 1,5–2,6 % (Crista, F., Isidora R., Florin S., 2012).

В системе удобрения культуры калий удобрений, поглощается почвой физико-химически или обменно, а также закрепляется в необменной форме. В черноземе выщелоченном подвижность, трансформация (в необменную форму) калия удобрений исследовал Ю. Г. Погорелов (1969, 1972). Автор свидетельствует, что переход происходит в течение трех дней. Содержание обменного калия в почве за этот короткий промежуток времени повышается на 14–42 % от внесенного элемента с удобрениями. Переход в необменную форму предотвращает его от вымывания обильными атмосферными осадками и одновременно на какое-то время переводит элемент в недоступную форму.

В черноземе выщелоченном почвенно поглощающий комплекс имеет высокую насыщенность двухвалентными основаниями. Как установили исследователи, длительное и систематическое применение удобрений в севооборотах не способствует достоверному увеличению содержания обменного калия в почвах. Миграция его по профилю почвы при применении калийных удобрений незначительна, и он закрепляется в местах его внесения вследствие проявления физико-химической поглотительной способности. Однако тенденция к его повышению под влиянием минеральных удобрений четко просматривается (Якименко В. Н., 2003; Шеуджен А. Х., 2018).

В исследуемой почве содержание обменного калия определяет агрометеорологические условия региона, минералогический состав почвы, биологические особенности пшеницы озимой, ее фазы роста и развития. Поэтому необходим мониторинг за этим показателем так как он очень динамичен. Уменьшение потребляемого калия растениями за счет снижения содержания обменной его формы способствует формированию низкого урожая и качества зерна полученной продукции.

К тому же следует заметить о сокращении продуктивности агроценоза пшеницы озимой от влияния других используемых удобрений – азотных и фосфорных (Шеуджен А. Х., Суетов В. П., Онищенко Л. М., 2014).

Вносить калийные удобрения рекомендуется, как пишет А. Х. Шеуджен (2018) под основную обработку. Распределяясь по толще пахотного горизонта, в увлажненных слоях почвы, калий может быть использован растениями в течение всей их вегетации. Калийный режим, как свидетельствует автор, в агроценозах обуславливается генетическими особенностями чернозема выщелоченного и применяемыми агрохимическими средствами. Он практически не связан с химическим и микробиологическим закреплением элемента. В.Н. Якименко (2003), характеризуя особенности потребления растениями обменного калия из почвенного раствора, отмечает, что содержания его может увеличиваться за счет необменных форм элемента. Автор также указывает на подвижное равновесие между обменной формой калия и водорастворимой.

Для создания Оптимальный уровень калийного питания для растений пшеницы озимой формируется при условии применения не только азотных и фосфорных удобрений, но в почву необходимо вносить калийсодержащие удобрения. Потребность культуры в калии усиливается при преобладании в минеральном питании культуры азота в аммонийной форме. В настоящее время при отсутствии научно обоснованной системы удобрения рассчитывается отрицательный баланс элемента за счет – уменьшения внесения не только калийных, но и органических удобрений. Многие авторы отмечают, что даже незначительный дефицит калия во всех земледельческих районах России в минеральном питании – существенный снижения урожая пшеницы озимой (Шеуджен А. Х., Суетов В. П., Онищенко Л. М., Осипов М. А., Есипенко С. В., Бондарева Т. Н., Бочко Т. Ф., 2014).

Действие калийных удобрений по географическим зонам страны, как отмечает В. Г. Минеев (1973), аналогично влиянию удобрений, содержащих азот. При повышенном внесении калийных удобрений и недостатке влаги в почве ухудшается рост и развитие растений пшеницы озимой из-за повышенной концентрации образующихся в почве солей. Действие калийных удобрений напрямую зависит от содержания кальция и магния (оптимум K_2O – не более 5 %, а Ca и Mg – около 90 %

в ППК), включенных в почвенно поглощающий комплекс. В почвах, где имеется Низкий уровень содержания влаги в почве, повышает концентрацию калия ППК и изменяет доступность кальция и магния растениям пшеницы озимой. О снижении норм калийных удобрений в степной и в лесостепной западной части России указывает Б. С. Носко, Н. А. Кучир, А. А. Егоршин (1980). Симптомы недостатка калия в питании пшеницы озимой могут проявляться как при низком его содержании в почве, так и при нарушении соотношения элементов – избыточное содержание азота. Признаки голодания у растений проявляются в снижении темпов накопления углеводов и белков, замедлении роста и развитии растений, снижении урожая, ухудшении качества зерна. Появляется на краях листьев «ожог», нижние листья желтеют, а затем бурют и отмирают. Растения пшеницы озимой полегают, зерно щуплое и не вызревает (Шеуджен А. Х., Загорулько А. В., Громова Л. И., 2009).

Наблюдения за потреблением элементов питания пшеницей озимой показывают, что в фазу колошения-цветения калий растениями потребляется максимально. Если в системе удобрения культуры применяются только азотные и фосфорные удобрения без внесения калийных, то установлено более интенсивное использования почвенных запасов калия растениями, что естественно снижает потенциальное плодородие почвы. Установлено на стационарном опыте кафедры агрохимии в учхозе «Кубань», что без внесения минеральных удобрений по окончании трех ротаций 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота 0-20 и 21-40 см слоях чернозема выщелоченного содержание валового калия уменьшилось на 0,19 и 0,24 % соответственно. Длительное, многолетнее и систематическое применение удобрений не компенсировало вынос калия с урожаем сельскохозяйственных культур из почвы урожаем выращиваемых культур (Бельтюков Л. П., Гриценко А. А., 1993; Дрогалин П. В., Казакова В. И., 1977; Шеуджен А. Х., 2003).

Применение минеральных удобрений создает благоприятные почвенно-агрохимические условия для осенне-весеннего роста и развития пшеницы озимой, хорошей устойчивости растений к неблагоприятным условиям внешней среды. Наибольший эффект устойчивости растения проявляют при использовании в системе удобрений культуры рекомендованных норм фосфорных или фосфорно-

калийных удобрений, которые наилучшим образом повышают зимостойкость пшеницы озимой (Макаренко И. В., 1982; Смирнов Н. Д., 1960; Артюхов А. М., Державин Л. М., 1971; Шеуджен А. Х., Суетов В. П., Онищенко Л. М., Осипов М. А., Есипенко С. В., Бондарева Т. Н., Бочко Т.Ф., 2014).

В литературе имеются сведения, что в условиях недостаточного и неустойчивого влажностного режима, складывающегося в регионе, применяемые под основную обработку почвы фосфорно-калийные удобрения способствовали улучшению питательного режима чернозема выщелоченного, сокращали длительность периода роста и развития растений (выход в трубку, колошение, созревание зерна пшеницы озимой). Это обстоятельство способствует хорошим погодным условиям при наливе зерна, при организации уборки урожая, что позволяет избежать больших потерь (Губанов Я. В., Иванов Н. Н., 1988; Кравцов А. М., Загорулько А. В., 2012; Кравцов А. М., 2015).

На протяжении всего периода роста и развития растений пшеницы озимой калий влияет на развитие растений, способствует образованию углеводов и их оттоку из мест синтеза в места накопления. При ухудшении экологической обстановки значительно увеличивается засухоустойчивость, устойчивость к заболеваниям и вредителям, повышается холодостойкость у растений если создана хорошая обеспеченность их калием. Калий создает условия для интенсивного потребления растениями азота (аммонийная форма способствует образованию боковых корней), улучшает и ускоряет наступление периода полной спелости зерна (Дорофеев В. Ф., Саранин К. И., Степанов А. И., 2001; Шеуджен А. Х., Загорулько А. В., Громова Л. И., Онищенко Л. М. и др., 2009). Наблюдение в течение всего вегетационного периода за динамикой потребления калия растениями пшеницей озимой показало, что в период созревания зерна культуры наблюдается снижение содержания в надземных органах растений этого биогенного элемента, которые могут достигать 50 % от установленного ранее его содержания в растениях (Носатовский А. И., 1965; Никитишен В. И., 1975, 1977). Авторы считают, что при благоприятных условиях увлажнения за счет выпадающих осадков калий потребляется растениями интенсивно от фазы колошения до восковой спелости зерна, а в последующем репродуктивном периоде

культуры элемент становится «ненужным» (Никитишен В. И., Никитишена И. А., 1978; Crista, F., Isidora R., Florin S., 2012). Есть и другое мнение – неблагоприятные условия произрастания в завершающий период роста и развития культуры. В конце вегетации неравномерное распределение атмосферных осадков (ливневые осадки до уборки урожая за 20 сут.) приводит к потерям калия из надземных органов растений. Выделение элемента происходит через его корни в почву. Его связь с протоплазмой растительной клетки очень нестабильна, часто может изменяться даже под действием воды. Поэтому при выпадении атмосферных осадков из листьев растений наблюдается вымывание калия. Потери калия можно восполнять за счет оптимизации содержания калия в черноземе выщелоченном (Булаткин Г. А., Учватов В. П., Максимович Ю. А., 1981; Якубенко Б. Е., 1985; Онищенко Л. М. и др., 2009). Калий в растительных клетках, обеспечивая тургор и осмотическое давление, обнаружен в лабильной связи с клеточными веществами. Элемент создает структуру хлоропластов, обеспечивает течение ферментативных реакций цитохромной системы и фосфорилирования (С. Olson, 2008). Поэтому фотосинтез и дыхание пшеницы озимой определяется обеспеченностью растений калием, а также интенсивность прохождения физиолого-биохимических процессов. Обмен веществ определяет калий. Роль элемента повышается в темновую фазу роста и развития растений, когда прекращается процесс фотосинтеза (А. В. Петербургский, 1959). Калий удобрений способствует формированию более полновесного зерна, обеспечивая повышение урожайности пшеницы озимой. Внесение $N_{150}P_{80}$ обеспечивало хороший показатель массы 1000 зерен – 44,0 г. Добавление к норме калийных удобрений ($N_{150}P_{80}K_{120}$) заметно увеличивало массу 1000 зерен, и она была равна 45,2 г. (Jakobson, Moore, 1960; Малюга Н. Г., 1992; Schierhorn, F., Faramarzi M., Prishchepov A. V., 2014; Al-Kaab. D. H., Hamdalla M. S., Dweikat I. M., 2016).

Наряду с макроэлементами, необходимыми и незаменимыми являются микроэлементы – медь, марганец, кобальт, бор, молибден и цинк. В почве естественных запасов этих элементов недостаточно. Поэтому значимость ихкратно возросла в связи с внедрением новых сортов пшеницы с более высоким генетическим потенциалом. Для полноценного формирования урожая зерна с заданным элементным составом необходимы дальнейшие исследования.

2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

2.1 Программа, объекты и методы

Исследования проводились на стационарном опыте кафедры агрохимии в условиях учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ, который расположен в центральной части Краснодарского края западнее города Краснодара (рисунок 1; В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец, А. В. Осипов, 2022).



Рисунок 1 – Территория региона (Слюсарев В. Н., Швец Т. В., Осипов А. В., 2022)

По геоморфологическому районированию территория опытного участка входит в Кубанский дельтово-пойменный район – южную часть Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья. Рельеф участка в общем представляет собой равнину (Слюсарев В. Н., Швец Т. В., Осипов А. В., 2022).

По схеме агроклиматического районирования Краснодарского края исследуемая территория входит в третий агроклиматический район (рисунок 2, таблица 1), который характеризуется умеренно-континентальным климатом (А. Н. Абраменко, С. Н. Градунов, А. Д. Недосейкин, 1982).

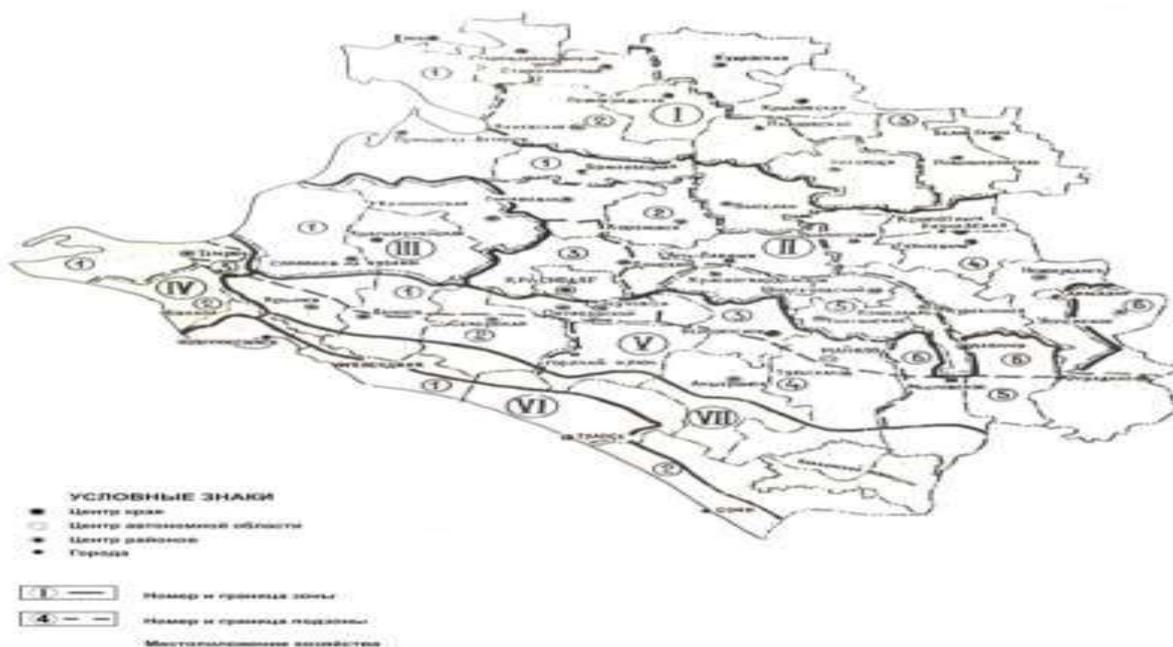


Рисунок 2 – Схема региона (Слюсарев В. Н., Швец Т. В., Осипов А. В., 2022)

Опыт кафедры агрохимии ФГБУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» является многофакторным, многолетним и стационарным. Заложен по инициативе профессора, доктора с.-х. наук, заведующего кафедрой В.Т. Куркаева в 1981 году. Научная работа велась в рамках выявления эффективности удобрений по методике Геосети. Опыт имеет Реестр длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. Исследования вели в богарных условиях. Агротехника общепринята для данного региона. Закладку, разбивку, внесение удобрений, отбор проб, посев и наблюдения (фенологические), уход за культурами проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1972) и Методикой полевого опыта (Доспехов Б. А., 1985).

2.2 Климатические и агрометеорологические условия исследований

Климат территории исследования очень разнообразен так как располагается на границе умеренного и субтропического поясов. Это разнообразие, как считают В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец, А. В. Осипов (2022) определяется географическим положением региона. На западе – близость Черного и Азовского морей, на юге – высокие хребты Кавказа. С Восточно-Европейской равнины, с северной и северо-восточной стороны в регион открыт вход для холодных потоков воздуха.

Климат – умеренно-континентальный. Характерными его чертами является преобладание воздушных масс континентального происхождения, значительные амплитуды изменения температур, жаркое сухое лето, малоснежная зима с частыми оттепелями. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,0-10,8 °С, среднегодовое количество осадков – 425-645 мм, безморозный период – 180-210 дней, сумма эффективных температур (>10 °С) – 3450-3655°С (Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Бондарева Т. Н. и др., 2018).

По мнению Г. С. Посыпанова, В. Е. Долгодворова, Г. В. Коренева и др. (1997), В. В. Коломейченко (2007) и В. Е. Торикова, Н. М. Белоус, О. В. Мельниковой, С. В. Артюховой (2020) на рост, развитие, а также урожай и качество зерна оказывают влияние следующие внешние и внутренние факторы: нерегулируемые (погодные, рельеф, гранулометрический состав почвы), частично регулируемые (эрозия, дефляция, влажность почвы, уровень обеспеченности элементами питания) и регулируемые (обеспеченность элементами питания, сорт, болезни и вредители, засоренность посева). В научной литературе критический период у пшеницы нередко связывают с наличием влаги в почве. Наиболее интенсивно пшеница озимая потребляет влагу из почвы в фазе выхода в трубку. Недостаток влаги в этой фазе приводит к нарушению дифференциации генеративных органов, образованию большого количества бесплодных цветков, недобору урожая общей массы и зерна (Al-Kaab, D. H., Hamdalla M. S., Dweikat I. M., 2016; Mustafa, I., Jbara, O. K., 2018; Mustafa, I., Jbara, O. K., 2018).

Нерегулируемые погодные условия, характеризующиеся цикличностью и неустойчивостью, существенно влияют на эффективность агрохимических средств, а значит и на формирование урожая зерна пшеницы озимой. Агрометеорологические условия внутри каждого сельскохозяйственного года, как свидетельствуют И. В. Свисюк (1980); С. В. Лукин, В. Н. Сушков (2004); В. В. Луговкин, (2004) Л. Н. Петрова, Ф. В. Ерошенко, А. А. Ерошенко (2015); Р. И. Букреева, Т. И. Грицай, М. И. Домченко (2015); Belete, F., Dechassa N., Molla A. (2018) могут значительно отличаться. Поэтому условия формирования зерна и пути увеличения урожайности пшеницы озимой нельзя рассматривать в отрыве от природно-климатических особенностей зоны и распространяющихся там почв, от специфики агрометеоусловий, складывающихся в период вегетации культуры в каждом году исследования. Только комплексный подход позволит добиться наибольшей эффективности от применения удобрений.

Известно, что из всех агрометеорологических условий, влияющих на урожай культуры, значительное действие оказывают условия тепло- и влагообеспеченности, которые во многом определяют сроки весенней вегетации пшеницы озимой. При выращивании культуры определены интервалы изменения показателей тепло- и влагообеспеченности, в пределах которых их вариация не оказывает существенного влияния на формирование урожая. В зависимости от условий тепло- и влагообеспеченности в период вегетации культуры А. М. Лыков, А. М. Туликов (1985) и Ш. И. Литвак (1990) выделили три основных типовых сельскохозяйственных года: $ГТК < 1$ – засушливый, с недостатком осадков и повышенной температурой; $ГТК = 1,3 - 1,5$ – нормальный, с осадками и температурой в пределах многолетней нормы; $ГТК > 2$ – избыточно влажный, с превышением нормы осадков и преимущественно пониженной температурой. Авторы считают, что год можно признать неблагоприятным при отклонении от средних многолетних значений среднесуточной температуры $> 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и суммы осадков $> 40\%$. В. Д. Муха, И. С. Кочетов, Д. В. Муха, В. А. Пелипец (1994) предлагают учитывать критические пе-

риоды в росте и развитии растений, где они наиболее чувствительны к почвенной и воздушной засухе. Для большинства сельскохозяйственных культур критическим по тепло- и влагообеспеченности периодом является май-июнь.

Формирование продукционного процесса пшеницы озимой с недостаточной, нормальной и избыточной влагообеспеченностью в зависимости от уровня азотного питания культуры в своих исследованиях продемонстрировали Е. Р. Арланцева и В. К. Храмой (2019). Установлено, что максимальная урожайность пшеницы озимой в условиях нормальной влагообеспеченности – 4,75 т/га достигается при уровне азотного питания 200 кг/га, при недостаточной – 4,31 т/га при уровне – 195 кг/га, а при избыточной влагообеспеченности максимум урожайности 4,04 т/га достигается при уровне азотного питания равном 175 кг/га (Pelonen J., 1995; Madaras, M., Mayerova M., Kumhálová J., 2018; Zörb Christian, Ludewig Uwe, Hawkesford Malcolm J., 2018; Zhang, Z., Yu Z., Zhang Y., 2021).

Агрометеорологические условия. Для подготовки почвы под посев озимой пшеницы условия до середины сентября были малоблагоприятными из-за сухости ее верхних слоев. По температурным условиям растения озимой пшеницы прекратили вегетацию на 7 дней раньше средних многолетних сроков. Однако к прекращению вегетации большая часть посевов находилась в фазе кущения. Кустистость посевов небольшая – 1,8 – 2,2 стебля на одно растение. Зимний покой культуры был неустойчив. В декабре, с повышением температуры воздуха, растения преимущественно в дневные часы вегетировали. Минимальная температура почвы на глубине узла кущения составляла -4°C и опасности для посевов не представляла (Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы Шаляпин В. В., [текст] Али Али Кадем Али, 2021).

По количеству выпадающих атмосферных осадков (629 мм) территория сельскохозяйственного предприятия относится к умеренно-влажному району. Коэффициент увлажнения (КУ) равен 0,30-0,40. По теплообеспеченности – к жаркому. Сумма эффективных температур за период активной вегетации составляет 3567°C (Минеральный азот чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой ... [текст] А. К. А. Али, [текст], 2021).

Весны были поздними, характеризовались значительными колебаниями температурного режима и недобором осадков. Резкое понижение температуры отмечалось в марте-апреле. Сумма осадков в этот период – 1–7 мм (рисунок 3).

Таблица 1– Агроклиматическая характеристика учхоза «Кубань» КубГАУ

Среднегодовая сумма осадков, мм	603
Среднегодовая сумма температур выше 10 °С	3568
Средняя температура воздуха самого теплого месяца, °С	25,5
Средняя температура самого холодного месяца, °С	-2,0
Географическая широта местности	45°12'54''

Аномальная теплая погода первой декады марта способствовала началу активной вегетации озимой пшеницы, что на 15-20 дней раньше среднего многолетнего срока. При весеннем возобновлении вегетации растений резкое понижение температуры с ночными заморозками в воздухе во второй половине декады марта замедлило развитие культуры и вызвало временное прекращение вегетации по температурным условиям.

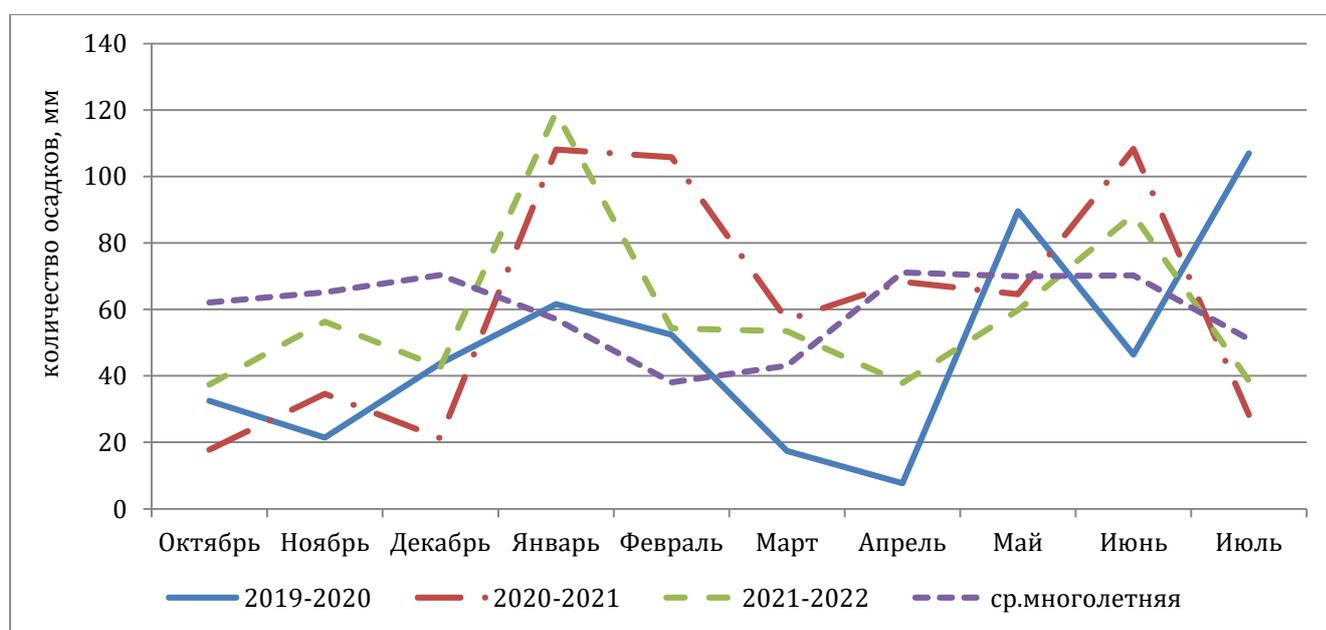


Рисунок 3 – Распределение осадков при проведении полевых опытов

На делянках с низким содержанием фосфора заморозками были повреждены листья, на части листьев были признаки фосфорного голодания, что обусловило ухудшение состояния посевов. Максимальная температура воздуха апреля месяца повышалась до 21-26°C, минимальная снижалась до 4-9 °С (рисунок 4–7).

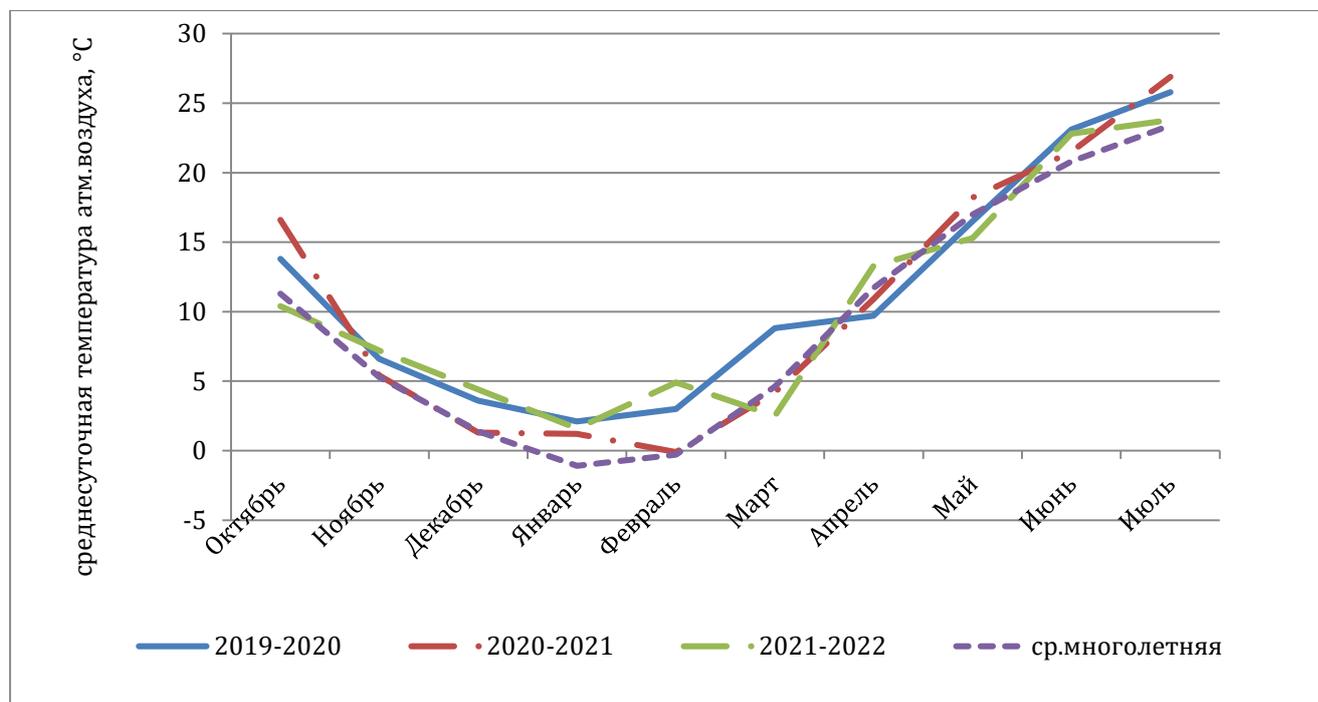


Рисунок 4 – Значение температуры атмосферного воздуха, °С

Агрометеорологические условия для роста и развития озимых культур в первой декаде мая сохранились удовлетворительными из-за недостатка влаги в почве. Выпавшие осадки увлажнили преимущественно верхние слои почвы. В метровом слое почвы запасы влаги были недостаточные и они уменьшились еще на 10-30 мм и составили 56-80 мм. Пониженный температурный режим замедлил развитие пшеницы озимой. Вторая декада апреля характеризовалась прохладной погодой, недобором осадков и сильными ветрами. Недобор осадков в сочетании с жаркой сухой погодой и интенсивный расход влаги на транспирацию обусловили понижение запасов влаги в почве к началу налива зерна. Максимальная температура воздуха была равна 39-42°C. Длительное отсутствие осадков и повышенный температурный режим практически на большей части вегетационного периода культуры обусловили сильное иссушение верхних слоев почвы. В результате недобора осад-

ков и высоких температур отмечались продолжительные засушливые периоды. Интенсивный расход влаги растениями обусловил дальнейшее понижение запасов влаги в почве. Развитие озимых опережало средние многолетние сроки на 10-15 дней (Минеральный азот чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой ... [текст] А. К. А. Али, [текст], 2021).



Рисунок 5 – Признаки недостатка фосфора в фазу весеннего кущения пшеницы



Рисунок 6 – Общий вид опытного участка в фазу весеннего кушения пшеницы



Рисунок 7 – Общий вид опыта перед проведением некорневой подкормки растений

2.3 Агрохимическая характеристика почвы в период проведения опытов

Чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках, распространялся на площади опытного участка кафедры агрохимии. Содержание гумуса в почве варьировало от 2,7 до 3,4 % при мощности гумусового слоя – 147 см, почва обладает высокой емкостью поглощения, которая составляет от 33,0 до 34,5 мг-экв/100 г, гидролитическая кислотность изменялась от 0,8 до 1,1 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности почв основаниями – 93,4–98,0 %. Содержание общего азота – 0,16–0,18 %, валового фосфора – 0,19 %, калия – 1,5–2,0 %, pH_{H_2O} – 6,8–7,0; pH_{KCl} – 5,9–6,1. По данным С. Х. Дзанагова (1999), почва имеет рыхлое и среднеплотное сложение, и вследствие этого благоприятное соотношение влаги и воздуха. Плотность пахотного слоя небольшая (объемная масса 1,01–1,20 г/см³), но с глубиной она возрастает до 1,4–1,5 г/см³. Актуальная и обменная кислотность почвы – $pH_{водн.}$ = 6,3–6,5, а $pH_{сол.}$ = 5,9–6,1, с глубиной выявлено ее снижение. Обеспеченность подвижными формами азота и фосфора слабая и средняя, а обменным калием – средняя и повышенная. По данным С. Х. Дзанагова (1999) содержание общего азота в черноземах выщелоченных, подстилаемых галечником, составляет 0,24–0,45%, фосфора – 0,2–0,3, калия – 1,6–2,3%, запасы в полуметровом слое: азота – 21, фосфора – 10–30 и калия – 94–115 т/га (таблица 2, Шеуджен А. Х., Бочко Т. Ф., Онищенко Л. М. и др., 2014; Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К., 2002; Шеуджен А. Х., 2018).

Таблица 2 – Характеристики чернозема выщелоченного опытного участка

Глубина отбора образцов, см	Гумус, %	Поглощенные катионы, мг-экв./100 г почвы				pH_{H_2O}	pH_{KCl}
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Hг		
0–20	3,2	24,8	8,3	33,1	1,1	6,1	5,6
21–40	2,7	26,3	8,4	34,7	0,8	6,3	5,4

Общие особенности морфологического строения профиля чернозема выщелоченного: выраженность генетических горизонтов; однородность окраски – темно-серая, сложение профиля – среднеуплотненное, глинистый или тяжелосуглинистый гранулометрический состав чаще всего; структура горизонта **A** – зернистокомковатая, которая с углубленностью укрупняется и становится комковатоореховатой; вскипание при нахождении карбонатов от соляной кислоты (10 %) появляется в горизонтах **B** и **C**.

Профиль чернозема выщелоченного дифференцирован на почвенно-генетические горизонты: **A_{пах}-A-AB₁-AB₂-B-C**, которому свойственна однородная темно-серая окраска с буроватым оттенком, начинающаяся с горизонта **AB₁**. Сверхмощная толща гумусового слоя **A + AB = 148 см**. До **C** горизонта профиль чернозема промыт от карбонатов кальция, имеет средне уплотненное сложение, где плотность почвы верхних горизонтов 1,30–1,35 г/см³ и нижних 1,39–1,47 г/см³ (Шеуджен А. Х., 2010, 20118). Морфологическое описание чернозема выщелоченного:

A_{пах} (0-25/25 см) - свежий, темно-серый, глинистый, комковатозернистый, уплотненный, червороины, корневые остатки, переход постепенный.

A (25-62/37 см) – свежий, темно-серый, глинистый, комковатый, уплотненный, червороины, корневые остатки.

AB₁ (62-109/47 см) – свежий, темно-серый с буроватым оттенком, глинистый, комковатый, средне уплотненный, червороины, корневые остатки.

AB₂ (109-148/39 см) – свежий, темно-серый с бурый оттенком, глинистый, комковатый, средне уплотненный, червороины, местами отдельные корни.

B (148-177/29 см) – свежий, бурый с темными затеками гумуса, тяжелосуглинистый, структура почвы слабо выражена, средне уплотненный, от 10%-ной HCl не вскипает, переход постепенный.

C (более 177 см) – свежий, бурый с желтоватым оттенком, тяжелосуглистый, средне уплотненный, бесструктурный, карбонаты в виде белоглазки, вскипает от 10%-ной HCl с 180 см.

Тип гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного гуматный или фульватно-гуматный, количество гуминовых кислот превышает над содержанием фульвокислот в 1,5–5 раз. Запас гумуса в горизонтах **A+B** – 468,2 т/га, в 200 см слое – 481,7 т/га. (Шеуджен А. Х., 2010; Швец Т. В., Баракина Е. Е., 2011).

Как считают В.Ф. Вальков и многие его единомышленники, слабая гумусность чернозема выщелоченного предопределила небольшое содержание в нем азота. В пахотном слое его количество в большинстве случаев укладывается в диапазон 0,16–0,18 %, редко оно доходит до 2,5 % и с глубиной почвы постепенно уменьшается до 0,07–0,1 %. Азот чернозема выщелоченного находится в трудно-усвояемой для растений форме: содержание легкогидролизуемого азота составляет 29–59 мг/кг почвы (Вальков В. Ф., Штомпель Ю. А., Трубилин И. Т. (и др.), 1996; Дзанагов С. Х., 1999; Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К., 2002).

Чернозем выщелоченный богат калием: его содержание в пахотном слое почвы достигает 2,73 %. Количество общего фосфора в верхних горизонтах в среднем составляет 0,22 %, с глубиной более 177 см уменьшается до 0,15 %. Большая его часть представлена минеральными соединениями, в верхних горизонтах их 55–65 %, в нижних – более 90 %. Доля фосфора органических соединений доходит до 43 % в верхних и 8–10 % в нижних горизонтах почвы. Что касается подвижных форм фосфора и калия, то количество их в пахотном слое колеблется от повышенного до очень высокого, что, очевидно, объясняется неравномерной удобренностью территории. Так, подвижного фосфора содержится от 173,1 до 326,0 калия – 100,1–373,6 мг/кг почвы. Причем высокое содержание фосфора и калия наблюдается не только в пахотном горизонте, но и по всему профилю. Чернозем выщелоченный обладает высокой емкостью поглощения: сумма поглощенных оснований достигает 33,2–34,6 мг-экв./100 г почвы. Среди поглощенных оснований 74,8–75,7 % приходится на долю кальция. Засоление отсутствует. Однако в составе почвенного поглощающего комплекса до 2–5 % от емкости может занимать водород. Поэтому реакция среды верхних горизонтов нейтральная или даже слабокислая, глубже переходящая в слабощелочную (Минеральный азот чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой ... [текст] А. К. А. Али, [текст], 2021).

Имеет место выщелачивание карбонатов, а также слабое перемещение оксидов магния из горизонта А в горизонт В. Почвенно-экологический индекс равен 71,3–80,1 (Вальков В. Ф., Штомпель Ю. А., Трубилин И. Т. и др., 1996; Дзанагов С. Х., 1999; Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К., 2002; Шеуджен А. Х., 2010; Шеуджен А. Х., 2018; Шаляпин В. В., А. К. А. Али, 2020; Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы ... Шаляпин В. В., [текст] Али Али Кадем Али, 2021).

2.4 Схема опыта и методика исследования

Опыт заложен на базе учебно-опытного хозяйства «Кубань» (рисунок 8-11). Схема опыта содержит 32 варианта в двукратной повторности. Общая площадь делянок – 162 м². Схема многофакторного опыта представляет собой специальную выборку 1/4 части из полной схемы 4×4×4, образованную тремя факторами: азотом, фосфором и калием. В работе описаны наиболее контрастные варианты из стационарного опыта кафедры агрохимии, которые наиболее ярко показывают роль минеральных удобрений в агроценозе озимой пшеницы сорта «Безостая 100».



Рисунок 8 – Поле озимой пшеницы сорта «Безостая 100» (фаза цветения)

Агротехнические мероприятия в опыте соответствовали рекомендациям КНИИСХ для Центральной агроклиматической зоны Краснодарского края. Агротехнология возделывания озимой пшеницы соответствовала агротехнологии, рекомендуемой для центральной сельскохозяйственной зоны Краснодарского края. Выращивание озимой пшеницы проводилось согласно схеме опыта. Выращивалась озимая пшеница сорта «Безостая 100» после подсолнечника.

Основная обработка почвы по вариантам опыта была следующей: проводилось двукратное лушение на глубину 8-10 см тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3 в агрегате с ДТ-75. Перед посевом проводилась культивация на 5-6 см агрегатом ДТ-75+КПС-4,2+БЗСС-1.0. Посев велся в оптимальные для центральной зоны Краснодарского края сроки – 4 - 13 октября. Норма высева 4,5–5,0 млн. всхожих семян на 1 га, глубина заделки 5-6 см. Посевной агрегат состоял из трактора МТЗ-80 и сеялки СЗ-3,6. После посева почва прикатывалась кольчато-шпоровыми катками ЗКШ-6А. Предшественник – подсолнечник (Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы Шаляпин В. В., [текст] Али Али Кадем Али, 2021).



Рисунок 9 – Поле озимой пшеницы сорта «Безостая 100» (фаза полной спелости)

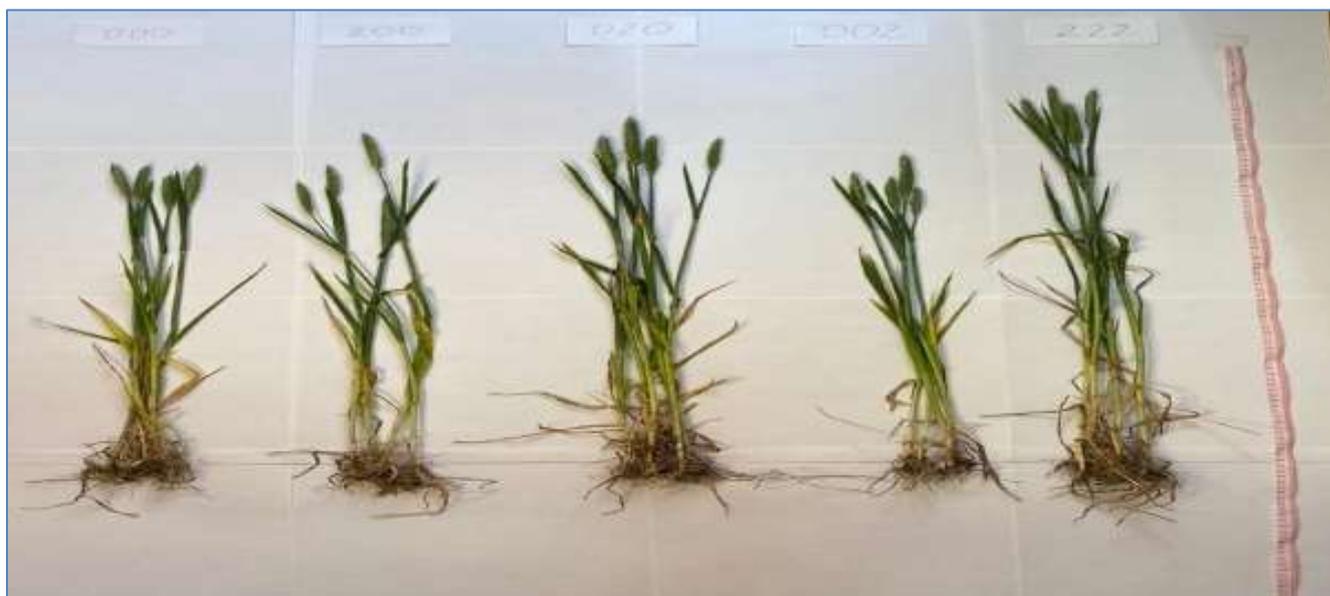


Рисунок 10 – Образцы озимой пшеницы сорта «Безостая 100»



Рисунок 11 – Образцы озимой пшеницы сорта «Безостая 100»

До возобновления весенней вегетации (начало марта) посеы озимой пшеницы подкармливали аммонийной селитрой в дозе N_{30} кг д.в. на 1 га по всем вариантам. Химическую прополку проводили в фазе кушения озимой пшеницы агрегатом Т-70+ОН-400. Для этого использовали смесь гербицидов «Прима, СЭ» (0,6 л/га) с расходом рабочего раствора 300 л/га. Убирали озимую пшеницу в фазе полной спелости зерна при влажности 9-10 % (урожайность пересчитывали на стандартную

влажность). Учет урожая озимой пшеницы – путем обмолота учетной площади деланки прямым комбайнированием малогабаритным комбайном Сампо-500.

Исследования проводились в условиях многофакторного стационарного опыта кафедры агрохимии в учхозе «Кубань» КубГАУ. Объекты исследования – почва чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках, Нормы азота, фосфора и калия – N_{40} ; $P_{30} K_{20}$ и их сочетания – 111; 311, 131, 113, 331, 133, 313, 333 (в индексе, первая цифра норма азотных, вторая – фосфорных и третья – калийных удобрений, а также растения озимой пшеницы сорта Безостая 100, характеризующиеся высокой потенциальной (более 100 ц/га) урожайностью (Минеральный азот чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой ... [текст] А. К. А. Али, [текст], 2021).

Опыт заложен по схеме в соответствии с Методическими указаниями по проведению полевых опытов и планом мероприятий по совершенствованию работы в Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами в ВИУА им. Д.Н. Прянишникова.

Схема содержит 8 вариантов, образованная тремя факторами: азотом, фосфором, калием, с использованием четырех градаций норм внесения (0, 1, 2 и 3) N, P, K и их сочетаний. На контрольном варианте удобрения не вносили, а на удобренных вариантах под пшеницу озимую мягкую вносили ежегодно вручную в разброс.

Перед посевом, допосевное, осенью под вспашку – фосфорно-калийные удобрения (аммофос $NH_4H_2PO_4$ (N – 12 %, P_2O_5 – 50 % д.в.), хлористый калий KCl (K_2O – 60 % д.в.), а также – азотные (аммонийная селитра NH_4NO_3 (N – 34,5% д. в.). Азотные удобрения в дозе N_{30} применяли весной в подкормку. Минеральные удобрения вносили в нормах: единичная ($N_{40}P_{30}K_{20}$ – низкая) и тройная ($N_{120}P_{90}K_{60}$ – повышенная).

Схема опыта включала различные нормы и соотношения минеральных удобрений. По каждой культуре зернотравяно-пропашного севооборота одинарная доза азота, фосфора и калия соответствовала рекомендованной по результатам краткосрочных опытов в условиях степной зоны региона. В работе нами рассмотрены

наиболее контрастные варианты опыта (Теория и практика применения ингибирующего карбамида в условиях Западного Предкавказья [текст] А. К. А. Али, 2020).

Схема стационарного опыта на D_1 , D_2 и D_3 – контроль $N_0P_0K_0$:

$N_{40}P_{30}K_{20}$	111	$N_{120}P_{90}K_{20}$	331
$N_{120}P_{30}K_{20}$	311	$N_{120}P_{30}K_{60}$	313
$N_{40}P_{90}K_{20}$	131	$N_{40}P_{90}K_{60}$	133
$N_{40}P_{30}K_{60}$	113	$N_{120}P_{90}K_{60}$	333

В опыте убирали урожай зерна пшеницы озимой в фазу полной спелости проводили комбайном «Сампо-500» (поделяночно, сплошным методом). Зерно взвешивали с каждой учетной площади делянки – 151,2 м². Полученные результаты приводили не только к 14 %-ной стандартной влажности, но и 100 %-ной чистоте зерна. После определения элементов структуры урожая рассчитывали биологический урожай пшеницы озимой.

За все годы исследований агрометеорологические условия в период вегетации растений озимой пшеницы были удовлетворительные. Однако есть определенные особенности: количество атмосферных осадков было несколько выше относительно средних многолетних значений показателей. Температурный режим атмосферного воздуха в отдельные фазы роста и развития превышал зафиксированные значения за многолетний период наблюдений за погодой.

Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019), Методика агрохимических исследований (1980) и Методика полевого опыта (1985) легли в основу проведения исследований, наблюдения, отбора проб почвы, растений и фиксации наступления фаз роста и развития озимой пшеницы, а также фенологические наблюдения и определения времени ухода за пшеницей мягкой озимой. В агроценозе культуры после отбор проб почвы и растений составляли смешанный образец и в дальнейшем проводили их химический анализ. Влажность зерна определяли в фазу полной спелости зерна влагомером Wile-55.

Отбор проб почвы проводился в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 и ГОСТ 27593-88 с 0-20 и 21-40 см слоях почвы, для определения физических и химических свойств почвы с проведением химического анализа. Пробы отбирались буром с

диаметром стакана 5 см с двух слоев почвы, которые составлялись в объединенную пробу из трех индивидуальных проб с каждой делянки.

Химический анализ образцов выполнялся в научно-исследовательских лабораториях кафедры агрохимии Кубанского ГАУ в двукратной повторности по двум объектам исследования – растения и почва.

В образцах почвы определяли: минеральный азот (нитратный азот – ГОСТ 26951-86 ионометрическим на иономере И-16-МИ, аммонийный азот – ГОСТ 26489-85 – в модификации ЦИНАО, подвижные фосфор и калия – ГОСТ 26205-91 – в модификации ЦИНАО 1%-ным (10 г/дм³) раствором углекислого аммония при соотношении почвы к раствору 1:20, метод Мачигина, обменный кальций и обменный (подвижный) магний – ГОСТ 26487-85 в модификации ЦИНАО, рН солевой вытяжки – ГОСТ 26483-85 в модификации ЦИНАО, рН водной вытяжки – ГОСТ 26423-85 с помощью рН-метра, гидролитическую кислотность – ГОСТ 26212–91 метод Каппен в модификации ЦИНАО, сумму поглощенных оснований – ГОСТ 27821–88 метод Каппена, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями – расчетным методом, органическое вещество по методу Тюрина ГОСТ 26213-91 в модификации ЦИНАО. Показатели качества зерна: содержание белка и клейковины, а также натура зерна измерялась экспресс-методом на ИК анализаторе Perten IM 9500 с калибровками на пшеницу мягкую озимую (ГОСТ Р 57543-2017, 2018), массу 1000 зерен – ГОСТ 10842-89. Путем выделения из средней пробы зерна по 500 шт. зерен и взвешиванием.

Анализ растительных образцов проводили с целью определения содержания в них макроэлементов (азота, фосфора, калия). Эти показатели в растениях определяли в фазы: весеннего кущения, выхода в трубку, флаговый лист и полная спелость зерна. Содержание общего N, P₂O₅, K₂O определяли по Пиневиц в модификации В.Т. Куркаева, основанном на мокром озолении растительного органического вещества в присутствии концентрированных серной, хлорной кислот и перекиси водорода.

Лабораторный эксперимент по предпосевной обработке семян выполняли в Центре искусственного климата Кубанского ГАУ. Объект исследования – семена

пшеницы озимой мягкой сорта Безостая 100. Определение посевных показателей качества семян – лабораторную всхожесть, энергию, дружность и скорость прорастания осуществляли в соответствии с действующим ГОСТ 12038-84 – «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Согласно нормативным документам энергия прорастания семян определялась по числу проросших семян (на третьи сутки), всхожесть (на седьмые). Предварительно использовали комбинированным инсектофунгицидным протравителем Селест Макс с нормой расхода препарата 1,75 л/т и расходом рабочей жидкости 10,0 л/т семян для их обработки. Предпосевная обработка семян проводилась в трех кратной повторности путем их полного погружения в водные растворы соединений CuSO_4 и CoSO_4 , содержащих 10^{-2} , 10^{-3} ; 10^{-4} Cu и Co с последующим 7-дневным проращиванием. Зерно проращивали в климатической камере (температуре $20,0^\circ\text{C}$), в чашках Петри (25 штук в каждой). Доращивание растений проводили в стерильных рулонах фильтровальной бумаги, увлажненных раствором микроудобрений размером 10×100 см. Зерно раскладывали зародышами вниз на расстояния 2 см от верхнего ее края. Контроль обрабатывали дистиллированной водой. Подсчет всхожих проросших семян проводили ежедневно при наличии нормально развитого корешка и ростка. Азот, фосфор и калий определяли по методу мокрого озоления.

Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа с использованием программы Microsoft Excel.



Рисунок 12 – Определение аммонийного азота в почве



Рисунок 13 – Определение фосфора и почвенного органического вещества



Рисунок 14 – Определение pH солевой вытяжки почвы

Для оценки состояния баланса использовали следующие показатели: коэффициент возврата (возмещения) выноса (КВВ) – отношение прихода элементов питания к их расходу. Если оно больше 1, то баланс положительный количественно настолько, насколько КВВ больше 1,0; при КВВ = 1,0 – баланс нулевой, а при КВВ меньше 1,0 – баланс соответственно отрицательный. Интенсивность баланса – отношение прихода элементов питания к их расходу выраженное в процентах.

Балансовый коэффициент (коэффициент выноса) – отношение выноса (кг/га) элементов питания растениями к их внесению (кг/га) с удобрениями, выраженное в процентах (Методика ... коэффициентов возмещения, 2008).

3 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

3.1 Предпосевная обработка семян озимой мягкой пшеницы

Значительный вклад в изучение почв Кубани по содержанию микроэлементов и обеспеченности в них выращиваемых культур внес Е.В. Тонконоженко (1973). Содержание подвижной формы цинка – наиболее доступного микроэлемента в почве, как отмечает А.Х. Шеуджен (2018), мало, когда превышает 1 %, а обменной формы соединений цинка варьирует от 15,2 до 35,5 % от валовых его запасов. Относительно других типов почв меньше цинка содержится в черноземах.

Медь – очень подвижный микроэлемент. Связано это с процессами химического и физического преобразования минерального вещества. В почве ее большее количество находится в труднорастворимом состоянии и в необменной форме. Для растений доступными формами Cu^{2+} являются водорастворимые ее соли и обменная медь, поглощенная органоминеральными почвенными коллоидами. Об уменьшении содержания доступных форм соединений меди от исходных ее запасов констатирует А.Х. Шеуджен (2018). Длительное использование почвы без применения медьсодержащих удобрений, а также образование нерастворимых сульфидов, фосфидов и карбонатов уменьшает ее подвижность и доступность соединений, что снижает уровень обеспеченности растений этим элементом. Поэтому выращиваемая культура, в частности пшеница озимая, имеет низкий уровень обеспеченности цинком и медью, что естественно сказывается на содержании этих элементов в зерне. Об этом свидетельствуют положительные результаты исследования по улучшению посевных качества семян пшеницы озимой мягкой при проведении предпосевной их обработки этими дефицитными элементами – цинком и медью в различных концентрациях. Исследования по определению оптимальных концентраций

медных и цинковых удобрений, улучшающих посевные качества семян озимой мягкой пшеницы сорта Безостая 100, были установлены в результате определения показателей всхожести, энергии, скорости и дружности прорастания, а также активность роста и развития проростков культуры (Действие медного и цинкового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы [текст], Али Али Кадем Али, 2022).

Проводимая водными растворами $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ и $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, предпосевная обработка семян озимой пшеницы, содержащими 10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} и 10^{-4} % цинка или меди, влияла на лабораторную всхожесть, скорость, дружность и энергию (активность) прорастания (таблица 3, Действие медного и цинкового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы [текст] Али Али Кадем Али, 2022).

Таблица – 3 – Посевные качества семян озимой пшеницы сорта Безостая 100 в зависимости от предпосевной обработки микроудобрениями

Вариант	Лабораторная всхожесть	Энергия (активность) прорастания	Скорость прорастания (интенсивность роста), сут.	Дружность прорастания, шт./сут.
	%			
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$				
Контроль	92	50,1	3,4	6,0
Zn 0,5 %	93	51,0	3,4	7,0
Zn 0,05 %	94	52,7	3,2	8,2
Zn 0,005 %	94	54,9	3,2	8,7
Zn 0,0005 %	93	54,5	3,0	7,8
НСР ₀₅	1,97	2,85	0,18	2,57
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$				
Контроль	92	49,5	3,5	6,6
Cu 0,5 %	93	50,5	3,4	7,0
Cu 0,05 %	95	53,3	3,4	8,3
Cu 0,005 %	95	56,5	3,4	9,2
Cu 0,0005 %	94	53,0	3,4	8,2
НСР ₀₅	2,07	2,98	0,17	2,19

Микроудобрения, содержащие цинк ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) и медь ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) оказывали разностороннее влияние на посевные качества семян пшеницы озимой

относительно контроля, где микроэлементы не использовались. 10^{-3} %-ной концентрация Zn и Cu достоверно повышала лабораторную всхожесть семян до 94 и 95 %, улучшала активность прорастания семян до 54,9 % и 56,5 %, скорость прорастания семян до 3,2 и 3,4 сут. и дружность прорастания до 8,7 и 9,2 шт./сут. соответственно.

Под влиянием водных растворов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, содержащих 10^{-1} и 10^{-2} % Cu, длина корешков у проростков пшеницы озимой имела тенденцию к уменьшению, но при концентрации элементов – 10^{-3} и 10^{-4} % показатель увеличивался достоверно. Высокие концентрации водных растворов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ингибируя начальные этапы процесса прорастания семян растений, негативно влияли на посевные показатели качества семян озимой пшеницы (рисунок 15, Действие медного и цинкового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы [текст] Али Али Кадем Али, 2022).



Рисунок 15 – Влияние различных концентраций цинкового удобрения

Высота проростков превышала контрольные значения на 2,6 см при влиянии Cu (концентрация 10^{-3} %). Медь в этой концентрации повышала показатель по дружности прорастания (9,2 шт./сут). Это выше контроля на 2,6 шт./сут. Концентрация Zn 10^{-4} % обеспечивала положительную направленность развития проростков в высоту. Средняя сухая масса корешков при концентрации Zn 10^{-3} % была наибольшей – 1,98 г, что

выше контроля на 1,84 г. Предпосевная обработка семян озимой мягкой пшеницы водным раствором $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ или $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, содержащим 10^{-3} % Cu или Zn, улучшает посевные качества семян культуры, что в дальнейшем позволит реализовывать потенциальную урожайность сорта Безостая 100, используемого в производстве зерна. (Действие медного и цинкового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы [текст] Али Али Кадем Али, 2022).

3.2 Питательный режим почвы в агроценозе пшеницы озимой

Основным источником азотного питания растений является минеральный азот, который в почвенном растворе представлен аммонийной и нитратной формами. Его содержание в почве зависит от обеспеченности почвы органическим веществом, влажности почвы, температуры и реакции почвенного раствора. Содержание нитратного азота, как пишет Б. А. Ягодин – показатель уровня азотного питания выращиваемых культур и показатель плодородия почвы. Процесс нитрификации в черноземе выщелоченном протекает хорошо при влажности почвы – 60–70 %, благоприятной аэрации и температуре атмосферного воздуха – 25–32°C, при нейтральной реакции почвы или близкой к нейтральной – 6,2– 8,1 единиц pH. При данных условиях основное количество аммонийного азота нитрифицируется до нитратного.

Обменно-поглощенный аммоний – источник азота при минеральном питании растений озимой пшеницы. Эта форма азота (N-NH_4) находится в обменно-поглощенном состоянии в черноземе выщелоченном и труднее всего мигрирует вниз по профилю почвы. Потеря элемента за счет вымывания с обильными атмосферными осадками не наблюдается. В результате обменных реакций аммоний вытесняет в почвенный раствор ранее поглощенный кальций и закрепляется в почвенно поглощающем комплексе. усваивается растениями. Многие исследователи А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева (и др., 2017); А. Х. Шеуджен,

Л. М. Онищенко, И. А. Лебедевский (2017) и А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева и др. (2018) отмечают, что большее всего обменно-поглощенного аммонийного азота обнаруживается в верхнем 0–20 см слое чернозема выщелоченного.

В фазу весеннего кущения пшеницы озимой без применения минеральных удобрений содержание обменно-поглощенного аммонийного азота – низкое – 2,46 мг/кг сухой почвы. Содержание ($N-NH_4$) постепенно уменьшалось по мере роста и развития культуры, и в фазу цветения и полной спелости зерна пшеницы озимой содержание аммонийного азота снизилось до 2,33 и 1,63 мг/кг сухой почвы, что соответствует очень низкой обеспеченности культуры (рисунок 16, приложение 2).

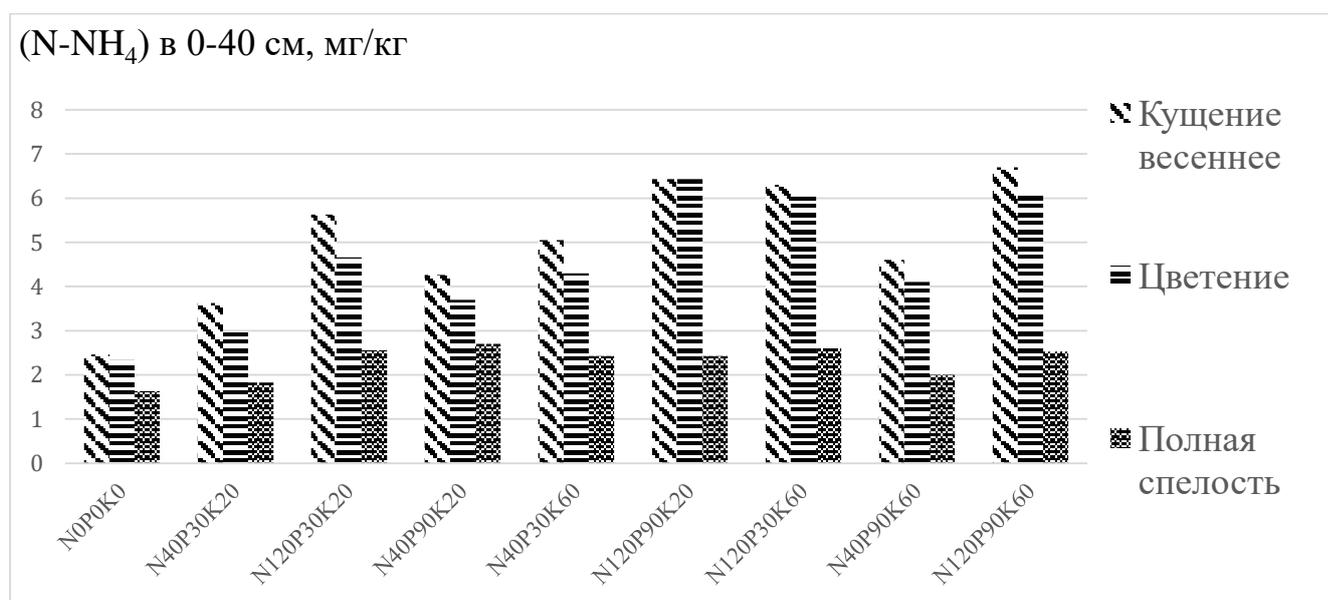


Рисунок 16 – Динамика средневзвешенного содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в почве агроценоза пшеницы озимой, мг/кг сухой почвы

Под действием применяемых под основную обработку почвы норм и сочетаний минеральных удобрений наилучшие условия в черноземе выщелоченном складывались там, где норма азотных удобрений была максимальной. В период весеннего кущения и цветения растений пшеницы озимой значительное повышение содержания обменно-поглощенного аммонийного азота ($N-NH_4$) было равно – $N_{120}P_{30}K_{20}$; $N_{120}P_{90}K_{20}$; $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ и была равна 5,63; 6,43; 6,30; 6,70 мг/кг сухой почвы и 4,66; 6,43; 6,03; 6,06 мг/кг сухой почвы соответственно.

Известно, что фаза весеннего кущения – наиболее критический период роста и развития озимой пшеницы по отношению к азоту. Растения максимально потребляют этот элемент. Далее после цветения показатель уменьшился и значение его определялось менее чем 3 мг/кг на практически всех вариантах опыта. Применение азотных удобрений в максимальной норме не повышало уровень обеспеченности $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$. Согласно группировке по содержанию аммонийного азота в почве уровень обеспеченности культуры соответствовал низкому (Сычѳв В. Г., Кузнецов А. В., Лунѳв М. И., 2008)

Условия для прохождения процессов нитрификации в черноземе выщелоченном практически во все сельскохозяйственные годы исследования были неблагоприятными. Особенно нитрификационные процессы замедлились в фазу весеннего кущения пшеницы озимой. Без применения удобрений ($N_0P_0K_0$) и при внесении низких норм азота при различных сочетаниях норм фосфора и калия: $N_{40}P_{30}K_{20}$; $N_{40}P_{90}K_{20}$; $N_{40}P_{30}K_{60}$ и $N_{40}P_{90}K_{60}$ в фазу весеннего кущения и цветения здесь было определено очень низкое содержание азота. Содержание N- NO_3 было равно 3,70; 4,30; 3,90 мг/кг сухой почвы и 3,2; 3,1; 2,9; 3,0 мг/кг сухой почвы соответственно. При этих нормах и сочетаниях удобрений средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в почве определялось очень низко – менее 5 мг/кг. Минеральные удобрения в норме которых была высокая норма азота, которая сочеталась высокой фосфора или калия в период весеннего кущения и цветения пшеницы озимой, положительно влияли на уровень обеспеченности растений нитратным (N- NO_3) азотом, который относительно контроля повышался практически в два раза и содержание его варьировало от 6,30 до 9,2 мг/кг сухой почвы, что и в соответствии с группировкой (Сычѳв В. Г., Кузнецов А. В., Лунѳв М. И., 2008) соответствовал низкой обеспеченности культуры. От фазы весеннего кущения далее к цветению культуры и полной спелости зерна на контроле средневзвешенное значение показателя по содержанию N- NO_3 было равно 3,20; 2,80 и 2,5 мг/кг сухой почвы, что свидетельствует о низком его уровне (рисунк 17; приложение 3; Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы. Онищенко Л.М. Али Али Кадем Али, 2020).

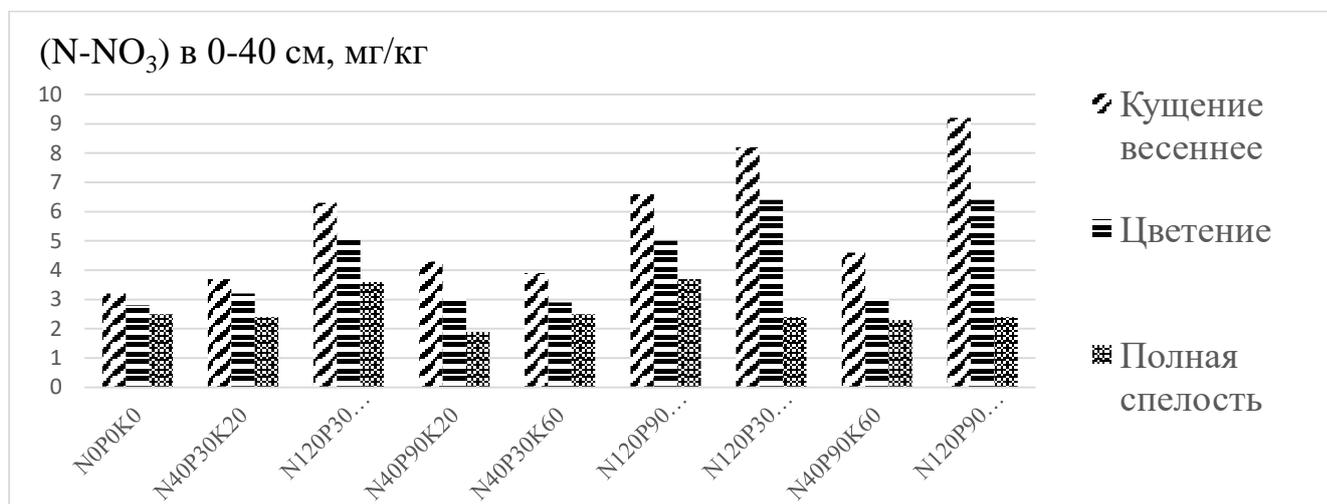


Рисунок 17 – Динамика средневзвешенного содержания нитратного азота в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

В агроценозе пшеницы озимой от фазы весеннего кущения к полной спелости зерна культуры в почве в 0–40 см слое почвы средневзвешенное содержание азота в нитратной форме – N-NO₃ определялось вносимыми нормами и сочетаниями азотных, фосфорных и калийных удобрений и концентрация его определялась от 3 мг/кг до более чем 9,0 мг/кг. Первоначальный показатель (N-NO₃) на контроле был равен более 3,2 мг/кг. Средневзвешенное содержание его при применении низких норм азотных удобрений в сочетании с такими же нормами фосфора и калия N₄₀P₃₀K₂₀ и N₄₀P₃₀K₆₀ варьировало в зоне максимального распространения корневой системы от 3,70 до 3,90 мг/кг сухой почвы, что незначительно выше контроля. Из приведенных цифр видно, что в этот период калийные удобрения косвенно практически не оказывали влияние на показатель, так как содержание нитратного азота было примерно равное. В соответствии с группировкой почв (Сычѳв В. Г., Кузнецов А. В., Лунѳв М. И., 2008) показатель по обеспеченности варьировал от низкого до среднего и был несколько выше 6,30; 6,60; 8,20 и 9,20 мг/кг сухой почвы при применении N₁₂₀P₃₀K₂₀; N₁₂₀P₉₀K₂₀; N₁₂₀P₃₀K₆₀ и N₁₂₀P₉₀K₆₀ (Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы. Онищенко Л.М. Али Али Кадем Али, 2020).

Уровень обеспеченности пшеницы озимой N-NO₃ был еще более низким во втором периоде вегетации пшеницы озимой – в фазу цветения растений. Это связано с

невысокой влажностью почвы (отсутствием атмосферных осадков, высокой температурой атмосферного воздуха), а также с интенсивным потреблением культурой элемента в эту фазу – фазу цветения.

Фосфорный режим чернозема выщелоченного при применении дифференцированных норм и соотношений минеральных удобрений улучшают уровень минерального питания пшеницы озимой (рисунок 18, приложение 4). Средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в почве определяют вносимые агрохимические средства. На варианте без применения удобрений в фазу кущения растений пшеницы озимой средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях почвы было равно 17,1 и 14,6 мг/кг сухой почвы.

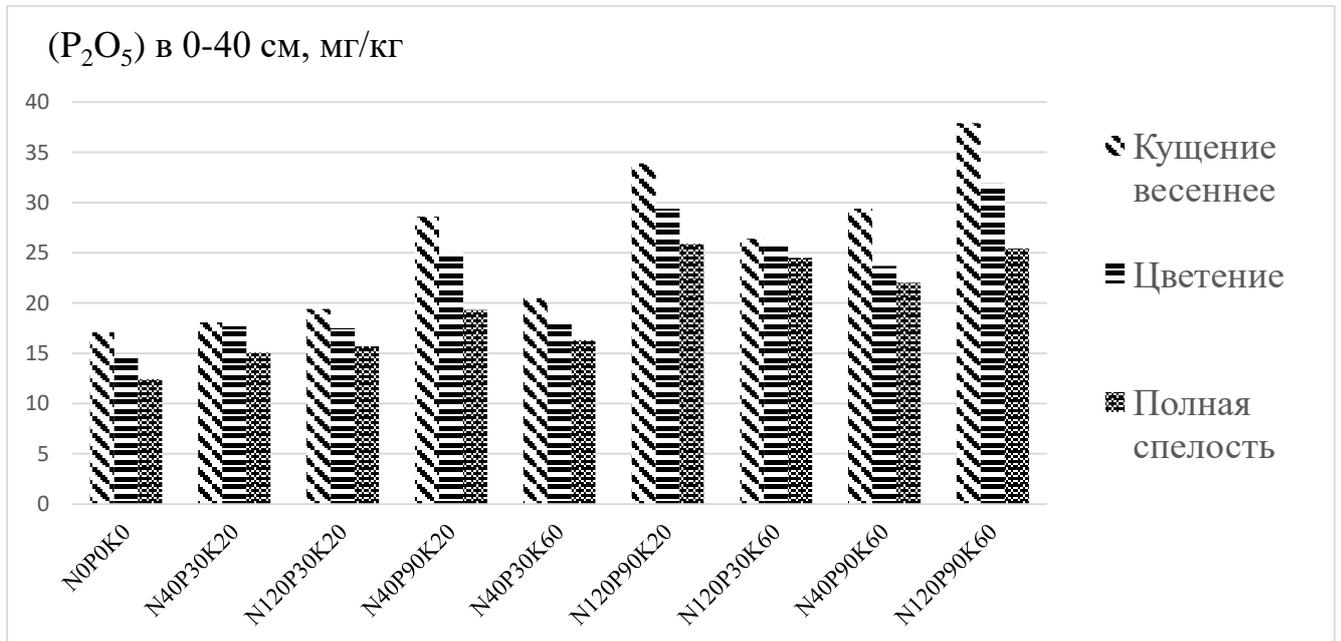


Рисунок 18 –Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

Совместное применение высоких норм фосфорного удобрения на фоне низких азота и калия, а также на фоне высоких норм азота и калия – N₄₀P₉₀K₂₀, N₁₂₀P₉₀K₆₀, N₄₀P₉₀K₆₀ способствовали повышению показателей относительно контроля до 28,6; 26,4; 29,4 мг/кг сухой почвы, что соответствует среднему уровню обеспеченности в соответствии с группировкой почв по обеспеченности (Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П., 1987; Питательный режим чернозема

выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы Шаляпин В. В., [текст] Али Али Кадем Али, 2021).

На вариантах $N_{120}P_{90}K_{20}$ $N_{120}P_{90}K_{60}$ наблюдаем максимальное увеличение средневзвешенного содержания подвижного фосфора до 33,9; и 37,9 мг/кг сухой почвы. Это уже соответствует повышенному классу обеспеченности культуры.

Увеличение показателя – средневзвешенного содержания подвижного фосфора в почве определялось при использовании высоких норм азотных (33,9 мг/кг сухой почвы) и калийных (29,4 мг/кг сухой почвы) удобрений. Можно предположить, что на этих вариантах азотные и калийные удобрения, проявляя физиологическую кислотность, создают более высокий уровень обеспеченности растений пшеницы озимой подвижным фосфором за счет мобилизации запасов фосфора из почвы.

Содержание обменного калия в черноземе выщелоченном варьировало под влиянием изменяющегося гидротермического фактора и во многом зависело от потребления калия растениями озимой пшеницы (рисунок 19, приложение 5).

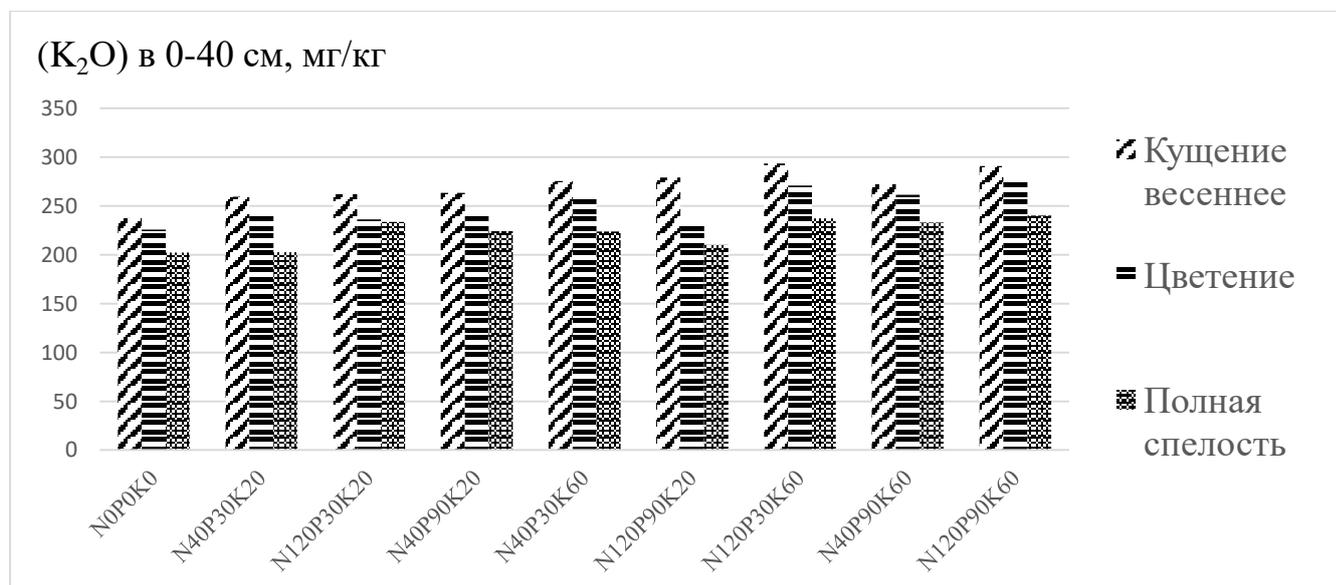


Рисунок 19 – Динамика средневзвешенного содержания обменного калия в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

Многие исследователи, в том числе и В. Н. Якименко (2011), уровень калийного питания сельскохозяйственных культур определяют по содержанию обменного калия в почве. При уменьшении содержания обменного калия за счет его потребле-

ния растениями или складывающихся неблагоприятных гидротермических условий внешней среды его концентрация в почве стремится к возвращению в исходное состояние за счет формы элемента, перешедшей в необменное состояние.

В почве агроценоза, как отмечает В. Н. Якименко (2011), трансформацию форм калия определяет уровень поступления или его выноса. Необходимо отметить, что содержание обменного калия – это основной и единственный показатель, указывающий на условия калийного питания растений, а также на своеобразность трансформации ионов калия и аммония при фиксации этих элементов почвой в агроценозе выращиваемых культур. Сходные ионные размеры этих двух дефицитных элементов в почве создают условия активной конкуренции при их трансформации, в процессах фиксации-мобилизации. Неоднозначный характер взаимодействия, широкое варьирование фиксации катионов аммония и калия свидетельствует о важности учета этих процессов при характеристике калийного состояния при минеральном питании растений (Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы ... Шаляпин В. В., [текст] Али Али Кадем Али, 2021).

При весеннем возобновлении вегетации растений пшеницы озимой средневзвешенное содержание обменного калия имели незначительные различия между вариантами опыта и контролем. На контроле – 237,6 мг/кг сухой почвы. Низкие нормы калийных удобрений в сочетании с низкими и высокими азотными и фосфорными ($N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{40}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ увеличивали средневзвешенное содержание обменного калия до 259,6; 252,9; 263,3 и 269,1 мг/кг сухой почвы, что в соответствии с группировкой почв (Ягодин Б. А., Дерюгин И. П., Жуков Ю. П., 1987) соответствует среднему уровню обеспеченности питательными веществами. Высокие нормы калийных удобрений в сочетании с такими же нормами азотных и фосфорных ($N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{30}K_{60}$) наилучшим образом повышали показатель до 290,7 и 293,4 мг/кг сухой почвы соответственно, но уровень обеспеченности калием культуры оставался прежним – средним (Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы ... Шаляпин В. В., [текст] Али Али Кадем Али, 2021).

Минеральные удобрения в различных нормах и сочетаниях – $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{30}K_{60}$ проявляют себя как мощный фактор, способствующий значительному

изменению содержания элементов минерального питания в почве и затем в растениях пшеницы озимой. Выявлено увеличение содержания общего азота, фосфора и калия в растениях, выращенных на удобренных вариантах, относительно тех, где они не применялись.

3.3 Содержание биогенных элементов в растениях пшеницы озимой в зависимости от норм и сочетаний удобрений

3.3.1 Общий азот

В растениях пшеницы озимой мягкой содержание общего азота определяется до 3 % от массы сухого вещества. В вегетативной массе растений содержание элемента в фазу весеннего кущения варьировало от 3,0 % на контроле до 3,61; 3,70 и 3,72 % на вариантах $N_{120}P_{30}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ соответственно (Оценка влияния макро и микроудобрений в условиях Кубани. Онищенко Л.М., Али Али Кадем Али, 2019). Необходимо отметить, что на содержание азота в растениях пшеницы озимой определяющее значения имели одноименные минеральные удобрения, применяемые в высоких нормах в сочетании с такими же нормами фосфора и калия. Исключением стал вариант ($N_{120}P_{30}K_{20}$), где высокие нормы азота были внесены с низкими нормами фосфора и калия (Оценка влияния макро и микроудобрений в условиях Кубани. Онищенко Л.М., Али Али Кадем Али, 2019). Показатель здесь был равен 3,13 % сухого вещества (рисунок 20, приложение 6).

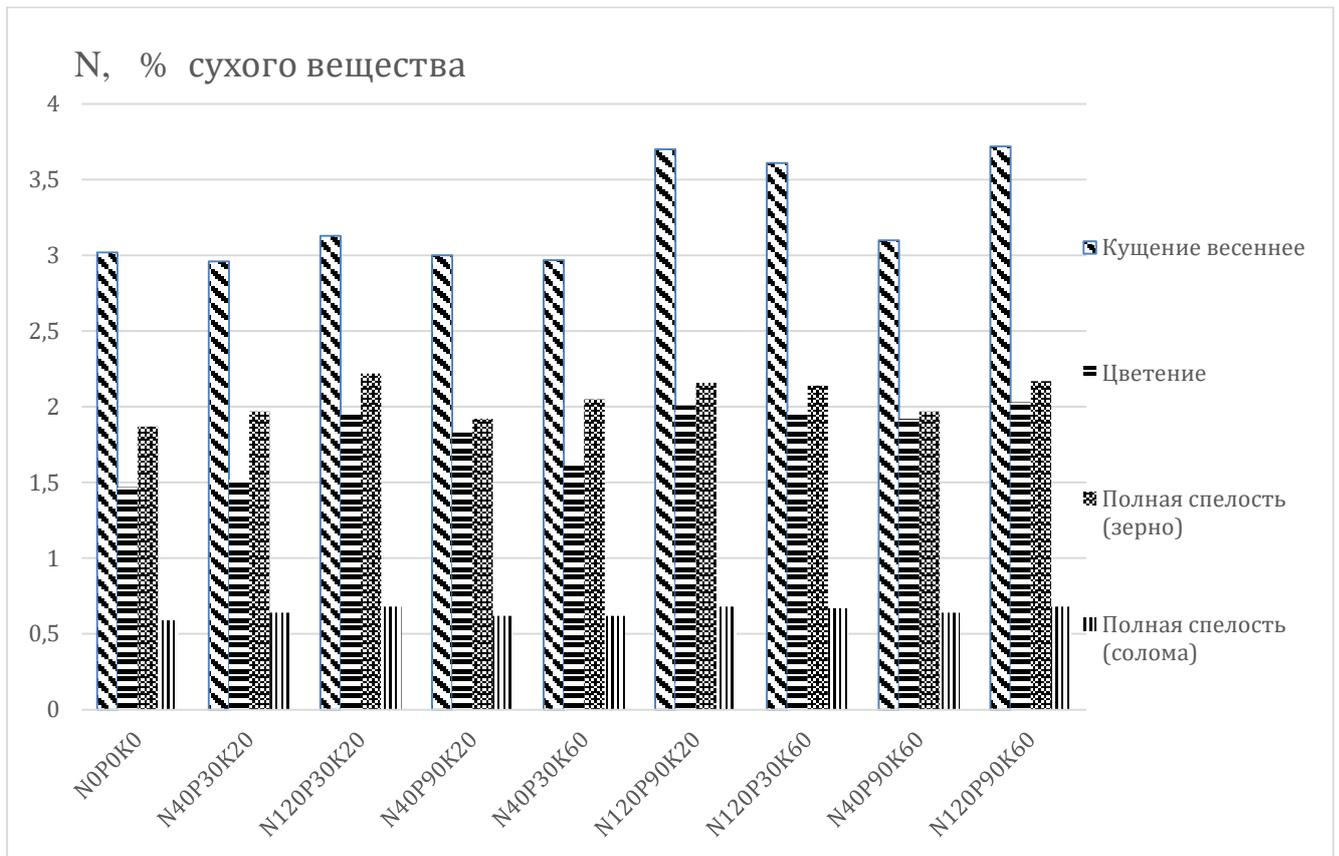


Рисунок 20 – Средневзвешенное содержание общего азота в растениях пшеницы озимой, 2019-2023 г.

Показано, что в фазу весеннего кущения в растений пшеницы озимой мягкой содержание общего азота на вариантах $N_{120}P_{30}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ было оптимальным и определялось в пределах более 3,6 % сухого вещества. Затем, отчетливо прослеживается снижение показателя. В растениях содержание общего азота на контроле – 1,47 % сухого вещества и уменьшение показателя составило более чем в два раза. На вариантах с внесением высоких норм азотных удобрений и различным сочетанием фосфора и калия ($N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$) показатель находится в пределах 1,95 % – 2,03 % сухого вещества, что свидетельствует об оттоке общего азота в формирующиеся генеративные органы пшеницы озимой мягкой. К фазе цветения растений определяется заметное уменьшение содержания в них общего азота, это происходит за счет перераспределения – оттока элемента в формирующиеся генеративные органы культуры из вегетативных.

В фазу полной спелости в соломе культуры содержание общего азота варьировало от 0,62 % до 0,68 % сухого вещества. Минимальное содержание общего азота на контроле – 0,59 %. В эту фазу в зерне пшеницы озимой показатель менее 2 % при применении $N_{40}P_{30}K_{20}$ и $N_{40}P_{90}K_{60}$. Максимальные показатели определены при внесении $N_{120}P_{30}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$, которые были равны 2,14; 2,16 и 2,17 % сухого вещества.

Таким образом, можно заметить, что наибольшее содержание элемента сосредоточилось в зерне на вариантах $N_{120}P_{30}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$, меньше его в листьях в период цветения растений. Содержание общего азота в растениях пшеницы озимой мягкой наибольшее определено на вариантах с сочетанием высоких норм азотных, фосфорных с низкими калийными удобрениями, а также сочетания высоких норм исследуемых удобрений – $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$. Максимальное увеличение содержания общего азота в зерне – 2,16 и 2,17 % сухого вещества на этих же вариантах $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$.

3.3.2 Общий фосфор

Молодые листья растений пшеницы озимой мягкой имеют наибольшее содержание общего фосфора. При его недостатке элемент может реутилизироваться – усиленно перемещаться из нижних листьев к молодым растущим листьям. В период налива зерна этот процесс перемещения фосфора идет особенно интенсивно – передвижение из вегетативных в репродуктивные органы. Определено содержание общего фосфора в зерне пшеницы озимой мягкой. Его содержится на удобренных вариантах от 0,84 до 0,92 %. Результаты химического анализа растений пшеницы озимой мягкой по фазам роста и развития свидетельствуют о том, что его концентрация в тканях культуры снижается от фазы весеннего кущения растений к

цветению и полной спелости зерна. Содержание общего фосфора в растениях (соломе) в обозначенных фазах на контроле убывает в ряду – 1,19; 0,81 и 0,59 % сухого вещества, а в зерне показатель был равен 0,82 % сухого вещества (рисунок 21, приложение 7; Оценка влияния макро и микроудобрений в условиях Кубани. Онищенко Л.М. Али Али Кадем Али, 2019).

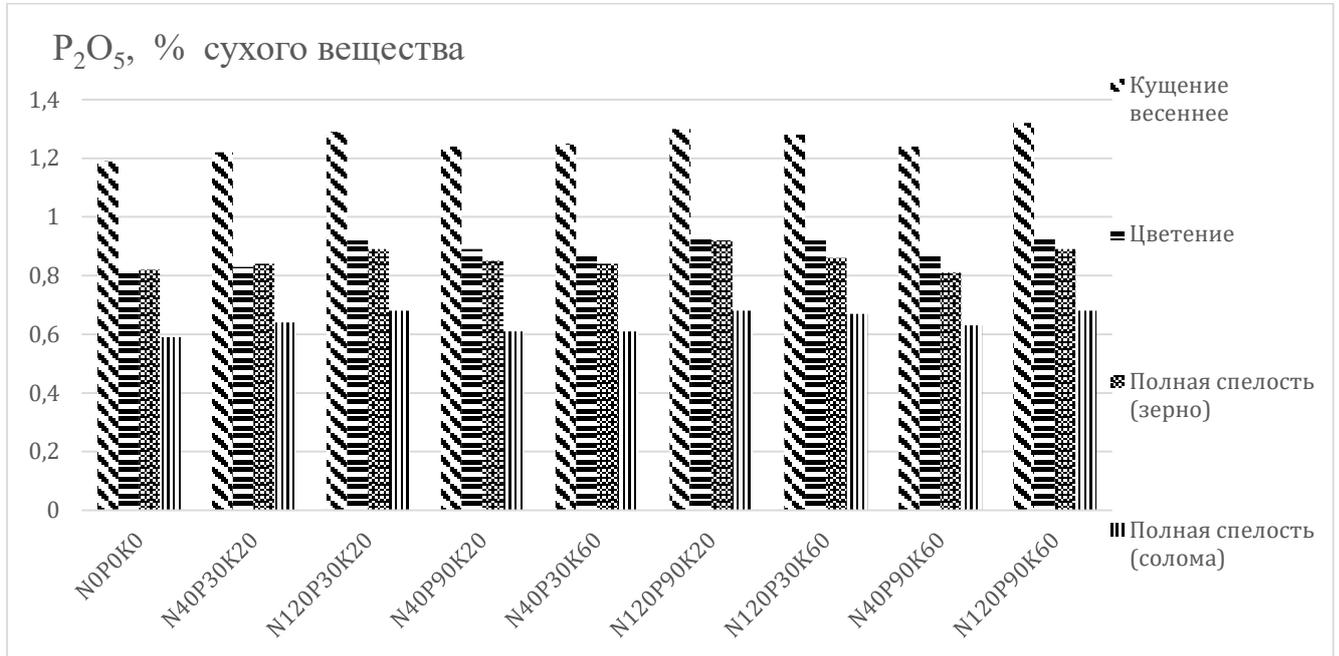


Рисунок 21– Средневзвешенное содержание общего фосфора в растениях пшеницы озимой, 2019–2022 г.

В фазу весеннего кущения пшеницы озимой мягкой наибольшее содержание общего фосфора в растениях пшеницы озимой мягкой определяли высокие нормы фосфорных удобрений в сочетании с высокими азотных и калийных – $N_{120}P_{90}K_{20}$ $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 1,30–1,32 % сухого вещества, а также проявилось положительное влияние азотных удобрений на уровень обеспеченности растений фосфором. Высокие нормы азотных удобрений в сочетании с низкими фосфорными и независимо от норм калийных имели близкие и максимальные значения на вариантах: $N_{120}P_{30}K_{60}$ $N_{120}P_{30}K_{20}$ – 1,28–1,29 % сухого вещества. В фазу полной спелости зерна пшеницы озимой мягкой обозначенные выше варианты – $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ имели максимально высокий в опыте показатель по содержанию общего фосфора, который варьировал от 0,89 до 0,92 % сухого вещества (Оценка влияния макро и микроудобрений в условиях Кубани. Онищенко Л.М., Али Али Кадем Али, 2019).

Таким образом, на показатель средневзвешенного содержания общего фосфора в растениях пшеницы озимой наибольшее влияние оказывали высокие нормы фосфорных удобрений в сочетании с высокими фосфорными и калийными ($N_{120}P_{90}K_{20}$ $N_{120}P_{90}K_{60}$), а также прослеживается положительное влияние азотных на фоне низких фосфорных и калийных $N_{120}P_{30}K_{60}$ $N_{120}P_{30}K_{20}$.

3.3.3 Общего калия

Вносимые минеральные удобрения улучшали питательный режим чернозема выщелоченного, и тем самым изменяли средневзвешенное содержание калия в растениях пшеницы озимой. (рисунок 22, приложение 8).

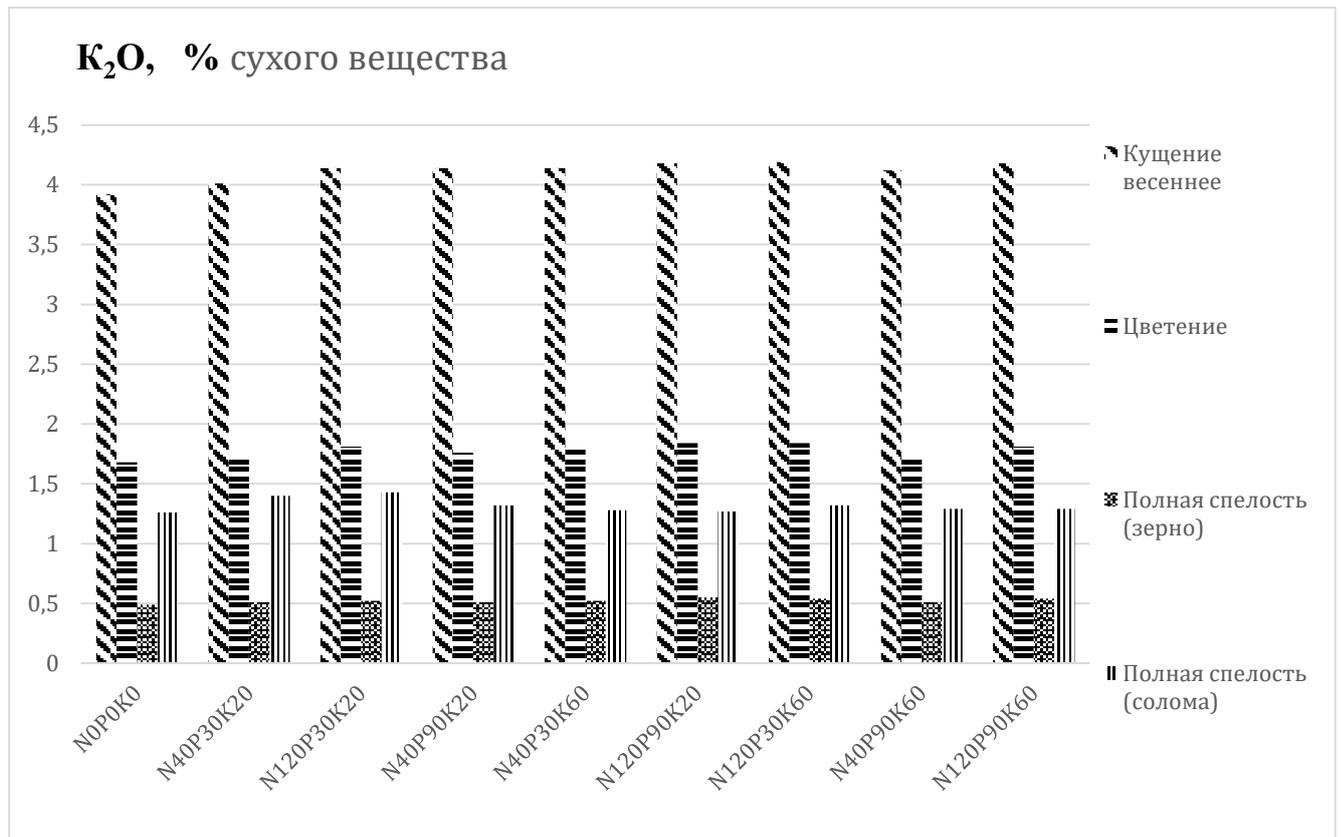


Рисунок 22 – Средневзвешенное содержание общего калия в растениях пшеницы, 2019-2023 г.

Средневзвешенное содержание общего калия от фазы весеннего кущения (показатель варьировал от 4,01 % до 4,18 %) уменьшалось к фазе цветения (до 1,70–1,84) и полной спелости в зерне (до 0,51–0,54 %). Растения, выращенные без применения удобрений, в фазу весеннего кущения, цветения и полной спелости содержали общего калия 3,92; 1,68 и 1,26 % сухого вещества, а в зерне – 0,49 % сухого вещества. Калия в соломе во всех вариантах опыта обнаружено больше чем в зерне. В зерне большее содержание элемента обнаружено не только, где использовались высокие нормы калийных удобрений в сочетании с высоким внесением азота и калия – $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 0,54 % сухого вещества, а также близкие значения (0,52 %) определены при применении $N_{120}P_{30}K_{20}$ и $N_{40}P_{30}K_{60}$. Максимальное значение показателя при применении высоких норм азотных и фосфорных на фоне низкой нормы калия ($N_{120}P_{90}K_{20}$) и показатель был равен 0,55 % сухого вещества.

Таким образом, концентрация калия выше в активно растущих органах растений пшеницы озимой, а меньшая в соломе и затем в зерне. Распределение элемента в растениях неравномерное. Средневзвешенное содержание общего калия в зерне пшеницы озимой мягкой, увеличивалось преимущественно на вариантах, где вносили $N_{120}P_{30}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ – 0,54–0,55 % сухого вещества. На всех удобренных вариантах относительно контроля в соломе накапливали больше калия, и его концентрация изменялась от 1,27 % до 1,43 % сухого вещества (Оценка влияния макро и микроудобрений в условиях Кубани. Онищенко Л.М., Али Али Кадем Али, 2019).

4 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ

Контрастность агрометеорологических условий периода проведения исследований показывает гидротермический коэффициент. Он от фазы весеннего кущения до полной спелости зерна озимой пшеницы по сельскохозяйственным годам был равен в 2018-2019 – 1,82; 2019-2020 – 2,59 и 2020-2021 – 4,10 (Урожайность пшеницы озимой в зависимости от применения минеральных удобрений, предшественников в аграрных ландшафтах Кубани, Али Али Кадем Али и др., 2020).

Отчетливо прослеживается влияние минеральных удобрений и экологических факторов на продуктивность культуры. Урожайность на естественном уровне плодородия: 2018-2019 – 4,91 т/га; 2019-2020 – 5,33 и 2020-2021 – 5,66 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность зерна пшеницы мягкой озимой, среднее

Вариант / Option	Урожайность по повторениям, т/га			Среднее, т/га /	Прибавка /		Реализация генетического потенциала сорта, % /	
	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021		т/га / t/ha	% / %	Память, st. / wheat Pamyat, st.	Безостая 100 / wheat Bezostaya 100
N ₀ P ₀ K ₀	4,91	5,33	5,66	5,30	–	–	52,5	53,5
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	6,24	6,21	6,16	6,20	0,90	17,04	61,4	65,9
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₂₀	6,53	6,50	6,91	6,65	1,35	25,41	65,8	70,7
N ₄₀ P ₉₀ K ₂₀	6,64	6,23	6,68	6,52	1,22	23,02	64,6	69,4
N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀	6,22	6,09	5,41	5,91	0,61	11,45	58,5	62,9
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₀	6,70	6,65	6,97	6,77	1,47	27,80	67,0	72,0
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	6,58	6,26	6,89	6,58	1,28	24,09	65,1	70,0
N ₄₀ P ₉₀ K ₆₀	6,67	6,30	6,03	6,33	1,03	19,50	62,7	67,3
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	6,73	6,76	6,99	6,83	1,53	28,81	67,6	72,7
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,05	0,27	0,28	0,05 – 0,28	–	–	–	–

Внесение различных норм и сочетаний азотных, фосфорных и калийных удобрений сформировало отличительные особенности условий минерального питания растений. Уровень урожайности зерна пшеницы мягкой озимой в среднем при применении азотных, фосфорных и калийных удобрений в одинарной норме ($N_{40}P_{30}K_{60}$) был несколько выше контроля на 0,9 т/га (или на 17 %) и зерна получено 6,20 т/га (Урожайность пшеницы озимой в зависимости от применения минеральных удобрений, предшественников в аграрных ландшафтах Кубани, Али Али Кадем Али и др., 2020).

Сочетания тройных норм азота, фосфора и калия с одинарными фосфорно-калийными ($N_{120}P_{30}K_{20}$), азотно-фосфорными ($N_{40}P_{30}K_{60}$) и азотно-калийными ($N_{40}P_{90}K_{20}$) повышали урожайность зерна на 1,35; 1,22 и 0,61 т/га (или 25,41; 23,02 и 11,45 %) соответственно (Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья. Али Али Кадем Али и др., 2023).

Совместное внесение азотно-калийных и фосфорно-калийных в тройной норме на фоне одинарных фосфорных ($N_{120}P_{30}K_{60}$) и азотных ($N_{40}P_{90}K_{60}$) достоверно повышало урожайность зерна на 1,28 и 1,03 т/га (или на 24,09 и 19,50 %). Максимальное увеличение урожайности зерна пшеницы мягкой озимой было при сочетаниях тройной нормы азотно-фосфорной с одинарной нормой калийных ($N_{120}P_{90}K_{20}$) и полным удобрением в тройной норме – $N_{120}P_{90}K_{60}$. Прибавки были достоверны и составили 1,47 и 1,53 т/га (или 27,80 и 28,81 %) соответственно. Следует заметить, что сорт Безостая 100 превысил стандартный сорт по показателю «урожайность зерна». Установлено что по урожайности зерна пшеницы мягкой озимой реализуемый генетический потенциал сорта Безостая 100 был несколько выше, чем у стандартного сорта Память. Наибольшее приближение к реализуемому потенциалу относительно стандартного сорта Память наблюдается на вариантах $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 70,7; 72,0 и 72,7 %. На этих же вариантах, и максимальная реализация генетического потенциала стан-

дартного сорта Память, которая была равна 65,8; 67,0 и 67,6 % соответственно. Изучена возможность взаимосвязи урожайности пшеницы мягкой озимой с сочетанием различных норм азотных, фосфорных и калийных удобрений, вносимых в почву. Выявлена высокая корреляционная зависимость. Коэффициент множественной корреляции (R^2) равен 0,7831. Реакцию растений пшеницы мягкой озимой на изменение условий питания характеризует коэффициент линейной регрессии. В опыте он варьировал от 0,0042 до 0,0063, что свидетельствует о слабой реакции культуры на изменение экологических условий. Показатель дисперсии (S^2) характеризует стабильность урожая (таблица 5; приложение 8; Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья. Али Али Кадем Али и др., 2023).

Таблица 5 – Результаты регрессионного и двухфакторного дисперсионного анализа данных по урожайности зерна пшеницы мягкой озимой, 2018-2021

Период исследований/	$u + v_i$, n/uf	S^2	Уравнения линейной регрессии /	F_{actual}	$F_{\text{theoretical}}$	R^2
2018-2019	5,43	0,66	$Y = 0,0063x + 5,43$	2642,2	5,32	0,7831
2019-2020	5,51	0,36	$Y = 0,0042x + 5,51$	26,4	3,44	0,8240
2020-2021	5,57	0,74	$Y = 0,0061x + 5,57$	07,7	2,59	0,5682

Наиболее стабильным был урожай в 2019-2020 сельскохозяйственном году. Определены значимые эффекты условий питания растений по всем годам исследований: $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ (Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья. Али Али Кадем Али и др., 2023).

Анализ доли вклада фактора «сочетания удобрений» показал, что на его долю приходится 75,95 %. В литературе имеются сведения о том, что с ростом потенциальной продуктивности сорта экологическая устойчивость культуры снижается (10). Взаимодействия факторов «условия сельскохозяйственного года» и «сочетания минеральных удобрений» отража-

ют значительно меньшую долю – 19,24 % (Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья. Али Али Кадем Али и др., 2023).

Действие минеральных удобрений положительно сказалось на показателях качества зерна пшеницы мягкой озимой (таблица 6).

Таблица 6 – Качество зерна пшеницы озимой в зависимости от норм и сочетаний удобрений

Вариант	2019		2020		2021		Среднее	
	Содержание белка, %	Сбор белка, кг/га						
000	9,2	451,7	9,4	517,0	9,7	566,0	9,6	508,8
111	9,4	586,6	9,6	596,2	10,3	634,5	9,8	607,6
311	13,3	868,5	13,9	708,5	13,1	767,0	13,4	891,1
131	12,5	830,0	12,5	778,8	12,0	861,7	12,3	804,1
113	12,6	783,7	12,1	797,9	12,5	730,4	12,4	732,8
331	13,8	924,6	13,9	924,4	13,8	961,9	13,8	934,3
313	13,0	855,4	12,9	808,0	13,2	861,3	13,0	855,4
133	12,6	840,4	12,7	858,5	12,9	777,9	12,7	806,0
333	13,8	928,7	13,9	939,6	13,8	964,6	13,8	942,5

Содержание белка в зерне пшеницы озимой в зависимости от норм и сочетаний удобрений по годам исследований различалось незначительно. В среднем на контроле 9,6 % на вариантах с высокой нормой удобрения и независимо от внесения фосфора и калия $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ варьирует от 13,03 до 13,08 %. Сбор белка на контроле – 508,8, а на вариантах $N_{120}P_{30}K_{60}$ – 855,4 кг/га, $N_{120}P_{90}K_{20}$ – 934,3 и $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 942,5 кг/га (Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья. Али Али Кадем Али и др., 2023).

Рассчитана окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений прибавкой зерна пшеницы мягкой озимой. Сочетание тройных норм азотно-калийных и азотно-фосфорных с одинарными нормами фосфорных ($N_{120}P_{30}K_{60}$) и калийных ($N_{120}P_{90}K_{20}$) удобрений дают примерно одинаковое значение показателя – 6,10 и 6,39 кг/кг д.в. N P K соответственно. При внесении полного удобрения в тройной норме ($N_{120}P_{90}K_{60}$) окупаемость была несколько меньше – 5,67 кг (Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья. Али Али Кадем Али и др., 2023).

5 ВЫНОС УРОЖАЕМ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ, ИХ БАЛАНС И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ

Вынос наиболее дефицитных растениям элементов минерального питания – азота, фосфора и калия с урожаем выращиваемых культур при современной системе земледелия в России, как отмечает П.А. Чекмарев (2012), составляет более 10,0 млн. т, что выше 2,5 раза уровня возврата питательных веществ в почву с агрохимическими средствами. В пахотных почвах наблюдается отрицательный баланс этих элементов питания. В последние годы низкий уровень использования органических и минеральных удобрений в агроценозах приводит к снижению показателей плодородия почвы и дефициту биогенных элементов, который составляет около 6,26 млн. т д.в., или 84 кг/га.

Анализ данных по расчету баланса элементов минерального питания в агроценозе пшеницы озимой мягкой показал, что на черноземе выщелоченном в приходных статьях баланса более высокое поступление с минеральными удобрениями оставляло внесение азота (от 40 до 120 кг д.в.). Основная статья расхода питательных веществ это вынос элементов питания с урожаем зерна культуры (таблица 7).

Таблица 7 – Вынос азота, фосфора и калия урожаем пшеницы в зависимости от норм и сочетаний элементов минерального питания

Вариант	Вынос, кг/га			Баланс, кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀ P ₀ K ₀	88,5	43,5	26,0	-88,5	-43,5	-26,0	–	–	–
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	105,4	52,1	31,6	-65,4	-22,1	-11,6	38,0	57,6	63,3
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₂₀	154,3	59,2	34,6	-34,3	-29,2	-14,6	77,7	50,7	57,8
N ₄₀ P ₉₀ K ₂₀	139,5	55,4	33,3	-99,5	34,6	-13,3	28,7	162,5	60,1
N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀	127,7	49,6	30,1	-87,7	-19,6	29,9	31,3	60,5	199,3
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₀	162,5	62,3	35,2	-42,5	27,7	-15,2	73,9	144,5	56,8
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	148,7	56,6	36,2	-28,7	-26,6	23,4	80,7	53,0	165,7
N ₄₀ P ₉₀ K ₆₀	139,9	51,3	32,3	-99,9	33,7	27,7	28,6	175,4	185,8
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	163,8	60,8	36,9	-43,8	29,2	23,1	73,3	148,0	162,6

Вынос азота, фосфора и калия зерном пшеницы озимой мягкой на контрольном варианте – 88,5; 43,5 и 26,0 кг/га. Применение минеральных удобрений в различных нормах и сочетаниях повышало показатель различно. Наибольший вынос определился на вариантах с высокой нормой азота при совместном использовании фосфора и калия в различных сочетаниях. При применении $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ вынос азота был равен 154,3; 162,5; 148,7 и 163,8 кг/га соответственно. Слабо отрицательный баланс азота был на варианте $N_{120}P_{30}K_{20}$, который был наименее дефицитным и показатель равен -34,3 кг/га. Интенсивность баланса азота на вариантах $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ рассчитывалась в пределах 73,3 и 73,9 %. Наибольшее значение в опыте при использовании $N_{120}P_{30}K_{20}$ – 77,7 %, что позволяет с осторожностью отмечать о тенденции приближения на этих вариантах к сохранению содержания минерального азота в почве (Сравнение выноса растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных нормах удобрения, Али Али Кадем Али, Онищенко Л.М., 2020).

Вынос фосфора зерном культуры на вариантах $N_{40}P_{30}K_{60}$ и $N_{40}P_{30}K_{20}$ был в пределах 49,6 и 52,1 кг/га, а с высокими нормами азота и фосфора на вариантах $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ несколько выше – более 60,8 и 62,3 кг/га. При этом на контроле $N_0P_0K_0$ – 43,5 кг/га, что ниже на 39,8 и 43,2 % чем на ранее обозначенных вариантах (Сравнение выноса растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных нормах удобрения, Али Али Кадем Али, Онищенко Л.М., 2020).

С урожаем пшеницы озимой вынос калия был значительно ниже, чем вынос азота и фосфора и варьировал на удобренных вариантах от 31,6 кг/га до 36,9 кг/га. Вынос элемента повышался существенно (на 21,5 %) даже от внесения низкой нормы – $N_{40}P_{30}K_{20}$, увеличение нормы до $N_{120}P_{90}K_{60}$ повышало вынос калия более чем в два раза (или на 41,9 %).

При составлении баланса азота, сравнив данные прихода и расхода элемента из установленных экспериментальных данных и опубликованных ранее в источниках (И. Д. Рудай, 1985; Д. А. Кореньков, 1990; В. Б. Азаров, В. Д. Соловиченко, 2000), можно видеть, что они равны: поступление элемента благодаря несимбиотической

фиксации, с атмосферными осадками и потери его из минеральных удобрений. Данные по расчету баланса азота в агроценозе пшеницы озимой показали, что на всех изучаемых вариантах показатель был дефицитным и варьировал от -88,5 до -99,9 кг/га, но наиболее отрицательным (-99,5 и -99,9 кг/га) он был там, где было внесена одинарная норма азота ($N_{40}P_{90}K_{20}$ и $N_{40}P_{90}K_{60}$) на фоне высокой (тройной) фосфора при отсутствии зависимости от одинарной и тройной нормы калия.

Положительный баланс фосфора рассчитывался от внесения высоких норм фосфорных при различных сочетаниях азота и калия. Показатели были равны независимо от количества применяемого калия при внесении низких азотных удобрений $N_{40}P_{90}K_{60}$ и $N_{40}P_{90}K_{20}$ – 33,7 и 34,6 кг/га, при этом интенсивность баланса равна 175,4 и 162,5 % и высоких нормах азота $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 27,7 и 29,2 кг/га, интенсивность баланса – 144,5 и 148,0 % соответственно.

Отрицательный баланс (-14,6 и -15,2 кг/га) по калию если норма калийных удобрений была низкой – $N_{120}P_{30}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$. Высокие нормы калия напротив обеспечивали бездефицитный баланс, который на вариантах $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{40}P_{30}K_{60}$ рассчитывался в диапазоне 23,1 – 29,9 кг/га. Наилучшая интенсивность баланса по калию при внесении $N_{40}P_{30}K_{60}$ и $N_{40}P_{90}K_{60}$ которая была равна 185,8 и 199,3 %.

Таким образом, применение минеральных удобрений в различных нормах и сочетаниях увеличивало не только урожай, но и вынос элементов. Вынос азота и фосфора был максимальным при внесении $N_{120}P_{90}K_{60}$ – 163,8 и 62,3 кг/га, калия – 62,3 кг/га на варианте $N_{120}P_{90}K_{20}$. Минимальный вынос азота, фосфора и калия – на контроле – 88,5; 43,5 и 26,0 кг/га. Бездефицитный баланс по фосфору (+33,7 и +34,6 кг/га) и калию (+23,1 – +29,9 кг/га) только при применении высоких норм одноименных удобрений, по азоту баланс отрицательный (-88,5 до -99,9 кг/га). Внесение $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_6$ не обеспечивало положительные значения показателя. Наилучшая интенсивность баланса по азоту – 80,7 % при применении $N_{120}P_{30}K_{60}$, по фосфору – 162,5 – 175,4 % от $N_{40}P_{90}K_{20}$ и $N_{40}P_{90}K_{60}$, а также по калию – 185,8 и 199,3 % при внесении $N_{40}P_{30}K_{60}$ и $N_{40}P_{90}K_{60}$.

Расчет баланса элементов минерального питания в агроценозе пшеницы озимой показал, что выращивание культуры без использования удобрений обеспечило

наименьшую продуктивность культуры и высокий уровень дефицита азота, фосфора и калия – 88,5; 43,5 и 26,0 кг/га. В варианте с внесением высоких норм азотных удобрений баланс азота был менее дефицитным, но по-прежнему остался отрицательным. Коэффициенты выноса элементов питания растениями пшеницы озимой подтверждают это. Наилучшие балансовые коэффициенты (выноса) азота на вариантах $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{30}K_{20}$ – 123,9 и 128,6 %, фосфора при применении $N_{40}P_{90}K_{60}$; $N_{40}P_{90}K_{20}$; $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ – 57,0; 61,5; 67,6 и 69,2 %, а калия на вариантах $N_{40}P_{30}K_{60}$; $N_{40}P_{90}K_{60}$; $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ их значения были равны – 50,2; 53,8; 60,3 и 61,5 % (таблица 8).

Таблица 8 – Оценка состояния баланса элементов питания в агроценозе пшеницы

Вариант	Вынос, кг/га			Балансовый коэффициент (выноса), %			Коэффициент возврата (возмещения)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
$N_0P_0K_0$	88,5	43,5	26,0	–	–	–	–
$N_{40}P_{30}K_{20}$	105,4	52,1	31,6	264,0	173,7	158,0	0,47
$N_{120}P_{30}K_{20}$	154,3	59,2	34,6	128,6	197,3	173,0	0,68
$N_{40}P_{90}K_{20}$	139,5	55,4	33,3	348,8	61,5	166,5	0,64
$N_{40}P_{30}K_{60}$	127,7	49,6	30,1	319,3	165,3	50,2	0,57
$N_{120}P_{90}K_{20}$	162,5	62,3	35,2	135,4	69,2	176,0	0,92
$N_{120}P_{30}K_{60}$	148,7	56,6	36,2	123,9	188,7	60,3	0,87
$N_{40}P_{90}K_{60}$	139,9	51,3	32,3	349,8	57,0	53,8	0,86
$N_{120}P_{90}K_{60}$	163,8	60,8	36,9	136,5	67,6	61,5	1,03

Коэффициент возврата (возмещения) выноса элементов минерального питания на варианте $N_{120}P_{90}K_{60}$, равный 1,03, показывает, что баланс здесь не только положительный, но наблюдается незначительное восполнение дефицитных питательных веществ. Близкие значения показателя к бездефицитному балансу на варианте $N_{120}P_{90}K_{20}$, где коэффициент возврата (возмещения) равен 0,92. Внесение $N_{40}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{30}K_{60}$ обеспечило мало дефицитный баланс, значения коэффициента возврата (возмещения) были примерно равные – 0,86 и 0,87. Острый дефицит элементов питания выявлен при применении $N_{40}P_{30}K_{20}$ и $N_{40}P_{30}K_{60}$. Здесь вынос элементов восполнялся практически на половину.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследования в полевых условиях Северо-Западного Предкавказья проведены с 2019 по 2023 гг. в агроценозе пшеницы озимой сорта «Безостая 100» на многофакторном стационарном опыте кафедры агрохимии 11-ного зернотравяно-пропашного севооборота. Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках имеет: мощность гумусового горизонта – 147 см; состав гумуса – гуматно-фульватный (содержание 3,42 %); кислотность актуальную – $pH_{\text{водн.}} = 6,44\text{--}6,58$; обменную $pH_{\text{сол.}} = 5,9\text{--}6,1$ и гидролитическую – 2,80–2,50 мг-экв. /100 г почвы; характеризуется высокой емкостью поглощения – 33,9–38,1 мг-экв. /100 г почвы; суммой поглощенных оснований – 31,1–35,6 мг-экв./100 г почвы, степенью насыщенности основаниями – 90,0–93,7 % (способствует высокой буферности); обеспеченность азотом – очень низкая и низкая; среднее и повышенное средневзвешенное содержание подвижного фосфора – 14,1–37,9 мг/кг почвы и обменного калием – 237,6–293,4 мг/кг почвы соответственно.

2. Микроудобрения, содержащие цинк ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) и медь ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) используемые для предпосевной обработки семян пшеницы озимой мягкой водными растворами различной концентрации (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} и 10^{-4} %), оказали разнонаправленное влияние на лабораторную всхожесть, скорость, энергию (активность) и дружность прорастания. Наилучшая активность прорастания семян пшеницы озимой мягкой (54,9 и 56,5 %) при обработке концентрацией 10^{-3} %-ной Zn и Cu. эта концентрация Zn и Cu благоприятно действовала на скорость прорастания семян до 3,2 и 3,4 сут., дружность прорастания до 8,7 и 9,2 шт./сут. соответственно. Предпосевная обработка водными растворами (10^{-3} %) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ позволяет улучшить посевные качества семян, что позволит полнее реализовать генетический потенциал высокоурожайного сорта Безостая 100.

2. Макроудобрения, содержащие азот, фосфор и калий в различных нормах и сочетаниях улучшали обеспеченность растений пшеницы озимой мягкой мине-

ральным азотом, подвижным фосфором и обменным калием. От фазы весеннего кущения до полной спелости в почве содержится: минерального азота $N-NH_4$ – от 2,46-6,7 до 1,63-2,56 мг/кг, $N-NO_3$ – от 2,3–9,2 до 2,3–3,7 мг/кг; а также подвижного фосфора от 17,3–33,9 мг/кг до 12,4–25,9 мг/кг и обменного калия от 237,6–290,7 мг/кг до 202,2–240,2 мг/кг. В почве средневзвешенное содержание минерального азота в фазах весеннего кущения и цветения растений пшеницы озимой мягкой изменялось от очень низкого до низкого. Наименьшее значения показателя было равно к концу вегетации культуры. Обеспеченность растений азотом и фосфором наилучшая при сочетании тройных норм азотно-фосфорных и азотно-калийных с одинарными нормами калийных ($N_{120}P_{90}K_{20}$) и фосфорных ($N_{120}P_{30}K_{60}$), а также на варианте с внесением полного удобрения в тройной норме – $N_{120}P_{90}K_{60}$. Обеспеченность растений подвижным калием в соответствии с группировкой была высокой на вариантах $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$.

3. Наибольшие содержания общего азота, фосфора и калия в растениях пшеницы озимой мягкой отмечено на вариантах с сочетанием тройных норм азотно-фосфорных, азотно-калийных с одинарными нормами калийных ($N_{120}P_{90}K_{20}$) и фосфорных ($N_{120}P_{30}K_{60}$), а также при внесении азота, фосфора и калия в тройной норме – $N_{120}P_{90}K_{60}$. При внесении $N_{120}P_{90}K_{20}$ и $N_{120}P_{30}K_{60}$ содержания общего азота, фосфора и калия в фазу весеннего кущения были равны 3,70; 1,30; 4,18 % и 3,61; 1,28 4,19 %. В фазу цветения эти показатели несколько снизились – 2,01; 0,94; 1,84 и 1,97; 0,92; 1,84 %, но попрежнему максимальное содержание в растениях пшеницы определяем калия, затем азота и фосфор. К полной спелости зерна на этих вариантах содержание азота максимальное – 2,14–2,16 %; фосфора – 0,86–0,92 % и калия наименьшее – 0,54–0,55 %. Содержание калия в соломе – 1,27–1,32 %. Этот показатель значительно выше определяемого показателя в зерне.

4. Максимальное увеличение урожайности зерна пшеницы озимой мягкой было при сочетаниях тройной нормы азотно-фосфорной с одинарной нормой калийных ($N_{120}P_{90}K_{20}$) и полным удобрением в тройной норме – $N_{120}P_{90}K_{60}$. Прибавки были достоверны и составили 1,47 и 1,53 т/га соответственно. Действие минеральных удобрений положительно сказалось на показателях качества зерна пшеницы

озимой мягкой. Содержание белка в зерне на вариантах $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{60}$ варьирует от 13,23 – 14,03 %, тогда как на контроле 10,47 %.

5. Выноса азота, фосфора и калия с зерном пшеницы озимой без удобрений – 88,5; 43,5 и 26,0 кг/га. Использование $N_{120}P_{30}K_{20}$, $N_{120}P_{90}K_{20}$, $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$ существенно повышало вынос азота до 154,3; 162,5; 148,7 и 163,8 кг/га соответственно. Баланса азота в агроценозе пшеницы озимой на всех изучаемых вариантах был дефицитным и варьировал от -88,5 до -99,9 кг/га. Баланс азота на варианте $N_{120}P_{30}K_{20}$ был наименее дефицитным -34,3 кг/га. Интенсивность баланса азота при $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ определялась в пределах 73,3 и 73,9 %, а использование нормы $N_{120}P_{30}K_{20}$ – 77,7 %. Следует здесь отметить тенденцию приближения к сохранению минерального азота в почве.

6. Вынос фосфора с зерном культуры при применении $N_{40}P_{30}K_{60}$ и $N_{40}P_{30}K_{20}$ – 49,6 и 52,1 кг/га. Высокие нормы азота и фосфора $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ увеличивали показатель более 60,8 и 62,3 кг/га. На контроле $N_0P_0K_0$ – 43,5 кг/га, что ниже на 39,8 и 43,2 %. Баланс фосфора положительный при внесении высоких норм фосфорных удобрений при различных сочетаниях азота и калия.

7. Вынос калия с урожаем зерна пшеницы озимой ниже, чем вынос азота и фосфора и изменялся от 31,6 кг/га до 36,9 кг/га. Низкие нормы – $N_{40}P_{30}K_{20}$ вынос элемента повышался на 21,5 %, высокие – $N_{120}P_{90}K_{60}$ увеличивали на 41,9 %. Баланс калия отрицательный (-14,6 и -15,2 кг/га) если норма калийных удобрений низкая – $N_{120}P_{30}K_{20}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$. Высокие нормы калия $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{40}P_{30}K_{60}$ обеспечивали бездефицитный баланс рассчитывался в диапазоне 23,1–29,9 кг/га. Интенсивность баланса по калию наилучшая при внесении $N_{40}P_{30}K_{60}$ и $N_{40}P_{90}K_{60}$ – 185,8 и 199,3 %.

7. В агроценозе пшеницы озимой незначительное восполнение дефицитных питательных веществ при применении $N_{120}P_{90}K_{60}$. Коэффициент возврата (возмещения) выноса элементов минерального питания равен 1,03. Близкие значения к бездефицитному балансу при внесении $N_{120}P_{90}K_{20}$. Коэффициент возврата равен 0,92. Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая зерна пшеницы озимой мягкой при применении $N_{120}P_{30}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{20}$ наибольшая – 6,10 и 6,39 кг/кг д. в. азота, фосфора и калия соответственно.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Выращивание пшеницы озимой мягкой в условиях Северо-Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном слабогумусном, имеющем значительную мощность гумусового горизонта, содержание в передлах 3,0 %, слабокислую реакцию почвенной среды, высокие показатели емкости поглощения и степени насыщенности почвы основаниями при низкой обеспеченности азотом, средней подвижным фосфором и повышенным обменного калием необходимо допосевное внесение минеральных удобрений в норме $N_{120}P_{90}K_{20}$. В условиях повышенного содержания подвижного фосфора в почве норму можно уменьшить до $N_{120}P_{30}K_{60}$. Прибавки зерна могут составить 1,47 и 1,53 т/га (или 24,1 и 27,8 %), а содержание белка в зерне более 14 %.

Длительное сельскохозяйственное использование почвы без применения медь- и цинксодержащих удобрений, снижает уровень обеспеченности ними сельскохозяйственных культур. Низкое содержание в почве доступного цинка и меди повышает положительное воздействие высокоэффективного приема – предпосевной обработки семян пшеницы озимой мягкой. Водные растворы 10^{-3} % микроудобрений, содержащих цинк ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) или медь ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$). Повышали активность прорастания семян (54,9 и 56,5 %), скорость прорастания семян до 3,2 и 3,4 сут., дружность прорастания до 8,7 и 9,2 шт./сут. соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абраменко, А. Н. Действие минеральных удобрений на озимую пшеницу в зависимости от погодных условий / А. Н. Абраменко С. Н. Градунов, А. Д. Недосейкин // Химия в сельском хозяйстве. – 1982. – № 12. – С. 12–14.
2. Агафонов, Е. В. Оптимизация питания и удобрение культур полевого севооборота на карбонатном черноземе / Е. В. Агафонов // М.: Изд. МСХА. – 1992. – 160 с.
3. Алабушев, А. В. Основная обработка почвы и продуктивность озимой пшеницы /А. В. Алабушев, Н. Г. Янковский, Г. В. Овсянникова, М. Е. Кравченко, А. Я. Логвинов, А. А. Сухарев // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 23 – 24.
4. Али А. К. А, Урожайность пшеницы озимой в зависимости от применения минеральных удобрений и предшественников в аграрных ландшафтах Кубани / А. К. А. Али, Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин, С. А. Лакиза // В сборнике: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. Составитель Л. С. Новопольцева. Под редакцией И. С. Белюченко. – 2020. – С. 32-34.
5. Али А. К. А. Минеральный азот чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в условиях Азово-Кубанской низменности / А. К. А. Али, В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, С. А. Лакиза // В сб.: Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем, материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала. – Иркутск. – 2021. – С. 216 - 219. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46564470> (дата обращения: 01.11.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
6. Али А. К. А., Урожайность пшеницы озимой в зависимости от применения минеральных удобрений и предшественников в аграрных ландшафтах Кубани / Али А. К. А., Онищенко Л. М., Шаляпин В. В. // Сборник науч. тр. по мат-лам Междунар. науч. эколог. конф.: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. – 2020. – С. 32–34.

7. Али Али Кадем Али, Онищенко Л. М., Гноевская К. А. Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья / Али Али Кадем Али, Л. М. Онищенко, К. А. Гноевская // Известия Горского государственного аграрного университета. 2023. Т. 60. № 2. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-29-33>.

8. Али Али Кадем Али, Сравнение выноса растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных нормах удобрения / Али Али Кадем Али, Л. М. Онищенко // В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам V Международной конференции. Краснодар, 2020. – С. 5.

9. Али Али Кадем Али. Сравнение выноса растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных нормах удобрения / Али Али Кадем Али, Л. М. Онищенко // В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам V Международной конференции. Краснодар, 2020. – С. 5.

10. Арланцева, Е. Р. Агроэкологическая оценка погодных условий для моделирования продукционных процессов озимой пшеницы / Е. Р. Арланцева, В. К. Храмой // Известия ТСХА. Вып. 5. 2019. – 67 – 76. DOI 10.34677/0021-342x-2019-5-67-76. (дата обращения 25.08.2021).

11. Артюхов, А. М. Краткий справочник по удобрениям/ А. М. Артюхов, Л. М. Державин – М.: Колос. – 1971. – С. 20.

12. Архив погоды в Краснодаре. – (Электронный ресурс). – Режим доступа: <https://rp5.ru/>.

13. Асттевич, Э. Д. Отдача сорта, как ее повысить // Вестник с.-х. науки, 1987. – № 11. – 91 с.

14. Афендулов, К. П. О методике определения доз удобрений на планируемый урожай / К. П. Афендулов // Земледелие. – 1979. – №3. – С. 56–57.

15. Ахметзянов, М. Р. Влияние систем основной обработки почвы и фонов питания на продуктивность культур звена полевого севооборота / М. Р. Ахметзянов,

И. П. Таланов // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. – С. 10–13. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10502.

16. Балашкина, В. И. Повышение эффективности расчетных доз удобрений под планируемый урожай озимых культур. / В. И. Балашкина, Г. П. Диканев, В. Н. Рассадников И. В Швыдков // Земледелие. 2008. № 3 – С. 34–35.

17. Бахтунин, И. Р. Повышение эффективности расчетных доз удобрений под планируемый урожай озимых культур / И. Р. Бахтунин // Научные основы программирования урожая с.-х. культур. – М.: Колос, 1978. – С. 128–139.

18. Бекмухамедова, Н. Б. Урожай и качество озимой пшеницы Мироновская при различной обеспеченности основными элементами питания / Н. Б. Бекмухамедова, И. А. Сироткин // Научные основы повышения эффективности удобрений в Нечерноземной зоне. – 1984. – С. 42–44.

19. Белолобцев, А. И., Агроклиматическая оценка продуктивности озимой пшеницы на склоновых землях / А. И. Белолобцев, О. Э. Суховеева, И. Ф. Асауляк // Известия ТСХА, 2012. Вып. 2. – С. 48–57.

20. Бельтюков, Л. П. Отзывчивость новых сортов озимой пшеницы на минеральные удобрения по предшественнику кукуруза на силос / Л. П. Бельтюков, В. Л. Пащенко // Селекция, семеноводство и агротехника зерновых и кормовых культур на Дону: Сб. науч. тр. Донского селекцентра. – зерноград. – 1994. – С. 72–77.

21. Бельтюков, Л. П. Применение удобрений под зерновые культуры на Дону/ Л. П. Бельтюков, А. А. Грищенко – зерноград. – 1993. – 228 с.

22. Бельченко, С. А. Технологические приемы повышения качества зерна озимой пшеницы озимой ржи и ярового ячменя в Юго-Западной части Центрального региона Нечерноземной зоны России / С. А. Бельченко // Брянская ГСХА. Брянск. – 2001. – 143 с.

23. Беркутова, Н. С. Качество зерна в Нечерноземной зоне. – М.: Госагропром РСФСР. – 1988. – С 1–7.

24. Беркутова, Н. С. Методы оценки и формирование качества. – М; 1991. 18 с.

25. Беркутова, Н. С. Технологические свойства пшеницы и качество продуктов ее переработки / Беркутова Н.С., Швецова И.А. – М.: Колос. – 1984. – 223 с.

26. Беспалова Л.А. Сортовые структуры – системный фактор интенсификации селекции и производства зерна пшеницы / Л.А. беспалова, И.Н. Кудряшов, А.Н. Аулов и др. // Земледелие. – 2014. – №5. – С. 41-43.
27. Блохин, Н. И. Азотные удобрения и качество зерна озимой пшеницы / Н. И. Блохин, В. В. Дудник // Агротехника, удобрение и защита растений: Сб. науч. тр, ВАСХНИЛ. М: 1985. – 54 с.
28. Богдевич, И. М. Система удобрения ячменя в интенсивном земледелии / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, Е. М. Лимантова и др. // Минсельхозпрод. РБ. Бел. НИИПА, Бел. НИШ – Минск: МСХП БССР, 1991 – 56 с.
29. Богдевич, И. М., Методика азотной диагностики озимых культур с учетом почвенно-агрохимических условий / И. М. Богдевич, Н. Н. Семенов, С. Е. Головатый и др., – Минск. МСХП БССР, 1991. – 16 с.
30. Бойко, Е. С. Урожайность озимой пшеницы в Центральной зоне Краснодарского края, в зависимости от цикличности погодных условий / Е. С. Бойко, В. П. Василько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 163. – С. 40–52. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-163-003>. Дата последнего доступа 22.08.23.
31. Бондаренко, В.И. Технология выращивания озимой пшеницы в степи / В. И. Бондаренко, В. М. Гармашов и др. // Зерновые культуры. – Киев, 1985. – 271 с.
32. Бровкин, В.И., Эффективность возделывания озимой пшеницы в различных звеньях севооборота / Уланов А.Н. // Земледелие. 2008. №8. – С. 34-35.
33. Букреева, Р. И. Особенности формирования качества зерна озимой мягкой пшеницы в контрастных погодных условиях / Р. И. Букреева, Т. И. Грицай, М. И. Домченко // Тр. КубГАУ. №5 (56). 2015. – С. 85–90.
34. Булаткин, Г. А. Трансформация химического состава атмосферных осадков пологом озимой пшеницы / Г. А. Булаткин, В. П. Учватов, Ю. А. Максимович // Агрохимия, 1981. – № 2. – 7-9 с.
35. Вавилов, Н. И. Мировые ресурсы хлебных злаков / Н. И. Вавилов // Пшеница. – М.:Л. – 1964 (1940). – 123 с.

36. Вакал, Л. С. Влияние длительного применения удобрений на свойства мощного слабощелочного чернозема и урожай культур севооборота / Л. С. Вакал, В. Г. Литвин // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М. – 1974. – С. 16–21.

37. Вахитова, Р. Р. Приемы управления формированием урожая озимой пшеницы / Р. Р. Вахитова, А. Р. Касимов, Л. С. Нижегородцева // Агрехимический вестник. № 5 – 2009. – С. 13–15.

38. Галиченко, И. И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников / И. И. Галиченко // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. – С. 3 – 7.

39. Гамзиков Г. П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотных удобрений в севооборотах / Г. П. Гамзиков // Плодородие. 2018. № 1. – С. 8–14.

40. Гасанов, Г. Н. Эффективный способ обработки почвы под озимую пшеницу / Г. Н. Гасанов и А. А. Айтемиров // Земледелие. 2010 №4. – С. 31– 32.

41. Гирфанов, В. К. Влияние микроэлементов на зимостойкость и продуктивность озимых культур / В. К. Гирфанов (и др.). // Физиология и биохимия культурных растений. – 1978. – Т.10. – №4. – С. 375–381.

42. Глуховский, А. Б. Влияние удобрений на величину и качество урожая озимой пшеницы в пропашном севообороте / А. Б. Глуховский // Вестник с.-х. науки. – 1968. – №4. – С. 25–27.

43. Годунова, Е. И. Состояние и пути оптимизации зерновой отрасли Ставрополья / Е. И. Годунова, Л. И. Желнакова, В. И. Удовыдченко // Земледелие. 2011. – № 3. – С. 8 – 12.

44. Головков, А. М. Отзывчивость пшеницы на азотные удобрения в зависимости от погодных условий и окультуренности дерново-подзолистых почв / А. М. Головков, Н. Ф. Черкашина // Пути повышения эффективности удобрений и плодородия почв в нечерноземной зоне – М, 1986. – С. 4–11.

45. Гоник, Г. Е. Эффективность занятого и чистого пара в степной зоне Краснодарского края / Технология возделывания зерновых культур в Краснодарском крае / Сб. науч. тр. КНИИСХ. – Краснодар, 1980. – Вып. 22. – С. 25–37.

46. Горовая, А.И. Роль физиологически активных веществ гумусовой природы и адаптации растений к ионизирующей радиации и пестицидам: Автореф. дисс. ...докт. биол. наук. М.: 1984. – 45с.

47. Горынин, Л. В. Озимая пшеница / Л. В. Горынин // М.: Россельхозиздат, 1979. – С. 160.

48. ГОСТ 20290-74 Семена сельскохозяйственных культур. Определение полевых качеств семян. Термины и определения: (Электронный ресурс). – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294833/4294833056.htm>. Дата актуализации: 01.01.2021. (дата обращения: 20.01.2021).

49. ГОСТ 26107–84. Почвы. Метод определения общего азота – М. 1984. – 8 с. (дата обращения: 20.01.2021).

50. ГОСТ 26204–91. Почвы. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Чирикова. – Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2001. – 304 с. (дата обращения: 20.01.2021).

51. ГОСТ 26212–91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена. – Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2001. – 304 с.

52. ГОСТ 26213–91 Почвы. Методы определения органического вещества. (дата обращения: 20.01.2021).

53. ГОСТ 26483–85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН. – Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2001. – 304 с. (дата обращения: 20.01.2021).

54. ГОСТ 26484–85. Почвы. Определение обменной кислотности в КС1 вытяжке. – Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2001. – 304 с. (дата обращения: 20.01.2021).

55. ГОСТ 26488–85 Почвы. Определение нитратов. (дата обращения: 20.01.2021).

56. ГОСТ 26490–85. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония. – М., 1985. – 46 с. (дата обращения: 20.01.2021).

57. ГОСТ 27821–88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. – Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2001. – 304 с. (дата обращения: 20.01.2021).

58. ГОСТ 28268–89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. (дата обращения: 20.01.2021).

59. ГОСТ 2868-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – 2004. – 8 с.

60. ГОСТ 29269–91. Почвы. Общие требования к проведению анализов. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2001. – 304 с. (дата обращения: 20.01.2021).

61. ГОСТ 2969-91 Почвы. Общие требования проведению анализов. – 2005. – 4 с. (дата обращения: 20.01.2021).

62. Грен, А.Н. Внесение расчетной дозы минеральных удобрений на питание, урожай и качество зерна озимой ржи Саратовская-5 / А. Н. Грен, Н. И. Крончев // Оптимизация применения удобрений и обработка почвы в условиях Лесостепи Поволжья. Ульяновск, Ульяновский СХИ, 1995 – С. 27–34.

63. Гриценко, А. А. Влияние повышенных доз азота на урожай и белковость озимой пшенице по кукурузе на силос / А. А. Гриценко // Ростов - на - дону, 1977. – С. 25.

64. Губанов Я. В. Озимая пшеница / Я. В. Губанов, Н. Н. Иванов // – М.: Агропромиздат, 1988. – С – 304.

65. Губанов, Я. В. Озимая пшеница. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. Юбилейный выпуск, посвященный 80-летию со дня основания Кубанского государственного аграрного университета / Я. В. Губанов, А. М. Кравцов, А. В. Загоруйко и др. – Краснодар. – 2002. – С. 108–135.

66. Гулидова, В.А. Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы в Липецкой области / В.А. Гулидова // Селекция, семеноводство и интенсивная технология возделывания озимой пшеницы - М.: Агропромиздат, 1989. – С. 237–246.
67. Данилов, А. Г. Зависимость урожайности озимой пшеницы от сорта и доз удобрений / А. Г. Данилов // Урожай и качество продукции растениеводства 1985. – С. 14–21.
68. Денисов, П. В. Структура урожая зерновых культур / П. В. Денисов // Автореф. дис... на соиск. уч. ст. д-ра с.-х. наук. – Л.: ВИР, 1970. – С. 64.
69. Денисов, П. В. Сроки сева, урожай и качество зерна озимой пшеницы / П. В. Денисов // Земледелие. 1976. №8. – С. 51–57.
70. Деревянко, А. Н. Погода и качество зерна озимых культур / А. Н. Деревянко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 127 с.
71. Дзанагов, С. Х. Влияние удобрений на агрохимические свойства выщелоченного чернозема РСО-Алания / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров / Материалы научно-практической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов БГСХА (4-7 февраля 2002 года). - Улан-Удэ: издательство БГСХА, 2002. – С. 45.
72. Дзанагов, С. Х. Эффективность удобрений в севообороте и плодородие почв (Текст) / С. Х. Дзанагов. – Владикавказ: Горский госагроуниверситет, 1999. – 364 с.
73. Дозоров, А., Исайчев В., Андреев Н. Влияние предпосевной обработки семян пектином и микроэлементами на качество урожая озимой пшеницы, гороха и сои / А. Дозоров, В. Исайчев, Н. Андреев // Зерновое хозяйство. – 2001. – № 1 – С. 31–33.
74. Доклад о состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2022 году. – Краснодар, 2022. – 192–204 с.: (Электронный ресурс) URL: (Дата обращения: 23.10.2023).
75. Дорофеев, В. Ф. Пшеница в Нечерноземье / В. Ф. Дорофеев, К. И. Саранин, А. И. Степанов. – Л: Колос. – 1983. – 187 с.
76. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

77. Дрогалин, П. В. Влияние предшественников на использование озимой пшеницей азота, фосфора и калия из почвы и удобрений в севооборотах / П. В. Дрогалин, В. И. Казакова // Вопросы земледелия и защиты растений / Сб. науч. тр. – Краснодар. – 1977. Вып. XIII. – С. 3–9.

78. Ежова, Л. А. Формирование продуктивности посевов яровой пшеницы в зависимости от уровня азотного нитрата и ассоциативных азотфиксаторов в условиях светло-серых лесных почв юго-востока Нечерноземья / Л. А. Ежова // автореф. дисс. канд. с.-х, наук. – Балашиха, 2001. – 19 с.

79. Ермоленко, В. Л. Научные основы земледелия Дона / Ермоленко В. Л. – М.: Родник, 1999. – 175 с.

80. Ефимов, В. Н. Система применения удобрений / В. Н. Ефимов, И. Н. Донских, Г. И. Сеницын. М.: Колос. 1984. – 141 с.

81. Жиленко, С. В. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых культур в земледелии Краснодарского края / С. В. Жиленко, Н. И. Аканова, Л. Б. Винничек // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2015. – № 4 (16). – С. 216–226.

82. Жиленко, С. В. Агроэкологические основы формирования продуктивности зерновых культур в условиях Краснодарского края / С.В. Жиленко // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности поволжского региона – сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Казанский филиал МИИТ, 2015. – С. 85–90.

83. Забазный, П. А. Особенности агротехники и семеноводства интенсивных сортов озимой пшеницы / Забазный П. А. // – В кн.: Производство зерна интенсивных сортов озимой пшеницы. – М.: Колос, 1975. – С. 89–130.

84. Завалин, А. А. Азот и качество зерна пшеницы / А. А. Завалин, О. А. Соколов // Плодородие. – 2018 – № 1(100). – С. 14–17. DOI: 10/25680/S19948603.2018.100.03 (Дата обращения: 20.01.2021).

85. Завалин, А. А. Использование метода изотопной индикации (^{15}N) при изучении потоков азота в агроценозах / А. А. Завалин // Агрохимия в XXI веке. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной

памяти академика РАН В. Г. Минеева. 27-28 сентября 2018 г. / Под редакцией Романенкова В. А. – М. 2018. – С. 42 (280 с.).

86. Завалин, А.А., Азот в агросистеме на черноземных почвах / А. А. Завалин, О. А. Соколов, Н.Я. Шмырева. – М.: РАН, 2018. – 180 с.

87. Загорулько А. В. Научное обоснование оптимизации технологий возделывания повышения продуктивности озимой пшеницы, кукурузы и подсолнечника на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: автореф. дис. д.-ра с.-х. наук / А. В. Загорулько; КубГАУ. – Краснодар, 2005. – 58 с.

88. Загорулько, А. В. Агрэкологическое обоснование альтернативных технологий выращивания озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А. В. Загорулько, А. М. Кравцов // Тр. КубГАУ. – 2012. – Вып. 2 (35). – С. 322–333.

89. Загорча, К. Л. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / К. Л. Загорча, В. И. Белтей, Д. М. Индоиту, Т. А. Малаева. – М. ВАСХНИЛ. 1980. – С. 190–192.

90. Задонцев, А. И. Бондаренко, В. И. Озимая пшеница в степи Украины / А. И. Задонцев, В. И. Бондаренко // Зерновые и масличные культуры. – 1966. № 1. – С. 16-12.

91. Иванов, В. М. Оптимизация сроков посева озимой пшеницы в Волгоградской области / В. М. Иванов // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 9. – С. 41-42; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=6590> (Дата обращения: 25.08.2020).

92. Казарцева, А. Т. Эколого-генетические и агрохимические основы повышения качества зерна / А. Т. Казарцева, А. Х. Шеуджен, Н. Н. Нещадим. – Майкоп: ГУ-РИПП Адыгея, 2004. – 160 с.

93. Казарцева, А. Т. Пшеница / А. Т. Казарцева, В. В. Казакова – Краснодар, 2007 – С. 194–216.

94. Калининко, И. Г. Пшеницы Дона / И. Г. Калининко. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1979. – 237 с.

95. Калинин, Ф. Л. Биологически активные вещества в растениеводстве / Ф. Л. Калинин. – Киев : Наукова думка, 1984. – 320 с.
96. Камков, С. П. Биологическое и технологическое обоснование получения высококачественного зерна на юго-западе Центрального региона России / С. П. Камков // Брянск, 2006. 26 с.
97. Касаева, К.А. Управление развитием элементов продуктивности зерновых колосовых культур / Касаева К.А. // С.-х. наука и производство.- 1987. – Сер. 1. № 2. – С. 16-25.
98. Каталымов, М. В. Справочник по минеральным удобрениям / М. В. Каталымов. - М.: 1960. – 52 с.
99. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
100. Каюмов, М. К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур / М. К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 288 с.
101. Каюмов, М. К. Удобрения под запланированный урожай зерновых культур / М. К. Каюмов. – М., 1981. – С. 26.
102. Каюмов, М. К. Удобрения под запрограммированный урожай зерновых культур. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1981. – 82 с.
103. Каюмов, М.К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур / М. К. Каюмов – М.: Россельхозиздат, 1982. – С. 5–37.
104. Квашин, А. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения Краснодарского края / А. А. Квашин, Н. Н. Нешадим, К. Н. Горпинченко / Научный журнал КубГАУ, №128(04), 2017. <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/67.pdf>. Doi: 10.21515/1990-4665-128-067 (Дата обращения 23.08.23).
105. Кильдюшкин В.М., Влияние различных систем обработки почвы, удобрений и сидеральной культуры на плодородие и урожайность полевых культур в короткоротационном севообороте / В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Т. С. Китайгора, Л. М. Онищенко, А. П. Бойко // Труды КубГАУ. 2017 год, № 64. – С. 77–82. <https://proceedings.kubsau.ru/issue/2017/64>. (дата обращения: 25.08.2020).

106. Кильдюшкин, В.М. Агрофизические свойства черноземов Кубани и урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания / В. М. Кильдюшкин, А. П. Бойко, А. Г. Солдатенко (и др.) // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 7. – С. 25–28.
107. Кирюшин В.И. методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель / В. И. Кирюшин // Почвоведение. 2020. № 7. – С. 871 – 879.
108. Кирюшин В.И. Оценка качества земель и плодородия почв для формирования систем земледелия и агротехнологий / В. И. Кирюшин // Почвоведение. 2007. № 7. – С. 873–880.
109. Клечковский, В. М. Агрохимия / В. М. Клечковский, А. В. Петербургский. – М.: Колос, 1967. – С. 237–243.
110. Коданев, И. М. Влияние удобрений на качество зерна / И. М. Коданев – М., 1976. – С. 82–118.
111. Козырева, М. Д. Влияние доз азотных удобрений и сроков их внесения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / М. Д. Козырева // Совершенствование технологий выращивания зерновых и кормовых культур в Калининской области. – М., 1985. – С. 21–24.
112. Коломейченко, В. В. Растениеводство / В. В. Коломейченко. М. : Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.
113. Комарова, Т.Е. Урожай и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от норм и сроков внесения азотных удобрений / Т. Е. Комарова, Т. П. Евтихова, В. Д. Комаров // Зерновое хозяйство. 1995. – С. 69 – 73.
114. Кореньков Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях / Д. А. Кореньков. – М.: Россгропромиздат, 1990. – 192 с.
115. Кореньков, Д. А. Минеральные удобрения при интенсивной технологии / Д. А. Кореньков. – М.: Росагропромиздат. – 1990. – 192 с.
116. Кореньков, Д. А. Условия применения азотных удобрений по зонам страны и их окупаемость / Д. А. Кореньков // Тез. докл. участ, Геосети опытов с удобрениями. – Горький, 1984. – С. 1–2.

117. Кореньков, Д. А. Эффективные приемы использования азотных удобрений при интенсивной технологии возделывания озимых зерновых культур в Нечерноземной зоне Европейской части СССР. / Д. А. Кореньков // Тезисы докладов УП делегатского съезда Всероссийского общества почвоведов, – Ташкент, 1985. – С. 53–58.

118. Коробской, Н. Ф. Агроэкологические проблемы повышения плодородия чернозёмов Западного Предкавказья / Н. Ф. Коробской. – Пушино, 1996. – 210 с.

119. Коровин, А. И. Осеннее-весенние условия погоды и урожай озимых / А. И. Коровин – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 160.

120. Косьянчук, В. П. Программирование урожая с.-х. культур / В. П. Косьянчук 2004. – С. 5-48.

121. Кочегарова, Н. Ф. Формы азота в обыкновенном черноземе в зависимости от предшественников / Н. Ф. Кочегарова // Науч. тр. Сиб. НИИСХОЗ, – Новосибирск, 1974. – Т. 22. – С.45–47.

122. Кравцов А. М. Агроэкологические основы технологии выращивания сахарной свеклы и озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья / А. М. Кравцов // Дис.... д-р с.-х. наук. - Краснодар, 2000. – 515 с.

123. Кравцов, А. М. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от технологии выращивания после пропашных предшественников на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А. М. Кравцов // Науч. журн. (электронный ресурс)– Краснодар. КубГАУ. – 2015. – № 2 (106). – С. 351–365. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23052454_19729440.pdf. (дата обращения: 20.03.2020).

124. Кравцов, А. М. Роль оптимизации режима питания растений озимой пшеницы в повышении урожайности и качества зерна / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцова, Т.Я. Бровкина // Тр. / КубГАУ. – 2020. – Вып. № 86. – С. 68-78. <https://proceedings.kubsau.ru/issue/2020/86/68-78> (дата обращения 24.08.2021).

125. Кравцов, А. М. Роль плодородия почвы и средств химизации земледелия в формировании продуктивности озимой пшеницы / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько,

В. П. Василько, Н. Н. Кравцова // Тр. / КубГАУ. - 2017. - Вып. № 1 (64). – С. 88-97. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29432775>. (дата обращения: 22.06.2021).

126. Кравцов, А. М. Роль плодородия почвы и средств химизации земледелия в формировании продуктивности озимой пшеницы / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, В. П. Василько, Н. Н. Кравцова // Тр. / КубГАУ. – Краснодар. – 2017. – Вып. 64 – С. 88–97. <https://proceedings.kubsau.ru/issue/2017/64/88-97> (дата обращения 24.08.2021).

127. Кравцов, А. М. Формирование продуктивности озимой пшеницы под влиянием средств химизации земледелия и основной обработки почвы по пропашным предшественникам / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько // Тр. / КубГАУ. - Краснодар. – 2012. – Вып. 2(35) – С. 265–273.

128. Кравцов, А. М. Формирование продуктивности озимой пшеницы под влиянием средств химизации земледелия и основной обработки почвы по пропашным предшественникам / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько // Тр. КубГАУ. – 2012. Вып. 2(35). – С. 265–273.

129. Кравченко, Р. В. Оптимизация минерального питания при минимализации основной обработки почвы в технологии возделывания озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, А. А. Архипенко // Труды КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – № 80. – С. 150-155. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-163-003>(дата обращения: 20.01.2021).

130. Кузьмич, М. А. Влияние уровня азотного питания и реакции почвенной среды на продуктивность и качество зерна яровой и озимой пшеницы / М. А. Кузьмич, Л. С. Кузьмич, Е. М. Купреев // Агрехимический вестник. 2007. №3. С. 22 – 25.

131. Кузьмич, М. А. Зимостойкость озимой тритикале в условиях Московской области / М. А. Кузьмич, Л. С. Кузьмич, А. В. Чуйкова // Агрехимический вестник. 2008. № 2. – С. 30 – 32.

132. Куйдан, А. П. Некорневая подкормка озимой пшеницы микроэлементами / А. П. Куйдан, Г. П. Полоус // Тр. / Ставроп. с.-х. ин-т, – 1997. – С. 11–17.

133. Кук, Дж. У. Регулирование плодородия почвы / Дж. У. Кук. Пер. с английского Шкоде Э. И. – М.: Колос, 1975. – 520 с.

134. Кулаковская, Т. Н. Влияние минеральных удобрений на качество зерна озимой ржи / Т. Н. Кулаковская, М. Н. Богдановская // Докл. ВАСХНИЛ, 1978. № 2. – С. 3–6.

135. Кулаковская, Т.Н. Программирование высоких урожаев сельско-хозяйственных культур / Т. Н. Кулаковская // Методические рекомендации – Мн.: БелНИИ почвоведения и агрохимии, 1975. – 42 с.

136. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. – Минск: Урожай, 1978. – 272 с.

137. Куликович, С. Н. Об оптимальной сортовой политике и предпочтительных сортах озимой пшеницы для сева / С. Н. Куликович // Земля – № 5. – 2006. – С. 11–12.

138. Куликович, С. Н. Качество зерна продовольственной пшеницы урожая 2008 года: анализ, проблемы, резервы / С. Н. Куликович // Наше сельское хозяйство. – 2009. – № 2 (2). – С. 19 – 23.

139. Куликович, С. Н. Сею озимую пшеницу правильно и в срок // Наше сельское хозяйство, 2010 – № 8. – С. 15–21.

140. Куперман, Ф. М. Биология развития растений / Ф. М. Куперман, Е. И. Ржанова. Учебное пособие для университетов – М: Высшая школа, 1963. – 424 с.

141. Куперман, Ф. М. Биологические особенности развития пшеницы в начальные периоды жизни. Т. 1, 2. М., 1950. – 197с.

142. Куперман, Ф. М. Органогенез растений в свете теории стадийного развития. // Достижения биологической науки. М. 1958. – С. 105–120.

143. Куряш, Н. П. Влияние минеральных удобрений на урожай, качество и полегание зерновых культур / Н. П. Куряш // Повышение устойчивости зерновых культур к полеганию. – Жодино, 1979. – С. 83–89.

144. Ладонин, В. Ф. Стратегия интенсификации земледелия в XXI веке на основе комплексной химизации / В. Ф. Ладонин // Агрохимические, агроэкологические и экономические проблемы и пути их решения при возделывании зерновых и других культур. М: Агроконсал, 1999. – С. 13–14.

145. Лазарев В.И., Старикова Г.И. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в Курской области/ В. И. Лазарев, Г. И. Старикова // Зерновое хозяйство. – 2003. – № 1 – С. 13–15.

146. Лакиза, С. А. Оптимизация минерального питания в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в условиях Кубани / С. А. Лакиза, Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин // В сб.: Современные аспекты управления плодородием агроландшафтов и обеспечения экологической устойчивости производства сельскохозяйственной продукции. – пос. Персиановский, 2020. – С. 36–40.

147. Лапа, В. В. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: учебное пособие / В. В. Лапа. – Горки: БГСХА, 2002. – 48 с.

148. Лапа, В. В. Влияние азотных удобрений на урожайность озимой ржи на разных фосфорно-калийных фонах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. В. Лапа, Н. В. Босак // Агрохимия, 2000. – № 10. – С. 34–37.

149. Лебедева, Л. А. Минеральные удобрения на дерново-подзолистых почвах / Л. А. Лебедева. Москва.: МГУ, 1984. – С. 38–95.

150. Лимантова, Е.М. Зависимость урожая озимой пшеницы от доз и сроков внесения азотных удобрений на дерново-подзолистой суглинистой почве / Е. М. Лимантова, О. М. Лашукевич, А. А. Чаховский, Е. С. Малей // Почв. исслед. и применение удобрений, 1986, – Т. 17. – С. 124–134.

151. Листопадов, И. Н. Влага и корневая система озимой пшеницы в севообороте / И. Н. Листопадов, Э. А. Гаевая // Земледелие. 2009. №5. – С. 34–35.

152. Литвак, Ш. И. Системный подход к агрохимическим исследованиям / Ш. И. Литвак – М.: Агропромиздат, 1990. – 220 с.

153. Личикаки, В. М. Перезимовка озимых культур / В. М. Личикаки. – М.: Колос, 1974. – 207 с.

154. Луганцев, Е. П. Совершенствуем технологию производства озимой пшеницы / Е. П. Луганцев, // Главный агроном. 2006. №10. – С. 25 – 27.

155. Луговкин, В. В. Формирование запрограммированных урожаев озимой пшеницы при разных нормах высева и технологиях возделывания в условиях Северной части Центрального района России / В. В. Луговкин // автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Тверь. 2004 – 23 с.

156. Лукин, С. В. Влияние удобрений и погодных условий на урожайность озимой пшеницы / С. В. Лукин, В. Н. Сушков // Зерновое хозяйство. – 2004. №3. – С. 2–4.

157. Лыков, А. М. Практикум по земледелию с основами почвоведения / А. М. Лыков, А. М. Туликов – М.: Агропромиздат, 1985. – 207 с.

158. Лыкова, Н. А. Оптимизация питания озимой пшеницы за счет азотных подкормок семенных растений / Н. А. Лыкова, Л. П. Гусакова, Л. П. Великанов // Агротехнический вестник. 2008. №2. – С. 34 – 36.

159. Ляхов, В. А. Продуктивность зерновых культур в условиях биологизации земледелия юго-западе Центрального региона России / В. А. Ляхов – Брянск, 2005. – С. 27.

160. Мажара, В. М. Экономическая эффективность применения биопрепаратов и биоудобрений в посевах озимой пшеницы / В. М. Мажара, Ю. В. Гордеева, Л. П. Бельтюков // Вестник аграрной науки Дона. № 2 (22). – 2013. – С. 80–85.

161. Макаренко, И. В. Влияние сроков осенней подкормки на зимостойкость озимой пшеницы / И. В. Макаренко // Повышение устойчивости растений к низким температурам / Тез. докл. регион. совещ. Днепропетровск, сентябрь, 1982 / Киев: Наукова думка, 1982. – С. 102.

162. Макаров И.Б. Распределение корней культурных растений и органических остатков в пахотном горизонте дерново-подзолистой почвы // Биологическая продуктивность почв и пути её увеличения в интересах народного хозяйства. – М., 1979. – С. 97–98.

163. Макаров, И.Б. Распределение корней культурных растений и органических остатков в пахотном горизонте дерново-подзолистой почвы / И. Б. Макаров // Биологическая продуктивность почв и пути её увеличения в интересах народного хозяйства. – М., 1979. – С. 97–98.

164. Макарова, Л. И. Отзывчивость озимой пшеницы на возрастающие дозы азота, фосфора, калия в многофакторном опыте / Л. И. Макарова // Пути повышения плодородия почв и технология возделывания полевых культур в Ростовской области. – Ворошиловоград, 1978. – Вып. X. – С. 54–57.

165. Малкандуев, Х. А. Предшественники, урожай и качество зерна озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии / Х. А. Малкандуев, А. Х. Малкандуева, Р. И. Шамурзаев, Р. А. Гажева // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. – С. 58 – 61.

166. Малкандуев, Х. А. Формирование урожая и качества зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий возделывания / Х. А. Малкандуев, Р. И. Шамурзаев, А. Х. Малкандуева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 3 (107). – С. 40–50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50. (дата обращения: 21.04.2020).

167. Мальцев, В. Ф. Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России / В. Ф. Мальцев –М., 2002. 58 с.

168. Малюга Н. Г. Агротехнология, урожай и качество зерна озимой пшеницы на Кубани / Н. Г. Малюга, А. И. Радионов, А. В. Загорулько. – Краснодар : Тип. КубГАУ. – Краснодар. – 2004. – 250 с.

169. Малюга Н. Г. Озимая сильная пшеница на Кубани / Малюга Н. Г. – Краснодар.: Кн. Издательство. – 1992. – 240 с.

170. Малюга Н. Г., Тарасенко Н. Д. Влияние условий выращивания и удобрений на величину урожая и качество зерна озимой пшеницы на Северном Кавказе / Н. Г. Малюга, Н. Д. Тарасенко // Труды ВИУА. 1985. – С. 71–79.

171. Малюга, Н. Г. Программа и методика проведения опыта. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края / Н. Г. Малюга, А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, П. Т. Букреев // Тр. КубГАУ. - 2008. - Вып. 431 (459). - С. 6-13.

172. Малюга, Н. Г. Сбалансированная биологизированная система земледелия - основа сохранения плодородия и высокой продуктивности черноземов Кубани / Н. Г. Малюга, С. В. Гаркуша, В. П. Василько, А. И. Радионов, А. М. Кравцов. // Тр. / КубГАУ. – 2015. – Вып. 52. – С. 125–129.

173. Малюга, Н. Г. Севооборот, агротехника и продуктивность полевых культур / Н. Г. Малюга, А. М. Кравцов, А. В. Загорулько // Тр. КубГАУ. - 2008. - Вып. 431(459). - С. 14-43.

174. Малюга, Н. Г. Влияние культур севооборота и агротехнологий на содержание и баланс гумуса в черноземе выщелоченном равнинного агроландшафта / Н. Г. Малюга, В. И. Терпелец, Л. Х. Аветянц, А. В. Бузоверов, А. В. Загорулько, А. П. Пинчук, А. В. Югов, Л. Г. Горковенко // Агрэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: сборник научных работ. 2008. – С.44–48.

175. Мамонтов, В. Т. Эффективность азотных удобрений в зависимости от способов и сроков внесения под озимую пшеницу в зоне Полесья и Карпатах / В. Т. Мамонтов, Г. Г. Дуда, А. В. Иваненко // Агрехимия и почвоведение. – 1986. – С. 56–62.

176. Межакова В. А. Подкормка озимой пшеницы в условиях Донецкой области / В. А. Межакова // Растениеводство. – Киев. – 1968. – № 8. – С. 14–16.

177. Мельник, А. Ф. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / А. Ф. Мельник, Б. С. Кондрашин, Н. И. Митюшкин // Вестник Орловского государственного университета. 2009. № 4 (09). – С. 27 – 30.

178. Мельникова, О. В. Агрэкологическое обоснование биологизации растениеводства на юго-западе Центрального региона России / О. В. Мельникова – Брянск, 2009. – С. 50.

179. Мерзлая, Г. Е. Агрэкологическая оценка длительного применения органических и минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в агротехнологиях разной интенсивности / Г. Е. Мерзлая, И. В. Понкратенкова, А. Ю. Гаврилова // Агрехимия, 2019, № 9, – С. 18–25.

180. Методика разработки нормативов выноса и коэффициентов возмещения выноса питательных веществ при удобрении сельскохозяйственных культур. – М.: ВНИИА, 2008. – 24 с.

181. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / под ред. В. Д. Панникова. Ч. 2. – М.: ВИУА, 1983. – 171 с.

182. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / под ред. В.Г. Минеева. Ч. 3. – М.: ВИУА, 1985. – 132 с.

183. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / В. Г. Минеев, В. Д. Панников, Е. П. Трепачёв и др. Ч. 1. – М.: ВИУА, 1986. – 148 с.

184. Методические указания по проведению многофакторных опытов с удобрениями и математический анализ их результатов. Под общ. ред. В. Н. Перегудова, – М. 1976. – 112 с.

185. Методические указания по проведению полевых опытов с удобрениями Географической сети на X-ю пятилетку / под ред. В. Д. Паникова. – М.: ВИУА, 1976. – 139 с.

186. Милащенко, Н. З. Факторы повышения эффективности удобрений в интенсивных технологиях возделывания пшеницы в России / Н. З. Милащенко, А. А. Завалин, В. Г. Сычёв, Л. Н. Самойлов, С. В. Трушкин // *Агрохимия*. – 2015. – С. 13–18.

187. Минеев В. Г. Агротехнические основы повышения качества зерна пшеницы. Москва: Колос, 1981. – С. 107–244.

188. Минеев, В. Г. Агрохимические основы повышения качества зерна озимой пшеницы / В. Г. Минеев, А. Н. Павлов. – М.: Колос, 1981. – 228 с.

189. Минеев, В. Г. *Агрохимия* / В. Г. Минеев. – М. : КолосС, 2004. – С. 720.

190. Минеев, В. Г. *Агрохимия и экологические функции калия* / В. Г. Минеев – М.: Изд. МГУ, 1999. – 332 с.

191. Минеев, В. Г. *Удобрение озимой пшеницы* / В. Г. Минеев – М.: Колос, 1973. – 208 с.

192. *Мировое продовольствие и сельское хозяйство: статистический ежегодник*. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. – Текст электронный. – URL: <https://www.fao.org/home/ru> (дата обращения 28.01.2023).

193. Моисейчик, В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур / В. А. Моисейчик. – Д.: Гидрометеиздат, 1975. – 296 с.

194. Моисейчик, В. А. Перезимовка озимых зерновых культур в зависимости от агрометеорологических условий на территории СССР / В. А. Моисейчик. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 20 с.

195. Молостов, А.С. Методика полевого опыта / А. С. Молостов. – М.: Колос, 1966. – С. 239.

196. Морозов, Н. А. Весенне-летние засухи и урожайность озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя / Н. А. Морозов, А. И. Хрипунов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 30 – 36. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-96-4-30-36>. (дата обращения: 20.02.2023).

197. Мосолов, И. В. Влияние минеральных удобрений на качество зерна пшеницы / И. В. Мосолов, Л. В. Мосолова // Приемы и методы повышения качества зерна колосовых культур. – Л.: Колос, 1967. – С. 316–321.

198. Мошков, Б. С. Фотопериодизм растений / Б. С. Мошков – М.: Сельхозгиз, 1961. – С. 318.

199. Музыкантов, П. Д. О сроках внесения азотных удобрений / П. Д. Музыкантов // Химия в сельском хозяйстве. – 1970. – С. 34.

200. Муравьев, С. А. Процесс стеблеотбора в посевных хлебных злаков / С. А. Муравьев. – Вестник с.-х. науки. – 1968. – №10. – С. 30–135.

201. Муравьев, С.А. О продуктивности и урожайности растений хлебных злаков / С.А. Муравьев // автореф. дис... дра с.-х. наук. – Тарту, 1970. – С. 50.

202. Муравьев, С.А. Стеблеотбор в злаковом фитоценозе / С. А. Муравьев–Рига.: Зинанте, 1973. – С. 42.

203. Мухаметов, Э. М. Биология и возделывание озимой пшеницы / Э. М. Мухаметов. – Горки, 1976. – 27 с.

204. Муха В. Д. Агрочвоведение / В. Д Муха., И. С. Кочетова – М.: Колос, 1994. – С. 528.

205. Никитишен, В. И. Влияние возрастающих доз азотного удобрения на усвоение калия культурами полевого севооборота / В. И. Никитишен, И. А. Никитишена // Агрохимия. – 1978. – № 5. – С. 40.

206. Никитишен, В. И. Условия минерального питания и отзывчивость озимой пшеницы на калийное удобрение / В. И. Никитишен // Агрохимия, – 1975. – № 2. – С. 40.

207. Никтишен, В. И. Питание и удобрение озимой пшеницы на черноземе. – М.: Наука, 1977. – 102 с.

208. Ничипорович, А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений и рациональные направления селекции на повышение продуктивности / А. А. Ничипорович // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур. – М.: Колос, 1975. – С. 5–14.

209. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А. А. Ничипорович // Тимирязевские чтения. – М.: АН СССР, 1956. – С. 81–93.

210. Носатовский, А. И. Пшеница / А. И. Носатовский. – М.: Колос, 1965. – 568 с.

211. Носко, Б. С. Закономерность действия азотных, фосфорных и калийных удобрений на обыкновенном и типичном черноземе с разным уровнем содержания фосфора / Б. С. Носко, Н. А. Кучир, А. А. Егоршин // Агрохимия. 1980. № 10. – С. 26–32.

212. Носов, П. В. Фосфаты в почвах Краснодарского края и применение фосфорных удобрений: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / П. В. Носов. – Краснодар, 1973. – 61 с.

213. Носов, П. В. Фосфорные удобрения и их рациональное использование / П. В. Носов. – Краснодар, 1969. – 112 с.

214. Онищенко Л. М. Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы / Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин, Али Али Кадем Али // В сб.: Энтузиасты аграрной науки. Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Дмитрия Александровича и Тонконоженко Евгения Васильевича. Отв. за выпуск А. Х. Шеуджен. – 2020. – С. 188–199.

215. Онищенко Л. М. Чернозем выщелоченный Западного Предкавказья: некоторые вопросы происхождения и современное состояние / Л. М. Онищенко, В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец // Тр. КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 89. – С. 960–972.

216. Онищенко, Л. М. Действие медного и цинкового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы / Л. М. Онищенко В. К. Голубова, В. А. Газгулин, **Али Али Кадем Али** // Масличные культуры. 2022. № 3 (191). С. 43-49.

217. Онищенко, Л. М. Оценка влияния макро и микроудобрений в условиях Кубани / Л. М. Онищенко, **Али Али Кадем Али** // В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сб. тезисов по материалам III Международной конференции. Отв. за выпуск А. Г. Коцаев. 2019. С. 34.

218. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: МГУ, 1990. – 325 с.

219. Орлов, Д. С. Свойства и функции гуминовых веществ. Гуминовые вещества в биосфере. – М.: Наука. 1993. – 16–27 с.

220. Основы программирования урожайности сельскохозяйственных культур: Учебное пособие / В. Д. Муха, И. С. Кочетов, Д. В. Муха, В. А. Пелипец – М.: МСХА, 1994. – 251 с.

221. Остапенко, Н. В. Роль дробного внесения удобрений и предшественника в формировании урожайности озимой пшеницы / Н. В. Остапенко, Н. Т. Ниловская // Агрохимия. –1994. №3. – С. 11–15.

222. Павлов, А. Н. Повышение содержания белка в зерне / А. Н. Павлов – М.: Наука, 1984. – 119 с.

223. Панников, В. Д. Культура земледелия и урожай / В. Д. Панников М.: Колос, 1974. – С. 368.

224. Пенчукова, Н. А. Интенсивное воздействие новых форм фосфорных удобрений на формирование урожая озимой пшеницы / Н. А. Пенчукова, А. В. Булавинов // Интенсив. технологии пр-ва зерн. и зернобобовых культур, 1986. – С. 29–32.

225. Петербургский, А. В. Обменное поглощение в почве и усвоение растениями питательных веществ / А.В. Петербургский. – М: Выс. Школа, 1959. – 250 с.

226. Петербургский, А. В. Рост мирового производства применения минеральных удобрений и урожай / А. В. Петербургский, А. В. Постников // Агрохимия. 1981. – № 5. – С. 136.

227. Петин, Н. С. Физиологическое обоснование способов повышения белка в зерне пшеницы в условиях орошения / Н. С. Петин, А. Н. Павлов // Пути повышения урожайности зерновых колосовых культур. – М.: Колос, 1966. – С. 64–82.

228. Петров, Г. И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы в условиях сухостепной полосы Ставрополя / Г. И. Петров, СНИИСХ. Прикумье, 1996. – 340 с.

229. Петрова, Л. Н. Продуктивность озимой пшеницы в различных почвенно-климатических зонах Северного Кавказа / Л. Н. Петрова, Ф. В. Ерошенко, А. А. Ерошенко // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. № 12. – С. 80–84.

230. Погорелов, Ю. Г. О подвижности калия удобрений в выщелоченном черноземе Краснодарского края / Ю. Г. Погорелов. – Тр. КубСХИ. 1972. Вып. 42(70). – С. 13–15.

231. Погорелов, Ю. Г. Формы калия в выщелоченном черноземе Кубани, их превращение и применение калийных удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю. Г. Погорелов. – Краснодар, 1969. – 24 с.

232. Подколзин, А. И. Удобрение и продуктивность озимой пшеницы / А. И. Подколзин. – М.: МГУ, 2000. – 192 с.

233. Полякова, Г. Д. Приемы использования минеральных удобрений с целью улучшения качества зерна на выщелоченном и карбонатном черноземах Кубани / Итоги работы географической сети опытов с удобрениями. – Белгород, 1981. – С. 142.

234. Пономарева, А. Г. Содержание подвижного фосфора в почве в зависимости от удобрений и коррелятивная связь с урожайностью / А. Г. Пономарева // Агрохимия. 1973. № 6. – С. 17–23.

235. Пономаренко, С. П., Регуляторы роста растений – реальный резерв повышения урожайности и улучшения качества продукции / С. П. Пономаренко, Г. С. Боровикова, Г. А. Иутинская, З. М. Грицаенко. Тез. док. VI Междунар. конференции Регуляторы роста и развития растений. – М.: МСХА, 2001. – С. 267.

236. Постников, А. В. Баланс питательных веществ в земледелии РСФСР и регулирования почвенного плодородия / А. В. Постников, С. А. Шафран // Повышение

плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации. – М.: Наука. – 1983. – С. 35–46.

237. Посыпанов Г. С. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Г. В. Коренев и др. – М.: Колос. – 1997. – 447 с.

238. Посыпанов, Г. С. Производство биологически чистой продукции растениеводства / Г. С. Посыпанов, В. В. Бузмаков // Аграрная наука. – 1999. – № 12. – С. 12 – 14.

239. Посыпанов, Г. С. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Г. В. Коренев и др. – М.: Колос, – 1997. – 234 с.

240. Пратонычева, Ю. Н. Влияние препарата Микромак на органическое вещество и микробиологические показатели почвы / Ю. Н. Пратонычева, Н. В. Полякова, Е. А. Володина Н. В. Редькина // Агрехимический вестник, №4. 2009. – С. 26–29.

241. Продуктивность зерновых севооборотов в условиях изменения климата / Н. А. Морозов, С. А. Лиходиевская, А. И. Хрипунов и др. // Земледелие. 2016. № 8. – С. 8 – 11.

242. Прокошев, В. В. Калий и калийные удобрения / В. В. Прокошев, И. П. Дерюгин. – М.: 2000. – 185 с.

243. Простаков, П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа / П. Е. Простаков, П. В. Носов. – М.: Россельхозиздат, 1964. – 264 с.

244. Простаков, П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа / П. Е. Простаков, П. В. Носов. – М.: Россельхозиздат, 1964. – 264 с.

245. Пруцков, Ф. М. Озимая пшеница / Ф. М. Пруцков – М.: Колос. 1970. – 344 с.

246. Пруцков, Ф. М. Озимая пшеница / Ф. М. Пруцков // изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Колос. 1976. – 352 с.

247. Прянишников, Д. Н. Избранные произведения / Д. Н. Прянишников – М.: АН СССР, 1953. – Т. 2. – С. 519.

248. Путинцев, А. Ф. Предпосевная обработка семян зернобобовых и крупяных культур МИБАС/ А. Ф. Путинцев // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. № 2–3. – С. 11–12.

249. Пшеница / Гл. ред. В.Н. Ремесло. – Киев: Урожай, 1977. – 428 с.
250. Ремесло, В. Н. Мироновские пшеницы / В. Н. Ремесло – М. : Колос, 1972. – 288 с.
251. Ремесло, В. Н. Об одном важном резерве повышения урожайности и качества озимой пшеницы / В. Н. Ремесло, В. Ф. Сайко // Зерновое хозяйство – 1979. №8. – С. 30–31.
252. Ремесло, В. Н. Селекция озимой пшеницы на повышение качества зерна / В. Н. Ремесло, Н. И. Блохин – В кн.: Проблема повышения качества зерна пшеницы. – М., 1977. – С. 11–17.
253. Рубан, В. С. Повышение качества семян зерновых культур / В. С. Рубан, Н. Н. Котляров, В. П. Шкурпела. – М.: Россельхозиздат, 1981. – С. 14.
254. Рудай, И. Д. Агроэкологические проблемы повышения плодородия почв / И. Д. Рудай. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 255 с.
255. Рыбалкин, П. Н. Пути совершенствования систем земледелия Краснодарского края. – Краснодар, 1997. – С. 111.
256. Сабиров, А.А. Актуальные проблемы разработки инновационных форм азотных удобрений и установление их экономической эффективности в современных условиях / А. А. Сабиров, А. М. Сабиров, Р. Х. Хузиахметов, Е. И. Церегородцев // В сб.: Актуальные направления научных исследований начала XXI века. Сборник научных трудов Международного исследовательского центра «Научное сотрудничество»; под общей редакцией О. П. Чигишевой. – Ростов-на-Дону, – 2015. – С. 4–13.
257. Савицкий, М. С. Теоретические основы методики определения норм высева зерновых культур по оптимальному стеблестояю / М. С. Савицкий – В кн.: Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос. – 1971. – С. 5–12.
258. Самсонов, М. М. Сильные и твердые пшеницы: СССР / М. М. Самсонов. – М: Колос, 1967. – С. 168.
259. Саранин, К. И. Зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от приемов ее возделывания / К. И. Саранин – В сб.: Интенсификация земледелия в Центральном районе Нечерноземной зоны. – М., 1976 – С. 90–98.

260. Саранин, К. И. Озимая пшеница / К. И. Саранин. – М. 1973. – С. 152.
261. Саранин, К. И. Агрономические основы возделывания озимой пшеницы в интенсивном земледелии центральных районов Нечерноземной зоны / К. И. Саранин // автореф. дис... на соиск. уч. ст. доктора с.-х. наук. М., 1975, – 35 с.
262. Свисюк, И. В. Погода и урожайность озимой пшеницы на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье / И. В. Свисюк. Л. Гидрометеиздат. 1980. – 207 с.
263. Сдобникова, О. В. Приемы эффективного использования фосфорных удобрений / О. В. Сдобникова // Земледелие. 1983. №1. – С. 51–52.
264. Семенов, А.Д. Урожай и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от норм и соотношении минеральных удобрений в северо-восточной Лесостепи УССР. / А. Д. Семенов, В. В. Голоха //Агрохимия и почвоведение. – 1986. Т. 49 – С. 69–74.
265. Сидикин, А. Х. Действие удобрений и биопрепаратов на растение ячменя в период вегетации / А. Х. Сидикин // Биол. ВНИИ удобр. и агропочвовед. – 2001. №15. – С. 156.
266. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почвы и урожай / А. И. Симакин. – Краснодар, 1983. – 271 с.
267. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай / А. И. Симакин. – Краснодар: Кн. изд-во, 1983. – 269 с.
268. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай. – Краснодар: Крас. кн. изд-во, 1988. – 270 с.
269. Синягин, И. И. Площади питания растений / И. И. Синягин– М.: Россельхозиздат, 1975. – С. 384.
270. Слюсарев В. Н. Почвы Краснодарского края : учебник / В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец, А. В. Осипов. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – 260 с
271. Смирнов, Н. Д. Минеральные удобрения и их применение / Н. Д. Смирнов – М.: Гос. изд. с.-х. литературы, 1960. – 94 с.
272. Смоленцев, В. Б. Формирование урожая и посевные качества семян озимой пшеницы Мироновская 808. М. Тимирязевская с.-х. академия, 1985. – 16 с.

273. Соболева, О. А. Анализ возможных путей повышения коэффициента эффективности минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры // Агрохимия в XXI веке. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти академика РАН В.Г. Минеева. 27-28 сентября 2018 г. / Под редакцией Романенкова В. А. – М. 2018. – С. 105–109 (280 с).

274. Созинов, А. А. Качество зерна пшеницы Юга Украины и пути его улучшения / А.А. Созинов // автореф... дисс. докт. с.-х. наук. – Харьков, 1970. – 51с.

275. Созинов, А. А. Проблемы увеличения белковости зерна пшеницы / А. А. Созинов, Л. Н. Хохлов, Ф. А. Попереля // В сб.: Проблемы повышения качества зерна. – М.: Колос, 1977. – С. 18–30.

276. Созинов, А. А. Сила пшеницы / А. А. Созинов, И. П.Обод – Одесса, 1970. – 93 с.

277. Созинов, А. А. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А. А. Созинов, Г. П. Жемела. – М.: Колос, 1983. – 270 с.

278. Созинов, А.А. Генетика признаков качества зерна у озимых пшениц / А. А. Созинов, Ф. А. Попереля // В кн.: Повышение качества зерна. – М.: Колос, 1972. – С. 37–52.

279. Соколов, А. В. Агрохимия фосфора. – М.– 1950. – 152 с.

280. Солдатенко А.Г. Влияние длительного применения удобрений в севооборотах на плодородие выщелоченных черноземов, урожай полевых культур и экологию / А. Г. Солдатенко, Т. П. Мельцына, Н. Г. Малюга // Проблемы черноземов Северного Кавказа: материалы науч.-практ. конф. (16–18 ноября 1993). СКНИПТИАП. – Краснодар, 1993. – С. 46–48.

281. Солдатенко А.Г. Плодородие почвы и продуктивность озимой пшеницы в полевом севообороте при длительном применении органических и минеральных удобрений / А. Г. Солдатенко, В. М. Кильдюшкин // Вопросы селекции и возделывания полевых культур: материалы науч.-практ. конф. Зеленая революция П. П. Лукьяненко (28–30 мая 2001 г.) КНИИСХ. – Краснодар, 2001. – С. 205–213.

282. Спирин, А. П. Ресурсосберегающая технология возделывания озимых зерновых культур / А. П. Спирин, О. А. Сизов // Земледелие. 2008. № 6 – С. 30–31.

283. Степанов, А. И. Пути повышения качества сильной пшеницы / А. И. Степанов, М. Г. Пономарев. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 128 с.

284. Стихин, М. Ф. Озимая рожь и пшеница в Нечернозёмной полосе / М. Ф. Стихин, П. В. Денисов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. Л., Колос, 1977. – 320 с.

285. Сычѳв, В. Г. Агрoхимия в решении задач продовольственной безопасности / В. Г. Сычѳв, Е. Н. Ефремов // Агрoхимия в XXI веке. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти академика РАН В. Г. Минеева. 27–28 сентября 2018 г. под редакцией Романенкова В. А. – М. 2018. – С. 34–44 (280 с.).

286. Сычѳв, В. Г. Биологическая активность почвы и урожайность яровой пшеницы при использовании органических и минеральных удобрений / В. Г. Сычѳв, Г. Е. Мѳрзлая, С. П. Волошин, И. В. Понкратенкова // Плодородие. 2016. № 6. – С. 2–4.

287. Сычѳв, В. Г. Приемы управления продукционным процессом для достижения потенциальной продуктивности пшеницы / В. Г. Сычѳв, Н. Т. Ниловская, Л. В. Осипова. – М.: ВНИИА, 2009. – 192 с.

288. Сычѳв, В.Г. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями / В.Г. Сычѳв, А.В. Кузнецов, М.И. Лунѳв [и др.] // Плодородие пахотных почв Российской Федерации. – Вып. 5. – М.: ВНИИА, 2008. – 20 с.

289. Таран, М. Г. Эффективность ранневесенней азотной подкормки озимой пшеницы в условиях северной зоны МССР. / М. Г. Таран // Агротехн. и физол. факторы повышения продуктивности зерновых, 1987. – С. 74–77.

290. Терпелец, В. И. Изменение гумусового состояния чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности при возделывании полевых культур альтернативными технологиями / В. И. Терпелец, Ю. С. Плитень, Е. Е. Баракина // Научный журнал КубГАУ, №93(09), 2013. – С. xx–xx. <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/106.pdf>

291. Терпелец, В. И. Оценка современного состояния чернозѳмов выщелоченных в условиях агроэкологического мониторинга / В. И. Терпелец, В. Г. Живчиков // Труды КубГАУ. 1999. № 373 (401). – С. 66–80.

292. Тишков Н.М., Назарько А.Н. Надземные растительные остатки подсолнечника – источник пополнения органическим веществом и элементами питания чернозёма типичного // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2015. – № 1 (161). – С. 57–71.

293. Тишков, Н. М. Влияние растительных остатков и удобрений в севообороте с масличными культурами на плодородие чернозёма выщелоченного / Н. М. Тишков // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2006. – Вып. 2 (135). – С. 132–138.

294. Тишков, Н.М. Надземные растительные остатки подсолнечника – источник пополнения органическим веществом и элементами питания чернозёма типичного / Н. М. Тишков и А. Н. Назарько // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2015. – № 1 (161). – С. 57–71.

295. Тонконоженко Е.В. Микроэлементы в почвах Кубани и применение микроудобрений / Е.В. Тонконоженко. – Краснодар: Кр. кн. изд-во, 1973. – 111 с.

296. Ториков В. Е. Влияние условий выращивания и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. Е. Ториков, А. А. Осипов // Аграрный вестник Урала, 2015. – № 6. (136). – С. 24–28.

297. Ториков, В. Е. Растениеводство: учебник для вузов / В. Е. Ториков, Н. М. Белоус, О. В. Мельникова, С. В. Артюхова. Санкт-Петербург : Лань. 2020. 604 с.

298. Ториков, В. Е. Сорт, агротехника, урожайность и качество зерна озимой пшеницы Нечерноземья / В. Е. Ториков. – Брянск: БГСХА, 1999. – 214 с.

299. Ториков, В. Е. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на влагообеспеченность посевов и урожайность озимой пшеницы / В. Е. Ториков, А. В. Островерхова // Зерновые культуры. – 1994. – №4. – С. 23–24.

300. Ториков, В. Е. Озимая пшеница. – Брянск, 1994. – 150 с.

301. Ториков, В. Е. Озимые зерновые культуры: биология и технология возделывания / В. Е. Ториков, Н. М. Белоус, Н. С. Шпилев, О. В. Мельникова. – Брянск: БГСХА, 2010. – 138 с.

302. Ториков, В. Е. Совершенствование адаптивной технологии возделывания хлебопекарных сортов озимой пшеницы / В. Е. Ториков, О. В. Мельникова // Брянск. 2004. – С. 23–25.

303. Ториков, В. Е. Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания / В. Е. Ториков, И. И. Фокин // Вестник Брянской ГСХА, №3. 2009 – С. 46–50.

304. Ториков, В. Е. Технология возделывания озимой пшеницы / В. Е. Ториков. – Брянск. 1995. – С. 160.

305. Ториков, В. Е. Урожайность пшеницы и качество зерна на Брянщине / В. Е. Ториков, В. М. Мирошкин, О. В. Мельникова (Торикова) // Зерновые культуры. – 1995. – №3. – С. 17–18.

306. Туктарова, Н. Г. Возделывание озимой пшеницы в Удмуртской Республике / Н. Г. Туктарова // Научно-обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы международной научно- 106 практической конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – Т. 1. – С. 133-136.

307. Туктарова, Н. Г. Причины гибели озимой пшеницы в Удмуртской Республике / Н. Г. Туктарова // Вестник Марийского ГУ. – 2015. – № 2. – С. 55 – 59.

308. Туктарова, Н. Г. Устойчивость озимых зерновых культур к болезням выпревания / Н. Г. Туктарова // Развитие и внедрение современных технологий и систем ведения сельского хозяйства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Пермского НИИСХ. – Пермь. – 2013. – Т. 2. – С. 304 – 309.

309. Турчин, Ф. В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений / Ф. В. Турчин. – М.: Колос, 1972. – 335 с.

310. Устименко, Е. А. Роль минеральных удобрений при программировании урожая озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е. А. Устименко, А. Н. Есаулко, А. И. Подколзин, И. О. Лысенко // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11568> (дата обращения: 29.08.2020).

311. Федотов А. А. Влияние системы удобрения на агроэкологические свойства почвы, урожайность, содержание сырой клейковины, аминокислотного и элементного состава в зерне мягкой озимой пшеницы / В. Е. Ториков, О. В. Мельникова, В. В. Мамеев, и др. // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии, 2016. – № 1 (46). – С. 8–20.

312. Федотов, В. А. За высокий урожай озимой пшеницы. Воронеж, 1981. – С. 35.

313. Федотов, А. А. Влияние засух на урожайность озимой пшеницы / А. А. Федотов, С. А. Лиходиевская, А. И. Хрипунов // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 11. – С. 19 – 21.

314. Филипас, А. С. Влияние физиологически активных веществ на накопление растениями из почв радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr / А. С. Филипас, Л. Н. Ульяненко, С. В. Круглов и др. // Агрехимия. 2002, №3. – С. 67–72.

315. Филиппова, Н. В. Влияние азотного удобрения и пестицидов на урожайность и качество озимой ржи / Н. В. Филиппова // Сб. науч. трудов ВНИИ кормов. 1991. – №7, – С. 153–158.

316. Харпер, Д. М. некоторые подходы к изучению конкуренции у растений – механизмы биологической конкуренции. – М., 1964. – С. 11–54.

317. Хачидзе, А. С. Окупаемость удобрений в зависимости от технологии выращивания и сортов зерновых культур / А. С. Хачидзе, М. Г. Мамедов // Агрехимический вестник. 2008. №5. С. 19 – 22.

318. Христева, Л. А. Физиологическая функция гуминовой кислота в процессах обмена веществ высших растений / Л. А. Христева, Н. В. Лукьяненко // Гуминовые удобрения: Теория и практика их применения. – Харьков: Изд-во Харьк. университета, 1957. – С. 95–108.

319. Христева, Л. А. Пути мобилизации гуминовых кислот и влияние этого процесса на урожайность / Л. А. Христева, Н. В. Лукьяненко // Гуминовые удобрения: Теория и практика их применения. – Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1957. – С. 207–214.

320. Церлинг, В. В. Методические указания по растительной диагностике зерновых культур / В. В. Церлинг, М. А. Горшкова, В. П. Толстоусов. – М., 1980. – 234 с.

321. Цыганов, А. Р. Микроэлементы и микроудобрения: учебное пособие / А. Р. Цыганов, Т. Ф. Персикова, С. Ф. Реуцкая. – Минск, 1998. – 121 с.

322. Цыганок, В. Д. Влияние фосфорных удобрений на урожай озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве подвижного фосфора / В. Д. Цыганок. // Удобрение, плодородие почв и продуктивность с.-х. культур в Молдавии. – Кишинев, 1986. – С. 39–44.

323. Чекмарёв, П. А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. / П. А. Чекмарёв // Агрехимический вестник 2012. № 1 – С. 2–4. <https://plodorodiya-pochv-i-meropriyatiya-po-ego-povysheniyu-v-2012-g>.

324. Чекмарев, П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. / П.А. Чекмарев // Агрехимический вестник. – 2012. – № 1. – С. 2-4.

325. Чумаченко, И. Н. Фосфор в жизни растений и плодородии почв / И. Н. Чумаченко. – М.: ЦИНАО, 2003. – 124 с.

326. Шаляпин, В. В. Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в учхозе «Кубань» / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, С. А. Лакиза, Али Али Кадем Али // В сб.: Агрэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сб. докладов XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В. В. Докучаева. – Курск. – 2021. – С. 497–502.

327. Шаляпин, В. В. Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в учхозе «Кубань» / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, С. А. Лакиза, Али Али Кадем Али // В сб.: Агрэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сб. докладов XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева. – Курск. – 2021. – С. 497-502.

328. Шаляпин, В. В. Теория и практика применения ингибированного карбамида в условиях Западного Предкавказья (обзорная статья) / В. В. Шаляпин, А. К. А.

Али // В сборнике: Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Д.А. и Тонконоженко Е. В. Отв. за выпуск А.Х. Шеуджен. – 2020. – С. 262-268.

329. Шамин, А. Е., Заикин В. П., Лисина А. Ю. Производство зерна в России: достижения, существующие и возможные проблемы // Вестник НГИЭИ. 2022. № 3 (130). С. 110–121. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-3-110-121.

330. Шапошникова, И. М. Эффективность прикорневой подкормки озимой пшеницы / И. М. Шапошникова // Пути повышения плодородия почв и технология возделывания полевых культур в Ростовской области. – Ростов-на-Дону, 1978. — Вып. X, – С. 57–59.

331. Шатилов, И. С. Постановка опытов и проведение исследований по программированию урожаев полевых культур / И. С. Шатилов, М. К. Каюмов. Метод. рекомендации – М.: ВАСХНИИЛ, 1978. – С. 66.

332. Швец, Т. В. Плодородие почв низменно-западных ландшафтов Азово-Кубанской низменности при возделывании сельскохозяйственных культур: монография / Т. В. Швец. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 102 с.

333. Шевелуха, В. С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В. С. Шевелуха. – М.: Колос. 1992. – 599 с.

334. Шевченко, А. И. Использование удобрений озимой пшеницей в зависимости от сортов» предшественников и уровня минерального питания в условиях Правобережья лесостепи Украины / А. И. Шевченко, Г. Е. Борсук // Агротехника, удобрение и защита растений: Сб. науч. тр. ВАСХНИЛ. – М., 1985. – С. 63–66.

335. Шевченко, С. Н. Современные технологии возделывания озимой пшеницы в Средневолжском регионе / С. Н. Шевченко, В. А. Корчагин, О. И. Горянин // Земледелие. 2009 № 5 – С. 40–41.

336. Шеуджен А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинёк. – Майкоп: «Полиграф-Юг», 2013. – 572 с.

337. Шеуджен, А. Х. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Л. М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 231 с.

338. Шеуджен, А. Х. Питание и удобрение зерновых культур. Пшеница. Майкоп: Аякс, 2010. – 64 с.

339. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зерно-бобовых культур / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Л. М. Онищенко. Краснодар: КубГАУ, 2012. – 231 с.

340. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева (и др.) // Агрохимия. – 2017. – № 5. – С. 3–11.

341. Шеуджен, А. Х. Агробиогеохимия чернозема / А. Х. Шеуджен. 2-е изд. доп. и перераб. – Майкоп, 2018. – 308 с.

342. Шеуджен, А. Х. Агробиогеохимия чернозема / А. Х. Шеуджен. 2-е изд. доп. и перераб. – Майкоп. 2018. – 308 с.

343. Шеуджен, А. Х. Агрохимия / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров, – Майкоп: Афиша. – 2006. – 1075 с.

344. Шеуджен, А. Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп, 2003. – 1028 с.

345. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность и плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, И. А. Лебедевский // В сб.: статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95- летию кафедры агрономической химии Кубанского ГАУ и памяти академика В. Г. Минеева: Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 61–75.

346. Шеуджен, А. Х. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой после подсолнечника / А. Х. Шеуджен, Л. И. Громова, Я. Е. Пастернак // Плодородие. – 2015. № 1. – С. 4–7.

347. Шеуджен, А. Х. Оценка действия минеральной системы удобрения озимой пшеницы, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья

/ А. Х. Шеуджен Л. М. Онищенко, В. В. Гузик // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – №149. – С. 110-115.

348. Шеуджен, А. Х. Состояние почв после длительного использования минеральных удобрений на выщелоченных черноземах в агроландшафте Западного Кавказа / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева и др. // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (5 Т.). Том 2. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах /под редакцией академика РАН В. Г. Сычева, Л. Мюллера. – М.: ВНИИ агрохимии, 2018. – 456 с.

349. Шеуджен, А. Х. Диагностика минерального питания растений / А. Х. Шеуджен, А. В. Загоруйко, Л. И. Громова, Л. М. Онищенко и др. Краснодар: КубГАУ, 2009. – 298 с.

350. Шеуджен, А. Х. Агроэкологическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимой пшеницы / А. Х. Шеуджен, И. А. Булдыкова, Р. В. Штуц // Научный журнал КубГАУ, 2014. № 96(02), – С. 107-113. <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/36>. (дата обращения: 20.03.2022).

351. Шеуджен, А.Х. Калийный режим чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А. Х. Шеуджен, В. П. Суетов, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, С. В. Есипенко, Т. Н. Бондарева, Т. Ф. Бочко // Тр. КубГАУ. 2014. № 3(48). С. 125–130.

352. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1974. – 324 с.

353. Школьник, М. Я. Микроэлементы в сельском хозяйстве / М. Я. Школьник, Н. А. Макарова. – М.–Л.: АН СССР, 1957. – 292с.

354. Шмук, А. А. Динамика режима питательных веществ в почвах / А. А. Шмук. // Тр. 1913-1945 гг. – М.: Пищепромиздат, 1950. – Т. 1. – 372 с.

355. Шоков Н. Р. Озимая пшеница в Краснодарском крае / Н. Р. Шоков, Н. Г. Малюга. Краснодар: Эдви, 2000. – 460 с.

356. Шустикова, Е. П. Эффективность фосфорных удобрений в зависимости от различных условий возделывания озимой пшеницы / Е. П. Шустикова // Земельные

ресурсы Ставропольского края и приемы повышения производительности почв. – 1955. – С. 59–66.

357. Щукин, В. Б. Влияние микроэлементов, физиологически активных веществ и биопрепаратов на продуктивность посевов и качество зерна озимой пшеницы / В. Б. Щукин, А. А. Громов // *Зерновое хозяйство*. – 2004. – № 5 – С. 16–18.

358. Юркин, С. Н. Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии / С. Н. Юркин. – М.: Россельхозиздат, 1979. – С. 61.

359. Ягодин, Б. А. Питание растений / Б. А. Ягодин. – М.: МСХА, 1980. – 87 с.

360. Ягодин, Б.А. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

361. Якименко, В. Н. Калий в агроценозах Западной Сибири / В. Н. Якименко. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – 231 с.

362. Якименко, В.Н. Трансформация форм калия и аммония в почве агроценоза / В. Н. Якименко // *Вестник Томского государственного университета. Биология*, № 1 (13). 2011. – С. 19–28.

363. Яковлев, Н. Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы / Н. Н. Яковлев, – Л.: Гидрометеиздат, –1966. – С. 8–42.

364. Якубенко, Б. Е. Влияние доз, сроков и способов внесения азотных удобрений на динамику прироста сухой биомассы и формирование урожая зерна растениями озимой пшеницы на черноземе северной Лесостепи / Б. Е. Якубенко // *Экологические и фитопемотические исследования* – Киев. 1985. – С. 38–43.

365. Яценко, Г. К. Влияние минеральных удобрений на содержание в зерне озимой пшеницы белка и незаменимых аминокислот / Г. К. Яценко, В. Н. Гармашов, А. П. Левицкий; А. А. Албул // *Науч.- техн. биол. Всесоюзного селекционно-генетического института*, 1985. –Т.4. – С. 51–57.

366. Abad, A., Lloveras J., Michelena A. Nitrogen fertilization and foliar urea effects on durum wheat yield and quality and on residual soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 2004, 87(2–3), p. 257–269.

367. Abedi, T., Alemzadeh A., Kazemeini S. A. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. *Australian journal of crop science*, 2010, 4(6), p. 384–389.
368. Abou-Salama, A.M., A.A. Ismail E.A. Teama and K.A. Kheiralla. Yield response of some wheat lines to nitrogen fertilization under two soils types. *Assiut J. of Agric. Sci.*, 2000; 31 (2), p. 175–187.
369. Ali A., Syed A. A. W., Khaliq T., Asif M., Aziz M., Mubeen M. Effects of nitrogen on growth and yield components of wheat. (Report). In: *Biol. Sci.* 2011. p. 1004–1005.
370. Al-Kaab, D. H., Hamdalla M. S., Dweikat I. M., Al-Saedi N. J. Estimation of the degree of diversity for some Iraqi wheat varieties through ISSR, SRAP and RAPD markers. 2016, 11(3), p. 1–11. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).
371. Altermann, M., Rinklebe J., Merbach I., Körschens M., Langer U., Hofmann B. Chernozem-soil of the year 2005. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2005, 168(6), p. 725–740.
372. Andrea, B. K., János K., Evelin J., János N., Tamás, R. Characteristics of chernozem soil in a long term field experiment in hungary. *Sustainable Development*, 2019, 9(2), p.130–135.
373. Atia, R. H.; Ragab, Kh E. Response of some wheat varieties to nitrogen fertilization. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 2013, 4(3), p. 309–319.
374. Attia, A. N. E., Seadh S. E., Sharshar M. S. E., Genedy M. S. Comparative studies on number of irrigations, planting methods and nitrogen levels for wheat in north Delta soils. *Journal of Plant Production*, 2013, 4(7), p. 1139–1148.
375. Belete, F., Dechassa N., Molla A., Tana T. Effect of split application of different N rates on productivity and nitrogen use efficiency of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture & Food Security*, 2018, 7(1), p. 1–10.
376. Belete, F., Dechassa N., Molla A., Tana, T. Effect of nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake and use efficiency of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties on the Vertisols of central highlands of Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 2018, 7(1), p. 1–12.

377. Bilal, Khan, Muhammad, Iqbal Lone, Muhammad, Ullah, Rehmat. Effect of phosphatic fertilizers on chemical composition and total phosphorus uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agricultural Science, Research and Technology in Extension and Education Systems (Ijasrt in EES)*, 2012, 2(1), p. 37–42.
378. Bouain, N., Krouk G., Lacombe B., Rouached H. Getting to the root of plant mineral nutrition: combinatorial nutrient stresses reveal emergent properties. *Trends in Plant Science*, 2019, 24(6), p. 542–552.
379. Cade-Menun, Barbara J. Characterizing phosphorus forms in cropland soils with solution ^{31}P -NMR: Past studies and future research needs. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2017, 4(19), p. 1–12. (DOI 10.1186/s40538-017-0098-4).
380. Carmo, M., García-Ruiz R., Ferreira M. I., Domingos, T. The NPK soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization. *Scientific Reports*, 2017, 7(1), №– 8111. (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08118-3>).
381. Chaudhry Aman Ullah, Mehmood R. Determination of Optimum Level of Fertilizer Nitrogen for Varieties of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 1998, 1 (4), p. 351–353.
382. Chen S., Waghmode, T. R., Sun R., Kuramae E. E., Hu, C., Liu, B. Root-associated microbiomes of wheat under the combined effect of plant development and nitrogen fertilization. *Microbiome*, 2019, 7(1), PP. 1–13.
383. Chen, S., Cade-Menun B. J., Bainard L. D., Luce M. S., Hu Y., Chen Q. The influence of longterm N and P fertilization on soil P forms and cycling in a wheat/fallow cropping system. *Geoderma*, 2021, 404, №–115274. (<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115274>).
384. Chendev, Y. G., Saue T. J., Hernandez Ramirez G., Burras C. L. History of east European chernozem soil degradation; protection and restoration by tree windbreaks in the Russian steppe. *Sustainability*, 2015, 7(1), p. 705–724.

385. Clarke, J. M., Campbell C. A. Cutforth H. W. DePauw R. M., Winkleman G. E. Nitrogen and phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment and cultivar yield and protein levels. *Canadian Journal of Plant Science*, 1990, 70(4), p. 965–977.
386. Cormier, F., Foulkes J., Hirel, B., Gouache D., Moëgne-Loccoz, Y., Le Gouis J. Breeding for increased nitrogen-use efficiency: a review for wheat (*T. aestivum L.*). *Plant Breeding*, 2016, 135(3), PP. 255–278.
387. Crista, F., Isidora R., Florin S., Laura C., Berbecea, A. Influence of NPK fertilizers upon winter wheat grain quality. *Res. J. Agric. Sci*, 2012, 44(3) p. 30–35.
388. Danko, V.I., Sardak N.A. The Utilization by winter wheat plants of fertilizer NPK in relation to methods of application and soil tillage. *Field Crop Abstract.* – 1985. – № 11(38). – p.724.
389. Das, S., Sarker A. Effect of post-folwerig Foliar spray of potassium – nitrate solution on grain filling and Yield of rice and wheat. *Indian Agric.* – 1981. – №25. – p. 267–273.
390. Delfine, S., Tognetti R., Desiderio E., Alvino, A. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for sustainable Development*, 2005, 25(2): 183–191.
391. Dhillon, J., Torres G., Driver E., Figueiredo B., Raun, W. R. World phosphorus use efficiency in cereal crops. *Agronomy Journal*, 2017, 109(4), p. 1670–1677.
392. Đukic D., Mandic L., Veskovic S., Kapor I. Correlation between fertilizer type and rate, urease activity and total nitrogen and ammonium nitrogen contents in a Chernozem soil under wheat. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 2015, 61(3), PP. 43–51.
393. Dumitru M.; Lupașcu N.; Mărin, N. Influence of long term fertilization with NPK on wheat production and chemical characteristics of typical chernozem from Valu lui Traian. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj–Napoca. Agriculture*, 2019, 76 (1), PP. 33–39.
394. El-Metwally, A., Khalil N. A., El-Fouly M. M., El-Dahshouri, M. F. Growth, nutrients uptake and grain yield of some wheat cultivars as affected by zinc application under sandy soil conditions. *Journal of Plant Production*, 2012, 3(5), p. 773–783.

395. Erro, J., Urrutia O., Baigorri R., Fuentes M., Zamarreño A. M., Garcia-Mina J. M. Incorporation of humic-derived active molecules into compound NPK granulated fertilizers: main technical difficulties and potential solutions. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2016, 3(1), p. 1–15.

396. Hafeez, B. M. K. Y., Khanif Y. M., Saleem Muhammad. Role of zinc in plant nutritiona review. *American journal of experimental Agriculture*, 2013, 3(2), p. 374–391.

397. Hussain, Shahid, Maqsood Muhammad Aamer, Aziz Tariq. Zinc requirement for optimum grain yield and zinc biofortification depends on phosphorus application to wheat cultivars. 2015 № 32, p. 1–9. (DII 2067–5720 RAR 2015–124).

398. Ishete, Tilahun Abera, Tana Tamado. Growth, yield component and yield response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. Durum) to blended NPS fertilizer supplemented with N rates at Arsi Negelle, Central Ethiopia. *African Journal of Plant Science*, 2019, 13(1), p. 9–20.

399. Kabała, Cezary. Chernozem (czarnoziem)-soil of the year 2019 in Poland. Origin, classification and use of chernozems in Poland. *Soil Science Annual*, 2019, 70(3).

400. Kandil, A. A., Sharief A. E. M., Seadh S. E., Altai, D. S. K. Role of humic acid and amino acids in limiting loss of nitrogen fertilizer and increasing productivity of some wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci*, 2016, 3(4), PP. 123–136.

401. Káš, M., Mühlbachová G., Kusá H., Pechová, M. Soil phosphorus and potassium availability in long-term field experiments with organic and mineral fertilization. *Plant, Soil and Environment*, 2016, 62(12), p. 558–565.

402. Kasatkina, A. O., Yesaulko A. N., Korostylev S. A., Gromova N. V., and Voskoboynikov, A. V. Optimization of coriander nutrition on leached chernozem of Central Caucasus. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. p. 12-18.

403. Kostić M. M., Tagarakis A. C., Ljubičić N., Blagojević D., Radulović M., Ivošević B., Rakić D. The effect of N fertilizer application timing on wheat yield on chernozem soil. *Agronomy*, 2021, 11 (7), PP. 1–20. (<https://doi.org/10.3390/agronomy11071413>). (дата обращения: 20.01.2021).

404. Liu D.; Shi Y. Effect of Different Nitrogen Fertilizers on Quality and Yield in Winter Wheat. *Adva. J. of Food Sci. and Tech*, 2013, 5(5): p. 646–649.
405. Madaras, M., Mayerova M., Kumhálová J., Lipavský J. The influence of mineral fertilisers, farmyard manure, liming and sowing rate on winter wheat grain yields. *Plant, Soil and Environment*, 2018, 64(1), p. 38–46. (doi: 10.17221/703/2017–PSE).
406. Medinski, Tetiana, Freese Dirk, Reitz Thomas. Changes in soil phosphorus balance and phosphorus–use efficiency under long-term fertilization conducted on agriculturally used Chernozem in Germany. *Canadian Journal of Soil Science*, 2018, 98(4), p. 650–662.
407. Mengel, K., Haeder H. E. Effect of potassium supply on the rate of phloem sap exudation and the composition of the phloem sap of *Ricinus communis*. *Plant Physiology*. –1977. – №59. – p. 282–284.
408. Motesarezadeh, B., Valizadeh-Rad K., Dadrasnia A., Amir-Mokri H. Trend of fertilizer application during the last three decades (Case study: America, Australia, Iran and Malaysia). *Journal of Plant Nutrition*, 2017, 40(4), p. 532–542.
409. Mustafa, I., Jbara, O. K. Forecasting the food gap and production of wheat crop in Iraq for the period (2016–2025). *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, 2018, 49(4), p. 560–568. (DOI:10.36103/ijas.v49i4.63).
410. Mc Connel S.G.; Sander D.H.; Peleison G.A. Effect of fertilizer phosphorus placement depth on winter wheat yield *Soil Sc. Soc.: America J*, 1986. -T.50.- N 1. – p. 148–153.
411. Nehe A., King J., King I. P., Murchie E. H., Foulkes M. J. Identifying variation for N–use efficiency and associated traits in amphidiploids derived from hybrids of bread wheat and the genera *Aegilops*, *Secale*, *Thinopyrum* and *Triticum*. *Plos one*, 2022, 17(4):(https://doi.org10.1371/journal.pone.0266924).
412. Olson, C. Adsorptively bound potassium in beech leaf cells // *Physiol. Plantanim*, 2008. – №1. – p.136.
413. Panahi Kordlaghari, M., et al. Study of the status of available P and K in 23 esfahan soil series, their relationships with some soil properties. In: 17. World congress of soil science, Bangkok (Thailand), 14–21 Aug 2002.

414. Pelonen, J. Grain yield and quality of wheat as affected by nitrogen fertilizer application timed according to apical development. *Acta . Agric Scand. Sect.B, Soil and Plant Sci.* – 1995. – №45. – p. 2–14.
415. Prasad, Rajendra, Shivay Yashbir Singh. Agronomic biofortification of plant foods with minerals, vitamins and metabolites with chemical fertilizers and liming. *Journal of Plant Nutrition*, 2020, 43(10), p. 1534–1554.
416. Rajičić, V., Terzić D., Perišić V., Dugalić M., Dugalić G., Madić M., and Ljubčić N. Impact of long-term fertilization on yield in wheat grown on soil type vertisol. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 2020, 66(3), p. 127–138.
417. Rawal, N., Pande K. R., Shrestha R., Vista S. P. Nutrient use efficiency (NUE) of wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by NPK fertilization. *Plos one*, 2022, 17(1), p. 1–19. e0262771. ([https:// doi.org/10.1371/journal.pone.0262771](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262771)).
418. Roswall T., Panstian K. Cycling of nitrogen in modern agricultural systems. *Plant and soil* 1984. 76 (1-3). 3-21.
419. Schierhorn, F., Faramarzi M., Prishchepov A. V., Koch F. J., Müller D. Quantifying yield gaps in wheat production in Russia. *Environmental research letters*, 2014, 9(8), p. 1–12. (DOI 10.1088/1748–9326/9/8/084017).
420. Singh, J., Bhatt R., Dhillon B. S., Al-Huqail A. A., Alfagham A., Siddiqui M. H., Kumar, R. Integrated use of phosphorus, farmyard manure and biofertilizer improves the yield and phosphorus uptake of black gram in silt loam soil. *Plos one*, 2022, 17(4) : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266753>. (дата обращения: 22.04.2021).
421. Spiridonova, N.K. Effect of different rates and proportions of mineral fertilizers on grain yield and quality of spring wheat. *Abs. In soil and fertilizers (2529)*. – 1978. – №42. – p. 256.
422. Tana, Tamado, Dalga Dawit, Sharma J. J. Effect of weed management methods and nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen use efficiency of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in southern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 2015, 9.1. p. 15–30.
423. Vysloužilová, B., Ertlen D., Schwartz D., Šefrna L. Chernozem. From concept to classification: a review. *AUC Geographica*, 2016, 51(1), p. 85–95.

424. Wagar B.J.; Stewart J.W.B.; Henry J.L. Comparizon of single large hroabcast and small annual seed-placed phosphorus treatments on yield and phosphorus and zinc contents of wheat on chernozemic soils. - *Canad. J. Soil Sc*, 1986. -T66.- N2.- p. 237-242.

425. Xu H., Dai X. Chu J., Wang Y., He M. Integrated management strategy for improving the grain yield and nitrogen–use efficiency of winter wheat / *Journal of Integrative Agriculture*. – February 2018. – №17, Issue 2. – p. 315– 327.

426. Yang, X., Yang Y., Sun B., Zhang S. Longterm fertilization effects on yield trends and soil properties under a winter wheat-summer maize cropping system. *African Journal of Agricultural Research*, 2011, 6(14), p. 3392–3401.

427. Zeboon, N. H. Effect of the resiudal of sulfur in soil and application of N, P, K fertilizers on growth and yield of bread wheat. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 2016, 47(6), p.1423–1432.

428. Zhang, Z., Yu Z., Zhang Y., Shi Y. Optimized nitrogen fertilizer application strategies under supplementary irrigation improved winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and grain protein yield. *PeerJ*, 2021, 9: e11467. (<https://doi.org/10.7717/peerj.11467>). (дата обращения: 21.07.2022).

429. Zörb, Christian, Ludewig Uwe; Hawkesford Malcolm J. Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. *Trends in plant science*, 2018, 23(11), p. 1029–1037.

430. Zubriski, J.C., Vasey E.H., Norum E. B. Influence of nitrogen and potassium fertilizers and dates of seeding on yield and quality of malting Barely-*Agron. J.* – 1970. – №62. – p. 216–219.

Приложение

Агрометеорологические условия в период проведения условий, 2019-2022 г.

Месяц	Период исследования			Средняя многолетняя
	2019-2020	2020-2021	2021-2022	
Среднесуточная температура атмосферного воздуха, °С				
Октябрь	13,8	16,6	10,4	11,3
Ноябрь	6,6	5,4	7,2	5,3
Декабрь	3,6	1,3	4,4	1,4
Январь	2,1	1,2	1,6	-1,1
Февраль	3,0	-0,1	4,9	-0,3
Март	8,8	4,2	2,5	4,6
Апрель	9,7	10,9	13,3	11,7
Май	16,5	18,2	15,3	17,0
Июнь	23,1	21,5	22,8	20,8
Июль	25,8	26,9	23,8	23,4
Осадки, мм				
Октябрь	32,5	17,8	37,4	62,1
Ноябрь	21,4	34,6	56,3	65,2
Декабрь	43,7	21,2	42,6	70,3
Январь	61,6	108,1	119,3	57,1
Февраль	52,4	105,8	54,3	38,1
Март	17,4	56,8	53,4	43,1
Апрель	7,7	68,3	37,9	71,1
Май	89,6	64,6	59,8	70,0
Июнь	46,4	108,3	88,5	70,2
Июль	107,0	28,3	38,5	51,0

Приложение 2

Средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммонийного азота (N-NH₄) в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под пшеницей озимой, мг/кг, за 2019-2022 г.

Вариант	Кущение весеннее	Цветение	Полная спе- лость
N ₀ P ₀ K ₀	2,46	2,33	1,63
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	3,63	2,96	1,83
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₂₀	5,63	4,66	2,56
N ₄₀ P ₉₀ K ₂₀	4,26	3,7	2,7
N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀	5,05	4,3	2,43
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₀	6,43	6,43	2,43
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	6,3	6,03	2,6
N ₄₀ P ₉₀ K ₆₀	4,6	4,1	2,0
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	6,7	6,06	2,53

Приложение 3

Средневзвешенное содержание нитратного азота (N-NO₃) в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под пшеницей озимой мягкой, мг/кг, за 2019-2022 г.

Вариант	Кущение весеннее	Цветение	Полная спе- лость
N ₀ P ₀ K ₀	3,2	2,8	2,5
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	3,7	3,2	2,4
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₂₀	6,3	5,03	3,6
N ₄₀ P ₉₀ K ₂₀	4,3	3,1	1,9
N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀	3,9	2,9	2,5
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₀	6,6	5,0	3,7
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	8,2	6,4	2,4
N ₄₀ P ₉₀ K ₆₀	4,6	3,03	2,3
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	9,2	6,4	2,4

Приложение 4

Средневзвешенное содержание подвижного фосфора (P_2O_5) в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под пшеницей озимой мягкой, мг/кг, за 2019-2022 г.

Вариант	Кущение весеннее	Цветение	Полная спелость
$N_0P_0K_0$	17,1	14,6	12,4
$N_{40}P_{30}K_{20}$	18,06	17,7	15,06
$N_{120}P_{30}K_{20}$	19,4	17,5	15,7
$N_{40}P_{90}K_{20}$	28,6	25,1	19,3
$N_{40}P_{30}K_{60}$	20,5	18,2	16,3
$N_{120}P_{90}K_{20}$	33,9	29,4	25,9
$N_{120}P_{30}K_{60}$	26,4	25,8	24,5
$N_{40}P_{90}K_{60}$	29,4	23,7	22,03
$N_{120}P_{90}K_{60}$	37,9	31,9	25,4

Приложение 5

Средневзвешенное содержание подвижного калия (K_2O) в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под пшеницей озимой мягкой, мг/кг, за 2019-2022 г.

Вариант	Кущение весеннее	Цветение	Полная спелость
$N_0P_0K_0$	237,6	225,8	202,2
$N_{40}P_{30}K_{20}$	259,6	239,6	202,6
$N_{120}P_{30}K_{20}$	262,0	236,4	233,6
$N_{40}P_{90}K_{20}$	263,3	240,2	224,3
$N_{40}P_{30}K_{60}$	275,4	257,8	223,7
$N_{120}P_{90}K_{20}$	279,06	233,4	210,1
$N_{120}P_{30}K_{60}$	293,4	271,06	237,3
$N_{40}P_{90}K_{60}$	272,3	261,5	233,1
$N_{120}P_{90}K_{60}$	290,7	275,4	240,2

Приложение 5

Средневзвешенное содержание общего азота в растениях пшеницы мягкой озимой за 2019-2022 г.

Вариант	Кущение весеннее	Цветение	Полная спелость	
			зерно	солома
N ₀ P ₀ K ₀	3,02	1,47	1,87	0,59
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	2,96	1,52	1,97	0,64
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₂₀	3,13	1,95	2,22	0,68
N ₄₀ P ₉₀ K ₂₀	3,0	1,83	1,92	0,62
N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀	2,97	1,61	2,05	0,62
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₀	3,70	2,01	2,16	0,68
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	3,61	1,97	2,14	0,67
N ₄₀ P ₉₀ K ₆₀	3,1	1,92	1,97	0,64
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	3,72	2,03	2,17	0,68

Приложение 6

Средневзвешенное содержание общего фосфора в растениях пшеницы мягкой озимой за 2019-2022 г.

Вариант	Кущение весеннее	Цветение	Полная спелость	
			зерно	солома
N ₀ P ₀ K ₀	1,19	0,81	0,82	0,59
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	1,22	0,83	0,84	0,64
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₂₀	1,29	0,92	0,89	0,68
N ₄₀ P ₉₀ K ₂₀	1,24	0,89	0,85	0,61
N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀	1,25	0,87	0,84	0,61
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₀	1,30	0,94	0,92	0,68
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	1,28	0,92	0,86	0,67
N ₄₀ P ₉₀ K ₆₀	1,24	0,87	0,81	0,63
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	1,32	0,93	0,89	0,68

Приложение 7

Средневзвешенное содержание общего калия в растениях пшеницы мягкой озимой за 2019-2022 г.

Вариант	Кущение весеннее	Цветение	Полная спелость	
			зерно	солома
N ₀ P ₀ K ₀	3,92	1,68	0,49	1,26
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	4,01	1,73	0,51	1,40
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,14	1,81	0,52	1,43
N ₄₀ P ₉₀ K ₂₀	4,14	1,76	0,51	1,32
N ₄₀ P ₃₀ K ₆₀	4,14	1,79	0,52	1,28
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₀	4,18	1,84	0,55	1,27
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	4,19	1,84	0,54	1,32
N ₄₀ P ₉₀ K ₆₀	4,12	1,70	0,51	1,29
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	4,18	1,81	0,54	1,29

