

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»**

На правах рукописи

Алдаибе Ахмед Абдалбаре Абдии

**Оценка действия гербицидов в технологиях возделывания пшеницы
яровой в условиях Нечерноземной зоны**

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и
карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
Заргар Мейсам, доктор
сельскохозяйственных наук, доцент

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Значение яровой пшеницы в сельском хозяйстве России.....	10
1.2 Изучение дикорастущих растений, их видового состава и динамики развития в агроэкосистемах.....	13
1.3 Биология и экология основных сорных растений в посевах яровой пшеницы в Нечерноземной зоне.....	16
1.4 Потери урожайности зерновых культур из-за различных сорных растений.....	24
1.4.1 Методы защиты пшеницы от сорных растений.....	28
1.4.2 Комплексный анализ взаимодействия гербицидов и удобрений NPK в посевах яровой пшеницы: пути повышения эффективности агротехники.....	41
1.4.3 Управление внесением удобрений, влияющее на популяцию сорняков при выращивании пшеницы.....	44
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	49
2.1 Место проведения исследования и характеристики почвы.....	49
2.2 Климатические условия.....	49
2.3 Метеорологические условия в годы проведения опытов.....	50
2.4 Описание сорта яровой пшеницы.....	57
2.5 Характеристика действующих веществ гербицидов.....	58
2.6 Объекты, агротехника и методика исследований.....	63
2.7 Полевые и лабораторные учеты.....	64
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ.....	67
3.1 Исходная засоренность посевов в опыте.....	67
3.2 Эффективность применения гербицидов.....	72
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ.....	109
4.1 Высота растений.....	109
4.2 Количество растений к уборке.....	111
4.3 Количество продуктивных стеблей.....	113
4.4 Продуктивная кустистость.....	115
4.5 Длина колоса.....	117
4.6 Количество зерен в колосе.....	118
4.7 Масса 1000 зерен.....	120
4.8 Масса зерна с колоса.....	122

4.9 Биологическая урожайность.....	123
4.10 Хозяйственная урожайность.....	129
4.11 Качество зерна.....	131
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАЗНЫХ ФОНАХ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ.....	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	140
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ.....	142
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	143
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – стратегическая культура агропромышленного комплекса России, представляющая важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и развитии экономики за счет экспорта. Однако успешное выращивание этой культуры сталкивается с рядом проблем, ключевой из которых является засоренность посевов (Zargar M. et al., 2023). Сорные растения представляют собой один из главных биологических факторов, негативно влияющих на мировое сельскохозяйственное производство пшеницы (Рзаева В.В., 2018; Oerke E.C., 2006). В зависимости от региона, климатических условий и видового состава сорняков потери урожайности яровой пшеницы из-за засорённости полей ежегодно варьируются в пределах 4–25 %, а в отдельных случаях могут быть выше (Рзаева В.В., 2018; Санникова Н.В., 2021; Слободчиков А.А., 2019).

Отрицательное влияние сорняков обусловлено их способностью конкурировать с сельскохозяйственными культурами за ключевые ресурсы – влагу, свет и минеральные вещества. Кроме того, прогнозирование времени и масштабов появления сорняков затруднено из-за изменчивости их видового состава, который зависит от сезонных колебаний климата, агротехнических приемов и этапов развития самих сорных растений (Синещеков В.Е. и др., 2020; Санникова Н.В., 2021). Определение видового состава сорняков и их жизненного цикла может способствовать разработке эффективных методов борьбы с ними и снижению экономических затрат.

Современные сорта пшеницы яровой могут полностью раскрыть генетический потенциал лишь при использовании минеральных удобрений и средств защиты растений, включая гербициды (Малявко Г.П. и др., 2015). Несмотря на то, что химические методы борьбы с сорняками отличаются высокой

биологической эффективностью – достигающей 90 % и выше, – для обеспечения устойчивого агропроизводства требуется дальнейшее изучение действия гербицидов, в том числе оценка их эффективности и влияния на современные сорта пшеницы.

Особую роль в выращивании яровой пшеницы представляет правильное минеральное питание. Корневая система культуры характеризуется низкой способностью к поглощению питательных веществ, что требует высокого качества базовых удобрений в начале вегетации (Rebouh N.Y. et al., 2021; Saquee F.S. et al., 2023). Азотные удобрения играют ключевую роль в усилении конкурентоспособности культурных растений и поддержании устойчивого фитосанитарного состояния агроэкосистем (Pakina E.N. et al., 2020; Polityko P.M. et al., 2020). Вместе с тем, для рационального использования ресурсов и достижения максимальной урожайности необходимо определять оптимальные нормы внесения азота (Saquee F.S. et al., 2023). Кроме того, повышение содержания белка в зерне пшеницы существенно улучшает его пищевую и технологическую ценность.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью оценить, насколько эффективно применение гербицидов при различных уровнях минерального питания снижает засорённость посевов яровой пшеницы, а также изучить их влияние на урожайность и качество получаемого зерна.

Степень разработанности темы исследования. Изучение взаимодействия растений в составе как естественных фитоценозов, так и агробиоценозов имеет длительную историю и берет свое начало в конце XIX века. Проблемы засоренности сельскохозяйственных угодий и методы борьбы с сорной растительностью являлись предметом пристального внимания многих отечественных ученых. Среди первых исследователей, внесших значительный

вклад в развитие этой области, следует отметить таких видных ученых, как Шевелев И.Н., Туликов А.М., Баздырев Г.И., Власенко Н.Г., Захаренко В.А., Спиридонос Ю.Я., Шестаков В.Г., Атрохин К.С., Либерштейн И.И., Мальцев А.И. и другие. В своих исследованиях и изысканиях они обсудили ряд аспектов, связанных с сельскохозяйственными науками и уничтожением сорной растительности. Указанные учёные изучили ущерб, наносимый сорной растительностью сельскохозяйственным культурам, с акцентом на её влияние на урожайность и качество продукции.

Цель исследования: оценить, насколько эффективно применение гербицидов при различных уровнях минерального питания способствует снижению засорённости посевов яровой пшеницы, а также способствует росту урожайности и улучшению качества зерна в условиях Нечерноземной зоны.

Исследование направлено на решение следующих задач:

1. Изучить влияние различных фонов минерального питания на видовой состав и уровень засоренности посевов яровой пшеницы.
2. Оценить эффективность гербицидов нового поколения в снижении засоренности посевов яровой пшеницы при разных уровнях минерального питания.
3. Установить, в какой степени гербициды нового поколения влияют на морфологические признаки и формирование урожая яровой пшеницы при различных уровнях минерального питания.
4. Исследовать, как применение различных гербицидов и норм азотных удобрений влияет на технологические свойства и качество зерна яровой пшеницы.
5. Проанализировать экономическую целесообразность применения исследуемых гербицидов на различных фонах минерального питания с учётом производственных затрат и достигаемой прибыли.

Объект исследований – яровая пшеница, **предмет** – различные нормы азотных удобрений и гербициды.

Научная новизна исследования. Впервые в условиях Нечерноземной зоны проведено комплексное изучение эффективности современных гербицидов (Примадонна, СЭ; Пиксель, МД; Унико, ККР) на фоне двух уровней азотного питания: N₃₅ (аммиачной селитры 100 кг на 1 га) и N₇₀ (аммиачной селитры 200 кг на 1 га) в посевах яровой пшеницы. Выявлены особенности совокупного влияния гербицидных обработок и норм азотных удобрений на видовой состав и степень засоренности, морфологические параметры растений, структуру урожая и качество зерна. Проведена сравнительная оценка экономической эффективности использования указанных гербицидов при различных уровнях минерального питания, что позволило выявить наиболее рентабельные агротехнические приёмы для повышения продуктивности яровой пшеницы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные углубляют понимание взаимодействия между фоном минерального питания, использованием гербицидов и фитосанитарным состоянием посевов яровой пшеницы. Работа также дополняет имеющиеся научные сведения о том, как современные сорта пшеницы реагируют на химическую защиту при различной обеспеченности питательными элементами. Полученные данные могут быть использованы в дальнейших исследованиях по совершенствованию систем защиты растений, а также в разработке экологически устойчивых технологий возделывания зерновых культур. Работа имеет важное практическое значение для сельскохозяйственного производства, поскольку позволяет повысить эффективность борьбы с сорняками за счет дифференцированного применения гербицидов в сочетании с оптимальными нормами минеральных удобрений. Предложенные рекомендации способствуют снижению засоренности посевов, увеличению урожайности и улучшению качества зерна, а также

повышению экономической эффективности возделывания яровой пшеницы. Результаты исследования могут быть внедрены в практику сельскохозяйственных предприятий Нечерноземной зоны и использованы при разработке региональных рекомендаций по защите и агротехнике зерновых культур.

Методология и методы исследования. Исследование базировалось на анализе отечественной и зарубежной научной литературы по вопросам засоренности посевов, применения гербицидов и особенностей минерального питания яровой пшеницы. Для достижения цели использовали комплексные методы: полевые опыты, лабораторные анализы и статистическую обработку данных, что обеспечило достоверность и объективность результатов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Зависимость эффективности применения гербицидов от уровня минерального питания растений.
2. Доминирующие виды сорняков в агроценозе яровой пшеницы и их реакция на применение различных гербицидов с учетом дифференцированного подхода к выбору препаратов.
3. Влияние гербицидных обработок на морфофизиологические показатели растений яровой пшеницы, структурные элементы ее урожая и продуктивность культуры.
4. Экономическая целесообразность применения современных гербицидов в системе защиты растений яровой пшеницы, обеспечивающих повышение рентабельности производства зерна.

Степень достоверности. Надёжность полученных результатов обеспечена трёхлетними наблюдениями, применением общепринятых методов организации и проведения полевых опытов, а также достаточным объёмом учётных данных. Применение современных методов статистической обработки обеспечило

точность и надежность результатов. Полученные данные согласуются с выводами отечественных и зарубежных авторов.

Апробация результатов работы. Основные результаты экспериментов в рамках диссертационного исследования были представлены на международных научных конференциях: «Проблемы устойчивости к гербицидам и подходы к управлению» (19-22 декабря 2024 г., г. Эрзурум, Турция), «Достижения и перспективы селекции и технологий возделывания сельскохозяйственных культур» (29-30 марта 2023 г., г. Москва, ФИЦ «Немчиновка»), «Инновационные технологии в селекции, семеноводстве и возделывании зерновых культур: проблемы, достижения и перспективы» (04-05 апреля 2024 г., г. Москва, ФИЦ «Немчиновка»).

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 9 научных работах, включая 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 4 публикации индексируются в Scopus и 2 – в РИНЦ

Структура и объем диссертации. Структура диссертации включает введение, пять основных глав, заключение, производственные рекомендации, список использованных источников и приложения.

Объем диссертации составляет 218 страниц машинописного текста и включает 21 таблицу, 33 рисунка и 55 приложений. Библиографический список охватывает 149 источников, из которых 52 опубликованы на иностранных языках.

Личный вклад автора. Автором лично выполнен анализ научных публикаций, разработана и адаптирована методика исследования, а также проведены полевые и лабораторные эксперименты. Лично выполнена статистическая обработка данных, интерпретация результатов и подготовка практических рекомендаций.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Значение яровой пшеницы в сельском хозяйстве России

Пшеница, впервые окультуренная на Ближнем Востоке, на протяжении тысячелетий занимает центральное место среди мировых зерновых культур (Пашкевич Г.А., 2016). Яровая форма этой культуры, относящаяся к семейству *Poaceae*, отличается высокой пластичностью к разнообразным климатическим условиям, хотя наибольшая продуктивность достигается в зонах с умеренным климатом.

На сегодняшний день пшеница возделывается на 17 % всех пахотных площадей мира и обеспечивает продовольствием примерно треть населения планеты, что подчеркивает ее стратегическое значение в структуре мирового земледелия (Saquee F. S. et al., 2023). Около 25 % общего объема производства этой культуры экспортируется, что формирует значительную зависимость многих стран от внешних поставок зерна. Однако геоэкономика пшеницы отражает глубокое неравенство: лишь немногие страны могут производить этот злак, и еще меньше стран успешно экспортируют его. Это создает значительную взаимозависимость, особенно для стран, зависящих от импорта пшеницы для обеспечения продовольственной безопасности своего населения. Рост производства пшеницы в XX веке был обусловлен изменениями в рационе питания, увеличением численности населения и экономическими преобразованиями в странах Юга. Пример Нигерии, одного из крупнейших импортеров пшеницы в Африке, демонстрирует зависимость многих развивающихся стран от импорта этого злака (Оленин О.А., 2016). Таким образом, пшеница остается не только источником питания, но и важным фактором глобальной экономики и социальной стабильности.

Ведущими производителями пшеницы сегодня являются Китай, Индия, Россия, США, Франция, Украина, Австралия, Пакистан, Канада и Германия. В России пшеница занимает первое место среди зерновых культур, на ее долю приходится 50,3 % посевных площадей. Яровая пшеница в основном выращивается в регионах, граничащих с Казахстаном: в Поволжском, Уральском и Сибирском Федеральных округах. По данным Росстата за 2023 год, посевные площади яровой пшеницы в России составили 14058,9 тыс. га, что на 9,9 % (1269,1 тыс. га) больше, чем в 2022 году. Общий объем валовых сборов яровой пшеницы в том году достиг 29009,9 тыс. тонн (Источник: Экспертно-аналитический центр агробизнеса "АБ-Центр"). В 2024–2025 маркетинговом году Россия стала крупнейшим экспортером пшеницы, муки и пшеничных продуктов в мире, поставив около 46 миллионов метрических тонн (US Department of Agriculture, 2025). Этот успех обусловлен развитием технологий, агрономического и генетического прогресса, которые позволили значительно повысить урожайность данной культуры.

Пшеница является одним из основных источников энергии для человека и животных. Зерно яровой пшеницы содержит важные элементы питания, такие как белки (12–16 %), крахмал (63–74 %), сахар, жир (2–2,5 %), клетчатка (2–3 %) и витамины (Долгополова Н.В. и др., 2021). Мука из твёрдой пшеницы используется для производства манной крупы и макаронных изделий, тогда как мука из мягкой пшеницы применяется в хлебопечении и в качестве улучшителя хлебопекарных свойств теста. Хлеб из пшеничной муки характеризуется превосходными вкусовыми свойствами, высокой питательной ценностью и хорошей усвояемостью, превосходя по этим показателям выпечку из других зерновых культур. По калорийности пшеничный хлеб также опережает ржаной: в 1 кг содержится 2000–2250 калорий. Пшеничные отруби являются ценным концентрированным кормом, богатым белком, жирами, сахарами и клетчаткой, и

широко применяются в животноводстве. Солому пшеницы используют не только в качестве корма и подстилки для животных, но и как сырьё для производства бумаги, плетёных изделий – таких как корзины и шляпы, – а также других товаров (Долгополова Н.В. и др., 2009).

Яровая пшеница остается стратегически важной культурой для России, обеспечивая продовольственную безопасность и укрепляя позиции страны на мировом рынке. Ее производство продолжает расти благодаря технологическим инновациям и расширению посевных площадей.

Несмотря на рост валовых сборов, урожайность пшеницы в России остается ниже потенциального уровня из-за комплекса взаимосвязанных факторов. Основными ограничивающими факторами выступают агротехнические, экономические и природные аспекты. В агротехнической сфере ключевыми проблемами являются недостаточное использование высокопродуктивных сортов, отставание в развитии семеноводства и отсутствие адаптированных к конкретным зонам технологий возделывания. Экономические факторы включают несовершенство системы стимулирования качества зерна, низкие закупочные цены, высокую стоимость ресурсов и нестабильность цен на сельхозматериалы. Значительное влияние оказывают нарушение технологий посева, нерациональный подбор сортов, неоптимальное использование удобрений и водных ресурсов. Природные ограничения представлены низким плодородием почв, их слабой водоудерживающей способностью, а также климатическими рисками (засухи, переувлажнение, температурные аномалии). Дополнительными сдерживающими факторами выступают биотические элементы (сорняки, минеральное питание) и значительная пространственная неоднородность почвенно-климатических условий (Алтухов А.И. и др., 2020; Yang R. et al., 2023; Митрофанов Д.В., 2025).

1.2 Изучение дикорастущих растений, их видового состава и динамики развития в агроэкосистемах

На пахотных землях дикорастущие растения представлены нейтрофильными видами, характерными для приморских сообществ Евразийско–Сибирского региона (Терехина Т.А., 2017). Из примерно 30 тыс. видов дикорастущих растений, произрастающих в мире, на сельскохозяйственных угодьях России встречается около 2 тыс. видов, из которых от 50 до 200 наносят существенный ущерб основным сельскохозяйственным культурам (Власова О.И. и др., 2018). Понятие «сорный» относится к термину, отражающему оценку вредоносности определенного объекта или явления в различных системах, будь то природные или антропогенные. Оценка вредоносности часто применяется к элементам антропогенных систем, созданных с конкретной целью для достижения определенных результатов, особенно в макросистемах, где речь идет о сорных растениях. В русском и других европейских языках термин «сорный» ассоциируется с негативными качествами, такими как вредность или нежелательность, указывая на необходимость устранения этих растений. Критерием вредоносности служит снижение урожайности, что является следствием изменений в структурных характеристиках системы или вследствие появления сорных растений (Абрамова Л.М., 2012; Ганнибал Б.К., 2011; Лунева Н.Н., 2018).

Почти все посевы яровой пшеницы в России подвержены засорённости, причём на более чем 50 % посевных площадей она выражена в средней или сильной степени. Среди доминирующих сорняков выделяют двудольные виды: многолетние – такие как осот полевой, бодяк полевой и выюнок полевой, а также однолетние – включая марь белую, различные виды щирицы, сурепку обыкновенную и ромашку непахучую. Кроме того, широко распространены однолетние злаковые сорняки – в частности, овсяног обыкновенный,

представители рода щетинников и просо куриное. Многие из этих видов отличаются высокой устойчивостью к традиционным методам борьбы, поэтому их контроль остаётся одной из приоритетных задач в зерновом производстве (Захаренко В.А. и др., 2007). Изучение сорных растений, их видов и динамики в сельскохозяйственных системах представляет ключевую область агрономических исследований. На сегодняшний день зарегистрировано около 380 видов сорняков, проявляющих устойчивость к гербицидам. Многие учёные считают перспективным использование препаратов, сочетающих несколько активных веществ, особенно при учёте экологических и экономических факторов (Chhokar R.S. et al., 2016; Nazarko O.M. et al., 2005).

Сорная растительность относится к числу наиболее опасных биотических факторов, способных снижать урожайность агрокультур минимум на четверть (Aliverdi A. et al., 2009; Pala F. et al., 2019). Устойчивость к гербицидам у сорных растений также может быть обусловлена внешними условиями, такими как изменение погоды, концентрации углекислого газа и уровня влажности, что, обусловлено физиологией и механизмами воздействия (Jugulam M. et al., 2019). Роль ферментов в устойчивости сорняков к пестицидам очень значима. Такие ферменты, как цитохром P450 и GSH-S-трансфераза (GST), играют ключевую роль в устойчивости сорняков к гербицидам. Эти ферменты преобразуют молекулы пестицидов в менее токсичные соединения, снижая их эффективность. Например, сорняки могут выделять пестициды через свои корневые системы или преобразовывать их в неактивные соединения (Jiang M. et al., 2018). Сорные растения по-разному реагируют на повышение плодородия почв. В то время как некоторые виды, такие как марь белая (*Chenopodium album*) и дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis*), отлично произрастают на плодородных почвах, другие, предпочитающие бедные почвы, угнетаются. Эта вариабельность реакции оказывает влияние на состав растительных сообществ в агроценозах

(Безуглов В.Г., 1981, 1989). Сорняки отличаются высокой конкурентоспособностью по отношению к культурным растениям благодаря способности формировать глубокую корневую систему, обеспечивающую им доступ к воде и питательным элементам даже в неблагоприятных условиях, например, при засухе. Кроме того, многие сорняки выделяют в окружающую среду биологически активные соединения, угнетающие рост соседних культурных растений, что дополнительно усиливает их конкурентные преимущества (Кошкин Е.И., 2016). Деятельность человека способствовала распространению видов, географически далеких от их происхождения. Например, из Индии в Россию была завезена *Cuscuta approximata* (повилика сближенная), из Америки – *Chamomilla suaveolens* (ромашка пахучая), *Erigeron canadensis* (мелколепестник канадский), *Amaranthus albus* (щирица белая) и другие виды (Поспелов С.М. и др., 1985). Одной из основных причин ухудшения состояния растений является увеличение пустующих полей, неправильная обработка почвы и отсутствие севооборотов. Это приводит к увеличению распространения сорных растений в России, среди которых наиболее вредоносными являются *Amaranthus retroflexus* (щирица запрокинутая), *Capsella bursa-pastoris* (пастушья сумка), *Polygonum convolvulus* (горец выонковый), *Avena fatua* (овсюг обыкновенный) (Rebouh N.Y. et al., 2021). Системы севооборотов, использование покровных культур и минимизация обработки почвы могут влиять на динамику сорных растений. Разнообразие культур может снизить давление со стороны определенных видов сорных растений, что подтверждается исследованиями, показывающими, что севооборот может уменьшить популяции устойчивых сорняков (Teasdale J.R. et al., 2000). Не занятая культурными растениями почва часто становится первой средой обитания для сорных растений, особенно для видов, требующих обильного питания и быстрой адаптации к освободившемуся пространству. В таких местах иногда

наблюдаются резкие нарушения растительного покрова, вызванные внешними факторами.

1.3 Биология и экология основных сорных растений в посевах яровой пшеницы в Нечерноземной зоне

Засоренность полей является одной из основных проблем, препятствующих получению высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. В России, по оценкам, из-за высокой засоренности посевов ежегодно недобирается от 20 % до 30 % и более потенциального урожая (Zargar M. et al., 2023).

Согласно данным (Илларионов А.И., 2018; Коледа К.В. и др., 2010; Мастеров А.С. и др., 2022), в настоящее время 60–75 % посевов сельскохозяйственных культур в стране засорены в средней или высокой степени и требуют проведения специальных мероприятий по защите. Согласно исследованиям отдела гербологии ВНИИФ, проведенным с 1991 по 2003 годы, в разных регионах России сформировался устойчивый комплекс сорных растений, включающий более 100 видов. Среди них до 30 % составляют широко распространенные и высоко вредоносные сорняки, наносящие значительный ущерб сельскохозяйственным культурам (Спиридов Ю.Я., 2004; Завалин А.А. и др., 2010).

В условиях Нечерноземной зоны РФ наибольшее распространение получили сорняки из семейств астровых (ромашка непахучая, бодяк щетинистый, осот полевой и огородный, крестовник обыкновенный, одуванчик лекарственный), капустных (сурепка обыкновенная, пастушья сумка, ярутка полевая, дикая редька) и маревых, в первую очередь – марь белая (Zargar M. et al., 2023). Эти виды значительно превосходят представителей других семейств по численности и частоте встречаемости, что подчеркивает важность их учета при агрономическом

управлении современными агроценозами (Спиридов Ю.Я., 2004). Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что преобладающие сорняки на опытном участке, как правило, являются автохтонными и ежегодно восполняют свои популяции за счёт семенного размножения, продолжая активно заселять посевные площади в каждом аграрном сезоне. Было установлено, что благоприятные условия для формирования сорного сообщества на исследуемых участках привели к развитию обильной сорной растительности на контрольных делянках и обусловили интенсивную конкуренцию за ключевые питательные элементы между сорняками и озимой пшеницей, а также другими зерновыми культурами, возделываемыми на опытном поле. Полученные нами результаты согласуются с данными других исследований, проведённых в России и ряде европейских стран – в частности, во Франции, Дании, Финляндии, Германии, Латвии, Швеции и северо-восточной Чехии. В этих регионах такие виды, как *Polygonum aviculare* L., *Galium aparine* L., *Cirsium arvense* L., *Chenopodium album* L. и *Matricaria* sp., неоднократно отмечались аграрными исследователями в разные годы как одни из наиболее распространённых и проблемных сорняков (Gaba S. et al., 2016; Hofmeijer M. A. J. et al., 2021; Pinke G. et al., 2010). Среди сорных растений наиболее часто встречаются следующие виды. В таблице 1 представлены сведения о видовом составе сорной растительности на опытном поле Технологического центра по земледелию ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»), расположенному в деревне Соколово Новомосковского административного округа.

Осот розовый (бодяк полевой) *Cirsium arvense* L. корнеотпрысковый многолетник из семейства астровых (*Asteraceae*). Этот вид распространён в европейской части России, Западной Сибири, южных регионах Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Бодяк предпочитает суглинистые, глубоко окультуренные и плодородные почвы, которые систематически обрабатываются.

Этот сорняк трудноискореняем и может засорять посевы всех полевых культур. Цветение происходит с июня до сентября. Бодяк размножается как корневой порослью (корневыми отпрысками), так и семенами. Длина корней может достигать 2–3 метров. Обрывки корней способны образовывать новые растения, что способствует его расселению. Одно растение может давать от 4 тысяч до 36 тысяч семян, которые сохраняют всхожесть в почве до 5 лет, что делает бодяк полевой серьезной угрозой для сельскохозяйственного производства (Папаскири Т.В. и др., 2024; Шептухов В.Н. и др., 2009).

Таблица 1 – Флора сорных растений

Местное название	Научное название	Семейство	Биологический тип
Осот розовый	<i>Cirsium arvense</i>	Астровые (Asteraceae)	Многолетние двудольные
Трехреберник непахучий	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Астровые (Asteraceae)	
Сущеница топяная	<i>Gnaphalium uliginosum</i>		
Пикульник обыкновенный	<i>Galeopsis tetrahit</i>	Яснотковые (Lamiaceae)	
Яснотка пурпурная	<i>Lamium purpureum</i>		
Пастушья сумка обыкновенная	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Капустные (Brassicaceae)	
Ярутка полевая	<i>Thlaspi arvense</i>		
Марь белая	<i>Chenopodium album</i>	Амарантовые (Amaranthaceae)	Однолетние двудольные
Подмаренник цепкий	<i>Galium aparine</i>	Мареновые (Rubiaceae)	
Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i>	Фиалковые (Violaceae)	
Звездчатка средняя	<i>Stellaria media</i>	Гвоздичные (Caryophyllaceae)	
Горец птичий	<i>Polygonum aviculare</i>	Гречишные (Polygonaceae)	
Дымянка лекарственная	<i>Fumaria officinalis</i>	Дымянковые (Fumariaceae)	

Трехреберник непахучий – *Tripleurospermum inodorum* (L.) однолетний сорняк, представленный как яровой, так и озимой формой. Данный вид размножается только семенным путём, причём одно растение может формировать от 30000 до 200000 семян, особенно при интенсивном кущении. Примечательно, что семена могут сохранять свою жизнеспособность в почве до 6 лет. Трехреберник непахучий активно засоряет пропашные культуры, в особенности разреженные посевы клевера и люцерны, а также зерновые. В условиях Нечерноземной зоны наибольшее распространение он получает на посевах многолетних трав. Его мелкие семена способны накапливаться в почве и, в меньшей степени, загрязнять посевной материал. По водопотреблению этот сорняк превосходит овёс примерно в два раза и яровую пшеницу – в полтора раза (Груздев Г.С. и др., 1988; Мельникова О.В. и др., 2022; Ульянова Т.Н., 2005).

Сушеница топяная *Gnaphalium uliginosum* представляет собой яровой однолетник, чьи семена отличаются высокой всхожестью и способны прорастать во влажной почве в течение всего летнего периода. Всхожесть сохраняется в течение 4–5 лет. Цветение наблюдается с середины июня по август. Одно растение способно образовывать от 100 до 500 семянок, при этом масса 1000 семян составляет всего 0,007 г. Сушеница топяная распространена в Западной Европе (исключая арктические районы), Северной Америке, Японии, Корее, Манчжурии и Монголии. В пределах РФ она встречается в европейской части, в горах Кавказа и на всей территории Сибири (Никитин В.В., 1983; Самерсов В.Ф. и др., 2000).

Пикульник обыкновенный *Galeopsis tetrahit* яровой ранний однолетник из семейства яснотковых (*Lamiaceae*). Растение широко распространено и засоряет поля и огороды на территории европейской части России и в Сибири. Пикульник предпочитает плодородные почвы с высоким уровнем грунтовых вод. Цветение растения происходит с июля по сентябрь, а размножение

осуществляется семенами. Одно растение может производить до 5000 семян, которые сохраняют свою всхожесть в почве в диапазоне от 2 до 14 лет (Шептухов В.Н. и др., 2009).

Яснотка пурпурная *Lamium purpureum* ранний яровой однолетник, обладающий максимальной плодовитостью до 1700 орешков. Масса 1000 орешков составляет от 0,75 до 1 г. Яснотка цветёт с апреля по октябрь и имеет широкое распространение в Западной Европе, Малой Азии, Северном Иране, Японии и Северной Америке. На территории России яснотка пурпурная встречается в европейской части страны, на Кавказе, а также в Западной и Восточной Сибири. Растение предпочитает хорошо аэрируемые, известковые, суглинистые почвы с хорошим обеспечением влагой. Яснотка является проблемным сорняком, который засоряет посевы зерновых культур (Бобров Е.Г. и др., 1963).

Пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.*) – это однолетний сорняк из семейства капустных (Brassicaceae), представленный как яровой, так и озимой формой. Размножается исключительно семенным путём: одно растение способно формировать от 2000 до 70000 семян. Зрелые семена сохраняют всхожесть в почве до шести лет (Амаева А.Г. и др., 2023; Спиридонов Ю.Я., 2004).

Ярутка полевая *Thlaspi arvense* L. – однолетний яровой сорняк, семена которого имеют обратно-яицевидную или овальную форму и окрашены в темно-вишневый или коричневый цвет. Цветение этого растения происходит в период с июня по август, а плодоношение – с июля по сентябрь. Максимальная плодовитость достигает до 50000 семян. Семена начинают созревать еще до уборки урожая, и при осыпании засоряют почву и могут попадать в собранный урожай, засоряя зерно. Прорастание незрелых свежих семян происходит почти так же быстро, как и зрелых. После прохождения через желудочно-кишечный

тракт животных семена сохраняют всхожесть до 37 %. Всхожесть семян увеличивается после зимовки. Минимальная температура для прорастания составляет 2–4 °C, оптимальная – 20–24 °C, а максимальная – 34–36 °C. Семена прорастают лучше всего с глубины до 1 см, а их жизнеспособность сохраняется до 10 лет. Ярутка полевая распространена в Европе, Западной Азии (включая Гималаи), Монголии, Китае, Японии, Корее, Северной Америке и Северной Африке. В России этот вид широко распространен во всех сельскохозяйственных районах. Он может встречаться на всех типах почв, предпочитая пониженные и увлажненные места. Ярутка полевая отличается высокой живучестью: выдернутые из почвы растения, оставленные в поле, способны приживаться. Это сорняк, устойчивый к нарушениям агротехники, который особенно сильно засоряет озимые посевы. Он часто встречается и довольно обилен в посевах зерновых и пропашных культур (Зотова А.П., 1971; Пляшева Л.А., 2014).

Марь белая *Chenopodium album* – данный вид относится к яровым однолетним сорнякам и отличается исключительно высокой семенной продуктивностью – одно растение способно формировать до 600000 семян. Семена проявляют гетероспермию, представленную тремя морфотипами: крупные – прорастающие вскоре после созревания, средние – всходящие на второй год, и мелкие – прорастающие не ранее третьего года после образования. Оптимальный температурный диапазон для прорастания – 20–30 °C, минимальный – 3–4 °C, максимальный – 34–36 °C. Всходы появляются в течение длительного периода – от ранней весны до осени, однако осенние всходы не способны пережить зиму. В южных регионах цветение начинается в мае–июне, а плодоношение – в июне–июле; на севере эти фазы смешены на июль–август. Семена сохраняют всхожесть до полугода при нахождении в воде и после прохождения через желудочно–кишечный тракт животных. Общая продолжительность жизнеспособности семян в почве может достигать 10 лет.

Марь белая является космополитическим видом, распространенным на всех континентах. Этот вид широко встречается во всех регионах РФ, за исключением арктических и пустынных зон, где его встречаемость низкая. Растение адаптируется к различным типам почв, предпочитая плодородные разновидности, и обладает высокой устойчивостью к колебаниям кислотности. Благодаря легкости осыпаемости семян, марь белая способствует засорению почвы и может засорять урожай зерновых культур. Переменные температуры значительно повышают всхожесть семян. Марь белая является основным неспециализированным сорняком для почти всех сельскохозяйственных культур (Ульянова Т.Н., 2005; Лунева Н.Н. и др., 2019).

Подмаренник цепкий (*Galium aparine*), класс двудольные, семейство Мареновые (*Rubiaceae*). Вид предпочитает произрастать на плодородных суглинистых и глинистых почвах, богатых известью, при неустойчивом или избыточном увлажнении. Размножается исключительно семенами (орешками), при этом одно растение способно образовывать около 1200 штук. Семена сохраняют всхожесть в течение 7–8 лет. Минимальная температура, при которой начинается прорастание, составляет +1...+2 °С. Всходы появляются в разное время года – ранней весной, летом и осенью; при благоприятных условиях осенние всходы успешно перезимовывают. Благодаря этой особенности растение классифицируют как относящееся к двум биологическим группам: яровому раннему и зимующему сорняку. Глубина заделки, при которой возможно прорастание, достигает 8–9 см. Масса 1000 орешков составляет 3–3,5 г. Цветение продолжается с мая по август, а плодоношение – с июля по сентябрь. Экономический порог вредоносности (ЭПВ) в посевах злаковых культур в фазу кущения составляет 4–6 растений на 1 м². Вид имеет повсеместное распространение и засоряет посевы зерновых, технических, овощных и плодовых культур. Наибольшая вредоносность на озимой и яровой пшенице, льне. Выходит в верхний ярус. Способствует полеганию хлебов. Кроме снижения

урожая создает труднопреодолимые сложности при уборке. Подмаренник относится к однолетним зимующим сорнякам с растянутым периодом появления всходов – с сентября по апрель, то есть полное разовое подавление этого вида затруднено (Бахмудов Р.Б. и др., 2024).

Фиалка полевая *Viola arvensis*, является однолетним двудольным сорняком, имеющим как зимующие, так и яровые формы. Это сорное растение произрастает в различных сельскохозяйственных посевах, включая озимые и яровые зерновые культуры, а также пропашные культуры. Всходы фиалки полевой появляются дважды в год – весной (в апреле–мае) и в конце лета – начале осени (в августе–сентябре). Цветение длится с конца апреля до сентября, а плодоношение охватывает период с июня по октябрь. Размножение осуществляется семенным путём, при этом одно растение способно образовывать до 3200 семян. Семена требуют покоя в течение 6–8 месяцев перед прорастанием и могут сохранять жизнеспособность до 6 лет. Минимальная температура для прорастания семян составляет 2–3 $^{\circ}\text{C}$, в то время как оптимальный температурный режим составляет 18–24 $^{\circ}\text{C}$ (Попов М.Г., 1957; Тихонова З.Е., 1937; Ульянова Т.Н., 2005; Чесалин Г.А., 1975).

Звездчатка средняя *Stellaria media*. Яровой однолетник. Семена способны прорастать с глубины 1–2 см. В среднем одно растение формирует около 15000 семян, при этом их количество может варьироваться от 10000 до 20000. В почве всхожесть семян сохраняется в течение 2–5 лет. Минимальная температура для прорастания составляет 2–4 $^{\circ}\text{C}$, тогда как оптимальная температура колеблется в пределах 18–26 $^{\circ}\text{C}$, также может размножаться вегетативно, укореняясь через стебли. Это растение активно развивается в посевах с ранней весны до наступления заморозков, что позволяет давать 2–3 поколения за летний период. Звездчатка относится к числу наиболее широко распространённых и трудно искореняемых сорняков, особенно в посевах пропашных культур. Этот вид характеризуется

высокой адаптивностью к различным условиям окружающей среды и способностью быстро заполнять свободные пространства (Мальцев А.И., 1937).

Горец птичий *Polygonum aviculare* яровой ранний однолетник из семейства гречишных (*Polygonaceae*), широко распространенный повсеместно. Это проблемный сорняк, который засоряет все виды сельскохозяйственных культур и отличается высокой устойчивостью к вытаптыванию и уплотнению почвы. Семена горца птичьего начинают прорастать очень рано весной, что приводит к более значительному засорению посевов озимых культур по сравнению с яровыми зерновыми. Цветение растения продолжается с июня до конца августа, а плодоношение – до октября. Горец птичий размножается семенами, причем одно растение может дать от 200 до 2000 семянок, которые сохраняют свою всхожесть в почве до 5 лет. Кроме того, горец птичий обладает лекарственными свойствами и может использоваться как корм для домашней птицы. В народе это растение имеет различные названия, среди которых спорыш, птичья гречиха, гусиная трава, травка–муравка и гусятница (Шептухов В.Н. и др., 2009).

Дымянка лекарственная *Fumaria officinalis* считается однолетним или факультативным двулетником. Цветение наблюдается в мае–июне, а плодоношение – в июле–августе. Одно растение способно формировать до 15000 семян. Семена сохраняют всхожесть в почве на протяжении 3–5 лет, легко прорастая даже при пониженных температурах; оптимальный температурный диапазон для прорастания составляет 18–20 °C (Агаев М.Г., 1988).

1.4 Потери урожайности зерновых культур из–за различных сорных растений

Потеря урожая из–за различных сорных растений является серьезной проблемой для аграриев. Сорные растения соперничают с культурными за воду,

свет и питательные вещества, что может существенно понизить продуктивность последних. Научные исследования представляют, как даже небольшие популяции сорных растений способны оказывать заметное отрицательное влияние на рост зерновых культур (Xuan T.D. et al., 2025). Изменения в методах ведения сельского хозяйства и использовании гербицидов приводят к появлению видов сорняков, устойчивых к ним. Это создает дополнительные трудности для управления ими и может привести к увеличению потерь урожая (Ravi et al. 2025). Увеличение потерь урожая зерновых культур от сорняков по разным предшественникам с 14,4 % до 24,4 % (Немченко В.В. и др., 2012). Пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из ключевых зерновых культур мирового значения и продолжает играть важную роль в обеспечении глобальной продовольственной безопасности. Это обусловлено её широким использованием как в питании людей, так и в кормлении животных благодаря высокой калорийности, содержанию качественного белка (на 12–15 % превышающего уровень в рисе и кукурузе) и наличию клейковины. По площади посевов пшеница превосходит такие основные зерновые культуры, как кукуруза и рис, на 38 % (McGuire S., 2015; Ленточкин А.М., 2019). Сорные растения затрудняют уход и уборку пшеницы (Епифанцев В.В. и др., 2020). Производство пшеницы сталкивается с рядом ограничивающих факторов, включая недостаточный контроль над технологиями выращивания и уничтожением вредоносных объектов, в частности с нежелательной растительностью. Вред, наносимый нежелательной растительностью, заключается в основном в конкурентной борьбе между сорной и культурной флорой (Илларионов А.И., 2019). Конкуренция между сорняками и культурными растениями происходит за ключевые ресурсы: влагу, питательные вещества, свет, а также жизненное пространство – как надземное, так и подземное. В зависимости от региона, погодных условий конкретного года и состава сорной флоры потери урожая

могут превышать 20 % (Султанов Ф.С. и др., 2020). В среднем по России уровень засоренности сельскохозяйственных культур приводит к снижению урожая примерно на 15 %, а совокупные потенциальные потери от сорняков оцениваются в 46 млн тонн зерновых единиц (Кафтан Ю.В. и др., 2016, 2018). По данным ряда исследований, в отдельных агросистемах сорные растения могут приводить к потере урожая от 10 % до полной его гибели (Chhokar R.S. et al., 2012; Soltani N. et al., 2014; Ghanizadeh H. et al., 2017).

Помимо прямой конкуренции, сорняки могут вырабатывать устойчивость к гербицидам за счёт изменения механизмов перемещения активных веществ внутри растения. В частности, низкая подвижность гербицидов часто обусловлена их секвестрацией, выделением корневых экссудатов, реакциями гиперчувствительности или нарушением транспортных процессов, что приводит к накоплению химических соединений в тех частях растения, которые не участвуют в росте и развитии. По мнению исследователей, при условии применения современных агротехнологий, обеспечения оптимального водного режима, использования высокоурожайных сортов, а также сбалансированного внесения качественных органических и минеральных удобрений урожайность пшеницы может достигать 10 т/га – показателя, превосходящего аналогичные значения для других зерновых культур. Достижению такого уровня также способствует эффективная защита растений от биотических стрессов, вызываемых фитопатогенами (бактериями, грибами, вирусами), вредителями (в том числе растительноядными насекомыми) и сорняками, а также от абиотических факторов, таких как засуха, экстремальные температуры, засоление почв, ультрафиолетовое излучение, загрязнение токсичными газами, пестицидами и промышленными выбросами, а также от таких явлений, как полегание. Однако на практике из-за недостаточного внедрения этих мер и слабого контроля над стрессовыми факторами средняя мировая урожайность

пшеницы остаётся низкой – около 2,8 т/га (Shewry P.R., 2009). Помимо того, что существует множество видов сорняков, к которым развивается резистентность, бороться с ними становится сложнее и дороже (Kraehmer H. et al., 2014; Powles S.B. et al., 2010). Как известно, сорняки не только вредят сельскохозяйственным культурам, но и наносят еще больший вред животным. Например, при однообразном кормлении животные охотнее поедают любую зелень, в том числе такие растения, как дикая рябина или пижма. Это придает молоку горьковатый привкус и запах камфорного масла из-за содержащегося в нем эфирного масла. Токсическое действие различных растений на всевозможные группы животных не отличается и зависит от химического состава растений, почвы и погодных условий (Батудаев А.П. и др., 2011). Среди суммарного действия всех вредных факторов ежегодные потенциальные убытки из-за сорных растений по стране составляют около 20–30 % и более потенциального урожая (Никитин Н.В. и др., 2008). Низкие температуры почвы замедляют реакции окисления и минерализации, а следовательно, и скорость микробиологических процессов. Все это связано с распространением сорняков по поверхности почвы (Зинченко М.К. и др., 2015; Цыбакова Ю.Н., 2004). На глобальном уровне сорняки снижают объёмы сельскохозяйственного производства в среднем на 31,5 %, что ежегодно приводит к экономическим потерям, оцениваемым примерно в 32 млрд долларов США (Ghadamkheir M. et al., 2020). Сорные растения поглощают значительно больше питательных веществ, чем культурные. Однако обычно их масса незначительна, не более 1/5 от культивируемых растений, с которыми они сосуществуют в агрофитоценозе. Пырей ползучий является промежуточным хозяином стеблевой и корончатой ржавчины зерновых культур (Баздырев Г.И., 2004). Таким образом, засоренность посевов является одной из ключевых проблем, ограничивающих устойчивое производство пшеницы в глобальном масштабе.

1.4.1 Методы защиты пшеницы от сорных растений

По мере роста производства борьба с сорняками в зерновых культурах становится все более важной. Для устойчивого подавления сорной растительности в зерновом производстве необходимо применять научно обоснованные севообороты с включением бобовых и пропашных культур, сочетать агротехнические и химические методы (Каипов Я.З. и др., 2022, 2023).

В традиционных системах земледелия ручная прополка занимает 20–50 % всех трудовых затрат – от подготовки поля до уборки урожая. Однако этот метод, требующий больших трудозатрат, теряет свою актуальность с развитием механизации и расширением кормовых севооборотов (Lee N. et al., 2017).

Монокультура зерновых приводит к постепенному распространению определенных сорняков, особенно злаковых. Наибольшую эффективность в борьбе с сорными растениями демонстрируют зернобобовые (горох) и пропашные (картофель, корнеплоды) культуры (Ивченко В.К. и др., 2020; Каипов Я.З. и др., 2022, 2023). Например, в севообороте горох – яровая пшеница – яровая пшеница урожайность пшеницы была выше при предшественнике горохе по сравнению с повторным посевом пшеницы (Ершов Д.А. и др., 2019). Эффективность севооборота в борьбе с сорняками превосходит действие гербицидов. Регулярное использование гербицидов в рамках севооборота позволило снизить засоренность посевов многолетними сорняками на 18–54 % (Деревягин С.С. и др., 2015).

Обработка почвы является ключевым методом в борьбе с сорняками, но ее необходимо планировать с учетом видов сорняков, климатических условий и времени проведения. Исследования показывают, что уменьшение глубины обработки увеличивает долю однолетних однодольных сорняков на 4,6 % при вспашке, на 2,9 % при безотвальной обработке почвы и на 3,9 % при

дифференцированной обработке (Рзаева В.В., 2018). При этом правильная обработка стимулирует рост культурных растений – например, (Заболотских В.В. и др., 2019) зафиксировали увеличение биомассы пшеницы благодаря подавлению сорняков. Наиболее эффективными приемами являются: 1) раннее лущение для провокации прорастания сорняков с последующим их уничтожением; 2) глубокая вспашка, регулирующая динамику сорняков за счет заделки органики и контроля влажности; 3) поверхностные обработки (ложные посевы), включающие дискование и боронование для подготовки семенного ложа (Рзаева В.В. и др., 2010; Ивченко В.К. и др., 2020). Усиленное согревание и аэрация почвы стимулируют минерализацию органических соединений, обеспечивая необходимое азотное питание в критические сезоны, особенно весной (Ивченко В.К. и др., 2020). Кроме того, заделывание опавших листьев и других органических материалов снижает распространение аскоспор, одновременно обогащая почву азотом. Важное значение имеют сроки и способ посева – ранние посевы пшеницы более уязвимы, тогда как увеличение нормы высева и рядовой посев снижают конкуренцию с сорняками. Практические исследования в Нижнем Поволжье (Воронов С.И. и др., 2020) подтвердили эффективность осенней обработки стойкой Ранчо с повторной обработкой в июне, что снизило засоренность на 1,5 шт./м² для однолетних и 0,6 шт./м² для многолетних сорняков, обеспечив урожайность 3,24 т/га. Агротехнические приемы, в отличие от химических, требуют большего количества обработок за сезон, что приводит к росту затрат на рабочую силу и топливо. Число необходимых обработок определяется типом используемой техники и местными условиями, такими как осадки, структура почвы, видовой состав сорняков. Следовательно, оптимальная стратегия борьбы с сорняками должна быть комплексной и включать в себя адаптацию агротехнических приёмов, в том числе

методов обработки почвы, к конкретным почвенно-климатическим и производственным условиям.

Биологические способы борьбы с сорняками на посевах яровой пшеницы основаны на использовании естественных процессов и организмов для устойчивого контроля сорной растительности. Конкурентоспособные сорта пшеницы с аллелопатическими свойствами, совместные посевы с бобовыми культурами (например, клевером или люпином) или сидератами (ржь, вика) подавляют сорняки за счет конкуренции, затенения и выделения аллелопатических соединений (Matysiak S. et al., 2020). Полезные микроорганизмы, такие как микоризные грибы, усиливают способность пшеницы конкурировать за ресурсы, а биогербициды, например, *Colletotrichum gloeosporioides*, избирательно поражают определенные виды сорняков (Petit S. et al., 2018). В качестве примера успешного применения биоконтроля можно привести уничтожение индийского кактуса-опунции в Австралии с помощью насекомого *Cactoblastis cactorum* (Petit S. et al., 2018). Однако использование биологических методов требует осторожности, чтобы избежать негативного воздействия на культурные растения и окружающую среду. Этот подход наиболее эффективен в специфических случаях и часто сочетается с другими методами, такими как севооборот или механическая обработка почвы (Matysiak S. et al., 2020).

В современных агросистемах химические средства защиты растений, в частности гербициды, остаются наиболее действенным и экономически оправданным инструментом для контроля сорной растительности. Однако в условиях интенсивной эксплуатации земель, сопровождающейся активным использованием техники и частой обработкой почвы, возрастают риски деградации агроландшафтов, эрозии и усиления засоренности, особенно в культурах с длительным периодом вегетации, таких как яровая и озимая пшеница, где одних

агротехнических мер зачастую недостаточно для эффективного подавления сорняков. Это обуславливает важность применения гербицидов, которые становятся ключевым элементом технологий возделывания культур. Использование этих препаратов позволяет не только повысить урожайность, но и сохранять плодородие почв за счет снижения частоты механической обработки, которая может привести к разрушению структуры почвы и усугублению водной и ветровой эрозии. На территории Российской Федерации на сегодняшний день зарегистрировано 797 наименований гербицидных препаратов, созданных на основе 37 действующих веществ (Илларионов А.И., 2019). Особенno широк ассортимент этих средств для применения на зерновых культурах – в том числе и на озимой пшенице, где их количество достигает 273 наименований. За последние пять лет число коммерческих препаратов выросло на 58,5 %, что свидетельствует о постоянном расширении возможностей химической защиты растений и совершенствовании технологий борьбы с сорняками (Илларионов А.И., 2019).

Гербициды представляют собой химические вещества, предназначенные для уничтожения или подавления роста сорных растений. Их широко применяют в сельском хозяйстве для защиты культурных растений от конкуренции со стороны сорняков, что позволяет повысить урожайность и качество продукции. Гербициды классифицируются по различным признакам: механизму действия, времени применения, способу проникновения в растение, химической структуре, селективности и типу целевого воздействия. По механизму действия все гербициды делятся на группы в зависимости от того, какой физиологический процесс они нарушают в растении. Наиболее известные группы включают ингибиторы фотосинтеза, ингибиторы синтеза аминокислот (ALS, EPSPS, GS), ингибиторы липидного синтеза (ACCase) и гормональные гербициды (феноксикусные кислоты, пиrimидинкарбоновые кислоты). По времени

применения выделяют предпосевные (до всходов) и послевсходовые гербициды. По способу действия в растении – контактные и системные (транслокационные). По селективности – селективные и неизбирательные препараты. Также гербициды различаются по химической структуре: триазины, сульфонилмочевины, феноксиуксусные кислоты, амиды, уреи, динитроанилины, имидазолиноны, пиридины и другие. Выбор гербицида зависит от типа культуры, вида сорняков, климатических условий, времени года и системы севооборота. Комбинированное применение гербицидов различных механизмов действия помогает снижать риск развития устойчивости сорняков и повышать эффективность защиты посевов (Кошелев В.В. и др., 2015).

Современные гербициды классифицируются по спектру действия: противодвудольные, противооднодольные (граминициды) и универсальные средства, эффективные против обеих групп сорняков. Препараты выпускаются в различных формах – водно-диспергируемые гранулы (ВДГ), концентрат эмульсии (КЭ), масляная эмульсия (ЭМВ), раствор для опрыскивания (ВР), а также масляные дисперсии (МД) и другие. Нормы расхода рабочей жидкости обычно составляют от 200 до 300 л/га, что позволяет достичь равномерного покрытия растений и высокого уровня проникновения активных компонентов. Срок ожидания после обработки зависит от препарата и культуры и колеблется от 30 до 60 дней. Многие из них имеют ограничения по севообороту, особенно при последующем возделывании чувствительных культур, таких как подсолнечник и гречиха (Кошелев В.В. и др., 2015). Гербициды, используемые в посевах яровой пшеницы, представлены более чем 38 уникальными препаратами, содержащими 12 основных действующих веществ, принадлежащих к различным химическим классам и действующих на разные метаболические процессы растений (Официальный перечень пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к использованию на территории Российской Федерации, на 2025

год). Это такие вещества, как трибенурон-метил, клопер, клодинафоп-пропаргил, карфентразон-этил, сетоксидим, бромоксиnil, хлорсульфурон, феноксапроп-П-этил, мецопрам, аминопириалид, флуороксипир и антидот клоквинтосет-мексил. Каждое из этих соединений имеет свой механизм действия: одни блокируют синтез аминокислот, другие вызывают окислительный стресс, третьи нарушают транспорт энергии или имитируют действие гормонов роста. Такое разнообразие позволяет эффективно контролировать широкий спектр сорняков, включая устойчивые формы. Например, сульфонилмочевины, такие как трибенурон-метил и метсульфурон-метил, являются ингибиторами ацетолактатсинтазы (ALS), фермента, ответственного за синтез важных аминокислот – валина, лейцина и изолейцина. Эти препараты отличаются низкими нормами расхода, физиолого-биохимической избирательностью и относительно коротким сроком жизни в почве. Арлоксиалканкарбоновые кислоты, такие как 2,4-Д и МЦПА, действуют как синтетические аналоги ауксинов – естественных гормонов роста растений. Они вызывают неконтролируемое деление клеток, деформацию тканей, нарушение транспорта воды и питательных веществ, что приводит к гибели растения. Однако со временем многие виды сорняков развиваются устойчивость к этим веществам, поэтому все чаще применяются более современные препараты или их комбинации. Бентазон, флуороксипир и карфентразон-этил действуют через окислительный стресс, разрушая клеточные мембранны и вызывая быстрое развитие хлороза и некроза. Производные пиридинкарбоновой кислоты, такие как клопириалид и аминопириалид, также проявляют гормональное действие, подавляя рост меристематических тканей и вызывая угнетение растения.

Для контроля злаковых сорняков используются арилоксифеноксипропионаты, такие как феноксапроп-П-этил и клодинафоп-пропаргил, которые ингибируют фермент ацетил-КоА-карбоксилазу,

необходимый для синтеза жирных кислот (Menon A.S. et al., 2021). Пиноксаден, относящийся к группе фенилпиразолинов, также воздействует на этот фермент, но обладает двойной активностью – как хлоропластического, так и цитозольного типа. Триазины, такие как Гезагард, нарушают процесс фотосинтеза, блокируя передачу электронов в хлоропластах, что прекращает синтез энергии в растении. Особую группу составляют комбинированные гербициды, которые содержат два и более действующих вещества из разных химических классов. Их использование началось еще в 1970–х годах, однако в последние годы количество таких препаратов значительно возросло. В 2019 году только для посевов озимой пшеницы было зарегистрировано 78 комбинированных гербицидов, тогда как в 2004 году – всего 27 (Илларионов А.И., 2019). Примеры популярных комбинированных препаратов включают Ларен (клопирагид + флорасулам), Секатор Турбо (амидосульфурон + йодосульфурон–метил–натрий + мефенпир–диэтил), Феникс (клодинафоп–пропаргил + клоквинтосет–мексил), Фортиссимо (2,4-Д + хлорсульфурон + флорасулам), Зодиак (трибенурон–метил + мецопирам), Пума Супер (сетоксидим + трибенурон–метил), Оцелот (пиноксаден + антидот), Дискатор Форте (флорасулам + 2,4-Д + флуороксипир), Илион (клопирагид + имазамокс). Комбинированные препараты обладают рядом важных преимуществ: они обеспечивают широкий спектр действия, контролируя как двудольные, так и злаковые сорняки; снижают риск развития устойчивости благодаря использованию нескольких механизмов действия; экономят затраты за счет уменьшения числа проходов техники по полю; увеличивают продолжительность защитного действия и остаются эффективными в различных климатических условиях. Кроме того, многие из этих препаратов могут быть совместимы с фунгицидами, инсектицидами, удобрениями и регуляторами роста, что позволяет проводить комплексные обработки и повышать общую эффективность защиты посевов. Совместное применение гербицидов с

минеральными удобрениями, например, с аммиачной селитрой, может повысить эффективность подавления сорняков на 85–95 % и привести к прибавке урожая зерна до 7,9 ц/га (Илларионов А.И., 2019). Также важно отметить, что комбинированные гербициды позволяют снизить нормы применения отдельных компонентов, тем самым уменьшая нагрузку на окружающую среду и снижая риск загрязнения почвы и водоемов. Тем не менее, при выборе препаратов необходимо учитывать их стойкость в почве, влияние на последующие культуры и рекомендации по срокам и условиям применения. Современные технологии предусматривают использование гербицидов как в весенний, так и в осенний период, в зависимости от биологии сорняков и фазы развития культуры. Обработка проводится в ранние фазы развития сорняков – от двух–трех листьев до начала кущения пшеницы, что позволяет достичь максимальной эффективности. Таким образом, гербициды играют ключевую роль в современных технологиях возделывания яровой и озимой пшеницы (Oršolić D. et al., 2021). Разнообразие препаратов и их комбинаций позволяет эффективно контролировать сорную растительность, повышать урожайность и снижать риски, связанные с развитием устойчивости сорняков. Особенно перспективны комбинированные гербициды, сочетающие несколько механизмов действия, что делает их универсальными и экономически выгодными средствами защиты посевов. При соблюдении рекомендаций по применению, нормам расхода, срокам обработки и совместимости с другими агрохимикатами эти средства обеспечивают устойчивое развитие сельскохозяйственных культур и сохраняют плодородие почв на долгие годы. Химические методы борьбы с сорными растениями играют ключевую роль в защите пшеницы, однако их использование должно быть осознанным и комплексным, с интеграцией других агрономических подходов для достижения оптимальных результатов и минимизации негативного воздействия на экологию. Без применения гербицидов численность сорняков

возрастает в 1,4–2,3 раза, особенно многолетних видов (Sineshchekov V.T. et al., 2004). Гербициды – это химические препараты, состоящие из органических соединений, разработанные для контроля роста сорных растений (Duke S.O. et al., 2008). Одним из ключевых способов борьбы с сорной растительностью является химический метод. Его основное преимущество заключается в высокой биологической эффективности – до 90 % и выше, – а также в быстрой окупаемости затрат благодаря существенному повышению урожайности и, как следствие, увеличению объёмов производства (Дьяченко В.В. и др., 2022). Эффективная борьба с сорняками является критически важной, поскольку недостаточный контроль может привести к значительному снижению производства зерна и, соответственно, к экономическим потерям. Каждое усилие по интенсификации производства зерновых должно включать разумную стратегию борьбы с сорняками, чтобы минимизировать потери урожая. В зависимости от избирательности гербициды подразделяются на две основные группы: селективные, которые действуют избирательно – только на определённые виды сорняков, не повреждая культурные растения, и неселективные (системные), которые воздействуют как на сорную, так и на культурную растительность. По химической структуре гербициды условно делятся на семь классов: производные фенокси-фитогормонов, триазинов и триазинов, амидов и анилидов, карbamатов и бискарбаматов, динитроанилина, а также соединения на основе мочевины, урацила и сульфонилмочевины (Sherwani S.I. et al., 2015). Химические гербициды могут вноситься на разных этапах агротехнологического процесса: до посева культуры – для предотвращения прорастания семян сорняков (предпосевная обработка), а также после появления всходов – в виде послевсходовых препаратов (Golubev A.S., 2022). Гербициды обладают широкими селективными свойствами, поскольку они нацелены на процесс фотосинтеза сорняков (Симонов В.Ю. и др., 2014; Симонов В.Ю., 2014).

Один из основных вызовов, с которым сталкиваются фермеры, это развитие устойчивости сорняков к химическим гербицидам. Обычно это связано с многократным использованием одних и тех же гербицидов на основе одного и того же действующего вещества, что приводит к росту себестоимости продукции и одновременному снижению урожайности (Neve P., 2007). Негативное воздействие на окружающую среду, как правило, возникает при чрезмерном использовании гербицидов – в завышенных нормах и без учёта агротехнических и экологических рекомендаций. Внесение пестицидов в почву может как стимулировать, так и подавлять численность микроорганизмов и дождевых червей, а также влиять на их активность и содержание органического углерода в почве. Экологическую безопасность гербицидов оценивают по биологическим индикаторам плодородия и здоровья почвы – в частности, по численности почвенных микроорганизмов и дождевых червей, активности ферментов и уровню содержания органического углерода, поскольку эти компоненты участвуют в ключевых биохимических и экологических процессах в почве. Однако эффект будет зависеть главным образом от типа действующего вещества, норм внесения, окислительно–восстановительного потенциала почвы и физико–химических свойств почвы (Raj S.K. et al., 2017). Химические гербициды составляют около 60 % от общего объёма применяемых в мире пестицидов и по–прежнему широко используются как основное средство борьбы с сорняками в сельскохозяйственных системах. Среди наиболее распространённых действующих веществ, разрешённых к применению в Российской Федерации, – 2,4–Д, МХПК (МСРА), амидосульфурон, аминопирилид, дикамба, диметаклор, диметенамид–П, флазасульфурон, флорасулам, форамсульфурон, глифосат, его изопропиламиновая соль, буцефал, кетразон–этил, мезосульфурон–метил и ряд других соединений (Golubev A.S., 2022). Влияние трех фенилмочевинных пестицидов (диурон, линурон и

хлортолурон) на микробные сообщества изучали на образцах почвы с 10–летней историей обработки. Дендрограммы сходства показали, что структуры микробного сообщества обработанных и необработанных пестицидами почв существенно различались (Fantoussi S.E. et al., 1999). Исследования, проведенные в 2011 г. в Уфимском районе Башкортостана (Мрясова Л.М. и др., 2011), показали высокую эффективность использования гербицида Вигосурон против двудольных, устойчивых к 2,4–Д и многолетних корнеотпрысковых сорных трав. При обработке в дозировке 160 мл/га его эффективность составила 80–88 %, что не уступает другим препаратам – Октигену и Чисталану, применяемым в дозировке 900 мл/га. Опыты, проведенные в 2008–2009 гг., показали, что в уничтожении корнеотпрысковых сорных растений наибольшую эффективность демонстрируют препараты на основе 2,4–Д эфиров. Эти препараты высокоэффективно подавляют осоты (71–91 %) и выонок полевой (80–95 %). Согласно результатам исследований, предпосевное применение глифосата (препарат «Ураган форте») в дозе 75 мл/га в сочетании с препаратом «Элант» (0,7 мл/га) обеспечило прибавку урожайности яровой пшеницы на 9 и 7 ц/га соответственно на фоне сильного засорения корнеотпрысковыми сорняками. Наибольший эффект послеуборочного воздействия был получен при использовании «Ураган форте» в норме 3 л/га, а также его смеси с дозой 1,5 л/га, что привело к увеличению урожайности пшеницы в следующем году на 5,8 и 4,8 ц/га соответственно. 2,4–Дихлорфеноксикусная кислота – это хлорорганическое соединение, используемое в качестве гербицида и регулятора роста растений. Оно является активным веществом, входящим в состав более 1500 различных гербицидов. 2,4–Д особенно эффективно применяется для уничтожения широколиственных сорных растений, что делает его популярным выбором при выращивании злаковых культур. Это вещество также используется для ухода за газонами и пастбищами, способствуя поддержанию их состояния на

должном уровне и уменьшению конкуренции со стороны нежелательных растений (Куликова Н.А. и др., 2010). Есть несколько факторов, влияющих на эффективность гербицида. Это дозировка препарата, сроки применения, химическая природа действующего вещества, технология применения и погодные условия (Никитин Н.В. и др., 2008). По данным (Auskalnis A. et al., 2006), применение гербицидов на посевах весьма результативно при условии строгого соблюдения регламента их использования и объективной оценки сорной растительности, желательно также учитывать уровень агротехники и климатические особенности года (Голубев А.С., 2005). Агротехнические методы борьбы с сорняками при выращивании яровой (как и озимой) пшеницы обеспечивают надёжную защиту от засорения преимущественно при выращивании на паровых полях. В современных условиях наиболее простым и эффективным способом борьбы с сорной растительностью остаётся применение гербицидов, что подчёркивает их важную роль в системе интенсивного земледелия (Kraehmer H. et al., 2014; Голубев А.С. и др., 2021). Большинство результатов полевых исследований показало, что гербициды в рекомендуемых нормах оказывают минимальное вредное воздействие на окружающую среду, поскольку большинство из них не оказывают стимулирующего действия на почвенные бактерии, грибы, актиномицеты, почвенную ферментативную активность и популяцию дождевых червей в почве. Идеальный гербицид, который обеспечивает хороший эффект борьбы с сорными растениями на протяжении всего сезона и распадается до сезона сбора урожая, не оставляя токсичных остатков в почве (Raj S.K. et al., 2017). Важно учитывать, что чрезмерное использование гербицидов может привести к развитию устойчивых популяций сорняков. Поэтому рекомендуется применять интегрированные методы борьбы, сочетающие химические с агрономическими практиками, такими как севооборот и использование покровных культур. Следует подчеркнуть, что

развитие устойчивости сорняков к гербицидам на нецелевых участках представляет собой особенно сложную проблему даже при использовании комбинаций препаратов с разными механизмами действия. Это обусловлено полигенным контролем резистентности, что позволяет сорным растениям одновременно приобретать устойчивость к нескольким действующим веществам, несмотря на их различное физиологическое воздействие. Основная трудность, связанная с формированием такой множественной устойчивости, заключается в необходимости снижения концентрации гербицидов в зонах, не являющихся целевыми для обработки, чтобы минимизировать селективное давление и замедлить развитие резистентности. Исследования показывают, что сорняки могут развивать множественные механизмы устойчивости к гербицидам, включая устойчивость к целевым участкам и устойчивость к нецелевым участкам. В некоторых случаях эти два механизма могут взаимодействовать друг с другом, приводя к комбинированной устойчивости, которая делает сорняки нечувствительными к нескольким типам гербицидов (Ghanizadeh H. et al., 2017). Такое взаимодействие часто происходит в результате перекрестного опыления между различными видами сорняков, что повышает их способность адаптироваться и выживать в сельскохозяйственных условиях (Gaines T.A. et al., 2020). По данным (Brunharo C.G. et al., 2022), целевая устойчивость у сорняков может возникать посредством двух основных механизмов: генетических мутаций, которые в ДНК могут вызывать замену одной или нескольких аминокислот в активном центре целевого фермента, что приводит к изменению пространственной структуры соответствующего белка и снижает связывание с ним пестицида и сверхэкспрессии генов – удаление кодонов из генома или изменение промотора гена приводит к увеличению продукции целевого фермента, что снижает эффективность пестицида. Эти механизмы позволяют сорнякам переносить более высокие дозы пестицидов, что

требует разработки новых стратегий борьбы с ними. Сорные растения подчиняются тем же законам распространения, что и другие растения, при этом условия внешней среды, такие как температура и влажность, играют ключевую роль в определении того, насколько далеко они распространяются. Например, на динамику распространения сорняков влияет соответствие климатических условий их экологическим требованиям, таким как обеспеченность теплом и влагой (Лунева Н.Н. и др., 2013).

1.4.2 Комплексный анализ взаимодействия гербицидов и удобрений NPK в посевах яровой пшеницы: пути повышения эффективности агротехники

Яровая пшеница, занимая ключевое место среди зерновых культур, требует тщательного управления как сорной растительностью, так и системой питания растений. Современные аграрии сталкиваются с необходимостью оптимизации агротехнических приемов для достижения высокой продуктивности при минимальных затратах. Однако эффективность гербицидов и удобрений нельзя рассматривать раздельно: их взаимодействие определяет не только конкурентные отношения между культурными и сорными растениями, но и метаболические процессы в самой пшенице. Исследования последних лет подчеркивают, что баланс азота, фосфора и калия (NPK) влияет на усвоение гербицидов растениями, рост сорняков и экономичность использования ресурсов (Москвитин А.С., 2010; Jiang M. et al., 2018; Чухина О.В. и др., 2017).

Азот, фосфор и калий выступают основными регуляторами роста и продуктивности зерновых культур. Азот, входящий в состав хлорофилла, белков и ферментов, стимулирует вегетативное развитие и фотосинтетическую активность. Его недостаток приводит к замедлению роста и снижению урожайности, тогда как избыток повышает риск поражения болезнями и

привлекает вредителей (Saquee F.S. et al., 2023). Фосфор, ключевой участник энергетического обмена в форме АТФ, ускоряет рост и созревание растений. Его усвоение зависит от рН и температуры почвы: в кислых почвах фосфор фиксируется оксидами железа и алюминия, что снижает его доступность. Калий регулирует водный баланс, укрепляет клеточные стенки и повышает устойчивость к засухе и полеганию. Дефицит калия нарушает транспорт углеводов и снижает синтез белков, что негативно сказывается на качестве зерна. Важно подчеркнуть их синергетическое действие: азот стимулирует рост листьев, фосфор обеспечивает развитие корневой системы, а калий повышает стрессоустойчивость. Их сбалансированное внесение критично для оптимизации метаболизма растений и максимальной продуктивности (Saquee F.S. et al., 2023).

Результативность применения гербицидов тесно связана с уровнем минерального питания растений. Внесение удобрений влияет на физиологические процессы, такие как метаболизм, что, в свою очередь, отражается на поглощении и обезвреживании гербицидов. Так, избыточное азотное питание может способствовать усиленному развитию сорной флоры и снижать эффективность гербицидных обработок, в то время как калий способствует устойчивости культур к стрессовым воздействиям, включая действие пестицидов (Чухина О.В. и др., 2017). Исследования показывают, что до 50 % питательных веществ удобрений потребляется сорной растительностью, что снижает рентабельность агротехники. При этом применение гербицидов позволяет снизить конкуренцию со стороны сорняков, перераспределяя ресурсы в пользу пшеницы. Так, на полях Московской области использование гербицидов в сочетании с NPK-удобрениями уменьшило вынос элементов сорняками в 2,6–8,5 раза, одновременно увеличив урожайность культур (Чухина О.В. и др., 2017).

На дерново–подзолистых почвах России, характеризующихся низкой естественной плодородностью, азот обеспечивает 45 % прибавки урожая яровой

пшеницы, фосфор и калий – 27–28 % (Абашев В.Д. и др., 2017). Однако эффективность удобрений имеет предел: максимальная прибавка (1,66 т/га) достигается при дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$, дальнейшее увеличение норм не дает значимого результата. Комплексное внесение NPK превосходит по эффективности отдельное применение отдельных компонентов. Например, в степной зоне Узбекистана комбинация гербицида «Атлантис» (300 г/га) и NPK-удобрений повысила урожайность на 7,7–25,7 ц/га. Без агротехнических мероприятий урожай составлял 30,6 ц/га, с гербицидом – 38,3 ц/га, а с добавлением удобрений – до 25,7 ц/га (Ибрагимов З.А. и др., 2024; Фетюхин И.В. и др., 2019). Это подчеркивает важность интеграции химических и минеральных методов для минимизации потерь урожая. В южной лесостепи Омской области изучали влияние азотных удобрений (N_{35}) и агрохимобработок на урожайность яровой пшеницы после парового севооборота. Применение N_{35} повысило урожай на 0,43–0,74 т/га (25,1–39,2 %), а подкормка карбамидом (5–10 кг/га) – на 0,32–0,47 т/га. Комбинирование гербицидов, карбамида и фунгицидов дало прирост до 1,83 т/га (Ледовский Е.Н. и др., 2021).

Засоренность посевов в критические фазы развития (от выхода в трубку до колошения) напрямую влияет на сохранность растений к уборке. Чем выше уровень сорняков, тем ниже выживаемость пшеницы. Применение оптимальных доз NPK в сочетании с гербицидами повышало сохранность растений до 84–87 %, тогда как на контрольных участках этот показатель составлял 74–78 % (Amirov M.F. et al., 2020). Особенно актуальна эта проблема в регионах с высокой засоренностью, таких как Московская область, где использование азотных удобрений без контроля сорняков становится малорентабельным.

Для повышения эффективности агротехники необходим индивидуальный подход, учитывающий почвенно-климатические условия и биологические особенности сорняков. Важно внедрять технологии точного земледелия, включая

почвенный и растительный мониторинг, для дифференцированного внесения удобрений и гербицидов. Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на оптимизации соотношений NPK под конкретные сценарии засоренности, а также на изучении долгосрочных взаимодействий химических препаратов и минеральных удобрений для экологической устойчивости агроландшафтов.

1.4.3 Управление внесением удобрений, влияющее на популяцию сорняков при выращивании пшеницы

Внесение удобрений влияет на популяции сорняков при выращивании пшеницы. Оптимизация азотного питания с учетом биологических особенностей питания растений является важным элементом интенсификации выращивания культур, которое является структурным компонентом белков, нуклеиновых кислот и хлорофилла. Правильное внесение удобрений способствует росту культурных растений, таких как пшеница, что может снизить конкурентоспособность сорняков. Микроорганизмы являются одними из самых многочисленных и разнообразных микроорганизмов в ризосфере. Некоторые из них способны преобразовывать азот воздуха в формы, которые могут быть использованы растениями. Они быстро размножаются и способны переработать широкий спектр органических веществ, что помогает разлагать растительные остатки и освобождать питательные элементы для растений (Берестецкий А.О., 2008). Усиление процесса связывания атмосферного азота может быть достигнуто с помощью биопрепараторов, которые обеспечивают дополнительное снабжение растений азотом за счет его фиксации из атмосферы. Эти препараты также способствуют мобилизации фосфора и калия из почвенных запасов, что в свою очередь служит источником биогенных элементов для растений. Такой подход не только способствует улучшению питательного статуса культур, но и

имеет значительное экономическое и экологическое значение. Использование биопрепараторов позволяет сократить расход химических добавок, уменьшить негативное влияние на природу и повысить сопротивляемость агроэкосистем к внешним стрессовым условиям (Завалин А.А., 2011).

Химические добавки могут оказать негативное влияние на развитие и рост культур. При подкормке растений на поле часто наблюдается активизация развития сорняков, которые начинают затенять посевные культуры, лишая их солнечного света и необходимых микроэлементов. Таким образом, использование удобрений на полях, где есть сорные растения, оказывается не результативным, а при сильном засорении может приводить к экономическим и агротехническим потерям. Учитывая это, внесение удобрений должно обязательно сопровождаться мерами по удалению сорняков, включая применение гербицидов. Такими действиями можно повысить эффективность применения удобрений, обеспечить оптимальные условия для роста культурных растений и снизить негативное воздействие сорных растений на урожайность (Баздырев Г.И. и др., 2004). Сохранение белка в семенах пшеницы играет важную роль в обеспечении питательной ценности рациона человека. Применение азотных удобрений, особенно на стадиях цветения, способствует эффективному увеличению содержания запасных белков в зерне. Исследования (Shewry P.R., 2009) подтверждают, что использование азотных или комплексных удобрений не только стимулирует рост культур, но и повышает их конкурентоспособность в агроэкосистемах (Захаренко В.А. и др., 2007). Азотные удобрения также помогают стабилизировать фитосанитарное состояние агроэкосистем. Однако при совместном применении агрохимии на одном поле возникают сложные взаимодействия, которые могут существенно влиять на их эффективность (Москвитин А.С., 2005). Сохранение белка в семенах пшеницы играет важную роль в обеспечении питательной ценности рациона человека. Применение

азотных удобрений, особенно на стадиях цветения, способствует эффективному увеличению содержания запасных белков в зерне. Исследования (Shewry P.R., 2009) подтверждают, что использование азотных или комплексных удобрений не только стимулирует рост культур, но и повышает их конкурентоспособность в агроэкосистемах (Захаренко В.А. и др., 2007). Азотные удобрения также помогают стабилизировать фитосанитарное состояние агроэкосистем. Однако при совместном применении агрохимии на одном поле возникают сложные взаимодействия, которые могут существенно влиять на их эффективность (Москвитин А.С., 2005). Система поглощения полезных веществ корнями яровой пшеницы характеризуется низкой эффективностью, что предъявляет высокие требования к почвенным условиям, особенно в начале активного роста культур. Вследствие этого, важно применять качественные базовые удобрения (Рабинович Г.Ю. и др., 2015). Оптимизация азотного питания зерновых культур, включая яровую пшеницу, требует научного подхода для увеличения урожайности и производства высококачественного зерна с повышенным содержанием белка. Азот, как ключевой питательный элемент, играет первостепенную роль в этом процессе. Увеличение производства продовольственного зерна зависит от внедрения новых агротехнических методов, особенно в условиях высокой стоимости азотных удобрений. Важным аспектом является определение оптимальных норм удобрений, что позволяет максимизировать их эффективность, рационально использовать потенциал растений и доступные ресурсы (Чухина О.В. и др., 2017). Современные селекционеры, занимающиеся выведением новых сортов пшеницы, активно работают над решением ряда проблем, с которыми сталкиваются новые сорта, в частности над повышением их устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам по сравнению с традиционными («старыми») сортами. К таким стрессовым факторам относятся болезни, вредители, сорная растительность,

засуха, экстремальные температуры (как высокие, так и низкие), засоление почв, загрязнение окружающей среды и дефицит микроэлементов в почве. На производство пшеницы всё сильнее влияют климатические изменения, в том числе рост среднегодовой глобальной температуры. В этих условиях исследователи взаимодействуют со всеми участниками производственной цепочки, стремясь повысить урожайность пшеницы за счёт оптимизации применения агрохимикатов – в первую очередь удобрений, пестицидов и гербицидов. Параллельно растёт интерес к органическому земледелию, в рамках которого часто используются старые сорта пшеницы, не прошедшие через современные программы селекции (Arzani A. et al., 2017). Содержание азота в зерне и побочных продуктах является важным показателем, отражающим состояние подкормки растений, а также уровень производительности (Завалин А.А. и др., 2018). Применение минеральных удобрений в комплексе с органическими субстратами способствует повышению качества зерна и усилинию питания растений в период от цветения до окончания молочной спелости зерна (Баушева Н.П. и др., 2019). Необходимо определить наиболее эффективную систему подкормки и обработки почвы для повышения урожайности яровой пшеницы в каждой климатической зоне (Парамонов А.В. и др., 2017). Для получения высококачественного зерна необходимо искать новые агроприемы и технологии, увеличивать внутреннее производство продовольственного зерна. Азотные удобрения, вносящие максимальный эффект, имеют особое значение. Поиск оптимальных норм и способов (Чухина О.В. и др., 2017) позволяет увеличить урожайность на 25–50 % при внесении NPK. Это обусловлено положительным взаимодействием с азотными удобрениями, эффективность которых возрастает в зависимости от содержания этого элемента в почве. Для повышения урожая, озимая пшеница потребляет азот в количестве от 47 до 200 кг/га, тогда как яровая 38–153 кг/га. При этом озимая

пшеница использует 31–50 %, а яровая – 31–42 % азотного удобрения от применяемой нормы (Сычев В.Г. и др., 2009). Поэтому при увеличении норм азотных удобрений из органов растений объем поступления азота к зерну увеличивается в условиях избытка влаги, а в засушливых условиях снижается. Этим объясняется увеличение содержания белка в зерне и продуктивности пшеницы при внесении азотных удобрений в норме 60–90 кг/га. Содержание белков и аминокислот в химическом составе зерна является основной пищевой ценностью. Технологические свойства пшеницы зависят также от содержания белков, особенно клейковины. Белки клейковины определяют свойства хлеба из пшеничной муки. Качественные показатели клейковины, в свою очередь, определяют крепость пшеничной муки (Федоренко В.Ф. и др., 2018). Благодаря высоким агротехнологиям подкормка растений стала эффективным фактором снижения загрязнения окружающей среды. При ее нарушении наблюдаются противоположные последствия. Эффективное управление внесением удобрений является важным аспектом в выращивании злаковых культур. Сбалансированное применение удобрений, учитывающее потребности растений и почвы, может помочь минимизировать появление сорняков и повысить плодородие почвы.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Место проведения исследования и характеристики почвы

Исследования проводились в 2022–2024 годах на стационарном опытном поле, расположенном в деревне Соколово Новомосковского административного округа, на базе Технологического центра земледелия при лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»).

Почва опытного участка представлена дерново–подзолистым типом среднесуглинистого гранулометрического состава, сформировавшимся на моренных отложениях с примесью слабокислых комплексов до 10 %. Толщина пахотного горизонта составляет 26–28 см. Содержание гумуса (органического вещества) варьируется от 3,2 до 4,1 %. Реакция среды по рН солевой вытяжки находится в пределах 5,7–5,8, что характеризует почву как слабокислую, приближающуюся к нейтральной. Гидролитическая кислотность составляет 3 мг–экв/100 г почвы. По методу Кирсанова содержание подвижного фосфора (P_2O_5) составляет 165–193 мг/кг, что соответствует высокому уровню обеспеченности, а подвижного калия (K_2O) – 80–119 мг/кг, что оценивается как средний уровень.

2.2 Климатические условия

Климат Московской области относится к умеренно континентальному типу, что обусловлено её значительной удалённостью от крупных водоёмов. Для региона характерна ярко выраженная сезонность: тёплое лето и умеренно холодная зима с устойчивым снежным покровом. Глубина промерзания почвы

может достигать 1 м. Среднегодовая температура воздуха составляет $+3,7\dots+3,8^{\circ}\text{C}$, а годовое количество осадков колеблется в пределах 540–650 мм. Осадки выпадают в среднем 171 день в году, преимущественно в жидкой форме. Несмотря на достаточное увлажнение, в отдельные годы наблюдаются периоды дефицита влаги.

В летний период продолжительность светового дня составляет 15–17 часов. Продолжительность вегетационного периода, в течение которого среднесуточная температура воздуха держится выше $+10^{\circ}\text{C}$, составляет 138–140 дней, а сумма активных температур за это время не превышает 2050°C . Период с отрицательными температурами (ниже 0°C) длится 120–135 дней – он начинается в середине ноября и заканчивается в конце марта.

2.3 Метеорологические условия в годы проведения опытов

Погодные условия в 2022 году

В 2022 году наблюдались значительные отклонения температуры от средних многолетних значений, что особенно четко проявилось как в весенний, так и в летний период (рис. 1).

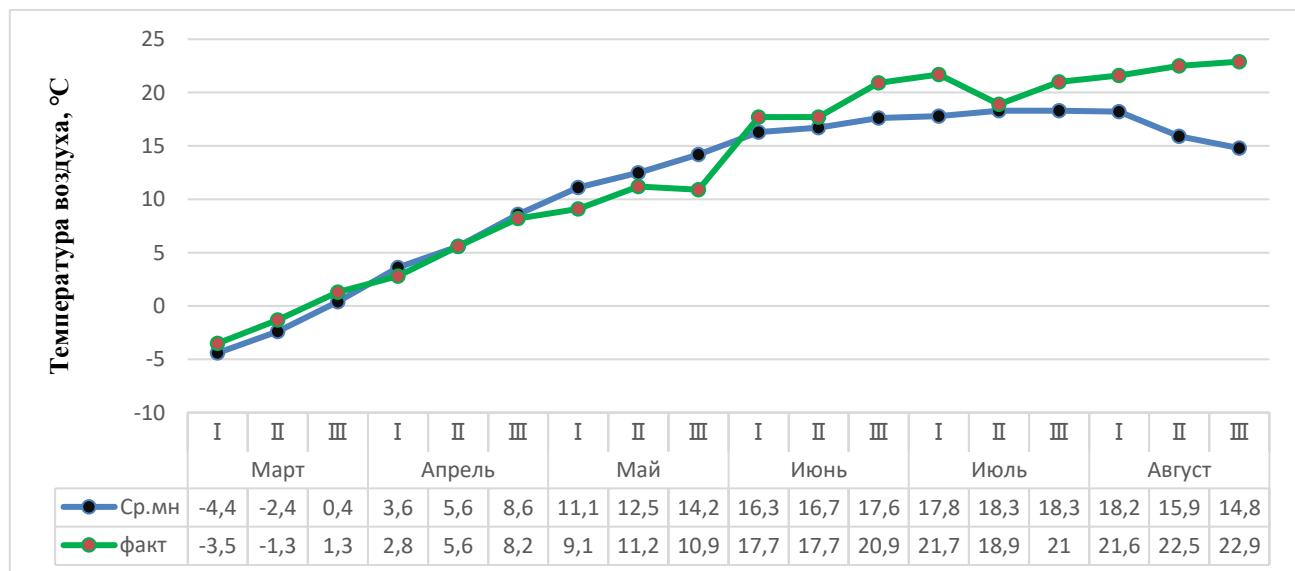


Рисунок 1 – Температура воздуха в 2022 году, $^{\circ}\text{C}$

Весенний период начался с теплой погоды: март оказался выше среднегодовых значений на 0,9 $^{\circ}\text{C}$ (первая декада), 1,1 $^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и 0,9 $^{\circ}\text{C}$ (третья декада), апрель обеспечил более стабильную погоду, практически совпадая с нормой, отклонение составило -0,8 $^{\circ}\text{C}$ (первая декада), 0 $^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и -0,4 $^{\circ}\text{C}$ (третья декада), однако уже в мае произошло резкое снижение температур – этот месяц был холоднее обычного на 2,0 $^{\circ}\text{C}$ (первая декада), 1,3 $^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и 3,3 $^{\circ}\text{C}$ (третья декада).

Лето 2022 года отметилось аномально высокими температурами. Июнь превысил норму на 1,4 $^{\circ}\text{C}$ (первая декада), 1,0 $^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и 3,3 $^{\circ}\text{C}$ (третья декада), особенно жарко было к концу месяца. Июль также выделялся повышенными показателями: первая декада оказалась на 3,9 $^{\circ}\text{C}$ теплее обычного, вторая – на 0,6 $^{\circ}\text{C}$, третья – на 2,7 $^{\circ}\text{C}$. Август оказался самым жарким месяцем года, с максимальными отклонениями от нормы: +3,4 $^{\circ}\text{C}$ (первая декада), +6,6 $^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и +8,1 $^{\circ}\text{C}$ (третья декада).

В 2022 году количество осадков обеспечило значительные колебания, как по месяцам, так и по декадам (рис. 2).

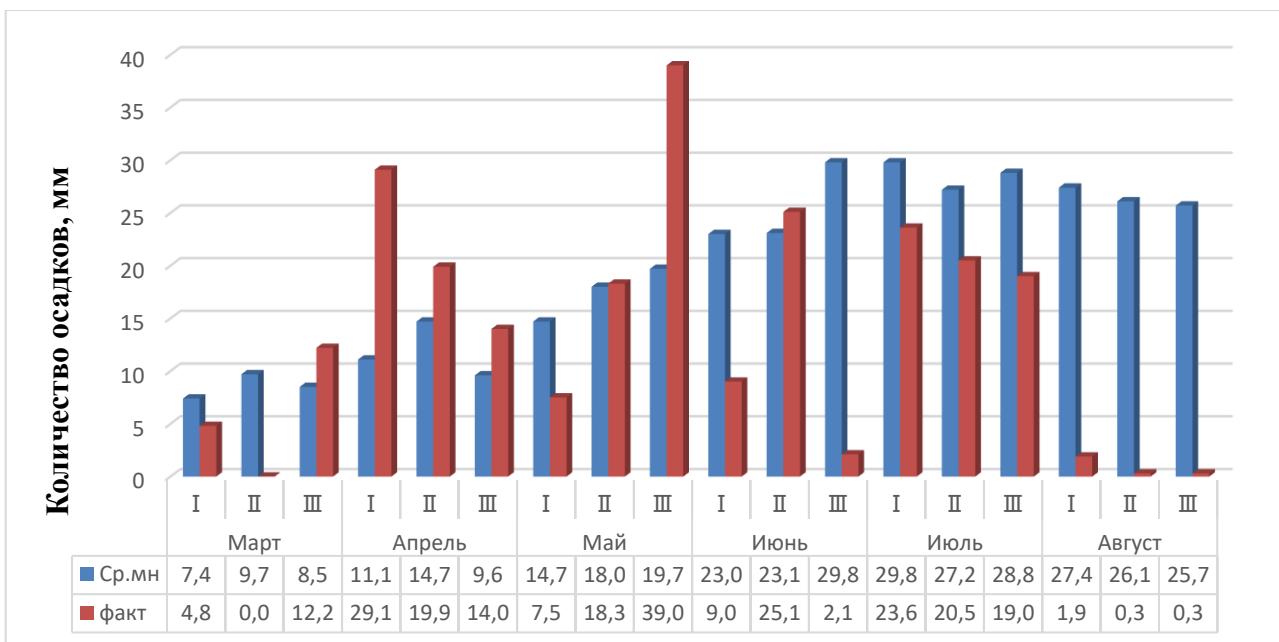


Рисунок 2 – Осадки в 2022 году, мм

Весна началась с недостатка осадков: март оказался менее влажным, чем обычно – 4,8 мм (первая декада) вместо средних 7,4 мм, а вторая декада была полностью без осадков (0,0 мм против 9,7 мм). Лишь третья декада принесла избыток влаги (12,2 мм вместо 8,5 мм). Апрель, напротив, ознаменовался высокой влажностью: первая декада превысила норму (29,1 мм вместо 11,1 мм), вторая также оказалась влажной (19,9 мм вместо 14,7 мм), а третья декада показала близкие к норме значения (14,0 мм вместо 9,6 мм). Май начался с недостатка осадков (7,5 мм вместо 14,7 мм), но вторая декада приблизилась к норме (18,3 мм вместо 18,0 мм), а третья декада принесла значительное превышение (39,0 мм вместо 19,7 мм).

Лето отметилось нестабильностью. Июнь начался с недостатка осадков (9,0 мм вместо 23,0 мм), вторая декада оказалась близкой к норме (25,1 мм вместо 23,1 мм), а третья декада была крайне сухой (2,1 мм вместо 29,8 мм). Июль продемонстрировал умеренные показатели: первая декада принесла 23,6 мм (при норме 29,8 мм), вторая – 20,5 мм (при норме 27,2 мм), третья – 19,0 мм (при норме 28,8 мм). Август стал исключительно засушливым: первая декада принесла лишь 1,9 мм (вместо 27,4 мм), вторая – 0,3 мм (вместо 26,1 мм), третья – также 0,3 мм (вместо 25,7 мм).

Метеорологические условия в 2023 году

В 2023 году температурные условия отличались значительными отклонениями от многолетних средних значений, особенно в весенний период (рис. 3).

Весна началась с аномально теплой погоды: март оказался значительно выше нормы, с отклонениями $+1,7^{\circ}\text{C}$ (первая декада), $+3,0^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и $+5,2^{\circ}\text{C}$ (третья декада). Апрель продолжил эту тенденцию, обеспечив еще более

высокие показатели – $+4,4^{\circ}\text{C}$ (первая декада), $+4,1^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и $+2,9^{\circ}\text{C}$ (третья декада). Однако май оказался менее стабильным: первая декада была холоднее обычного ($-3,6^{\circ}\text{C}$), тогда как вторая ($+2,4^{\circ}\text{C}$) и третья декады ($+1,3^{\circ}\text{C}$) вернулись к теплым значениям.

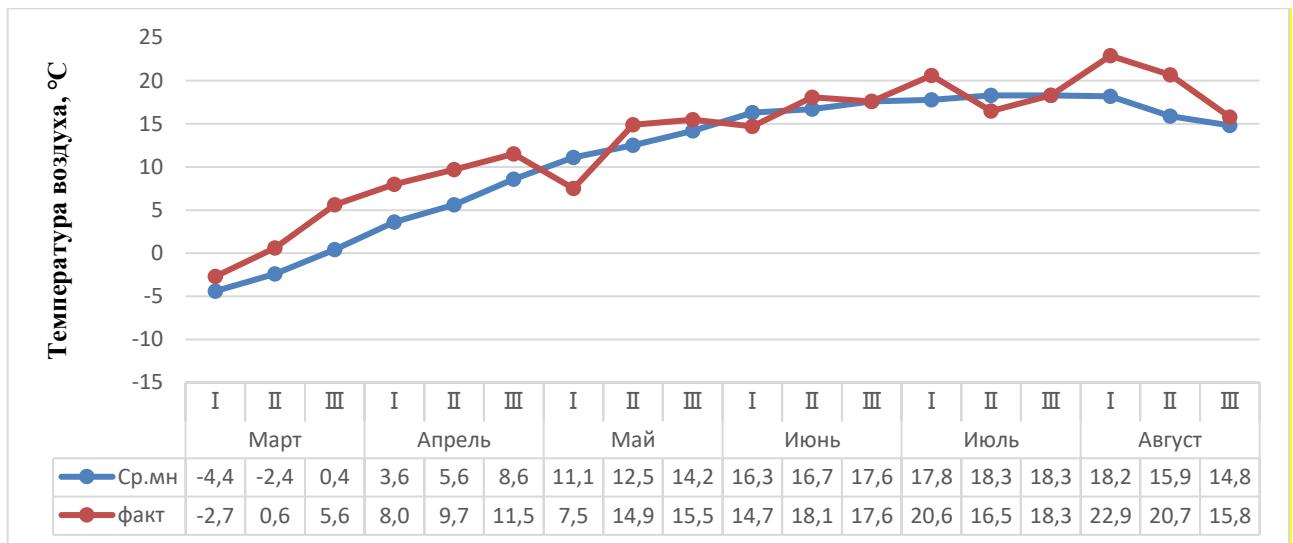


Рисунок 3 – Температура воздуха в 2023 году, $^{\circ}\text{C}$

Лето характеризовалось смешанными температурными режимами. Июнь начался прохладно ($-1,6^{\circ}\text{C}$ в первой декаде), но постепенно приблизился к норме ($+1,4^{\circ}\text{C}$ во второй декаде) и полностью совпал с ней в третьей декаде (0°C). Июль обеспечил резкие колебания: первая декада была теплее на $+2,8^{\circ}\text{C}$, вторая декада оказалась холоднее ($-1,8^{\circ}\text{C}$), а третья декада вернулась к средним значениям ($+0^{\circ}\text{C}$). Август стал самым жарким месяцем года, превысив норму на $+4,7^{\circ}\text{C}$ (первая декада), $+4,8^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и $+1,0^{\circ}\text{C}$ (третья декада).

В 2023 году количество осадков показало значительные колебания, как по месяцам, так и по декадам (рис. 4).

Весна началась с избыточного количества осадков: март оказался значительно влажнее нормы – 9,6 мм (первая декада), 25,2 мм (вторая декада) и 25,8 мм (третья декада) против средних значений 7,4 мм, 9,7 мм и 8,5 мм, соответственно. Апрель, напротив, обеспечил контрастную картину: первая

декада характеризовалась недостатком осадков (5,6 мм вместо 11,1 мм), вторая декада была практически без осадков (0,2 мм вместо 14,7 мм), а третья декада компенсировала этот недостаток, обеспечив 23,8 мм при норме 9,6 мм. Май также отличился нестабильностью: первые две декады были крайне сухими (3,8 мм и 2,1 мм вместо 14,7 мм и 18,0 мм), но третья декада оказалась влажной, с 29,2 мм осадков против нормы 19,7 мм.

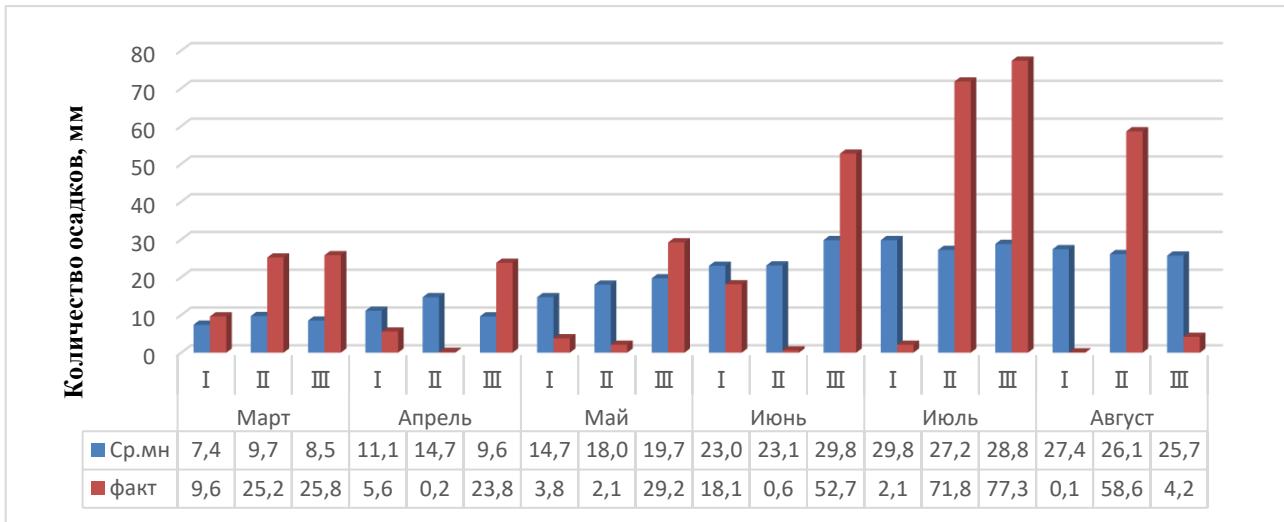


Рисунок 4 – Осадки в 2023 году, мм

Лето отметилось резкими перепадами. Июнь начался близко к норме (18,1 мм вместо 23,0 мм), но вторая декада снова продемонстрировала сильный недостаток осадков (0,6 мм вместо 23,1 мм). Третья декада компенсировала этот дефицит, принеся 52,7 мм осадков при норме 29,8 мм. Июль оказался месяцем контрастов: первая декада была крайне сухой (2,1 мм вместо 29,8 мм), но вторая и третья декады принесли обильные осадки – 71,8 мм и 77,3 мм, соответственно, что значительно превысило средние значения (27,2 мм и 28,8 мм). Август начался практически без осадков (0,1 мм вместо 27,4 мм), вторая декада была влажной (58,6 мм вместо 26,1 мм), а третья декада снова вернулась к недостатку влаги (4,2 мм вместо 25,7 мм).

Метеорологические условия в 2024 году

В 2024 году сохранились климатические тенденции, характерные для предыдущих лет: фактические температуры существенно отклонялись от средних многолетних значений (рис. 5).

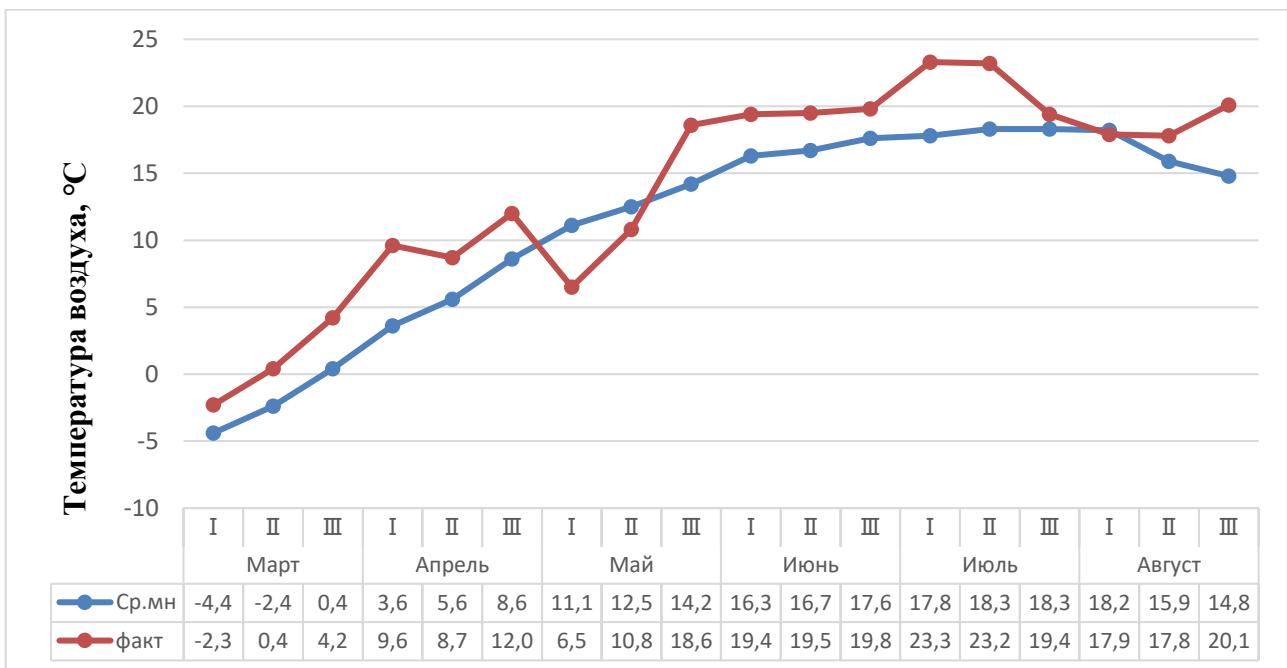


Рисунок 5 – Средняя температура воздуха в 2024 году, °C

Весна началась с аномально теплой погоды. В марте температура была выше нормы на $+2,1^{\circ}\text{C}$ (первая декада), $+2,8^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и $+3,8^{\circ}\text{C}$ (третья декада). Апрель также выдался теплее обычного, с отклонениями $+6,0^{\circ}\text{C}$ (первая декада), $+3,1^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и $+3,4^{\circ}\text{C}$ (третья декада). Май обеспечил изменчивую температуру: первая декада была холоднее на $-4,6^{\circ}\text{C}$, вторая – прохладнее на $-1,7^{\circ}\text{C}$, однако третья декада превысила норму на $+4,4^{\circ}\text{C}$, что указывает на нестабильность погодных условий.

Лето 2024 года отметилось высокими температурами. Июнь был теплее нормы на $+3,1^{\circ}\text{C}$ (первая декада), $+2,8^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и $+2,2^{\circ}\text{C}$ (третья декада). Июль оказался самым жарким месяцем, с отклонениями $+5,5^{\circ}\text{C}$ (первая

декада), $+4,9^{\circ}\text{C}$ (вторая декада) и $+1,1^{\circ}\text{C}$ (третья декада). В начале августа температура была близка к климатической норме (отклонение составило $-0,3^{\circ}\text{C}$ в первой декаде), во второй декаде наблюдалось потепление ($+1,9^{\circ}\text{C}$), а завершился месяц аномально высокими значениями $+5,3^{\circ}\text{C}$ в третьей декаде.

В 2024 году наблюдалась значительная изменчивость количества осадков как в разрезе отдельных месяцев, так и по декадам (рис. 6).

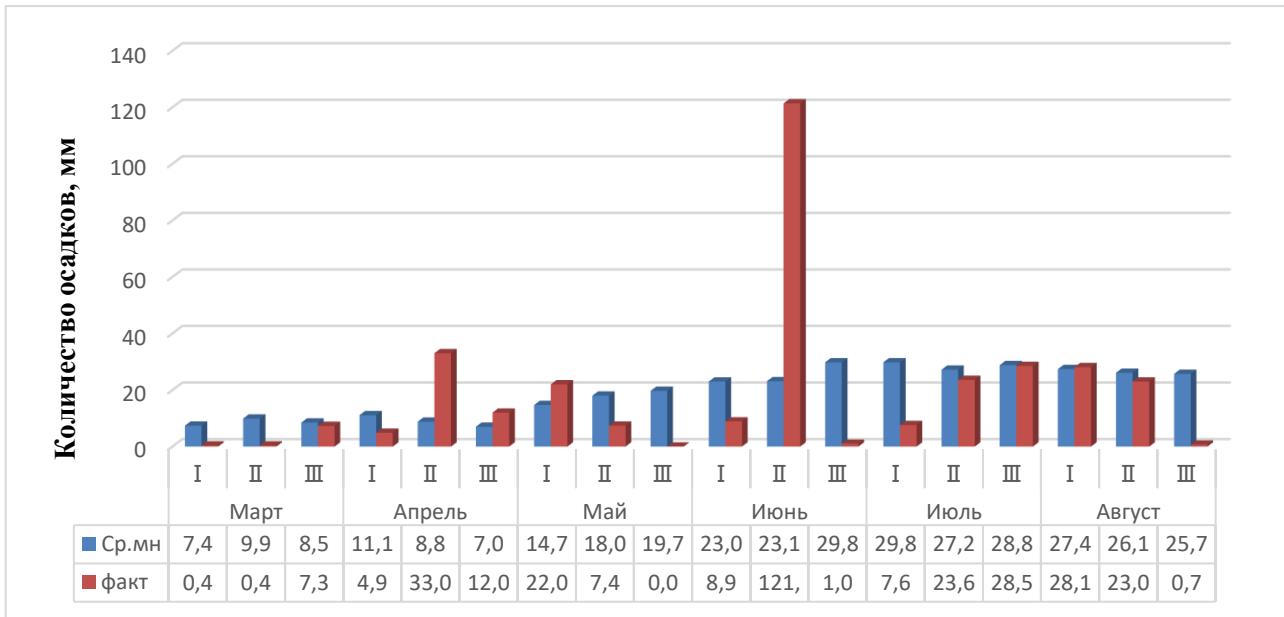


Рисунок 6 – Осадки в 2024 году, мм

Весна началась с заметного недостатка осадков: март выдался особенно засушливым, с показателями 0,4 мм (первая декада) и 0,4 мм (вторая декада), что значительно ниже средних значений 7,4 мм и 9,9 мм, соответственно. Лишь в третьей декаде осадки приблизились к норме (7,3 мм вместо 8,5 мм). Апрель также начался с недостатка влаги (4,9 мм вместо 11,1 мм), но во второй декаде наблюдалось резкое превышение нормы – 33,0 мм против 8,8 мм. Третья декада принесла умеренное количество осадков (12,0 мм вместо 7,0 мм). Май ознаменовался контрастами: первая декада была избыточно влажной (22,0 мм

вместо 14,7 мм), вторая – недостаточной (7,4 мм вместо 18,0 мм), а третья декада выдалась полностью без осадков.

Летний период обеспечил еще большую нестабильность. Июнь начался сухим (8,9 мм вместо 23,0 мм), но вторая декада отметилась аномально высокими осадками – 121,4 мм против 23,1 мм. Завершился месяц практически без осадков (1,0 мм вместо 29,8 мм). Июль был более равномерным: первая декада обеспечила недостаток влаги (7,6 мм вместо 29,8 мм), вторая – близкие к норме показатели (23,6 мм вместо 27,2 мм), а третья декада совпала со средними значениями (28,5 мм вместо 28,8 мм). Август выдался умеренно влажным в первой (28,1 мм вместо 27,4 мм) и второй декадах (23,0 мм вместо 26,1 мм), однако третья декада снова оказалась исключительно сухой (0,7 мм вместо 25,7 мм).

2.4 Описание сорта яровой пшеницы

Радмира – сорт мягкой яровой пшеницы выведен селекционерами ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» в результате скрещивания линий «Злата» и «Эстер». Отличительной особенностью сорта является повышенное содержание белка в зерне. Масса 1000 зёрен варьируется в пределах 32–41 г. По срокам созревания относится к среднеспелым – вегетационный период составляет 76–107 дней. Хлебопекарные свойства оцениваются как хорошие, при этом содержание сырой клейковины в муке достигает 32–44 %. Средняя урожайность в регионе выращивания составляет 30,8 ц/га. Сорт включён в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, с 2020 года. Устойчивость к полеганию соответствует стандарту.

2.5 Характеристика действующих веществ гербицидов

Примадонна, СЭ, препарат представляет собой суспензионную эмульсию, содержащую два действующих вещества: 2,4-Д в форме 2-этилгексилового эфира 2,4-дихлорфеноксикусной кислоты и флорасулам. Сочетание этих компонентов обеспечивает расширенный спектр гербицидной активности за счёт синергетического взаимодействия различных механизмов действия. Концентрация действующих веществ составляет 200 г/л 2,4-Д (в пересчёте на кислоту, в виде 2-этилгексилового эфира) и 5,0 г/л флорасулама. 2,4-Д относится к классу феноксикарбоксилатов и действует как синтетический аналог ауксина. Он нарушает нормальные физиологические процессы в чувствительных растениях: подавляет деление клеток и синтез белка, угнетает фотосинтез и вызывает дестабилизацию метаболизма – в частности, усиливает гидролиз белков, инулина и крахмала. Это приводит к нарушению водного баланса и последующему увяданию сорняков. Вещество быстро поглощается листьями и эффективно транспортируется по всему растению, включая корневую систему, где преимущественно блокирует рост в меристематических тканях (Маханькова Т.А. и др., 2013; Кириленко Е.И. и др., 2018).

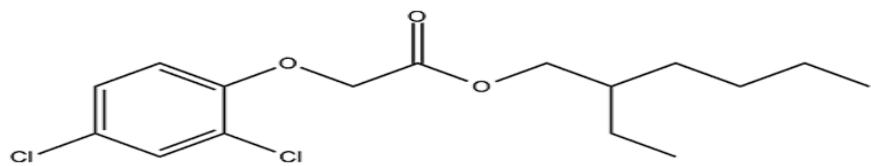


Рисунок 7 – Структурная формула 2,4-Д (2-этилгексиловый эфир)

Эмпирическая формула 2,4-Д (2-этилгексиловый эфир) $C_{16}H_{22}Cl_2O_3$.

Физико–химические характеристики 2,4–Д: молекулярная масса – 333,3 г/моль, температура плавления – < -37 °C, температура кипения – > 300 °C, плотность при 20 °C – 1,15 г/см³, давление паров при 25 °C – 47,9 мПа, растворимость в воде при 25 °C – 0,086 мг/дм³ (Pesticides.ru, 2023).

Флорасулам является ингибитором биосинтеза незаменимых аминокислот, активирует фермент ацетолактатсинтазы (Малявко Г.П. и др., 2015). Входит через листья и корни растений–сорняков. Избирательность достигается за счет быстрого метаболизма в культурных растениях по сравнению с сорными видами. Флорасулам эффективен против ряда двудольных сорняков, таких как подмаренник цепкий и звездчатка средняя.

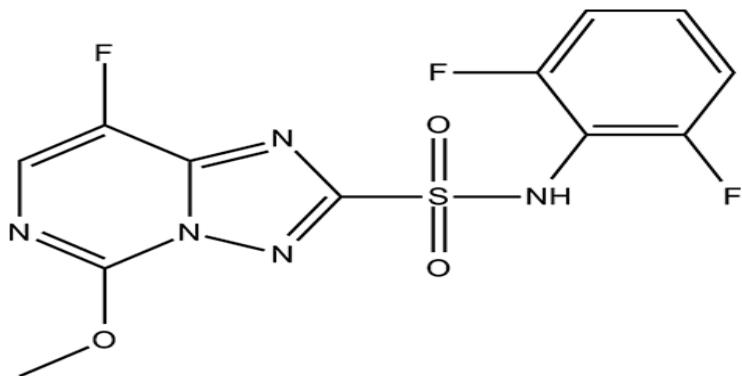


Рисунок 8 – Структурная формула флорасулама

Эмпирическая формула флорасулама C₁₂H₈F₃N₅O₃S.

Физико–химические характеристики флорасулама: молекулярная масса – 359,3 г/моль, температура плавления – 193,5–230,5 °C (с разложением), растворимость в воде при 25 °C, pH 5,6–5,8 – 0,121 г/дм³, давление паров при 25 °C – 1,0·10⁵ Па (Pesticides.ru, 2023). Оба гербицида подавляют однолетние и многолетние двудольные сорняки, характерные для зерновых культур. 2,4–Д эффективен против широколистных сорняков, нарушая процессы фотосинтеза и обмена веществ, потенциально вызывая значительное снижение поступления питательных веществ в растения. Флорасулам, в свою очередь, эффективно

контролирует такие сорняки, как горчак ползучий и ромашка, без фитотоксичности для злаковых культур, что делает его безопасным в севооборотах.

Пиксель, МД, гербицид, представляет масляную дисперсию, содержащую три активных вещества: действующее вещество (д. в.) – 90 г/л тифенсульфурон–метила + 24 г/л флуметсулама + 18 г/л флорасулама. Эти компоненты обеспечивают системное действие и высокую эффективность против широкого спектра двудольных сорняков. Препараты активно поглощаются листьями, перемещаются по растению и накапливаются в точках роста, что обуславливает их высокую эффективность.

Тифенсульфурон–метил, будучи высокосистемным гербицидом, подавляет однолетние и некоторые многолетние двудольные сорные растения. Флуметсулам и флорасулам также работают на основе ингибиции АЛС, блокируя ключевые процессы метаболизма в сорных растениях (Титов Ю.В., 1999).

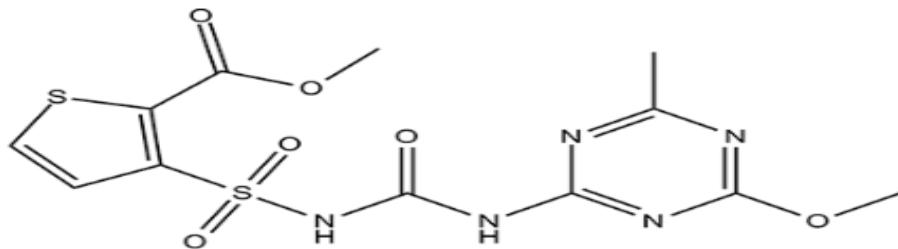


Рисунок 9 – Структурная формула тифенсульфурон–метила

Эмпирическая формула тифенсульфурон–метила $C_{12}H_{13}N_5O_6S_2$.

Физико–химические свойства тифенсульфурон–метила: молекулярная масса – 387,4 г/моль, температура плавления – 176 $^{\circ}\text{C}$, растворимость в воде при 25 $^{\circ}\text{C}$, pH 5 – 223 мг/л, давление паров при 25 $^{\circ}\text{C}$ – $1,7 \cdot 10^{-5}$ Па (Pesticides.ru, 2023).

Флуметсуалам и флорасулам проявляют высокую фитотоксичность к широколистным сорнякам, таким как василек синий и подмаренник цепкий. Они способны формировать резистентные биотопы, что требует осторожного использования и мониторинга состояния растений (Norsworthy et al., 2012)

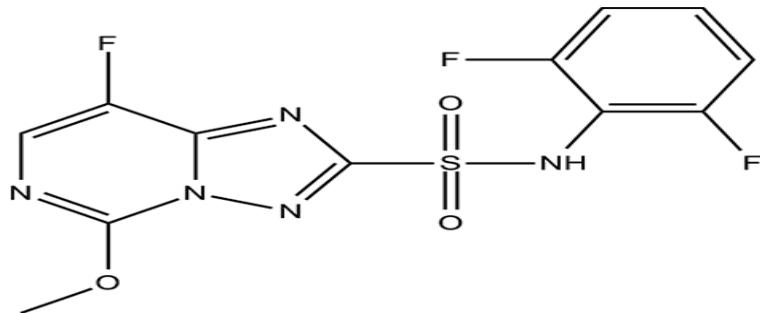


Рисунок 10 – Структурная формула флуметсуалама

Эмпирическая формула флуметсуалама $C_{12}H_9F_2N_5O_2S$.

Физико–химические свойства флуметсуалама: молекулярная масса – 325,9 г/моль, температура плавления – 235–254 °C (с разложением), растворимость в воде при 25 °C, pH 2,5 – 49 мг/л, pH 7,0 – 5,65 г/л.

Унико, ККР, гербицид, производимый компанией АО "Щелково Агрохим", представляет концентрат коллоидного раствора, содержащий 100 г/л флуороксирида и 2,5 г/л флорасулама. Благодаря уникальной коллоидной НАНОформуляции препарат обладает быстродействием и высокой проникающей способностью. Сочетание двух действующих веществ, обладающих разными механизмами действия, обеспечивает высокую эффективность против широкого спектра двудольных сорняков – как однолетних (в том числе устойчивых к 2,4–Д и МЦПА), так и многолетних. Флуороксирип быстро поглощается листьями сорняков и частично абсорбируется корнями из почвы. После обработки гербицид проникает и распределяется по всем частям растения, включая точки роста. Действует подобно ауксину, нарушая

естественные физиологические процессы, что приводит к задержке и полному прекращению роста (Christoffoleti P. et al., 2015; Grzanka M. et al., 2024). Флорасулам относится к химическим классам триазолпиримидинов и фторорганических соединений, находящийся в составе Унико, ККР, является мощным ингибитором ацетолактатсинтазы (АЛС), фермента, задействованного в биосинтезе незаменимых аминокислот (Uchino A., 2003). Блокировка этого фермента приводит к утрате способности растения синтезировать важные компоненты белков, что в конечном итоге вызывает гибель сорняков. После обработки гербицидом, сорные виды, такие как подмаренник цепкий, звездчатка средняя, щирицы, осот, начинают проявлять признаки фитотоксичности в течение нескольких часов: рост замедляется, листовые пластинки скручиваются, а корни загнивают и отмирают (Parven A. et al., 2025). Препарат быстро поглощается растениями – в течение первого часа после обработки – и равномерно распределяется по всем органам, включая корневую систему, что обеспечивает полное подавление сорной растительности. Его эффективность сохраняется даже при выпадении осадков через 1 час после опрыскивания. Защитное действие сохраняется практически в течение всего вегетационного периода культуры при условии отсутствия повторного появления сорняков и с учётом погодных факторов. Гербицид «Унико, ККР» совместим с большинством пестицидов, однако перед совместным применением рекомендуется провести тест на физико-химическую совместимость компонентов. Опрыскивание посевов яровой пшеницы проводят в фазе от кущения до выхода в трубку, при этом обработку целесообразно проводить на ранних стадиях развития сорняков. Рекомендуемая норма расхода препарата составляет 1,0–1,5 л/га. Препарат не имеет ограничений для последующих культур в севообороте, обеспечивая высокую эффективность против устойчивых сорняков, быстрое проникновение и длительное защитное действие. Унико, ККР является современным и

эффективным решением для контроля сорной растительности в посевах яровой пшеницы, способствуя повышению урожайности и рентабельности производства.

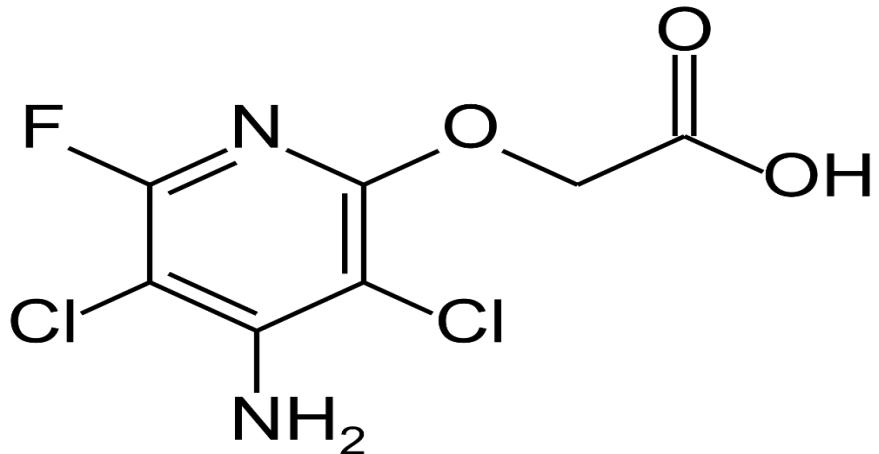


Рисунок 11 – Структурная формула флуороксирира

Эмпирическая формула флуороксирира C₇H₅Cl₂FN₂O₃.

2.6 Объекты, агротехника и методика исследований

В качестве объекта исследования был выбран сорт яровой мягкой пшеницы Радмира. Предметом изучения стали три гербицида – Примадонна, СЭ, Пиксель, МД и Унико, ККР, а также два уровня азотного питания.

Посев проводили в разные годы: 11 мая 2022 г., 4 мая 2023 г. и 15 мая 2024 г. Норма высева составляла 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Обработку гербицидами проводили с помощью ранцевого опрыскивателя в фазе кущения пшеницы. Подкормку азотом проводили вручную, внося аммиачную селитру в нормах 35 и 70 кг/га. Предшественник – зернобобовые культуры. Расположение вариантов двухфакторного опыта было реномизированное в четырехкратной повторности. Площадь опытной делянки составляла 4x15 м (60 м²).

Использование зернобобовых культур в качестве предшественника способствовало снижению численности вредителей и повышению плодородия почвы. Основную обработку почвы проводили в два этапа: сначала выполняли культивацию с использованием специализированной техники (например, агрегатов КПК-4СУ или КПК-8С), а через 10–14 дней проводили вспашку на глубину 25–27 см с использованием плугов, оснащённых предплужниками (модель ПЛН-3–35).

Таблица 2 – Экспериментальная схема изучения влияния нормы азотного удобрения и гербицидов на продуктивность яровой пшеницы

Фактор	Код	Вариант	Норма
А: Норма азотного удобрения	A ₁	N ₃₅	100 кг/га аммиачной селитры (NH ₄ NO ₃)
	A ₂	N ₇₀	200 кг/га аммиачной селитры (NH ₄ NO ₃)
В: Гербициды	B ₁	Контроль	Без обработки
	B ₂	Примадонна, СЭ	0,9 л/га
	B ₃	Пиксель, МД	0,3 л/га
	B ₄	Унико, ККР	1,5 л/га

Для повышения всхожести, семена протравливали препаратом Оплот Трио, ВСК (500 мл/т). Для защиты посевов использовали инсектицид Децис Профи, ВДГ (0,03 г/га) и фунгицид Альто Супер, КЭ (0,5 л/га) в фазе выхода в трубку яровой пшеницы. Уборка комбайном Winterschtaiger напрямую в фазе полной спелости, поделяночно.

2.7 Полевые и лабораторные учеты

Для оценки степени распространения сорняков определялось их количество на единицу площади. В соответствии со стандартной методикой

Европейского общества по изучению сорняков (EWRS) учёт засоренности проводили в два этапа: сначала на площади $0,25 \text{ м}^2$ (с использованием квадратной рамки), а затем на площади 1 м^2 в четырёх случайно выбранных повторностях на каждой делянке. Наблюдения проводили сначала в контрольном варианте (до обработки), затем через 30 и 45 дней после внесения гербицидов, а также непосредственно перед уборкой урожая. Кроме того, сорняки высушивали при комнатной температуре до получения постоянной воздушно-сухой биомассы. Количество и воздушно-сухая биомасса сорняков выражались в шт./ м^2 и г/ м^2 . Степень засоренности оценивали по пятибалльной глазомерно-числовой шкале, разработанной кафедрой земледелия и МОД РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева.

При послевсходовом применении, гербициды действуют не только на те сорняки, которые взошли, но и те, которые уже вегетируют на момент опрыскивания. Эффективность гербицидов оценивают при втором и третьем учёте по сравнению с исходной засорённостью, внося обязательную поправку на показатели контрольного варианта. Это необходимо, поскольку в течение вегетационного периода в контрольном варианте может происходить естественное изменение численности сорняков – как её увеличение, так и снижение. Степень подавления сорняков ($C_{\text{испр}}$), выраженная в процентах относительно исходной засорённости с учётом поправки на контроль, рассчитывается по следующей формуле (Пикушова Э.А. и др., 2020):

$$C_{\text{испр}} = 100 - \frac{B_0^2}{A_0^2} \times 100 \times \frac{a_k^1}{b_k^2},$$

где a_k^1 – число или биомасса сорняков на 1 м^2 при первом учете в контроле (исходная засоренность);

b_k^2 – тоже, при втором (или третьем) учете в контроле;

A_0^1 – число или биомасса сорняков на 1 м^2 при первом учете в опыте (исходная засоренность);

B_0^2 то же при втором (или третьем) учете в опыте.

В приведенной формуле выражение $100 - \frac{B_0^2}{A_0^1} \times 100$ показывает процент погибших сорняков без поправки на контроль $C_{испр}$, а отношение $\frac{a_k^1}{b_k^2}$ представляет поправку на контроль.

Структуру урожая яровой пшеницы оценивали в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Для этого с двух фиксированных площадок размером 0,25 м² в каждой повторности опыта отбирали растения. Хозяйственную урожайность определяли путём комбайновой уборки с учётных делянок с последующим пересчётом на стандартную влажность 14 % и 100 %-ную чистоту зерна.

Технологические характеристики зерна анализировали в лабораторных условиях: содержание белка – по ГОСТ 10846–91, массу 1000 зёрен – по ГОСТ 10842–89, а количество сырой клейковины – в соответствии с ГОСТ 13586.1–2014.

Математическую обработку полученных данных проводили по методике дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985).

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ

3.1 Исходная засоренность посевов в опыте

В 2022 году исходная общая засоренность в посевах яровой пшеницы до обработки гербицидами составила 577 экз./м² (554 шт./м² малолетних и 23 шт./м² многолетних), в том числе 8 видов малолетних двудольных сорняков и 1 вид многолетних двудольных сорняков, относящихся к 6 семействам (табл. 3).

Таблица 3 – Исходная засоренность посевов яровой пшеницы перед применением гербицидов в 2022 году

№ п/п	Вид сорняка	Латинское название	Семейство	Количество, шт./м ²	Доля от общего числа, %
Малолетние двудольные					
1	Пастушья сумка	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Капустные (Brassicaceae)	171	29,6
2	Ярутка полевая	<i>Thlaspi arvense</i>		15	2,6
3	Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i>	Фиалковые (Violaceae)	81	14,0
4	Сушеница топяная	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	Астровые (Asteraceae)	109	18,9
5	Трехреберник непахучий	<i>Tripleurospermum inodorum</i>		29	5,0
6	Дымянка лекарственная	<i>Fumaria officinalis</i>	Дымянковые (Fumariaceae)	90	15,6
7	Марь белая	<i>Chenopodium album</i>	Амарантовые (Amaranthaceae)	43	7,4
8	Пикульник обыкновенный	<i>Galeopsis tetrahit</i>	Яснотковые (Lamiaceae)	16	2,8
Многолетние двудольные					
9	Осот розовый	<i>Cirsium arvense</i>	Астровые (Asteraceae)	23	4,0
Всего				577	100

Распределение сорного компонента оказалось неравномерным: плотность отдельных видов колебалась от 15 экз./м² (ярутка полевая) до 171 экз./м² (пастушья сумка).

Среди выявленных сорняков к малолетним двудольным относится пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*) семейство Капустные (*Brassicaceae*) – 171 шт./м², ярутка полевая (*Thlaspi arvense*) также семейство Капустные (*Brassicaceae*) – 15 шт./м², фиалка полевая (*Viola arvensis*) семейство Фиалковые (*Violaceae*) – 81 шт./м², сушеница топяная (*Gnaphalium uliginosum*) семейство Астровые (*Asteraceae*) – 109 шт./м², трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum*) того же семейства Астровые (*Asteraceae*) – 29 шт./м², дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis*) семейство Дымянковые (*Fumariaceae*) – 90 шт./м², марь белая (*Chenopodium album*) семейство Амарантовые (*Amaranthaceae*) – 43 шт./м², пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit*) семейство Яснотковые (*Lamiaceae*) – 16 шт./м² и из многолетних двудольных осот розовый (*Cirsium arvense*) семейство Астровые (*Asteraceae*) – 23 шт./м².

Доля встречаемости сорняков в посевах яровой пшеницы в 2022 году до применения гербицидов показывает частоту присутствия конкретного вида по отношению к их общему количеству. Самым распространенным сорняком оказалась пастушья сумка – 29,6 %. Это типичный малолетник, часто встречающийся в посевах зерновых из-за быстрого цикла развития и высокой семенной продуктивности (Ивченко В.К. и др., 2020; Владыкин О.О., 2018). Далее в порядке уменьшения из малолетних сорняков располагались сушеница топяная – 18,9 %, дымянка лекарственная – 15,6 %, фиалка полевая – 14,0 %, марь белая – 7,4 %, трехреберник непахучий – 5,0 %, пикульник обыкновенный – 2,8 % и ярутка полевая – 2,6 %, из многолетних – осот розовый – 4,0 %.

По пятибалльной шкале численной оценки сорняков (методика кафедры земледелия и МОД МСХА) степень засоренности посевов малолетней и

многолетней сорной растительностью, составляющая 554 и 23 шт./м² соответственно, считается очень сильной (5 баллов). Согласно данным таблицы 3, экономический порог вредоносности (ЭПВ) для малолетних двудольных сорняков в посевах яровой пшеницы составляет 10–50 растений на 1 м², а для многолетних двудольных – 4–10 растений на 1 м². На посевах яровой пшеницы, заложенных в ходе настоящего исследования, при степени засоренности в 5 баллов и превышении экономического порога вредоносности по малолетним и многолетним сорным растениям применение гербицидов было экономически оправдано.

В 2023 году исходная общая засоренность сорняков до внесения гербицидов в посевах яровой пшеницы составляла 377 экз./м² (354 шт./м² малолетних и 23 шт./м² многолетних), в том числе 5 видов малолетних двудольных сорняков и 1 вид многолетних двудольных сорняков, относящихся к 5 семействам (табл. 4).

Таблица 4 – Исходная засоренность посевов яровой пшеницы перед применением гербицидов в 2023 году

№ п/п	Вид сорняка	Латинское название	Семейство	Количество, шт./м ²	Доля от общего числа, %
Малолетние двудольные					
1	Пастушья сумка обыкновенная	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Капустные (Brassicaceae)	55	14,6
2	Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i>	Фиалковые (Violaceae)	44	11,7
3	Дымянка лекарственная	<i>Fumaria officinalis</i>	Дымянковые (Fumariaceae)	84	22,3
4	Марь белая	<i>Chenopodium album</i>	Амарантовые (Amaranthaceae)	147	39,0
5	Трехреберник непахучий	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Астровые (Asteraceae)	24	6,4
Многолетние двудольные					
6	Осот розовый	<i>Cirsium arvense</i>	Астровые (Asteraceae)	23	6,1
Всего				377	100

Распределение сорной растительности по вариантам опыта также носило неравномерный характер: её численность колебалась от 23 экз./м² (осот розовый) до 147 экз./м² (марь белая).

На посевах яровой пшеницы были обнаружены следующие виды сорняков, расположенные в порядке убывания их численности: из малолетних двудольных марь белая (*Chenopodium album*) семейство Амарантовые (*Amaranthaceae*) – 147 шт./м², дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis*) семейство Дымянковые (*Fumariaceae*) – 84 шт./м², пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*) семейство Капустные (*Brassicaceae*) – 55 шт./м², фиалка полевая (*Viola arvensis*) семейство Фиалковые (*Violaceae*) – 44 шт./м² и трехреберник непахучий семейство Астровые (*Asteraceae*) – 24 шт./м², а также из многолетних двудольных осот розовый (*Cirsium arvense*) семейство Астровые (*Asteraceae*) – 23 шт./м².

На основании предоставленных данных о доле сорняков от их общего количества в посевах яровой пшеницы в 2023 году до применения гербицидов доминирующими сорняками были дымянка лекарственная – 22,3 % и марь белая – 39,0 %. Менее распространенными сорняками являлись осот розовый – 6,1 % и трехреберник непахучий – 6,4 %. Доля фиалки полевой составляла 11,7 %, пастушьей сумки обыкновенной – 14,6 %.

Степень засоренности посевов яровой пшеницы малолетней и многолетней сорной растительностью, составляющая 354 и 23 шт./м² соответственно, считается очень сильной (5 баллов). При такой степени засоренности и превышении экономического порога вредоносности (ЭПВ) по малолетним и многолетним сорным растениям применение гербицидов в этом году было также экономически оправдано.

В 2024 году в посевах яровой пшеницы до применения гербицидов обеспечивалась самая высокая исходная общая засоренность – 739 шт./м² (715 шт./м² малолетних и 24 шт./м² многолетних), в том числе 6 видов малолетних

двудольных сорняков и 1 вид многолетних двудольных сорняков, относящихся к 6 семействам (табл. 5).

Таблица 5 – Исходная засоренность посевов яровой пшеницы перед применением гербицидов в 2024 году

№ п/п	Вид сорняка	Латинское название	Семейство	Количество, шт./м ²	Доля от общего числа, %
Малолетние двудольные					
1	Марь белая	<i>Chenopodium album</i>	Амарантовые (<i>Amaranthaceae</i>)	296	40,1
2	Звездчатка средняя	<i>Stellaria media</i>	Гвоздичные (<i>Caryophyllaceae</i>)	303	41,0
3	Трехреберник непахучий	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Астровые (<i>Asteraceae</i>)	76	10,3
4	Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i>	Фиалковые (<i>Violaceae</i>)	24	3,2
5	Пастушья сумка обыкновенная	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Капустные (<i>Brassicaceae</i>)	11	1,5
6	Дымянка лекарственная	<i>Fumaria officinalis</i>	Дымянковые (<i>Fumariaceae</i>)	5	0,7
Многолетние двудольные					
7	Осот розовый	<i>Cirsium arvense</i>	Астровые (<i>Asteraceae</i>)	24	3,2
Всего				739	100

Распределение сорного компонента по вариантам опыта было неравномерным и варьировало от 5 шт./м² (дымянка лекарственная) до 303 шт./м² (звездчатка средняя).

В посевах яровой пшеницы до применения гербицидов отмечались следующие сорные растения: из малолетних двудольных в порядке убывания их количества звездчатка средняя (*Stellaria media*) семейство Гвоздичные (*Caryophyllaceae*) – 303 шт./м², марь белая (*Chenopodium album*) семейство Амарантовые (*Amaranthaceae*) – 296 шт./м², трехреберник непахучий семейство Астровые (*Asteraceae*) – 76 шт./м², фиалка полевая (*Viola arvensis*) семейство

Фиалковые (*Violaceae*) – 24 шт./м², пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*) семейство Капустные (*Brassicaceae*) – 11 шт./м² и дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis*) семейство Дымянковые (*Fumariaceae*) – 5 шт./м², а также их многолетних двудольных осот розовый (*Cirsium arvense*) семейство Астровые (*Asteraceae*) – 24 шт./м².

В этом году наибольшее распространение на посевах яровой пшеницы получили марь белая и звездчатка средняя, на долю которых пришлось соответственно 40,1 % и 41,0 % от общей засорённости. Самыми менее распространенными сорняками оказались дымянка лекарственная и пастушья сумка обыкновенная, их доля составила 0,7 и 1,5 % от общего количества соответственно. Доля фиалки полевой и осота розового была одинаковой и составляла 3,2 %.

Степень засоренности посевов яровой пшеницы малолетней и многолетней сорной растительностью, составлявшая 715 и 24 шт./м² соответственно, была в этом году очень сильной – 5 баллов. При таком показателе и превышении экономического порога вредоносности (ЭПВ) по малолетним и многолетним сорнякам в посевах яровой пшеницы применение гербицидов было оправдано.

3.2 Эффективность применения гербицидов

Во всем мире постоянно разрабатываются новые эффективные методы борьбы с сорными растениями, но, несмотря на это, количество сорняков на сельскохозяйственных угодьях увеличивается. В связи с этим сформировалось научное мнение, что полностью уничтожить все сорняки на полях невозможно (Синещеков В.Е. и др., 2020).

Результаты наших исследований (рис. 12) показали, что в 2022 году в контроле – без применения гербицидов – на фоне азотной подкормки аммиачной

селитрой в норме N₃₅ исходная плотность сорняков до обработки в других вариантах опыта составляла 77 экз./м². К моменту уборки урожая (в то время как в других вариантах уже была проведена гербицидная обработка) численность сорной растительности в контроле снизилась до 55 экз./м². Таким образом, естественное уменьшение засорённости за вегетационный период без химической защиты составило 22 растения на 1 м², или 28,6 % от исходного уровня.

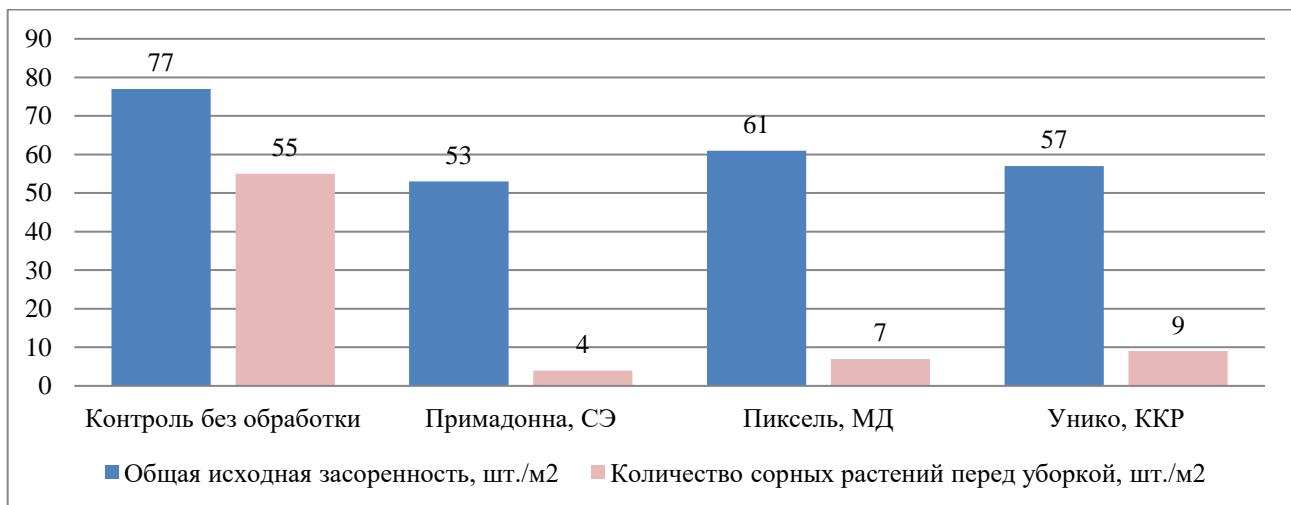


Рисунок 12 – Численность сорной растительности в посевах яровой пшеницы до и после применения гербицидов на фоне азотного питания (N₃₅) в 2022 г., шт./м²

Оценка эффективности гербицидов в посевах яровой пшеницы по снижению общей численности сорняков в 2022 году показала, что лидером в этой категории стал препарат Примадонна, СЭ при норме 0,9 л/га, который обеспечил снижение их количества на фоне подкормки аммиачной селитрой из расчета N₃₅ в фазу полной спелости на 49 шт./м². В результате в этом варианте опыта общая засоренность составила 4 шт./м². Использование гербицида Пиксель, МД в норме расхода 0,3 л/га способствовало снижению общего количества сорняков перед уборкой на 54 шт./м² до 7 шт./м². Гербицид Унико, ККР нормой 1,5 л/га также

показал свою эффективность на фоне подкормки аммиачной селитрой в норме N_{35} , снизив общее количество сорняков к уборке на 48 шт./м^2 до 9 шт./м^2 .

На фоне азотной подкормки N_{70} (рис. 13) в 2022 году общее исходное количество сорных растений в контрольном варианте без обработки посевов яровой пшеницы гербицидами составляло 83 шт./м^2 , к уборке данной культуры оно снизилось незначительно до 80 шт./м^2 , то есть всего на 3 шт./м^2 или $3,6 \%$.

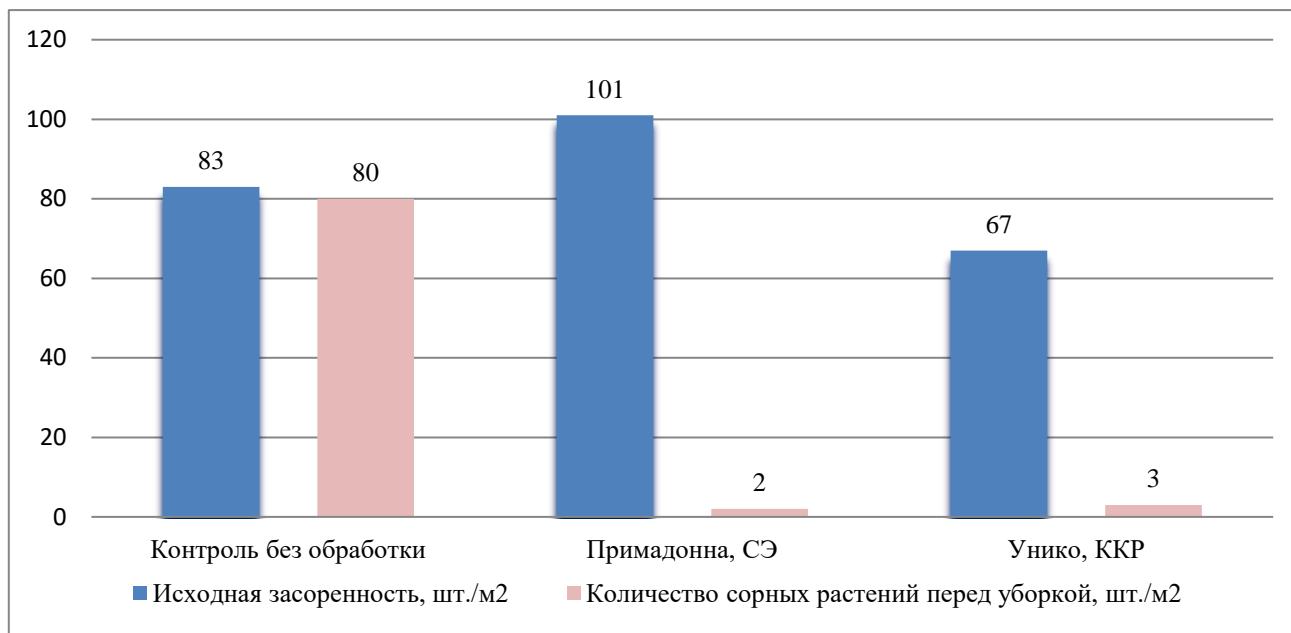


Рисунок 13 – Общее количество сорных растений в посевах яровой пшеницы до и после применения гербицидов на фоне азотного питания (N_{70}) в 2022 г., шт./м²

Оценка эффективности гербицидов на снижение общего количества сорняков при этом фоне подкормки показала, что лидером в 2022 году оказался препарат Примадонна, СЭ при норме 0,9 л/га, который при исходной засоренности посевов яровой пшеницы 101 шт./м^2 , то есть до обработки, уменьшил этот показатель к уборке культуры на 99 шт./м^2 или $98,0 \%$ до 2 шт./м^2 . Использование гербицида Пиксель, МД в норме расхода 0,3 л/га способствовало снижению общего количества сорняков с исходного 114 шт./м^2 до 10 шт./м^2 перед уборкой, то есть на 104 шт./м^2 или $91,2 \%$. Гербицид Унико, ККР нормой 1,5 л/га

также показал свою эффективность на фоне подкормки аммиачной селитрой N_{70} , снизив общее исходное количество сорняков с 67 шт./ m^2 до обработки гербицидом до 3 шт./ m^2 к уборке на 64 шт./ m^2 или 95,5 %.

Оценивая различия между вариантами опыта в 2022 году по общему количеству сорных растений в посевах яровой пшеницы к моменту уборки (после гербицидных обработок) с использованием НСР₀₅ для частных средних (1,89 шт./ m^2) было установлено (приложение В1), что наилучший результат показал вариант с применением препарата Примадонна, СЭ нормой 0,9 л/га на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N_{70} – 2 шт./ m^2 . Этот вариант был существенно ниже по общей засоренности всех остальных вариантов, кроме варианта с применением гербицида Унико, ККР нормой 1,5 л/га на этом же фоне (3 шт./ m^2). Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,95 шт./ m^2) показывает, что уменьшение нормы азотного удобрения при подкормке до N_{35} сопровождалось существенным снижением общего количества сорняков в посевах яровой пшеницы к уборке на 5,0 шт./ m^2 по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N_{70} . Что касается влияния гербицидов на засоренность посевов (фактор В), то их применение в опыте оказалось во всех случаях эффективным, так как сопровождалось существенным снижением общего количества сорных растений у Пикселя, МД на 59,0 шт./ m^2 , Унико, ККР на 61,5 шт./ m^2 и у Примадонны, СЭ на 64,5 шт./ m^2 при НСР₀₅ по фактору В равной 1,34 шт./ m^2 .

Спустя 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы в 2022 году, гербицид Примадонна, СЭ при норме расхода 0,9 л/га на фоне удобрения аммиачной селитрой в норме N_{35} обеспечил наибольшую биологическую эффективность от применения – 71,0 % (рис. 14). Использование гербицидов Унико, ККР в норме 1,5 л/га и Пиксель, МД в норме 0,3 л/га способствовало меньшей биологической эффективности, соответственно 65,6 и 55,4 %, что было ниже лучшего варианта на 5,4 и 15,6 %.

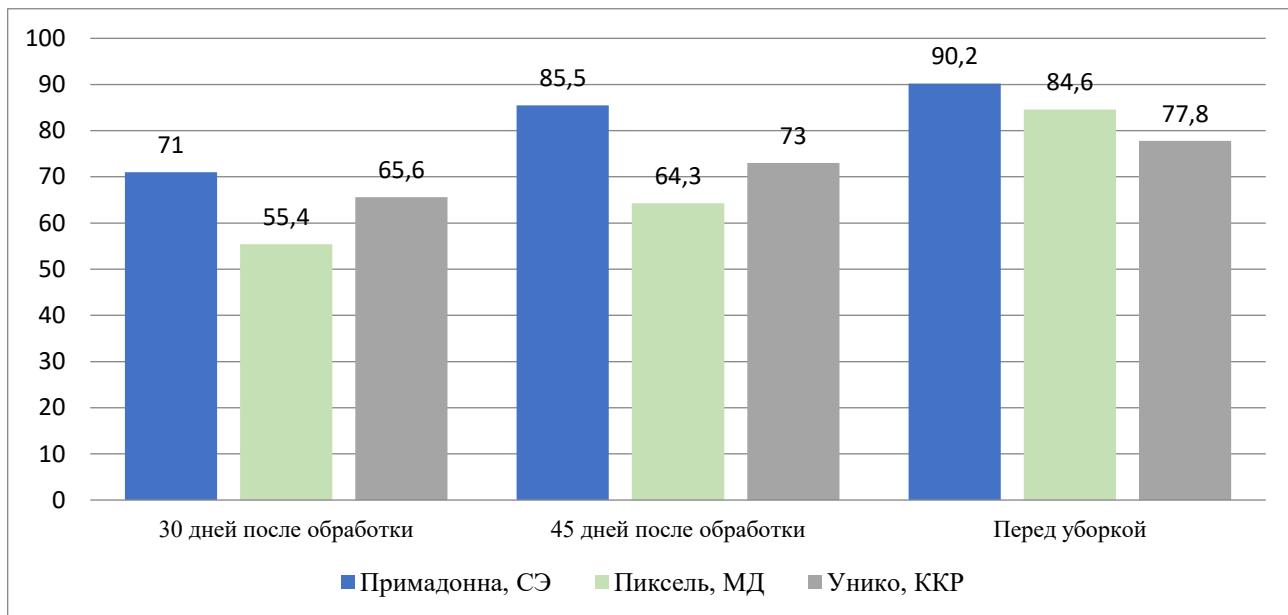


Рисунок 14 – Биологическая эффективность применения гербицидов в посевах пшеницы яровой на фоне N_{35} в 2022 году, %

Через 45 дней после применения гербицидов на фоне азотного удобрения N_{35} в 2022 году самую высокую биологическую эффективность в посевах яровой пшеницы показал препарат Примадонна, СЭ – 85,5 %. У гербицидов Унико, ККР и Пиксель, МД этот показатель был ниже и составлял, соответственно 73,0 и 64,3 %, что было ниже лучшего варианта на 12,5 и 21,2 %.

К моменту уборки яровой пшеницы в 2022 году максимальную биологическую эффективность – 90,2 % – продемонстрировал гербицид Примадонна, СЭ, применённый на фоне азотной подкормки в норме N_{35} . Среди остальных испытанных препаратов наибольшую эффективность показал Пиксель, МД – 84,6 %, в то время как наименьший уровень подавления сорняков (77,8 %) был зафиксирован при использовании гербицида Унико, ККР. Наиболее устойчивыми к данным гербицидам оказались сорняки фиалка полевая и марь белая.

При использовании аммиачной селитры в качестве подкормки из расчета уже N_{70} и через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами

в 2022 году наилучшие результаты по биологической эффективности показал препарат Унико, ККР при норме расхода 1,5 л/га – 84,9 % (рис. 15). Гербицид Примадонна, СЭ уступал по этому показателю на 4,9 % при норме расхода 0,9 л/га на этом же фоне внесения аммиачной селитры, биологическая эффективность препарата при этом составляла 80,0 %. Применение гербицида Пиксель, МД в норме расхода 0,3 л/га способствовало обеспечению наименьшей биологической эффективности – 53,5 %, что уступало лучшему варианту на 31,4 %.

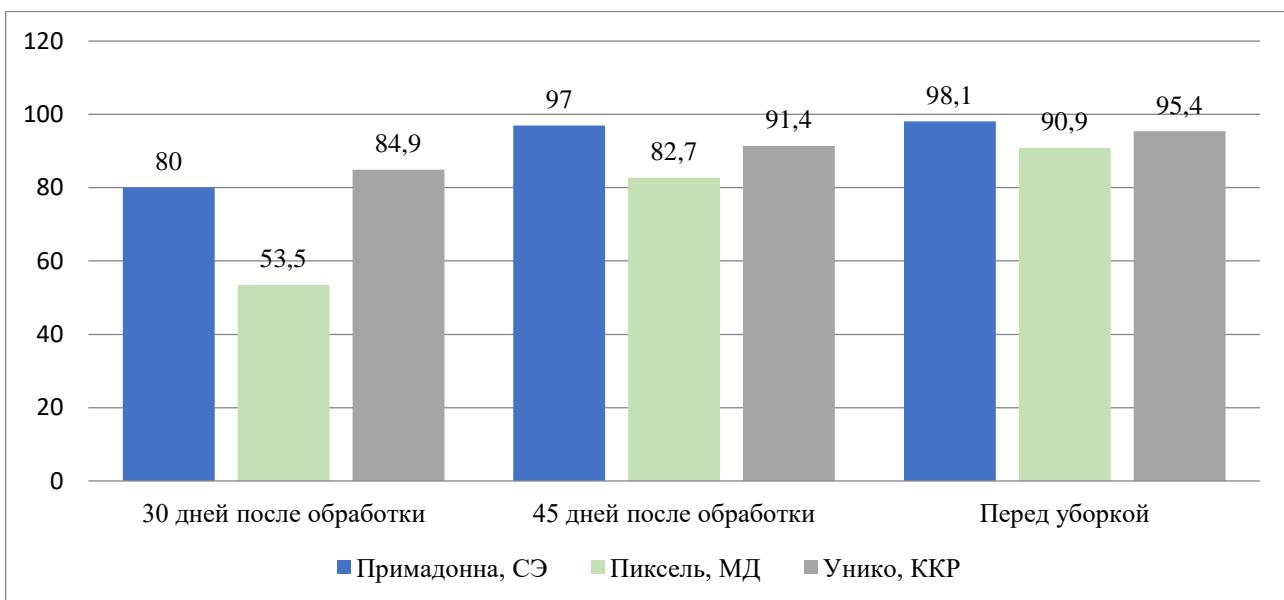


Рисунок 15 – Биологическая эффективность применения гербицидов в посевах пшеницы яровой на фоне N₇₀ в 2022 году, %

Через 45 дней после применения гербицидов на фоне азотного удобрения уже N₇₀ в 2022 году самую высокую биологическую эффективность в посевах яровой пшеницы показал препарат Примадонна, СЭ – 97,0 %. У гербицидов Унико, ККР и Пиксель, МД этот показатель был ниже и составлял, соответственно 91,4 и 82,7 %, что было ниже лучшего варианта на 5,6 и 14,3 %.

К уборке яровой пшеницы в 2022 году наибольшая биологическая эффективность обеспечивалась от применения гербицида Примадонна, СЭ на фоне подкормки в норме уже N₇₀ – 98,1 %. Из остальных препаратов наиболее

эффективным был гербицид Унико, ККР с показателем 95,4 %, самым менее эффективным отмечался гербицид Пиксель, МД с результатом 90,9 %, что было ниже лучшего варианта, соответственно, на 2,7 и 7,2 %.

Применение гербицидов в посевах яровой пшеницы привело не только к снижению общей численности сорняков, но и к достоверному уменьшению их общей воздушно–сухой массы по сравнению с контролем (рис. 16).

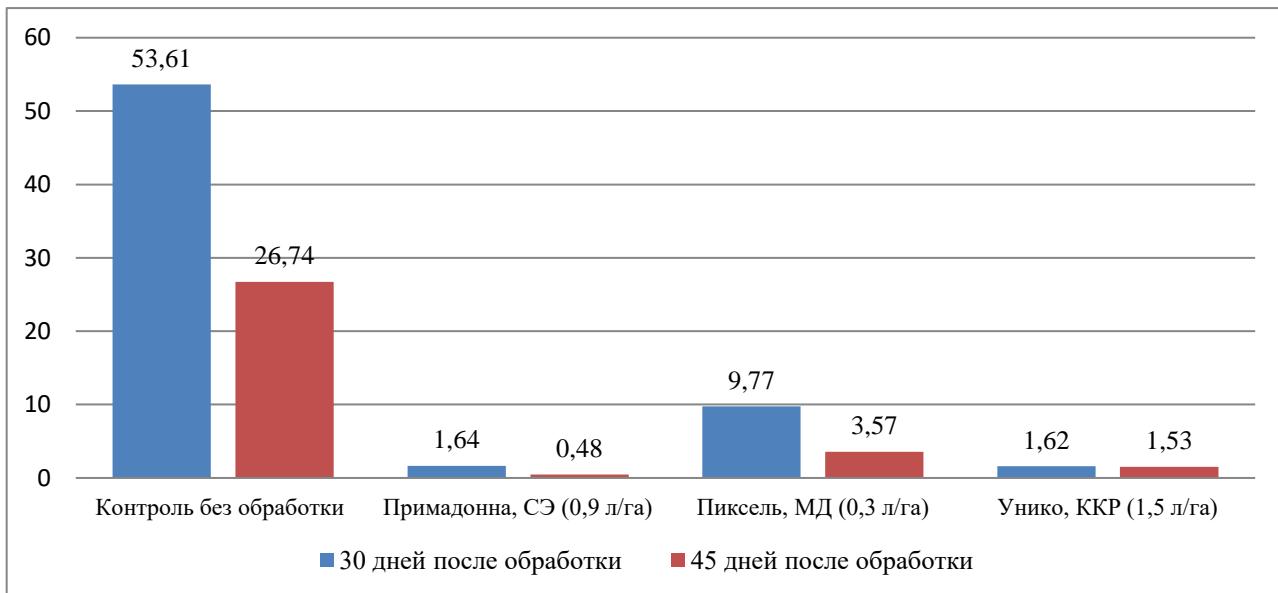


Рисунок 16 – Воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы после гербицидной обработки на фоне азотной подкормки (аммиачная селитра, N₃₅) в 2022 году, г/м²

В 2022 году на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₃₅ отмечена наибольшая суммарная воздушно–сухая масса сорной растительности в контролльном варианте без применения гербицидов – 53,61 г/м² через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами в других вариантах и 26,74 г/м² после 45 дней после применения гербицидов. В ходе контроля за две недели было отмечено естественное снижение общей воздушно–сухой массы сорняков на 26,87 г/м², что составляет 50,1 % от исходного уровня.

Через 30 дней после гербицидной обработки посевов яровой пшеницы на фоне азотного питания (N_{35}) в 2022 году наименьшая общая воздушно–сухая масса сорной растительности обеспечивалась в результате применения препаратов Унико, ККР (1,5 л/га) и Примадонна, СЭ (0,9 л/га), соответственно 1,62 и 1,64 г/м². Обработка посевов гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га) обеспечивала меньший эффект в снижении общей воздушно–сухой массы сорняков, где показатель составлял 9,77 г/м², что было выше предыдущих вариантов на 8,15 и 8,13 г/м² или 83,2-83,4 %.

Через 45 дней после применения гербицидов общая воздушно–сухая масса сорной растительности снижалась по сравнению с 30 дневным сроком: при обработке посевов гербицидом Примадонна, СЭ на 1,16 г/м² или 70,7 % и составила 0,48 г/м², препаратом Унико, ККР на 0,09 г/м² или 5,6 % и составила 1,53 г/м², гербицидом Пиксель, МД на 6,2 г/м² или 63,5 % и составила 3,57 г/м².

В 2022 году на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N_{70} в контроле наблюдалось снижение общей воздушно–сухой массы сорной растительности на 28,85 г/м² (53,8 %) через 30 дней после гербицидной обработки в других вариантах и на 3,93 г/м² (14,7 %) – через 45 дней по сравнению с фоном N_{35} . Соответственно, масса сорняков в контроле на фоне N_{70} составила 24,76 г/м² и 22,81 г/м² на указанные сроки (рис. 17). На этом фоне внесения азотного удобрения через две недели обеспечивалось естественное снижение общей воздушно–сухой массы сорняков на 1,95 г/м² или 7,9 %. Также отмечалось снижение этого показателя по сравнению с фоном N_{35} в варианте с применением в посевах яровой пшеницы гербицида Пиксель, МД через 30 дней после обработки оно составило 4,79 г/м² (49,0 %), а через 45 дней – 1,05 г/м² (29,4 %). На этом фоне внесения аммиачной селитры через две недели после обработки гербицидом Пиксель, МД обеспечивалось снижение общей воздушно–сухой массы сорной

растительности на $2,46 \text{ г/м}^2$ или 49,4 % и снижалось от $4,98 \text{ г/м}^2$ к 30 дням после обработки до $2,52 \text{ г/м}^2$ к 45 дням после применения препарата.

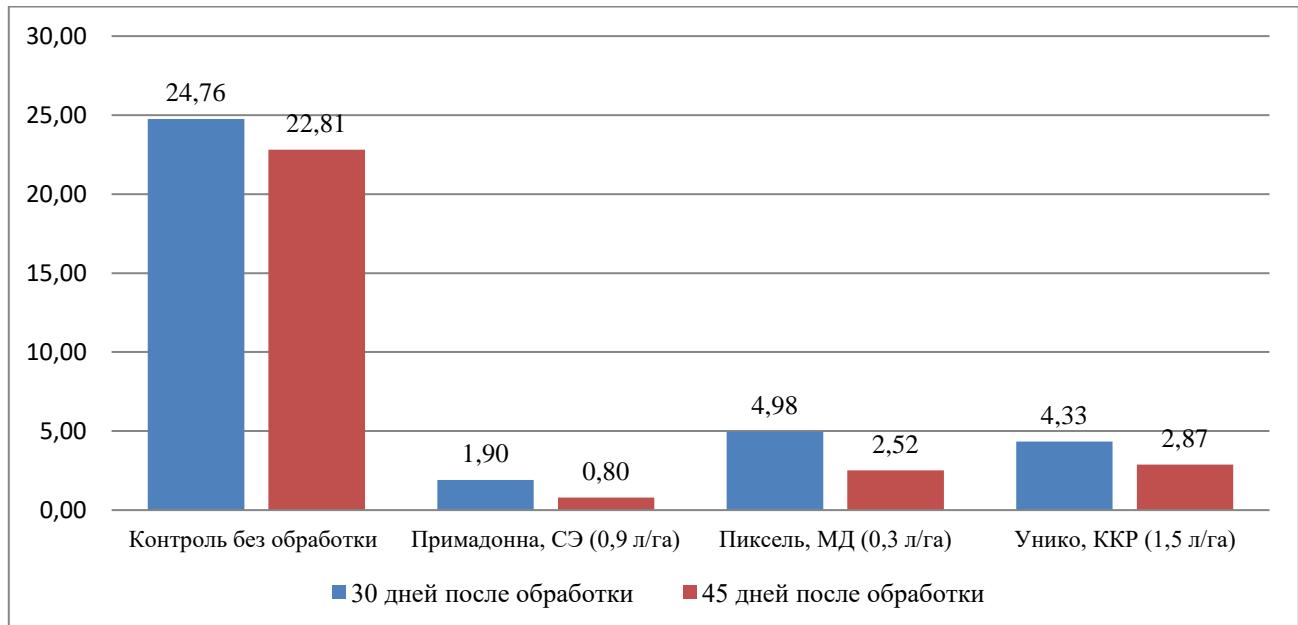


Рисунок 17 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы после гербицидной обработки на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N_{70} (2022 г.), г/м^2

В остальных вариантах с применением гербицидов Примадонна, СЭ и Унико, ККР обеспечивалось увеличение общей воздушно–сухой массы сорняков по сравнению с фоном N_{35} через 30 дней после обработки гербицидами, соответственно на $0,26$ и $2,71 \text{ г/м}^2$ и составляло $1,9$ и $4,33 \text{ г/м}^2$, через 45 дней после обработки гербицидами на $0,32$ и $1,34 \text{ г/м}^2$ и составляло $0,8$ и $2,87 \text{ г/м}^2$. На фоне подкормки аммиачной селитрой через две недели после обработки гербицидом Примадонна, СЭ общая воздушно–сухая масса сорной растительности снизилась на $1,1 \text{ г/м}^2$ (57,9 %), тогда как при использовании препарата Унико, ККР снижение составило $1,46 \text{ г/м}^2$ (33,7 %).

Оценивая различия между вариантами опыта в 2022 году по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 30 дней после обработки

гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в посевах яровой пшеницы с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,78 г/м²), находим (приложение С1), что наилучшим вариантом являлся с применением препарата Унико, ККР нормой 1,5 л/га на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₃₅ – 1,62 г/м². Этот вариант был существенно ниже по общей воздушно–сухой массе всех остальных вариантов, кроме варианта с применением гербицида Примадонна, СЭ нормой 0,9 л/га на этом же варианте подкормки (1,64 г/м²). Сравнение средних значений по фактору А (НСР₀₅ = 0,39 г/м²) показывает, что увеличение нормы азотной подкормки до N₇₀ привело к достоверному снижению общей воздушно–сухой массы сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 30 дней после использования гербицида на 7,67 г/м² по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N₃₅. Что касается влияния гербицидов на общую воздушно–сухую массу сорной растительности (фактор В), то их применение в нашем опыте оказалось во всех случаях также эффективным, так как сопровождалось существенным снижением этого показателя при обработке Пикселем, МД на 32,52 г/м², Унико, ККР на 36,92 г/м² и Примадонной, СЭ на 38,13 г/м² при НСР₀₅ по фактору В равной 1,55 г/м².

Оценивая различия между вариантами опыта в 2022 году по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки в посевах яровой пшеницы с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,73 г/м²), находим (приложение D1), что наилучшим вариантом являлся с применением препарата Примадонна, СЭ нормой 0,9 л/га на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₃₅ – 0,48 г/м². Этот вариант был существенно ниже по общей воздушно–сухой массе всех остальных вариантов. Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,37 г/м²) показывает, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ сопровождалось существенным снижением общей воздушно–сухой массы

сорняков в посевах яровой пшеницы через 45 дней после использования гербицида на 0,83 г/м² по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N₃₅. Что касается влияния гербицидов на общую воздушно-сухую массу сорной растительности (фактор В), то их применение в опыте оказалось во всех случаях эффективным, так как сопровождалось существенным снижением этого показателя при обработке Пиксели, МД на 21,73 г/м², Унико, ККР на 22,58 г/м² и Примадонной, СЭ на 24,14 г/м² при НСР₀₅ по фактору В равной 0,52 г/м².

Результаты исследований, полученные в 2023 году (рис. 18), показали, что в контрольном варианте – без применения гербицидов – исходная засоренность сорняков в посевах яровой пшеницы до обработки в других вариантах опыта на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₃₅ составила 55 экз./м², в варианте применения гербицида Унико, ККР этот показатель равнялся такому же значению, при применении гербицида Пиксель, МД общая исходная засоренность обеспечивалась на уровне 53 шт./м², а при применении препарата Примадонна, СЭ данный показатель составил 45 экз./м².

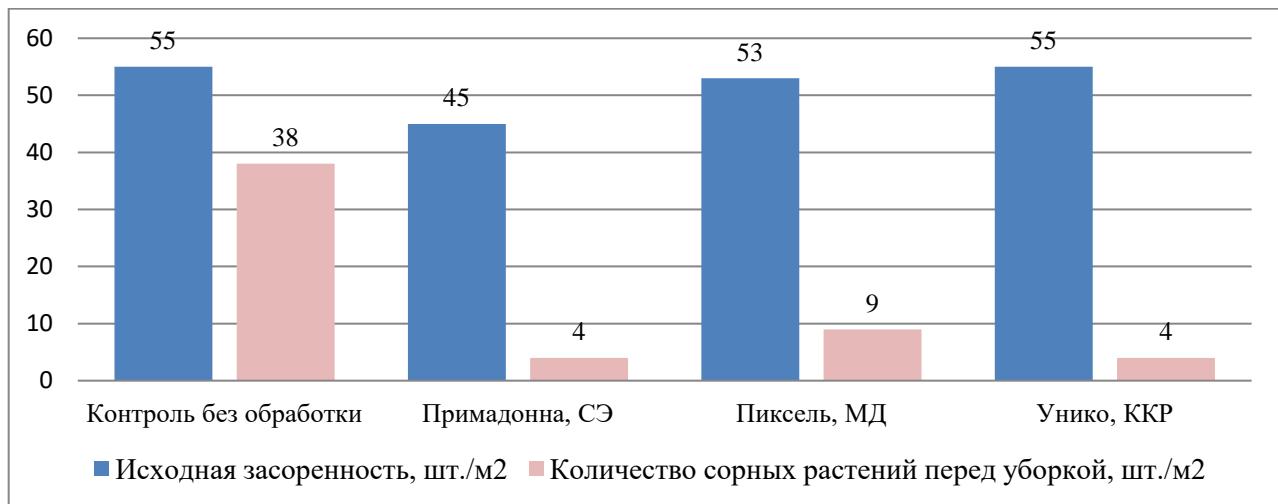


Рисунок 18 – Численность сорной растительности в посевах яровой пшеницы до и после гербицидной обработки на фоне подкормки N₃₅ в 2023 году, шт./м²

Перед уборкой яровой пшеницы в 2023 году естественная убыль сорной растительности в контроле на фоне N_{35} составляла 17 шт./ m^2 или 30,9 % и равнялась 38 шт./ m^2 , после применения гербицида Пиксель, МД общая засоренность равнялась 9 шт./ m^2 , что было ниже исходного состояния на 44 шт./ m^2 или 83,0 %, при использовании препаратов Примадонна, СЭ и Унико, ККР данный показатель составлял 4 шт./ m^2 и снижался в первом случае на 41 шт./ m^2 или 91,1 %, во втором – на 51 шт./ m^2 или 92,7 %.

В 2023 году на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N_{70} (рис. 19) исходная засорённость в контроле (без гербицидов) составила 58 шт./ m^2 . В варианте с применением гербицида Унико, ККР уровень засорённости оказался сопоставимым с контролем. Наиболее высокая исходная численность сорняков – 62 шт./ m^2 – была зафиксирована при использовании препарата Пиксель, МД, тогда как при обработке Примадонной, СЭ этот показатель составил 57 шт./ m^2 .

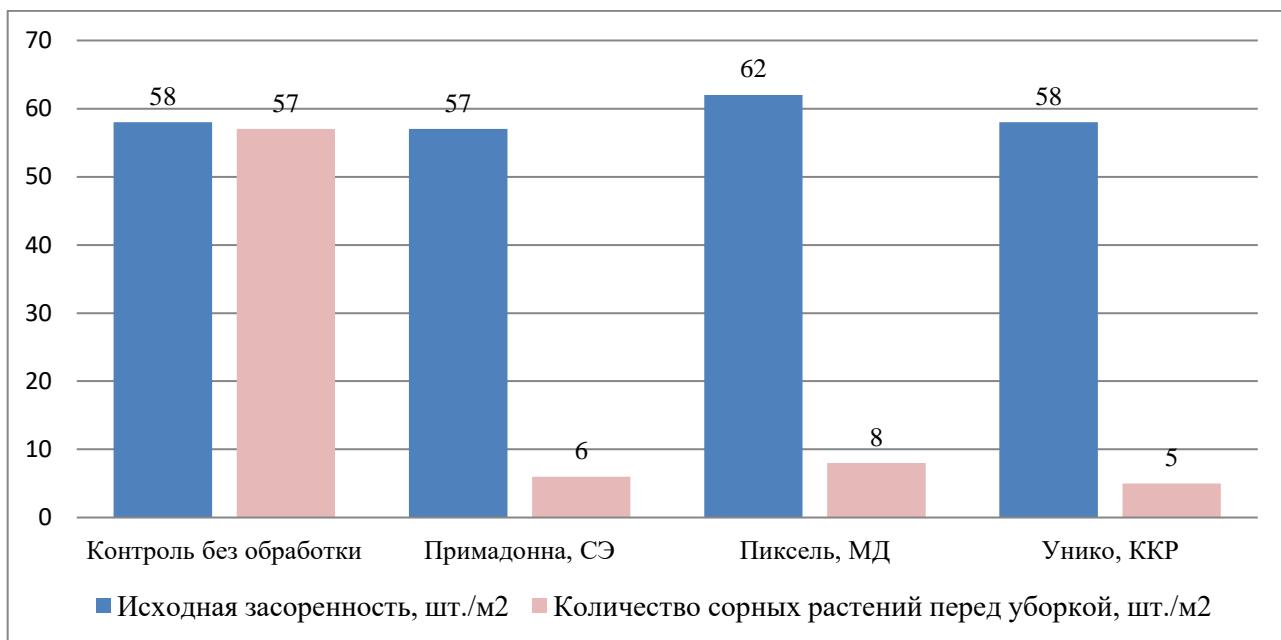


Рисунок 19 – Численность сорной растительности в посевах яровой пшеницы до и после обработки гербицидами на фоне подкормки N_{70} в 2023 году, шт./ m^2

Перед уборкой яровой пшеницы в 2023 году естественная убыль сорной растительности в контроле на фоне N_{70} была самой низкой и составляла 1 шт./ m^2 или 1,7 % и равнялась 57 шт./ m^2 , после применения гербицида Пиксель, МД общая засоренность равнялась 8 шт./ m^2 , что было ниже исходного состояния на 54 шт./ m^2 или 87,1 %, при использовании препарата Примадонна, СЭ данный показатель составлял 6 шт./ m^2 , что было меньше общего исходного состояния на 51 шт./ m^2 или 89,5 %, при обработке гербицидом Унико, ККР количество сорняков перед уборкой культуры равнялось 5 шт./ m^2 и снижалось от применения данного препарата на 53 шт./ m^2 или 91,4 %. Отсюда следует, что наибольшую эффективность в борьбе с сорной растительностью обеспечивал гербицид Унико, ККР в норме расхода 1,5 л/га на всех фонах азотной подкормки яровой пшеницы.

Оценивая различия между вариантами опыта в 2023 году по общей засоренности посевов яровой пшеницы к уборке после обработки гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (1,66 шт./ m^2), находим (приложение В2), что наилучшие результаты были получены при использовании гербицидов Примадонна, СЭ в норме 0,9 л/га и Унико, ККР в норме 1,5 л/га на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой (N_{35}), где засоренность снизилась до 4 шт./ m^2 . Эти варианты достоверно превосходили по чистоте все остальные, за исключением обработки гербицидом Унико, ККР в норме 1,5 л/га на фоне азотной подкормки N_{70} , где засоренность составила 5 шт./ m^2 . Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,83 шт./ m^2) показывает, что уменьшение нормы азотного удобрения при подкормке до N_{35} сопровождалось существенным снижением общего количества сорняков в посевах яровой пшеницы к уборке на 5,2 шт./ m^2 по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N_{70} . Что касается влияния гербицидов на общую засоренность посевов (фактор В), то их применение в нашем опыте оказалось во всех случаях эффективным, так как сопровождалось существенным снижением общего количества сорных растений

по сравнению с контролем при обработке гербицидом Пиксель, МД на 39,0 шт./м², Примадонна, СЭ на 42,5 шт./м², Унико, ККР на 43,0 шт./м² при НСР₀₅ по фактору В равной 1,17 шт./м².

В 2023 году через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами, применение препарата Примадонна, СЭ при норме расхода 0,9 л/га на фоне подкормки аммиачной селитрой в норме N₃₅ обеспечило наибольшую биологическую эффективность – 58,3 % (рис. 20). Использование гербицидов Унико, ККР в норме 1,5 л/га и Пиксель, МД в норме 0,3 л/га способствовало снижению биологической эффективности по сравнению с лучшим вариантом на 2,2 и 6,4 % соответственно и составляло 56,1 и 51,9 %.

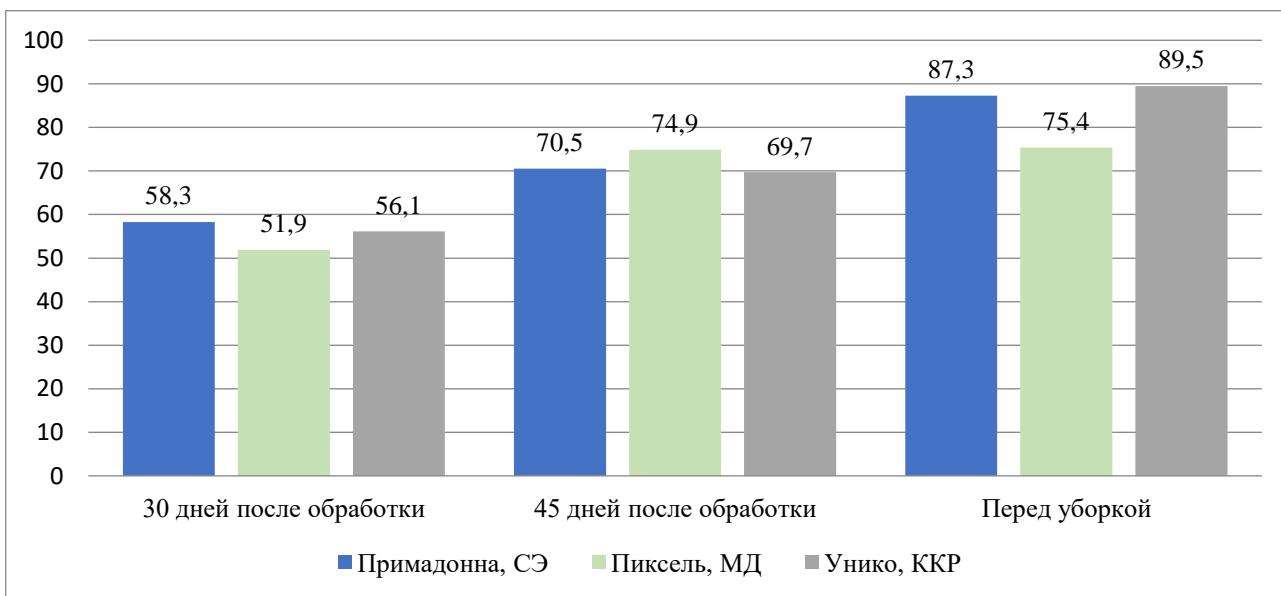


Рисунок 20 – Биологическая эффективность гербицидов в посевах яровой пшеницы при азотной подкормке N₃₅ в 2023 году, %

В 2023 году на фоне азотной подкормки в норме N₃₅ биологическая эффективность гербицидов на посевах яровой пшеницы повышалась к 45-му дню после их применения по сравнению с 30 дневным использованием у Примадонны, СЭ на 12,2 % и составляла 70,5 %, у Пикселя, МД на 23,0 % и составляла 74,9 %, у Унико, ККР на 13,6 % и составляла 69,7 %. Гербициды Примадонна, СЭ и Унико,

KKР уступали лучшему варианту с обработкой гербицидом Пиксель, МД по биологической эффективности, соответственно на 4,4 и 5,2 %.

К уборке яровой пшеницы в 2023 году наибольшая биологическая эффективность обеспечивалась уже от применения гербицида Унико, ККР на фоне подкормки в норме N₃₅ – 89,5 %. У этого препарата отмечалось самое высокое повышение биологической эффективности по сравнению 30–дневным применением на 33,4 % и 45–дневным – на 19,8 %. Из остальных препаратов наиболее эффективным был Примадонна, СЭ с показателем 87,3 %. У него биологическая эффективность по сравнению с 30–дневным использованием возрастила на 29,0 % и 45–дневным – на 16,8 %. Самым менее эффективным оказался гербицид Пиксель, МД с результатом 75,4 %. Этот препарат по биологической эффективности превышал 30–дневный срок использования на 23,5 %, 45–дневный – всего на 0,5 %.

В 2023 году при использовании подкормки в виде аммиачной селитры из расчета N₇₀ и через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами наилучшие результаты по биологической эффективности показал препарат Унико, ККР при норме расхода 1,5 л/га – 64,5 % (рис. 21).

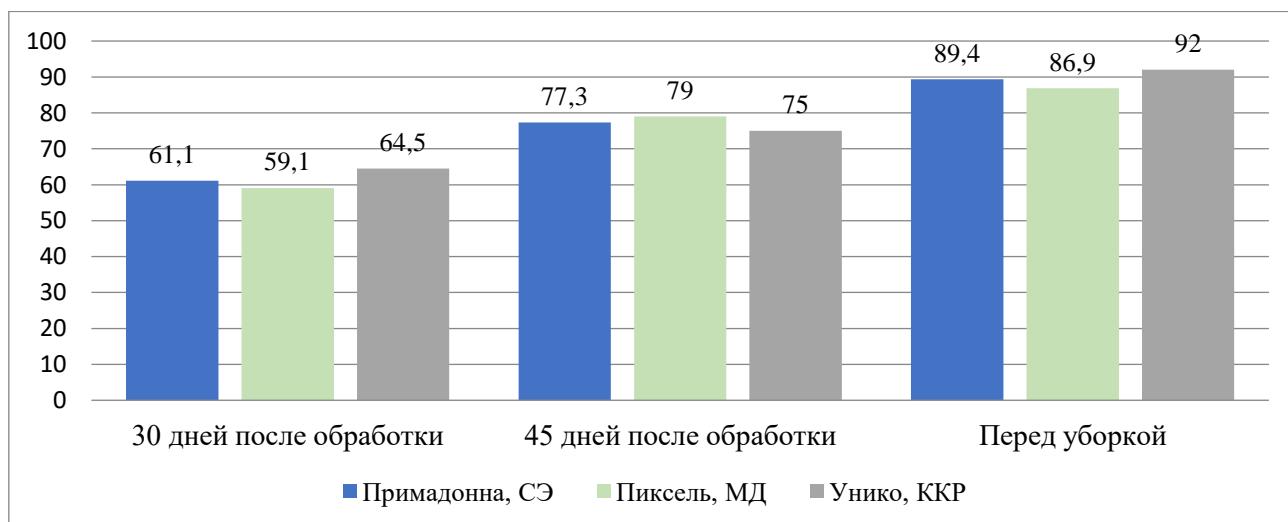


Рисунок 21 – Биологическая эффективность применения гербицидов в посевах пшеницы яровой на фоне азотной подкормки N₇₀ в 2023 году, %

Гербицид Примадонна, СЭ при норме расхода 0,9 л/га на этом же фоне подкормки аммиачной селитрой уступал по этому показателю лучшему варианту на 3,4 %, биологическая эффективность препарата при этом составляла 61,1 %. Применение гербицида Пиксель, МД в норме расхода 0,3 л/га способствовало получению наименьшей биологической эффективности – 59,1 %, что уступало лучшему варианту на 5,4 %.

В 2023 году через 45 дней после применения гербицидов в посевах яровой пшеницы на фоне азотной подкормки N₇₀ их биологическая эффективность возрастала по сравнению с 30 дневным использованием у Пикселя, МД на 19,9 % и составляла 79,0 %, у Примадонны, СЭ на 16,2 % и составляла 77,3 %, у Унико, ККР на 10,5 % и составляла 75,0 %. Гербициды Примадонна, СЭ и Унико, ККР уступали лучшему варианту с обработкой гербицидом Пиксель, МД по биологической эффективности, соответственно на 1,7 и 4,0 %.

К уборке яровой пшеницы в 2023 году на фоне азотной подкормки в норме N₇₀ биологическая эффективность от применения гербицидов достигала наивысшего уровня. Самая высокая она обеспечивалась при обработке препаратом Унико, ККР – 92,0 %. У этого гербицида отмечалось повышение биологической эффективности по сравнению 30–дневным применением на 27,5 % и 45–дневным – на 17,0 %. Из остальных препаратов наиболее эффективным была Примадонна, СЭ с показателем 89,4 %. У него биологическая эффективность по сравнению с 30–дневным использованием возрастала на 28,3 % и 45–дневным – на 12,1 %. Самым менее эффективным оказался гербицид Пиксель, МД с результатом 86,9 %. Этот препарат по биологической эффективности превышал 30–дневный срок использования на 27,8 %, 45–дневный – на 7,9 %.

В 2023 году обработка посевов яровой пшеницы гербицидами привела не только к снижению общей численности сорняков, но и к достоверному уменьшению их общей воздушно–сухой массы по сравнению с контролем (рис. 22).

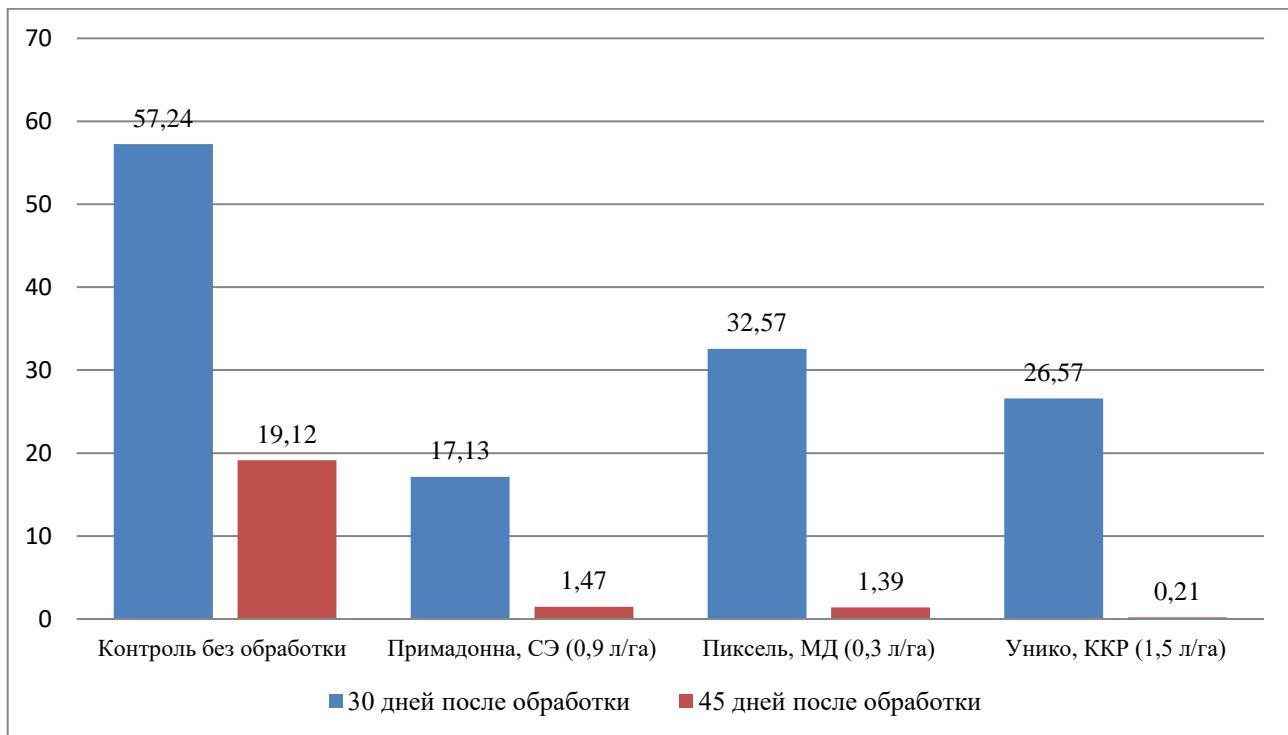


Рисунок 22 – Воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы после гербицидной обработки на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₃₅ (2023 г.), г/м²

В 2023 году в контрольном варианте без применения гербицидов на фоне подкормки аммиачной селитрой из расчета N₃₅ через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами в остальных вариантах была достигнута наибольшая общая воздушно–сухая масса сорняков – 57,24 г/м² и 19,12 г/м² через 45 дней после применения гербицидов. Наблюдалось закономерное снижение общей воздушно–сухой массы сорняков в контроле за две недели на 38,12 г/м² или на 66,6 %.

При обработке посевов гербицидом Пиксель, МД в норме 0,3 л/га спустя 30 дней общая воздушно–сухая масса сорняков равнялась 32,57 г/м², что было ниже контроля на 24,67 г/м² или 43,1 %. Обработка посевов препаратом Унико, ККР в норме 1,5 л/га способствовало снижению общей воздушно–сухой массы сорной растительности относительно контроля на 30,67 г/м² или 53,6 %. Самый низкий

показатель обеспечивался при обработке посевов культуры гербицидом Примадонна, СЭ в норме 0,9 л/га через 30 дней – 17,13 г/м², что было ниже контроля на 40,11 г/м² или 70,1 %.

В 2023 году через 45 дней после применения гербицидов общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы снижалась по сравнению с 30–дневным сроком: при обработке гербицидом Примадонна, СЭ на 15,66 г/м² или 91,4 % и составила 1,47 г/м², препаратом Унико, ККР на 26,36 г/м² или 99,2 % и составила 0,21 г/м², гербицидом Пиксель, МД на 31,18 г/м² или 95,7 % и составила 1,39 г/м². По отношению к контролю снижение этого показателя составило у гербицида Примадонна, СЭ на 17,65 г/м² или 92,3 %, у Пиксель, МД – на 17,73 г/м² или 92,7 % и у Унико, ККР – на 18,92 г/м² или 98,9 %.

В 2023 году на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₇₀ в контроле (без гербицидов) по сравнению с фоном N₃₅ через 30 дней после обработки гербицидами в других вариантах наблюдалось снижение общей воздушно–сухой массы сорняков на 6,74 г/м² (11,8 %). Однако к 45–му дню после обработки масса сорной растительности в контроле увеличилась на 29,28 г/м² (в 2,5 раза). Абсолютные значения массы сорняков в контроле на фоне N₇₀ составили соответственно 50,5 г/м² и 48,4 г/м² (рис. 23). На этом фоне внесения азотного удобрения через две недели в контрольном варианте обеспечивалось естественное снижение общей воздушно–сухой массы сорняков на 2,1 г/м² или 4,2 %.

Также было зафиксировано увеличение массы сорняков в варианте с применением гербицида Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на фоне N₇₀ по сравнению с фоном N₃₅: через 30 дней после обработки прирост составил 7,67 г/м² (44,8 %), а через 45 дней – 3,83 г/м² (в 3,6 раза). При этом на фоне подкормки аммиачной селитрой в норме N₇₀ уже через две недели после обработки Примадонной, СЭ наблюдалось резкое снижение общей воздушно–сухой массы сорняков на 19,5

г/м² (78,6 %). В дальнейшем этот показатель продолжал снижаться: с 24,8 г/м² через 30 дней до 5,3 г/м² – через 45 дней после применения препарата.

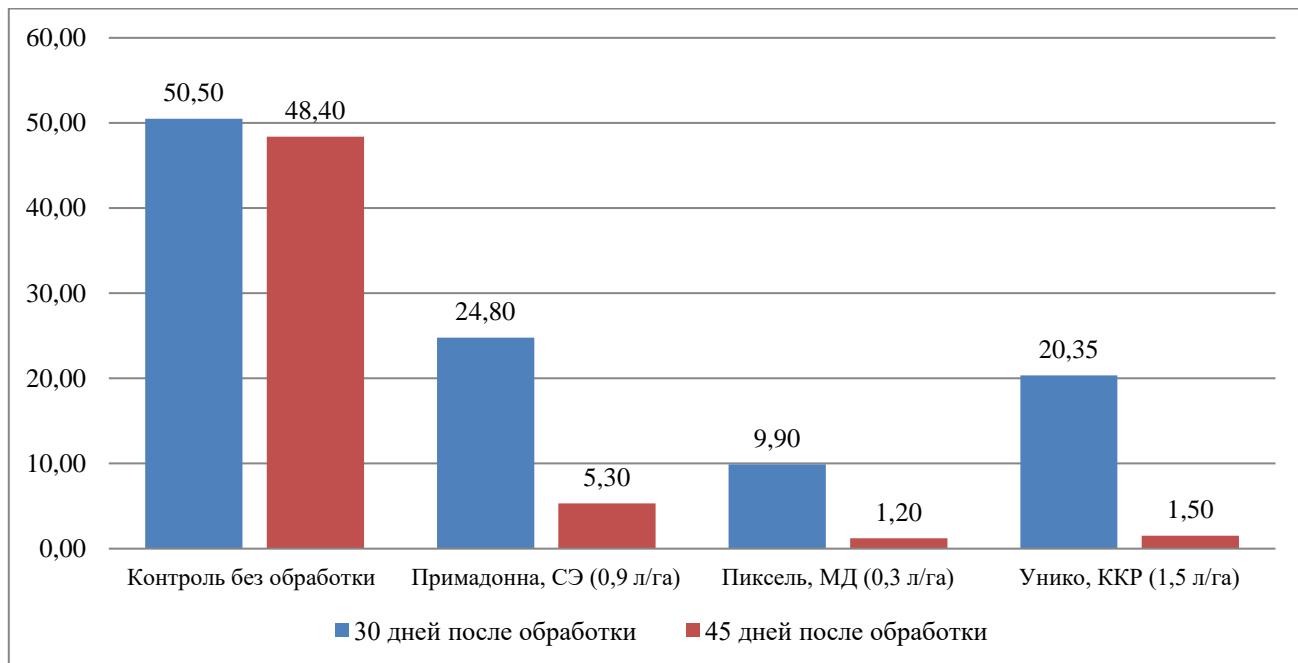


Рисунок 23 – Воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы после гербицидной обработки на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₇₀ (2023 г.), г/м²

В варианте с применением гербицида Пиксель, МД (0,3 л/га) в посевах яровой пшеницы на фоне азотной подкормки N₇₀ наблюдалось снижение общей воздушно–сухой массы сорной растительности по сравнению с фоном N₃₅ через 30 дней после обработки на 22,67 г/м² или 69,6 % и составляло 9,9 г/м², через 45 дней после обработки этим гербицидом – на 0,19 г/м² или 13,7 % и составляло 1,2 г/м². На этом фоне подкормки аммиачной селитрой через две недели после обработки данным гербицидом обеспечивалось снижение общей воздушно–сухой массы сорняков на 8,7 г/м² или 87,9 %.

В 2023 году в посевах яровой пшеницы на фоне азотной подкормки N₇₀ по сравнению с фоном N₃₅ в варианте применения гербицида Унико, ККР (1,5 л/га) через 30 дней после обработки наблюдалось снижение общей воздушно–сухой

массы сорняков на 6,22 г/м² (23,4 %). Однако к 45-му дню после внесения препарата масса сорной растительности увеличилась на 1,29 г/м² (в 7,1 раза). Уже через две недели после обработки Унико, ККР на фоне подкормки аммиачной селитрой наблюдалось значительное уменьшение общей воздушно–сухой массы сорняков с 20,35 г/м² после 30–дневного применения до 1,5 г/м² после 45–дневного применения и составило 18,85 г/м² или 92,6 %.

Оценивая различия между вариантами опыта в 2023 году по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 30 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в посевах яровой пшеницы с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,74 г/м²), находим (приложение С2), что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₇₀ – 9,9 г/м². Этот вариант был существенно ниже по общей воздушно–сухой массе всех остальных вариантов. Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,37 г/м²) показывает, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке от N₃₅ до N₇₀ сопровождалось существенным снижением общей воздушно–сухой массы сорняков в посевах яровой пшеницы через 30 дней после использования гербицида на 6,99 г/м². Что касается влияния гербицидов на общую воздушно–сухую массу сорной растительности (фактор В), то их применение в опыте оказалось во всех случаях также эффективным, так как сопровождалось существенным снижением этого показателя относительно контрольного варианта (без применения гербицидов) при обработке Унико, ККР на 30,41 г/м², Пикселем, МД на 32,63 г/м² и Примадонной, СЭ на 32,9 г/м² при НСР₀₅ по фактору В равной 0,52 г/м².

Оценивая различия между вариантами опыта в 2023 году по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки в посевах яровой пшеницы

с помощью НСР₀₅ для частных средних различий ($0,76 \text{ г}/\text{м}^2$), находим (приложение D2), что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₃₅ – $0,21 \text{ г}/\text{м}^2$. Этот вариант был существенно ниже по общей воздушно–сухой массе всех остальных вариантов. Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = $0,38 \text{ г}/\text{м}^2$) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ сопровождалось существенным увеличением средней общей воздушно–сухой массы сорняков в посевах яровой пшеницы через 45 дней после использования гербицида на $8,55 \text{ г}/\text{м}^2$ по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N₃₅. Что касается влияния гербицидов на общую воздушно–сухую массу сорной растительности (фактор В), то их применение в опыте оказалось во всех случаях эффективным, так как сопровождалось существенным снижением средних показателей по сравнению с контрольным вариантом (без гербицидов) при обработке Примадонной, СЭ на $30,38 \text{ г}/\text{м}^2$, Пиксели, МД на $32,47 \text{ г}/\text{м}^2$ и Унико, ККР на $32,91 \text{ г}/\text{м}^2$ при НСР₀₅ по фактору В равной $0,54 \text{ г}/\text{м}^2$.

Результаты исследований в 2024 году показали (рис. 24), что в контролльном варианте без применения гербицидов общее исходное количество сорных растений в посевах яровой пшеницы до обработки гербицидами на фоне подкормки азотным удобрением (аммиачная селитра) N₃₅ составляло 98 шт./м², в варианте с применением гербицида Примадонна, СЭ (0,9 л/га) этот показатель составил 65 шт./м², при использовании Пиксель, МД (0,3 л/га) – 62 шт./м², а при обработке препаратом Унико, ККР (1,5 л/га) – 45 шт./м².

К уборке яровой пшеницы в 2024 году естественная убыль сорной растительности в контроле на фоне N₃₅ составляла 15 шт./м² или 15,3 % и равнялась 83 шт./м², после обработки гербицидом Примадонна, СЭ общая засорённость снизилась до 8 шт./м², что на 57 шт./м² (87,7 %) ниже исходного уровня. При применении препаратов Унико, ККР и Пиксель, МД показатель

засорённости составил, соответственно 5 и 6 шт./м² и снижался в первом случае на 40 шт./м² или 88,9 %, во втором – на 56 шт./м² или 90,3 %.

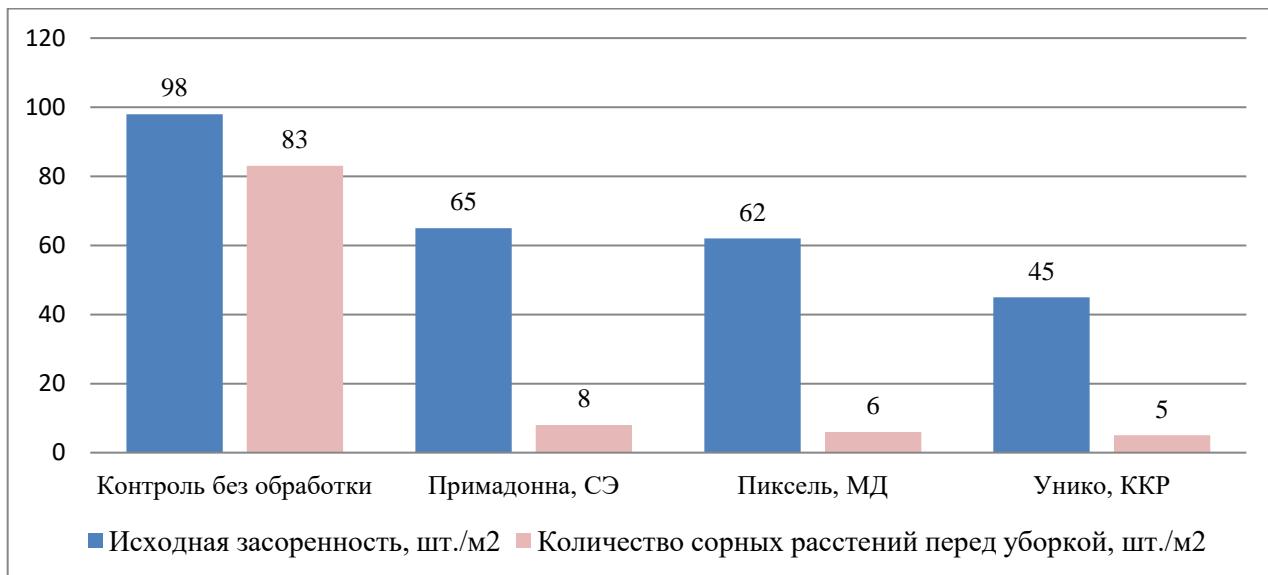


Рисунок 24 – Численность сорной растительности в посевах яровой пшеницы до и после гербицидной обработки на фоне азотной подкормки N₃₅ в 2024 г., шт./м²

В 2024 году на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₇₀ (рис. 25) исходная засорённость в контроле (без гербицидов) составила 109 шт./м². Наиболее высокий уровень засорённости – 144 шт./м² – был зафиксирован в варианте с применением гербицида Пиксель, МД (0,3 л/га). При использовании Унико, ККР (1,5 л/га) показатель составил 117 шт./м², тогда как при обработке Примадонной, СЭ (0,9 л/га) он оказался самым низким – 104 шт./м².

К уборке яровой пшеницы в 2024 году естественная убыль сорной растительности в контроле на фоне N₇₀ была самой низкой и составляла 33 шт./м² или 30,3 % и равнялась 76 шт./м², после применения гербицида Пиксель, МД общая засоренность равнялась 9 шт./м², что было ниже исходного состояния на 135 шт./м² или 93,8 %, при использовании препарата Примадонна, СЭ данный показатель составлял 6 шт./м², что было меньше общего исходного состояния на 98 шт./м² или 94,2 %, при обработке гербицидом Унико, ККР к моменту уборки

урожая количество сорняков составило 4 шт./м², что на 113 шт./м² (96,6 %) ниже исходного уровня благодаря применению данного препарата.

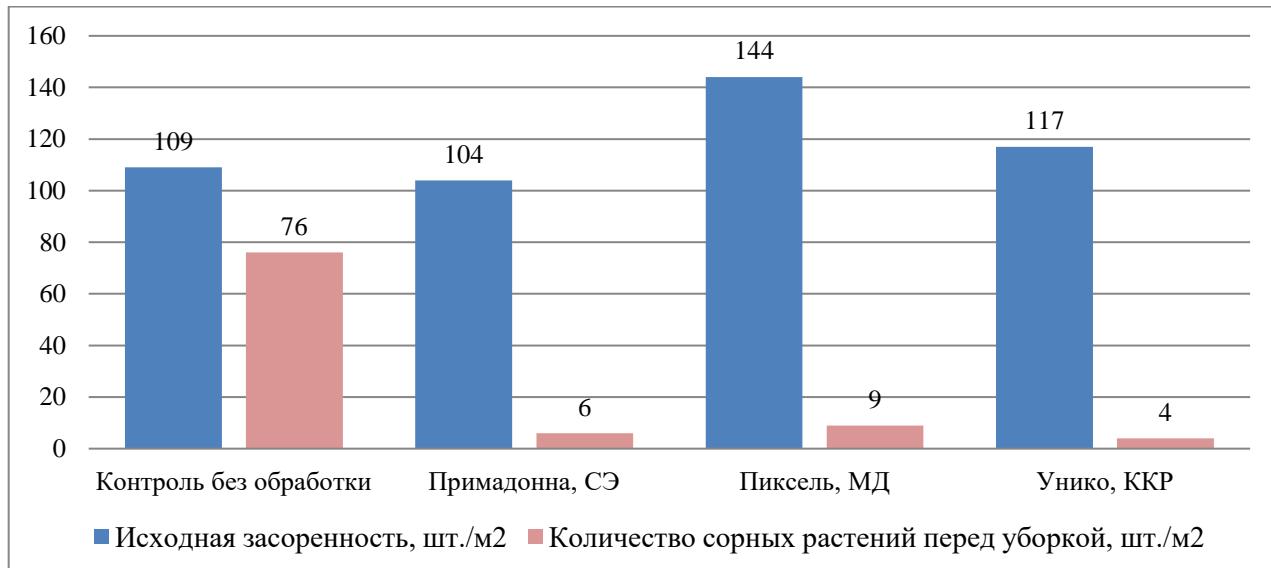


Рисунок 25 – Численность сорной растительности в посевах яровой пшеницы до и после гербицидной обработки на фоне азотной подкормки N₇₀ в 2024 г., шт./м²

При сравнении вариантов опыта 2024 года по уровню засоренности посевов яровой пшеницы к моменту уборки (после гербицидной обработки) с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (1,77 шт./м²), находим (приложение В3), что наилучшим вариантом являлся тот, в котором применялся гербицид Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₇₀ – 4 шт./м². Этот вариант был существенно ниже по общей засоренности всех остальных вариантов, кроме варианта с применением этого же гербицида, только на фоне подкормки N₇₀ (5 шт./м²). Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,88 шт./м²) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ сопровождалось существенным снижением общего количества сорняков в посевах яровой пшеницы к уборке на 1,8 шт./м² по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N₃₅. Что касается влияния гербицидов на общую засоренность посевов (фактор В), то их применение в опыте оказалось во всех

случаях эффективным, так как сопровождалось существенным снижением общего количества сорных растений по сравнению с контролем при обработке гербицидом Пиксель, МД на 72,0 шт./м², Примадонна, СЭ на 72,5 шт./м², Унико, ККР на 75,0 шт./м² при НСР₀₅ по фактору В равной 1,25 шт./м².

В 2024 году через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами, применение препарата Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне подкормки аммиачной селитрой в норме N₃₅ обеспечило наибольшую биологическую эффективность – 77,7 % (рис. 26). Использование гербицидов Унико, ККР (1,5 л/га) и Примадонна, СЭ (0,9 л/га) способствовало снижению биологической эффективности по сравнению с лучшим вариантом на 6,3 и 12,6 % соответственно и составляло 71,4 и 65,1 %.

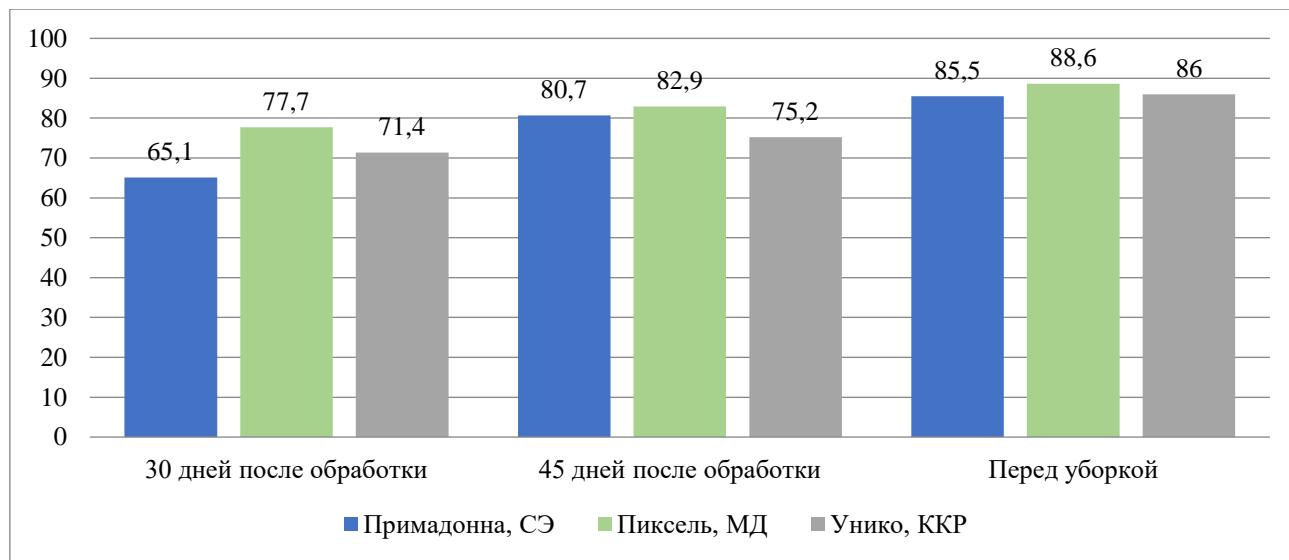


Рисунок 26 – Биологическая эффективность гербицидов в посевах яровой пшеницы при азотной подкормке N₃₅ в 2024 году, %

В 2024 году на фоне азотной подкормки в норме N₃₅ биологическая эффективность гербицидов на посевах яровой пшеницы повысилась к 45-му дню после их применения по сравнению с 30-дневным использованием у Пикселя, МД на 5,2 % и составляла 82,9 %, у Примадонны, СЭ на 15,6 % и составляла 80,7

%, у Унико, ККР на 3,8 % и составляла 75,2 %. Гербициды Примадонна, СЭ и Унико, ККР по биологической эффективности уступали наилучшему варианту – обработке гербицидом Пиксель, МД – на 2,2 % и 7,7 % соответственно.

В 2024 году максимальную биологическую эффективность к моменту уборки яровой пшеницы продемонстрировал гербицид Пиксель, МД на фоне подкормки в норме N₃₅ – 88,6 %. У этого препарата отмечалось повышение биологической эффективности по сравнению 30–дневным использованием на 10,9 % и 45–дневным – на 5,7 %. У остальных препаратов Примадонна, СЭ и Унико, ККР биологическая эффективность была приблизительно одинаковой и составляла, соответственно 85,5 и 86,0 %. Данный показатель у гербицида Примадонна, СЭ по сравнению с 30–дневным использование возрастал на 20,4 % и 45–дневным – на 4,8 %, у Унико, ККР, соответственно на 14,6 и 10,8 %.

В 2024 году при использовании подкормки в виде аммиачной селитры из расчета N₇₀ и через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами наилучшие результаты по биологической эффективности показал препарат Примадонна, СЭ (0,9 л/га) – 81,0 % (рис. 27). Гербицид Унико, ККР (1,5 л/га) на этом же фоне подкормки аммиачной селитрой уступал по этому показателю лучшему варианту всего на 0,7 %, биологическая эффективность препарата при этом составляла 80,3 %. Применение гербицида Пиксель, МД (0,3 л/га) способствовало получению наименьшей биологической эффективности – 79,4 %, что уступало лучшему варианту на 1,6 %.

В 2024 году через 45 дней после применения гербицидов в посевах яровой пшеницы на фоне азотной подкормки N₇₀ их биологическая эффективность возрастала по сравнению с 30–дневным использованием у Унико, ККР на 12,7 % и составляла 93,0 %, у Примадонны, СЭ на 7,9 % и составляла 88,9 % и у Пикселя, МД на 8,0 % и составляла 87,4 %. Гербициды Примадонна, СЭ и Пиксель, МД

уступали лучшему варианту с обработкой гербицидом Унико, ККР по биологической эффективности, соответственно на 4,1 и 5,6 %.

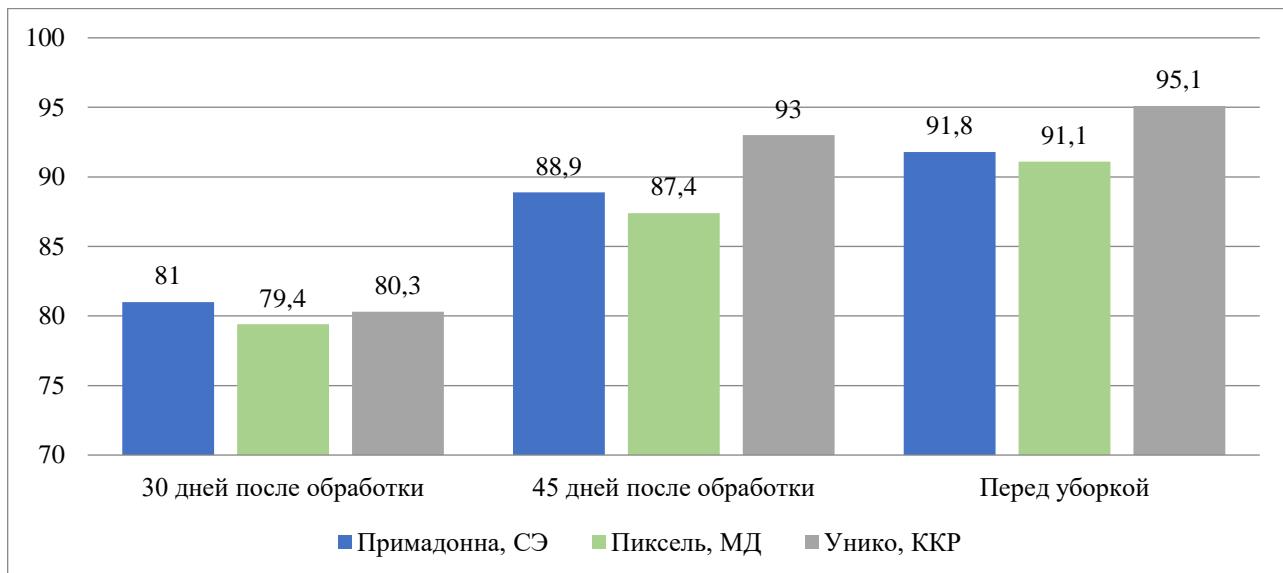


Рисунок 27 – Биологическая эффективность гербицидов в посевах яровой пшеницы при азотной подкормке N₇₀ в 2024 году, %

В 2024 году на фоне азотной подкормки в норме N₇₀ биологическая эффективность гербицидов к моменту уборки яровой пшеницы достигла максимальных значений. Самая высокая обеспечивалась при обработке препаратом Унико, ККР – 95,1 %. У этого гербицида отмечалось повышение биологической эффективности по сравнению 30–дневным применением на 14,8 % и 45–дневным – на 2,1 %. У остальных препаратов Примадонна, СЭ и Пиксель, МД биологическая эффективность была приблизительно одинаковой и составляла, соответственно 91,8 и 91,1 %. Данный показатель у гербицида Примадонна, СЭ по сравнению с 30–дневным использованию возрастал на 10,8 % и 45–дневным – на 2,9 %, у гербицида Пиксель, МД, соответственно на 11,7 и 3,7 %.

В 2024 году обработка посевов яровой пшеницы гербицидами привела не только к снижению общей численности сорняков, но и к достоверному уменьшению их общей воздушно–сухой массы по сравнению с контролем (рис. 28).

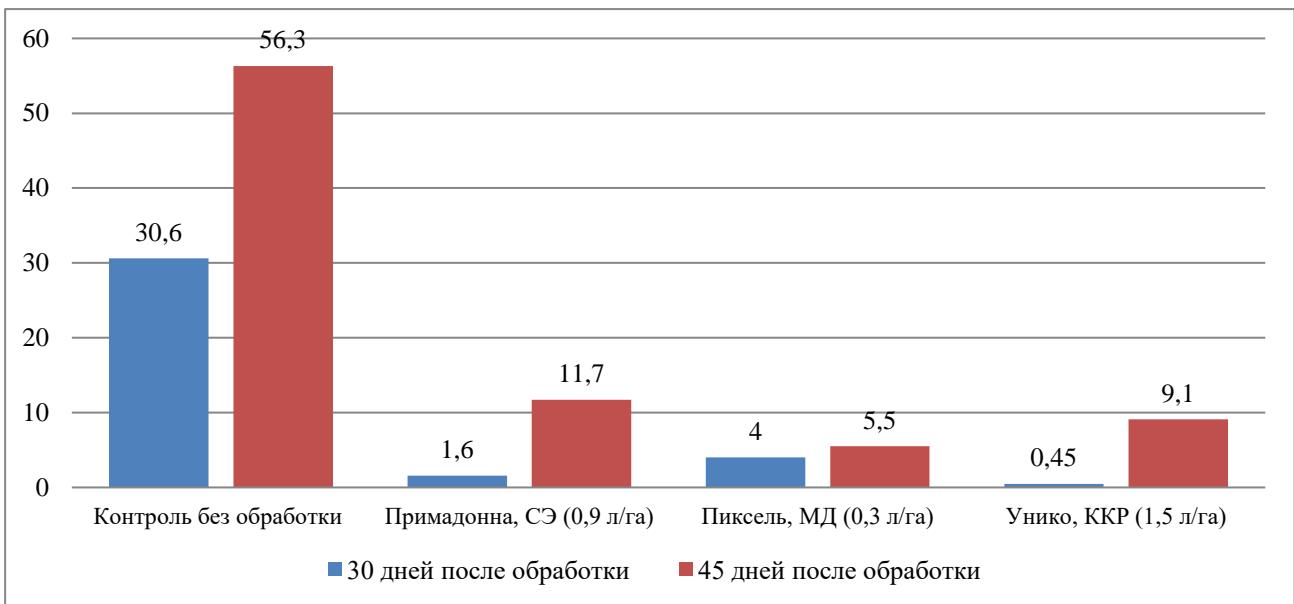


Рисунок 28 – Суммарная воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы после гербицидной обработки на фоне подкормки аммиачной селитрой N₃₅ в 2024 году, г/м²

В 2024 году в контрольном варианте без применения гербицидов на фоне подкормки аммиачной селитрой из расчета N₃₅ через 30 дней после обработки посевов яровой пшеницы гербицидами в остальных вариантах была достигнута не самая большая общая воздушно–сухая масса сорняков – 30,6 г/м², наибольшая обеспечивалась через 45 дней после применения гербицидов в других вариантах – 56,3 г/м². Наблюдалось увеличение общей воздушно–сухой массы сорняков в контроле за две недели на 25,7 г/м² или на 84,0 %.

При обработке посевов гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне N₃₅ спустя 30 дней общая воздушно–сухая масса сорняков равнялась 4,0 г/м², что было ниже контроля на 26,6 г/м² или 86,9 %. Обработка посевов препаратом Примадонна, СЭ (0,9 л/га) способствовала снижению общей воздушно–сухой массы сорной растительности относительно контроля на 29,0 г/м² или 94,8 %. Самый низкий показатель обеспечивался при обработке посевов гербицидом

Унико, ККР (1,5 л/га) через 30 дней – 0,45 г/м², что было ниже контроля на 30,15 г/м² или 98,7 %.

В 2024 году через 45 дней после применения гербицидов на фоне N₃₅ общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы повышалась по сравнению с 30–дневным сроком: при обработке гербицидом Примадонна, СЭ на 10,1 г/м² или в 7,3 раза и составила 11,7 г/м², препаратом Унико, ККР на 8,65 г/м² или в 20,2 раза и составила 9,1 г/м², гербицидом Пиксель, МД на 1,5 г/м² или 37,5 % и составила 5,5 г/м². По отношению к контролю снижение этого показателя составило у гербицида Примадонна, СЭ на 44,6 г/м² или 79,2 %, Пиксель, МД – на 50,8 г/м² или 90,2 % и Унико, ККР – на 47,2 г/м² или 83,8 %.

В 2024 году на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₇₀ (рис. 29) в контроле (без гербицидов) по сравнению с фоном N₃₅ наблюдалось снижение общей воздушно–сухой массы сорняков на 2,9 г/м² (9,5 %) через 30 дней после обработки гербицидами в других вариантах и на 1,9 г/м² (3,4 %) – через 45 дней. Абсолютные значения массы сорняков в контроле на фоне N₇₀ составили соответственно 27,7 и 54,4 г/м². При этом уже через две недели после внесения азотных удобрений в контрольном варианте на фоне N₇₀ наблюдался рост общей воздушно–сухой массы сорной растительности на 26,7 г/м² (96,4 %) по сравнению с фоном N₃₅.

В варианте с применением гербицида Примадонна, СЭ (0,9 л/га) в посевах яровой пшеницы на фоне N₇₀ по сравнению с фоном N₃₅ через 30 дней после обработки наблюдалось увеличение массы сорняков на 6,3 г/м² (в 4,9 раза), однако к 45–му дню этот показатель снизился на 4,0 г/м² (34,2 %). На этом фоне внесения аммиачной селитры через две недели после обработки гербицидом Примадонна, СЭ обеспечивалось незначительное снижение общей воздушно–сухой массы сорной растительности всего на 0,2 г/м² или 2,5 % и снижалось от

7,9 г/м² через 30 дней после обработки до 7,7 г/м² через 45 дней после применения препарата. Относительно контрольного варианта общая воздушно–сухая масса сорной растительности после 30 дней применения данного гербицида снижалась на 19,8 г/м² или 71,5 %, после 45 дней – на 46,7 г/м² или 85,8 %.

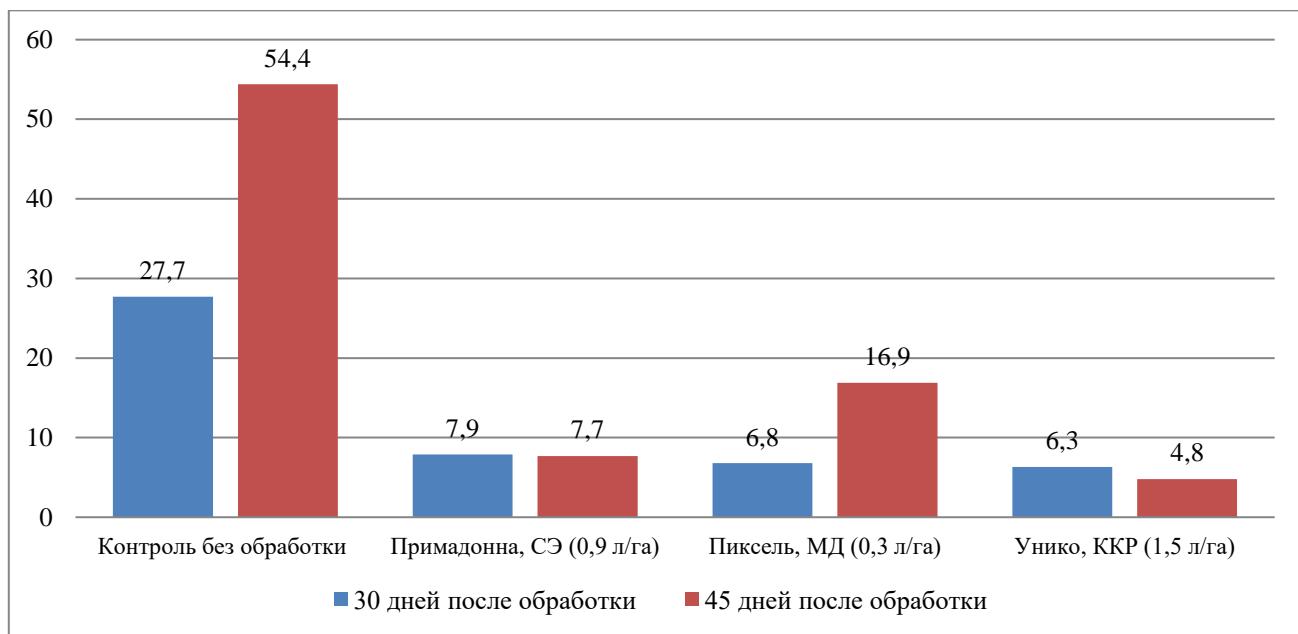


Рисунок 29 – Воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы после гербицидной обработки на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₇₀ (2024 г.), г/м²

При использовании гербицида Пиксель, МД (0,3 л/га) в посевах яровой пшеницы на фоне азотной подкормки N₇₀ наблюдалось увеличение общей воздушно–сухой массы сорной растительности по сравнению с фоном N₃₅ через 30 дней после обработки на 2,8 г/м² или 70,0 % и составило 6,8 г/м², через 45 дней после обработки этим гербицидом – на 11,4 г/м² или в 3,1 раза и составило 16,9 г/м². На фоне подкормки аммиачной селитрой уже через две недели после обработки данным гербицидом наблюдалось увеличение общей воздушно–сухой массы сорняков на 10,1 г/м² (в 2,5 раза) по сравнению с контролем. Однако к 30–му дню после применения препарата масса сорной растительности снизилась

относительно контрольного варианта на 20,9 г/м² (75,5 %), а к 45-му дню – на 37,5 г/м² (68,9 %).

В 2024 году в посевах яровой пшеницы на фоне азотной подкормки N₇₀ по сравнению с фоном N₃₅ в варианте применения гербицида Унико, ККР (1,5 л/га) через 30 дней после обработки наблюдалось увеличение общей воздушно–сухой массы сорняков на 5,85 г/м² (в 14,0 раз). Однако к 45–му дню после внесения препарата этот показатель снизился на 4,3 г/м² (47,3 %). На фоне подкормки аммиачной селитрой уже через две недели после обработки данным гербицидом наблюдалось снижение общей воздушно–сухой массы сорной растительности с 6,3 г/м² после 30–дневного применения до 4,8 г/м² после 45–дневного применения и составило 1,5 г/м² или 23,8 %. Относительно контрольного варианта этот показатель после 30 дней применения гербицида Унико, ККР снижался на 21,4 г/м² или 77,3 %, после 45 дней – на 49,6 г/м² или 91,2 %.

Оценивая различия между вариантами опыта в 2024 году по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 30 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в посевах яровой пшеницы с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (1,07 г/м²), находим (приложение С3), что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₃₅ – 0,45 г/м². Этот вариант был существенно ниже по общей воздушно–сухой массе сорняков всех остальных вариантов. Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,53 г/м²) показывает, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке от N₃₅ до N₇₀ сопровождалось существенным увеличением общей воздушно–сухой массы сорняков в посевах яровой пшеницы через 30 дней после использования гербицида на 3,02 г/м². Что касается влияния гербицидов на общую воздушно–сухую массу сорной растительности (фактор В), то их применение в опыте

оказалось во всех случаях также эффективным, так как сопровождалось существенным снижением этого показателя относительно контрольного варианта (без применения гербицидов) при обработке Пикселием, МД на 23,75 г/м², Примадонной, СЭ на 24,4 г/м² и Унико, ККР на 25,78 г/м² при НСР₀₅ по фактору В равной 0,75 г/м².

Оценивая различия между вариантами опыта в 2024 году по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки в посевах яровой пшеницы с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,66 г/м²), находим (приложение D3), что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₇₀ – 4,8 г/м². Этот вариант был существенно ниже по общей воздушно–сухой массе всех остальных вариантов. Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,33 г/м²) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ сопровождалось несущественным увеличением средней общей воздушно–сухой массы сорняков в посевах яровой пшеницы через 45 дней после использования гербицида по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N₃₅. Отклонение составило 0,3 г/м², что не выходило за пределы значения НСР₀₅. Что касается влияния гербицидов на общую воздушно–сухую массу сорной растительности (фактор В), то их применение в опыте оказалось во всех случаях эффективным, так как сопровождалось существенным снижением средних показателей по сравнению с контрольным вариантом (без гербицидов) при обработке Пикселием, МД на 44,15 г/м², Примадонной, СЭ на 45,65 г/м² и Унико, ККР на 48,4 г/м² при НСР₀₅ по фактору В равной 0,46 г/м².

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по общей засоренности посевов яровой пшеницы к уборке после обработки гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (1,51 шт./м²),

находим (таблица 6, приложение В4), что наилучший результат по уровню засоренности – 4 шт./м² – был получен в варианте с применением гербицида Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N₇₀. Этот показатель достоверно превосходил все остальные варианты, за исключением обработок гербицидом Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на фонах N₃₅ и N₇₀, где засорённость составила 5 шт./м². Во всех остальных вариантах общая засорённость достоверно превышала лучший результат (4 шт./м²): например, при использовании Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне N₃₅ она составила 6 шт./м², то есть была выше на 2 шт./м², при обработке гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне N₃₅ – на 3 шт./м² и при обработке гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га), но на фоне N₇₀ – на 5 шт./м². В контроле (без гербицидной обработки) засоренность сорняков составила 59 шт./м² на фоне азотной подкормки N₃₅ и 71 шт./м² – на фоне N₇₀.

Таблица 6 – Количество сорной растительности к моменту уборки яровой пшеницы после обработки гербицидами на фоне различной азотной подкормки, шт./м² (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)				Среднее по фактору А
	Контроль, б/о	Примадонна	Пиксель	Унико	
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	59	5	7	6	19,25
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	71	5	9	4	22,25
Среднее по фактору В	65	5	8	5	20,75
HCP ₀₅ (частных различий) = 1,51 шт./м ² ; HCP ₀₅ А = 0,76 шт./м ² ; HCP ₀₅ В, АВ = 1,07 шт./м ²					

Сравнение средних значений по фактору А (HCP₀₅ = 0,76 шт./м²) показало, что увеличение нормы азотной подкормки до N₇₀ (22,25 шт./м²) привело к

достоверному увеличению общей засорённости посевов яровой пшеницы к уборке на 3 шт./м² по сравнению с вариантом внесения N₃₅ (19,25 шт./м²).

По фактору В (влияние гербицидов на засоренность посевов яровой пшеницы к уборке) все испытанные препараты продемонстрировали высокую эффективность: в каждом случае наблюдалось достоверное снижение общей численности сорняков по сравнению с контролем. Так, при обработке гербицидом Пиксель, МД сокращение составило 57 шт./м², а при использовании Примадонны, СЭ и Унико, ККР – 60 шт./м². Критическое значение НСР₀₅ по фактору В составило 1,07 шт./м².

В среднем за 2022–2024 годы исследований к уборке яровой пшеницы самая высокая биологическая эффективность (таблица 7) обеспечивалась при применении гербицидов Унико, ККР (1,5 л/га) и Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на фоне подкормки в норме N₇₀ – 94,2 и 93,1 % соответственно.

Таблица 7 – Биологическая эффективность применения гербицидов к уборке яровой пшеницы на фоне различных подкормок аммиачной селитрой, %

(среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Биологическая эффективность
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Примадонна, СЭ 0,9 л/га	87,7
	Пиксель, МД 0,3 л/га	82,9
	Унико, ККР 1,5 л/га	84,4
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Примадонна, СЭ 0,9 л/га	93,1
	Пиксель, МД 0,3 л/га	89,6
	Унико, ККР 1,5 л/га	94,2

Обработка посевов гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне N_{70} обеспечивала биологическую эффективность от применения данного препарата на уровне 89,6 %, что было ниже лучшего варианта (обработка препаратом Унико, ККР) на 4,6 %. Следует отметить, что увеличение нормы азотной подкормки до N_{70} в посевах яровой пшеницы повышало биологическую эффективность применения всех без исключения гербицидов по сравнению с фоном N_{35} , на котором данный показатель составлял у гербицида Примадонна, СЭ – 87,7 %, Унико, ККР – 84,4 % и Пиксель, МД – 82,9 %, что было ниже лучшего варианта, соответственно на 6,5; 9,8 и 11,3 %. Снижение биологической эффективности применения гербицидов на более низком азотном фоне N_{35} может быть связана с особенностями роста сорных растений и действием препаратов при различных уровнях питания.

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 30 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в посевах яровой пшеницы с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,53 г/м²), находим (таблица 8, приложение С4), что наилучший результат по общей воздушно–сухой массе сорняков – 6,79 г/м² – был получен при применении препарата Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой в норме N_{35} . Этот показатель достоверно превысил все остальные варианты, за исключением обработки гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне N_{70} , где масса сорняков составила 7,23 г/м². В остальных вариантах общая воздушно–сухая масса сорной растительности существенно превышала лучший вариант при обработке гербицидом Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне N_{35} – на 2,76 г/м², при обработке этим же гербицидом, но на фоне N_{70} – на 3,54 г/м², при обработке гербицидом Примадонна, СЭ на фоне N_{70} – на 4,74 г/м² и при обработке гербицидом Пиксель, МД на фоне N_{35} – на 8,66 г/м². В контрольном варианте (без гербицидной обработки) общая воздушно–сухая масса сорняков составила 47,15 г/м² на фоне азотной подкормки N_{35} и 34,32 г/м² – на фоне N_{70} .

Таблица 8 – Средняя за 2022–2024 гг. воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 30 дней после гербицидной обработки при различных уровнях азотной подкормки аммиачной селитрой, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)				Среднее по фактору А
	Контроль, б/о	Примадонна	Пиксель	Унико	
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	47,15	6,79	15,45	9,55	19,73
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	34,32	11,53	7,23	10,33	15,85
Среднее по фактору В	40,73	9,16	11,34	9,94	17,79
HCP ₀₅ (частных различий) = 0,53 г/м ² ; HCP ₀₅ А = 0,27 г/м ² ; HCP ₀₅ В, АВ = 0,38 г/м ²					

Сопоставление средних по фактору А (HCP₀₅ = 0,27 г/м²) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ (15,85 г/м²) сопровождалось существенным снижением общей воздушно–сухой массы сорняков в посевах яровой пшеницы через 30 дней после использования гербицидов на 3,88 г/м² по сравнению с нормой азотного удобрения при подкормке N₃₅ (19,73 г/м²). Относительно влияния гербицидов на общую воздушно–сухую массу сорняков (фактор В) было установлено, что в опыте после 30 дней применения препаратов достигался эффект, который сопровождался существенным снижением данного показателя по сравнению с контролем при обработке гербицидом Пиксель, МД – на 29,39 г/м², Унико, ККР – на 30,79 г/м² и Примадонна, СЭ – на 31,57 г/м² при HCP₀₅ по фактору В равной 0,38 шт./м².

Через 45 дней после применения гербицидов общая воздушно–сухая масса сорной растительности во всех вариантах оказалась ниже, чем на 30–й день (таблица 9, приложение D4).

Таблица 9 – Средняя за 2022–2024 гг. воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 45 дней после гербицидной обработки при различных уровнях азотной подкормки аммиачной селитрой, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)				Среднее по фактору А
	Контроль, б/о	Примадонна	Пиксель	Унико	
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	34,05	4,55	3,49	3,61	11,42
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	41,87	4,6	6,87	3,06	14,1
Среднее по фактору В	37,96	4,57	5,18	3,33	12,76
HCP ₀₅ (частных различий) = 0,62 г/м ² ; HCP ₀₅ А = 0,31 г/м ² ; HCP ₀₅ В, АВ = 0,44 г/м ²					

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по общей воздушно–сухой массе сорной растительности через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки в посевах яровой пшеницы с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,62 г/м²), находим, что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₇₀ – 3,06 г/м². Этот вариант был существенно ниже по общей воздушно–сухой массе сорняков всех остальных вариантов, кроме тех, где применялись гербициды Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне подкормки N₃₅ – 3,49 г/м² и Унико, ККР на этом же фоне – 3,61 г/м². В остальных вариантах данный показатель существенно превышал лучший вариант при обработке гербицидом Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на фоне N₃₅ – на 1,49 г/м², при обработке этим же гербицидом, но на фоне N₇₀ – на 1,54 г/м² и при обработке гербицидом Пиксель, МД на фоне N₇₀ – на 3,81 г/м². В контролльном варианте (без гербицидной обработки) общая воздушно–сухая масса сорняков составила 34,05 г/м² на фоне азотной подкормки N₃₅ и 41,87 г/м² – на фоне N₇₀.

Сопоставление средних по фактору А ($HCP_{05} = 0,31 \text{ г/м}^2$) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N_{70} ($14,1 \text{ г/м}^2$) сопровождалось существенным увеличением общей воздушно-сухой массы сорняков в посевах яровой пшеницы через 45 дней после использования гербицида на $2,68 \text{ г/м}^2$ по сравнению с нормой азотного удобрения N_{35} ($11,42 \text{ г/м}^2$).

Относительно влияния гербицидов на общую воздушно-сухую массу сорной растительности (фактор В), то их применение в опыте после 45 дней оказалось во всех случаях эффективным, так как сопровождалось существенным снижением средних показателей по сравнению с контрольным вариантом (без гербицидов) при обработке Пиксели, МД на $32,78 \text{ г/м}^2$, Примадонной, СЭ на $33,39 \text{ г/м}^2$ и Унико, ККР на $34,63 \text{ г/м}^2$ при HCP_{05} по фактору В равной $0,44 \text{ г/м}^2$.

На фоне азотной подкормки N_{35} (100 кг/га) в посевах яровой пшеницы наиболее устойчивыми видами сорной растительности к гербицидам являлись фиалка полевая (*Viola arvensis*), осот розовый (*Cirsium arvense*) и звездчатка средняя (*Stellaria media*), средняя доля которых составляла, соответственно 37,5; 22,7 и 13,9 %. За три года доля фиалки полевой в посевах снизилась от 100 % до 8,3 % на этом фоне, осота возросла до 25 % и звездчатки средней до 46 %. Причем фиалка полевая проявляла теневыносливость и устойчивость к ALS-ингибиторам, в данном случае к гербициду Пиксель, МД, осот розовый проявлял резистентность к ауксиноподобным гербицидам, а звездчатка средняя проявляла адаптацию к низким нормам азота и устойчивость с сульфонилмочевинам.

На фоне азотной подкормки N_{70} (200 кг/га) в посевах яровой пшеницы наиболее устойчивыми видами сорной растительности к гербицидам являлись марь белая (*Chenopodium album*), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum*) и фиалка полевая (*Viola arvensis*), средняя доля которых составляла, соответственно 35,3; 31,9 и 31,9 %.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

4.1 Высота растений

Использование гербицидов в сельском хозяйстве, особенно в посевах яровой пшеницы, оказывает значительное влияние на рост и развитие растений. Вдобавок, фон удобрений также представляет важную роль в этом процессе. Исследования показывают, что гербициды помогают контролировать сорные растения, что, в свою очередь, может положительно повлиять на высоту и общее состояние растений яровой пшеницы (табл. 10).

Таблица 10 – Оценка влияния гербицидов на высоту растений яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки, см

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Высота растений			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	99,6	99,3	84,8	94,6
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	96,7	114,3	95,9	102,3
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	99,5	109,6	106,3	105,1
	Унико, ККР (1,5 л/га)	100,8	100,3	98,2	99,8
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	103,7	122,3	95,3	107,1
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	101,9	125,4	103,8	110,4
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	99,8	124,5	111,8	112,0
	Унико, ККР (1,5 л/га)	104,3	128,3	107,4	113,3
HCP_{05} (частных различий)		0,86	0,81	1,18	0,6
HCP_{05} (фактор А)		0,43	0,41	0,59	0,3
HCP_{05} (фактор В, AB)		0,61	0,57	0,83	0,42

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по высоте растений яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,6 см), находим (таблица 10, приложение Е4), что лучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Унико, ККР (1,5 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₇₀ – 113,3 см. Этот вариант был существенно выше по данному показателю всех остальных вариантов. На фоне азотной подкормки в норме N₃₅ высота растений яровой пшеницы в вариантах с гербицидами достоверно превышала контроль: при использовании Унико, ККР – на 5,2 см, Примадонны, СЭ – на 7,7 см, а Пиксель, МД – на 10,5 см. На фоне подкормки N₇₀ достоверное превышение высоты растений по сравнению с контролем отмечалось при применении гербицидов Примадонна, СЭ и Пиксель, МД, соответственно на 3,3 и 4,9 см, что было также существенным. В контролльном варианте, без обработки гербицидами высота растений яровой пшеницы на фоне подкормки N₃₅ составляла 94,6 см и на фоне N₇₀ – 107,1 см.

Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,3 см) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ (110,7 см) сопровождалось существенным увеличением высоты растений на 10,2 см по сравнению с нормой азотного удобрения N₃₅ (100,5 см).

Относительно влияния гербицидов на высоту растений яровой пшеницы (фактор В) было установлено, что их применение в опыте во всех случаях оказалось эффективным, так как сопровождалось существенным увеличением данного показателя в сравнении с контролем (без гербицидов) при обработке препаратом Примадонна, СЭ – на 5,5 см, Унико, ККР – на 5,7 см и Пиксель, МД – на 7,7 см при НСР₀₅ по фактору В равной 0,42 см. Как видно, в посевах яровой пшеницы сформировались растения разной высоты, что свидетельствует о зависимости ростовых процессов от сложного взаимодействия погодно–

климатических условий, уровня минерального питания и обработки гербицидами. Полученные данные подтверждают важность включения гербицидных обработок в систему агротехнических мероприятий для оптимизации роста и развития данной культуры.

4.2 Количество растений к уборке

Применение гербицидов является важным элементом современной системы возделывания яровой пшеницы, способствующим снижению конкуренции со стороны сорных растений и созданию оптимальных условий для развития культуры. В условиях интенсивного землепользования эффективность гербицидов во многом зависит от уровня агротехники, в том числе норм внесения удобрений и препаратов.

Таблица 11 – Оценка влияния гербицидов на количество растений яровой пшеницы к уборке при различных фонах азотной подкормки, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество растений к уборке			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	166	282	174	207
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	172	236	246	218
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	168	238	252	219
	Унико, ККР (1,5 л/га)	176	240	206	207
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	162	362	348	291
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	202	322	378	301
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	152	360	404	305
	Унико, ККР (1,5 л/га)	176	232	332	247
HCP_{05} (частных различий)		1,48	1,03	1,31	1,41
HCP_{05} (фактор А)		0,74	0,51	0,66	0,7
HCP_{05} (фактор В, АВ)		1,05	0,73	0,93	1,0

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по количеству растений яровой пшеницы к уборке при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (1,41 шт./м²), находим (таблица 11, приложение F4), что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне азотной подкормки аммиачной селитрой N₇₀ – 305 шт./м². Этот вариант достоверно превосходил все остальные по рассматриваемому показателю. На фоне азотной подкормки N₃₅ численность растений яровой пшеницы к уборке при использовании гербицидов Примадонна, СЭ (0,9 л/га) и Пиксель, МД (0,3 л/га) была практически одинаковой и равнялась, соответственно 218 и 219 шт./м², что было существенно выше контроля на 11 и 12 шт./м². При обработке посевов гербицидом Унико, ККР (1,5 л/га) густота растений яровой пшеницы к уборке составила 207 шт./м², что соответствует уровню контроля. На фоне азотной подкормки N₇₀ применение гербицида Примадонна, СЭ обеспечило достоверное увеличение численности растений к уборке по сравнению с контролем на 10 шт./м². Лишь в варианте с обработкой гербицидом Унико, ККР количество растений яровой пшеницы к уборке достоверно уступало контролю – на 44 шт./м² (15,1 %). В контрольном варианте (без гербицидов) густота растений к уборке составила 207 шт./м² на фоне азотной подкормки N₃₅ и 291 шт./м² – на фоне N₇₀.

Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,7 шт./м²) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ (286 шт./м²) сопровождалось существенным увеличением количества растений к уборке на 73 шт./м² по сравнению с нормой азотного удобрения N₃₅ (213 шт./м²).

Относительно влияния гербицидов на количество растений яровой пшеницы к уборке (фактор В) было установлено, что их применение в опыте во всех случаях оказалось эффективным, так как сопровождалось существенным увеличением данного показателя в сравнении с контролем (без гербицидов) при

обработке препаратом Примадонна, СЭ – на 11 шт./м², Пиксель, МД – на 13 шт./м² и Унико, ККР – на 22 шт./м² при НСР₀₅ по фактору В равной 1,0 шт./м². Отсюда следует, что наибольший положительный эффект на густоту растений оказывал гербицид Пиксель, МД (0,3 л/га), особенно на фоне высокого уровня удобрения, что подчеркивает важность сочетания химической защиты со сбалансированным питанием растений.

4.3 Количество продуктивных стеблей

Обработка посевов яровой пшеницы гербицидами в фазе кущения на фоне различных доз внекорневой подкормки аммиачной селитрой способствовала увеличению количества продуктивных стеблей у этой культуры (табл. 12, приложение F1–4).

Таблица 12 – Влияние гербицидов на густоту продуктивных стеблей яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество продуктивных стеблей			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	364	308	302	325
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	430	288	304	341
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	350	338	390	359
	Унико, ККР (1,5 л/га)	438	260	314	337
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	396	440	266	367
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	410	442	424	425
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	392	556	526	491
	Унико, ККР (1,5 л/га)	438	302	478	406
НСР ₀₅ (частных различий)		1,53	1,52	1,41	1,74
НСР ₀₅ (фактор А)		0,77	0,76	0,7	0,87
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)		1,08	1,08	1,0	1,23

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за три года по количеству продуктивных стеблей яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки аммиачной селитрой и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (1,74 шт./м²), находим, что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне нормы азотного удобрения N₇₀ – 491 шт./м². Этот вариант был существенно выше по данному показателю всех остальных вариантов. На фоне азотной подкормки N₃₅ применение гербицидов Унико, ККР (1,5 л/га), Примадонна, СЭ (0,9 л/га) и Пиксель, МД (0,3 л/га) обеспечило формирование 337, 341 и 359 продуктивных стеблей на 1 м² соответственно, что достоверно превышало контрольный вариант (без гербицидов) на 12 (3,7 %), 16 (4,9 %) и 34 (10,5 %) стебля/м². В контроле на этом фоне этот показатель равнялся 325 шт./м². На фоне подкормки N₇₀ при использовании гербицидов Унико, ККР (1,5 л/га) и Примадонна, СЭ (0,9 л/га) количество продуктивных стеблей существенно превысило контроль, соответственно на 39 и 58 шт./м² или 10,6 и 15,8 %. В контрольном варианте (без гербицидной обработки) на этом фоне количество продуктивных стеблей яровой пшеницы составило 367 шт./м². Сравнение средних значений по фактору А (НСР₀₅ = 0,87 шт./м²) выявило, что повышение нормы азотной подкормки до N₇₀ (422,3 шт./м²) привело к достоверному увеличению числа продуктивных стеблей яровой пшеницы на 81,8 шт./м² (24,0 %) по сравнению с фоном N₃₅ (340,5 шт./м²). Анализ влияния гербицидов (фактор В) показал, что их применение во всех случаях оказало положительный эффект на формирование продуктивных стеблей, так как сопровождалось существенным увеличением данного показателя в сравнении с контролем (без гербицидов) при обработке препаратом Унико, ККР – на 25,5 шт./м² или 7,4 %, Примадонна, СЭ – на 37 шт./м² или 10,7 % и Пиксель, МД – на 79 шт./м² или 22,8 %. Поэтому, можно констатировать, что применение гербицидов является важным средством повышения продуктивности

яровой пшеницы, однако их эффективность зависит от правильного выбора препарата и норм внесения.

4.4 Продуктивная кустистость

Продуктивная кустистость является важным показателем, определяющим урожайность яровой пшеницы. На ее формирование оказывают влияние как внешние факторы, так и агротехнические приемы, включая применение гербицидов и уровень минерального питания. В условиях современного земледелия применение химических средств защиты растений для борьбы с сорняками становится обязательным, однако их влияние на продуктивную кустистость требует детального изучения.

Таблица 13 – Оценка влияния гербицидов на продуктивную кустистость яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Продуктивная кустистость			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,19	1,09	1,74	1,67
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	2,5	1,22	1,24	1,65
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	2,08	1,42	1,55	1,68
	Унико, ККР (1,5 л/га)	2,49	1,08	1,52	1,7
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,44	1,21	0,76	1,47
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	2,03	1,37	1,12	1,51
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	2,58	1,54	1,3	1,81
	Унико, ККР (1,5 л/га)	2,49	1,3	1,44	1,74
HCP_{05} (частных различий)		0,06	0,06	0,08	0,04
HCP_{05} (фактор А)		0,03	0,03	0,04	0,02
HCP_{05} (фактор В, АВ)		0,04	0,04	0,06	0,03

Анализ данных по годам показал, что в 2022 году значения продуктивной кустистости яровой пшеницы были выше, чем в 2023 и 2024 годах, что может быть связано с благоприятными погодными условиями или другими внешними факторами. В целом оценивая различия между вариантами опыта за три года по коэффициентам продуктивной кустистости яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,04), находим (табл. 13, приложение Н4), что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне нормы азотного удобрения N₇₀ – 1,81. Этот вариант был существенно выше по данному показателю всех остальных вариантов. Использование гербицидов в посевах яровой пшеницы на фоне N₃₅ оказалось в сравнении с контролем (1,67) неэффективным, так как оно не сопровождалось существенным ростом продуктивной кустистости. На фоне азотной подкормки N₇₀ продуктивная кустистость в варианте с гербицидом Унико, ККР (1,5 л/га) достоверно превысила контрольный показатель на 0,27 (18,4 %) и составила 1,74. При обработке гербицидом Примадонна, СЭ (0,9 л/га) продуктивная кустистость не отличалась от контрольной (1,47), то есть разница с ним не выходила за значение НСР₀₅. Сопоставление средних по фактору А (НСР₀₅ = 0,02) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N₇₀ (1,63) сопровождалось существенным снижением коэффициента продуктивной кустистости на 0,04 по сравнению с нормой азотного удобрения N₃₅ (1,67). Относительно влияния гербицидов на продуктивную кустистость яровой пшеницы (фактор В) установлено, что их применение в опыте оказалось эффективным только в вариантах, где использовали препараты Унико, ККР и Пиксель, МД, потому что сопровождалось существенным увеличением данного показателя в сравнении с контролем, соответственно на 0,15 и 0,17 или 9,5 и 10,8 % при НСР₀₅, равной 0,03. В варианте использования препарата Примадонна, СЭ

разница с контролем была несущественной. Небольшое увеличение показателя при применении гербицидов Унико, ККР и Пиксель, МД может быть связано с улучшением условий роста растений за счет снижения конкуренции с сорняками на фоне более высокого уровня минерального питания.

4.5 Длина колоса

Результаты исследований свидетельствуют о том, что для оптимизации формирования колоса яровой пшеницы необходимо учитывать взаимосвязь между уровнем азотного питания и выбором гербицида (табл. 14).

Таблица 14 – Влияние гербицидов на длину колоса яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона, см

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Длина колоса			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	8,2	8,6	7,1	8,0
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	9,0	8,7	7,5	8,4
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	8,9	9,0	7,5	8,5
	Унико, ККР (1,5 л/га)	9,4	7,8	8,4	8,5
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	9,7	9,7	7,1	8,8
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	8,5	9,4	7,5	8,5
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	9,9	11,7	8,2	9,9
	Унико, ККР (1,5 л/га)	8,9	8,4	8,2	8,5

В среднем за три года исследований при низком уровне удобрения (N_{35}) все использованные гербициды способствовали незначительному увеличению длины колоса яровой пшеницы по сравнению с контролем, в котором данный показатель равнялся 8,0 см. Применение гербицида Примадона, СЭ (0,9 л/га)

способствовало формированию длины колоса на уровне 8,4 см, что на 0,4 см или 5,0 % было выше, чем в контроле. Использование гербицидов Пиксель, МД (0,3 л/га) и Унико, ККР (1,5 л/га) обеспечивало одинаковую длину колоса у яровой пшеницы – 8,5 см, что было выше контроля на 0,5 см или 6,3 %.

При более высоком уровне удобрения (N_{70}) только применение в посевах яровой пшеницы гербицида Пиксель, МД способствовало значительному увеличению длины колоса в сравнении с контролем на 1,1 см или 12,5 % и составляло 9,9 см. Обработка посевов культуры гербицидами Примадонна, СЭ и Унико, ККР приводило к небольшому уменьшению показателя по сравнению с контрольным вариантом на 0,3 см или 3,4 %. В контроле длина колоса обеспечивалась на уровне 8,8 см.

4.6 Количество зерен в колосе

Оценка влияния гербицидов при различных нормах азотного удобрения на количество зерен в колосе яровой пшеницы представлена в табл. 15.

Анализируя различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по количеству зерен в колосе яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (1,33 шт.), находим (приложение I4), что наилучшим вариантом являлся тот, где применяли препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне нормы азотного удобрения N_{70} – 34 шт. Этот вариант был существенно выше по данному показателю всех остальных вариантов. На фоне N_{35} при использовании гербицида Унико, ККР (1,5 л/га) количество зерен в колосе равнялось 32 шт., что существенно превышало контрольный вариант (без обработки гербицидами) на 2 шт. или 6,7 %. Различий между контролем и вариантами с применением гербицидов Примадонна, СЭ (0,9 л/га) и Пиксель, МД (0,3 л/га) на этом фоне не

обнаружилось. На фоне N_{70} применение гербицида Примадонна, СЭ существенно уступало контролю по данному показателю на 2 шт. и составляло 31 шт. Вариант с использованием гербицида Унико, ККР по количеству зерен в колосе находился на одном уровне с контролем, различия в показателе не выходили за пределы значения HCP_{05} .

Таблица 15 – Оценка влияния гербицидов на количество зерен в колосе яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки, штук

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество зерен в колосе			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	28	37	25	30
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	30	35	26	30
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	31	35	25	30
	Унико, ККР (1,5 л/га)	34	32	30	32
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	36	33	29	33
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	28	35	29	31
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	33	38	30	34
	Унико, ККР (1,5 л/га)	31	35	30	32
HCP_{05} (частных различий)		1,33	1,86	1,63	1,33
HCP_{05} (фактор А)		0,67	0,93	0,81	0,67
HCP_{05} (фактор В, AB)		0,94	1,32	1,15	0,94

Сопоставление средних по фактору А ($HCP_{05} = 0,67$ шт.) показало, что увеличение нормы азотного удобрения при подкормке до N_{70} (32,5 шт.) сопровождалось существенным увеличением количества зерен в колосе яровой пшеницы на 2 шт. или 6,6 % по сравнению с нормой N_{35} (30,5 шт.).

По фактору В (влияние гербицидов на количество зёрен в колосе яровой пшеницы) было выявлено, что обработка препаратом Примадонна, СЭ

достоверно снизила этот показатель на 1,0 зерно по сравнению с контролем. Различия между контрольным вариантом и вариантами с использованием гербицидов Пиксель, МД и Унико, ККР были несущественные и не выходили за пределы значения $HCP_{05} = 0,94$ шт. Поэтому только препарат Пиксель, МД показал стабильный результат по увеличению количества зерен в колосе яровой пшеницы при более высоком уровне азотного удобрения.

4.7 Масса 1000 зерен

Применение гербицидов при возделывании яровой пшеницы представляет важную роль в борьбе с сорняками и, как следствие, может существенно влиять на урожайность культуры, в том числе на массу 1000 зерен. С повышением уровня азотного питания, достигаемого за счет использования удобрений, наблюдается тенденция к изменению натуры зерна, что может косвенно влиять и на массу 1000 зерен. Это связано с тем, что оптимальное питание растений способствует их лучшему развитию и образованию более крупных и качественных семян.

Результаты исследований показывают, что использование гербицидов на фоне различных доз азотных удобрений способствует увеличению массы 1000 зёрен яровой пшеницы по сравнению с контролем (без обработки) (табл. 16).

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по массе 1000 зерен яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью HCP_{05} для частных средних различий (0,52 г), находим (приложение J4), что наилучшим вариантом являлся тот, где применяли препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне нормы азотного удобрения $N_{35} = 37,3$ г. Этот вариант был существенно выше по данному показателю всех остальных вариантов. На этом фоне азотного питания применение гербицидов

Унико, ККР (1,5 л/га) и Примадонна, СЭ (0,9 л/га) привело к достоверному увеличению массы 1000 зёрен по сравнению с контролем: на 2,6 г (7,7 %) и 3,0 г (8,9 %) соответственно. В этих вариантах показатель составил 36,4 г и 36,8 г, тогда как в контроле (без гербицидной обработки) – 33,8 г.

Таблица 16 – Влияние гербицидов на массу 1000 зёрен яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона, г

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Масса 1000 зерен			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	37,4	33,3	30,8	33,8
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	40,3	35,6	34,5	36,8
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	39,5	37,2	35,3	37,3
	Унико, ККР (1,5 л/га)	41,5	34,5	33,3	36,4
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	39,9	34,0	32,6	35,5
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	38,2	35,8	35,6	36,5
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	39,1	35,2	35,3	36,5
	Унико, ККР (1,5 л/га)	37,9	32,5	34,8	35,1
HCP ₀₅ (частных различий)		0,77	0,94	0,54	0,52
HCP ₀₅ (фактор А)		0,39	0,47	0,27	0,26
HCP ₀₅ (фактор В, АВ)		0,55	0,66	0,38	0,37

На фоне азотной подкормки N_{70} наилучший результат по массе 1000 зёрен – 36,5 г – был получен при использовании гербицидов Примадонна, СЭ и Пиксель, МД, что достоверно превысило контрольный вариант на 1,0 г (2,8 %). При обработке гербицидом Унико, ККР на том же фоне масса 1000 зёрен не отличалась от контроля и составляла 35,1 г, разница в показателе не превышала значение HCP₀₅ (0,4 г). В контролльном варианте масса 1000 зерен на высоком фоне азотных удобрений составляла 35,5 г.

Сопоставление средних по фактору А ($HCP_{05} = 0,26$ г) показало, что различие между двумя фонами азотных удобрений по массе 1000 зерен оказалось несущественным (0,2 г) и не превышало значение HCP_{05} .

Относительно влияния гербицидов на массу 1000 зерен яровой пшеницы (фактор В) установлено, что их применение в опыте оказалось эффективным в вариантах, где применяли препараты Унико, ККР, Примадонна, СЭ и Пиксель, МД, потому что сопровождалось существенным увеличением данного показателя в сравнении с контролем, соответственно на 1,1; 2,0 и 2,2 г или 3,2; 5,8 и 6,3 % при HCP_{05} , равной 0,37 г.

4.8 Масса зерна с колоса

Применение гербицидов на фоне различных норм азотных удобрений положительно влияло на массу зерна с колоса яровой пшеницы в сравнении с контролем без обработки (табл. 17).

Таблица 17 – Влияние гербицидов на массу зерна с колоса яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона, г

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Масса зерна с колоса			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,05	1,23	0,77	1,02
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	1,21	1,25	0,9	1,12
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	1,22	1,3	0,88	1,12
	Унико, ККР (1,5 л/га)	1,41	1,1	1,0	1,17
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,44	1,12	0,95	1,17
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	1,07	1,25	1,03	1,12
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	1,29	1,34	1,06	1,23
	Унико, ККР (1,5 л/га)	1,17	1,14	1,04	1,12

Согласно данным таблицы, на фоне низкой нормы азотной подкормки (N_{35}) средняя масса зерна с колоса яровой пшеницы в контроле (без гербицидной обработки) составила 1,02 г. При применении гербицидов Примадонна, СЭ (0,9 л/га) и Пиксель, МД (0,3 л/га) этот показатель вырос до 1,12 г, что указывает на положительное влияние данных препаратов на формирование урожайности. Гербицид Унико, ККР (1,5 л/га) обеспечивал еще более значительное увеличение массы зерна с колоса, достигнув значения 1,17 г. На фоне высокой нормы азотной подкормки (N_{70}) масса зерна с колоса яровой пшеницы в контроле (без гербицидной обработки) составила 1,17 г. Обработка гербицидами Примадонна, СЭ и Унико, ККР привела к снижению этого показателя на 0,05 г (4,5 %) относительно контроля. Наибольшее значение – 1,23 г – было получено при использовании гербицида Пиксель, МД, что превышает контрольный уровень на 0,06 г (5,1 %).

Анализ полученных данных показал, что повышение уровня азотной подкормки до N_{70} способствовало увеличению массы зерна с колоса только в варианте с гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га); во всех остальных случаях этот показатель оказался ниже контрольного. В то же время на фоне N_{35} применение гербицидов обеспечило более существенную прибавку по сравнению с контролем – на 0,10–0,15 г, тогда как на фоне N_{70} максимальная прибавка составила всего 0,06 г.

4.9 Биологическая урожайность

Применение гербицидов и внесение азотных удобрений в различных нормах оказали достоверное влияние на биологическую урожайность яровой пшеницы, которая формировалась под влиянием следующих структурных элементов: густоты растений к уборке, продуктивной кустистости, количества

продуктивных стеблей, количества зёрен в колосе, массы зерна с колоса и массы 1000 зёрен.

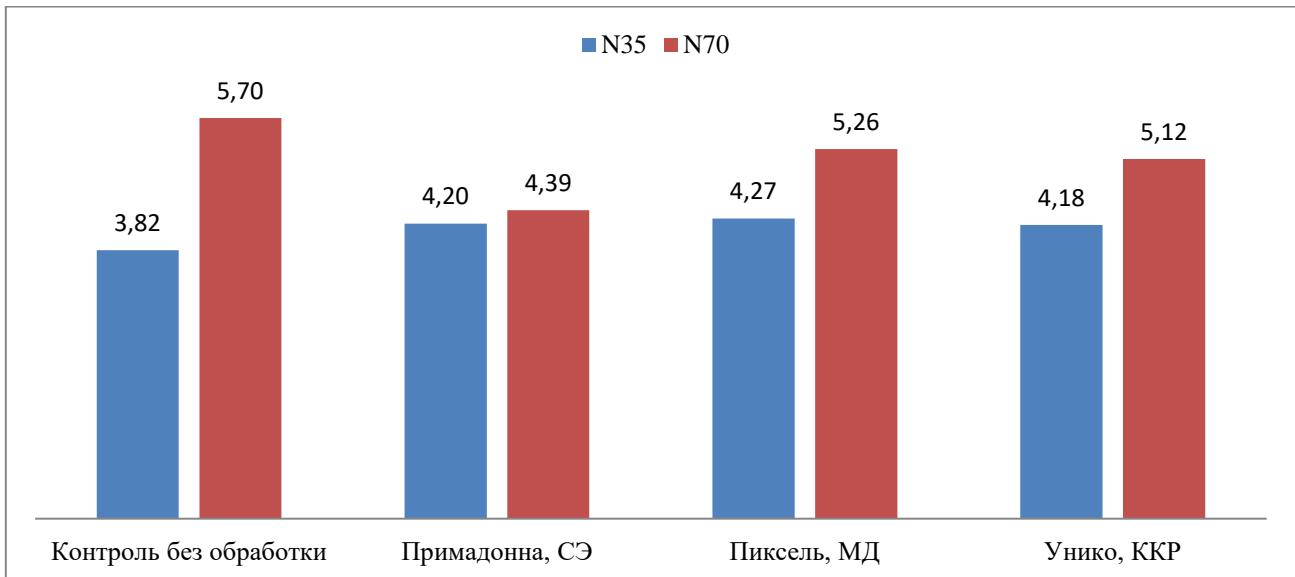


Рисунок 30 – Биологическая урожайность яровой пшеницы в 2022 году в зависимости от гербицидной обработки и уровня азотной подкормки аммиачной селитрой, т/га

При сравнении опытных вариантов 2022 года по биологической урожайности яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,67 т/га), находим (рисунок 30, приложение К1), что лучшим вариантом являлся контрольный, в котором гербициды не применялись – 5,7 т/га на фоне нормы азотного удобрения N₇₀. На одном уровне находились с ним варианты, где проводилась обработка посевов яровой пшеницы гербицидами Unique, KKP (1,5 л/га) и Pixel, MД (0,3 л/га) на более высоком фоне удобрения, соответственно 5,12 и 5,26 т/га. Разница в биологической урожайности между контролем и применяемыми препаратами составляла, соответственно 0,58 и 0,44 т/га, что не превышало значение НСР₀₅. Биологическая урожайность при использовании гербицида Primadonna, CЭ (0,9 л/га) составляла 4,39 т/га, что значительно

уступало контрольному варианту на 1,31 т/га или 23,0 %. На фоне N₃₅ прибавка урожайности при применении гербицидов была несущественной и математически недоказанной, то есть ее значения не выходили за пределы HCP₀₅. Сравнение средних значений по фактору А (HCP₀₅ = 0,34 т/га) показало, что повышение нормы азотной подкормки до N₇₀ (5,12 т/га) достоверно увеличило биологическую урожайность яровой пшеницы на 1,0 т/га (24,3 %) по сравнению с фоном N₃₅ (4,12 т/га). В то же время анализ влияния гербицидов (фактор В) выявил отсутствие достоверного эффекта на урожайность: прибавки относительно контроля составили от 0,1 до 0,46 т/га, однако они не превысили порог достоверности (HCP₀₅ = 0,48 т/га) и поэтому считаются статистически недоказанными.

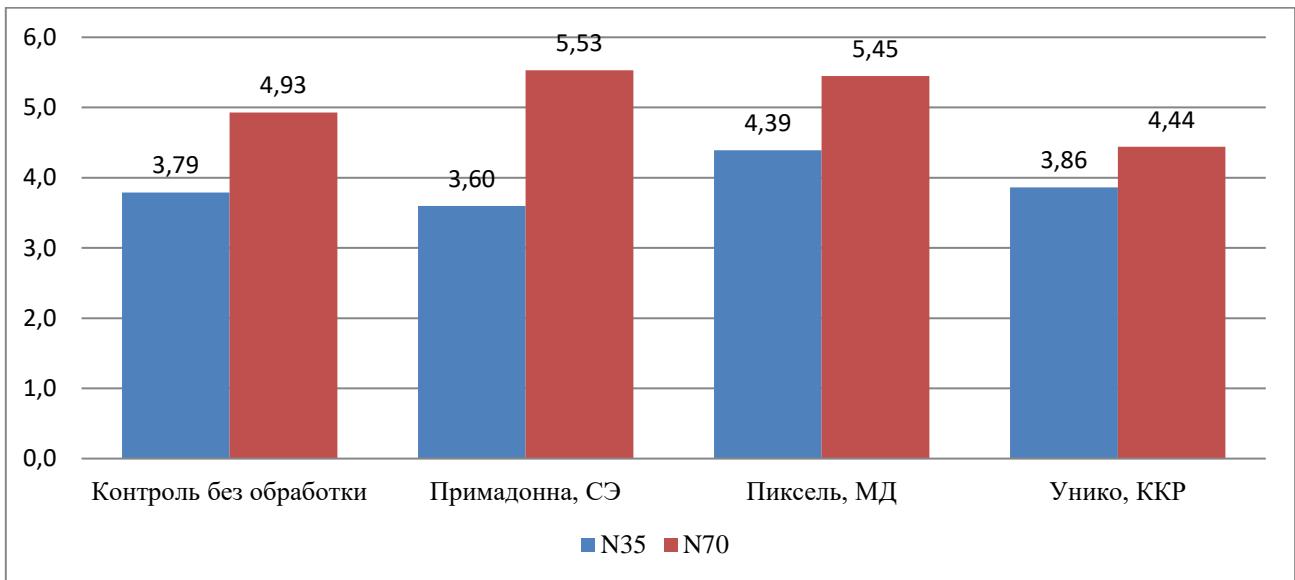


Рисунок 31 – Биологическая урожайность яровой пшеницы в 2023 году в зависимости от гербицидной обработки и уровня азотной подкормки аммиачной селитрой, т/га

При анализе различий между опытными вариантами 2023 года по биологической урожайности яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью HCP₀₅ для частных средних различий (0,33 т/га), находим (рисунок 31, приложение К2), что наилучшим

вариантом являлся тот, в котором проводили обработку посевов гербицидом Примадонна, СЭ (0,9 л/га) – 5,53 т/га при оптимальном фоне азотного удобрения N_{70} , что существенно превышало контроль на 0,6 т/га или 12,2 %. На статистически неотличимом уровне от лучшего результата находился вариант с гербицидом Пиксель, МД (0,3 л/га), где биологическая урожайность составила 5,45 т/га; прибавка к лучшему варианту (0,08 т/га) не превысила значение HCP_{05} . В то же время применение гербицида Унико, ККР (1,5 л/га) на том же азотном фоне привело к достоверному снижению урожайности на 0,49 т/га (9,9 %) по сравнению с контролем, составив 4,44 т/га. На фоне низкой нормы азотной подкормки (N_{35}) максимальная урожайность – 4,39 т/га – была получена при использовании Пиксель, МД, что достоверно превышало контрольный вариант на 0,6 т/га (15,8 %). Разница в биологической урожайности между контролем и остальными вариантами с использованием гербицидов Унико, ККР и Примадонна, СЭ была несущественной, математически недоказанной и не выходила за пределы значения HCP_{05} . Сравнение средних значений по фактору А ($HCP_{05} = 0,16$ т/га) показало, что повышение нормы азотной подкормки до N_{70} (5,09 т/га) достоверно увеличило биологическую урожайность яровой пшеницы на 1,18 т/га (30,2 %) по сравнению с фоном N_{35} (3,91 т/га). По фактору В (влияние гербицидов) достоверная прибавка урожайности относительно контроля была получена только при использовании гербицида Пиксель, МД – 0,56 т/га, что превышает критическое значение $HCP_{05} = 0,23$ т/га. В остальных вариантах прибавки не достигли уровня достоверности и не превысили наименьшую существенную разницу.

При оценке различий между опытными вариантами 2024 года по биологической урожайности яровой пшеницы с учётом фона азотной подкормки (аммиачная селитра) и гербицидной обработки, проведённой с использованием критерия HCP_{05} для частных средних (0,21 т/га), было установлено (рис. 32,

приложение К3), что наилучший результат – 5,58 т/га – был получен при применении гербицида Пиксель, МД в норме 0,3 л/га на фоне N₇₀. Этот вариант был существенно выше по прибавке биологической урожайности всех остальных вариантов.

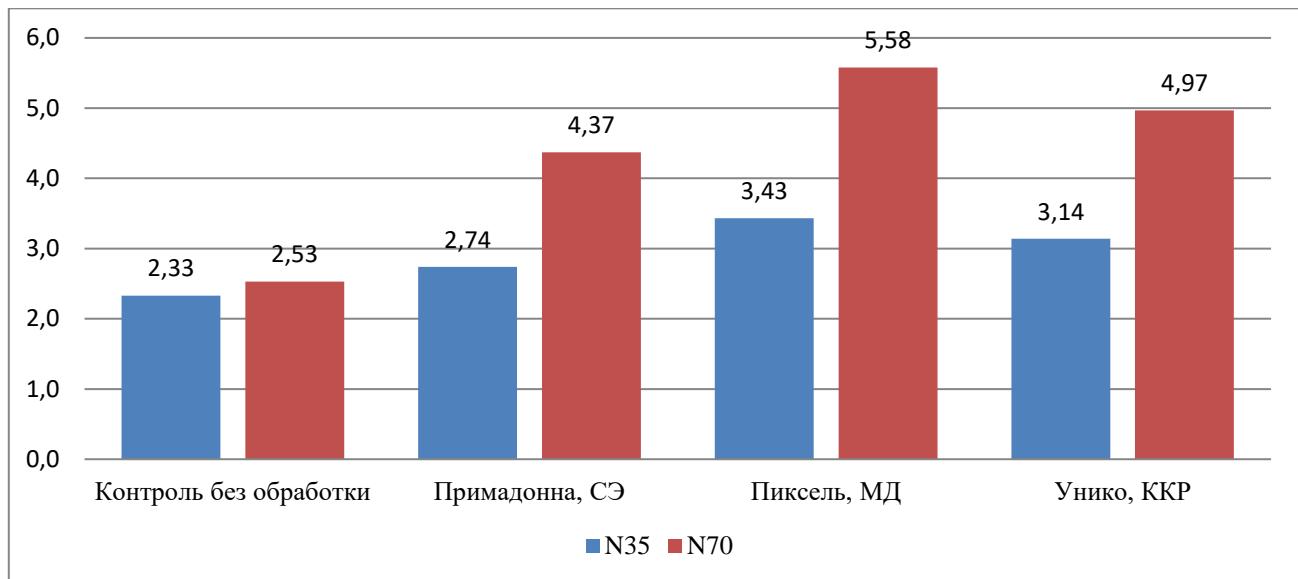


Рисунок 32 – Биологическая урожайность яровой пшеницы в 2024 году в зависимости от гербицидной обработки и уровня азотной подкормки аммиачной селитрой, т/га

Сравнение средних значений по фактору А ($HCP_{05} = 0,11$ т/га) показало, что повышение нормы азотной подкормки до N₇₀ (4,36 т/га) достоверно увеличило биологическую урожайность яровой пшеницы на 1,45 т/га по сравнению с фоном N₃₅ (2,91 т/га). По фактору В (влияние гербицидов) достоверный положительный эффект на урожайность был получен только при использовании препаратов Унико, ККР и Пиксель, МД, обеспечивших урожайность соответственно 4,06 и 4,50 т/га, что превышает контрольный вариант на 1,63 и 2,08 т/га при $HCP_{05} = 0,15$ т/га. В варианте с гербицидом Примадонна, СЭ разница в урожайности относительно контроля оказалась статистически недостоверной, поскольку не превысила значение HCP_{05} .

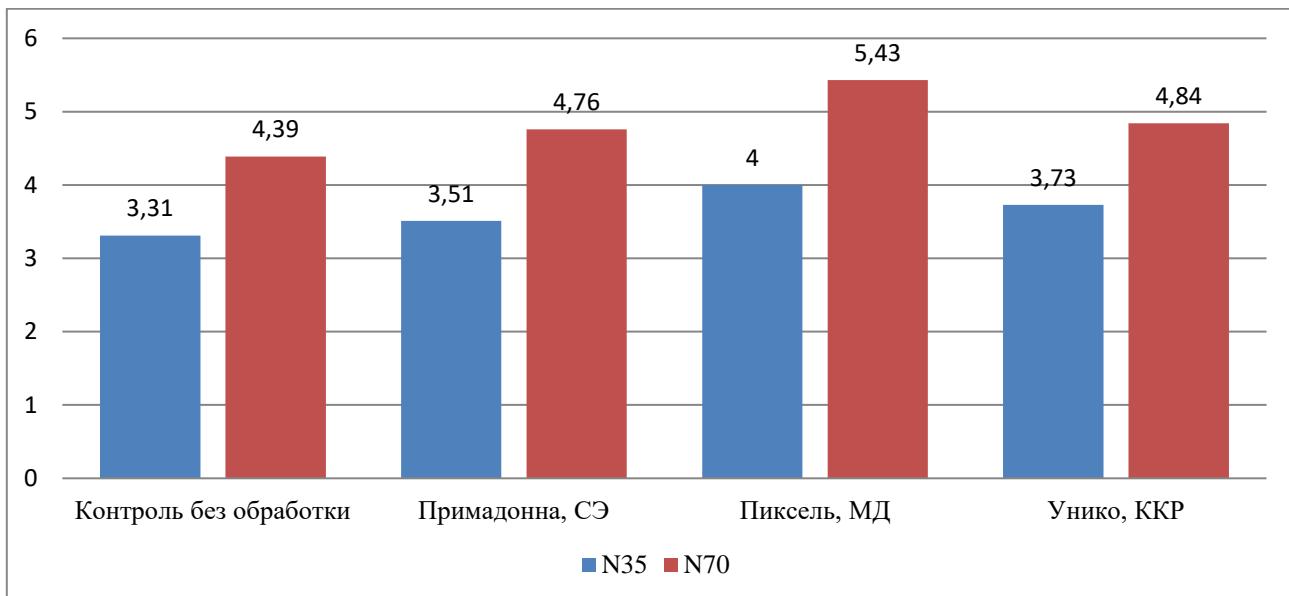


Рисунок 33 – Средняя за 2022–2024 гг. биологическая урожайность яровой пшеницы в зависимости от гербицидных обработок и уровня азотной подкормки аммиачной селитрой, т/га

При анализе различий между опытными вариантами по биологической урожайности яровой пшеницы в среднем за 2022–2024 годы при различных фонах азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,27 т/га), находим (рисунок 33, приложение К4), что наилучшим вариантом являлся с применением препарата Пиксель, МД (0,3 л/га) – 5,43 т/га при более высоком фоне азотного удобрения N₇₀, что существенно превышало контроль на 1,04 т/га или 23,7 %. Прибавка биологической урожайности в этом варианте была существенно выше всех остальных вариантов опыта. Применение гербицидов Унико, ККР (1,5 л/га) и Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на этом фоне азотного удобрения обеспечивало существенное увеличение данного показателя по сравнению с контрольным вариантом, соответственно на 0,45 и 0,37 т/га или 10,3 и 8,4 %, при биологической урожайности 4,84 и 4,76 т/га. На низком фоне азотного удобрения N₃₅ лучшим вариантом был с применением гербицида Пиксель, МД – 4,0 т/га, что существенно превышало контроль на 0,69 т/га или 20,8 %. Существенно превышал контроль вариант с внесением гербицида

Унико, ККР на 0,42 т/га или 12,7 % при биологической урожайности 3,73 т/га. Разница в биологической урожайности между контролем и вариантом с использованием гербицида Примадонна, СЭ была несущественной, математически недоказанной и не выходила за пределы значения НСР₀₅. Сравнение средних значений по фактору А (НСР₀₅ = 0,14 т/га) показало, что повышение нормы азотной подкормки до N₇₀ (4,86 т/га) достоверно увеличило биологическую урожайность яровой пшеницы на 1,22 т/га (33,5 %) по сравнению с фоном N₃₅ (3,64 т/га). Анализ влияния гербицидов (фактор В) показал, что их применение в опыте положительно сказалось на урожайности культуры, при обработке препаратами Примадонна, СЭ, Унико, ККР и Пиксель, МД данный показатель, соответственно составлял 4,14; 4,29 и 4,72 т/га, что было выше контроля на 0,29; 0,44 и 0,87 т/га при НСР₀₅ по фактору В, равной 0,19 т/га.

4.10 Хозяйственная урожайность

Использование гербицидов при выращивании яровой пшеницы может оказать существенное влияние на урожайность, особенно в зависимости от фона удобрения. Эффективное использование гербицидов помогает снизить конкуренцию со стороны сорняков, что, в свою очередь, способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Результаты исследования влияния различных гербицидов на урожайность яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона приведены в таблице 18.

При оценке различий между опытными вариантами по хозяйственной урожайности яровой пшеницы в среднем за три года с учётом фона азотной подкормки и гербицидной обработки (НСР₀₅ для частных средних = 0,28 т/га) установлено (приложение L4), что наилучший результат – 5,27 т/га – получен при применении гербицида Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне повышенной нормы азота (N₇₀). Этот показатель достоверно превышал контрольный вариант на 1,04 т/га (24,6 %).

Таблица 18 – Влияние гербицидов на хозяйственную урожайность яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона, т/га

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Хозяйственная урожайность			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	3,67	3,65	2,25	3,19
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	4,05	3,47	2,65	3,39
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	4,14	4,26	3,33	3,91
	Унико, ККР (1,5 л/га)	3,93	3,74	3,04	3,57
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	5,51	4,75	2,43	4,23
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	4,25	5,34	4,21	4,6
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	5,12	5,28	5,41	5,27
	Унико, ККР (1,5 л/га)	4,97	4,3	4,8	4,69
HCP_{05} (частных различий)		0,75	0,3	0,2	0,28
HCP_{05} (фактор А)		0,37	0,15	0,1	0,14
HCP_{05} (фактор В, AB)		0,53	0,21	0,14	0,2

Прибавка хозяйственной урожайности в этом варианте была существенно выше всех остальных вариантов опыта. Применение гербицидов Примадонна, СЭ (0,9 л/га) и Унико, ККР (1,5 л/га) на этом фоне азотного удобрения обеспечивало существенное увеличение данного показателя по сравнению с контрольным вариантом, соответственно на 0,37 и 0,46 т/га или 8,7 и 10,9 % при хозяйственной урожайности 4,6 и 4,69 т/га. На низком фоне азотного удобрения N_{35} лучшим вариантом был с применением гербицида Пиксель, МД – 3,91 т/га, что существенно превышало контроль на 0,72 т/га или 22,6 %. Вариант с применением гербицида Унико, ККР достоверно превосходил контроль, обеспечив хозяйственную урожайность 3,57 т/га, что на 0,38 т/га (11,9 %) выше контрольного уровня. Разница в хозяйственной урожайности между контролем и вариантом с использованием гербицида Примадонна, СЭ была несущественной,

математически недоказанной и не выходила за пределы значения НСР₀₅. Сравнение средних значений по фактору А (НСР₀₅ = 0,14 т/га) показало, что увеличение нормы азотной подкормки до N₇₀ (4,7 т/га) привело к достоверному повышению хозяйственной урожайности яровой пшеницы на 1,18 т/га или 33,5 % по сравнению с нормой N₃₅ (3,52 т/га). Что касается влияния гербицидов (фактор В), то анализ показал, что их применение в опыте оказалось эффективным, при обработке препаратами Примадонна, СЭ, Унико, ККР и Пиксель, МД данный показатель, соответственно составлял 4,0; 4,13 и 4,59 т/га, что было выше контроля на 0,29; 0,42 и 0,88 т/га при НСР₀₅ по фактору В, равной 0,2 т/га. Отсюда следует, что сроки применения гербицидов и их химический состав оказывают ключевую роль в достижении оптимальных результатов. Хозяйственная урожайность яровой пшеницы сильно варьировала по годам исследований в зависимости от вариантов опыта. Снижение этого показателя может быть обусловлено различными факторами, в том числе погодными условиями, которые в свою очередь могут влиять на активность гербицидов. В годы с высокой влажностью или осадками остатки гербицидов могут разлагаться быстрее, что снижает их эффективность. В то же время в засушливые годы гербициды могут действовать более эффективно, поскольку они дольше сохраняются в почве. Выбор гербицида может зависеть от конкретных условий и целей производителя, но эти препараты показывают стабильные результаты в широком диапазоне условий.

4.11 Качество зерна

Борьба с сорной растительностью на посевах яровой пшеницы в сочетании с азотной подкормкой как в низкой, так и в повышенной норме способствовала увеличению содержания белка в зерне культуры (табл. 19).

Таблица 19 – Влияние гербицидов на содержание белка в зерне яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание белка			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
N_{35} (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,3	12,1	11,1	11,5
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	12,2	13,2	12,8	12,7
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	12,9	13,8	13,0	13,2
	Унико, ККР (1,5 л/га)	12,0	13,3	12,5	12,6
N_{70} (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,7	12,8	11,5	12,0
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	12,7	13,6	13,1	13,1
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	12,3	14,0	13,4	13,2
	Унико, ККР (1,5 л/га)	13,1	13,8	12,9	13,3
HCP_{05} (частных различий)		0,18	0,11	0,22	0,15
HCP_{05} (фактор А)		0,09	0,05	0,11	0,08
HCP_{05} (фактор В, AB)		0,13	0,08	0,16	0,11

При анализе различий между опытными вариантами по содержанию белка в зерне яровой пшеницы в среднем за три года исследований с учётом различных уровней азотной подкормки и обработке гербицидами с помощью HCP_{05} для частных средних различий (0,15 %), находим (приложение М4), что наилучшим вариантом являлся с применением препарата Унико, ККР (1,5 л/га) – 13,3 % при более высоком фоне азотного удобрения N_{70} , что существенно превышало контроль на 1,3 %. На одном уровне с ним находился вариант, где использовали препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне N_{35} и N_{70} – 13,2 %, снижение содержания белка в зерне (0,1 %) по сравнению с лучшим вариантом, что не превышало значение HCP_{05} . Применение гербицида Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на более высоком фоне азотного удобрения обеспечивало существенное повышение этого показателя по сравнению с контрольным вариантом на 1,1 % и составляло 13,1

%. На низком фоне азотного удобрения N₃₅ обработка посевов гербицидами Унико, ККР и Примадонна, СЭ способствовала формированию приблизительно одинакового содержания белка в зерне яровой пшеницы, соответственно 12,6 и 12,7 %, что было существенно выше контроля на 1,1 и 1,2 %. Сравнение средних значений по фактору А (НСР₀₅ = 0,08 %) показало, что повышение нормы азотной подкормки до N₇₀ (12,9 %) достоверно увеличило содержание белка в зерне яровой пшеницы на 0,4 % по сравнению с фоном N₃₅ (12,5 %). Что касается влияния гербицидов (фактор В), то их применение в опыте также положительно сказалось на содержании белка в зерне, при обработке препаратами Примадонна, СЭ, Унико, ККР и Пиксель, МД данный показатель, соответственно, составлял 12,9; 13,0 и 13,2 %, что было выше контроля на 1,1; 1,2 и 1,4 % при НСР₀₅ по фактору В, равной 0,11 %. Также следует отметить, что в контрольных вариантах без обработки посевов гербицидами на обоих фонах подкормки содержание белка в зерне яровой пшеницы относилось к четвертому классу (11,5–12,0 %), в остальных вариантах опыта с применением гербицидов и удобрений данный показатель соответствовал третьему классу (12,6–13,3 %).

Применение гербицидов для борьбы с сорной растительностью в посевах яровой пшеницы в сочетании с азотными подкормками в низких и повышенных дозах способствовало увеличению содержания клейковины в зерне (табл. 20).

Оценивая различия между вариантами опыта в среднем за 2022–2024 годы по содержанию клейковины в зерне яровой пшеницы при различных фонах азотной подкормки аммиачной селитрой и обработке гербицидами с помощью НСР₀₅ для частных средних различий (0,12 %), находим, что наилучшим вариантом являлся тот, где применялся препарат Пиксель, МД (0,3 л/га) на фоне нормы азотного удобрения N₇₀ – 24,1 %. Этот вариант был существенно выше по данному показателю всех остальных вариантов. На фоне N₃₅ при использовании гербицидов Унико, ККР (1,5 л/га), Примадонна, СЭ (0,9 л/га) и Пиксель, МД (0,3

л/га) содержание клейковины в зерне яровой пшеницы, соответственно, равнялось – 22,4, 23,4 и 23,9 %, что существенно превышало контрольный вариант (без обработки гербицидами) на 3,4; 4,4 и 4,9 %. В контроле на этом фоне данный показатель равнялся 19,0 %. На фоне подкормки N₇₀ при использовании гербицидов Унико, ККР (1,5 л/га) и Примадонна, СЭ (0,9 л/га) содержание клейковины в зерне было одинаковым и существенно превышало контроль на 4,2 %. В контрольном варианте, без обработки гербицидами на этом фоне данный показатель составлял 19,5 %.

Таблица 20 – Влияние гербицидов на содержание клейковины в зерне яровой пшеницы при разных уровнях азотного фона, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание клейковины			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	18,8	19,5	18,6	19,0
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	22,6	24,1	23,4	23,4
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	23,2	24,6	23,8	23,9
	Унико, ККР (1,5 л/га)	20,9	23,6	22,8	22,4
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	19,5	19,9	19,1	19,5
	Примадонна, СЭ (0,9 л/га)	23,0	24,5	23,6	23,7
	Пиксель, МД (0,3 л/га)	23,4	24,8	24,0	24,1
	Унико, ККР (1,5 л/га)	24,0	24,0	23,1	23,7
HCP ₀₅ (частных различий)		0,12	0,26	0,22	0,12
HCP ₀₅ (фактор А)		0,06	0,13	0,11	0,06
HCP ₀₅ (фактор В, AB)		0,08	0,18	0,16	0,08

Сравнение средних значений по фактору А (HCP₀₅ = 0,06 %) показало, что повышение нормы азотной подкормки до N₇₀ (22,8 %) достоверно увеличило содержание клейковины в зерне яровой пшеницы на 0,6 % по сравнению с фоном

N_{35} (22,2 %). Анализ по фактору В показал, что во всех испытанных вариантах применение гербицидов оказалось достоверно положительное влияние на содержание клейковины по сравнению с контролем (без обработки): при использовании Унико, ККР прибавка составила 3,8 %, Примадонны, СЭ – 4,3 %, Пиксель, МД – 4,7 %. Следует отметить, что в контрольных вариантах (на фонах N_{35} и N_{70}), а также при обработке Унико, ККР на фоне N_{35} содержание клейковины в зерне яровой пшеницы соответствовало четвёртому классу качества (19,0–22,4 %). Во всех остальных вариантах, где применялись гербициды в сочетании с азотными подкормками, показатель клейковины достигал уровня третьего класса (23,4–24,1 %).

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАЗНЫХ ФОНАХ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ

В современном сельском хозяйстве повышение урожайности зерновых культур и оптимизация экономической эффективности производства являются ключевыми задачами обеспечения продовольственной безопасности и рентабельности аграрного сектора. Одним из ключевых факторов, определяющих урожайность зерновых культур, является эффективная борьба с сорняками, поскольку они активно конкурируют с культурными растениями за свет, влагу, питательные вещества и жизненное пространство, что может привести к значительному снижению урожайности.

Гербициды являются эффективным средством химической защиты растений от сорняков. Их применение позволяет не только повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и улучшить качество продукции, сократить затраты на ручную и механизированную прополку, минимизировать негативное воздействие сорняков на здоровье растений. Однако выбор конкретного гербицида и нормы его внесения зависят от типа почвы, климатических условий, уровня удобрений и других факторов.

В современных условиях сельскохозяйственного производства особое внимание уделяется повышению экономической эффективности возделывания пшеницы, что требует оптимизации затрат и выбора наиболее эффективных технологий. Гербициды могут быть эффективным средством борьбы с сорняками, но их использование должно быть экономически выгодным.

В таблице 21 приведены результаты оценки экономической эффективности гербицидных обработок посевов яровой пшеницы на фоне азотных подкормок N_{35} и N_{70} за 2022–2024 годы.

Таблица 21 – Анализ экономической эффективности гербицидных обработок посевов яровой пшеницы при различных уровнях азотного фона в 2022–2024 гг.

Показатель	Контроль, без обработки	Примадонна, СЭ	Пиксель, МД	Унико, ККР
N₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)				
Норма применения гербицида, л/га	-	0,9	0,3	1,5
Урожайность с 1 га, т	3,19	3,39	3,91	3,57
Цена реализации 1 т, руб.	10000	10000	10000	10000
Денежная выручка с 1 га, руб.	31900	33900	39100	35700
Производственные затраты на 1 га, руб.	22600	23092	23824	24580
Себестоимость 1 т продукции, руб.	7085	6812	6093	6885
Расчетная прибыль на 1 га, руб.	9299	10807	15276	11121
Расчетная прибыль на 1 т, руб.	2915	3188	3907	3115
Уровень рентабельности, %	41,1	46,8	64,1	45,2
N₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)				
Норма применения гербицида, л/га	-	0,9	0,3	1,5
Урожайность с 1 га, т	4,23	4,6	5,27	4,69
Цена реализации 1 т, руб.	10000	10000	10000	10000
Денежная выручка с 1 га, руб.	42300	46000	52700	46900
Производственные затраты на 1 га, руб.	24100	25052	25324	26080
Себестоимость 1 т продукции, руб.	5697	5446	4805	5561
Расчетная прибыль на 1 га, руб.	18202	20948	27378	20819
Расчетная прибыль на 1 т, руб.	4303	4554	5195	4439
Уровень рентабельности, %	75,5	83,6	108,1	79,8

Анализ данных таблицы 21 показал, что максимальная денежная выручка на 1 га обеспечивалась на фоне подкормки растений яровой пшеницы N₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры) и применении гербицида Пиксель, МД (0,3 л/га) – 52700 руб., что было выше, чем в контрольном варианте (без обработки) на этом же фоне на 10400 руб. или 24,6 %. Использование препаратов Примадонна, СЭ (0,9 л/га) и Унико, ККР (1,5 л/га) способствовало увеличению денежной выручки в сравнении с контролем, соответственно на 3700 и 4600 руб. или 8,7 и 10,9 %. На фоне N₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры) также лучшим вариантом по данному показателю был тот, где проводили обработку посевов препаратом Пиксель, МД

– 39100 руб., что было выше контроля на этом фоне на 7200 руб. или 22,6 %. Остальные варианты уступали контролю по денежной выручке на 6,3–11,9 %.

Наименьшая себестоимость 1 т продукции обеспечивалась при использовании гербицида Пиксель, МД на фоне N₇₀ – 4805 руб., что было меньше контроля на 892 руб. или 15,7 %. Варианты с применением Унико, ККР и Примадонна, СЭ уступали контролю, соответственно на 136 и 251 руб. или 2,4 и 4,4 %. На фоне подкормки N₃₅ самая низкая себестоимость 1 т продукции обеспечивалась при обработке препаратом Пиксель, МД – 6093 руб., что было ниже контроля на 14,0 %. Остальные варианты также уступали контролю по себестоимости на 2,8–3,9 %.

Наибольшая расчетная прибыль на 1 га обеспечивалась при использовании препарата Пиксель, МД на фоне N₇₀ – 27378 руб., что превышало контроль на 50,4 %. Варианты с применением гербицидов Унико, ККР и Примадонна, СЭ превышали контроль, соответственно на 14,4 и 15,1 %. На фоне низкой нормы подкормки N₃₅ в вариантах с использованием гербицидов расчетная прибыль на 1 га превышала контроль на 16,2–64,3 %.

Самая высокая расчетная прибыль на 1 т также обеспечивалась при обработке посевов яровой пшеницы гербицидом Пиксель, МД на фоне более высокой нормы подкормки N₇₀ – 5195 руб., что было выше контроля на 20,7 %. Варианты с применением гербицидов Унико, ККР и Примадонна, СЭ на этом фоне были выше контроля, соответственно на 3,2 и 5,8 %. На фоне низкой нормы подкормки N₃₅ в вариантах с применением гербицидов расчетная прибыль на 1 т превышала контроль на 6,9–34,0 %.

На фоне низкой нормы подкормки N₃₅ наивысший уровень рентабельности обеспечил гербицид Пиксель, МД – 64,1 %, что превышало контроль на 23,0 %. Остальные варианты с применением препаратов Унико, ККР и Примадонна, СЭ превышали контроль, соответственно на 4,1 и 5,7 %. На фоне более высокой

нормы подкормки N₇₀ гербицид Пиксель, МД также показал самый высокий уровень рентабельности – 108,1 %, что было выше контроля на 32,6 %. Препараты Унико, ККР и Примадонна, СЭ оказались менее эффективными, но все же превзошли контрольный вариант по данному показателю, соответственно на 4,3 и 8,1 %, достигнув уровня рентабельности 79,8 и 83,6 %.

Таким образом, использование гербицидов, в частности Пиксель, МД (0,3 л/га), обеспечило существенный рост расчётной прибыли и повышение рентабельности производства зерна яровой пшеницы как на фоне N₃₅, так и на фоне N₇₀.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе исследований, проведённых в 2022–2024 годах, была выявлена выраженная изменчивость видового состава сорной растительности в посевах яровой пшеницы. Доминирующими сорняками были: в 2022 году пастушья сумка – 29,6 %, в 2023 году марь белая – 39,0 %, в 2024 году звездчатка средняя – 41,0 % и марь белая – 40,1 %. Гербицидная обработка посевов яровой пшеницы показала высокую эффективность: при обработке препаратом Примадонна, СЭ (0,9 л/га) на фоне низкой нормы удобрения N_{35} в среднем 87,7 %, на фоне более высокой нормы N_{70} – 93,1 %. Несколько меньшую, но стабильную эффективность обеспечили препараты Пиксель, МД (0,3 л/га) и Унико, ККР (1,5 л/га) соответственно на низком фоне 82,9 и 84,4 % и на более высоком фоне 89,6 и 94,2 %.

2. Эффективность гербицидов существенно зависела от фона минерального питания: на более высоком фоне азота (N_{70}) наблюдалось выраженное подавление сорняков (в среднем на 5–7 % выше, чем на N_{35}). Наибольшую устойчивость на низком фоне удобрений проявили фиалка полевая, осот розовый и звездчатка средняя, на более высоком фоне – марь белая, трехреберник непахучий, фиалка полевая. Анализ динамики засоренности посевов показал, что максимальный гербицидный эффект достигался к фазе полной спелости, при этом воздушно–сухая масса сорняков снижалась на 85–98 %. Полученные данные подтверждают необходимость дифференцированного подхода к выбору гербицидов с учетом видового состава сорняков и уровня минерального питания.

3. Применение гербицидов оказало существенное влияние на элементы структуры урожая яровой пшеницы, включая высоту растений, густоту стояния и продуктивную кустистость. Наибольшая высота растений (113,3 см) достигнута при использовании гербицида Унико, ККР на фоне повышенного азотного питания (N_{70}), что на 6,2 см выше контроля. Гербициды Пиксель, МД и

Примадонна, СЭ также способствовали увеличению высоты растений на этом фоне. Густота стояния растений перед уборкой увеличилась на 3,4–4,8 % при использовании гербицидов Примадонна, СЭ и Пиксель, МД на фоне N_{70} (301–305 шт./ m^2), на фоне N_{35} – на 5,3–5,8 % (218–219 шт./ m^2). Продуктивная кустистость варьировала от 1,5 в контролльном варианте с нормой азотного удобрения N_{70} до 1,81 на том же фоне, но с применением гербицида Пиксель, МД.

4. Гербициды способствовали увеличению длины колоса яровой пшеницы на 0,4–1,1 см (максимальный показатель 9,9 см достигнут при применении препарата Пиксель, МД на фоне N_{70}), повышению массы 1000 зерен до 37,3 г (на 10,4 % выше контроля при обработке Пиксели, МД на фоне N_{35}). Максимальная прибавка хозяйственной урожайности – 24,6 % – была получена при использовании гербицида Пиксель, МД, обеспечившего урожайность 5,27 т/га на фоне повышенной нормы азотной подкормки (N_{70}).

5. Применение гербицидов оказало комплексное благоприятное воздействие как на структурные элементы урожайности яровой пшеницы, так и на экономические показатели её выращивания. Анализ данных подтвердил высокую эффективность применения гербицидов в современном земледелии. Наибольшая выручка (52,7 тыс. руб.) и максимальный уровень рентабельности (108,1 %) были достигнуты при использовании гербицида Пиксель, МД, при этом себестоимость единицы продукции оказалась минимальной – 4805 руб. Полученные данные подтверждают экономическую целесообразность совместного применения гербицидов и повышенных норм азотных удобрений для повышения устойчивости производства зерна яровой пшеницы.

6. Для достижения стабильного эффекта от гербицидной обработки необходимо учитывать почвенно–климатические особенности региона выращивания яровой пшеницы и соответствующим образом корректировать нормы внесения препаратов.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

В Центральном Нечерноземье РФ на дерново–подзолистых почвах с целью обеспечения эффективной защиты посевов яровой пшеницы от основных видов сорной растительности в период вегетации, получения стабильной урожайности зерна и наибольшего экономического эффекта при возделывании предлагается использовать высокоэффективный быстродействующий трехкомпонентный селективный гербицид Пиксель, МД (90 г/л тифенсульфурон–мелила + 24 г/л флуметсулама + 18 г/л флорасулама) из расчета 0,3 л/га в фазе кущения этой культуры на фоне повышенной нормы подкормки аммиачной селитрой N₇₀.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение влияния применения современных гербицидов и более высоких норм азотных удобрений на новые адаптивные сорта яровой пшеницы, почвенную микробиоту и экологическую безопасность технологий. Результаты проведённых экспериментов могут быть использованы при разработке региональных агротехнологий выращивания яровой пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. New Advances in Nano-Enabled Weed Management Using Poly (Epsilon-Caprolactone)-Based Nanoherbicides: A Review / M. Zargar, M. Bayat, S. Diakite [et al.] // Agriculture. – 2023. – Vol. 13, No. 8. – P. 2043.
2. Рзаева, В. В. Биологические группы сорных растений в посевах яровой пшеницы / В. В. Рзаева // Аграрный вестник Урала. – 2018. – № 8(175). – С. 9. – EDN YLGQPZ.
3. Oerke, E. C. Crop losses to pests / E. C. Oerke // The Journal of Agricultural Science. – 2006. – Vol. 144, No. 1. – P. 43. – DOI 10.1017/S0021859605005708. – EDN HWBEAF.
4. Санникова, Н. В. Сегетальная флора в посевах яровой пшеницы лесостепной зоны Северного Зауралья / Н. В. Санникова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(65). – С. 37–40. – EDN KJQOWV.
5. Слободчиков, А. А. Эффективность защиты сортов яровой пшеницы от вредных организмов / А. А. Слободчиков // Земледелие. – 2019. – № 2. – С. 45–48. – DOI 10.24411/0044-3913-2019-10213. – EDN VUVWVE.
6. Синещеков, В. Е. Факторы, влияющие на численность сорных растений в посевах яровой пшеницы, на примере лесостепи Западной Сибири / В. Е. Синещеков, Н. В. Васильева // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 6(159). – С. 62–70. DOI 10.36718/1819-4036-2020-6-62-70. – EDN ELSQTO.
7. Малявко, Г. П. Эффективность гербицидов в посевах яровой пшеницы / Г. П. Малявко, В. Ю. Симонов // Агрохимический вестник. – 2015. – № 5. – С. 35–37. – DOI 10.2478/agri-2021-0007. – EDN TZTKON.

8. The Efficacy of Micronutrient Fertilizers on the Yield Formulation and Quality of Wheat Grains / F. S. Saquee, S. Diakite, N. J. Kavhiza [et al.] // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, No. 2. – P. 566. – DOI 10.3390/agronomy13020566. – EDN YOGWVZ.

9. Pakina, E. N. Nitrogen concentration in raw plant material of previous crops in winter wheat (*Triticum aestivum*) rotation in the western caspian strip / E. N. Pakina, H. N. Hasanov // Research on Crops. – 2020. – Vol. 21, No. 2. – P. 203–209. – DOI 10.31830/2348-7542.2020.035. – EDN VMGXXT.

10. Polityko, P. M. Productivity and grain quality of three spring wheat (*Triticum aestivum* 1.) cultivars under three cultivation technologies / P. M. Polityko, V. N. Kapranov, N. Y. Rebouh // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. – Vol. 14, No. 1. – P. 2089–2095. – EDN FVFXLZ.

11. Пашкевич, Г. А. Археоботанические исследования Боспора / Г. А. Пашкевич // Боспорские исследования. – 2016. – № 32. – С. 205–299. – EDN VWDFPX.

12. Оленин, О. А. Яровая пшеница, земледелие и geopolитика / О. А. Оленин // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 2(14). – С. 72–81. – EDN XRLSSH.

13. Влияние форм азотных удобрений на урожай и белковость яровой пшеницы / Н. В. Долгополова, А. Ю. Труфанова, А. С. Архипов, П. С. Филимонов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 15–21. – EDN ODBPKL.

14. Значение озимой и яровой пшеницы в производстве продуктов питания / Н. В. Долгополова, В. А. Скрипин, О. М. Шершнева, Ю. В. Алябьева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 5. – С. 52–56. – EDN LALPOD.

15. Проблема повышения качества пшеницы в стране требует комплексного решения / А. И. Алтухов, А. А. Завалин, Н. З. Милащенко, С. В.

Трушкин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 32–39. – EDN PHACEU.

16. Yang, R. Current State and Limiting Factors of Wheat Yield at the Farm Level in Hubei Province / R. Yang, M. T. Harrison, X. Wang // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, No. 8. – P. 2043. – DOI 10.3390/agronomy13082043. – EDN FJTRBF.

17. Митрофанов, Д. В. Оценка влияния лимитирующих факторов на урожайность яровой пшеницы / Д. В. Митрофанов // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 2. – С. 37–45. – DOI 10.28983/asj.y2025i2pp37-45. – EDN GGХYРК.

18. Терехина, Т. А. Особенности растительного покрова нарушенных местообитаний: учебное пособие / Т. А. Терехина. – Барнаул: Пять плюс, 2017. – 343 с.

19. Сорные растения и их контроль в агрофитоценозах полевых культур / О. И. Власова, В. М. Передериева, Г. Р. Дорожко, И. А. Вольтерс. – Ставрополь: Издательство "АГРУС", 2018. – 80 с. – EDN OXYSBJ.

20. Абрамова, Л. М. О классификации сообществ с инвазивными видами / Л. М. Абрамова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1-4. – С. 945–949. – EDN QNTTRZ.

21. Ганнибал Б. К. О понятиях “сорные”, “чужеродные” и “инвазивные” виды в геоботаническом контексте / Б. К. Ганнибал. – В сб.: Материалы I Междунар. научной конференции “Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции”. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет, 2011. – С. 64–67.

22. Лунева, Н. Н. Сорные растения: происхождение и состав / Н. Н. Лунева // Вестник защиты растений. – 2018. – № 1(95). – С. 26–32. – EDN UQKBIG.

23. Захаренко, В. А. Борьба с сорняками в посевах зерновых колосовых культур / В. А. Захаренко, В. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2007. – № 2. – С. 98–120. – EDN HYLVPB.
24. Chhokar, R. S. Weed management strategies in wheat – A review / R. S. Chhokar, R. K. Sharma, I. Sharma // Journal of Wheat Research. – 2012. – Vol. 4, No 2. – P. 1–21.
25. Nazarko, O. M. Strategies and Tactics for Herbicide Use Reduction in Field Crops in Canada: A Review / O. M. Nazarko, R. C. Van Acker, M. H. Entz // Canadian Journal of Plant Science. – 2005. – No. 85. – P. 457–479. – DOI 10.4141/p04-158.
26. Increased foliar activity of clodinafop-propargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (*Avena ludoviciana*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*) / A. Aliverdi, M. H. Rashed Mohassel, E. Zand, M. Nassiri-Mahallati // Weed Biology and Management. – 2009. – Vol. 9, № 4. – P. 292–299. – DOI 10.1111/j.1445-6664.2009.00353.x.
27. Pala, F. Determination of Weeds in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) / F. Pala, H. Mennan // Fields of Karacadag Basin. 5th International Regional Development Conference, (pp. 660-675) 26-28 September, Malatya, Türkiye.
28. Jugulam, M. Non-target-site resistance to herbicides: Recent developments / M. Jugulam, C. Shyam // Plants. – 2019. – Vol. 8, No. 10. – P. 417. – DOI 10.3390/plants8100417. – EDN COKYAK.
29. Effect of long-term fertilisation on the weed community of a winter wheat field / M. Jiang, T. Liu, X. Shen [et al.] // Scientific Reports. – 2018. – Vol. 8, No. 1. – P. 4017. – DOI 10.1038/s41598-018-22389-4. – EDN VEZAWS.
30. Безуглов, В. Г. Применение гербицидов в интенсивном земледелии / В. Г. Безуглов. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 238 с.
31. Безуглов, В. Г. Гербициды в интенсивном земледелии Нечерноземья (научно-практические основы применения гербицидов в системе земледелия):

специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Безуглов Виктор Григорьевич. – Москва, 1989. – 31 с. – EDN ZIYXVX.

32. Кошкин, Е. И. К проблеме конкуренции культурных и сорных растений в агрофитоценозе / Е. И. Кошкин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 53–68. – EDN WRJLQT.

33. Поспелов, С. М. Основы карантина сельскохозяйственных растений / С. М. Поспелов, З. И. Шестиперова, И. К. Долженко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропропиздат, 1985. – 175 с.

34. Improvement of weeds management system and fertilisers application in winter wheat (*Triticum aestivum L.*) cultivation technologies / N. Y. Rebouh, M. Latati, P. Polityko, M. Zargar // Agriculture. – 2021. – Vol. 67, No. 2. – P. 76–86. – DOI 10.2478/agri-2021-0007.

35. Teasdale, J. R. The quantitative relationship between weed seed bank and weed population dynamics / J. R. Teasdale, C. L. Mohler // Weed Science. – 2000. – Vol. 48, No. 3. – P. 385–392.

36. Илларионов, А. И. Современные методы защиты растений: учебное пособие / А. И. Илларионов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – 307 с.

37. Коледа, К. В. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа, А. А. Дудук. – Гродно: Гродненский ГАУ, 2010. – 340 с.

38. Мастеров, А. С. Земледелие: учебно-методическое пособие / А. С. Мастеров [и др.]; под общ. ред. А. С. Мастерова. – Горки: Белорусская ГСХА, 2022. – 211 с.

39. Спиридонов, Ю. Я. Особенности видового состава сорной растительности в современных агроценозах Российского Нечерноземья / Ю. Я.

Спиридонов // Вестник защиты растений. – 2004. – № 2. – С. 15-24. – EDN VVMFKE.

40. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: Инструктивно-методическое издание / А. А. Завалин, А. И. Карпухин, В. А. Исаев [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2010. – 464 с. – ISBN 978-5-7367-0736-2. – EDN QLBBBT.

41. Herbicides do not ensure for higher wheat yield, but eliminate rare plant species / S. Gaba, E. Gabriel, J. Chadoeuf, F. Bonneau // Scientific Reports. – 2016. – Vol. 6, No. 3. – P. 385–392.

42. Crop diversification affects weed communities and densities in organic spring cereal fields in northern Europe / M. A. J. Hofmeijer, Bo. Melander, Ju. Salonen [et al.] // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2021. – Vol. 308. – P. 107251. – DOI 10.1016/j.agee.2020.107251. – EDN TBEOEN.

43. Pinke, G. Effects of environmental factors on weed species composition of cereal and stubble fields in western Hungary / G. Pinke, R. Pál, Z. Botta-Dukát // Central European Journal of Biology. – 2010. – Vol. 5, No. 2. – P. 283–292.

44. Атлас основных видов сорных растений России / Т. В. Папаскири, Л. А. Ушакова, Н. В. Скороходова [и др.]. – Москва: Государственный университет по землеустройству, 2024. – 392 с. – ISBN 978-5-9215-0598-8. – EDN IIRJDM.

45. Атлас основных видов сорных растений России: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям / В. Н. Шептухов, Р. М. Гафуров, Т. В. Папаскири [и др.]. – Москва: Издательство КолосС, 2009. – 192 с. – ISBN 978-5-9532-0609-9. – EDN VLHZCD.

46. Борьба с сорняками при возделывании сельскохозяйственных культур: сборник статей / [ВАСХНИЛ; сост. В. С. Виленц]; под ред. Г. С. Груздева. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 239 с. – ISBN 5-10-000304-9.
47. Мельникова, О. В. Сорняки в агрофитоценозах и меры борьбы с ними / О. В. Мельникова, В. Е. Ториков. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. – 204 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-3647-7. – EDN FHCYFK.
48. Ульянова, Т. Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств / Т. Н. Ульянова. – Барнаул: Азбука, 2005. – 295 с. – ISBN 5-87028-165-2.
49. Никитин, В. В. Сорные растения флоры СССР / В. В. Никитин; Отв. ред. И. Т. Васильченко. – Л.: Наука, 1983. – 453 с.
50. Самерсов, В. Ф. Засоренность посевов в Белоруссии и пути ее ослабления / В. Ф. Самерсов, К. П. Паденов, С. В. Сорока // Защита и карантин растений. – 2000. – № 3. – С. 20–22.
51. Ботанический атлас / Е. Г. Бобров, А. С. Бондарцев, А. Г. Борисова и др.; Под общ. ред. чл.-корр. АН СССР Б. К. Шишкина. – Москва; Ленинград: Сельхозиздат. [Ленингр. отд-ние], 1963. – 503 с.
52. Амаева, А. Г. Атлас «Сорные растения»: Учебное пособие / А. Г. Амаева, З. П. Оказова. – Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2023. – 102 с. – ISBN 978-5-00212-310-0. – DOI 10.33580/9785002123100. – EDN VVOMDI.
53. Зотова, А. П. Сорные растения и борьба с ними / А. П. Зотова. – Л.: Лениздат, 1971. – 143 с.
54. Пляшева, Л. А. Сорные растения в современном земледелии / Л. А. Пляшева // В мире научных открытий: Материалы Всероссийской студенческой научной конференции (с международным участием), Ульяновск, 20–21 мая 2014

года / Редакционная коллегия: В.А. Исаичев главный редактор, О.Н. Марыина ответственный секретарь. Том 1. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2014. – С. 97–100. – EDN SXBTVR.

55. Лунева, Н. Н. Фитосанитарное районирование сорных растений на макроуровне на примере Северо-Западного региона России / Н. Н. Лунева, Ю. А. Федорова // Вестник защиты растений. – 2019. – № 2(100). – С. 15–23. – DOI 10.31993/2308-6459-2019-2(100)-15-23. – EDN GSXJMU.

56. Бахмудов, Р. Б. Атлас сорных растений: учебное пособие / Р. Б. Бахмудов, Н. М. Найда, Н. А. Цыганова. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2024. – 168 с.

57. Попов, М. Г. Флора Средней Сибири / М. Г. Попов. – М.-Л.: Академия Наук СССР, 1957. – Т. 1. – 454 с.

58. Тихонова, З. Е. Сорняки и меры борьбы с ними / З. Е. Тихонова. – Горький: Горьковское областное издательство, 1937. – 97 с.

59. Чесалин, Г. А. Сорные растения и борьба с ними / Г. А. Чесалин. – М.: Колос, 1975. – 256 с.

60. Мальцев, А. И. Атлас важнейших видов сорных растений СССР / А. И. Мальцев. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1937. – Т. 1-2. – 165 с.

61. Агаев, М. Г. Основные сорно-полевые растения сельскохозяйственных культур Ленинградской области. Каталог мировой коллекции ВИР / М. Г. Агаев. – Л.: ВИР, 1988. – Вып. 468. – 113 с.

62. Xuan, T. D. Implementation of Conventional and Smart Weed Management Strategies in Sustainable Agricultural Production / T. D. Xuan, T. D. Khanh, T. T. N. Minh // Weed Biology and Management. – 2025. – Vol. 25, No. 1. – DOI 10.1111/wbm.70000. – EDN KWVMBS.

63. Ravi, Herbicide resistance in weeds: Challenges, mechanisms, and integrated approaches: A review / Ravi, Kamal // International Journal of Research in Agronomy. – 2025. – Vol. 8, No. 1. – P. 393–397. – DOI 10.33545/2618060x.2025.v8.i1f.2425. – EDN YBNVLC.
64. Борьба с сорняками в Зауралье при использовании разноплановых гербицидов / В. В. Немченко, А. С. Филиппов, А. А. Замятин, А. М. Заргарян // Вестник Курганской ГСХА. – 2012. – № 1(1). – С. 30–34. – EDN PYJKOH.
65. McGuire, S. FAO, IFAD, and WFP. The State of Food Insecurity in the World 2015: Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress. – Rome: FAO, 2015. – Vol. 6, No. 5. – P. 623–624. – DOI 10.3945/an.115.009936.
66. Ленточкин, А. М. Оценка состояния посевных площадей зерновых культур / А. М. Ленточкин // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 1(25). – С. 55–62. – EDN SAWSWE.
67. Оптимальная ширина полос при Mow-till для накопления органики и урожайности сои / В. В. Епифанцев, А. Н. Панасюк, Я. А. Осипов, Ю. А. Вайтхович // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50, № 4. – С. 13–22. – DOI 10.26898/0370-8799-2020-4-2. – EDN ZXHPSJ.
68. Илларионов, А. И. Современные методы и средства защиты озимой пшеницы от сорных растений / А. И. Илларионов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12, № 3(62). – С. 78–93. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.3.78. – EDN XBOATN.
69. Султанов, Ф. С. Влияние гербицидов на продуктивность новых сортов яровой пшеницы / Ф. С. Султанов, А. А. Юдин, О. Б. Габдрахимов // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 8(161). – С. 27–33. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-8-27-33. – EDN EIWZYQ.

70. Влияние засоренности на урожайность яровой твердой пшеницы в системе двупольных севооборотов на черноземах южных Оренбургского Предуралья / Ю. В. Кафтан, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов, В. Н. Жижин // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101, № 1. – С. 221–230. – EDN UYFBVS.

71. Кафтан, Ю. В. Влияние засоренности посевов на урожайность яровой мягкой пшеницы в Оренбургском Предуралье / Ю. В. Кафтан, Д. В. Митрофанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3(59). – С. 17–19. – EDN WGXTJZ.

72. Soltani, N. Two-Pass Weed Management with Preemergence and Postemergence Herbicides in Glyphosate-Resistant Soybean / N. Soltani, R. T. Nurse, P. H. Sikkema // Agricultural Sciences. – 2014. – Vol. 05, No. 06. – DOI 10.4236/as.2014.56052.

73. Ghanizadeh, H. Perspectives on non-target site mechanisms of herbicide resistance in weedy plant species using evolutionary physiology / H. Ghanizadeh, K. C. Harrington // AoB Plants. – 2017. – Vol. 9, No. 5. – P. plx035. – DOI 10.1093/aobpla/plx035. – EDN VENFKZ.

74. Shewry, P. R. Wheat / P. R. Shewry // Journal of Experimental Botany. – 2009. – Vol. 60. – P. 1537–1553. – DOI 10.1093/jxb/erp058.

75. Focus on Weed Control: Herbicides as Weed Control Agents: State of the Art: I. Weed Control Research and Safener Technology: The Path to Modern Agriculture / H. Kraehmer, B. Laber, C. Rosinger, A. Schulz // Plant Physiology. – 2014. – Vol. 166, No. 3. – P. 1119–1131. – DOI 10.1104/pp.114.241901.

76. Herbicides as Weed Control Agents: State of the Art: II. Recent Achievements / H. Kraehmer, A. V. Almsick, R. Beffa, H. Dietrich // Plant Physiology. – 2014. – Vol. 166, No 3. – P. 1132–1148. – DOI 10.1104/pp.114.241992.

77. Powler, S. B. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides / S. B. Powler, Q. Yu // Annual Review of Plant Biology. – 2010. – Vol. 61, No 1. – P. 317–347. – DOI 10.1146/annurev-arplant-042809-112119.
78. Батудаев, А. П. Земледелие: учебное пособие / А.П. Батудаев, Б.Б. Цыбиков. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятская ГСХА, 2011. – 319 с.
79. Противосносная технология внесения гербицидов нового поколения / Н. В. Никитин, Ю. Я. Спиридовон, В. А. Абубикеров, М. С. Раскин // Вестник защиты растений. – 2008. – № 3. – С. 47–55. – EDN KAUMIT.
80. Зинченко, М. К. Бактерии азотного обмена как индикаторы процессов трансформации органического вещества в агроландшахтах серой лесной почвы / М. К. Зинченко, Л. Г. Стоянова // Владимирский земледелец. – 2015. – № 2(72). – С. 8–11. – EDN VHYYHJ.
81. Цыбакова, Ю. Н. Биологическая активность темно-серой лесной почвы при различном уровне антропогенной нагрузки: специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Цыбакова Юлия Николаевна. – Орел, 2004. – 20 с. – EDN NHNIAN.
82. Influence of sulfur fertilization on infection of wheat take-all disease caused by the fungus *gaeumannomyces graminis* var. *Tritici* / M. Ghadamkheir, K. P. Vladimirovich, E. Orujov [et al.] // Research on Crops. – 2020. – Vol. 21, No. 3. – P. 627–633. – DOI 10.31830/2348-7542.2020.098. – EDN OXAUMS.
83. Баздырев, Г. И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по агрономическим специальностям / Г. И. Баздырев; Г. И. Баздырев. – Москва: КолосС, 2004. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – ISBN 5-9532-0150-8. – EDN QKWMAT.

84. Каипов, Я. З. Влияние биологизированных севооборотов на засоренность посевов в условиях засушливой степи Зауралья Башкортостана / Я. З. Каипов, Н. А. Чукбар // Аграрная наука. – 2022. – № 5. – С. 67–72. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-359-5-67-72. – EDN GPMTQI.

85. Каипов, Я. З. Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала / Я. З. Каипов, З. Р. Султангазин, Р. Л. Акчурин // Аграрная наука. – 2023. – № 7. – С. 63–68. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68. – EDN RKPSXK.

86. Lee, N. Weed control under conservation agriculture in dryland smallholder farming systems of southern Africa. A review / N. Lee, C. Thierfelder // Agronomy for Sustainable Development. – 2017. – Vol. 37, No. 5. – P. 48. – DOI 10.1007/s13593-017-0453-7. – EDN YHDVEL.

87. Влияние ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы на засоренность посевов яровой пшеницы / В. К. Ивченко, З. И. Михайлова, А. Г. Филиппов, С. В. Кокин // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 3(156). – С. 35–43. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-3-35-43. – EDN UBWVAE.

88. Ершов, Д. А. Влияние приема основной обработки почвы и предшественника в севообороте на засоренность посевов и урожайность яровой пшеницы / Д. А. Ершов, В. В. Рзаева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1. – С. 71–74. – EDN ZAIBFR.

89. Применение гербицидов в севообороте на посевах яровой пшеницы / С. С. Деревягин, Р. Г. Сайфуллин, С. Е. Каменченко [и др.] // Вавиловские чтения – 2015: Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 128-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова, Саратов, 25–26 ноября 2015 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – Саратов: ООО "Амирит", 2015. – С. 32–34. – EDN UXZNMD.

90. Заболотских, В. В. Влияние обработки почвы и предшественника на агрофизические показатели и урожайность яровой пшеницы в условиях Северного Казахстана / В. В. Заболотских, Я. П. Наздречев, С. А. Журик // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 1(50). – С. 26–33. – DOI 10.31677/2072-6724-2019-50-1-26-33. – EDN NXFRIG.

91. Основная обработка почвы – проблемы и перспективы в Северном Зауралье / В. В. Рзаева, А. В. Мельников, Л. А. Озnobихина [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 6(72). – С. 44–46. – EDN MSXXDZ.

92. Влияние способов обработки почвы на засоренность и продуктивность озимой пшеницы / С. И. Воронов, В. В. Бородычев, Ю. Н. Плескачев [и др.] // Аграрная Россия. – 2020. – № 9. – С. 3–7. – DOI 10.30906/1999-5636-2020-9-3-7. – EDN ZLEAJZ.

93. Antimicrobial Potential of Chiral Amide Derivatives of Ricinoleic and 3-Hydroxynonanoic Acid / S. Matysiak, J. Kula, J. Zabielska, A. Kunicka-Styczyńska // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2020. – Vol. 97, No. 1. – P. 67–79. – DOI 10.1002/aocs.12292. – EDN UHTERL.

94. Biodiversity-based options for arable weed management. A review / S. Petit, S. Cordeau, B. Chauvel [et al.] // Agronomy for Sustainable Development. – 2018. – Vol. 38, No. 5. – P. 48. – DOI 10.1007/s13593-018-0525-3. – EDN YIUTBB.

95. Кошелев, В. В. Урожайность семян озимой пшеницы при различных сроках применения гербицидов / В. В. Кошелев, С. М. Кудин, И. П. Кошелева // Нива Поволжья. – 2015. – № 4(37). – С. 67–72. – EDN VCPRXV.

96. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. –Часть I. Пестициды. – М.: Издание официальное, 2025. – 1367 с.

97. Menon, A. S. Review on Herbicides Resistance and Their Mode of Action / A. S. Menon, S. Menon // Plant Archives. – 2021. – Vol. 21, No. 2. – DOI 10.51470/plantarchives.2021.v21.no2.004. – EDN LXWSFM.

98. Comprehensive machine learning based study of the chemical space of herbicides / D. Oršolić, T. Šmuc, V. Stepanić, V. Pehar // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – DOI 10.1038/s41598-021-90690-w. – EDN JCEBZK.

99. Sineshchekov, V. E. Peculiarities of successions of weed vegetation in the grain agrophytocenoses of Priobye / V. E. Sineshchekov, A. G. Krasnoperov, E. M. Krasnoperova // S-kh.Biol. – 2004. – Vol. 39, No. 1. – P. 78–82.

100. Duke, S. O. Glyphosate: A once-in-a-century herbicide / S. O. Duke, S. B. Powles // Pest Management Science. – 2008. – Vol. 64. – P. 319–325. – DOI 10.1002/ps.

101. Влияние баковой смеси гербицидов на засоренность посевов и продуктивность яровой пшеницы / В. В. Дьяченко, В. М. Никифоров, М. И. Никифоров [и др.] // Аграрная наука. – 2022. – № 9. – С. 147–150. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-362-9-147-150. – EDN OTFSMR.

102. Sherwani, S. I. Modes of Action of Different Classes of Herbicides / S. I. Sherwani, I. A. Arif, H. A. Khan // Herbicides, Physiology of Action, and Safety. – 2015. – Vol. 8. – P. 165–186. – DOI 10.5772/61779.

103. Golubev, A. S. Directions for improvement of the herbicide assortment in Russia at the beginning of the 21st century / A. S. Golubev // Plant Protection News. – 2022. – Vol. 105, No. 3. – P. 104–113. – DOI 10.31993/2308-6459-2022-105-15392. – EDN BBGOJT.

104. Симонов, В. Ю. Современные гербициды в зерновом агробиоценозе / В. Ю. Симонов, Е. А. Симонова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 5. – С. 21–25. – EDN TGZOIH.
105. Симонов, В. Ю. Современные гербициды в зерновом агробиоценозе / В. Ю. Симонов // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XI Международной научной конференции, Брянск, 24–28 марта 2014 года. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2014. – С. 57–61. – EDN TVZDTR.
106. Neve, P. Challenges for herbicide resistance evolution and management: 50 Years after Harper / P. Neve // Weed Research. – 2007. – Vol. 47, № 5. – P. 365–369. – DOI 10.1111/j.1365-3180.2007.00581.x.
107. Raj, S. K. Herbicidal effect on the bio-indicators of soil health – A review Herbicidal effect on the bio-indicators of soil health – A review / S. K. Raj, E. K. Syriac // Journal of Applied and Natural Science. – 2017. – Vol. 9, № 4. – P. 2438–2448. – DOI 10.31018/jans.v9i4.1551.
108. Effect of Phenylurea Herbicides on Soil Microbial Communities Estimated by Analysis of 16S rRNA Gene Fingerprints and Community-Level Physiological Profiles / S. E. Fantroussi, L. Verschueren, W. Verstraete, E. M. Top // Applied and Environmental Microbiology. – 1999. – Vol. 65, № 3. – P. 982–988. – DOI 10.1128/AEM.65.3.982-988.1999.
109. Мрясова, Л. М. Динамика сорных растений в агрофитоценозе яровой пшеницы / Л. М. Мрясова, Р. Н. Галиахметов // Защита и карантин растений. – 2011. – № 7. – С. 30–32. – EDN NVUILV.
110. Куликова, Н. А. Гербициды и экологические аспекты их применения: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению высшего профессионального образования 020700 "Почвоведение" / Н. А. Куликова, Г. Ф. Лебедева; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова,

Фак. почвоведения. – Москва: ЛИБРОКОМ, 2010. – 150 с. – ISBN 978-5-397-01431-1. – EDN QLBCBN.

111. Auskalinis, A. Effect of timing and dosage in herbicide application on weed biomass in spring wheat / A. Auskalinis, A. Kadzys // Agronomy Research. – 2006. – Vol. 4, special issue. – P. 133–136.

112. Голубев, А. С. Биологическое обоснование использования гербицидов на основе сульфонилмочевин в посевах озимой пшеницы в Северо-Западном регионе Российской Федерации: специальность 06.01.11: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Голубев Артем Сергеевич. – Санкт-Петербург, 2005. – 19 с. – EDN NILULB.

113. Голубев, А. С. Перспективные направления использования биологических и биорациональных гербицидов в растениеводстве России (обзор) / А. С. Голубев, А. О. Берестецкий // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 5. – С. 868–884. – DOI 10.15389/agrobiology.2021.5.868rus. – EDN YOMDKS.

114. Mechanisms of evolved herbicide resistance / T. A. Gaines, S. Morran, C. A. G. Rigon [et al.] // Journal of Biological Chemistry. – 2020. – Vol. 295, No. 30. – P. 10307–10330. – DOI 10.1074/jbc.REV120.013572. – EDN ESMSPR.

115. Brunharo, C. A. C. G. Multiple evolutionary origins of glyphosate resistance in *Lolium multiflorum* / C. A. C. G. Brunharo, M. A. Streisfeld // Evolutionary Applications. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – P. 316–329. – DOI 10.1111/eva.13344. – EDN SYUEER.

116. Лунева, Н. Н. Оценка требовательности сорного элемента флоры Ленинградской области к условиям тепло и влагообеспеченности / Н. Н. Лунева, Е. Н. Мысник // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Лапшинские чтения: Материалы IX Международной научно-практической конференции,

Саранск, 18–19 апреля 2013 года / С. В. Емельянов (отв. секретарь). Том Часть 2. – Саранск: Издательство Мордовского Университета, 2013. – С. 167–172. – EDN SSZAYT.

117. Москвитин, А. С. Влияние азотных удобрений и гербицидов на засоренность посевов и урожайность яровой пшеницы / А. С. Москвитин // Защита и карантин растений. – 2010. – № 5. – С. 28–29. – EDN MBCNKV.

118. Влияние различных доз удобрений и гербицидов на продуктивность культур севооборота / О. В. Чухина, А. И. Демидова, Е. И. Куликова, Н. В. Токарева // Плодородие. – 2017. – № 3(96). – С. 5–10. – EDN ZCQBFF.

119. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы / В. Д. Абашев, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, С. Н. Жук // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 1(17). – С. 7–11. – EDN YGSVXR.

120. Ибрагимов, З. А. Эффективность применения гербицидов в сочетании с удобрениями при возделывании озимой пшеницы на юге Узбекистана / З. А. Ибрагимов, Ф. М. Сайдалов // Science and innovation. – 2024. – 3(Special Issue 58). – С. 480–483. – DOI 10.5281/zenodo.139606676.

121. Фетюхин, И. В. Эффективность применения гербицидов на посевах озимой пшеницы / И. В. Фетюхин, М. А. Алейницкая, М. С. Алейницкий // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 152. – С. 200–210. – EDN DEZAPW.

122. Ледовский, Е. Н. Влияние азотных удобрений и их баковых смесей с гербицидами и фунгицидом на урожайность яровой пшеницы / Е. Н. Ледовский, В. Г. Доронин // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 1(73). – С. 82–86. – DOI 10.31367/2079-8725-2021-73-1-82-86. – EDN KNUDOH.

123. Influence of mineral fertilizers, seed treatment and herbicide on the yield of spring wheat in the conditions of the Republic of Tatarstan / M. F. Amirov, I. M.

Serzhanov, F. Sh. Shaikhutdinov, A. Serzhanova // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00075. – EDN UCCZAE.

124. Берестецкий, А. О. Фитотоксины грибов: от фундаментальных исследований – к практическому использованию (обзор) / А. О. Берестецкий // Прикладная биохимия и микробиология. – 2008. – Т. 44, № 5. – С. 501–514. – EDN JJWHSJ.

125. Завалин, А. А. Применение биопрепараторов при возделывании полевых культур / А. А. Завалин // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 9–11. – EDN OBGJQX.

126. Баздырев, Г. И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии: Учеб. пособие для студентов вузов по агр. спец. / Г. И. Баздырев, Л. И. Зотов, В. Д. Полин. – Москва: Изд-во МСХА, 2004. – ISBN 5-94327-193-7. – EDN QKWJKH.

127. Москвитин, А. С. Влияние азотных удобрений, сульфата цинка и гербицидов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Алтайского Приобья: специальность 06.01.04 "Агрохимия": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Москвитин Александр Сергеевич. – Барнаул, 2005. – 20 с. – EDN ZMKBNX.

128. Рабинович, Г. Ю. Возделывание яровой пшеницы с применением различных схем удобрений / Г. Ю. Рабинович, Ю. Д. Смирнова, Н. А. Лукичева // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия, Тверь, 27–28 августа 2015 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2015. – С. 33–37. – EDN ACXSOX.

129. Arzani, A. Cultivated Ancient Wheats (*Triticum* spp.): A Potential Source of Health-Beneficial Food Products: Ancient wheats for healthy foods / A. Arzani, M. Ashraf // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2017. – Vol. 16, No. 3. – P. 477–488. – DOI 10.1111/1541-4337.12262.
130. Завалин, А. А. Азот и качество зерна пшеницы / А. А. Завалин, О. А. Соколов // Плодородие. – 2018. – № 1(100). – С. 14–17. – EDN YPKXVH.
131. Баушева, Н. П. Влияние систем удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы / Н. П. Баушева, И. Д. Халистова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 4(48). – С. 7–10. – DOI 10.35694/YARCX.2019.48.4.002. – EDN EKBOZA.
132. Парамонов, А. В. Влияние некоторых элементов технологии возделывания на урожайность и сбор белка яровой пшеницы / А. В. Парамонов, С. В. Пасько, В. И. Медведева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3(65). – С. 14–16. – EDN ZAYUIR.
133. Сычев, В. Г. Роль азота в интенсификации производственного процесса сельскохозяйственных культур / В. Г. Сычев, О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева. Том 1. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, 2009. – 424 с. – ISBN 978-5-9238-0107-1. – EDN QLARMX.
134. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы / В. Ф. Федоренко, С. Н. Сапожников, Д. А. Петухов [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 396 с. – ISBN 978-5-7367-1395-0. – DOI 10.25930/skc8-gc14. – EDN YKUHKP.

135. Маханькова, Т. А. Современный ассортимент гербицидов для защиты зерновых культур / Т. А. Маханькова, В. И. Долженко // Защита и карантин растений. – 2013. – № 10. – С. 46–50. – EDN RCJSQL.

136. Комбинированные гербициды, содержащие флорасулам, на посевах зерновых культур / Е. И. Кириленко, С. И. Редюк, В. Г. Чернуха, Н. В. Свирина // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Том Часть I. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2018. – С. 111–113. – EDN YUCTLY.

137. Pesticides.ru. 2,4-D Characteristics and Applications. – 2023. – URL: pesticidy.ru.

138. Pesticides.ru. Fluroxypyr Properties and Applications. – 2023. – URL: pesticidy.ru.

139. Титов, Ю. В. Биотипно-популяционная адаптация сорняков к средствам борьбы [Устойчивость к гербицидам] / Ю. В. Титов // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 1999. – № 4. – С. 915. – EDN FKKKXH.

140. Pesticides.ru. Tifen Sulfuron-Methyl Properties and Application. – 2023. – URL: pesticidy.ru.

141. Reducing the Risks of Herbicide Resistance: Best Management Practices and Recommendations / Norsworthy, S. M. Ward, D. R. Shaw, R. S. Llewellyn // Weed Science. – 2012. – Vol. 60, No. sp1. – P. 31–62. – DOI 10.2307/23264148.

142. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: a look into recent / P. Christoffoleti, M. Fiqueiredo, L. E. Peres, S. J. Nissen // Scientia Agricola. – 2015. – Vol. 72, No. 4. – P. 356–362. – DOI 10.1590/0101-9016-2014-0360.

143. Impact of novel herbicide based on synthetic auxins and ALS inhibitor on weed control / M. Grzanka, A. Joniec, J. Rogulski, Ł. Sobiech // Open Life Sciences. – 2024. – Vol. 19, No. 1. – P. 1–12. – DOI 10.1515/biol-2022-0868.

144. Uchino, A. Resistance to ALS-Inhibiting Herbicides in Weeds / A. Uchino // Journal of Pesticide Science. – 2003. – Vol. 28, No. 4. – P. 479–483. – DOI 10.1584/jpestics.28.479.

145. Herbicides in modern sustainable agriculture: environmental fate, ecological implications, and human health concerns / A. Parven, I. Md. Meftaul, K. Venkateswarlu, M. Megharaj // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2025. – Vol. 22. – P. 1181–1202. – DOI 10.1007/s13762-024-05818-y. – EDN GHFSPL.

146. Пикушова, Э. А. Концепция интегрированной системы защиты растений от вредных организмов (сорные растения: вредоносность, биоразнообразие, биология, ассортимент гербицидов) / Э. А. Пикушова, В. П. Василько, А. И. Белый. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2020. – 137 с. – ISBN 978-5-907294-97-4. – EDN AHIWFO.

147. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб.. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с. – EDN ZJQBUD.

148. Влияние ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы на засоренность посевов яровой пшеницы / В. К. Ивченко, З. И. Михайлова, А. Г. Филиппов, С. В. Кокин // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 3(156). – С. 35–43. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-3-35-43. – EDN UBWVAE.

149. Владыкин, О. О. Видовой состав сорной растительности на посевах яровой пшеницы / О. О. Владыкин // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 5-1. – С. 146–148. – EDN USIWWO.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

А1 – Метеорологические условия в 2022 г. (метеостанция ФИЦ «Немчиновка»)

Месяц	Декада	Температура, °C		Осадки, мм		Среднемесячная температура, °C		Сумма осадков за месяц, мм	
		Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая
Март	1	-4,4	-3,5	7,4	4,8	-2,1	-1,2	25,6	17,0
	2	-2,4	-1,3	9,7	0,0				
	3	0,4	1,3	8,5	12,2				
Апрель	1	3,6	2,8	11,1	29,1	5,9	5,5	35,4	63,0
	2	5,6	5,6	14,7	19,9				
	3	8,6	8,2	9,6	14,0				
Май	1	11,1	9,1	14,7	7,5	12,6	10,4	52,4	64,8
	2	12,5	11,2	18,0	18,3				
	3	14,2	10,9	19,7	39,0				
Июнь	1	16,3	17,7	23,0	9,0	16,9	18,8	75,9	36,2
	2	16,7	17,7	23,1	25,1				
	3	17,6	20,9	29,8	2,1				
Июль	1	17,8	21,7	29,8	23,6	18,1	20,5	85,8	63,1
	2	18,3	18,9	27,2	20,5				
	3	18,3	21,0	28,8	19,0				
Август	1	18,2	21,6	27,4	1,9	16,3	22,3	79,2	2,5
	2	15,9	22,5	26,1	0,3				
	3	14,8	22,9	25,7	0,3				

A2 – Метеорологические условия в 2023 г. (метеостанция ФИЦ «Немчиновка»)

Месяц	Декада	Температура, °C		Осадки, мм		Среднемесячная температура, °C		Сумма осадков за месяц, мм	
		Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая
Март	1	-4,4	-2,7	7,4	9,6	-2,1	1,2	25,6	60,6
	2	-2,4	0,6	9,7	25,2				
	3	0,4	5,6	8,5	25,8				
Апрель	1	3,6	8,0	11,1	5,6	5,9	9,7	35,4	29,6
	2	5,6	9,7	14,7	0,2				
	3	8,6	11,5	9,6	23,8				
Май	1	11,1	7,5	14,7	3,8	12,6	12,6	52,4	35,1
	2	12,5	14,9	18,0	2,1				
	3	14,2	15,5	19,7	29,2				
Июнь	1	16,3	14,7	23,0	18,1	16,9	16,8	75,9	71,4
	2	16,7	18,1	23,1	0,6				
	3	17,6	17,6	29,8	52,7				
Июль	1	17,8	20,6	29,8	2,1	18,1	18,5	85,8	151,2
	2	18,3	16,5	27,2	71,8				
	3	18,3	18,3	28,8	77,3				
Август	1	18,2	22,9	27,4	0,1	16,3	19,8	79,2	62,9
	2	15,9	20,7	26,1	58,6				
	3	14,8	15,8	25,7	4,2				

А3 – Метеорологические условия в 2024 г. (метеостанция ФИЦ «Немчиновка»)

Месяц	Декада	Температура, °C		Осадки, мм		Среднемесячная температура, °C		Сумма осадков за месяц, мм	
		Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая	Среднемноголетняя	Фактическая
Март	1	-4,4	-2,3	7,4	0,4	-2,1	0,8	25,6	8,1
	2	-2,4	0,4	9,7	0,4				
	3	0,4	4,2	8,5	7,3				
Апрель	1	3,6	9,6	11,1	4,9	5,9	10,1	35,4	49,9
	2	5,6	8,7	14,7	33,0				
	3	8,6	12,0	9,6	12,0				
Май	1	11,1	6,5	14,7	22,0	12,6	12,0	52,4	29,4
	2	12,5	10,8	18,0	7,4				
	3	14,2	18,6	19,7	0,0				
Июнь	1	16,3	19,4	23,0	8,9	16,9	19,6	75,9	131,3
	2	16,7	19,5	23,1	121,4				
	3	17,6	19,8	29,8	1,0				
Июль	1	17,8	23,3	29,8	7,6	18,1	22,0	85,8	59,7
	2	18,3	23,2	27,2	23,6				
	3	18,3	19,4	28,8	28,5				
Август	1	18,2	17,9	27,4	28,1	16,3	18,6	79,2	51,8
	2	15,9	17,8	26,1	23,0				
	3	14,8	20,1	25,7	0,7				

Приложение В

В1 – Общее количество сорных растений к уборке яровой пшеницы после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки в 2022 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая засоренность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	53	56	52	59	220	55
	Примадонна, СЭ	3	6	1	6	16	4
	Пиксель, МД	6	8	4	10	28	7
	Унико, ККР	8	10	7	11	36	9
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	78	81	76	85	320	80
	Примадонна, СЭ	2	3	1	2	8	2
	Пиксель, МД	9	11	7	13	40	10
	Унико, ККР	3	4	2	3	12	3
Суммы Р		162	179	150	189	Σ=680	x=21,2

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	24434,0	31	-	-	-
Повторений	113,2	3	-	-	-
Фактор (A)	200,0	1	200,0	120,9	4,32
Фактор (B)	22938,0	3	7646,0	4620,6	3,07
Взаимодействия (AB)	1148,0	3	382,7	231,2	3,07
Остаточное (ошибки)	34,7	21	1,6	-	-

Ошибка опыта	0,64
Ошибка разности средних	0,91
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,89
Ошибка разности средних по фактору А	0,45
HCP ₀₅ (фактор А)	0,95
Ошибка разности средних по фактору В	0,64
HCP ₀₅ (фактор В)	1,34
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,64
HCP ₀₅ (AB)	1,34

B2 – Общее количество сорных растений к уборке яровой пшеницы после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки в 2023 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая засоренность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	36	39	37	40	152	38
	Примадонна, СЭ	4	6	3	3	16	4
	Пиксель, МД	8	10	6	12	36	9
	Унико, ККР	3	5	3	5	16	4
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	56	58	54	60	228	57
	Примадонна, СЭ	6	7	4	7	24	6
	Пиксель, МД	7	9	6	10	32	8
	Унико, ККР	5	4	3	8	20	5
Суммы Р		125	138	116	145	Σ=524	x=16,4

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	11233,5	31	-	-	-
Повторений	63,3	3	-	-	-
Фактор (А)	220,5	1	220,5	173,1	4,32
Фактор (В)	10409,5	3	3469,8	2724,0	3,07
Взаимодействия (AB)	513,5	3	171,2	134,4	3,07
Остаточное (ошибки)	26,8	21	1,3	-	-

Ошибка опыта	0,56
Ошибка разности средних	0,8
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,66
Ошибка разности средних по фактору А	0,4
HCP ₀₅ (фактор А)	0,83
Ошибка разности средних по фактору В	0,56
HCP ₀₅ (фактор В)	1,17
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,56
HCP ₀₅ (AB)	1,17

В3 – Общее количество сорных растений к уборке яровой пшеницы после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки в 2024 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая засоренность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	82	84	81	85	332	83
	Примадонна, СЭ	7	9	5	11	32	8
	Пиксель, МД	6	8	5	5	24	6
	Унико, ККР	4	5	3	8	20	5
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	75	77	73	79	304	76
	Примадонна, СЭ	6	5	4	9	24	6
	Пиксель, МД	8	10	6	12	36	9
	Унико, ККР	4	5	3	4	16	4
Суммы Р		192	203	180	213	Σ=788	x=24,6

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	32393,5	31	-	-	-
Повторений	75,8	3	-	-	-
Фактор (А)	24,5	1	24,5	17,0	4,32
Фактор (В)	32161,5	3	10720,5	7442,3	3,07
Взаимодействия (AB)	101,5	3	33,8	23,5	3,07
Остаточное (ошибки)	30,3	21	1,4	-	-

Ошибка опыта	0,6
Ошибка разности средних	0,85
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,77
Ошибка разности средних по фактору А	0,42
HCP ₀₅ (фактор А)	0,88
Ошибка разности средних по фактору В	0,6
HCP ₀₅ (фактор В)	1,25
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,6
HCP ₀₅ (AB)	1,25

B4 – Общее количество сорных растений к уборке яровой пшеницы после обработки гербицидами при различных фонах азотной подкормки, шт./м²
(среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая засоренность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	57	60	57	62	236	59
	Примадонна, СЭ	5	7	3	5	20	5
	Пиксель, МД	7	9	5	7	28	7
	Унико, ККР	5	7	4	8	24	6
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	70	72	68	74	284	71
	Примадонна, СЭ	5	5	3	7	20	5
	Пиксель, МД	8	10	6	12	36	9
	Унико, ККР	4	4	3	5	16	4
Суммы Р		161	174	149	180	Σ=664	x=20,7

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	21332,0	31	-	-	-
Повторений	71,8	3	-	-	-
Фактор (А)	72,0	1	72,0	68,0	4,32
Фактор (В)	20934,0	3	6978,0	6586,0	3,07
Взаимодействия (AB)	232,0	3	77,3	73,0	3,07
Остаточное (ошибки)	22,3	21	1,1	-	-

Ошибка опыта	0,51
Ошибка разности средних	0,73
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,51
Ошибка разности средних по фактору А	0,36
HCP ₀₅ (фактор А)	0,76
Ошибка разности средних по фактору В	0,51
HCP ₀₅ (фактор В)	1,07
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,51
HCP ₀₅ (AB)	1,07

Приложение С

C1 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 30 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в 2022 году, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	52,84	54,38	51,77	55,45	214,44	53,61
	Примадонна, СЭ	1,58	1,73	1,49	1,76	6,56	1,64
	Пиксель, МД	9,42	10,07	8,79	10,8	39,08	9,77
	Унико, ККР	1,57	1,71	1,48	1,72	6,48	1,62
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	24,45	25,28	23,81	25,5	99,04	24,76
	Примадонна, СЭ	1,84	2,03	1,69	2,04	7,6	1,9
	Пиксель, МД	4,76	5,03	4,52	5,29	19,6	4,98
	Унико, ККР	4,17	4,57	4,04	4,54	17,32	4,33
Суммы Р		100,63	104,8	97,59	107,11	Σ=410,13	x=12,83

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	9293,4	31	-	-	-
Повторений	6,8	3	-	-	-
Фактор (A)	472,8	1	472,8	1663,5	4,32
Фактор (B)	7553,8	3	2517,9	8859,5	3,07
Взаимодействия (AB)	1254,1	3	418,0	1470,9	3,07
Остаточное (ошибки)	6,0	21	0,3	-	-

Ошибка опыта	0,27
Ошибка разности средних	0,38
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,78
Ошибка разности средних по фактору A	0,19
HCP ₀₅ (фактор A)	0,39
Ошибка разности средних по фактору B	0,27
HCP ₀₅ (фактор B)	0,55
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,27
HCP ₀₅ (AB)	0,55

C2 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 30 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в 2023 году, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	56,78	58,56	55,93	57,69	228,96	57,24
	Примадонна, СЭ	16,87	18,46	15,74	17,45	68,52	17,13
	Пиксель, МД	31,52	33,39	30,85	34,52	130,28	32,57
	Унико, ККР	25,64	27,48	24,72	28,44	106,28	26,57
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	49,41	51,63	48,9	52,06	202,0	50,5
	Примадонна, СЭ	23,79	25,52	22,86	27,03	99,2	24,8
	Пиксель, МД	9,23	10,27	8,65	11,45	39,6	9,9
	Унико, ККР	19,37	21,68	18,83	21,52	81,4	20,35
Суммы Р		232,61	246,99	226,48	250,16	Σ=956,24	x=29,88

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	7534,9	31	-	-	-
Повторений	48,2	3	-	-	-
Фактор (А)	390,9	1	390,9	1537,0	4,32
Фактор (В)	6167,6	3	2055,9	8084,0	3,07
Взаимодействия (AB)	922,9	3	307,6	1209,6	3,07
Остаточное (ошибки)	5,3	21	0,3	-	-

Ошибка опыта	0,25
Ошибка разности средних	0,36
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,74
Ошибка разности средних по фактору А	0,18
HCP ₀₅ (фактор А)	0,37
Ошибка разности средних по фактору В	0,25
HCP ₀₅ (фактор В)	0,52
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,25
HCP ₀₅ (AB)	0,52

С3 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 30 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в 2024 году, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	29,7	31,4	28,9	32,4	122,4	30,6
	Примадонна, СЭ	1,3	1,8	1,1	2,2	6,4	1,6
	Пиксель, МД	3,7	4,8	3,5	4,0	16,0	4,0
	Унико, ККР	0,42	0,47	0,39	0,52	1,8	0,45
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	26,3	28,6	25,7	30,2	110,8	27,7
	Примадонна, СЭ	7,1	8,7	6,6	9,2	31,6	7,9
	Пиксель, МД	6,5	7,7	6,1	6,9	27,2	6,8
	Унико, ККР	5,9	6,9	5,4	7,0	25,2	6,3
Суммы Р		80,92	90,37	77,69	92,42	Σ=341,4	x=10,7

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	3870,9	31	-	-	-
Повторений	19,2	3	-	-	-
Фактор (А)	72,6	1	72,6	138,3	4,32
Фактор (В)	3660,4	3	1220,1	2324,2	3,07
Взаимодействия (AB)	107,7	3	0,5	68,4	3,07
Остаточное (ошибки)	11,0	21	4,2	-	-

Ошибка опыта	0,36
Ошибка разности средних	0,51
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,07
Ошибка разности средних по фактору А	0,26
HCP ₀₅ (фактор А)	0,53
Ошибка разности средних по фактору В	0,36
HCP ₀₅ (фактор В)	0,75
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,36
HCP ₀₅ (AB)	0,75

С4 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 30 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой, г/м² (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	46,44	48,11	45,53	48,52	188,6	47,15
	Примадонна, СЭ	6,58	7,33	6,11	7,14	27,16	6,79
	Пиксель, МД	14,88	16,09	14,38	16,45	61,8	15,45
	Унико, ККР	9,21	9,89	8,86	10,24	38,2	9,55
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	33,39	35,17	32,8	35,92	137,28	34,32
	Примадонна, СЭ	10,91	12,08	10,38	12,75	46,12	11,53
	Пиксель, МД	6,83	7,67	6,42	8,0	28,92	7,23
	Унико, ККР	9,81	11,05	9,42	11,04	41,32	10,33
Суммы Р		138,05	147,39	133,9	150,06	Σ=569,4	x=17,79

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	6168,5	31	-	-	-
Повторений	21,8	3	-	-	-
Фактор (А)	120,6	1	120,6	921,8	4,32
Фактор (В)	5633,4	3	1877,8	14353,5	3,07
Взаимодействия (AB)	389,9	3	130,0	993,5	3,07
Остаточное (ошибки)	2,7	21	0,1	-	-

Ошибка опыта	0,18
Ошибка разности средних	0,26
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,53
Ошибка разности средних по фактору А	0,13
HCP ₀₅ (фактор А)	0,27
Ошибка разности средних по фактору В	0,18
HCP ₀₅ (фактор В)	0,38
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,18
HCP ₀₅ (AB)	0,38

Приложение D

D1 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в 2022 году, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	25,69	27,27	25,32	28,68	106,96	26,74
	Примадонна, СЭ	0,34	0,57	0,26	0,75	1,92	0,48
	Пиксель, МД	3,41	3,64	3,25	3,98	14,28	3,57
	Унико, ККР	1,48	1,66	1,36	1,62	6,12	1,53
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	22,57	23,47	21,89	23,31	91,24	22,81
	Примадонна, СЭ	0,74	0,86	0,62	0,98	3,2	0,8
	Пиксель, МД	2,41	2,62	2,36	2,69	10,08	2,52
	Унико, ККР	2,73	2,94	2,65	3,16	11,48	2,87
Суммы Р		59,37	63,03	57,71	65,17	Σ=245,28	x=7,67

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	3193,0	31	-	-	-
Повторений	4,3	3	-	-	-
Фактор (A)	5,5	1	5,5	22,1	4,32
Фактор (B)	3146,5	3	1048,8	4201,5	3,07
Взаимодействия (AB)	31,4	3	10,5	41,9	3,07
Остаточное (ошибки)	5,2	21	0,2	-	-

Ошибка опыта	0,25
Ошибка разности средних	0,35
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,73
Ошибка разности средних по фактору А	0,18
HCP ₀₅ (фактор А)	0,37
Ошибка разности средних по фактору В	0,25
HCP ₀₅ (фактор В)	0,52
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,25
HCP ₀₅ (AB)	0,52

D2 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в 2023 году, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	18,45	20,34	17,92	19,77	76,48	19,12
	Примадонна, СЭ	1,25	1,73	1,07	1,83	5,88	1,47
	Пиксель, МД	1,21	1,68	1,04	1,63	5,56	1,39
	Унико, ККР	0,14	0,29	0,11	0,3	0,84	0,21
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	47,58	49,54	46,76	49,72	193,6	48,4
	Примадонна, СЭ	5,17	5,83	4,96	5,24	21,2	5,3
	Пиксель, МД	1,16	1,29	1,08	1,27	4,8	1,2
	Унико, ККР	1,38	1,59	1,18	1,85	6,0	1,5
Суммы Р		76,34	82,29	74,12	81,61	Σ=314,36	x=9,82

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	7899,6	31	-	-	-
Повторений	6,0	3	-	-	-
Фактор (А)	585,2	1	585,2	2176,1	4,32
Фактор (В)	6140,6	3	2046,9	7611,8	3,07
Взаимодействия (AB)	1162,2	3	387,4	1440,7	3,07
Остаточное (ошибки)	5,6	21	0,3	-	-

Ошибка опыта	0,26
Ошибка разности средних	0,37
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,76
Ошибка разности средних по фактору А	0,18
HCP ₀₅ (фактор А)	0,38
Ошибка разности средних по фактору В	0,26
HCP ₀₅ (фактор В)	0,54
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,26
HCP ₀₅ (AB)	0,54

D3 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой в 2024 году, г/м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	55,5	57,6	54,8	57,3	225,2	56,3
	Примадонна, СЭ	11,2	12,5	10,8	12,3	46,8	11,7
	Пиксель, МД	5,3	5,9	5,0	5,8	22,0	5,5
	Унико, ККР	9,0	9,6	8,4	9,4	36,4	9,1
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	53,6	55,3	52,7	56,0	217,6	54,4
	Примадонна, СЭ	7,4	8,2	7,1	8,1	30,8	7,7
	Пиксель, МД	16,2	17,8	15,6	18,0	67,6	16,9
	Унико, ККР	4,4	5,6	4,1	5,1	19,2	4,8
Суммы Р		162,6	172,5	158,5	172,0	Σ=665,6	x=20,8

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	13165,6	31	-	-	-
Повторений	18,2	3	-	-	-
Фактор (А)	0,7	1	0,7	4,6	4,32
Фактор (В)	12807,2	3	4269,1	21434,6	3,07
Взаимодействия (AB)	335,4	3	111,8	561,3	3,07
Остаточное (ошибки)	4,2	21	0,2	-	-

Ошибка опыта	0,22
Ошибка разности средних	0,32
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,66
Ошибка разности средних по фактору А	0,16
HCP ₀₅ (фактор А)	0,33
Ошибка разности средних по фактору В	0,22
HCP ₀₅ (фактор В)	0,46
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,22
HCP ₀₅ (AB)	0,46

D4 – Общая воздушно–сухая масса сорной растительности в посевах яровой пшеницы через 45 дней после обработки гербицидами при различных фонах подкормки аммиачной селитрой, г/м² (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Общая воздушно–сухая масса по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	33,21	35,07	32,68	35,24	136,2	34,05
	Примадонна, СЭ	4,26	4,93	4,04	4,97	18,2	4,55
	Пиксель, МД	3,31	3,74	3,1	3,81	13,96	3,49
	Унико, ККР	3,54	3,85	3,29	3,76	14,44	3,61
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	41,25	42,77	40,45	43,01	167,48	41,87
	Примадонна, СЭ	4,44	4,96	4,23	4,77	18,4	4,6
	Пиксель, МД	6,59	7,24	6,35	7,3	27,48	6,87
	Унико, ККР	2,84	3,38	2,64	3,38	12,24	3,06
Суммы Р		99,44	105,94	96,78	106,24	$\Sigma=408,4$	x=12,76

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	6944,5	31	-	-	-
Повторений	8,4	3	-	-	-
Фактор (А)	57,2	1	57,2	319,3	4,32
Фактор (В)	6786,6	3	2262,2	12619,5	3,07
Взаимодействия (AB)	88,5	3	29,5	164,6	3,07
Остаточное (ошибки)	3,8	21	0,2	-	-

Ошибка опыта	0,21
Ошибка разности средних	0,3
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,62
Ошибка разности средних по фактору А	0,15
HCP ₀₅ (фактор А)	0,31
Ошибка разности средних по фактору В	0,21
HCP ₀₅ (фактор В)	0,44
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,21
HCP ₀₅ (AB)	0,44

Приложение Е

Е1 – Высота растений яровой пшеницы в зависимости от различных норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году, см

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Высота растений по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	98,4	99,9	97,3	102,8	398,4	99,6
	Примадонна, СЭ	95,6	97,5	94,2	99,5	386,8	96,7
	Пиксель, МД	98,7	100,1	97,4	101,8	398,0	99,5
	Унико, ККР	99,5	101,4	98,6	103,7	403,2	100,8
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	102,1	104,2	101,5	107,0	414,8	103,7
	Примадонна, СЭ	100,3	102,6	99,7	105,0	407,6	101,9
	Пиксель, МД	98,2	100,8	97,1	103,1	399,2	99,8
	Унико, ККР	103,8	105,3	102,9	105,2	417,2	104,3
Суммы Р		796,6	811,8	788,7	828,1	$\Sigma=3225,2$	x=100,8

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	292,0	31	-	-	-
Повторений	113,7	3	-	-	-
Фактор (А)	85,8	1	85,8	252,6	4,32
Фактор (В)	58,9	3	19,6	57,8	3,07
Взаимодействия (AB)	26,6	3	8,9	26,1	3,07
Остаточное (ошибки)	7,1	21	0,3	-	-

Ошибка опыта	0,29
Ошибка разности средних	0,41
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,86
Ошибка разности средних по фактору А	0,21
HCP ₀₅ (фактор А)	0,43
Ошибка разности средних по фактору В	0,29
HCP ₀₅ (фактор В)	0,61
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,29
HCP ₀₅ (AB)	0,61

E2 – Высота растений яровой пшеницы в зависимости от различных норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, см

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Высота растений по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	98,3	100,4	97,5	101,0	397,2	99,3
	Примадонна, СЭ	113,6	115,7	112,1	115,8	457,2	114,3
	Пиксель, МД	108,2	110,5	107,4	112,3	438,4	109,6
	Унико, ККР	99,8	101,8	98,6	101,0	401,2	100,3
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	121,4	123,6	120,7	123,5	489,2	122,3
	Примадонна, СЭ	124,7	126,9	123,8	126,2	501,6	125,4
	Пиксель, МД	123,1	125,3	122,3	127,3	498,0	124,5
	Унико, ККР	127,5	129,1	126,2	130,4	513,2	128,3
Суммы Р		916,6	933,3	908,6	937,5	$\Sigma=3696,0$	$x=115,5$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	3751,8	31	-	-	-
Повторений	70,1	3	-	-	-
Фактор (А)	2964,5	1	2964,5	9731,1	4,32
Фактор (В)	358,8	3	119,6	392,6	3,07
Взаимодействия (AB)	351,9	3	117,3	385,1	3,07
Остаточное (ошибки)	6,4	21	0,3	-	-

Ошибка опыта	0,28
Ошибка разности средних	0,39
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,81
Ошибка разности средних по фактору А	0,2
HCP ₀₅ (фактор А)	0,41
Ошибка разности средних по фактору В	0,28
HCP ₀₅ (фактор В)	0,57
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,28
HCP ₀₅ (AB)	0,57

Е3 – Высота растений яровой пшеницы в зависимости от различных норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, см

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Высота растений по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	83,6	85,4	82,9	87,3	339,2	84,8
	Примадонна, СЭ	94,2	96,1	93,7	99,6	383,6	95,9
	Пиксель, МД	105,4	107,8	104,2	107,8	425,2	106,3
	Унико, ККР	97,8	99,7	96,8	98,5	392,8	98,2
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	94,3	96,9	93,6	96,4	381,2	95,3
	Примадонна, СЭ	102,5	104,6	101,5	106,6	415,2	103,8
	Пиксель, МД	110,1	112,5	109,4	115,2	447,2	111,8
	Унико, ККР	106,7	108,2	105,3	109,4	429,6	107,4
Суммы Р		794,6	811,2	787,4	820,8	$\Sigma=3214,0$	x=100,4

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	2179,8	31	-	-	-
Повторений	87,1	3	-	-	-
Фактор (А)	547,8	1	547,8	849,9	4,32
Фактор (В)	1504,0	3	501,3	777,8	3,07
Взаимодействия (AB)	27,3	3	9,1	14,1	3,07
Остаточное (ошибки)	13,5	21	0,6	-	-

Ошибка опыта	0,4
Ошибка разности средних	0,57
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,18
Ошибка разности средних по фактору А	0,28
HCP ₀₅ (фактор А)	0,59
Ошибка разности средних по фактору В	0,4
HCP ₀₅ (фактор В)	0,83
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,4
HCP ₀₅ (AB)	0,83

Е4 – Высота растений яровой пшеницы в зависимости от различных норм азотных подкормок и обработок гербицидами, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Высота растений по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	93,4	95,2	92,6	97,2	378,4	94,6
	Примадонна, СЭ	101,1	103,1	100,0	105,0	409,2	102,3
	Пиксель, МД	104,1	106,1	103,0	107,2	420,4	105,1
	Унико, ККР	99,0	101,0	98,0	101,2	399,2	99,8
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	105,9	108,2	105,3	109,0	428,4	107,1
	Примадонна, СЭ	109,2	111,4	108,3	112,7	441,6	110,4
	Пиксель, МД	110,5	112,9	109,6	115,0	448,0	112,0
	Унико, ККР	112,7	114,2	111,5	114,8	453,2	113,3
Суммы Р		835,9	852,1	828,3	862,1	$\Sigma=3378,4$	x=105,6

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1256,7	31	-	-	-
Повторений	88,0	3	-	-	-
Фактор (А)	840,5	1	840,5	5108,7	4,32
Фактор (В)	261,8	3	87,3	530,5	3,07
Взаимодействия (AB)	62,9	3	21,0	127,5	3,07
Остаточное (ошибки)	3,5	21	0,2	-	-

Ошибка опыта	0,
Ошибка разности средних	0,29
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,6
Ошибка разности средних по фактору А	0,14
HCP ₀₅ (фактор А)	0,3
Ошибка разности средних по фактору В	0,2
HCP ₀₅ (фактор В)	0,42
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,2
HCP ₀₅ (AB)	0,42

Приложение F

F1 – Количество растений яровой пшеницы к уборке в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество растений к уборке по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	165	167	163	169	664	166
	Примадонна, СЭ	171	173	170	174	688	172
	Пиксель, МД	168	167	166	171	672	168
	Унико, ККР	174	178	173	179	704	176
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	161	163	159	165	648	162
	Примадонна, СЭ	201	204	200	203	808	202
	Пиксель, МД	152	154	150	152	608	152
	Унико, ККР	175	177	173	179	704	176
Суммы Р		1367	1383	1354	1392	Σ=5496	x=171,8

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	6062,0	31	-	-	-
Повторений	106,8	3	-	-	-
Фактор (А)	50,0	1	50,0	49,4	4,32
Фактор (В)	3590,0	3	1196,7	1182,6	3,07
Взаимодействия (AB)	2294,0	3	764,7	755,7	3,07
Остаточное (ошибки)	21,3	21	1,0	-	-

Ошибка опыта	0,5
Ошибка разности средних	0,71
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,48
Ошибка разности средних по фактору А	0,36
HCP ₀₅ (фактор А)	0,74
Ошибка разности средних по фактору В	0,5
HCP ₀₅ (фактор В)	1,05
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,5
HCP ₀₅ (AB)	1,05

F2 – Количество растений яровой пшеницы к уборке в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество растений к уборке по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	280	284	279	285	1128	282
	Примадонна, СЭ	235	237	233	239	944	236
	Пиксель, МД	238	239	235	240	952	238
	Унико, ККР	239	241	238	242	960	240
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	360	364	358	366	1448	362
	Примадонна, СЭ	321	324	319	324	1288	322
	Пиксель, МД	359	361	357	363	1440	360
	Унико, ККР	231	233	229	235	928	232
Суммы Р		2263	2283	2248	2294	Σ=9088	x=284,0

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	640,0	31	-	-	-
Повторений	157,8	3	-	-	-
Фактор (А)	392,0	1	392,0	312,2	4,32
Фактор (В)	319,0	3	106,3	218,7	3,07
Взаимодействия (AB)	182,0	3	609,0	124,4	3,07
Остаточное (ошибки)	10,3	21	0,5	-	-

Ошибка опыта	0,35
Ошибка разности средних	0,49
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,03
Ошибка разности средних по фактору А	0,25
HCP ₀₅ (фактор А)	0,51
Ошибка разности средних по фактору В	0,35
HCP ₀₅ (фактор В)	0,73
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,35
HCP ₀₅ (AB)	0,73

F3 – Количество растений яровой пшеницы к уборке в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество растений к уборке по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	172	176	171	177	696	174
	Примадонна, СЭ	245	247	243	249	984	246
	Пиксель, МД	250	253	248	257	1008	252
	Унико, ККР	204	208	202	210	824	206
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	347	350	345	350	1392	348
	Примадонна, СЭ	377	380	374	381	1512	378
	Пиксель, МД	401	406	400	409	1616	404
	Унико, ККР	330	333	328	337	1328	332
Суммы Р		2326	2353	2311	2370	Σ=9360	x=292,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	199,0	31	-	-	-
Повторений	263,3	3	-	-	-
Фактор (А)	528,0	1	528,0	796,3	4,32
Фактор (В)	480,0	3	493,3	648,4	3,07
Взаимодействия (AB)	832,0	3	944,0	183,5	3,07
Остаточное (ошибки)	16,8	21	0,8	-	-

Ошибка опыта	0,45
Ошибка разности средних	0,63
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,31
Ошибка разности средних по фактору А	0,32
HCP ₀₅ (фактор А)	0,66
Ошибка разности средних по фактору В	0,45
HCP ₀₅ (фактор В)	0,93
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,45
HCP ₀₅ (AB)	0,93

F4 – Количество растений яровой пшеницы к уборке в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами, шт./м² (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество растений к уборке по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	206	209	204	209	828	207
	Примадонна, СЭ	217	219	215	221	872	218
	Пиксель, МД	219	220	216	221	876	219
	Унико, ККР	206	209	204	209	828	207
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	289	292	287	296	1164	291
	Примадонна, СЭ	300	303	298	303	1204	301
	Пиксель, МД	304	307	302	307	1220	305
	Унико, ККР	245	248	243	252	988	247
Суммы Р		1986	2007	1969	2018	$\Sigma=7980$	x=249,4

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	181,5	31	-	-	-
Повторений	178,8	3	-	-	-
Фактор (А)	924,5	1	924,5	826,7	4,32
Фактор (В)	101,5	3	33,8	218,7	3,07
Взаимодействия (AB)	957,5	3	985,8	75,5	3,07
Остаточное (ошибки)	19,3	21	0,9	-	-

Ошибка опыта	0,48
Ошибка разности средних	0,68
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,41
Ошибка разности средних по фактору А	0,34
HCP ₀₅ (фактор А)	0,7
Ошибка разности средних по фактору В	0,48
HCP ₀₅ (фактор В)	1,0
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,48
HCP ₀₅ (AB)	1,0

Приложение G

G1 – Количество продуктивных стеблей яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество продуктивных стеблей по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	363	365	362	366	1456	364
	Примадонна, СЭ	427	432	426	435	1720	430
	Пиксель, МД	348	353	346	353	1400	350
	Унико, ККР	437	439	435	441	1752	438
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	395	397	393	399	1584	396
	Примадонна, СЭ	408	412	406	414	1640	410
	Пиксель, МД	390	395	389	394	1568	392
	Унико, ККР	436	439	434	443	1752	438
Суммы Р		3204	3232	3191	3245	$\Sigma=12872$	x=402,2

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	148,0	31	-	-	-
Повторений	231,3	3	-	-	-
Фактор (А)	458,0	1	458,0	345,8	4,32
Фактор (В)	518,0	3	172,7	544,0	3,07
Взаимодействия (AB)	918,0	3	639,3	513,2	3,07
Остаточное (ошибки)	22,8	21	1,1	-	-

Ошибка опыта	0,52
Ошибка разности средних	0,74
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,53
Ошибка разности средних по фактору А	0,37
HCP ₀₅ (фактор А)	0,77
Ошибка разности средних по фактору В	0,52
HCP ₀₅ (фактор В)	1,08
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,52
HCP ₀₅ (AB)	1,08

G2 – Количество продуктивных стеблей яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество продуктивных стеблей по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	305	309	303	315	1232	308
	Примадонна, СЭ	286	289	285	292	1152	288
	Пиксель, МД	336	340	334	342	1352	338
	Унико, ККР	259	261	257	263	1040	260
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	438	443	435	444	1760	440
	Примадонна, СЭ	440	444	438	446	1768	442
	Пиксель, МД	554	558	552	560	2224	556
	Унико, ККР	299	305	297	307	1208	302
Суммы Р		2917	2949	2901	2969	Σ=11736	x=366,7

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	22,0	31	-	-	-
Повторений	353,5	3	-	-	-
Фактор (А)	58,0	1	58,0	120,8	4,32
Фактор (В)	790,0	3	930,0	468,0	3,07
Взаимодействия (AB)	798,0	3	599,3	892,7	3,07
Остаточное (ошибки)	22,5	21	1,1	-	-

Ошибка опыта	0,52
Ошибка разности средних	0,73
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,52
Ошибка разности средних по фактору А	0,37
HCP ₀₅ (фактор А)	0,76
Ошибка разности средних по фактору В	0,52
HCP ₀₅ (фактор В)	1,08
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,52
HCP ₀₅ (AB)	1,08

G3 – Количество продуктивных стеблей яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, шт./м²

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество продуктивных стеблей по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	299	303	297	309	1208	302
	Примадонна, СЭ	301	306	300	309	1216	304
	Пиксель, МД	388	391	387	394	1560	390
	Унико, ККР	312	317	309	318	1256	314
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	263	268	261	272	1064	266
	Примадонна, СЭ	421	427	419	429	1696	424
	Пиксель, МД	524	529	521	530	2104	526
	Унико, ККР	475	481	473	483	1912	478
Суммы Р		2983	3022	2967	3044	$\Sigma=12016$	x=375,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	510,0	31	-	-	-
Повторений	466,8	3	-	-	-
Фактор (А)	728,0	1	728,0	430,5	4,32
Фактор (В)	848,0	3	949,3	762,9	3,07
Взаимодействия (AB)	448,0	3	149,3	617,5	3,07
Остаточное (ошибки)	19,3	21	0,9	-	-

Ошибка опыта	0,48
Ошибка разности средних	0,68
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,41
Ошибка разности средних по фактору А	0,34
HCP ₀₅ (фактор А)	0,7
Ошибка разности средних по фактору В	0,48
HCP ₀₅ (фактор В)	1,0
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,48
HCP ₀₅ (AB)	1,0

**G4 – Количество продуктивных стеблей яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами, шт./м²
(среднее за 2022–2024 гг.)**

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество продуктивных стеблей по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	322	326	321	331	1300	325
	Примадонна, СЭ	338	342	337	347	1364	341
	Пиксель, МД	357	361	356	362	1436	359
	Унико, ККР	336	339	334	339	1348	337
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	365	369	363	371	1468	367
	Примадонна, СЭ	423	428	421	428	1700	425
	Пиксель, МД	489	494	487	494	1964	491
	Унико, ККР	403	408	401	412	1624	406
Суммы Р		3033	3067	3020	3084	$\Sigma=12204$	x=381,4

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	405,5	31	-	-	-
Повторений	328,8	3	-	-	-
Фактор (А)	464,5	1	464,5	384,8	4,32
Фактор (В)	37,5	3	679,2	231,2	3,07
Взаимодействия (AB)	545,5	3	848,5	45,1	3,07
Остаточное (ошибки)	29,3	21	1,4	-	-

Ошибка опыта	0,59
Ошибка разности средних	0,83
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,74
Ошибка разности средних по фактору А	0,42
HCP ₀₅ (фактор А)	0,87
Ошибка разности средних по фактору В	0,59
HCP ₀₅ (фактор В)	1,23
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,59
HCP ₀₅ (AB)	1,23

Приложение Н

Н1 – Продуктивная кустистость яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Продуктивная кустистость по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,08	2,23	2,01	2,44	8,76	2,19
	Примадонна, СЭ	2,46	2,57	2,34	2,63	10,0	2,5
	Пиксель, МД	2,02	2,15	1,95	2,2	8,32	2,08
	Унико, ККР	2,40	2,54	2,37	2,65	9,96	2,49
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,37	2,56	2,28	2,55	9,76	2,44
	Примадонна, СЭ	1,98	2,08	1,92	2,14	8,12	2,03
	Пиксель, МД	2,49	2,62	2,43	2,78	10,32	2,58
	Унико, ККР	2,41	2,51	2,36	2,68	9,96	2,49
Суммы Р		18,21	19,26	17,66	20,07	Σ=75,2	x=1,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1,76	31	-	-	-
Повторений	0,43	3	-	-	-
Фактор (А)	0,04	1	0,04	25,58	4,32
Фактор (В)	0,23	3	0,08	49,52	3,07
Взаимодействия (AB)	1,03	3	0,34	223,56	3,07
Остаточное (ошибки)	0,03	21	0,002	-	-

Ошибка опыта	0,02
Ошибка разности средних	0,03
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,06
Ошибка разности средних по фактору А	0,01
HCP ₀₅ (фактор А)	0,03
Ошибка разности средних по фактору В	0,02
HCP ₀₅ (фактор В)	0,04
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,02
HCP ₀₅ (AB)	0,04

H2 – Продуктивная кустистость яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Продуктивная кустистость по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,02	1,15	0,98	1,21	4,36	1,09
	Примадонна, СЭ	1,13	1,36	1,07	1,32	4,88	1,22
	Пиксель, МД	1,35	1,58	1,26	1,49	5,68	1,42
	Унико, ККР	1,01	1,19	0,92	1,2	4,32	1,08
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,14	1,3	1,04	1,36	4,84	1,21
	Примадонна, СЭ	1,28	1,47	1,19	1,54	5,48	1,37
	Пиксель, МД	1,49	1,61	1,35	1,71	6,16	1,54
	Унико, ККР	1,26	1,34	1,11	1,49	5,2	1,3
Суммы Р		9,68	11,0	8,92	11,32	Σ=40,92	x=1,28

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1,23	31	-	-	-
Повторений	0,48	3	-	-	-
Фактор (А)	0,19	1	0,19	130,89	4,32
Фактор (В)	0,52	3	0,17	122,35	3,07
Взаимодействия (AB)	0,01	3	0,004	3,13	3,07
Остаточное (ошибки)	0,03	21	0,001	-	-

Ошибка опыта	0,02
Ошибка разности средних	0,03
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,06
Ошибка разности средних по фактору А	0,01
HCP ₀₅ (фактор А)	0,03
Ошибка разности средних по фактору В	0,02
HCP ₀₅ (фактор В)	0,04
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,02
HCP ₀₅ (AB)	0,04

Н3 – Продуктивная кустистость яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Продуктивная кустистость по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,63	1,81	1,52	2,0	6,96	1,74
	Примадонна, СЭ	1,17	1,32	1,09	1,38	4,96	1,24
	Пиксель, МД	1,46	1,63	1,38	1,73	6,2	1,55
	Унико, ККР	1,45	1,58	1,36	1,69	6,08	1,52
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	0,71	0,8	0,64	0,89	3,04	0,76
	Примадонна, СЭ	1,08	1,19	1,01	1,2	4,48	1,12
	Пиксель, МД	1,24	1,37	1,13	1,46	5,2	1,3
	Унико, ККР	1,4	1,54	1,37	1,45	5,76	1,44
Суммы Р		10,14	11,24	9,5	11,8	Σ=42,68	x=1,33

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	3,04	31	-	-	-
Повторений	0,4	3	-	-	-
Фактор (А)	1,02	1	1,02	365,47	4,32
Фактор (В)	0,48	3	0,16	57,54	3,07
Взаимодействия (AB)	1,07	3	0,36	126,89	3,07
Остаточное (ошибки)	0,06	21	0,003	-	-

Ошибка опыта	0,03
Ошибка разности средних	0,04
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,08
Ошибка разности средних по фактору А	0,02
HCP ₀₅ (фактор А)	0,04
Ошибка разности средних по фактору В	0,03
HCP ₀₅ (фактор В)	0,06
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,03
HCP ₀₅ (AB)	0,06

H4 – Продуктивная кустистость яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Продуктивная кустистость по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,58	1,73	1,5	1,87	6,68	1,67
	Примадонна, СЭ	1,59	1,75	1,5	1,76	6,6	1,65
	Пиксель, МД	1,61	1,79	1,53	1,79	6,72	1,68
	Унико, ККР	1,62	1,77	1,55	1,86	6,8	1,7
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,41	1,55	1,32	1,6	5,88	1,47
	Примадонна, СЭ	1,45	1,58	1,37	1,64	6,04	1,51
	Пиксель, МД	1,74	1,87	1,64	1,99	7,24	1,81
	Унико, ККР	1,69	1,8	1,61	1,86	6,96	1,74
Суммы Р		12,69	13,84	12,02	14,37	Σ=52,92	x=1,65

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	0,8	31	-	-	-
Повторений	0,43	3	-	-	-
Фактор (А)	0,01	1	0,02	23,39	4,32
Фактор (В)	0,2	3	0,07	108,63	3,07
Взаимодействия (AB)	0,14	3	0,05	76,47	3,07
Остаточное (ошибки)	0,01	21	0,0006	-	-

Ошибка опыта	0,01
Ошибка разности средних	0,02
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,04
Ошибка разности средних по фактору А	0,01
HCP ₀₅ (фактор А)	0,02
Ошибка разности средних по фактору В	0,01
HCP ₀₅ (фактор В)	0,03
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,01
HCP ₀₅ (AB)	0,03

Приложение I

11 – Количество зерен в колосе яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработка гербицидами в 2022 году, штук

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество зерен в колосе по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	27	29	25	31	112	28
	Примадонна, СЭ	28	32	27	33	120	30
	Пиксель, МД	31	32	28	33	124	31
	Унико, ККР	32	35	30	39	136	34
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	35	36	33	40	144	36
	Примадонна, СЭ	26	30	24	32	112	28
	Пиксель, МД	31	34	30	37	132	33
	Унико, ККР	30	33	26	35	124	31
Суммы Р		240	261	223	280	Σ=1004	x=31,4

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	471,5	31	-	-	-
Повторений	230,8	3	-	-	-
Фактор (А)	12,5	1	12,5	15,2	4,32
Фактор (В)	61,5	3	20,5	25,0	3,07
Взаимодействия (AB)	149,5	3	49,8	60,7	3,07
Остаточное (ошибки)	17,3	21	0,8	-	-

Ошибка опыта	0,45
Ошибка разности средних	0,64
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,33
Ошибка разности средних по фактору А	0,32
HCP ₀₅ (фактор А)	0,67
Ошибка разности средних по фактору В	0,45
HCP ₀₅ (фактор В)	0,94
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,45
HCP ₀₅ (AB)	0,94

I2 – Количество зерен в колосе яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, штук

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество зерен в колосе по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	35	38	34	41	148	37
	Примадонна, СЭ	33	37	31	39	140	35
	Пиксель, МД	34	36	30	40	140	35
	Унико, ККР	31	35	30	32	128	32
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	31	35	29	37	132	33
	Примадонна, СЭ	34	36	33	37	140	35
	Пиксель, МД	36	39	34	43	152	38
	Унико, ККР	34	37	31	38	140	35
Суммы Р		268	293	252	307	Σ=1120	x=35,0

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	366,0	31	-	-	-
Повторений	228,3	3	-	-	-
Фактор (А)	2,0	1	2,0	5,2	4,32
Фактор (В)	36,0	3	12,0	7,5	3,07
Взаимодействия (AB)	66,0	3	22,0	13,7	3,07
Остаточное (ошибки)	33,8	21	1,6	-	-

Ошибка опыта	0,63
Ошибка разности средних	0,9
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,86
Ошибка разности средних по фактору А	0,45
HCP ₀₅ (фактор А)	0,93
Ошибка разности средних по фактору В	0,63
HCP ₀₅ (фактор В)	1,32
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,63
HCP ₀₅ (AB)	1,32

I3 – Количество зерен в колосе яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, штук

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество зерен в колосе по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	23	26	22	29	100	25
	Примадонна, СЭ	24	28	22	30	104	26
	Пиксель, МД	24	27	23	26	100	25
	Унико, ККР	27	32	26	35	120	30
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	28	30	27	31	116	29
	Примадонна, СЭ	27	31	26	32	116	29
	Пиксель, МД	29	32	27	32	120	30
	Унико, ККР	28	31	26	35	120	30
Суммы Р		210	237	199	250	$\Sigma=896$	x=28,0

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	378,0	31	-	-	-
Повторений	208,3	3	-	-	-
Фактор (А)	72,0	1	72,0	58,7	4,32
Фактор (В)	44,0	3	14,7	12,0	3,07
Взаимодействия (AB)	28,0	3	9,3	7,6	3,07
Остаточное (ошибки)	25,8	21	1,2	-	-

Ошибка опыта	0,55
Ошибка разности средних	0,78
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,63
Ошибка разности средних по фактору А	0,39
HCP ₀₅ (фактор А)	0,81
Ошибка разности средних по фактору В	0,55
HCP ₀₅ (фактор В)	1,15
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,55
HCP ₀₅ (AB)	1,15

I4 – Количество зерен в колосе яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Количество зерен в колосе по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	28	31	27	34	120	30
	Примадонна, СЭ	28	32	27	33	120	30
	Пиксель, МД	30	32	27	31	120	30
	Унико, ККР	30	34	29	35	128	32
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	31	34	30	37	132	33
	Примадонна, СЭ	29	32	28	35	124	31
	Пиксель, МД	32	35	30	39	136	34
	Унико, ККР	31	34	28	35	128	32
Суммы Р		239	264	226	279	Σ=1008	x=31,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	296,0	31	-	-	-
Повторений	214,8	3	-	-	-
Фактор (А)	32,0	1	32,0	39,0	4,32
Фактор (В)	12,0	3	4,0	4,9	3,07
Взаимодействия (AB)	20,0	3	6,7	8,1	3,07
Остаточное (ошибки)	17,3	21	0,8	-	-

Ошибка опыта	0,45
Ошибка разности средних	0,64
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	1,33
Ошибка разности средних по фактору А	0,32
HCP ₀₅ (фактор А)	0,67
Ошибка разности средних по фактору В	0,45
HCP ₀₅ (фактор В)	0,94
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,45
HCP ₀₅ (AB)	0,94

Приложение J

J1 – Масса 1000 зерен яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году, г

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Масса 1000 зерен по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	36,5	38,4	35,8	38,9	149,6	37,4
	Примадонна, СЭ	39,4	40,9	38,7	42,2	161,2	40,3
	Пиксель, МД	38,6	40,8	37,9	40,7	158,0	39,5
	Унико, ККР	40,3	42,7	39,6	43,4	166,0	41,5
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	39,1	41,0	38,5	41,0	159,6	39,9
	Примадонна, СЭ	37,7	39,1	36,4	39,6	152,8	38,2
	Пиксель, МД	38,2	40,3	37,1	40,8	156,4	39,1
	Унико, ККР	36,8	38,2	35,3	41,3	151,6	37,9
Суммы Р		306,6	321,4	299,3	327,9	Σ=1255,2	x=39,2

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	122,7	31	-	-	-
Повторений	64,8	3	-	-	-
Фактор (А)	6,5	1	6,5	23,6	4,32
Фактор (В)	4,5	3	1,5	5,5	3,07
Взаимодействия (AB)	41,1	3	14,0	49,9	3,07
Остаточное (ошибки)	5,8	21	0,3	-	-

Ошибка опыта	0,26
Ошибка разности средних	0,37
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,77
Ошибка разности средних по фактору А	0,19
HCP ₀₅ (фактор А)	0,39
Ошибка разности средних по фактору В	0,26
HCP ₀₅ (фактор В)	0,55
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,26
HCP ₀₅ (AB)	0,55

J2 – Масса 1000 зерен яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, г

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Масса 1000 зерен по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	32,1	34,5	31,9	34,7	133,2	33,3
	Примадонна, СЭ	34,3	36,1	33,6	38,4	142,4	35,6
	Пиксель, МД	36,5	38,7	35,8	37,8	148,8	37,2
	Унико, ККР	33,7	35,4	32,7	36,2	138,0	34,5
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	33,2	34,9	32,5	35,4	136,0	34,0
	Примадонна, СЭ	34,6	36,2	33,2	39,2	143,2	35,8
	Пиксель, МД	34,4	36,6	33,4	36,4	140,8	35,2
	Унико, ККР	31,8	33,8	30,3	34,1	130,0	32,5
Суммы Р		270,6	286,2	263,4	292,2	Σ=1112,4	x=34,8

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	138,9	31	-	-	-
Повторений	67,1	3	-	-	-
Фактор (А)	4,8	1	4,8	11,8	4,32
Фактор (В)	46,2	3	15,4	37,8	3,07
Взаимодействия (AB)	12,3	3	4,1	10,0	3,07
Остаточное (ошибки)	8,6	21	0,4	-	-

Ошибка опыта	0,32
Ошибка разности средних	0,45
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,94
Ошибка разности средних по фактору А	0,23
HCP ₀₅ (фактор А)	0,47
Ошибка разности средних по фактору В	0,32
HCP ₀₅ (фактор В)	0,66
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,32
HCP ₀₅ (AB)	0,66

З3 – Масса 1000 зерен яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, г

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Масса 1000 зерен по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	29,6	31,6	28,9	33,1	123,2	30,8
	Примадонна, СЭ	33,4	35,4	32,6	36,6	138,0	34,5
	Пиксель, МД	34,1	36,1	33,5	37,5	141,2	35,3
	Унико, ККР	32,3	34,8	31,7	34,4	133,2	33,3
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	31,5	33,3	30,8	34,8	130,4	32,6
	Примадонна, СЭ	34,8	36,5	33,4	37,7	142,4	35,6
	Пиксель, МД	34,2	36,2	33,1	37,7	141,2	35,3
	Унико, ККР	33,7	35,7	32,2	37,6	139,2	34,8
Суммы Р		263,6	279,6	256,2	289,4	$\Sigma=1088,8$	x=34,0

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	166,0	31	-	-	-
Повторений	85,1	3	-	-	-
Фактор (А)	9,7	1	9,7	71,3	4,32
Фактор (В)	64,7	3	21,6	158,8	3,07
Взаимодействия (AB)	3,7	3	1,2	9,1	3,07
Остаточное (ошибки)	2,9	21	0,1	-	-

Ошибка опыта	0,18
Ошибка разности средних	0,26
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,54
Ошибка разности средних по фактору А	0,13
HCP ₀₅ (фактор А)	0,27
Ошибка разности средних по фактору В	0,18
HCP ₀₅ (фактор В)	0,38
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,18
HCP ₀₅ (AB)	0,38

J4 – Масса 1000 зерен яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработка гербицидами, г (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Масса 1000 зерен по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	32,7	34,8	32,2	35,5	135,2	33,8
	Примадонна, СЭ	35,7	37,5	35,0	39,0	147,2	36,8
	Пиксель, МД	36,4	38,5	35,7	38,6	149,2	37,3
	Унико, ККР	35,4	37,6	34,7	37,9	145,6	36,4
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	34,6	36,4	33,9	37,1	142,0	35,5
	Примадонна, СЭ	35,7	37,3	34,3	38,7	146,0	36,5
	Пиксель, МД	35,6	37,7	34,5	38,2	146,0	36,5
	Унико, ККР	34,1	35,9	32,6	37,8	140,4	35,1
Суммы Р		280,2	295,7	272,9	302,8	Σ=1151,6	x=36,0

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	109,1	31	-	-	-
Повторений	70,9	3	-	-	-
Фактор (А)	0,2	1	0,2	5,9	4,32
Фактор (В)	24,9	3	8,3	65,9	3,07
Взаимодействия (AB)	10,4	3	3,5	27,4	3,07
Остаточное (ошибки)	2,6	21	0,1	-	-

Ошибка опыта	0,18
Ошибка разности средних	0,25
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,52
Ошибка разности средних по фактору А	0,13
HCP ₀₅ (фактор А)	0,26
Ошибка разности средних по фактору В	0,18
HCP ₀₅ (фактор В)	0,37
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,18
HCP ₀₅ (AB)	0,37

Приложение К

К1 – Биологическая урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработка гербицидами в 2022 году, т/га

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	3,58	4,06	3,24	4,4	15,28	3,82
	Примадонна, СЭ	4,11	4,65	4,45	3,59	16,8	4,2
	Пиксель, МД	4,16	4,61	4,67	3,64	17,08	4,27
	Унико, ККР	4,14	4,56	4,47	3,55	16,72	4,18
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	5,41	5,86	5,49	6,04	22,8	5,7
	Примадонна, СЭ	4,0	4,83	3,55	5,18	17,56	4,39
	Пиксель, МД	4,92	5,41	4,73	5,98	21,04	5,26
	Унико, ККР	4,81	5,53	4,98	5,16	20,48	5,12
Суммы Р		35,13	39,51	35,58	37,54	Σ=147,76	x=4,62

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	18,0	31	-	-	-
Повторений	1,5	3	-	-	-
Фактор (А)	8,0	1	8,0	38,2	4,32
Фактор (В)	1,2	3	0,4	1,9	3,07
Взаимодействия (AB)	2,9	3	1,0	4,6	3,07
Остаточное (ошибки)	4,4	21	0,2	-	-

Ошибка опыта	0,23
Ошибка разности средних	0,32
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,67
Ошибка разности средних по фактору А	0,16
HCP ₀₅ (фактор А)	0,34
Ошибка разности средних по фактору В	0,23
HCP ₀₅ (фактор В)	0,48
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,23
HCP ₀₅ (AB)	0,48

K2 – Биологическая урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, т/га

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	3,43	4,05	3,29	4,39	15,16	3,79
	Примадонна, СЭ	3,24	3,86	2,97	4,33	14,4	3,6
	Пиксель, МД	4,17	4,74	3,89	4,76	17,56	4,39
	Унико, ККР	3,71	4,23	3,52	3,98	15,44	3,86
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	4,51	5,31	4,1	5,8	19,72	4,93
	Примадонна, СЭ	5,18	5,79	5,21	5,94	22,12	5,53
	Пиксель, МД	5,16	5,96	5,27	5,41	21,8	5,45
	Унико, ККР	4,23	4,81	3,99	4,73	17,76	4,44
Суммы Р		33,63	38,75	32,24	39,34	Σ=143,96	x=4,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	21,4	31	-	-	-
Повторений	4,8	3	-	-	-
Фактор (А)	11,1	1	11,1	222,8	4,32
Фактор (В)	2,6	3	0,9	17,3	3,07
Взаимодействия (AB)	1,9	3	0,6	12,6	3,07
Остаточное (ошибки)	1,0	21	0,05	-	-

Ошибка опыта	0,11
Ошибка разности средних	0,16
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,33
Ошибка разности средних по фактору А	0,08
HCP ₀₅ (фактор А)	0,16
Ошибка разности средних по фактору В	0,11
HCP ₀₅ (фактор В)	0,23
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,11
HCP ₀₅ (AB)	0,23

К3 – Биологическая урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, т/га

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,04	2,49	1,89	2,9	9,32	2,33
	Примадонна, СЭ	2,41	3,03	2,15	3,37	10,96	2,74
	Пиксель, МД	3,18	3,81	2,98	3,75	13,72	3,43
	Унико, ККР	2,72	3,53	2,75	3,56	12,56	3,14
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,32	2,68	2,17	2,95	10,12	2,53
	Примадонна, СЭ	3,96	4,83	3,84	4,85	17,48	4,37
	Пиксель, МД	5,2	5,73	4,96	6,43	22,32	5,58
	Унико, ККР	4,48	5,32	4,46	5,62	19,88	4,97
Суммы Р		26,31	31,42	25,2	33,43	$\Sigma=116,36$	x=3,64

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	46,8	31	-	-	-
Повторений	5,9	3	-	-	-
Фактор (А)	16,9	1	16,9	830,1	4,32
Фактор (В)	19,1	3	6,4	313,7	3,07
Взаимодействия (AB)	4,5	3	1,5	73,1	3,07
Остаточное (ошибки)	0,4	21	0,02	-	-

Ошибка опыта	0,07
Ошибка разности средних	0,1
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,21
Ошибка разности средних по фактору А	0,05
HCP ₀₅ (фактор А)	0,11
Ошибка разности средних по фактору В	0,07
HCP ₀₅ (фактор В)	0,15
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,07
HCP ₀₅ (AB)	0,15

К4 – Биологическая урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами, т/га (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	3,02	3,53	2,81	3,88	13,24	3,31
	Примадонна, СЭ	3,25	3,85	3,19	3,75	14,04	3,51
	Пиксель, МД	3,84	4,39	3,85	3,92	16,0	4,0
	Унико, ККР	3,52	4,11	3,58	3,71	14,92	3,73
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	4,08	4,62	3,92	4,94	17,56	4,39
	Примадонна, СЭ	4,38	5,15	4,2	5,31	19,04	4,76
	Пиксель, МД	5,09	5,7	4,99	5,94	21,72	5,43
	Унико, ККР	4,51	5,22	4,48	5,15	19,36	4,84
Суммы Р		31,69	36,57	31,02	36,6	$\Sigma=135,88$	x=4,25

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	19,3	31	-	-	-
Повторений	3,4	3	-	-	-
Фактор (А)	11,9	1	11,9	342,3	4,32
Фактор (В)	3,1	3	1,0	30,1	3,07
Взаимодействия (AB)	0,2	3	0,05	4,5	3,07
Остаточное (ошибки)	0,7	21	0,03	-	-

Ошибка опыта	0,09
Ошибка разности средних	0,13
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,27
Ошибка разности средних по фактору А	0,07
HCP ₀₅ (фактор А)	0,14
Ошибка разности средних по фактору В	0,09
HCP ₀₅ (фактор В)	0,19
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,09
HCP ₀₅ (AB)	0,19

Приложение L

L1 – Хозяйственная урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году, т/га

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Хозяйственная урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	3,45	4,01	3,13	4,09	14,68	3,67
	Примадонна, СЭ	4,07	4,51	4,42	3,2	16,2	4,05
	Пиксель, МД	4,09	4,54	4,62	3,31	16,56	4,14
	Унико, ККР	4,07	4,48	4,36	2,81	15,72	3,93
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	5,34	5,73	5,37	5,6	22,04	5,51
	Примадонна, СЭ	3,95	4,72	3,43	4,9	17,0	4,25
	Пиксель, МД	4,82	5,31	4,67	5,68	20,48	5,12
	Унико, ККР	4,73	5,4	4,85	4,9	19,88	4,97
Суммы Р		34,52	38,7	34,85	34,49	Σ=142,56	x=4,56

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	19,0	31	-	-	-
Повторений	0,6	3	-	-	-
Фактор (А)	8,2	1	8,2	32,1	4,32
Фактор (В)	1,1	3	0,4	4,5	3,07
Взаимодействия (AB)	2,7	3	0,9	3,5	3,07
Остаточное (ошибки)	5,4	21	0,3	-	-

Ошибка опыта	0,25
Ошибка разности средних	0,36
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,75
Ошибка разности средних по фактору А	0,18
HCP ₀₅ (фактор А)	0,37
Ошибка разности средних по фактору В	0,25
HCP ₀₅ (фактор В)	0,53
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,25
HCP ₀₅ (AB)	0,53

L2 – Хозяйственная урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, т/га

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Хозяйственная урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	3,34	3,91	3,15	4,2	14,6	3,65
	Примадонна, СЭ	3,17	3,71	2,83	4,17	13,88	3,47
	Пиксель, МД	4,02	4,62	3,74	4,66	17,04	4,26
	Унико, ККР	3,6	4,12	3,52	3,72	14,96	3,74
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	4,42	5,2	4,05	5,33	19,0	4,75
	Примадонна, СЭ	4,98	5,64	5,08	5,66	21,36	5,34
	Пиксель, МД	5,03	5,76	5,09	5,24	21,12	5,28
	Унико, ККР	4,08	4,67	3,77	4,68	17,2	4,3
Суммы Р		32,64	37,63	31,23	37,66	Σ=139,16	x=4,35

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	19,7	31	-	-	-
Повторений	4,2	3	-	-	-
Фактор (А)	10,4	1	10,4	252,0	4,32
Фактор (В)	2,5	3	0,8	20,2	3,07
Взаимодействия (AB)	1,8	3	0,6	14,4	3,07
Остаточное (ошибки)	0,9	21	0,04	-	-

Ошибка опыта	0,1
Ошибка разности средних	0,14
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,3
Ошибка разности средних по фактору А	0,07
HCP ₀₅ (фактор А)	0,15
Ошибка разности средних по фактору В	0,1
HCP ₀₅ (фактор В)	0,21
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,1
HCP ₀₅ (AB)	0,21

L3 – Хозяйственная урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, т/га

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Хозяйственная урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	1,89	2,34	1,73	3,04	9,0	2,25
	Примадонна, СЭ	2,31	2,89	2,08	3,32	10,6	2,65
	Пиксель, МД	3,07	3,69	2,87	3,69	13,32	3,33
	Унико, ККР	2,64	3,41	2,62	3,49	12,16	3,04
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,24	2,53	2,05	2,9	9,72	2,43
	Примадонна, СЭ	3,82	4,68	3,71	4,63	16,84	4,21
	Пиксель, МД	5,11	5,59	4,87	6,07	21,64	5,41
	Унико, ККР	4,36	5,24	4,35	5,25	19,2	4,8
Суммы Р		25,44	30,37	24,28	32,39	Σ=112,48	x=3,52

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	44,1	31	-	-	-
Повторений	5,7	3	-	-	-
Фактор (А)	15,6	1	15,6	831,7	4,32
Фактор (В)	18,3	3	6,1	325,2	3,07
Взаимодействия (AB)	4,2	3	1,4	75,0	3,07
Остаточное (ошибки)	0,4	21	0,02	-	-

Ошибка опыта	0,07
Ошибка разности средних	0,1
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,2
Ошибка разности средних по фактору А	0,05
HCP ₀₅ (фактор А)	0,1
Ошибка разности средних по фактору В	0,07
HCP ₀₅ (фактор В)	0,14
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,07
HCP ₀₅ (AB)	0,14

L4 – Хозяйственная урожайность яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами, т/га (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Хозяйственная урожайность по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	2,89	3,42	2,67	3,78	12,76	3,19
	Примадонна, СЭ	3,18	3,7	3,11	3,57	13,56	3,39
	Пиксель, МД	3,73	4,28	3,74	3,89	15,64	3,91
	Унико, ККР	3,44	4,0	3,5	3,34	14,28	3,57
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	4,0	4,49	3,82	4,61	16,92	4,23
	Примадонна, СЭ	4,25	5,01	4,07	5,07	18,4	4,6
	Пиксель, МД	4,99	5,55	4,88	5,66	21,08	5,27
	Унико, ККР	4,39	5,1	4,32	4,95	18,76	4,69
Суммы Р		30,87	35,55	30,11	34,87	Σ=131,4	x=4,11

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	18,2	31	-	-	-
Повторений	2,8	3	-	-	-
Фактор (А)	11,2	1	11,2	305,2	4,32
Фактор (В)	3,2	3	1,1	29,4	3,07
Взаимодействия (AB)	0,1	3	0,04	4,0	3,07
Остаточное (ошибки)	0,8	21	0,04	-	-

Ошибка опыта	0,1
Ошибка разности средних	0,14
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,28
Ошибка разности средних по фактору А	0,07
HCP ₀₅ (фактор А)	0,14
Ошибка разности средних по фактору В	0,1
HCP ₀₅ (фактор В)	0,2
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,1
HCP ₀₅ (AB)	0,2

Приложение М

М1 – Содержание белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание белка по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,2	11,5	11,1	11,4	45,2	11,3
	Примадонна, СЭ	12,1	12,4	12,0	12,3	48,8	12,2
	Пиксель, МД	12,7	13,0	12,5	13,4	51,6	12,9
	Унико, ККР	12,0	12,3	11,8	11,9	48,0	12,0
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,6	11,8	11,4	12,0	46,8	11,7
	Примадонна, СЭ	12,5	12,9	12,4	13,0	50,8	12,7
	Пиксель, МД	12,1	12,5	12,0	12,6	49,2	12,3
	Унико, ККР	13,0	13,3	12,8	13,3	52,4	13,1
Суммы Р		97,2	99,7	96,0	99,9	$\Sigma=392,8$	$x=12,3$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	12,2	31	-	-	-
Повторений	1,4	3	-	-	-
Фактор (А)	1,0	1	1,0	62,8	4,32
Фактор (В)	6,5	3	2,2	138,9	3,07
Взаимодействия (AB)	3,0	3	1,0	63,7	3,07
Остаточное (ошибки)	0,3	21	0,02	-	-

Ошибка опыта	0,06
Ошибка разности средних	0,09
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,18
Ошибка разности средних по фактору А	0,04
HCP ₀₅ (фактор А)	0,09
Ошибка разности средних по фактору В	0,06
HCP ₀₅ (фактор В)	0,13
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,06
HCP ₀₅ (AB)	0,13

M2 – Содержание белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание белка по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	12,0	12,2	11,8	12,4	48,4	12,1
	Примадонна, СЭ	13,0	13,3	12,8	13,7	52,8	13,2
	Пиксель, МД	13,7	13,9	13,5	14,1	55,2	13,8
	Унико, ККР	13,1	13,5	13,0	13,6	53,2	13,3
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	12,7	13,0	12,5	13,0	51,2	12,8
	Примадонна, СЭ	13,5	13,7	13,3	13,9	54,4	13,6
	Пиксель, МД	13,8	14,2	13,6	14,4	56,0	14,0
	Унико, ККР	13,6	14,0	13,5	14,1	55,2	13,8
Суммы Р		105,4	107,8	104,0	109,2	Σ=426,4	x=13,3

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	13,3	31	-	-	-
Повторений	2,1	3	-	-	-
Фактор (А)	1,6	1	1,6	309,3	4,32
Фактор (В)	9,2	3	3,1	586,7	3,07
Взаимодействия (AB)	0,3	3	0,1	16,5	3,07
Остаточное (ошибки)	0,1	21	0,005	-	-

Ошибка опыта	0,04
Ошибка разности средних	0,05
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,11
Ошибка разности средних по фактору А	0,03
HCP ₀₅ (фактор А)	0,05
Ошибка разности средних по фактору В	0,04
HCP ₀₅ (фактор В)	0,08
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,04
HCP ₀₅ (AB)	0,08

М3 – Содержание белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание белка по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,1	11,4	11,0	10,9	44,4	11,1
	Примадонна, СЭ	12,7	12,9	12,5	13,1	51,2	12,8
	Пиксель, МД	12,9	13,2	12,7	13,2	52,0	13,0
	Унико, ККР	12,3	12,6	12,1	13,0	50,0	12,5
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,3	11,7	11,2	11,8	46,0	11,5
	Примадонна, СЭ	13,0	13,2	12,8	13,4	52,4	13,1
	Пиксель, МД	13,2	13,5	13,1	13,8	53,6	13,4
	Унико, ККР	12,7	13,0	12,5	13,4	51,6	12,9
Суммы Р		99,2	101,5	97,9	102,6	Σ=401,2	x=12,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	20,7	31	-	-	-
Повторений	1,7	3	-	-	-
Фактор (А)	1,1	1	1,1	48,5	4,32
Фактор (В)	17,3	3	5,8	248,9	3,07
Взаимодействия (AB)	0,02	3	0,005	4,2	3,07
Остаточное (ошибки)	0,5	21	0,02	-	-

Ошибка опыта	0,08
Ошибка разности средних	0,11
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,22
Ошибка разности средних по фактору А	0,05
HCP ₀₅ (фактор А)	0,11
Ошибка разности средних по фактору В	0,08
HCP ₀₅ (фактор В)	0,16
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,08
HCP ₀₅ (AB)	0,16

М4 – Содержание белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами, % (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание белка по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,4	11,7	11,3	11,6	46,0	11,5
	Примадонна, СЭ	12,6	12,9	12,4	12,9	50,8	12,7
	Пиксель, МД	13,1	13,4	12,9	13,4	52,8	13,2
	Унико, ККР	12,5	12,8	12,5	12,6	50,4	12,6
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	11,9	12,2	11,7	12,2	48,0	12,0
	Примадонна, СЭ	13,0	13,3	12,8	13,3	52,4	13,1
	Пиксель, МД	13,0	13,4	12,9	13,5	52,8	13,2
	Унико, ККР	13,1	13,4	12,9	13,8	53,2	13,3
Суммы Р		100,6	103,1	99,4	103,3	Σ=406,4	x=12,7

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	13,4	31	-	-	-
Повторений	1,4	3	-	-	-
Фактор (А)	1,3	1	1,3	118,2	4,32
Фактор (В)	10,0	3	3,3	308,9	3,07
Взаимодействия (AB)	0,5	3	0,2	16,0	3,07
Остаточное (ошибки)	0,2	21	0,01	-	-

Ошибка опыта	0,05
Ошибка разности средних	0,07
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,15
Ошибка разности средних по фактору А	0,04
HCP ₀₅ (фактор А)	0,08
Ошибка разности средних по фактору В	0,05
HCP ₀₅ (фактор В)	0,11
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,05
HCP ₀₅ (AB)	0,11

Приложение N

N1 – Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2022 году, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание клейковины по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	18,6	19,0	18,4	19,2	75,2	18,8
	Примадонна, СЭ	22,5	22,8	22,3	22,8	90,4	22,6
	Пиксель, МД	23,1	23,5	22,9	23,3	92,8	23,2
	Унико, ККР	20,7	21,1	20,6	21,2	83,6	20,9
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	19,4	19,6	19,2	19,8	78,0	19,5
	Примадонна, СЭ	22,9	23,1	22,8	23,2	92,0	23,0
	Пиксель, МД	23,3	23,5	23,1	23,7	93,6	23,4
	Унико, ККР	23,9	24,2	23,6	24,3	96,0	24,0
Суммы Р		174,4	176,8	172,9	177,5	$\Sigma=701,6$	$x=21,9$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	107,5	31	-	-	-
Повторений	1,7	3	-	-	-
Фактор (А)	9,7	1	9,7	1478,4	4,32
Фактор (В)	85,1	3	28,4	4330,3	3,07
Взаимодействия (AB)	10,9	3	3,6	555,9	3,07
Остаточное (ошибки)	0,1	21	0,01	-	-

Ошибка опыта	0,04
Ошибка разности средних	0,06
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,12
Ошибка разности средних по фактору А	0,03
HCP ₀₅ (фактор А)	0,06
Ошибка разности средних по фактору В	0,04
HCP ₀₅ (фактор В)	0,08
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,04
HCP ₀₅ (AB)	0,08

N2 – Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2023 году, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание клейковины по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	19,3	19,7	19,2	19,8	78,0	19,5
	Примадонна, СЭ	23,7	24,6	23,5	24,6	96,4	24,1
	Пиксель, МД	24,3	24,8	24,1	25,2	98,4	24,6
	Унико, ККР	23,4	23,8	23,2	24,0	94,4	23,6
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	19,6	20,5	19,3	20,2	79,6	19,9
	Примадонна, СЭ	24,2	24,7	24,0	25,1	98,0	24,5
	Пиксель, МД	24,6	25,1	24,5	25,0	99,2	24,8
	Унико, ККР	23,6	24,7	23,5	24,2	96,0	24,0
Суммы Р		182,7	187,9	181,3	188,1	Σ=740,0	x=23,1

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	134,7	31	-	-	-
Повторений	4,6	3	-	-	-
Фактор (А)	1,0	1	1,0	32,4	4,32
Фактор (В)	128,4	3	42,8	1415,2	3,07
Взаимодействия (AB)	0,06	3	0,02	4,7	3,07
Остаточное (ошибки)	0,64	21	0,03	-	-

Ошибка опыта	0,09
Ошибка разности средних	0,12
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,26
Ошибка разности средних по фактору А	0,06
HCP ₀₅ (фактор А)	0,13
Ошибка разности средних по фактору В	0,09
HCP ₀₅ (фактор В)	0,18
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,09
HCP ₀₅ (AB)	0,18

N3 – Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами в 2024 году, %

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание клейковины по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	18,4	18,9	18,1	19,0	74,4	18,6
	Примадонна, СЭ	23,1	23,7	22,9	23,9	93,6	23,4
	Пиксель, МД	23,6	23,9	23,3	24,4	95,2	23,8
	Унико, ККР	22,5	23,0	22,3	23,4	91,2	22,8
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	19,0	19,2	18,7	19,5	76,4	19,1
	Примадонна, СЭ	23,3	23,9	23,1	24,1	94,4	23,6
	Пиксель, МД	23,8	24,6	23,5	24,1	96,0	24,0
	Унико, ККР	23,0	23,4	22,7	23,3	92,4	23,1
Суммы Р		176,7	180,6	174,6	181,7	$\Sigma=713,6$	$x=22,3$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	136,0	31	-	-	-
Повторений	4,1	3	-	-	-
Фактор (А)	0,7	1	0,7	32,3	4,32
Фактор (В)	130,6	3	43,5	1955,5	3,07
Взаимодействия (AB)	0,1	3	0,04	4,8	3,07
Остаточное (ошибки)	0,5	21	0,02	-	-

Ошибка опыта	0,07
Ошибка разности средних	0,11
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,22
Ошибка разности средних по фактору А	0,05
HCP ₀₅ (фактор А)	0,11
Ошибка разности средних по фактору В	0,07
HCP ₀₅ (фактор В)	0,16
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,07
HCP ₀₅ (AB)	0,16

N4 – Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы в зависимости от норм азотных подкормок и обработок гербицидами, % (среднее за 2022–2024 гг.)

Норма азотного удобрения (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Содержание клейковины по повторениям				Суммы V	Средние
		I	II	III	IV		
N ₃₅ (100 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	18,8	19,2	18,6	19,4	76,0	19,0
	Примадонна, СЭ	23,1	23,7	22,9	23,9	93,6	23,4
	Пиксель, МД	23,7	24,1	23,4	24,4	95,6	23,9
	Унико, ККР	22,2	22,6	22,0	22,8	89,6	22,4
N ₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры)	Контроль, б/о	19,3	19,8	19,1	19,8	78,0	19,5
	Примадонна, СЭ	23,5	23,9	23,3	24,1	94,8	23,7
	Пиксель, МД	23,9	24,4	23,7	24,4	96,4	24,1
	Унико, ККР	23,5	24,1	23,3	23,9	94,8	23,7
Суммы Р		178,0	181,8	176,3	182,7	Σ=718,8	x=22,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	121,5	31	-	-	-
Повторений	3,5	3	-	-	-
Фактор (А)	2,6	1	2,6	404,0	4,32
Фактор (В)	113,7	3	37,9	5788,1	3,07
Взаимодействия (AB)	1,5	3	0,5	76,1	3,07
Остаточное (ошибки)	0,1	21	0,01	-	-

Ошибка опыта	0,04
Ошибка разности средних	0,06
t ₀₅	2,08
HCP ₀₅ (частных различий)	0,12
Ошибка разности средних по фактору А	0,03
HCP ₀₅ (фактор А)	0,06
Ошибка разности средних по фактору В	0,04
HCP ₀₅ (фактор В)	0,08
Ошибка разности средних по взаимодействию AB	0,04
HCP ₀₅ (AB)	0,08