

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Чеченский государственный университет имени Ахмата
Абдулхамидовича Кадырова»

На правах рукописи

ИСМАИЛОВ АНЗОР АПТИЕВИЧ

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И БОРЬБА С СОРНОПОЛЕВОЙ
РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ
ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата биологических наук по специальности

4.1.1. – общее земледелие и растениеводство

(биологические науки)

Грозный 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
1.1. Биологические особенности и технологии возделывания ярового ячменя ..	8
1.2. Меры борьбы с сорнополевой растительностью в посевах зерновых культур.....	26
1.3. Биологическая активность и токсичность почвы	33
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.1. Объект, предмет и методология исследований	37
2.2. Схема опыта и методика исследований	40
2.3. Технология возделывания ярового ячменя в опытах.....	44
2.4. Почвенно-климатические условия проведения полевых экспериментов ...	50
ГЛАВА 3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ.....	56
3.1. Фенология ярового ячменя в опытах	56
3.2. Микробиологическая активность.....	61
3.3. Токсичность	69
3.4. Содержание и вынос элементов минерального питания	76
3.5. Особенности формирования сорного ценоза в посевах ячменя	91
3.6. Потенциальная засорённость	99
3.7. Высота растений и структура урожая	103
3.8. Урожайность ярового ячменя.....	112
3.9. Биоэнергетическая оценка.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	124
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ РАЗРАБОТОК	125
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	126
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В современных условиях развития аграрного производства, характеризующихся переходом к ресурсосберегающим технологиям и необходимостью повышения хозяйственной эффективности земледелия, особую значимость приобретает совершенствование элементов технологии возделывания зерновых культур, в том числе ярового ячменя, в условиях Чернозёмной зоны Российской Федерации. В последние годы сельскохозяйственные производители всё шире внедряют минимальные и энергосберегающие системы основной обработки почвы, позволяющие существенно снизить производственные затраты. Однако уменьшение интенсивности обработки, особенно при переходе к безотвальным и поверхностным приёмам, сопровождается рядом негативных последствий, среди которых ключевым является усиление засорённости посевов вследствие накопления семян сорных растений в верхнем слое почвы. Это приводит к росту конкуренции за элементы питания, влагу и свет, что в конечном итоге снижает продуктивность сельскохозяйственных культур. Одновременно с этим установлено, что эффективность возделывания ярового ячменя в значительной степени определяется уровнем минерального питания растений. Особый интерес представляют органо-минеральные удобрения с полимерным наполнителем, обеспечивающие пролонгированное высвобождение элементов питания и более рациональное их использование растениями. Однако их эффективность в системе минимальной обработки почвы и в сочетании с гербицидными обработками изучена недостаточно.

Кроме того, современные технологии возделывания должны учитывать не только продуктивность культуры, но и состояние почвенной среды, включая её биологическую активность и уровень токсичности. Изменение системы обработки почвы и применение химических средств защиты растений могут оказывать существенное влияние на микробиологические процессы в почве, что требует комплексной оценки их воздействия.

Анализ научной литературы показывает, что вопросы оптимизации систем основной обработки почвы, применения удобрений и гербицидов рассматривались многими исследователями. Однако в условиях Чернозёмной (южной) зоны Российской Федерации недостаточно изучено совместное влияние приёмов основной обработки почвы, органо-минеральных удобрений с полимерным наполнителем и гербицидных обработок на:

- засорённость посевов ярового ячменя;
- биологическую активность и токсичность почвы;
- формирование структуры урожая и продуктивность культуры;
- биоэнергетическую и производственную эффективность технологии.

Таким образом, существует научное и практическое противоречие между необходимостью внедрения ресурсосберегающих технологий и недостаточной изученностью их комплексного влияния на агроценоз ярового ячменя и почвенную среду.

В связи с этим проведение исследований, направленных на разработку и обоснование эффективного сочетания приёмов основной обработки почвы, применения органо-минеральных удобрений с полимерным наполнителем и гербицидных обработок при возделывании ярового ячменя в условиях Чернозёмной зоны, является актуальным научным и практическим направлением.

Степень разработанности темы. Изучение вопросов совершенствования борьбы с сорняками в короткоротационных зернопаровых севооборотах Черноземной зоны (южный) получили отражение в работах (Баздырева Г.И., 2004, 2008, 2013, 2023; Безуглова В.Г., 1990, 2000; Беленкова А.И., 2000, 2010; Васильева Д.С., 2005, 2015; Воеводина А.В., 2000; Захаренко В.А., 1980, 2000; Иванова П.К., 1990, 2000; Мазирова М.А., 2000, 2010). Но, на фоне чизельного рыхления пахотного слоя и применения органо-минеральных удобрений борьба с сорной растительностью в посевах ярового ячменя не рассматривалась.

Цель исследований – увеличение продуктивности ярового ячменя в черноземной южной зоне путём совершенствования системы основной обработки почвы, снижения засорённости и применения органо-минеральных удобрений.

Для реализации данной цели были установлены следующие **задачи**:

1. Изучить динамику фенологических фаз роста и развития ярового ячменя на фоне различных приёмов основной обработки и использования удобрений с полимерным наполнителем и гербицидов;
2. Исследовать состояние засорённости опытных участков с яровым ячменём;
3. Определить биологическую активность и токсичность почвы;
4. Изучить зависимость структуры урожая и продуктивности ярового ячменя от совместного влияния приёмов почвенной обработки, внесения удобрений с полимерным наполнителем и гербицидных обработок;
5. Дать биоэнергетическую и производственную оценку эффективности возделывания ячменя по исследуемым приёмам.

Научная новизна работы. Впервые в условиях черноземной южной зоны Российской Федерации в результате проведения экспериментальных работ дано обоснование комплексному применению способов основной обработки почвы, использования предпосевных подкормок удобрениями с полимерным наполнителем и гербицидных обработок при выращивании ячменя. В зависимости от комплексного применения приёмов основной обработки, удобрений в матричном соединении с полимером и гербицидов дана биоэнергетическая и производственная оценка эффективности производства ячменя. Наибольшая урожайность ярового ячменя в 6,3 т/га отмечено при чизельной обработке до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м, внесением Моноаммонийфосфата и обработками гербицидом Тандем. Положительное влияние на биологическую активность оказывала отвальная обработка почвы плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м. Количество общего азота (13,9 - 16,0 мг/кг почвы) отмечено при чизельной обработке до 0,35 метра с оборотом пласта на 0,12-0,15 метра, фосфора (160,5 - 165,1 мг/кг почвы) - при глубоком чизельном рыхлении с оборотом пласта на 0,12-0,15 м.

Достоверность результатов подтверждена расчётными данными и статистической обработкой данных трёхлетних исследований, а также результатами производственного испытания в Курчалоевском районе Чеченской

Республике, которая подтвердила возможность повышения урожайности ярового ячменя в условиях карбонатных почв более шести тонн с гектара.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Фенологические фазы ярового ячменя в зависимости от приёмов основной обработки почвы, применения удобрений с полимерным наполнителем и гербицидов;

2. Биологическая активность и токсичность почвы в зависимости от комплексного применения изучаемых агроприёмов;

3. Формирование и динамика сорнополевой растительности и потенциальная засорённость почвы;

4. Биометрические показатели, структура урожая и урожайность ярового ячменя в зависимости от способов обработки почвы, применения предпосевных подкормок удобрений с полимерным наполнителем и гербицидных обработок;

5. Биоэнергетическая оценка эффективности выращивания ячменя по изученным приёмам.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в возможности использования рекомендованных способов основной обработки почвы, предпосевных подкормок удобрениями с полимерным наполнителем и гербицидных обработок при возделывании ярового ячменя, обеспечивающих получение урожайности зерна более 6 т/га в условиях чернозёмной зоны. Результаты исследований апробированы в производственных условиях Курчалоевского района Чеченской Республики.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и получили одобрение на научно-практических конференциях, проходивших в ФГАО ВО Северо-Кавказский федеральный университет. Ставрополь, 2025. Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. ФГБОУ ВО Тверской государственной университет, 2025. Международная конференция по интегративным исследованиям и трансдисциплинарному диалогу (IRTD 2025). сборник статей конференции. Екатеринбург, 2025. ФГАО ВО Северо-Кавказский

федеральный университет. Биотехнология: взгляд в будущее. Материалы XI международной научно-практической конференции . Ставрополь, 2025.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 158 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, перспективы дальнейших разработок, списка использованной литературы, насчитывающего 150 источников, в том числе 9 – зарубежных авторов, 16 приложений. Работа иллюстрирована 17 таблицами и 19 рисунками.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Биологические особенности и технологии возделывания ярового ячменя

Ячмѐнь обыкновенный (*Hordeum vulgare*), вид растений рода ячмень семейства мятликовых. Однолетнее растение ярового, озимого типов, является облигатным самоопылителем. Ячмень, ещё с незапамятных времѐн, считается ценнейшей зерновой культурой, выращиваемой в огромных объѐмах во всѐм мире [126, 143, 144, 146, 147].

Археологические раскопки ячменного зерна в Российской Федерации показывают возделывание данной зерновой культуры в нашей стране со второго века до нашей эры. Это свидетельствует о длительной истории использования ячменя в аграрном производстве, что делает его важной частью культурного наследия. В древние времена люди выращивали ячмень, так как они ели его зерна и делали из них пиво. Археологи находят остатки этого растения в местах, где раньше жили люди, что доказывает эти факты.

Со временем сельское хозяйство развивалось, а методы обработки земли становились лучше. По этой причине ячмень стали сеять на больших площадях по всей стране. Данная зерновая культура не погибает при разных температурах и созревает за небольшое количество дней. Из-за таких свойств люди получают урожаи ячменя в разных регионах России. К ним относятся степи и лесостепи, где выпадает мало дождя [61, 128].

У ячменя обыкновенного есть мочковатая корневая система. Такие корни есть у всех растений, которые относятся к семейству мятликовых. Сначала растения образуют зародышевые, или первичные, корни. После зародышевых корней получают своё развитие колеоптильные корни. Из подземных стеблевых узлов образуются быстрорастущие придаточные корни, при этом, первичные корни при достаточном увлажнении не отмирают [14].

Стеблем у ячменя обыкновенного является соломина, которая состоит из 4–7 полых междоузлий и разделяется стеблевыми узлами. Количество междоузлий, как правило, соответствует количеству листьев. Ячменная

соломина растёт всеми своими междоузлиями. Сначала начинает расти нижнее междоузлие, затем следующее и так до верхнего. Верхнее междоузлие, как правило, бывает больше других, и наибольшая её величина отмечается в фазу цветения. Лист ячменя обыкновенного, как и других зерновых культур семейства мятликовых, состоит из листовых влагалища и пластинки [68].

Колосок ячменя образуется из одного цветка и двух колосковых чешуй. Колосковые чешуи могут различаться, как по ширине и количеству, так и по выраженности прожилок. Колосок ячменя образуется из одного цветка и двух колосковых чешуй. Колосковые чешуи могут различаться, как по ширине и количеству, так и по выраженности прожилок, что может оказывать влияние на плотность и прочность колосков. В зависимости от сорта, структура колосковых чешуй может варьироваться, что, в свою очередь, влияет на механические свойства колоска, его устойчивость к неблагоприятным погодным условиям, таким как дождь и сильный ветер [148,149].

Внешний вид колосковых чешуй также может оказывать влияние на процесс опыления и устойчивость культуры к заболеваниям. Например, более плотные и выраженные чешуи могут снижать подверженность заболеваниям, таким как оидиум, а также защищать цветки от внешних повреждений. Цветок в соцветии ячменя состоит из двух цветковых чешуй: наружной, более толстой, и внутренней, более тонкой. Между этими чешуями располагается завязь, которая, в процессе опыления, становится основой для формирования семени. Завязь с двумя перистыми рыльцами и тремя тычинками позволяет осуществить опыление и развитие зерна, которое будет отвечать за качественные и количественные показатели урожая [150,151].

Форма и структура колосков также определяют эффективность сбора урожая. Например, более плотные и компактные колоски могут обеспечивать более высокую стойкость к механическим повреждениям во время жатвы, в то время как рыхлые или неустойчивые колоски могут подвержены ломкости и потере зерна. [60].

Каждый цветок в соцветиях ячменя состоит из двух цветкового вида чешуй – более толстой нижней, или по другому названию наружной, и более тонкой верхней, или по другому названию внутренней. Между данными цветковыми чешуями у ячменя закладывается завязь с семяпочкой, 2 перистыми рыльцами и 3 тычинками. Также формируются лодикулы. Набухание лодикул обеспечивает раскрытие цветка [57].

Зерно ячменя в своём составе имеет различные комбинации растворимых и нерастворимых пищевых волокон, и полисахаридов наряду с низкомолекулярными биоактивными соединениями. В зерне ячменя содержится большое количество заменимых и незаменимых аминокислоты, лизин, триптофан, метионин, лейцин, фенилаланин, которые, в свою очередь, представлены высоким содержанием β -глюканов, витаминов, макро- и микроэлементов, фенольных и флавоноидных соединений. Содержание белка в зерне ячменя обыкновенного заметно зависит от месторасположения посевов и увеличивается с севера на юг и с запада на восток. Содержание белка в зерне ячменя обыкновенного также повышается в связи с внесением различных удобрений [2, 90, 91].

А.А. Завалин (2010, 2018) с коллегами показал типоспецифическую реакцию различных сортов ярового ячменя на внесение азота с органическими и минеральными азотными удобрениями. В ходе исследования специалисты определили, что сорт Ярило имеет самые высокие показатели по количеству собранного зерна. Когда растения этого сорта получили 90 кг азота на гектар вместе с органическими веществами, они дали на 27 % больше урожая, чем растения без добавок. Но сорт Сибиряк показал другие результаты, так как его урожайность выросла только на 14 % при такой же схеме питания. Из этих данных следует, что разные сорта реагируют на удобрения неодинаково. По этой причине агрономам нужно подбирать количество и состав подкормки отдельно для каждого вида ячменя. И в рамках этой работы было доказано, что если вносить минеральные и органические компоненты вместе, то зерно становится более качественным. Для

этого авторы измерили белок и зафиксировали, что его количество на 1,5 - 2 % выше, чем в контрольной группе [47].

Л.Н. Анисимова и другие ученые (2012, 2019) изучали, как влажность пахотного слоя влияет на то, как яровой ячмень на подзолистых почвах впитывает цезий через корни. В их работе описан эффект биологического разбавления радионуклида. Это явление происходит из-за того, что масса растений меняется в зависимости от условий опыта. В ходе эксперимента было выявлено, что при повышении влажности пахотного слоя до 70% от полевой влагоёмкости поглощение цезия увеличивалось на 35% по сравнению с условиями засушливого режима (влажность 50%). Однако при оптимальной влажности (60% от полевой влагоёмкости) эффект биологического разбавления был наибольшим, снижая активность радионуклида в растениях на 45%. Увеличение биомассы ячменя при этих условиях также способствовало улучшению корневого поглощения питательных веществ, что подтвердилось ростом урожайности на 22% по сравнению с контрольными условиями [4].

А.М. Асатурова, Н.А. Жевнова, Н.М. Сидоров и О.Ю. Кремнева (2018, 2023) привели результаты исследования «защитного действия штаммов *Bacillus velezensis* BZR 336 g и BZR 517, а также *Pseudomonas chlororaphis* BZR 245 F на двух сортах ячменя озимого с различной устойчивостью к возбудителю сетчатой пятнистости. Установлено, что обработка указанными штаммами снижала развитие сетчатой пятнистости в среднем на 20–26 % в условиях центральной зоны Краснодарского края. Результаты исследований показали, что биологические методы борьбы с сетчатой пятнистостью листьев озимого ячменя достаточно эффективны и требуют дальнейшей реализации» [6].

И.А. Быковская (2014, 2020) и Л.В. Осипова (2014, 2020) пишут о том, что: «Оценив адаптацию ярового ячменя к почвенной засухе как множественные взаимодействия между физиологическими и морфологическими процессами в растениях данными исследователями было установлено влияние обеспеченности основными элементами минерального питания на устойчивость растений». В ходе эксперимента было установлено, что при дефиците влаги в почве наибольшее

увеличение устойчивости к засухе наблюдалось при внесении азота в дозе 120 кг/га и калия в дозе 90 кг/га. В таких условиях сорт Ярило показал улучшение водного баланса, что способствовало увеличению фотосинтетической активности на 18% и сохранению 75% урожайности по сравнению с контрольными участками, где не было внесено удобрений. В то же время сорта, испытывающие дефицит минеральных элементов, теряли до 45% урожайности при засухе, что ещё раз подчеркивает важность полноценного минерального питания для поддержания устойчивости к абиотическим стрессам [18].

В 2016 и 2022 годах Л.М. Ерошенко и другие исследователи из ФИЦ «Немчиновка» изучали сорта ячменя, которые переносят неблагоприятные условия в Чернозёмной зоне. Ими установлено, что "Донской" При солевом воздействии семена прорастали реже, чем в обычной среде. На основе сравнения физического состояния молодых растений авторы определили, что соль уменьшает длину и вес стеблей, а также корневой системы [40, 41, 42, 43].

Для оценки того, как озимый ячмень приспосабливается к среде на юге Ростовской области, И.М. Засыпкина и А.А. Донцова провели работу в 2015 и 2021 годах. Ими были проанализированы 22 образца, которые являются сортами или новыми селекционными линиями из Аграрного научного центра "Донской" [48].

По результатам анализа ученые измеряли коэффициент экологической вариации, способность переносить стресс, гомеостатичность, а также уровень, стабильность и селекционную ценность. Исследователи обнаружили сорта, которые хорошо адаптируются к переменам и сохраняют свои свойства. К таким растениям относятся Степ и Маруся. Эти сорта подходят для дальнейшей селекции, так как они устойчивы к нагрузкам, имеют качественный генотип и дают постоянный объем урожая.

Р.А. Максимов, Ю.А. Киселев и Е. Г. Козионова (2016, 2022) описывают результаты своих работ. В этих работах они изучали, как меняются приспособительные реакции у разных генотипов ярового ячменя. Для этого ученые анализировали взаимодействие генотип-среда (ВГС) на юго-западе

Свердловской области. В ходе работы они распределяли условия среды по группам, которые зависят от объема собранного зерна и показателей тепла и влаги. Авторы сообщают, что сорт Северянка сохраняет количество урожая на постоянном уровне, когда влажность и температура меняются. Собираемый объем зерна этого сорта составляет 34,5 ц/га, если средняя температура равна 18°C, а сумма осадков за период роста растений достигает 320 мм. Но сорт Южный дает наибольшее количество зерна, которое равно 39,1 ц/га, когда климат является теплым и влажным с температурой 21°C и осадками 370 мм. Если эти показатели становятся меньше, то количество зерна у данного сорта падает до 25,7 ц/га. По этим данным видно, что объем урожая сильно зависит от того, как сорта способны приспосабливаться к разной погоде. [73].

Н.Н. Новиков, А.Н. Налиухин и Е.А. Филатов из Тимирязевской сельскохозяйственной академии в 2014 и 2020 годах исследовали, как минеральные удобрения вместе со стимуляторами роста «Новосил» и «Эпин-экстра» действуют на количество урожая ярового ячменя и на то, сколько белковых ферментов находится в зерне при выращивании в Нечернозёмной зоне Российской Федерации. В ходе работы учёные определили, что если использовать стимуляторы роста и минеральные удобрения вместе, то ячменя становится на 22 % больше, чем в контрольном варианте. На примере сорта Гулливер видно, что если вносить азотные удобрения по 90 кг на гектар и обрабатывать семена препаратом «Эпин-экстра», то масса зерна составляет 36,7 ц/га. При этом в группе без удобрений и стимуляторов эта масса не больше 30,1 ц/га. И в то же время амилолитические и протеолитические ферменты в зерне становятся более активными. Для амилазы этот показатель выше на 19 %, а для протеазы он выше на 12 %. По этим данным можно судить, что ценность зерна для питания людей и животных выше, чем в обычных условиях. [93,94].

Е.Н. Пасынкова, Т.Н. Радюкевич и Л.И. Карташова (2015, 2021) описали данные, которые они получили в течение трех лет при изучении того, как количество семян и количество минеральных удобрений влияют на рост ярового ячменя сорта Фермерский. Исследователи проводили работу на почве, которая

является подзолистой и содержит легкий суглинок, в Ленинградской области. В ходе работы было обнаружено, что растения дают 42,3 ц/га зерна, если высевать 4,5 млн. схожих семян на гектар и вносить комплексные минеральные удобрения в количестве NPK 90-60-60. При использовании 3,5 млн. семян на гектар и того же объема удобрений объем урожая составляет 36,8 ц/га. Из этого следует, что данный результат меньше на 13 %, чем при более высокой плотности посева. Но если увеличить массу минеральных удобрений до 120 кг/га при сохранении 4,5 млн. семян на гектар, то количество собранного зерна существенно не меняется. С другой стороны, такое действие приводит к тому, что белка в зерне становится на 1,8% больше, если сравнивать эти показатели с данными на участках без изменений [98].

По этой причине сочетание определенных объемов посевного материала и подкормки является важным для итоговых показателей. На основе полученных цифр можно сделать вывод о продуктивности разных методов. И за счет этих измерений авторы определили наиболее эффективные параметры для ведения сельского хозяйства. К тому же изменения в составе удобрений влияют на химические характеристики зерна. Для достижения цели по сбору качественного зерна необходимо учитывать все указанные факторы.

В работах Н.В. Перфильева и О.А. Вьюшиной (2016, 2022) описано, как погода влияет на то, сколько ячменя собирают при использовании разных способов основной обработки почвы в Северном Зауралье. Исследователи изучали это, чтобы предсказывать, насколько эффективны данные способы в разной метеорологической обстановке. Когда летом выпадает много осадков (350 мм) и сохраняется температура 18°C, при системе минимальной обработки (No-till) урожайность составляет 37,5 ц/га. При этом традиционная обработка (пахота на глубину 25 см) в таких же условиях дает 32,5 ц/га, что меньше на 15 %. Если же летом выпадает мало осадков (240 мм) и температура воздуха поднимается до 22°C, минимальная обработка работает хуже. По этой причине урожайность составляет 27,8 ц/га, но традиционная пахота позволяет получить 33,2 ц/га. Для

выбора системы обработки почвы в Северном Зауралье важно учитывать метеоусловия, чтобы количество собранного ячменя было наибольшим. [99].

В работах А.С. Петухова, Т.А. Кремлевой, Г.А. Петуховой и Н.А. Хритохина (2012, 2019) описано, как меняется биохимия овса посевного. Для этого авторы использовали модельный опыт, где растения росли на торфосодержащей грунтовой смеси и на речном песке. В эти субстраты добавляли сульфат меди в разных количествах. Когда концентрация сульфата меди в почве составляет 50 мг/кг, количество меди в тканях овса становится больше на 32 %. Из-за этого интенсивность фотосинтеза падает на 15 % относительно растений, которые росли без добавления металла. На грунте с торфом растения овса сопротивляются загрязнению эффективнее. При указанном количестве меди масса урожая здесь уменьшается только на 8 %. Но на минеральной почве этот же параметр становится меньше на 20 %. Если концентрация сульфата меди повышается до 100 мг/кг, медь накапливается в тканях растений еще сильнее. По этой причине общий вес растений и количество азота в них сокращаются на 12 %. И это свидетельствует о том, что медь оказывает отравляющее действие на то, как функционирует овес [103].

В статьях А.С. Петухова, Т.А. Кремлевой, Г.А. Петуховой и Н.А. Хритохина (2012, 2019) есть данные о том, как изменяются биохимические процессы в овсе посевном. Для получения этих сведений исследователи провели эксперимент, в котором растения находились в смеси с торфом и в песке из реки. В данные среды они вносили сульфат меди в разных дозах. Когда содержание сульфата меди в субстрате равно 50 мг/кг, уровень меди в растительных клетках увеличивается на 32 %. По этой причине скорость, с которой протекает фотосинтез, снижается на 15 % в сравнении с образцами из чистой почвы. На торфяном субстрате овес сохраняет свои функции более стабильно. При такой дозе меди вес зерна здесь становится меньше только на 8 %. Но на почве из минералов этот показатель убывает на 20 %. Если количество сульфата меди возрастает до 100 мг/кг, металл проникает в части растений в еще большем объеме. Из-за этого общая масса овса и содержание азота в нем уменьшаются на

12 %. И такие результаты подтверждают, что медь нарушает естественную жизнедеятельность овса [103].

В работах Л.В. Рожковой и М.Н. Захаровой (2016, 2022) описано, как микробиологические препараты и кремнийсодержащий регулятор роста растений воздействуют на то, сколько зерна дает ячмень яровой сорта Рафаэль и какими свойствами оно обладает в Рязанской области. По данным авторов, растения дают больше урожая, если использовать микробиологические препараты вместе с кремнийсодержащим регулятором роста. Если обрабатывать семена микробиологическими препаратами и применять кремнийсодержащий регулятор, то масса собранного зерна увеличивается на 18% и составляет 42,6 ц/га. При этом на участках без обработки семян и растений урожайность составляет 36,1 ц/га. Дополнительно в зерне, которое получили от обработанных растений, количество белка больше на 1,5%, а количество растворимых углеводов больше на 10%. И эти цифры показывают, что свойства зерна становятся лучше. С помощью таких данных авторы доказывают, что полезно применять биопрепараты вместе с кремнийсодержащими стимуляторами, так как это увеличивает объем урожая и улучшает его состав. [110].

С 2016 по 2023 годы Н.А. Сурин и другие исследователи изучали растения в лесостепной зоне Средней Сибири. В этой работе они использовали 11 сортов ячменя, которые были созданы в разные периоды и допущены к использованию в данном регионе. По результатам наблюдений сорт Красноярский 80, который был выведен давно, обеспечил сбор зерна в количестве от 37,5 до 39,9 ц/га. И такие же высокие показатели продуктивности были зафиксированы у новых сортов Абалак, Такмак и Оплот.

Для шестирядного сорта Агул 2, который относится к ранней селекции, характерно слабое изменение признаков при смене внешних факторов ($b=0,47$). А такая стабильность существует потому, что данный сорт быстро достигает фазы созревания. Л.А. Тохетова, С.И. Умирзаков и Г.Б. Ахмедова (2010, 2018) сообщают, что засоленные почвы занимают обширные территории. На этих землях растения разных видов и сортов теряют урожайность неодинаково. По

этой причине специалистам необходимо определять, насколько растения устойчивы к соли. Ими отмечено, что такие данные полезны, когда люди занимаются селекцией, выполняют агротехнические работы или вводят новые виды в растениеводство. При проведении этих мероприятий показатели солеустойчивости являются необходимыми параметрами. Когда специалисты оценивают данные свойства, они получают возможность работать эффективнее. В тексте авторов указано, что такая деятельность важна для практического применения в сельском хозяйстве.

Ершова Л.А. и Голова Т.Г. (2012, 2019) провели опыты, по агроэкологической оценке, сортов и установили, что характеристики сорта определяют объем урожая и свойства ячменя. Для сорта "Ярослав" количество собранного зерна составило 5.2 т/га. Но сорт "Альта" обеспечил сбор на уровне 4.8 т/га. Когда исследователи изучали качество зерна, в сорте "Ярослав" концентрация белка составила 12.6 %. При этом сорт "Альта" содержал 11.8 % белка. Эти данные показывают, что признаки сорта влияют на массу и состав продукции. По этой причине такие сведения позволяют выбирать эффективные варианты для выращивания в различных условиях климата и почвы [44].

В работах А.Н. Власенко и И.Н. Шаркова (2015, 2021) и их коллег из Сибирского отделения наук указано, что ячмень дает больше зерна, если использовать минеральные удобрения. Если сравнивать результаты с участками без добавок, то продуктивность растений выше на 17-35 % [20].

В ходе экологических исследований ячменя-«двуручки» сотрудники Донского аграрного центра Филиппов Е.Г. и Донцова А.А. (2016, 2022) выявили растения, которые подходят для климата Ростовской области. По результатам наблюдений, сорт "Донской-3" сохраняет жизнеспособность при недостатке влаги и дает 4,5 т зерна с гектара. На данном участке это количество на 12 % превышает показатели остальных образцов. Для сорта "Донской-5" характерно наличие 11,2% белка в составе зерна, и такие параметры соответствуют требованиям в указанной местности. И у сортов-«двуручек» присутствуют биологические механизмы, которые позволяют им сопротивляться организмам-

вредителям и инфекциям. С учетом высокой температуры воздуха и малого объема воды в регионе данные свойства являются значимыми. Если рассматривать сорт "Донской-3", то он сохраняет функции роста, когда осадков выпадает мало. С помощью такой особенности сельскохозяйственные предприятия получают возможность сохранять объем сбора зерна, когда растения находятся в условиях дефицита воды [132, 133, 134].

В исследовании В.С. Терещука (2014, 2020) и его коллег указано, что яровой ячмень дает больше зерна, если использовать гербицид Бомба в фазу кущения. По данным авторов, этот препарат на 14% превосходит другие средства, так как при его внесении урожайность составляет 39,7 ц/га. Для сравнения, использование таких гербицидов, как Раундап и Глифосат, приводит к получению 34,6 ц/га и 32,2 ц/га. При применении гербицида Бомба количество сорных растений на поле также уменьшается. На участках, где проводили обработку, сорняков на 40% меньше, чем на контрольных участках без химической защиты. С помощью этих данных можно подтвердить, что гербицид Бомба полезен для роста массы собранного ячменя в полевых условиях. И это средство делает состояние урожая более качественным. [124].

В работах И.И. Гуреева (2012, 2019) из Курского ВНИИ защиты почв от эрозии указано, что хелатные формы минеральных удобрений действуют результативно, если выращивать ячмень в черноземных почвах Курской области. По данным исследователя, в зерне ячменя после применения хелатных удобрений количество белка возрастает на 1,2%. И показатели качества, которые определяются как содержание растворимых углеводов, становятся выше на 10 %. Эти факты доказывают, что внесение удобрений в форме хелатов увеличивает массу собранного урожая и изменяет характеристики продукции в сторону улучшения, когда растения находятся в черноземных почвах. [31].

О.А. Юсова (2016, 2022) и другие авторы проводили полевые опыты в течение многих лет и установили, что белок в зерне ярового ячменя накапливается активнее, если температура воздуха во время налива зерна является высокой. При таких условиях свойства, которые важны для

пивоварения, становятся менее качественными. Когда температура воздуха равна 25°C, белок составляет 12,3% от массы, но при 18°C этот показатель равен 9,8%. Из-за этого экстрактивность сусла снижается на 15 %, а пиво осветляется медленнее. Для пивоварения высокая температура воздуха является фактором, который негативно влияет на характеристики ячменя. [142].

В исследовании В.С. Бойко (2018, 2021, 2022) указано, что в Западной Сибири растения ячменя производят на 30 % больше массы, если они расположены на поле с нужной плотностью. По его данным, такой результат возможен, когда в почве достаточно питательных веществ и почву регулярно поливают [15].

И.В. Сергеева, Е.А. Голубева, Н.Н. Гусакова (2010) пишут, что свойства зерна становятся лучше, если обрабатывать семена стимуляторами роста перед началом работ в Саратовском Правобережье. При использовании этих веществ количество собранного зерна стало больше на 12 %, а доля белка в составе увеличилась на 1,3% и стала равна 11,2%. Данные факты показывают, что стимуляторы роста полезны для получения большего объема и улучшения свойств урожая [116].

Для степной зоны Ростовской области А.В. Алабушев и Н.Г. Янковский (2016, 2022) представили сорта ячменя-двуручки, которые высевают осенью. По условиям эксперимента агрономы применяли способы возделывания с большим количеством удобрений и ресурсов. В результате урожай стал больше на 18 % и составил 45,6 ц/га при использовании самых активных методов, но на обычных участках он был равен 38,7 ц/га. Эти цифры доказывают, что новые сорта и способы работы повышают количество зерна в степи [1].

В работах Н.А. Кирпичникова (2015, 2021 с коллегами) сообщается о том, что растения ярового ячменя растут более продуктивно, когда специалисты одновременно применяют микроэлементы и стимуляторы роста на кислых подзолистых почвах. Для условий данного эксперимента характерно, что урожайность стала выше на 22% и достигла значения 41,3 ц/га после того, как были внесены микроэлементы и стимуляторы. На тех участках, где данные

вещества не использовались, этот показатель составил 33,9 ц/га. По результатам исследования видно, что применение микроэлементов способствует тому, что ячмень быстрее увеличивается в массе и переходит в новые фазы своего развития в такой почвенной среде [62, 63].

В.И. Турусов и И.М. Корнилов (2010, 2020) описывают способы, которыми можно механически воздействовать на почву под ячмень на разных участках агроландшафта. При выборе комбинированного метода, который включает дискование и глубокую обработку, урожайность ячменя возросла на 15% и стала равна 38,2 ц/га. Если же применялась традиционная обработка, то урожайность была равна 33,2 ц/га. С помощью этих данных можно подтвердить, что почва становится более плодородной, когда методы её обработки сочетаются друг с другом [131]. В.Н. Капранов и А.Н. Филатов В.Н. Капранов и А.Н. Филатов показали положительное влияние органо-минерального удобрения Супродит М при изучении ярового ячменя на подзолистых почвах Чернозёмной зоны Российской Федерации. В ходе эксперимента урожайность увеличилась на 17%, составив 40,5 ц/га при применении удобрения, в то время как на контрольных участках она была 34,5 ц/га. Это подтверждает эффективность использования органо-минеральных удобрений для повышения продуктивности ячменя. Эффективность применения подтверждена исследованиями (2014, 2020) [59].

А.В. Ильин А.П. Солодовниковым (2012, 2018) изучали устойчивость различных сортотипов ярового ячменя, применительно к засушливым условиям Правобережной зоны Саратовской области. В результате эксперимента сорт Саратовский-6 показал наибольшую устойчивость к засухе, увеличив урожайность на 20%, достигнув 37,8 ц/га, в то время как сорт Ярило при тех же условиях дал урожайность только 31,2 ц/га. Эти данные подтверждают высокую адаптивность сорта Саратовский-6 к засушливым условиям. [53, 117].

В.А. Свирина В.Г. Черногаевым (2014, 2020) считают, что применение микробиологических препаратов может положительно влиять на продуктивность, а также на качество зерна при возделывании ярового ячменя. Когда специалисты применяют микробиологические препараты, количество собранного зерна

возрастает на 14 % и достигает 40,2 ц/га. Для сравнения, на участках без обработки этот показатель равен 35,3 ц/га. При этом характеристики зерна становятся лучше, так как количество белка в нем возрастает на 1,1% [113, 114].

Солонечный П.Н. (2010, 2012) изучил, как яровой ячмень приспосабливается к окружающей среде, когда его выращивают в восточной части лесостепной зоны Донецкой области. В ходе этих работ автор получил разные числовые данные. По результатам эксперимента стало ясно, что сорт Донецкий-7 наиболее успешно выживает и развивается в данных условиях. Если люди используют подходящие агротехнические методы, урожай этого сорта увеличивается на 18 % и составляет 42,5 ц/га. Но сорт Сибиряк в аналогичных условиях дает 36,8 ц/га. Эти результаты подтверждают высокую стрессоустойчивость сорта Донецкий-7 в условиях региона. [118].

А.И. Волков (2016, 2022) со своими коллегами провёл всесторонние подробные агроэнергетический анализ при выращивании сортов ярового ячменя на пивоваренные цели. сорт Лидер показал наибольшую производственную эффективность, обеспечив урожайность 45,2 ц/га и рентабельность производства 32%, в то время как сорт Пивоварный-12 дал урожайность 38,7 ц/га с рентабельностью 28%. Эти данные подтверждают высокую эффективность сорта Лидер для пивоваренной промышленности [22].

Г.М. Дериглазова (2012, 2019) пишет о положительном и негативном воздействии природных и антропогенных факторов на урожайность и качественные показатели зерна ярового ячменя. при оптимальных условиях урожайность ячменя составила 42,3 ц/га, а содержание белка в зерне — 11,5%. Однако в условиях, подверженных загрязнению почвы тяжёлыми металлами, урожайность снизилась на 18%, а содержание белка увеличилось до 13,2%, что негативно повлияло на пивоваренные качества зерна [34].

Сапега В.А. (2010, 2018) показал различные уровни продуктивности сортов ярового ячменя и основные параметры оценки их агроэкологических признаков. Сорт Альтаир продемонстрировал наибольшую продуктивность, обеспечив урожайность 44,7 ц/га при хорошем водообеспечении, в то время как сорт Янтарь

дал 39,4 ц/га. В то же время, сорт Альтаир оказался более устойчивым к засухе, сохраняя урожайность на уровне 38,1 ц/га при дефиците влаги, в то время как другие сорта показали значительное снижение продуктивности. [111, 112].

О влиянии различных приёмов агротехники на урожайность ячменя в различных агроклиматических зонах пишут многие учёные (2010, 2020). при применении системы no-till в засушливых условиях Южного Урала урожайность ячменя увеличилась на 16%, достигнув 40,2 ц/га, в то время как при традиционной обработке почвы урожай составил 34,6 ц/га. В условиях более влажного климата в Чернозёмной зоне урожайность при интенсивной обработке почвы составила 42,8 ц/га, что на 12% выше по сравнению с контролем. [70, 74, 83, 87, 89, 100, 101, 104, 105].

Вошедский Н.Н. (2015, 2021) из ВНИИЗК имени И.Г. Калининко привёл данные по возделыванию различных сортов ярового ячменя в экологическом испытании. В результате исследований было установлено, что сорт Калуга продемонстрировал наибольшую урожайность — 41,6 ц/га, в то время как сорт Ярило дал урожайность 36,3 ц/га. Эти данные подтверждают высокую продуктивность сорта Калуга в условиях экологического испытания [28].

А.С. Ерешко (2014, 2020) сообщает об основных приемах повышения урожайности ячменя в степной зоне Северного Кавказа. Когда агрономы применяют комплексные удобрения и соблюдают норму высева, урожай ячменя становится на 20 % больше. В этих условиях количество зерна составляет 43,5 ц/га, но без таких приемов этот показатель равен 36,2 ц/га. Эти цифры показывают, что интенсивные агротехнические методы полезны для растений в этой зоне [38, 39].

В работах В.М. Жидкова и Л.А. Игнатъевой (2012, 2019) описаны опыты, которые длились много лет. Авторы обнаружили, что биологические препараты Азотовит и Фосфовит действуют на посевы ярового ячменя на светло-каштановых почвах в учхозе ВГСХА «Горная Поляна». По результатам эксперимента урожайность при использовании данных средств равна 41,2 ц/га. Если сравнивать с контрольными участками, где результат составил 34,9 ц/га, то

этот показатель выше на 18 %. Данные факты доказывают, что биологические препараты являются средством для получения большего количества ячменя [45].

О.А. Артюхова (2016, 2022) и другие исследователи определили, сколько питательных веществ находится в зерне ярового ячменя. Для этого они изучали растения в зоне с малым количеством влаги и применяли три разных варианта минерального питания, которые отличаются по количеству вносимых веществ. Было показано, что на высоком уровне удобрений урожайность ячменя составила 38,4 ц/га, что на 15% выше по сравнению с контрольной группой (33,3 ц/га). Кроме того, в зерне было зафиксировано увеличение содержания белка на 1,2%, что подтверждает положительное влияние высокоинтенсивного минерального питания на качество урожая. [5].

Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков (2015, 2021) и К.В. Алексеев (2015, 2021) представили эффективность возделывания озимого ячменя в чернозёмной зоне Нижнего Поволжья. Было установлено, что при применении интенсивных технологий урожайность составила 45,7 ц/га, а рентабельность производства достигла 32%. В то время как при использовании традиционных методов урожайность была на уровне 38,2 ц/га с рентабельностью 26%, что подтверждает высокую эффективность интенсивных методов возделывания. [75].

Е.Ю. Подласова, И.З. Юлдашева (2017, 2023) сообщают о высокой эффективности предпосевной обработки семян микрочастицами оксида молибдена на фотосинтетическую деятельность ярового ячменя. Обработка семян оксидом молибдена увеличивает фотосинтетическую активность на 18%, а урожайность ячменя возросла на 14%, составив 42,1 ц/га, по сравнению с контрольной группой, где урожайность составила 36,9 ц/га. Это подтверждает эффективность обработки для улучшения роста и продуктивности ячменя. [106].

И.А. Дедушев (2018, 2023) со своими коллегами лаборатории селекции ярового ячменя ФИЦ «Немчиновка» при конкурсном изучении различных сортов и сортовых линий ячменя установили существенное влияние азотных удобрений на белковость ячменного зерна. При внесении азотных удобрений в дозе 120 кг/га содержание белка в зерне увеличилось на 2,1%, достигнув 12,3%, по сравнению с

контрольными участками, где содержание белка составило 10,2%. Эти данные подтверждают важность азотного питания для повышения белковости ячменного зерна. [33].

Е.А. Дубинкина (2016, 2022) со своими коллегами, на основании своих опытов в Центрально-Чернозёмной зоне, считает, что значительную роль при предпосевной обработке семян ячменя играют стимуляторы роста. Использование стимуляторов увеличивает урожайность на 12%, достигнув 41,8 ц/га, по сравнению с контрольной группой, где урожайность составила 37,3 ц/га. Это подтверждает положительное влияние стимуляторов роста на повышение продуктивности ячменя. [35].

А.Б. Исмаилов, Г.А. Алимйрзаева, Е.К. Омарова (2015, 2021) показали зависимость урожайности ячменя от норм высева семян в условиях равнинной зоны Дагестана. В ходе исследования было установлено, что при норме высева 4,0 млн семян на гектар урожайность составила 39,5 ц/га, в то время как при норме 5,0 млн семян урожайность увеличилась на 12%, достигнув 44,1 ц/га. Эти данные подтверждают положительное влияние оптимальной нормы высева на продуктивность ячменя в данной климатической зоне. [54].

Влияние основной обработки почвы на продуктивность ячменя изучали А.А. Коваленко, А.Г. Крючков, В.Ю. Мисюржев, Ю.И. Митрофанов, А.С. Моторин, В.Г. Шурупов (2010, 2020) и другие исследователи. В ходе своих исследований авторы установили, что при глубокой обработке почвы урожайность ячменя составила 42,3 ц/га, в то время как при поверхностной обработке она снизилась до 36,8 ц/га. При использовании комбинированной обработки (дискование + рыхление) урожайность увеличилась на 15%, достигнув 45,3 ц/га. Это подтверждает эффективность применения комплексных методов обработки почвы для повышения продуктивности ячменя, улучшения водообеспеченности и структуры почвы. [66, 67, 76, 77, 79, 108, 115, 140].

О применении минеральных и органо-минеральных удобрений в севооборотах зерновой специализации сообщают И.Р. Астарханов, Т.С. Астарханова, С.М. Буряк, И.И. Михайленко, М.Т. Мухина (2010, 2020) и другие

исследователи. В своих исследованиях авторы подтверждают, что комбинированное использование этих удобрений значительно повышает урожайность зерновых культур. Если аграрии применяют органо-минеральные удобрения, то количество макро- и микроэлементов в почве становится больше. При этом структура грунта меняется в сторону более рыхлого состояния, и растения получают питательные элементы, когда они растут. В ходе опытов с ячменем ученые зафиксировали, что если использовать органо-минеральные смеси, то масса собранного урожая возрастает на 15 - 20 %. Наряду с этим показатели зерна становятся иными, так как в нем увеличивается количество белка и клейковины. Эти сведения указывают на то, что необходимо удобрять почву комплексно. Для агросистем это важно, потому что объемы производства растут, а природные механизмы внутри этих систем сохраняют стабильность. [7, 8, 9, 10, 16, 69, 78, 80, 95, 96, 102, 109, 138].

1.2. Меры борьбы с сорнополевой растительностью в посевах зерновых культур

Между культурными растениями и сорняками возникают разные взаимодействия, когда они растут на одном участке в одно время. Эти процессы зависят от того, на каких биологических стадиях развития и этапах формирования органов находятся культуры и дикорастущие травы. В ходе этих контактов растения влияют друг на друга. И такие связи существуют постоянно, пока виды присутствуют рядом. На характер этих отношений влияют конкретные периоды роста, которые важны для жизни каждого организма. С их помощью определяются условия, в которых находятся агроценоз и сорный фитоценоз. Потому что нельзя создать оптимальные условия только для возделываемых культур, так как сорняки мгновенно реагируют на внесённые минеральные или органические удобрения, также на изменение агрофизических показателей в корнеобитаемом слое. Помимо всего этого, сорнополевая растительность может служить хорошим местом обитания многочисленных возбудителей болезней культурных растений и отличным кормом для насекомых-вредителей. Вследствие этого, для того, чтобы ограничить и уменьшить рост численности вредных организмов, борьбу с сорной растительностью необходимо постоянно вести мониторинг и осуществлять профилактические меры [37].

Один только севооборот не в состоянии снять проблему развития и распространения сорнополевой растительности. С уничтожением сорнополевой растительности можно полностью справиться только при применении специальных защитных агротехнических мероприятий, основанных на учёте биологических особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур и сорного фитоценоза [126].

Правильной механической обработкой пахотному горизонту почвы можно придать мелкокомковатое строение, улучшить агрофизические показатели; заделать в пахотный слой вносимые удобрения, пестициды, пожнивные и другие растительные остатки; освободить корнеобитаемый слой от семян сорнополевой растительности [136].

Система агротехнических мер, направленных на борьбу с сорнополевой растительностью включает в себя предупредительные и истребительные мероприятия. Большое внимание должно уделяться предупредительным мероприятиям, то есть проведению агротехнологических приёмов, которые способствуют снижению ситуационной и потенциальной засорённости.

Своевременная и качественная обработка почвы с оборотом пласта снижает засорённость всеми видами сорнополевой растительности на 50-60%. Достижения последних двух десятилетий в разработке и производстве гербицидов и их действующего вещества сделали возможным борьбу с сорняками частично перевести на химические обработки.

Быстро меняющийся уровень науки, техники, производства, химической промышленности, биотехнологий подтолкнули учёных-аграрников к поиску современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе к разработке минимальных, энергосберегающих и прецизионных технологий, к переоценке и реформированию почвозащитных приёмов и технологий.

Технологические приёмы минимализации обработки приводят к коренному изменению условий произрастания сорнополевой растительности. При постоянном безотвальном рыхлении почвенного слоя преобладающая масса семян сорнополевой растительности, как правило, располагается в поверхностном слое, что ведет к повышению засорённости посевов выращиваемых культур. Исследования в различных регионах страны показывают, что возделывание яровых зерновых культур с минимальной обработкой почвы без оборота пласта, сопровождается существенными изменениями в сорном биоценозе, а также в усилении вредоносности сорнополевой растительности, в связи с тем, что присутствующие на поле биологическое и морфологическое разнообразие сорнополевой растительности являются следствием длительного естественного отбора.

Г.С. Егорова и К.В. Шиянов (2008) описали «вредоносное воздействие сорнополевой растительности на продуктивность зерновых культур при их

выращивании по различным вариантам обработки». При наличии сорняков урожайность ячменя снизилась на 16%, составив 32,5 ц/га, в то время как при проведении своевременной обработки почвы урожайность увеличилась на 22%, достигнув 39,8 ц/га. Это подтверждает негативное влияние сорняков и важность их контроля для повышения продуктивности ячменя. [37].

В.Ю. Мисюряев (2012) указывает на «положительное воздействие глубокого чизелевания на засорённость и увеличение продуктивности ярового ячменя на светло-каштановых почвах». В ходе исследований было установлено, что глубокое чизелевание снизило засорённость поля на 30%, при этом урожайность ячменя увеличилась на 18%, составив 40,2 ц/га, в то время как при традиционной обработке урожайность была 34,1 ц/га. Это подтверждает эффективность глубокого чизелевания для повышения продуктивности и контроля сорняков. [76].

О.И. Горянин и А.В. Цунин (2015) разработали и представили технологические комплексы возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Среднего Заволжья. В результате применения их комплексов урожайность ячменя увеличилась на 22%, достигнув 38,6 ц/га, в то время как на контрольных участках без использования комплексной технологии урожайность составила 31,6 ц/га. Эти данные подтверждают эффективность разработанных технологий в условиях дефицита влаги. [30].

Г.Н. Киселёва и Д.С. Магомедова (2014) представили биологическую эффективность гербицидов в борьбе с сорнополевой растительностью при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Северного Прикаспия. Когда специалисты применяли гербицид Раундап, количество сорных растений на поле стало меньше на 40 %. Из-за этого количество собранного ячменя выросло на 16 % и составило 37,8 ц/га, но на участках без обработки этот показатель был равен 32,6 ц/га. Эти цифры показывают, что гербициды помогают растениям давать больше урожая [64].

А.А. Гонгало (2016) и другие исследователи анализировали, как растёт ячмень в Крыму, если почву не пахать, а использовать систему No-till вместо

обычной отвальной вспашки. При работе по системе No-till люди собрали 38,2 ц/га ячменя. И это на 10 % больше, чем при обычной отвальной вспашке, при которой результат был равен 34,7 ц/га. По этим сведениям, можно судить, что система No-till полезна в Крыму, так как она позволяет получать больше зерна ячменя [29].

В статье С.И. Воронова, М.Ю. Анишко и Н.А. Пилюгиной (2011) есть сведения о том, как глубокая отвальная обработка и регуляторы роста влияют на яровой ячмень, если его выращивают на подзолистых почвах Чернозёмной зоны. Когда ученые проводили исследование, они определили, что урожайность ячменя достигает 43,5 ц/га, если почву пахут глубоко и используют регуляторы роста. На контрольном участке земля дала 37,8 ц/га, что на 15% меньше. По этим данным видно, что продуктивность ячменя в этой зоне растет, если применять данные методы одновременно. [25].

В книге В.П. Зволинского (2003) описаны разные способы, которыми возделывают зерновые культуры, и то, как растения сосуществуют с сорняками, когда наступает засуха. Для условий с малым количеством осадков было доказано, что урожайность ячменя повышается на 18% и составляет 39,4 ц/га, если сорные растения удаляют часто и тщательно. Но на тех участках, где за сорняками следили мало, урожайность падает до 33,5 ц/га. Из этих цифр следует, что уничтожение сорных растений необходимо, чтобы ячмень оставался продуктивным в условиях нехватки воды. [49].

В статье О.Н. Гуровой, В.Ю. Мисюряева и И.А. Кощеева (2013) описано, как разные методы вспашки влияют на то, сколько зерна ячменя собирают с полей. При проведении опытов исследователи зафиксировали, что если обрабатывать землю на большую глубину, то количество собранного ячменя составляет 42,1 ц/га. Но когда землю обрабатывают только сверху, этот показатель равен 36,4 ц/га. Эти цифры показывают, что при глубокой вспашке растения производят больше зерна [32].

А.Н. Налиухин, О.А. Власова и А.В. Ерегин (2017) изучили, как биомодифицированные органоминеральные удобрения меняют количество и

свойства зерна ячменя в Чернозёмной зоне. Ими обнаружено, что, когда эти удобрения вносят в почву, количество зерна становится больше на 20% и составляет 45,3 ц/га. На участках без удобрений этот показатель равен 37,8 ц/га. Также в зерне стало на 1,4% больше белка [82].

Для изучения того, как гербициды и минеральные удобрения действуют на микроорганизмы в земле, Е.В. Некрасова (2018) с коллегами провели наблюдения на посевах ячменя. Если использовать гербициды вместе с удобрениями, то сбор ячменя возрастает на 15% и достигает 40,2 ц/га. При этом количество бактерий в земле становится меньше на 12%. По этим данным видно, что данные вещества в определенных дозах помогают собирать больше ячменя, но человеку нужно проверять состояние почвенных организмов [88].

В исследовании В.А. Максимова (2010) и других авторов указано, что состояние почвы и погода определяют то, сколько зерна ячменя и других яровых культур удастся собрать. По данным авторов, ячмень дает 43,5 ц/га зерна, если в окружающей среде присутствует много влаги. Но в местах, где влаги мало, это количество уменьшается до 30,2 ц/га. Эти цифры показывают, что объем урожая ячменя меняется, если меняется количество осадков или температура воздуха [72].

И.Г. Камышанов (2019) провел опыты и определил, как количество высеянных семян и применение биологически активных веществ меняют массу и свойства зерна ярового ячменя. В этих исследованиях было замечено, что ячмень дает 41,7 ц/га зерна, если на один гектар высевают 4,5 млн семян и добавляют биопрепарат. Для сравнения, этот показатель на 14% больше, чем в группе без добавок, где при посеве 4,5 млн семян собирают 36,6 ц/га. При использовании биопрепарата свойства зерна становятся другими: количество белка в нем становится выше на 1,2%, а экстрактивность суслу возрастает на 8%. Если на гектар высевают только 3,5 млн семян и не добавляют биологически активные вещества, количество зерна падает до 33,5 ц/га. С помощью этих данных можно сделать вывод, что выбор точного числа семян и использование биопрепаратов делают урожай больше и меняют состав зерна. И эти изменения являются полезными, когда зерно используют для производства пива или кормов для

животных [17, 36, 58]. В работе В.М. Мясоедова (2016) из Оренбургского ГАУ описано, как сорные растения присутствуют в посевах ячменя, если сроки сева и количество минеральных веществ в почве различаются. По данным автора, ячмень дает 42,3 ц/га зерна, когда люди проводят, сев рано и вносят много минеральных удобрений. И это количество на 18% больше, чем при позднем севе с малым количеством удобрений, когда ячмень дает 35,7 ц/га. С помощью этих цифр автор доказывает, что растения меньше страдают от сорняков и дают больше зерна, если люди сеют их вовремя и подбирают нужное количество минеральных веществ. [81].

Для Ю.А. Калинина (2020) было важно показать данные о том, сколько ярового ячменя собирают в Нижнем Поволжье. Установлено, что ячмень дает 44,2 ц/га, когда погода соответствует потребностям растений, и это значение на 15% выше, чем результаты за прошлый год. Но урожайность становится меньше и достигает 36,5 ц/га, если температура воздуха растет и выпадает мало осадков. Из этого следует, что количество зерна в данном регионе сильно меняется под воздействием факторов климата. [57, 70]. В публикации А.И. Беленкова и И.И. Дмитриевской (2018) из РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева представлены данные о том, как методы точного земледелия влияют на количество сорных растений в посевах. По данным длительного полевого опыта, авторы установили, что сорняков становится меньше, если специалисты применяют дифференцированное внесение удобрений и пестицидов. На участках с ячменем этот показатель снизился на 22 % и составил 10,5%, в то время как обычные методы приводили к результату 13,5%.

Для достижения таких показателей ученые сочетали технологии точного земледелия с системой, которая позволяет контролировать сорняки и оптимизировать посев. И благодаря этому урожайность ячменя возросла на 12 %, достигнув 42,8 ц/га, тогда как при использовании традиционной обработки почвы этот параметр находился на уровне 38,2 ц/га. С помощью этих цифр подтверждается, что точное земледелие является способом, который позволяет собирать больше зерна и уменьшать количество лишних растений на поле. Но

также эти сведения важны для тех, кто использует современные технологии в сельском хозяйстве [13].

В федеральном исследовательском центре «Немчиновка» ученые предлагают использовать интегрированную защиту растений. Для этого в черноземной зоне Российской Федерации они уничтожают сорную растительность в полевых севооборотах, когда применяют трехбалльную шкалу вредоносности. По результатам проведенных исследований стало ясно, что эта шкала помогает точно определить, насколько сильно сорняки мешают посевам. С помощью данных показателей специалисты выбирают способы, которые лучше всего подходят для уничтожения лишних растений.

На опытных участках люди сочетали эту шкалу с применением гербицидов и механической обработкой почвы. И урожайность ячменя в этом случае стала больше на 17 %, поэтому сбор зерна достиг 43,1 ц/га. Но там, где шкалу и специальные меры не использовали, урожайность была равна 36,8 ц/га. При интегрированной защите с применением трехбалльной шкалы вредоносности количество сорняков в посевах ячменя уменьшилось на 25 %. Из-за этого биологические условия для роста культур стали лучше, и растения теперь меньше страдают от внешних факторов. Эти результаты подчёркивают важность комплексного подхода в борьбе с сорняками, что позволяет не только повысить продуктивность культуры, но и минимизировать экологические риски, связанные с использованием пестицидов. [23, 24].

В связи с вышесказанным, нами было принято решение по изучению в посевах яровых зерновых культур видового и количественного состава сопутствующей сорной растительности, индивидуальных особенностей внесения различных пестицидов, разных способов почвообработки, листовых подкормок при возделывании зерновых культур в условиях Чернозёмной (южной) зоны Российской Федерации.

1.3. Биологическая активность и токсичность почвы

Все современные технологии возделывания культурных растений должны базироваться на принципах биологизации и экологической устойчивости местных экосистем, оптимального и рачительного использования местных биологических ресурсов.

Это является не только средством увеличения урожаев и повышения рентабельности сельскохозяйственного производства, но и сохранения, и создания гарантированных условий для устойчивого функционирования природных экологических и биологических систем, так как в результате возникает устойчивый баланс, требующий минимальных затрат на поддержание биологического равновесия окружающей среды.

Почва, сама по себе, является очень сложной многокомпонентной биологической системой. Происходящие в ней процессы превращения вещества в различные состояния, в большей степени определяются жизнедеятельностью населяющих её микроорганизмов, оказывающих значительное и многостороннее воздействие на почвенное плодородие корнеобитаемого слоя, рост и развитие произрастающих и возделываемых человеком растений.

Качественный и количественный состав, как полезной, так и вредной микрофлоры, может легко видоизменяться в зависимости от типа и состояния почв, климатических реалий, погодных условий, особенностей агротехники выращиваемых культур, применяемых севооборотов, так как некоторые виды и колонии микроорганизмов способны давать в сутки до 60 поколений и выше, то есть по два или три поколения в час.

В целях биологической индексации почвенного плодородия в отдельно взятый определённый момент времени применяется количественный учёт отдельных групп присутствующих микроорганизмов. Например, числом бактерий, которые выращиваются на крахмально-аммиачном агаре (КАА), устанавливается количество микроорганизмов, которые усваивают минеральный азот, на мясопептонном агаре (МПА) устанавливается количество микроорганизмов, которые усваивают органический азот.

Именно соотношение данных групп микроорганизмов характеризует биологическую активность минерализации органического вещества в определённой почве в определённый момент времени.

По количеству спорообразующих бактерий определяется напряжённость процессов минерализации органического вещества, по количеству микроскопических грибов и актиномицетов определяется интенсивность процесса разложения клетчатки, по численности азотобактера определяется уровень потенциального плодородия почвы.

Общепризнанным среди почвоведов признаётся факт о дифференциации биогенности почвы, о том, что полезная микрофлора в основном сосредотачивается в поверхностном горизонте почвы уже через полтора-два месяца после проведения отвальной обработки. В связи с признанием данного факта, выдвинута парадигма о том, что из-за столь высокой дифференциации почвы необходимо её обрабатывать без перемешивания и оборачивания слоёв, чтобы не нарушать естественного расположения микробиологического заселения представителями полезной микрофлоры.

Также, выдвигается аксиома о том, что заделка соломы и других видов органики в верхний посевной слой почвы существенно увеличивает его общую биогенность и приводит к преобладающему развитию в верхнем посевном слое актиномицетов, которые усваивают недоступные для других микроорганизмов органические соединения.

С другой стороны, среди почвоведов существует и другое мнение, что постоянное или периодическое оборачивание почвы является полезным агротехническим приёмом, в связи с тем, что создаёт комфортные условия для естественной почвенной санации от вредных микроорганизмов, потому что полезная микрофлора быстрее восстанавливает свой потенциал. При этом запаханный поверхностный горизонт сохраняет соответствующую ему биогенность весь вегетационный период, а число полезных микроорганизмов в нижнем горизонте пахотного слоя при перемещении их в верхний слой повышается в несколько раз.

Евгений Николаевич Мишустин ещё в середине двадцатого века написал о том, что: «В разрыхлённом, но безотвальном пласте пахотного слоя микробиологические процессы происходят менее активно по сравнению с вариантами отвальной обработки, что приводит к меньшей активизации биологических процессов».

И.В. Котоврасов также считает, что отвальная обработка почвы, в сравнении с другими видами, существенно увеличивает её биологическую активность. После отвальной обработки почвы на глубину 25 см наблюдается рост микробиологической активности на 20%, что подтверждается увеличением численности почвенных бактерий и грибов. Это способствует улучшению структуры почвы и повышению её способности к поглощению и удержанию влаги, что особенно важно в условиях засушливых лет. На участках, где почву обрабатывали отвальным способом, растения ячменя дали 42,5 центнера зерна с гектара, что на 15 % больше других показателей.

В то же время на землях с минимальной обработкой или без неё количество собранного зерна составляет не более 37,1 ц/га. Связано это с тем, что корни развиваются лучше и питательные вещества становятся более доступными, когда речь идет о яровых зерновых культурах. Дополнительно в ходе исследований было замечено, что при использовании плуга количество органического углерода в земле становится выше на 12 %. Из-за этого почва дольше сохраняет способность производить урожай. Данные показатели являются подтверждением того, что отвальный метод делает почву биологически активной и увеличивает объем сельскохозяйственной продукции [56].

Но И.А. Стебут придерживался другого мнения, так как, по его сведениям, льняная ткань распадалась быстрее во всем слое земли при отвальной обработке.

При этом в самом верхнем слое на участках без оборота пласта этот процесс идет интенсивнее на 5-7 % [119].

Т.А. Кренинина также выявила, что ферменты каталаза и инвертаза проявляют активность в пахотном слое, если применяется отвальная обработка с оборотом пласта. В её многолетних исследованиях было установлено,

протеолитическая активность почвы на фоне безотвальных обработок была очень низкой. С углублением вспашки целлюлозоразлагающая способность почвы заметно увеличивалась.

Известный микробиолог Нина Святославна Веденяпина считала, что при периодическом перемещении горизонтов, то есть при проведении периодической отвальной обработки почвы наблюдается повышение биологической активности её пахотного слоя. В ее многолетних исследованиях было установлено, что при периодической отвальной обработке почвы на глубину 20–25 см численность почвенных микроорганизмов увеличивается на 18%, что способствует улучшению разложения органических веществ и улучшению структуры почвы. Это также приводит к повышению её водоудерживающей способности, что особенно важно для устойчивости посевов в засушливых условиях. использование периодической отвальной обработки урожайность ячменя увеличилась на 16%, достигнув 40,8 ц/га, в то время как на участках с минимальной обработкой или без обработки почвы урожайность составила только 35,3 ц/га. Это подтверждает, что улучшение биологической активности почвы способствует лучшему усвоению питательных веществ и повышению продуктивности культуры [19].

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объект, предмет и методология исследований

Объектом исследования в наших полевых экспериментах на почвах Черноземной зоны (южный) являлись посевы ярового ячменя сорта Надёжный. Опыты проводились в ООО «Научно-производственная фирма «Сады Чечни», Курчалоевский район, Чеченская Республика.

Предмет исследования:

1. Приёмы основной обработки почвы, включающие в себя отвальные обработки плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль); чизельное рыхление рабочими органами «Ранчо» на 0,35 м с оборотом пласта на 0,12-0,15 м и дисковые обработки дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м.

2. Органо-минеральное удобрение Моноаммонийфосфат.

3. Гербициды - Контроль без гербицидов; Линтур 180 г/га; Тандем, ВДГ 0,25 кг/га.

Рабочая гипотеза заключалась в предположении улучшения агрофизических показателей плодородия почвы, повышения микробиологической активности, снижения токсичности, улучшения пищевого режима, путём применения эффективных приёмов основной обработки почвы, органо-минеральных удобрений, возможности предварительной оценки возможной засорённости посевов ярового ячменя по разным видам и оптимизации агротехнологических и агрохимических способов с применением новых гербицидов, с контролем засорённости, не превышающим порог вредоносности.

В опытах применялся, патентом зарегистрированный Ибрагимом Мусаевичем Баматовым (Всероссийский Научно Исследовательский Институт Мелиорированных Земель – филиал ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева) реактор V-star, с автоматической установкой всевозможных технических и технологических параметров, предназначенных для производства полимер-модифицированных минеральных удобрений, в том числе Моноаммонийфосфат, с программируемым сроком пролонгации (реперно:1, 3 и 6 месяцев).

Конструкция реактора V-star защищена Патентом РФ. (RU 2667453 C1, Заявка № 2017126789, 2018 г.) [9]. Улучшенная новая оригинальная конструкция (Заявка №2023/109134/10/10/019683).

«Методика технологического программирования времени пролонгации действия биоразлагаемых полимер-модифицированных форм удобрений». Автор И. М. Баматов.

Технологической перенастройкой реактора для производства задаваемых характеристик полимеров обеспечивалась компьютерным микропроцессором. Данное программируемое руководство подтверждено Свидетельством Российского фонда алгоритмов и программ для ЭВМ (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021666912, 21.10.2021. Заявка № 2021665802) [10].

Внесение удобрений с полимерным наполнителем с расчётным периодом пролонгированного действия в различных соотношениях гарантирует эффективное использование комплексных минеральных удобрений с пролонгированным действием, предусматривающим использование действующего вещества из биоразлагаемых форм полимер модифицированных удобрений в критические фазы возделываемой любой возделываемой сельскохозяйственной культуры. В связи с этим были использованы удобрения (Моноаммонийфосфат) с полимерным наполнителем в разных соотношений реагирующих веществ (полимер к удобрений) [11-18].

Благодаря патентно-защищённому реактору V-star, сконструированному И. М. Баматовым, стало возможным производство полимер-модифицированных удобрений из классических минеральных удобрений и биологически разлагаемых полимерных материалов.



Рисунок. 1. Проточный химический реактор непрерывного смешивания жидкостей.

Разработанное Ибрагимом Мусаевичем Баматовым программное обеспечение контролирует в реальном времени температуру на всех производственных процессах образования, в процессе таблетирования полимер-минеральных удобрений использовался таблеточный пресс.

Опрессовка полимер-модифицированных удобрений позволяет получать таблетизированные формы размерами (высота x ширина) 2 см x 4 см, массой двадцать грамм.

Данные полимер-модифицированные удобрения, в том числе Моноаммонийфосфат, с программируемым сроком пролонгации использовались в наших опытах по совершенствованию технологий возделывания ярового ячменя на почвах Черноземной зоны (южный)

2.2. Схема опыта и методика исследований

Трёхфакторный опыт заложен по схеме ПФЭ 3 x 2 x 3.

Фактор А – Приёмы основной обработки почвы.

1. Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль).
2. Чизельная рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м
3. Мелкая дискатором БДМ-4 x 4 на глубину 0,10-0,12 м.

Фактор В – Удобрения.

1. Контроль (без удобрений)

- Полимер-модифицированное удобрение Моноаммонийфосфат

Фактор С – Гербициды.

- Контроль без гербицидов
- Линтур, ВДГ (Водно-диспергируемые гранулы) 0,18 кг/га
- Тандем, ВДГ (Водно-диспергируемые гранулы) 0,25 кг/га

Повторность трёхкратная, размещение вариантов фактора А рандомизированное, вариантов фактора В и С методом расщеплённых делянок. Размер посевных делянок первого порядка 30 x 7,2 м, площадь 216 м²; второго порядка 30 x 3,6 м, площадь 108 м²; третьего порядка 10 x 3,6 м, площадь 36 м². Размер учётных делянок первого порядка 30 x 7,2 м, площадь 216 м²; второго порядка 30 x 3,6 м, площадь 108 м²; третьего порядка 10 x 3,6 м, площадь 36 м².

В опыте высевался яровой ячмень, сорт Надёжный селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка». «Год включения в реестр: 2017. Родословная: (Аннабель x Эльф). Включён в Госреестр по Центральному (3) и Волго-Вятскому (4) регионам. Разновидность нутанс. Антоциановая окраска ушек флагового листа средняя, восковой налёт на влагалище сильный. Растение короткое. Колос пирамидальный - цилиндрический, средней плотности, со средним восковым налётом.

Ости длинные, зазубренные, с антоциановой окраской кончиков средней интенсивности. Антоциановая окраска нервов наружной цветковой чешуи

средняя, зазубренность внутренних боковых нервов наружной цветковой чешуи отсутствует или очень слабая. Масса 1000 зёрен - 41-51 г.



Рисунок 2 – Яровой ячмень сорт Надёжный.

В опыте проводились следующие учёты и наблюдения:

- Метеорологические
 - Фенологические
 - Определение биологической активности
 - Определение токсичности почвы
- 5) Наблюдения за содержанием и распределением в пахотном слое элементов минерального питания
 - 6) Учёт засорённости посевов
 - 7) Определение потенциальной засорённости почвы
 - 8) Учёт густоты стояния растений
 - 9) Определение биологического урожая и его структуры
 - 10) Учёт фактической урожайности ячменя
 - 11) Биоэнергетическая оценка изучаемых агроприёмов

12) Анализ рентабельности способов обработки почвы

Наблюдения и учёты проводились по следующим методикам:

- Метеорологические наблюдения по данным ближайшего метеопоста – осадки, температура, влажность воздуха.
- Биологическая активность почвы под ячменём с помощью льняных полотен методом «аппликаций».
- Токсичность почвы определялась по методике растительных тестов кафедры биологии почв МГУ;
- Определение биологического урожая и его структуры (по методике Госсортсети).
- Пищевой режим почвы:
 - А) содержание нитратного азота – дисульфеноловым методом, а аммиачного – колориметрическим;
 - Б) подвижный фосфор (P_2O_5) по методике Чирикова;
 - В) обменный калий (K_2O) – пламенно - фотометрически;
- Учет урожая – поделяночно методом прямого комбайнирования
- Определение потенциальной засоренности почвы по методике научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока.
- Математическую обработку данных урожая делали методом дисперсионного анализа.
- Биоэнергетическая оценка по методике доктора сельскохозяйственных наук, профессора В.В. Коринца.
- Оценка приемов обработки почвы по методике ВНИИЭСХ с точки зрения результативности.



Рисунок 3. Опытный участок возделывания ярового ячменя.

2.3. Технология возделывания ярового ячменя в опытах

Систему основной обработки почвы следует рассматривать как важнейшее средство последовательного устранения негативного влияния всех факторов, которые лимитируют продукционный процесс возделываемых сельскохозяйственных культур – избыточное увлажнение, эрозионная опасность, чрезмерное уплотнение пахотного и подпахотных слоёв почвы, малая мощность гумусового горизонта, низкое потенциальное плодородие.

Выбор системы почвообработки предопределён широким диапазоном, начиная с системы отвальной плужной обработки и заканчивая нулевой обработкой, то есть системой «ноу-тилл».

В наших опытах основная обработка почвы проводилась тремя различными орудиями с разными конструктивными особенностями их рабочих органов. Согласно вариантов в наших полевых экспериментах в качестве орудий основной обработки почвы использовались плуг ПН-4-35; орудие ОЧО-5-40; дискатор БДМ 4 х 4.



Рисунок 4. Плуг ПН 4-35



Рисунок 5. Ресурсосберегающий анти-нулевой чизельный орган «РАНЧО»
(патент РФ №2399177)



Рисунок 6. Дискатор БДМ 4 x 4

Главная задача системы удобрений - это создание оптимального пищевого режима и сглаживание пространственной неоднородности агрофона. На элювиальных территориях главными направлениями по формированию оптимального пищевого режима должно быть известкование и внесение высоких доз минеральных и органических удобрений. В транзитных ландшафтах внесение высоких доз органических и поддерживающих минеральных удобрений, и известковых удобрений позволяет восполнять эрозионные потери элементов питания и углерода почвы. В транзитно-аккумулятивных и аккумулятивных агроландшафтах необходимо вносить только поддерживающие дозы минеральных удобрений и извести.

В нашем опыте, который проводился на аккумулятивном агроландшафте, изучалось 2 варианта с удобрениями. Первый вариант - контрольный без внесения удобрений. Второй вариант – внесение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат в дозе 200 кг/га.

Моноаммонийфосфат (МАФ) с полимерной матрицей.

Удобрение Моноаммонийфосфат (аммофос) – комплексное сложное азотно-фосфорное минеральное удобрение, хорошо растворимое в воде, легко усваивается растениями, имеет более низкое значение кислотности. Это удобрение можно применять на любых почвах, кроме сильно кислых.

В своём составе удобрение моноаммонийфосфат содержит общего азота 12%, фосфора 61%.

В нашем опыте полимер-модифицированное удобрение Моноаммонийфосфат с пролонгируемым эффектом вносилось под предпосевную культивацию с заделкой в почву.

Обеспечивает растения азотом и фосфором, способствует наращиванию зеленой массы, развитию и укреплению корневой системы, улучшает приживаемость саженцев и рассады, увеличивает их жизнестойкость.

В нашем опыте использовалось полимер-модифицированное удобрение моноаммонийфосфат, произведённое на сконструированном И.М. Баматовым патентно-защищённом реакторе V-star, который позволяет получать

инновационные формы пролонгируемых полимер-модифицированных удобрений.

Пролонгированный эффект у удобрений с полимерным наполнителем достигается за счёт структурной перестройки диффузионной стенки, которая состоит из материала с хорошими гидрофобными характеристиками.

Производство полимер-модифицированных удобрений контролируемого высвобождения макроэлементов значительным образом уменьшает потребление питательных элементов, которое, в свою очередь, вызывается такими негативными физическими процессами, как улетучиванием, так и выщелачиванием.

Гербицид ЛИНТУР®, ВДГ имеет в своём составе два действующих вещества: дикамбу и триасульфурон. Дикамба кроме гербицидных свойств является ещё росторегулятором, а триасульфурон способен ингибировать синтез незаменимых аминокислот. Оба действующих вещества дикамба и триасульфурон способны проникать в сорные растения через корневую систему и листовую поверхность.

В результате воздействия данных действующих веществ у сорных растений наблюдается остановка роста, пожелтение и некроз листьев и стеблей с последующей гибелью. Симптомы могут проявляться на 5–7-е сутки, а полная гибель сорных растений наблюдается через 2–3 недели после обработки, в зависимости от вида сорнополевой растительности и погодно-климатических условий.

Наилучший результат подавления сорняков фиксируется, когда они находятся в фазе от 2 до 6 листьев, а розетка многолетних сорняков вырастает до 10 см в диаметре. Гербицид Линтур применяется как весной, так и осенью в фазу кущения возделываемой культуры. Внесение гербицида Линтур подавляет зимующие сорняки, в том числе зимующие формы подмаренника цепкого, пастушью сумку, ярутку полевую, живокость посевную, василек синий.

Благодаря существенному снижению численности сорнополевой растительности могут создаваться благоприятные условия для роста и развития возделываемых зерновых культур.

Гербицид Тандем является комбинированным послевсходовым гербицидом избирательного действия для контроля двудольных сорняков в посевах зерновых культур. Оптимальная стадия развития чувствительных однолетних двудольных сорняков 2–3 листа; многолетних – диаметр розетки 4–6 см; вьюнка полевого – длина побегов 8–15 см.

Высокая эффективность гербицида Тандем обеспечивается содержанием двух сразу действующих веществ из различных химических классов:

Трибенурон-метил отличается высокой системной активностью, быстрым поглощением через листья и корни и легким перемещением в сорнополевой растительности. В сорняках гербицид Тандем быстро блокирует фермент ацетолактатсинтазу, который принимает непосредственное участие в синтезе незаменимых аминокислот.

Флорасулам обладает системным действием. В растения проникает через листья и корни, в зерно не проникает. Механизм действия заключается в ингибировании ацетолактатсинтазы. Она является ключевым ферментом в образовании валина, изолейцина и лейцина.

Преимуществами являются: Контроль широкого спектра двудольных сорняков, включая подмаренник цепкий, виды крестоцветных, ромашки, осота и бодяка; оптимальное решение для борьбы с подмаренником цепким в широком интервале стадий его развития; первые визуальные симптомы действия препарата на сорняки наблюдаются через 7-10 дней после обработки; полная гибель сорняков наблюдается на 14-28 день; использование во всех типах севооборотов без ограничений.

В наших опытах с 2023 по 2025 годы на подзолистых почвах Чернозёмной (южный) зоны по совершенствованию технологий возделывания ярового ячменя предшественником ярового ячменя являлась озимая пшеница.

После проведения основной почвенной обработки, для уничтожения сорняков и дополнительного крошения, и выравнивания культивировалось культиватором КПС-4 на глубину 6-8 см. Практически сразу после проведения предпосевной культивации поперёк её проводился посев ярового ячменя сорта Надёжный зерновой сеялкой СЗ-3,6 и проводилось послепосевное прикатывание кольчато-шпоровыми катками.

2.4. Почвенно-климатические условия проведения полевых экспериментов

Результатом изучения адаптивных реакций сельскохозяйственных культур является определение характера и границ агроэкологических кластеров.

По мнению А.А. Жученко «Агроэкологически-однотипными территориями, считаются пространства, объединяющие сравнительно однородные по геоморфологии, литологии, типу почвы, гидрологическому режиму, климату и другим показателям зоны, районы, массивы земель или производственные участки».

На основе комплексного анализа природных условий на территории Чеченской Республики, в которой проводились наши полевые эксперименты выделяются 4 природно-хозяйственных района, территориально совпадающие с агроэкологическими разделами [52].

Курчалоевский район Чеченской Республики, на территории которого велись исследования, относится к Центральному агроэкологическому району. Данный административный район имеет достаточные ресурсы тепла и влаги.

Примечательно, что данный район с трех сторон ограничен естественными преградами: с севера Качкалыкским хребтом, с востока и юга отрогами Черных гор и только с запада свободно могут проникать ветра, но и они в большинстве своем несут долгожданные дожди.

Рельеф почвы на опытном участке ровный с небольшим $2,0^\circ$ уклоном на северо-запад.

Почвы Курчалоевского района по плодородию в Чеченской Республике занимают среднее положение. В основном это луговые почвы со средним суглинистым гранулометрическим составом.

Объемная масса почвы пахотного слоя колеблется в пределах от 1,2 до 1,35 г/см³. Отличается промывным типом водного режима почвы.

Скважность по всему почвенному профилю (за исключением верхних слоев) весьма равномерна и в среднем близко к 56%. Водопрочность в верхних слоях почвы приближается к 48%. Количество структурных агрегатов близко к 80 %.

Реакция почвенного раствора щелочная (рН 8,6). Содержание гумуса в пахотном слое 4,6%. Верхние горизонты почвы характеризуются средней нитрификационной способностью 1,2 мг/100 г почвы, средними запасами валового азота – 18-28 мг/кг почвы, небольшими – подвижного фосфора - 18-21 мг/ кг, и высокими обменного калия - 120 – 150 мг/кг. Сумма поглощенных оснований в пахотном горизонте равна 42-44 мг/экв. на 100 г почвы.

Климатические условия лесостепной зоны Чеченской Республики умеренно континентальные. Зима мягкая с неустойчивым снежным покровом. Лето жаркое с недостаточным увлажнением (особенно с середины июня). Среднегодовая температура воздуха 9,7°C. По многолетним данным заморозки прекращаются во II декаде апреля, однако в отдельные годы в результате возврата холодов последние заморозки могут наблюдаться в I декаде мая.

Переход температуры через +10°C наблюдается в середине апреля с продолжительностью этого периода -185 суток, а сумма активных температур воздуха за это время составляет 3100 - 3300°C.

По водному режиму эта зона относится к недостаточному увлажнению. Среднегодовое количество осадков - 500-650 мм, при испаряемости - 1050 мм. Сумма осадков за период активной вегетации составляет 350-500 мм. В связи с неравномерностью распределения осадков по времени в отдельные годы имеет место засухи и суховеи.

Лето в большинстве районов умеренно жаркое, средняя месячная температура июля 21-24 °С, максимальная – 40-42 °С. За период с апреля по октябрь насчитывается 80-90 дней с засухами и суховеями. Вегетация растений начинается с третьей декады марта по первую декаду апреля. Продолжительность безморозного периода определяется высотными отметками 100-200 м над уровнем моря.

Наибольшее количество осадков 313 мм выпадает в период май – август, а испаряемость при этом колеблется от 160 до 185 мм. Большая часть осадков летом носит ливневый характер, что значительно снижает эффективность их использования посевами.

Погодно-климатические условия зоны и плодородие в целом благоприятны для возделывания сельскохозяйственных культур, в т.ч. и ячменя ярового.

Погодные условия в годы исследований 2023-2025 гг. сложились неоднозначно. Погодные условия вегетационного периода 2023 года значительно отличались от среднемноголетних значений. Они складывались благоприятным образом с самого начала года. Зима была малоснежной с небольшими осадками. Температура воздуха в феврале находилась на уровне многолетних данных, при осадках выше нормы на 30%. Март выдался теплее обычного, с осадками меньшими наполовину, что позволило своевременно провести ранневесенние посевы яровых культур.

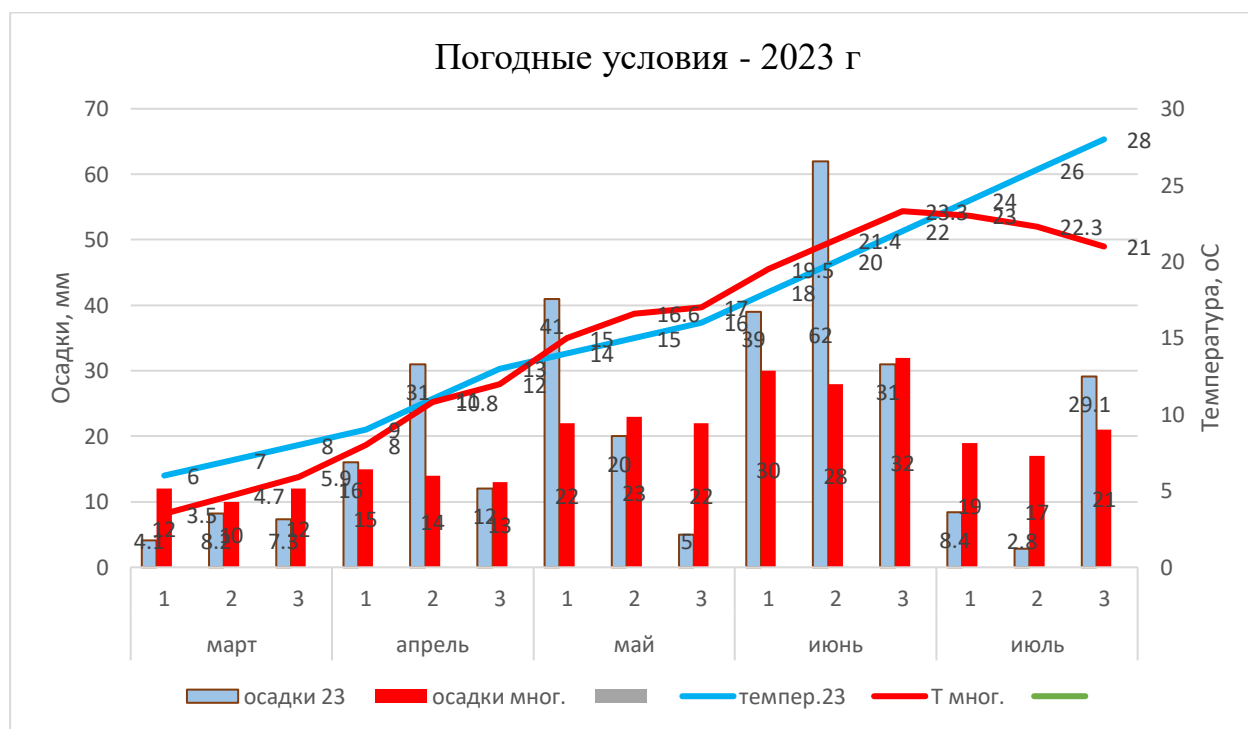


Рисунок 7 – Погодные условия в период вегетации ярового ячменя в 2023 г.

Осадки, выпавшие в апреле на 30% больше нормы, обеспечили дружные всходы и дальнейшее их развитие. Погода в мае практически соответствовала средним многолетним показателям по осадкам, а температура воздуха до самого конца июня держалась ниже уровня многолетних данных на 1-1,5°C.

В июне выпало рекордное количество осадков 131 мм (в полтора раза больше нормы), что привело к частичному полеганию ячменя.

В июле установилась благоприятная для уборки погода, количество осадков уменьшилось более чем вдвое, повысилась температура воздуха до 28°C.

В зимние и ранневесенние месяцы 2024 года температура воздуха в целом также превышала многолетние нормативы. Потепление погоды на 3-4⁰ было отмечено с самого начала года, несмотря на частое выпадение осадков, превышавших норму в 1,5 раза.

Погода в марте соответствовала многолетним наблюдениям с незначительным перевесом в температуре и осадках. Уже со второй декады температура воздуха периодически превышала 5⁰ отметку.

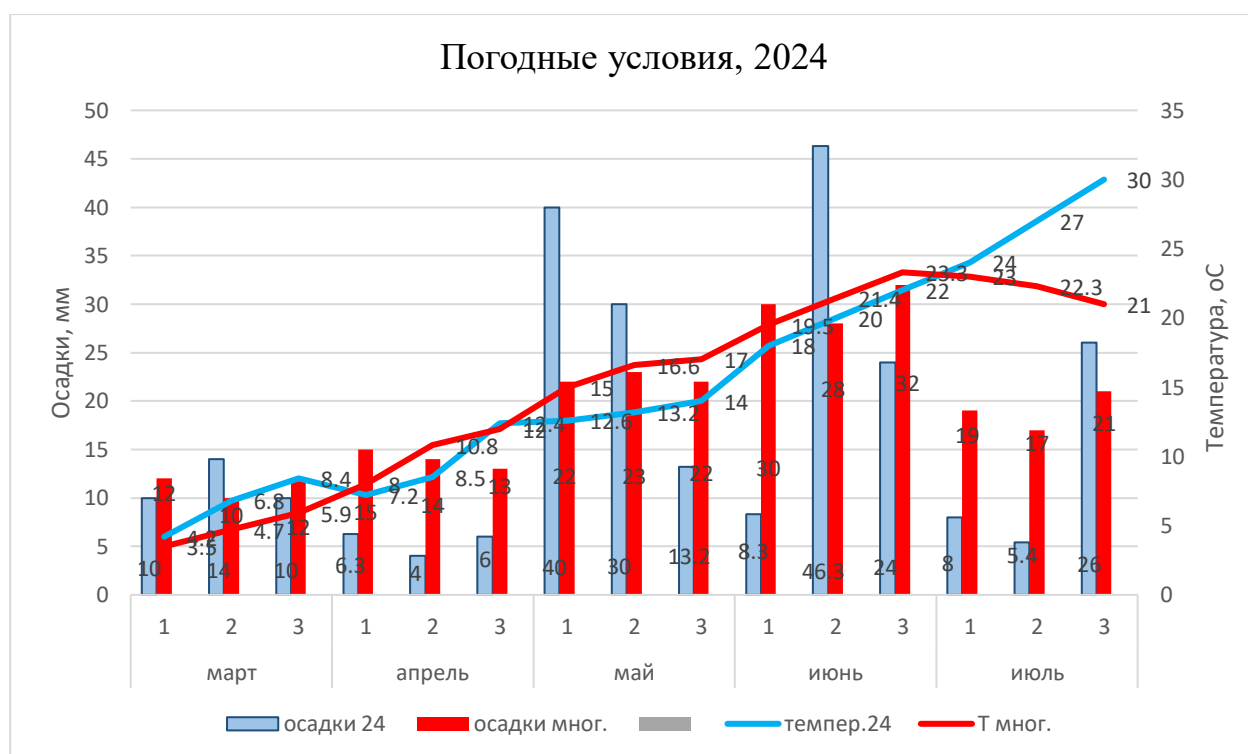


Рисунок 8 – Погодные условия в период вегетации ярового ячменя в 2024 г.

Апрель выдался прохладным со средней температурой 7°C на 1-1,5⁰ ниже многолетней при жестком дефиците влаги (осадков выпало всего 38% от нормы). Осадки, превышавшие норму в мае на четверть, также сопровождалось небольшим на 2-3⁰ снижением температуры воздуха.

Дефицит осадков в начале июня вызвал повышение температуры на 1-2⁰C, но в целом температура воздуха была ниже многолетних показателей и только в июле наблюдалось резкий ее подъем до 27 – 30°C. Фактическая средняя температура

воздуха в июле составила 25,1°, что на 1,2° выше среднеемноголетних показателей, при осадках на 26% меньше нормы.

Начало 2025 года характеризовалось теплой погодой с незначительными осадками. Максимальные температуры в первые дни января превышали +12°C. Увеличение количества осадков на 78% в феврале сопровождалось похолоданием. Минимальные значения температур в 3-й декаде февраля и в первые дни марта держались на уровне -14-16°C.

В марте среднесуточная температура воздуха превысила 6,5° при осадках, превышавших норму на 20%. Температура воздуха в апреле также превышала норму до 3°C, при этом осадков выпало вдвое больше нормы.

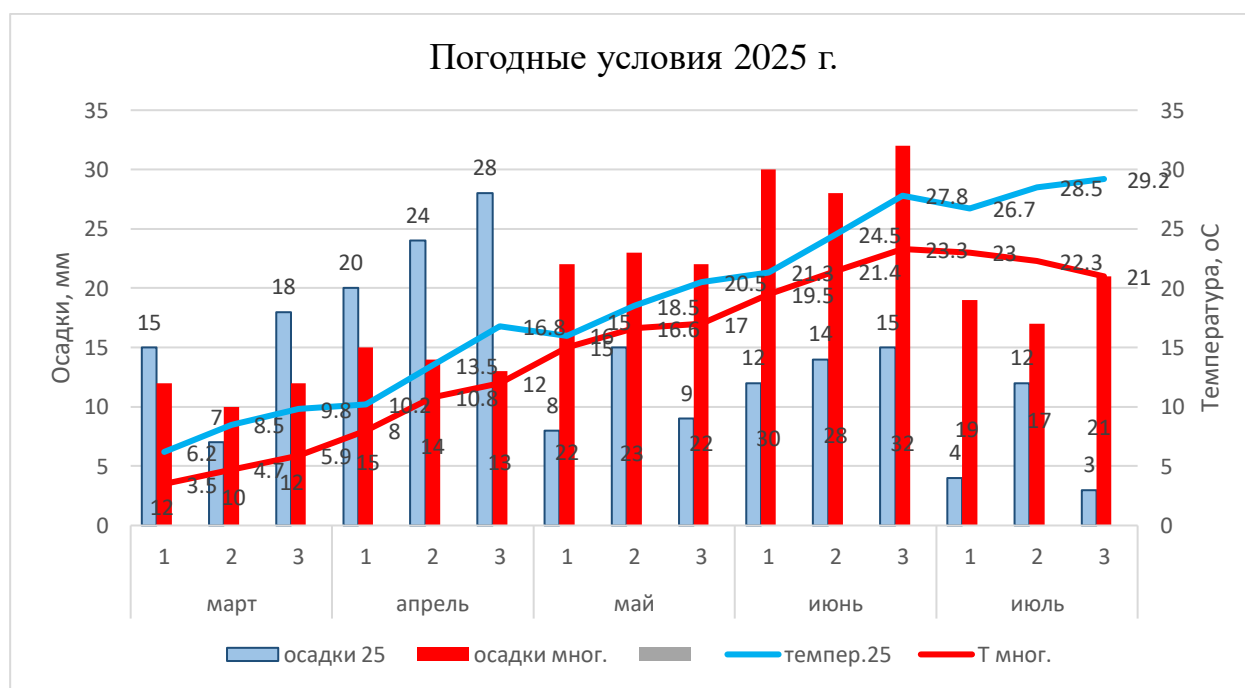


Рисунок 9 – Погодные условия в период вегетации ярового ячменя в 2025 году

В мае и июне количество осадков сократилось в двое, и средняя температура воздуха в этот период держалась устойчиво превышала уровень многолетних значений почти на 3°C, при этом максимальные их значения превышали уровень 30°C.

В июле средняя температура воздуха превышала норму почти на 3-5°C, максимальные значения приближались к 37-39°C, при этом количество осадков снизилось до 36% от нормы.

Таким образом, сложившиеся в годы исследований погодные условия, несмотря на их неоднозначность, вполне обеспечили потребности растений ярового ячменя и обеспечили достойную урожайность. Немалая роль в этом принадлежит пространственной изоляции данного района от иссушающих северных и северо-восточных ветров. Анализ влажности воздуха убедительно показывает устойчивость этого показателя в течение года. В большинстве своем значение влажности воздуха близко к 70-80% и только в самые жаркие месяцы июль-август значение ее снижается до 44 -52%, но это зерновым культурам уже не вредит, только облегчает уборку и очистку зерна.

ГЛАВА 3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

3.1. Фенология ярового ячменя в опытах

Между культурными и сорными растениями, кроме антагонизма, может также существовать аллелопатическая связь. В нашем опыте рассматривалось аллелопатическое влияние таких сорных растений, как горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus*), горчица посевная (*Sinapis arvensis*), осот полевой (*Sónchus arvénsis*), пырей ползучий (*Agropyron repens*).

Проводимый лабораторный анализ аллелопатической связи сорных растений с культурными подтвердил значительную степень аллелопатической зависимости возделываемых культур, которая в большой степени проявляется в процессе непосредственного прорастания испытуемой тест-культуры, в наших данных лабораторных изысканиях, тестируемой культурой являлся редис.

Таблица 1 – Аллелопатическое влияние (2023-2025 гг.)

Сорное растение	Число проросших семян, %			
	Соотношение в вытяжке надземной части сорных растений к воде		Соотношение в вытяжке корневой части сорных растений к воде	
	5 : 50	1 : 50	5 : 50	1 : 50
Горец вьюнковый	20	40	30	40
Трёхрёберник непахучий	30	50	40	60
Вьюнок полевой	10	20	30	40
Горчица посевная	20	40	30	40
Осот полевой	20	40	30	50
Пырей ползучий	30	50	60	60
Контроль (вода)	100			

Водные вытяжки из наземной и корневой части сорных растений могут оказывать заметное воздействие на динамику роста семян ярового ячменя. Наибольшее угнетение семян ярового ячменя сорта Надёжный наблюдалось на вариантах с трёхрёберником непахучим, горчицей посевной и пыреем ползучим, так как к выделениям данных видов сорных растений яровой ячмень наиболее чувствителен, потому что проросших семян ячменя оказалось не более 40 % зёрен, как на вытяжках надземной, так и корневой части данных сорных растений.

Таблица 2 – Аллелопатическое влияние сорных растений на прорастание семян ярового ячменя сорта Надёжный (2023-2025 гг.)

Сорное растение	Число проросших семян, %			
	Соотношение в вытяжке надземной части сорных растений к воде		Соотношение в вытяжке корневой части сорных растений к воде	
	5 : 50	1 : 50	5 : 50	1 : 50
Горец вьюнковый	20	30	20	30
Трёхрёберник непахучий	20	30	20	30
Вьюнок полевой	40	50	60	60
Горчица посевная	20	30	20	40
Осот полевой	50	60	40	50
Пырей ползучий	20	40	30	40
Контроль (вода)	100			

Сроки посева ярового ячменя различались по годам исследований и напрямую зависели от складывающегося температурного режима на период посева и соответственно степенью спелости и прогретости почвы. Весеннее боронование почвы проводилось сразу с возможностью выезда

бороновальных агрегатов в поле. Через день проводилась предпосевная культивация и вслед за ней посев ярового ячменя.

Ранний посев ячменя является важным фактором получения высоких урожаев данной культуры. Срок посева находится в прямой зависимости от почвенно-климатических и погодных условий. В наших опытах погодные условия 2025 года по складывающимся аномально тёплым режимом в конце марта - начале апреля позволили провести предпосевную культивацию и посев ярового ячменя намного раньше по сравнению с предыдущими годами.

В 2023 году в связи с холодной весной всходы ячменя наблюдались только на одиннадцатые сутки, в 2024 году всходы были установлены на тринадцатые сутки, в 2025 году на восьмые сутки.

Таким образом, в 2023 году всходы отмечались 9 мая, в 2024 году 17 мая и в 2025 году 4 мая.

Под кущением понимают фазу появления новых стеблей из узла кущения, расположенного в нижней части основного стебля. Наступление кущения у ячменя фиксируется с образования трёх настоящих листьев. От всходов ярового ячменя до начала кущения проходит, как правило, от двух до трёх недель. Лимитирующие значения влаги в посевном слое увеличивают межфазный период от всходов до кущения.

В 2023 году межфазный период от всходов до кущения равнялся 13 суткам, в 2024 году период между всходами и кущением оказался на двое суток длиннее, чем в 2023 году, а в 2025 году на одни сутки длиннее по сравнению с 2023 годом и на одни сутки короче, чем в 2024 году.

После полных всходов у ярового ячменя фиксируется фаза стеблевания - период максимального потребления питательных элементов и влаги.

В нашем опыте начало фазы стеблевания в 2023 году отмечалось 11 июня, в 2024 году 13 июня, а в 2025 году, несмотря на то, что всходы ярового ячменя появились позже чем в 2023 и в 2024 годах начало фазы стеблевания отмечалось 8 июня.

Следующей фенологической фазой развития зерновых культур считается колошение, или выколашивание.

Начало этой фазы определяется датой появления колоса на поверхности стебля. Начало и продолжительность фазы колошения состоят в высокой корреляционной связи с сортовыми характеристиками ячменя и складывающимися погодными условиями. Также они могут изменяться и от тех или иных приёмов агротехники.

В нашем опыте изучался один сорт ячменя Надёжный, а метеоусловия конечно же различались по годам. Повышение температурного режима в межфазный период кущение-колошение приводит к заметному ускорению наступления фазы колошения, что наблюдалось в наших опытах в 2025 году.

В результате, данная фаза в этот год фиксировалась 27 июня. В 2023 году она отмечалась на трое суток позднее, а в 2024 году на пять суток позднее.

В течение 12-15 суток после окончания цветения у ярового ячменя наблюдается молочная спелость. В этот период растения продолжают сохранять зелёную окраску, только нижние листья могут начать желтеть. После молочной спелости наблюдается восковая спелость.

В этот период растения ячменя полностью уже становятся жёлтыми. Зерно внутри оболочки принимают восковую консистенцию.

Затем наступает фаза полной спелости, в этот период влажность зерна снижается до 14-15 % и оно становится твёрдым. Наступает время проведения уборки методом прямого комбайнирования.

В 2023 году полная спелость возделываемого все годы проведения полевых исследований ярового ячменя сорта Надёжный наблюдалась 25 июля, в 2024 году на 10 дней позднее, то есть 4 августа, в 2025 году на 6 дней ранее, то есть 19 июля.

Наиболее продолжительным по времени вегетационным периодом ярового ячменя сорта Надёжный в нашем опыте в 2024 году являлся период с продолжительностью 91 сутки. Наименее длинным определён вегетационный

период ярового ячменя 2025 года, на 7 суток короче в сравнении с 2024 годом, на 4 суток короче в сравнении с 2023 годом и соответствовал 84 суткам.

Элементы технологий, которые представлены в нашем опыте, проводившемся с 2023 по 2025годы значимого воздействия на наступление и продолжительность фенологических фаз и всего вегетационного периода не повлияли, но отмечалась высокая вариабельность прохождения фенологических фаз и всего периода вегетации ярового ячменя Надёжный по годам исследований, то есть продолжительность одного и того же сорта ярового ячменя в основном зависит от складывающихся в период вегетации возделываемой культуры погодных условий (табл. 3).

Таблица 3 – Продолжительность фенологических фазу ярового ячменя в 2023 – 2025 годах

Фенологические фазы	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Дата посева	28.04	04.05	26.04
Дата всходов	09.05	17.05	04.05
Дата кущения	22.05	02.06	18.05
Дата стеблевания	11.06	13.06	08.06
Дата колошения	30.06	02.07	27.06
Дата полной спелости	25.07	04.08	19.07
Продолжительность вегетационного периода, дни	88	91	84

3.2. Микробиологическая активность

Потенциальное почвенное плодородие почвы во многом определяется ее биологической активностью. Микробиологическая активность представляется катализатором всех биологических процессов, которые происходят в почве. При этом, микробиологическая активность напрямую зависит от вида почвы, структурного состояния, макроагрегатного состава, содержания в ней органического вещества, условий и степени увлажнения и от складывающегося в реальном времени температурного режима.

В наших многолетних опытах через две недели после проведения основной обработки почвы была проведена биоиндикация плодородия пахотного слоя по численности населяющих его микроорганизмов. Установлено, что способы основной обработки почвы оказывали влияние на структуру микробного сообщества. Так, на варианте отвальной обработки отмечалась тенденция к увеличению численности грибов, актиномицетов и бактерий, учитываемых на крахмально-аммиачном агаре (КАА). В то же время на варианте глубокого чизельного рыхления наблюдалось повышение численности микроорганизмов, способных усваивать органический азот, определяемых на мясопептонном агаре (МПА), а также грибов, учитываемых на среде Чапека. При этом следует отметить, что в составе почвенной микробиоты преобладали бактерии.

В наших исследованиях по биологической активности почвы также применялся предложенный Е.Н. Мишустинным и А.Н. Петровой (1965) метод льняных полотен с последующим подсчётом количества образовавшихся при их разрушении аминокислот, который имитирует естественный процесс разложения целлюлозы из растительных остатков, находящихся в определённых слоях почвы.

В результате проведённых трёхлетних испытаний отмечена изменчивость биологической активности пахотного слоя по годам проведения опытов, и то, что наблюдалась большая зависимость её от приёмов основной обработки, меньшая зависимость от вариантов с

использованием полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и отсутствие зависимости на вариантах с применением гербицидов.

Корреляционная зависимость на различных фонах основной обработки в среднем за период вегетации ярового ячменя равнялась 0,88. Корреляционная зависимость от применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат составляла 0,62.

Наименьшее значение биологической активности в фазу кущения наблюдалось на делянках мелкого дискового рыхления с предпосевными подкормками Моноаммонийфосфатом, и в среднем за 2023-2025 годы равнялась 251 мкг на 1 г полотна.

На варианте мелкого дискового рыхления почвы без предпосевных подкормок Моноаммонийфосфатом число аминокислот в фазу кущения ярового ячменя увеличивалось на 6 мкг/1 г полотна, или на 2,4 %, что свидетельствует о сравнительно низкой интенсивности процессов разложения органического вещества при отсутствии дополнительного питания.

На фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу кущения увеличивалось на 63 мкг на 1 г полотна, или на 25,1 %, что указывает на более активное протекание микробиологических процессов по сравнению с поверхностной обработкой, однако без дополнительного стимулирующего воздействия удобрения.

На варианте обычной отвальной обработки с внесением Моноаммонийфосфата количество аминокислот в фазу кущения определялось на уровне 78 мкг на 1 г полотна, или на 31,1 % больше, что свидетельствует о положительном влиянии удобрения на активизацию процессов разложения органического вещества. На варианте базисной отвальной обработки без внесения Моноаммонийфосфата количество

аминокислот в фазу кущения определено на уровне 82 мкг на 1 г полотна, или на 32,7 % больше, однако полученные данные следует рассматривать с учётом совокупного влияния обработки почвы и природных условий, при этом применение Моноаммонийфосфата в целом способствовало стабилизации и усилению биологической активности почвы.

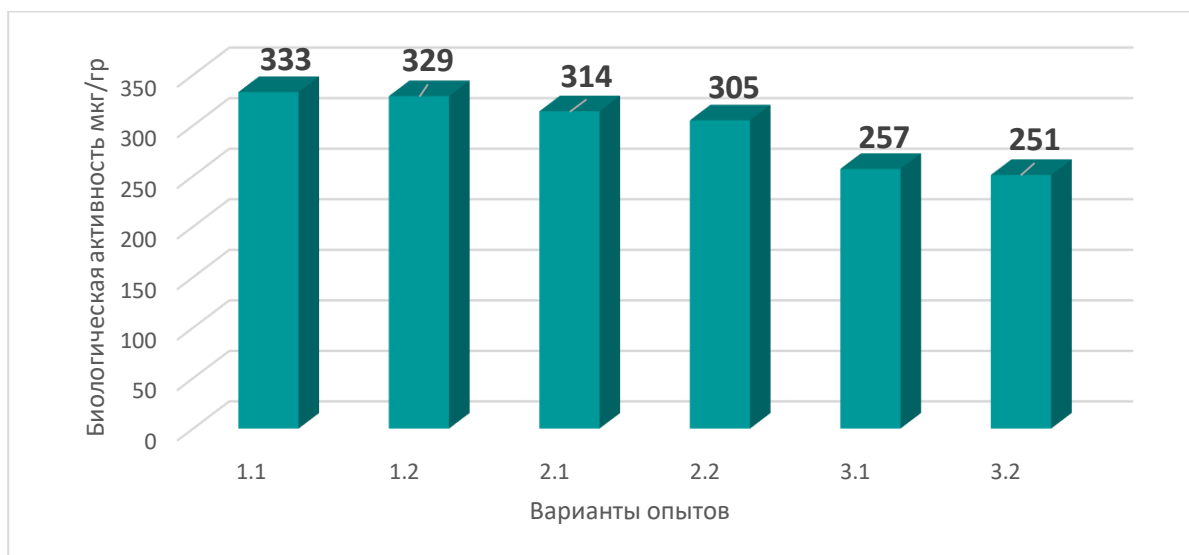


Рисунок 13. Биологическая активность в слое 0-0,5 м в фазу кущения ярового ячменя, мкг аминокислот/ 1 г полотна (среднее за 2023-2025 гг.)

Наименьшее значение биологической активности в фазу трубкавания наблюдалось на делянках мелкого дискового рыхления, предпосевными подкормками Моноаммонийфосфатом, и в среднем за 2023-2025 годы равнялась 278 мкг на 1 г полотна. На делянках мелкого дискового рыхления без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу трубкавания увеличивалось на 7 мкг на 1 г полотна, или на 2,5 %. На вариантах глубокого чизельного рыхления и оборота пласта на 0,12-0,15 м с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу трубкавания увеличивалось на 60 мкг на 1 г полотна, или на 21,6 %. На вариантах глубокого чизельного рыхления и оборота пласта на 0,12-0,15 м без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу трубкавания увеличивалось на 68 мкг на 1 г полотна, то есть, на 24,5 %. На фоне обычной

отвальной обработки с внесением Моноаммонийфосфата содержание аминокислот в фазу трубкавания повышалось на 86 мкг на 1 г полотна, то есть, на 30,9 %.

На фоне обычной отвальной обработки без внесения Моноаммонийфосфат содержание аминокислот в фазу трубкавания повышалось на 91 мкг на 1 г полотна, то есть, на 32,7 %.

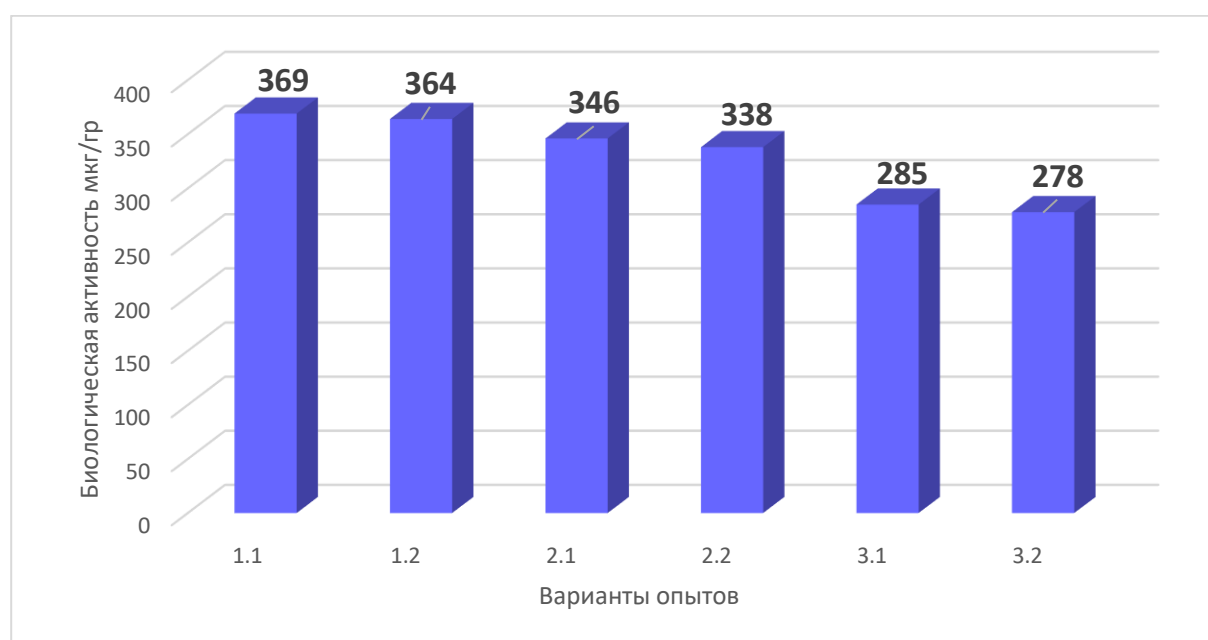


Рисунок 14. Биологическая активность в слое 0-0,5 м в фазу трубкавания, мкг аминокислот/1 г полотна (среднее за 2023-2025 гг.)

Наименьшее значение биологической активности в фазу колошения наблюдалось на делянках мелкого дискового рыхления, предпосевными подкормками Моноаммонийфосфатом и в среднем за 2023-2025 годы равнялась 272 мкг на 1 г полотна. На делянках мелкого дискового рыхления без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу колошения увеличивалось на 7 мкг на 1 г полотна, или на 2,6 %.

На вариантах глубокого чизельного рыхления и оборота пласта на 0,12-0,15 м с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу колошения увеличивалось на 59 мкг на 1 г полотна, или на 21,7 %. На вариантах глубокого чизельного рыхления и оборота пласта на 0,12-0,15 м без

применения Моноаммонийфосфата количество аминокислот в фазу колошения увеличивалось на 68 мкг на 1 г полотна, или на 25,0 %. На вариантах вспашки на глубину 0,20-0,22 м с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу колошения увеличивалось на 85 мкг на 1 г полотна, или на 31,2 %. На вариантах вспашки на глубину 0,20-0,22 м без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат количество аминокислот в фазу колошения увеличивалось на 90 мкг на 1 г полотна, или на 33,1 %.

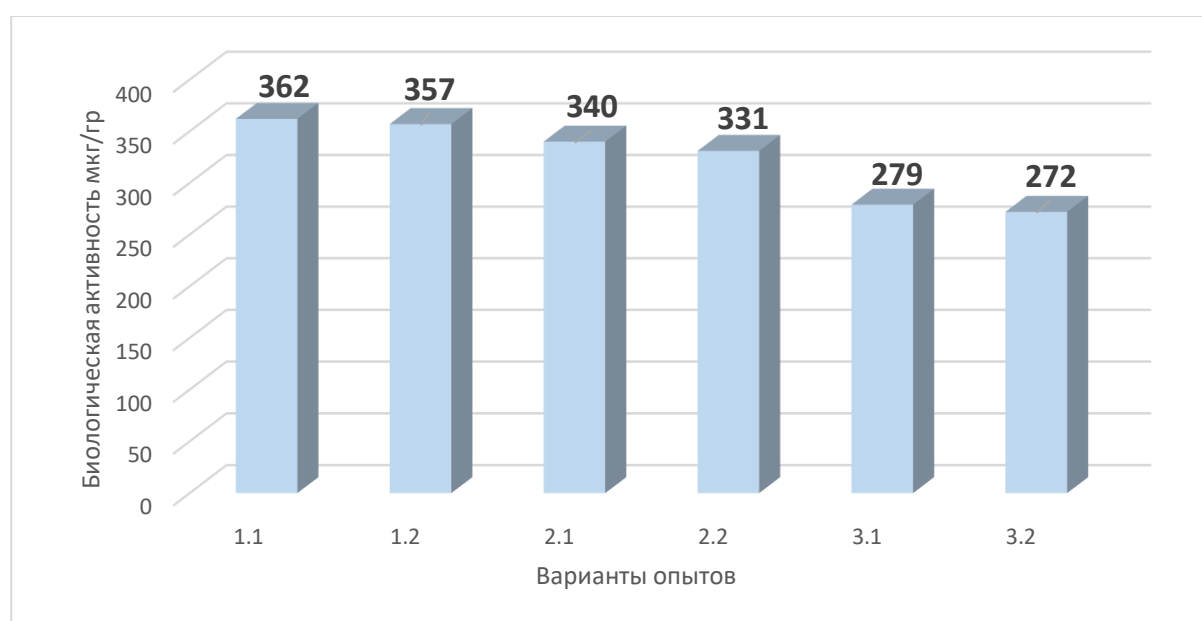


Рисунок 15. Биологическая активность в слое 0-0,5 м в фазу колошения, мкг аминокислот/ 1 г полотна (среднее за 2023-2025 гг.)

По результатам наших опытов мы пришли к выводу, что максимальная биологическая активность пахотного слоя проявляется у ярового ячменя в период фазы выхода в трубку, а минимальная устанавливается в фазу кущения. Из трёх приёмов основной обработки почвы, изучаемых в нашем опыте, наиболее благоприятные условия для биологической активности почвы, создавались на фоне отвальной плужной обработки на 0,20-0,22 м. Применение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат перед посевом ярового ячменя незначительно, но снижало биологическую активность.

Закономерности протекания процессов почвенной микробиологической активности, в наших опытах полностью соблюдались во все годы полевых экспериментов.

Таблица 4 - Микробиологическая активность почвы в слое 0–0,5 м (среднее за вегетацию 2023–2025 гг.), мкг аминокислот на 1 г полотна

Фактор А (обработка почвы)	Фактор В (удобрения)	Биологическая активность, мкг/1 г полотна				
		Фактор С (гербициды)	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	355	366	350	357
		Линтур	360	372	354	362
		Тандем	360	372	354	362
	Моноаммонийфосфат	Контроль	350	361	345	352
		Линтур	355	367	349	357
		Тандем	355	367	349	357
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	333	344	328	335
		Линтур	338	350	332	340
		Тандем	338	350	332	340
	Моноаммонийфосфат	Контроль	325	336	320	327
		Линтур	330	340	324	331
		Тандем	330	340	324	321
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	274	285	276	276
		Линтур	277	288	279	279
		Тандем	277	288	279	279
	Моноаммонийфосфат	Контроль	267	278	269	269
		Линтур	270	281	272	272
		Тандем	270	281	272	272

$НСР_{05} (A) = 9,2$

$НСР_{05} (B) = 6,7$

$НСР_{05} (C) = 2,5$

$НСР_{05} (AB) = 11,1$

$НСР_{05} (AC) = 3,6$

$НСР_{05} (BC) = 3,0$

$НСР_{05} (ABC) = 12,8$

$V = 3,4 \%$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Из полученных данных (Таблица 4) можно сделать следующие выводы, что: Корреляционный анализ показал, что между показателями 2023 и 2024 годов установлена полная положительная связь ($r = 1,0$), что свидетельствует об идентичности направленности изменений изучаемых показателей в эти годы. Между 2023 и 2025 годами, а также между 2024 и 2025 годами также выявлена очень высокая степень положительной корреляции ($r = 0,9996$), что указывает на практически полное совпадение динамики показателей биологической активности почвы в рассматриваемые периоды. Результаты t-критерия Стьюдента подтверждают отсутствие статистически значимых различий между годами наблюдений: для 2023 и 2024 годов $t = -0,75$ при $p = 0,462$; для 2023 и 2025 годов $t = 0,19$ при $p = 0,851$; для 2024 и 2025 годов $t = 0,97$ при $p = 0,341$. Во всех случаях значение p превышает 0,05, что свидетельствует об отсутствии достоверных различий между сравниваемыми выборками.

Таким образом, различия в показателях биологической активности почвы по годам носили несущественный характер и не выходили за пределы естественной вариабельности. Данные показывают, что погода в период проведения работ не определяла изучаемые параметры. В то же время установленные значения зависели от агротехнических методов, которые применялись в эксперименте. Важным является то, что такие практики, как внесение удобрений и использование гербицидов, определяют микробиологическую активность. При этом указанная активность сохраняет постоянство в изученных условиях. Результаты тестов демонстрируют, что гербициды Линтур и Тандем, а также комплексная защита растений уменьшают количество сорных растений. И этот процесс косвенно активизирует почвенные микробиологические процессы и повышает биологическую активность почвы. Это подтверждается тем, что на участках с применением гербицидов присутствуют аминокислоты и другие показатели активности в большом количестве. На основе проведенных опытов можно утверждать следующее. Если наступают засуха и переменчивые

климатические условия, то регулярное использование гербицидов помогает сохранять нужный уровень биологической активности почвы. И такое состояние способствует тому, что продуктивность сельскохозяйственных культур, включая ячмень, становится выше. Гербициды, наряду с другими агротехническими мерами, не только обеспечивают более чистые посевы, но и способствуют улучшению почвенного состава, снижению излишней конкуренции со стороны сорняков и, как следствие, росту урожайности.

Таким образом, использование комплексных агрономических методов, включая гербициды и систему защиты растений, приносит положительный эффект на биологическую активность почвы, что, в свою очередь, способствует улучшению как качества, так и количества сельскохозяйственной продукции.

3.3. Токсичность

Обитающие в почве микроорганизмы, однако, могут предопределять не только полезные процессы, повышая её биологическую активность, но также и формировать процессы, негативно сказывающиеся на почвенном плодородии, тем самым снижая и замедляя рост и развитие возделываемых сельскохозяйственных культур. Эти процессы объединяются одним научным понятием - биологическая токсичность почвы.

Многие учёные – почвоведы, микробиологи отмечают, что первоначальные продукты разложения растительной наземной и подземной массы зерновых культур вызывают токсичность для выращиваемых в дальнейшем на данном поле сельскохозяйственных культур. Однако, как предполагалось, накопление ингибирующих и токсичных элементов в больших концентрациях устанавливается только при заделке в почву большого количества соломы, при дальнейшем её разложении в анаэробных условиях.

В аэробных условиях растительная масса разлагается активнее и не имеет высокого ингибирующего воздействия на рост и развитие последующих, возделываемых на данной площади, сельскохозяйственных растений, и вследствие этого, после обработок без оборота пласта негативные последствия бывают менее заметными в сравнении с токсичностью после отвальных обработок.

Отрицательное влияние на биологические свойства пахотного слоя почвы происходит из-за способности некоторых представителей почвенной микрофлоры синтезировать фитотоксичные вещества. Микроорганизмы, которые синтезируют токсические вещества, встречаются среди бактерий, грибов и актиномицетов. Способность продуцировать фитотоксические вещества была обнаружена у грибов – сапрофитов из рода *Penicillium*, и у актиномицетов. Способностью синтезировать фитотоксичные вещества обладают 55 видов почвенных актиномицетов, составляющих до 55 % общей численности аэробной микрофлоры почвы.

Микромицеты - токсинообразователи могут служить индикаторами состояния плодородия почвы, показателями её загрязнения при отклонении от оптимальной технологии возделывания.

При аэробном распаде соломы зерновых культур в поверхностном почвенном горизонте токсические элементы способны легко разлагаться, или в процессе окисления превращаться в перегной, и в результате этого превращения не оказывать вредного воздействия на возделываемые в последствие на данном участке сельскохозяйственные культуры. При технологиях «mini-till» или «noy-till» вся солома располагается на поверхности поля, или в поверхностном горизонте, что сторонниками данных технологий считается плюсом «нулевых» и безотвальных агротехнологий.

Сторонниками технологий с оборотом пласта считается наоборот, что мелкие и безотвальные обработки существенно увеличивают токсичность почвы, особенно, в мульчирующем слое и вызывают высокую концентрацию продуктов их катализа в сравнении с отвальными обработками.

Причём некоторые учёные отмечают, что повышение токсичности в засушливые годы, при низкой влажности почвы, другие считают, что токсичность увеличивается во дождливую и холодную весну, при слабом прогревании мульчирующего слоя, когда происходит замедление микробиологических процессов минерализации и гумификации органической части почвы, и вследствие этого, большее накопление токсических веществ.

Наиболее известным методом определения биологической токсичности почвы считается метод растительных биотестов.

В наших опытах токсичность пахотного слоя мы определяли согласно методике растительных тестов кафедры биологии почв ведущего научно-образовательного центра — Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Почвенные образцы отбирались в фазу кущения ячменя на каждом из вариантов опыта. Определение токсичности почвы проводились параллельно в опыте с определением биологической активности.

В среднем за 2023-2025 годы контроль по длине проростков равнялся 48 мм, по массе проростков 2,9 грамма, по всхожести 92 %.

Наименьшая токсичность почвы в посевах ярового ячменя сорта Надёжный по длине проростков по сравнению с контрольным вариантом в наших опытах была установлена на фоне чизельного рыхления РАНЧО с частичным оборотом пласта, применением Моноаммонийфосфата и определена в 2,1 %. На фоне глубокого чизельного рыхления без внесения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфата и на фоне классической плужной обработки с использованием Моноаммонийфосфата токсичность почвы по длине проростков была ещё длиннее на 2,1 %.

На вариантах классической плужной обработки без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат токсичность почвы по длине проростков оказалась на 4,2 % больше минимума. На фоне мелкого дискового рыхления с внесением предпосевных подкормок полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат токсичность почвы по длине проростков оказалась на 10,4 % больше минимума, а на фоне мелкого дискового рыхления без применения Моноаммонийфосфата токсичность почвы по длине проростков ячменя была на 12,5 % выше наименьшего значения и равнялась 14,6 %.

Наименьшая токсичность почвы в посевах ярового ячменя по массе проростков в сравнении с контролем была установлена на фоне чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 м с внесением предпосевных подкормок полимермодифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и соответствовала 3,4 %.

На фоне глубокой чизельной обработки и частичного оборота пласта без предпосевных подкормок Моноаммонийфосфатом и на фоне обычной отвальной обработки с внесением Моноаммонийфосфат токсичность почвы по массе проростков определена на 3,5 % больше.

На фоне отвальной обработки на 0,20-0,22 метров без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат токсичность по массе проростков оказалась на 6,9 % выше минимальных критериев.

На фоне мелкого дискового рыхления с внесением предпосевных подкормок полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат токсичность по массе проростков определена на 10,3 % выше минимума, а на фоне мелкого дискового рыхления без использования предпосевных подкормок Моноаммонийфосфатом токсичность почвы по массе проростков формировалась на 13,8 % больше наименьших данных и равнялась 20,7 %.

В среднем за 2023-2025 годы токсичность почвы по всхожести на всех участках отвальной обработки на глубину 0,20-0,22 м и на всех участках глубокого чизельного рыхления и оборота пласта на 0,12-0,15 м не различалась с данными биотестов, величина которых составила 92 %.

В результате, минимальная средняя токсичность по отношению к контролю формировалась на фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта с внесением Моноаммонийфосфата и соответствовала 2,1 %.

На фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта без предпосевных подкормок полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфата и на участках классической плужной обработки с внесением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфата токсических веществ определено на 2,1 % больше.

На фоне классической плужной обработки без внесения Моноаммонийфосфата токсичность почвы была установлена в среднем на 4,2 процента больше определяемых минимальных значений. На фоне мелкого дискового рыхления с внесением Моноаммонийфосфата токсичность почвы определялась на 10,4 процента больше определяемых наименьших значений, а на фоне мелкого рыхления без применения Моноаммонийфосфата средняя токсичность была на 12,5 процентов выше наименьшего значения и равнялась 14,6 процентов.

Таблица – 5. Биологическая токсичность слоя почвы 0–0,3 м в посевах ярового ячменя сорта Надёжный (среднее за 2023–2025 гг.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Длина проростков, мм	Масса проростков, г	Всхожесть, %	Токсичность по длине, %	Токсичность по массе, %	Токсичность по всхожести, %	Средняя токсичность, %
Вспашка	Без удобрений	гербициды	45	2.6	92	6.3	10.3	0	5.5
Вспашка	МАФ	гербициды	46	2.7	92	4.2	6.9	0	3.7
Чизельная	Без удобрений	гербициды	46	2.7	92	4.2	6.9	0	3.7
Чизельная	МАФ	гербициды	47	2.8	92	2.1	3.4	0	1.8
Мелкая	Без удобрений	гербициды	41	2.3	90	14.6	20.7	2.2	12.5
Мелкая	МАФ	гербициды	42	2.4	91	12.5	17.2	1.1	10.3

$НСР_{05} (A) = 2,8$

$НСР_{05} (B) = 1,9$

$НСР_{05} (C) = 0,8$

$НСР_{05} (AB) = 3,6$

$НСР_{05} (AC) = 1,2$

$НСР_{05} (BC) = 1,0$

$НСР_{05} (ABC) = 4,1$

$V = 4,1 \%$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

В ходе статистической обработки данных было выявлено следующее. Коэффициент корреляции между длиной и массой проростков равен 0.997. Это число описывает ситуацию, при которой один показатель увеличивается почти в той же степени, что и другой. Для значений токсичности по отношению к контролю по длине и массе проростков корреляция также составляет 0.997. С помощью этой цифры подтверждается наличие связи между двумя переменными.

По результатам Т-теста для токсичности по длине и по массе проростков t-статистика равна -1.93 при р-значении 0.062. Из этого следует, что данные группы не имеют существенных отличий, так как р-значение превышает 0.05. При сравнении токсичности по длине проростков и по всхожести Т-тест показал t-статистику 5.95 и р-значение $9.93e-07$. Так как р-значение меньше 0.05, показатели отличаются существенно. И это означает, что факторы среды воздействуют на всхожесть сильнее, чем на рост органов растения.

Если рассматривать корреляцию показателей роста, то значение 0.997 между длиной и массой проростков показывает, что эти параметры меняются одновременно. Когда один из этих параметров становится больше, обычно возрастает и другой. И такое свойство важно, когда специалисты оценивают, как растет и развивается ячмень, пока он прорастает. В данных присутствует высокий коэффициент связи (0.997) между показателями токсичности, которые определены по длине и по весу молодых растений. С помощью этого значения можно утверждать, что факторы, которые меняют длину растений, также меняют их вес. И это помогает определять, насколько растения стабильны в разных трудных условиях.

При проведении Т-теста было установлено, что отличия в токсичности по длине и по весу не имеют статистической значимости ($p > 0.05$). Из-за этого можно предположить, что данные параметры реагируют на внешние факторы похожим образом. Но показатели токсичности по длине и токсичности по всхожести имеют статистически значимые различия ($p < 0.05$). С помощью

этого факта становится ясно, что всхожесть реагирует на внешнюю среду сильнее других признаков, поэтому она важна для анализа состояния растений.

Для работы в сельском хозяйстве связь между ростом и токсичностью является важным условием, которое требует одновременного учета многих параметров. Наличие значимых отличий в данных по всхожести указывает на то, что этот параметр требует более точного контроля. По этой причине необходимо внимательно следить за всхожестью, когда проводятся технические работы или используются химические вещества.

3.4. Содержание и вынос элементов минерального питания

Количество подвижных форм макроэлементов в пахотном слое почвы меняется. На этот показатель влияют способы, которыми обрабатывают почву, а также типы и объемы вносимых минеральных или органических удобрений.

В результатах многолетних исследований почвоведы и агрохимии указывают на то, что в подпахотном горизонте подзолистой почвы находится мало химических соединений азота и фосфора. По этой причине специалисты полагают, что растения получают необходимые для роста вещества преимущественно из верхнего слоя почвы. Снижение глубины обработки приводит к значительному уменьшению количества пор и капилляров, а, кроме этого, формирует огромное пространство анаэробных микрзон. В следствие обострения процесса анаэробноза может происходить постепенное уменьшение числа аэробных микроорганизмов, способствующих значительному увеличению минерализации органического вещества, что в конечном итоге снижает содержание в почве минерального азота.

Глубокое чизельное рыхление и плужная обработка, которые обеспечивают аэрацию большего объёма, способствуют интенсивному проникновению процесса нитрификации в более глубокие слои почвы. Применение мелких обработок существенно изменяет режим азотного питания пахотного горизонта.

Внесение под предпосевную культивацию полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат в дозе 200 кг/га увеличивало содержание азота и фосфора в пахотном слое почвы, хотя основное количество шло на формирование растительной массы растений ярового ячменя и сорного агроценоза, присутствующего в посевах возделываемых зерновых культур.

Использование в опыте гербицидов конечно же не может влиять на содержание макроэлементов в пахотном слое, поэтому по третьему фактору

различий в содержании азота, фосфора и калия в почве не наблюдалось. Исследованиями динамики концентрации макроэлементов было установлено, что наибольшее количество общего азота перед посевом ярового ячменя сорта Надёжный за счёт лучшей его мобилизации от 15,9 до 18,0 мг/кг почвы накапливалось на участках глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 м, на фоне вспашки почвы на 0,20-0,22 м количество общего азота оказалось на 0,6-0,7 мг/кг почвы меньше. В наших опытах мелкая дисковая обработка снижала содержание общего азота в сравнении с глубокой чизельной обработкой на 1,7 мг/кг почвы и в сравнении с обычной вспашкой на 1,1-1,2 мг/кг почвы.

В фазу полной спелости ярового ячменя отмечалась такая же картина по концентрации макроэлементов, но по количеству заметно уменьшалась. На фоне базовой отвальной обработки на 28-33 %, на фоне глубокого чизельного рыхления на 27-32 %, на фоне мелкой дисковой обработки на 29-38 %.

Наибольшее количество нитратного и аммонийного азота в пахотном горизонте определялось на фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта и составляла от 13,9 до 16,0 мг/кг почвы. На контрольном варианте общего азота в среднем за период вегетации общего азота отмечалось на 0,6 мг/кг почвы меньше. На вариантах мелкой дисковой обработки содержание общего азота отмечалось в сравнении с глубоким чизельным рыхлением на 1,7-1,8 мг/кг почвы меньше, в сравнении с контрольным вариантом на 1,2-1,4 мг/кг почвы меньше и составляло от 12,1 до 14,3 мг/кг почвы.

Наибольшее количество фосфора перед посевом ячменя весной было определено на варианте глубокой чизельной обработки и находилось в пределах от 183,5 до 190,1 мг/кг почвы, на участках обычной отвальной обработки фосфора определено на 0,8 мг/кг почвы ниже. На варианте мелкого дискового рыхления фосфора в пахотном слое содержалось на 3,1-

6,0 мг/кг почвы ниже по сравнению с глубоким чизельным рыхлением и на 2,3-3,7 мг/кг почвы меньше в сравнении с контрольным вариантом.

Перед уборкой ярового ячменя соотношение в содержании фосфора по всем вариантам наших исследований, как и других элементов питания оставалось примерно таким же, но его количество существенно уменьшалось. На контрольном варианте на 34-36 %, на делянках глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта на 33-35 %, на фоне с мелким дисковым рыхлением на 33-34 %.

Максимальное содержание фосфора в корнеобитаемом слое ярового ячменя в наших исследованиях было установлено на фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта и составляло от 160,5 до 165,1 мг/кг почвы. На вариантах классической отвальной обработки содержание фосфора в среднем за период вегетации определялось на 0,7-0,8 мг/кг почвы ниже. На делянках мелкой дисковой обработки количество фосфора определялось на 2,6-3,3 мг/кг почвы меньше в сравнении с фоном глубокого чизельного рыхления и на 1,7-2,5 мг/кг почвы менее по сравнению с базовой технологией отвальной обработки и соответствовала от 157,9 до 161,8 мг/кг почвы.

Максимальное содержание калия перед посевом ярового ячменя отмечалось на делянках глубокого чизельного рыхления и составляло от 147,8 до 148,4 мг/кг почвы, на вариантах классической отвальной обработки калия определено на 3,3-3,4 мг/кг почвы меньше. На фоне мелкого дискового рыхления калия отмечено на 5,9-6,1 мг/кг почвы меньше в сравнении с фоном глубокого чизельного рыхления и на 2,6-2,7 мг/кг почвы меньше, чем на контрольном варианте.

Максимальное количество калия в корнеобитаемом слое отмечалось на фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта и составляло в пределах от 131,4 до 132,0 мг/кг почвы. На вариантах мелкой дисковой обработки калия содержалось на 5,3-5,6 мг/кг почвы ниже в сравнении с фоном глубокого чизельного рыхления и на 2,4-2,6 мг/кг почвы

ниже в сравнении с фоном базовой технологии отвальной обработки и составляла от 126,1 до 126,4 мг/кг почвы.

Таблица 6 – Содержание и распределение элементов минерального питания в 1 кг абсолютно сухой почвы (среднее за 2023–2025 гг.)

Фактор А (обработка почвы)	Фактор В (система удобрений)	Фактор С	N перед посевом	P	K	N перед уборкой	P	K	N среднее	P	K
Отвальная обработка	Без удобрений	гербициды	15.2	182.7	144.5	11.4	136.8	112.6	13.3	159.7	128.5
Отвальная обработка	С удобрениями	гербициды	17.4	189.3	145.1	13.5	139.5	112.9	15.4	164.4	129.0
Чизельное рыхление	Без удобрений	гербициды	15.9	183.5	147.8	12.0	137.4	115.1	13.9	160.5	131.4
Чизельное рыхление	С удобрениями	гербициды	18.0	190.1	148.5	14.1	140.2	115.5	16.0	165.1	132.0
Дисковое рыхление	Без удобрений	гербициды	14.1	180.4	141.9	10.2	135.5	110.2	12.1	157.9	126.1
Дисковое рыхление	С удобрениями	гербициды	16.2	185.6	142.4	12.5	138.1	110.4	14.3	161.8	126.4

$НСР_{05} (N) = 1,21$

$НСР_{05} (P) = 4,63$

$НСР_{05} (K) = 3,48$

$V = 3,6 \%$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Когда ячмень достигает фазы полной спелости, макроэлементы перемещаются между органами растений. В зерне накапливается максимальное количество этих веществ. В соломе азот и фосфор присутствуют в малом объеме. Для калия характерно иное распределение, и этот элемент остается преимущественно в соломе.

Коэффициент корреляции для азота (N) между 2023 и 2024 годами равен 0.998. Это значение означает, что данные почти полностью зависят друг от друга. По фосфору корреляция между 2023 и 2024 годами составляет 0.993. Такой показатель есть свидетельство тесной связи между параметрами. Для калия (K) корреляция в 2023 и 2024 годах составляет 0.997. И это число подтверждает наличие связи между данными двух лет.

T-тест для азота (N) имеет следующие результаты: T-статистика равна 8.66, а p-значение равно $4.11e-10$. С помощью этих цифр можно установить различия между показателями азота в 2023 и 2024 годах ($p < 0.05$). При проведении T-теста для фосфора (P) T-статистика составляет 50.91, а p-значение равно $1.11e-33$. Данный расчет доказывает наличие различий между содержанием фосфора в 2023 и 2024 годах ($p < 0.05$). T-тест для калия (K) показывает, что T-статистика равна 41.41, а p-значение составляет $1.11e-30$. Из-за этого мы фиксируем различия между показателями калия в 2023 и 2024 годах ($p < 0.05$). Если корреляция между данными по азоту, фосфору и калию в 2023 и 2024 годах велика, то изменения элементов в почве являются постоянными и их можно спрогнозировать. Когда исследователи применили T-тест к данным о содержании азота, фосфора и калия, они обнаружили, что показатели 2023 и 2024 годов отличаются друг от друга. Эти различия существуют потому, что на количество элементов в почве воздействуют методы обработки земли, состояние погоды и другие внешние условия. Для людей, которые занимаются сельским хозяйством, эта информация полезна,

так как регулярные проверки состава почвы помогают правильно подбирать удобрения и получать больше урожая.

В ходе опыта растения ярового ячменя забирали из почвы меньше всего макроэлементов на тех участках, где почву обрабатывали дисками на небольшую глубину. При этом на данные делянки не вносили полимер-модифицированное удобрение Моноаммонийфосфат и не использовали гербициды. За период с 2023 по 2025 год среднее количество азота, которое уходило вместе с зерном, составило 60,3 кг/га. По фосфору это значение составило 46,6 кг/га, а по калию оно равно 50,6 кг/га. На вариантах с применением гербицидов с зерном ячменя азота выносилось от 15,0 до 24,9 кг/га, фосфора от 2,3 до 8,7 кг/га, калия от 12,6 до 20,9 кг/га больше. Применение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало вынос азота с зерном ячменя на 31,3-41,9 кг/га, фосфора на 17,3-35,7 кг/га, калия на 24,3-31,7 кг/га.

Таблица 7 – Содержание и вынос элементов питания с зерном

Фактор А (обработка почвы)	Фактор В (система удобрения)	Фактор С (гербициды)	Урожай, т/га	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	N, кг/га	P ₂ O ₅ , кг/га	K ₂ O, кг/га
Отвальная	Без удобрения	Без гербицидов	3.19	2.68	1.74	2.25	85.5	55.5	71.8
Отвальная	Без удобрения	С гербицидами	3.98	2.68	1.74	2.25	106.7	66.6	89.5
Отвальная	Без удобрения	Интегрированная защита	4.29	2.68	1.74	2.25	114.9	74.6	96.5
Отвальная	С удобрениями	Без гербицидов	4.5	2.75	1.92	2.25	123.7	86.4	101.2
Отвальная	С удобрениями	С гербицидами	5.31	2.75	1.92	2.25	146.0	101.9	119.5

Отвальная	С удобрениями	Интегрированная защита	5.67	2.75	1.92	2.25	155.9	108.8	127.6
Чизельная	Без удобрения	Без гербицидов	3.98	2.68	1.74	2.25	106.7	69.2	89.5
Чизельная	Без удобрения	С гербицидами	4.66	2.68	1.74	2.25	124.9	81.1	104.8
Чизельная	Без удобрения	Интегрированная защита	4.9	2.68	1.74	2.25	131.3	85.3	110.0
Чизельная	С удобрениями	Без гербицидов	5.17	2.75	1.92	2.25	142.2	99.3	116.3
Чизельная	С удобрениями	С гербицидами	5.92	2.75	1.92	2.25	162.8	113.7	133.2
Чизельная	С удобрениями	Интегрированная защита	6.3	2.75	1.92	2.25	173.2	121.0	141.7
Дисковая	Без удобрения	Без гербицидов	2.25	2.68	1.74	2.25	60.3	46.6	50.6
Дисковая	Без удобрения	С гербицидами	2.81	2.68	1.74	2.25	75.3	48.9	63.2
Дисковая	Без удобрения	Интегрированная защита	3.18	2.68	1.74	2.25	85.2	55.3	71.5
Дисковая	С удобрениями	Без гербицидов	3.33	2.75	1.92	2.25	91.6	63.9	74.9
Дисковая	С удобрениями	С гербицидами	4.11	2.75	1.92	2.25	113.0	78.9	92.5
Дисковая	С удобрениями	Интегрированная защита	4.49	2.76	1.93	2.26	123.3	86.1	100.9

НСР₀₅ (урожай) = 0,42

НСР₀₅ (N) = 3,8

НСР₀₅ (P₂O₅) = 2,9

НСР₀₅ (K₂O) = 3,5

$V = 4,2 \%$
 Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Соотношение зерна к соломенной части у ячменя сорта Надёжный, как правило составляет 1: 0,8. Из этих расчётов, мы исходили, когда рассчитывали вынос макроэлементов. Корреляционный анализ между различными показателями показывает, что корреляция между урожайностью (т/га) и выносом азота (N) составляет 0.9992, что указывает на почти полную положительную зависимость этих показателей. Корреляция между урожайностью (т/га) и выносом фосфора (P₂O₅) составляет 0.9832, что также подтверждает сильную положительную связь, хотя и с меньшей интенсивностью. На графиках и в расчетах коэффициент связи между массой урожая на единицу площади (т/га) и количеством калия (K₂O), которое растения забирают из почвы, равен 0.9999. И это число означает, что данные параметры изменяются почти одинаково. Когда специалисты статистически обработали данные (Т-тест) о количестве элементов питания в зерне и их переходе из почвы, результаты для азота (N) и урожайности составили: t-статистика 15.50 и р-значение 5.61e-17. С помощью этих цифр можно утверждать, что различия между тем, сколько азота забирают растения, и весом урожая являются математически доказанными (р < 0.05). Для фосфора (P₂O₅) и урожайности Т-тест определил t-статистику 14.38 и р-значение 5.10e-16. И эти данные также являются свидетельством того, что между показателями есть математически доказанные различия (р < 0.05). По результатам Т-теста для калия (K₂O) и урожайности t-статистика равна 15.83, а р-значение составляет 2.98e-17. При таких значениях различия между количеством калия и массой урожая тоже являются математически доказанными (р < 0.05). Сильная корреляция между выносом азота, фосфора и калия с урожайностью подтверждает важность этих элементов для формирования высоких урожаев. Статистически значимые различия в Т-

тестах между выносами этих элементов и урожайностью показывают, что изменения в уровнях питания растений непосредственно влияют на их продуктивность. Эти результаты подчеркивают важность оптимизации уровня питательных веществ для повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

Минимальный вынос макроэлементов соломой ярового ячменя в наших исследованиях отмечался на варианте мелкого дискового рыхления без применения Моноаммонийфосфата, без использования гербицидов и в среднем за 2023-2025 годы равнялся по азоту 13,5 кг/га, фосфору – 6,5 кг/га и калию – 63,0 кг/га. На вариантах с применением гербицидов с соломенной частью азота выносилось от 3,4 до 7,5 кг/га, фосфора от 1,6 до 3,9 кг/га, калия от 15,7 до 43,0 кг/га больше. Применение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало вынос азота с зерном ячменя на 7,8-10,9 кг/га, фосфора на 4,4-6,6 кг/га, калия на 30,0-54,3 кг/га.

Таблица 8 – Содержание и вынос элементов питания у ярового ячменя с соломой

Фактор А (обработка почвы)	Фактор В (система удобрения)	Фактор С (гербициды)	Количество, т/га	N, %	P2O5, %	K2O, %	N, кг/га	P2O5, кг/га	K2O, кг/га
Отвальная	Без удобрения	Без гербицидов	2.55	0.75	0.36	3.5	19.2	9.2	89.0
Отвальная	Без удобрения	С гербицидами	3.18	0.75	0.36	3.5	23.8	11.4	111.2
Отвальная	Без удобрения	Интегрированная защита	3.43	0.75	0.36	3.5	25.7	12.6	120.0
Отвальная	С удобрениями	Без гербицидов	3.6	0.8	0.41	3.8	28.8	14.7	136.8
Отвальная	С удобрениями	С гербицидами	4.25	0.8	0.41	3.8	34.0	17.4	161.5

Отвальная	С удобрениями	Интегрированная защита	4.54	0.8	0.41	3.8	36.3	18.6	172.5
Чизельная	Без удобрения	Без гербицидов	3.18	0.75	0.36	3.5	23.8	11.4	111.3
Чизельная	Без удобрения	С гербицидами	3.73	0.75	0.36	3.5	28.0	13.4	130.5
Чизельная	Без удобрения	Интегрированная защита	3.92	0.75	0.36	3.5	29.4	14.1	137.2
Чизельная	С удобрениями	Без гербицидов	4.14	0.8	0.41	3.8	33.1	17.0	157.3
Чизельная	С удобрениями	С гербицидами	4.74	0.8	0.41	3.8	37.9	19.4	180.0
Чизельная	С удобрениями	Интегрированная защита	5.04	0.8	0.41	3.8	40.3	20.7	191.5
Дисковая	Без удобрения	Без гербицидов	1.8	0.75	0.36	3.5	13.5	6.5	63.0
Дисковая	Без удобрения	С гербицидами	2.25	0.75	0.36	3.5	16.9	8.1	78.7
Дисковая	Без удобрения	Интегрированная защита	2.54	0.75	0.36	3.5	19.0	9.1	88.9
Дисковая	С удобрениями	Без гербицидов	2.66	0.8	0.41	3.8	21.3	10.9	93.0
Дисковая	С удобрениями	С гербицидами	3.29	0.8	0.41	3.8	26.3	13.5	125.0
Дисковая	С удобрениями	Интегрированная защита	3.58	0.8	0.41	3.8	28.6	14.7	136.0

НСР₀₅ (количество) = 0,31

НСР₀₅ (N) = 2,6

НСР₀₅ (P2O5) = 1,9

НСР₀₅ (K2O) = 4,8

$$V = 4,0 \%$$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов.

НСР₀₅ — наименьшая существенная разность.

V — коэффициент вариации, %.

Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

В ходе работы специалисты проанализировали данные и установили, что коэффициент корреляции между массой урожая в тоннах на гектар и объемом потребления азота (N) равен 0.9952. Из этого следует, что данные параметры изменяются пропорционально друг другу в высокой степени. Для массы урожая и объема потребления фосфора (P₂O₅) этот коэффициент равен 0.9837. На основе этого значения можно сделать вывод, что показатели связаны между собой значительно, но меньше, чем в случае с азотом. При изучении связи между массой урожая и потреблением калия (K₂O) коэффициент корреляции составил 0.9936. Таким образом, данные переменные также находятся в прямой зависимости друг от друга. По результатам t-теста для массы урожая и азота (N) значение t-статистики есть 13.29, а р-значение есть 5.04e-15. Эти числа подтверждают, что различия между массой и потреблением азота превышают порог случайности, так как р меньше 0.05. Если рассматривать данные по фосфору (P₂O₅), то t-статистика равна 10.30, а р-значение равно 5.41e-12. И в этом случае расчеты показывают, что различия являются существенными для математической модели, так как р меньше 0.05. К показателям калия (K₂O) также был применен тест, который выдал t-статистику 14.39 и р-значение 5.00e-16. С помощью этих данных подтверждается наличие закономерных различий между массой и потреблением калия, так как значение р находится ниже уровня 0.05. Когда объемы урожая и количество питательных элементов (N, P₂O₅, K₂O) изменяются одинаково, это доказывает, что растения забирают больше этих веществ из почвы при высокой продуктивности. Для специалистов в сельском хозяйстве данные факты полезны, так как они позволяют подбирать количество удобрений и контролировать питание

растений. По результатам Т-теста урожайность и вынос элементов питания имеют существенные математические различия, и это подтверждает, что питание растений воздействует на их рост. Из указанных сведений следует, что урожайность зерновых культур растет, если люди верно распределяют удобрения и следят за составом почвы.

В ходе опыта минимальные значения выноса элементов с зерном и соломой ярового ячменя зафиксированы там, где почву обрабатывали мелкими дисками, не вносили полимер-модифицированное удобрение Моноаммонийфосфат и не использовали гербициды. За период с 2023 по 2025 годы средние показатели азота составили 73,8 кг/га, фосфора - 53,1 кг/га, а калия - 113,6 кг/га. При таких условиях растения потребляли наименьшее количество питательных веществ. И эти данные показывают прямую связь между способами возделывания и состоянием почвы. На вариантах с применением гербицидов с зерном и соломой азота выносилось на 18,4-39,7 кг/га, фосфора на 3,9-26,3 кг/га, калия на 28,3-68,9 кг/га больше. Применение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало вынос азота с зерном и соломой ячменя на 39,1-52,8 кг/га, фосфора на 21,7-42,3 кг/га, калия на 54,3-86,0 кг/га. Применение вспашки на 0,20-0,22 м увеличивало вынос азота на 30,9-40,7 кг/га, фосфора на 11,6-26,9 кг/га, калия на 47,2-70,1 кг/га. Применение глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 метров увеличивало вынос азота на 56,5-62,4 кг/га, фосфора на 27,5-41,5 кг/га, калия на 86,8-105,7 кг/га.

Таблица 9 - Вынос элементов питания у ярового ячменя с зерном и соломой

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	N, кг/га	P ₂ O ₅ , кг/га	K ₂ O, кг/га
Вспашка	Без удобрений	Контроль	104.7	64.7	160.8
		Линтур	130.5	78.0	200.7
		Тандем	140.6	87.2	216.5
	МАФ	Контроль	152.5	101.1	238.0

		Линтур	180.0	119.3	281.0
		Тандем	192.2	127.4	300.1
Чизельная	Без удобрений	Контроль	130.5	80.6	200.8
		Линтур	152.9	94.5	235.3
		Тандем	160.7	99.4	247.2
	МАФ	Контроль	175.3	116.3	273.6
		Линтур	200.7	133.1	313.2
		Тандем	213.5	141.7	333.2
Мелкая	Без удобрений	Контроль	73.8	53.1	113.6
		Линтур	92.2	57.0	141.9
		Тандем	104.2	64.4	160.4
	МАФ	Контроль	112.9	74.8	167.9
		Линтур	139.3	92.4	217.5
		Тандем	151.8	100.7	236.8

$НСР_{05} (N) = 6,8$

$НСР_{05} (P_2O_5) = 4,9$

$НСР_{05} (K_2O) = 9,7$

$V = 3,9 \%$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Статистическая обработка данных показала, что корреляция между N и P_2O_5 составляет 0.985, что указывает на высокую положительную зависимость между содержанием азота и фосфора. Разница N и K_2O составляет 0.9992, что свидетельствует о практически идеальной положительной связи между азотом и калием. Корреляция между P_2O_5 и K_2O составляет 0.987, что также указывает на значительную зависимость между фосфором и калием. Также для N и P_2O_5 : t-статистика 4.77, p-значение $5.19e-05$. Это означает, что различия между азотом и фосфором статистически значимы ($p < 0.05$), для N

и K₂O: t-статистика -4.64, p-значение 7.36e-05. Это также подтверждает статистически значимые различия (p < 0.05) и для P₂O₅ и K₂O: t-статистика -8.39, p-значение 3.97e-09. Это ещё раз подтверждает статистически значимые различия (p < 0.05). Корреляция между содержанием азота (N), фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) подтверждает, что увеличение одного из этих элементов в почве часто связано с повышением других. Это может свидетельствовать о комплексном эффекте удобрений и их взаимодействии в почве. Полученные результаты статистически значимые различия между выносами элементов питания и содержанием этих элементов в почве показывают, что изменения в уровнях удобрений могут существенно влиять на показатели урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Данные результаты подчеркивают важность сбалансированного использования удобрений и мониторинга их уровней в почве для оптимизации сельскохозяйственного производства.

Количество и масса сорнополевой растительности не всегда открывает объективную картину величины вредоносности сорных растений. Для более объективной оценки вредоносности сорнополевой растительности нужно знать содержание в них макроэлементов. Проведённый нами анализ показал, что концентрация макроэлементов в сорняках оказалась ничуть не ниже, чем в растениях ярового ячменя, а в некоторых растениях даже превышает.

Согласно данной таблицы, наибольшее содержание азота 3,2 % установлено у плевела опьяняющего. У хориспоры нежной содержание азота на 0,7 % ниже. У дескурайнии Софии и амброзии полынолистной на 1,1 % ниже. У Бодяка полевого на 1,2 % ниже. У вьюнка полевого на 1,3 % ниже. У подмаренника цепкого на 1,4 % ниже. У лютика полевого на 1,7 % ниже. У василька синего на 2,1 % ниже.

Таблица 10 – Относительного содержания питательных веществ в зелёной массе сорных растений, %

Названия сорных растений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Дескурайния Софии (<i>Descurainia Sophia L.</i>)	2,2	0,14	0,53	0,06
Плевел опьяняющий (<i>Lolium temulentum L.</i>)	3,3	0,22	2,30	0,05

3.5. Особенности формирования сорного ценоза в посевах ячменя

Различные виды сорнополевой растительности в разной мере наносят вред возделываемым растениям, уменьшая их урожай. Поэтому, наряду с подсчётом общей засоренности посевов необходимо ещё изучать видовой сорнополевой ценоз.

Многие исследователи приходят к выводу, что в посевах яровых зерновых культур при доминировании малолетней сорной растительности с плотностью их стеблестоя до 15 шт/м² следует обходиться лишь общепринятыми мероприятиями, при плотности стеблестоя малолетних сорняков от 15 до 100 шт/м² следует применять сочетание агротехнических мер с гербицидным опрыскиванием, а при плотности стеблестоя малолетних сорняков свыше 100 шт/м² – следует уже использовать весь комплект истребительных противосорняковых мер.

При доминировании злостных многолетних сорняков уже на уровне первой градации в количестве 3-5 шт/м² следует проводить гербицидные обработки. Порог вредоносности, при котором борьба становится оправданной, у бодяка полевого — 1–2 шт/м², у вьюнка полевого — 2–3 шт/м².

За годы исследований в посевах ярового ячменя сорта Надёжный в наших опытах из группы однодольных малолетних сорняков выделялись: овсюг обыкновенный (*Avena fatua*), пырей ползучий (*Agropirum repens*), щетинник зелёный (*Setaria viridis*).

Среди двудольных малолетних сорняков отмечены: щирица запрокинутая (*Amarantus retroflexus*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*), марь белая (*Chenopodium album*),

Среди многолетних сорняков отмечены: осот полевой (*Sonchus arvensis*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*).

Снижение глубины основной обработки почвы приводило к существенному увеличению численности сорнополевой растительности. Наибольшая засоренность посевов ярового ячменя в нашем опыте была установлена на делянках мелкой дискового рыхления.

Применение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало не только продуктивность возделываемой культуры (ярового ячменя), но и численность и массу сорного агроценоза.

Гербициды Линтур и Тандем справлялись с распространением и уничтожением сорной растительности. На делянках, обработанных Линтуром, сорняков, как в фазу колошения, а также, в фазу полной спелости на всех вариантах сорная растительность оказалась не выше производственного порога вредоносности. На вариантах, обработанных Тандемом, сорняки, как в фазу колошения, так и в фазу полной спелости на всех фонах основной обработки почвы и применения удобрений отсутствовали вообще.

В фазу колошения на варианте мелкой дисковой обработки на глубину 0,10-0,12 м с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов наблюдалось наибольшее число сорных растений 52 шт./м². Значительная часть сорнополевой растительности была представлена яровыми поздними сорняками – более 50 процентов. До 30 процентов от всего количества сорнополевой растительности было представлено многолетними корнеотпрысковыми сорняками.

На делянках глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 м число сорняков заметно снижалось и равнялось на вариантах без применения гербицидов 22-28 шт./м². На делянках традиционной отвальной обработки число сорняков оставалось ещё меньше и равнялось на вариантах без применения гербицидов 19-24 шт./м².

Применение гербицида Тандем полностью исключало развитие сорной растительности. На вариантах с применением гербицида Линтур в фазу колошения ячменя число сорных растений наблюдалось от 6 шт./м² на фоне базовой технологии отвальной обработки на 0,20-0,22 м без внесения

Моноаммонийфосфата и до 15 шт./м² на фоне мелкого дискового рыхления внесением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат.

К фазе полной спелости ярового ячменя наблюдалось общее снижение засоренности на всех вариантах. Максимальное число сорняков 31 шт./м² было установлено также на делянках мелкого дискового рыхления с применением Моноаммонийфосфата и без использования гербицидов. На делянках глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 метров число сорняков значительно снижалось и составляло на делянках без использования гербицидных обработок от 15 до 19 шт./м². На контрольных вариантах основной обработки почвы сорных растений наблюдалось ещё меньше и составляло на делянках без применения гербицидных обработок от 15 до 18 шт./м².

Применение гербицида Тандем полностью исключало развитие сорной растительности. На вариантах с применением гербицида Линтур в фазу колошения ячменя число сорных растений наблюдалось от 2 шт./м² на варианте вспашки на глубину 0,20-0,22 м без применения Моноаммонийфосфата до 7 шт./м² на варианте мелкой дисковой обработки с применением Моноаммонийфосфата.

Таким образом, в среднем за период вегетации ярового ячменя сорта Надёжный в наших исследованиях в среднем за 2023-2025 годы наибольшее число сорных растений 41 шт./м² наблюдалось на варианте мелкой дисковой обработки на глубину 0,10-0,12 м с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов.

На делянках мелкого дискового рыхления без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без гербицидных обработок сорнополевая растительность снижалась на 4 шт./м² до 37 шт./м². На делянках глубокой чизельной обработки оборота пласта на 0,12-0,15 м число сорняков значительно снижалось и равнялось на делянках без использования гербицидных обработок от 20 до 24 шт./м². На контрольном

варианте по основной обработке почвы количество сорной растительности ещё снизилось и составляло на делянках без использования гербицидных обработок от 19 до 23 шт./м². Применение гербицида Тандем полностью исключало развитие сорной растительности. На вариантах с применением гербицида Линтур в фазу колошения ячменя число сорных растений наблюдалось от 4 шт./м² на делянках традиционной отвальной обработки без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат до 11 шт./м² на варианте мелкого дискового рыхления внесением Моноаммонийфосфата.

Таблица 11 – Количественный учёт сорной растительности, среднее за 2023-2025 гг., шт/м²

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Фаза колошения	Фаза полной спелости	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	24	15	19
		Линтур	6	2	4
		Тандем	0	0	0
	МАФ	Контроль	29	18	23
		Линтур	8	3	5
		Тандем	0	0	0
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	27	16	21
		Линтур	7	3	5
		Тандем	0	0	0
	МАФ	Контроль	31	20	25
		Линтур	9	4	6
		Тандем	2	1	1
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	46	28	37
		Линтур	12	5	8
		Тандем	4	3	3
	МАФ	Контроль	52	31	41
		Линтур	15	7	11
		Тандем	6	3	4

НСР₀₅ (фаза колошения) = 3,2

НСР₀₅ (фаза полной спелости) = 2,4

НСР₀₅ (среднее) = 2,8

$$V = 5,1 \%$$

Фактор А - приёмы обработки почвы; фактор В - система удобрений; фактор С - применение гербицидов. НСР₀₅ - наименьшая существенная разность. V - коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

В результатах анализа есть данные о том, что методы обработки почвы и показатели сорной растительности сильно взаимосвязаны. По данным расчётов, коэффициент корреляции между вариантами «Без удобрений, контроль» и «Тандем контроль» равен 0.9992. И для вариантов «Без удобрений контроль» и «Линтур контроль» этот показатель равен 0.9956. Если агрономические обработки, гербициды и удобрения имеют такую тесную связь с контрольными группами, то это доказывает факт того, что приёмы обработки почвы определяют состояние сорной растительности. Степень этой связи является значительной. Эти данные подчеркивают необходимость дальнейшего анализа факторов, которые могут оказывать более сильное влияние на рост сорняков и продуктивность растений при использовании различных агрономических методов.

Весовой подсчёт сорной растительности в посевах ярового ячменя сорта Надёжный в наших исследованиях показал, что в фазу колошения наибольшей вес сорняков 304 г/м² был установлен на варианте дисковой обработки дискатором БДМ-4 на глубину 0,10-0,12 м без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов. На делянках мелкого рыхления без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов вес сорных растений был на 29 г/м² меньше и соответствовал 275 г/м².

На фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта масса сорнополевой растительности заметно уменьшалась и соответствовала на вариантах без использования гербицидных обработок от 165 до 179 г/м².

На контрольном варианте масса сорняков оказалась ещё меньше и на делянках без применения гербицидов составляла от 121 до 172 г/м². При применении гербицида Линтур на вариантах вспашки вес сорняков составлял от 34 до 43 г/м².

К уборке ярового ячменя снижалась численность сорных растений по всем вариантам и соответственно и их общий вес. Наибольший вес сорных растений также отмечался на делянках мелкого дискового рыхления с использованием удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов и равнялся 226 г/м². При использовании гербицида Линтур общий вес сорнополевой растительности равнялся 49 г/м².

На делянках глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 метров общий вес сорных растений заметно снижался и составлял на вариантах без применения гербицидных обработок от 102 до 136 г/м². На контрольном варианте общий вес сорнополевой растительности был зафиксирован ещё меньше и равнялся на делянках без применения гербицидных обработок от 86 до 125 шт./м². При применении гербицида Линтур на вариантах вспашки вес сорняков составлял от 13 до 19 г/м².

В среднем за период вегетации ярового ячменя сорта Надёжный в наших исследованиях наибольший вес сорных растений в наших опытах также отмечался на фоне мелкого дискового рыхления на 0,10-0,12 м с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов и составлял 265 г/м². При применении гербицида Линтур общий вес сорняков в среднем за период вегетации составлял 65 г/м².

На делянках глубокого чизельного рыхления общий вес сорных растений составлял на делянках без применения гербицидных обработок от 133 до 157 г/м². На контрольном варианте общий вес сорнополевой растительности был зафиксирован ещё меньше и на делянках без применения гербицидных обработок находился в пределах от 103 до 148 шт./м². При применении гербицида Линтур на вариантах вспашки общий вес

сорняков в среднем за период вегетации ярового ячменя составлял от 23 до 31 г/м².

Таблица 12 - Весовой учёт сорной растительности, г/м²

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Фаза колошения	Фаза полной спелости	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	121	86	103
		Линтур	34	13	23
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	172	125	148
		Линтур	43	19	31
		Тандем	0	0	0
Чизельная срыхление м до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	165	102	133
		Линтур	40	19	29
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	179	136	157
		Линтур	52	24	38
		Тандем	11	7	9
Мелкая дискатором БДМ-4х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	275	208	161
		Линтур	69	33	51
		Тандем	22	20	21
	Моноаммонийфосфат	Контроль	304	226	265
		Линтур	81	49	65
		Тандем	6	3	4

НСР₀₅ (фаза колошения) = 12,6

НСР₀₅ (фаза полной спелости) = 9,4

НСР₀₅ (среднее) = 10,8

V = 5,3 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

В ходе корреляционного анализа обнаружена тесная связь между фазой колошения и фазой полной спелости, коэффициент которой равен 0.994. И также установлена зависимость между этими периодами и средними величинами, которая составляет 0.976 и 0.968. Но при проведении Т-тестов статистически значимые различия между фазой колошения, фазой полной спелости и средними данными не выявлены, так как значение p превышает 0.05. По этой причине можно утверждать, что данные фазы воздействуют на изучаемые параметры одинаковым образом. С помощью полученных цифр подтверждается, что выбранный метод, по которому обрабатывают почву, воздействует на то, как растения растут и развиваются. Это происходит потому, что условия для получения растениями питательных веществ и их способности противостоять факторам среды становятся более благоприятными.

3.6. Потенциальная засорённость

Определение потенциальной засорённости пахотного горизонта почвы семенами сорных растений, наряду с определением вредоносности сорнополевой растительности в посевах возделываемых сельскохозяйственных культур является важным критерием засорённости полей.

Роль основной обработки почвы состоит не только в снижении численности сорнополевой растительности в посевах возделываемых сельскохозяйственных культур, в регуляции общей численности потенциальной засоренности, но и в степени рассредоточения семян сорных растений по почвенным горизонтам, которое также положительным образом влияет на густоту стояния растений и степень засоренности посевов возделываемых культур.

Оценка степени потенциальной засоренности почвы в наших опытах перед посевом ярового ячменя проводилась руководствуясь следующей пятибальной шкалой со следующим разграничением степени засорённости: очень слабая – менее 5 млн. шт. сем. сорн./га; слабая – от 5 до 10 млн. шт. сем. сорн./га; средняя – от 10 до 50 млн. шт. сем. сорн./га; сильная – от 50 до 100 млн. шт. сем. сорн./га; очень сильная – более 100 млн. шт. сем. сорн./га.

Таблица 13 – Оценка степени потенциальной засоренности почвы

Число семян сорных растений в почве, млн. га	Балл засоренности	Степень засоренности
менее 5	1	очень слабая
5-10	2	слабая
10-50	3	средняя
50-100	4	сильная
более 100	5	очень сильная

Оценка потенциальной засорённости почвы проводилась только по приёмам основной обработки почвы, то есть по делянкам первого порядка (по фактору А), так как, фактор В (применение удобрения Моноаммонийфосфат) и фактор С (применение гербицидов в посевах ярового ячменя) не влияли на потенциальную засорённость почвы, определяемую перед посевом.

Таблица 14 – Влияние приёмов основной обработки почвы на потенциальную засоренность, млн. шт./га (2023-2025 гг.)

Прием обработки	Слой почвы, м							
	0-0,1		0,1-0,2		0,2-0,3		0-0,3	
	млн. шт./га	%	млн. шт./га	%	млн. шт./га	%	млн. шт./га	%
Отвальная обработка на 0,20-0,22 м (контроль)	2,3	24,9	3,1	34,4	3,5	41,2	8,6	100
Чизельная обработка до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	4,5	45,4	3,0	31,0	2,4	23,9	9,8	100
Мелкая дисковая на глубину 0,10-0,12 м	5,7	40,2	4,2	29,6	4,3	30,3	14,3	100

Анализ зависимости между глубиной обработки почвы и её засоренностью при различных методах обработки показал, что корреляция между глубинами 0-0,1 м и 0,1-0,2 м составила 0.72, что свидетельствует о умеренной положительной связи между этими показателями. В то же время, более сильная связь была обнаружена между глубинами 0,1-0,2 м и 0,2-0,3 м, где коэффициент корреляции составил 0.86. Эти данные подтверждают, что обработка почвы на различных уровнях глубины оказывает влияние на засоренность, однако связь не является полностью линейной и зависит от конкретной глубины обработки.

Согласуясь со шкалой по определению потенциальной засоренности почвы степень засорённости на данном приёме основной обработки почвы характеризуется как средняя. При проведении мелкой дисковой обработки в верхнем слое наблюдалось 40,2 % семян сорнополевой растительности. Их общее число насчитывало 5,7 млн. шт./га. В слое 0,10-0,20 м семян сорных растений насчитывалось 4,2 млн. шт./га, то есть 29,6 %. В слое 0,20-0,30 м семян сорных растений насчитывалось 4,3 млн. шт./га, то есть 30,3 %.

Общий объём семян сорнополевой растительности в слое 0-0,3 м на данном варианте равнялся 14,3 млн. шт./га, что соответствовало средней степени засорённости.

На делянках глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 в верхнем почвенном слое (0-0,10 м) сосредотачивалось 45,3 % семян сорнополевой растительности. Их общее число насчитывало 4,4 млн. шт./га. В слое 0,10-0,20 м семян сорных растений насчитывалось 3,0 млн. шт./га, то есть 30,9 %. В слое 0,20-0,30 м семян сорных растений насчитывалось 2,3 млн. шт./га, то есть 23,8 %. Объём семян сорняков в слое 0-0,3 м на фоне данного варианта соответствовал 9,7 млн. шт./га, что соответствовало слабой степени засорённости.

Плужная обработка положительно сказывается на очистке почвы от семян сорняков, что очевидно происходит из-за большего перемещения семян сорнополевой растительности на глубину более двадцати сантиметров и снижения их прорастания. Суммарный объём семян сорнополевой растительности на данном варианте 3,5 млн. шт./га, то есть 41,2 % сосредоточен в нижнем горизонте 0,2–0,3 м пахотного слоя.

В среднем по годам проведения наших опытов в верхнем слое почвы отмечалось наименьшее число семян сорнополевой растительности 2,1 млн. шт./га, то есть 24,7 % от их общего количества.

В слое 0,20-0,30 м семян сорных растений насчитывалось 2,9 млн. шт./га, то есть 34,1 %. Таким образом, в сумме объём семян сорнополевой растительности в пахотном слое 0-0,3 м равнялся 8,5 млн. шт./га, что также,

как и на приёме чизельной обработки до 0,35 м с оборотом пласта на 0,12-0,15 м, соответствовало слабой степени засорённости.

Таким, образом можно сделать вывод о том, что мелкая дисковая обработка почвы приводит к увеличению потенциальной засорённости почвы. Обработки почвы с оборотом пласта приводят к снижению потенциальной засорённости полей.

3.7. Высота растений и структура урожая

Высота растений семейства колосовых культур, наряду с длиной колоса, считается важным биометрическим показателем, позволяющим оценивать также потенциальную продуктивность посевов.

В первую очередь высота растений может зависеть от складывающихся почвенно-климатических особенностей зоны выращивания, во-вторую очередь зависит от складывающихся погодных условий, в третью очередь зависит от сорта (бывают короткостебельные, среднестебельные и длинностебельные сорта), в четвёртую очередь от технологии возделывания, в том числе от основной обработки почвы, формирующей водный режим и сложение почвы, а также от системы удобрений, влияющей на пищевой режим.

нашем опыте изучались три различных приёма основной обработки почвы с различной глубиной, два варианта применения удобрений, а также использование двух гербицидов, поэтому высота растений ярового ячменя сорта Надёжный менялась, как по годам исследований, так и по вариантам опыта.

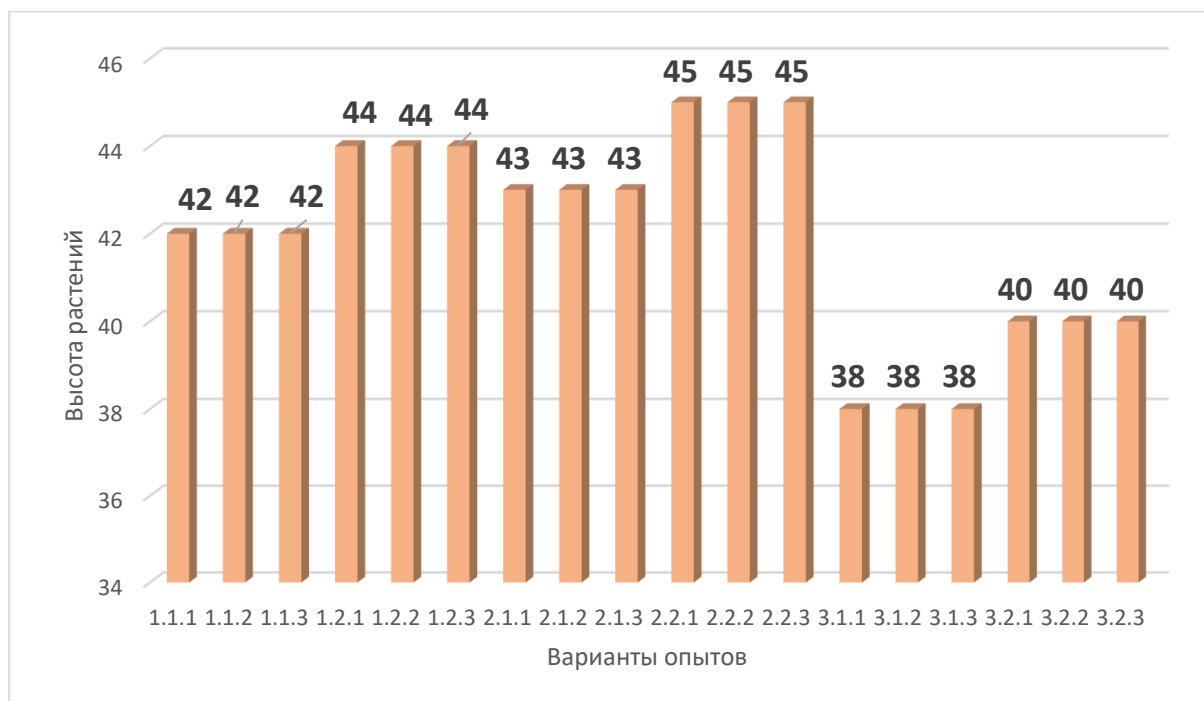


Рисунок 16 - Высота растений в фазу выхода в трубку, среднее за 2023-2025 гг.,
М

Из рисунка 16 видно, что в среднем за 2023–2025 годы наименьшая высота растений ячменя в фазу выхода в трубку была установлена на варианте мелкого дискового рыхления почвы без применения перед посевом полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и составляла 0,38 м. Внесение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат под предпосевную культивацию способствовало увеличению высоты растений на всех вариантах в среднем на 0,02 м. При этом влияние применяемых гербицидов на данный показатель носило выравнивающий характер и не оказывало статистически значимого воздействия, в связи с чем в данном случае основное внимание уделено фактору удобрений. На контрольных вариантах нашего опыта растения ярового ячменя в период выхода в трубку формировались на 0,04 метра выше растений с минимальными параметрами высоты. На делянках глубокого чизельного рыхления высота растений ячменя определялась на 0,05 метра выше, чем на фоне мелкого дискового рыхления и на 0,01 метра выше растений на фоне базовой технологии с отвальной обработкой.

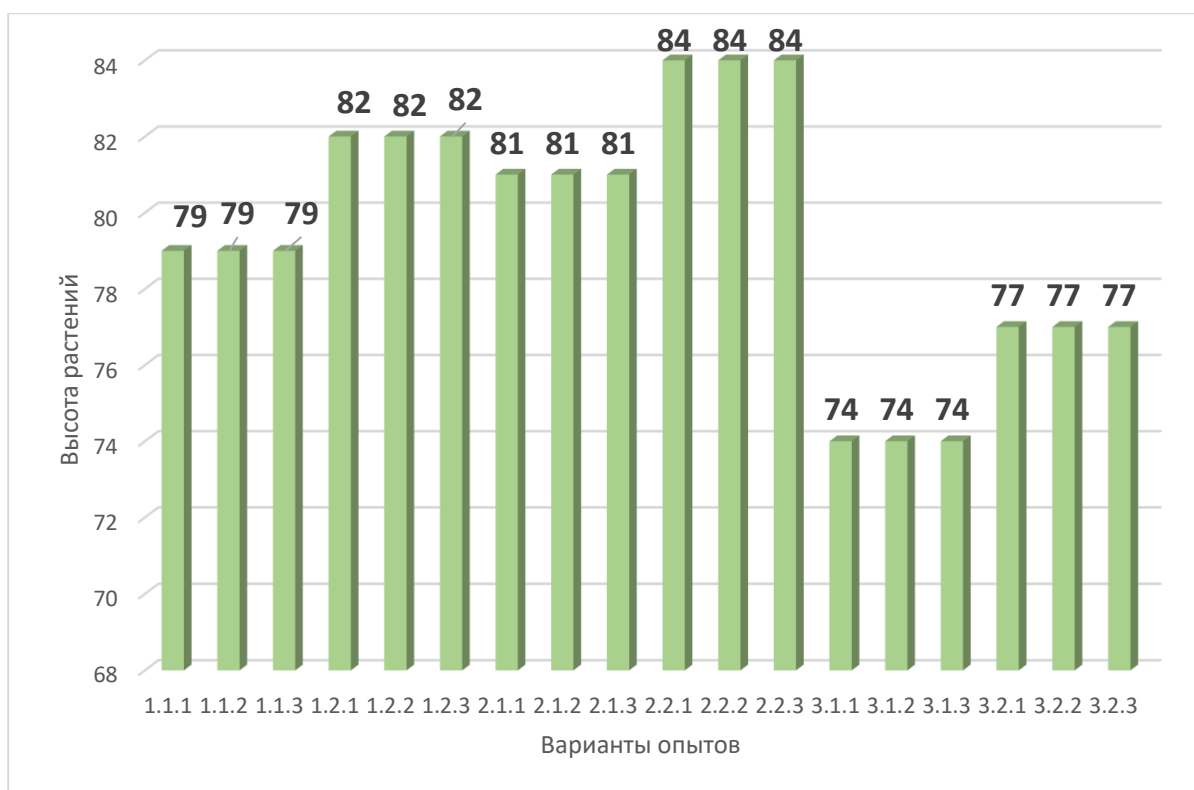


Рисунок 17 - Высота растений в фазу полной спелости, среднее за 2023-2025 гг., м

Самый низкий яровой ячмень в фазу полной спелости был установлен на делянках с мелким дисковым рыхлением почвы без применения перед посевом полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и равнялась 0,74 метра. Внесение полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат под предпосевную культивацию увеличивало высоту растений к уборке на всех вариантах на 0,03 метра.

На вариантах традиционной отвальной обработки почвы растения ярового ячменя сорта Надёжный к уборке оказались на 0,05 метра выше растений на фоне мелкого дискового рыхления. На делянках глубокого чизельного рыхления высота растений ячменя к уборке определялась на 0,07 метра больше в сравнении с фоном мелкой дисковой обработки и на 0,02 метра больше в сравнении с контрольным вариантом.

В результате, максимальная высота растений ярового ячменя отмечалась на варианте чизельной глубокой обработки с предпосевными подкормками Моноаммонийфосфатом.

Длина колоса находилась в пределах от 4,6 см до 6,6 см. Наименьшей она формировалась на варианте мелкой дисковой обработки почвы без применения перед посевом полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов и равнялась 4,6 см.

Применение гербицида Линтур увеличивало длину колоса на 0,1-0,2 см. Применение гербицида Тандем увеличивало длину колоса на 0,2-0,3 см. Применение перед посевом полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало длину колоса на 0,4 см.

На делянках контрольного варианта длина колоса была на 0,7 см больше по сравнению с фоном мелкого рыхления и на 1,3 см меньше по сравнению с глубоким чизельным рыхлением.

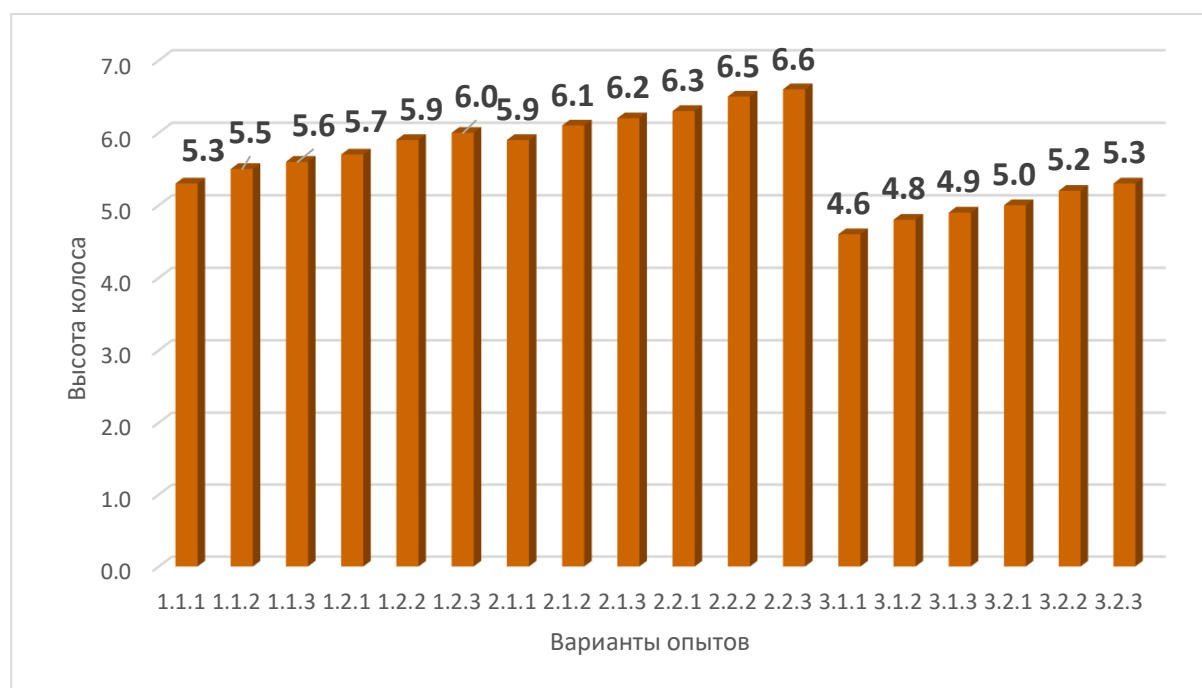


Рисунок 18 - Длина колоса, среднее за 2023-2025 гг., см

Под кустистостью зерновых культур понимают свойство из узла кущения или корневой шейки образовывать дополнительные стебли. Различают общую кустистость и продуктивную.

Общая кустистость определяется количеством всех стеблей на одном растении, а продуктивная кустистость количеством стеблей с колосом на одном растении.

В нашем опыте общая кустистость ячменя находилась в пределах от 3,7 шт. на делянках мелкого дискового рыхления без предпосевных подкормок полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат до 5,1 шт. на вариантах глубокого чизельного рыхления с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат.

Применение перед посевом полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало в наших опытах в среднем за все годы исследований общую кустистость на 0,6 штук на одном растении.

На контрольных вариантах кустистость ячменя по сравнению с мелковым дисковым рыхлением установлена на 4 шт./раст. больше. На фоне глубокого чизельного рыхления наблюдалось увеличение кустистости в сравнении с фоном мелкой дисковой обработки на 8 шт./раст.

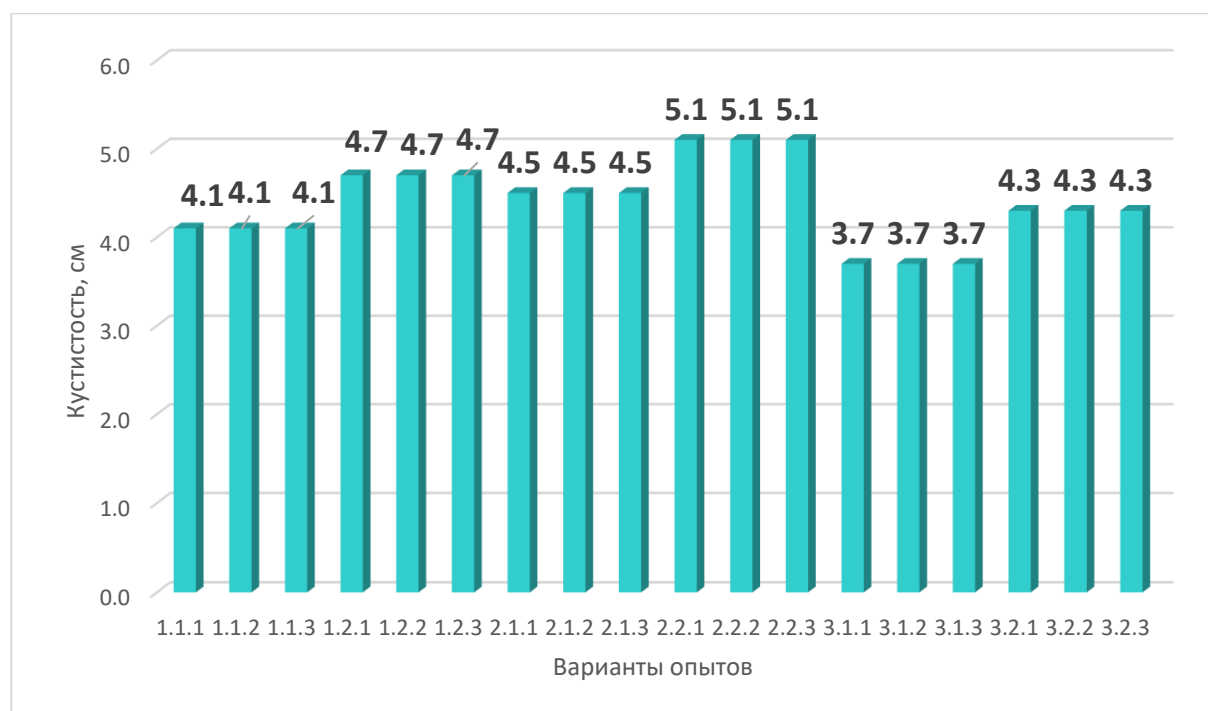


Рисунок 19 – Общая кустистость, среднее за 2023-2025 гг., см

Число продуктивных стеблей ярового ячменя на фоне мелкого дискового рыхления составляло в пределах от 330 шт./м² на варианте без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов до 529 шт./м² на варианте с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида

Тандем. На делянках обычной отвальной обработки число продуктивных стеблей увеличивалось на 18-48 шт./м².

На фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта число продуктивных стеблей увеличивалось на 55-96 шт./м² в сравнении с фоном мелкого дискового рыхления и на 28-53 шт./м² в сравнении с контрольным вариантом.

Число зёрен с колоса на фоне мелкого дискового рыхления отмечалась в пределах от 18,4 шт. на варианте без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов до 21,9 шт. на варианте с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида Тандем. На фоне базовой вспашки число зёрен в колосе установлено на 0,2-1,7 штуки больше.

На фоне глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта число зёрен в колосе ячменя сорта Надёжный отмечалось на 0,7-2,7 шт. больше в сравнении с фоном мелкого дискового рыхления и на 0,7-1,6 шт. больше в сравнении с фоном базовой технологии отвальной обработки.

Масса 1000 зёрен на фоне мелкого дискового рыхления отмечалась от 18,4 г на варианте внесения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов до 21,9 шт. на варианте с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида Тандем. На вариантах вспашки на глубину 0,20-0,22 м масса 1000 зёрен оказалась на 0,2-1,7 шт. больше.

На вариантах глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 м масса 1000 зёрен была на 0,7-2,7 шт. больше, чем на делянках мелкого дискового рыхления и на 0,7-1,6 шт. больше, чем на делянках традиционной отвальной обработки.

Масса зерна с колоса на делянках мелкого дискового рыхления была установлена в пределах от 0,71 грамм на варианте без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения

гербицидов до 0,85 грамм на варианте с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида Тандем. На делянках со вспашкой масса зерна с колоса у ячменя сорта Надёжный установлена на 0,16-0,23 грамм больше. На делянках чизелевания на 0,18-0,28 шт. больше, чем на фоне дискового рыхления и на 0,02-0,08 шт. больше, чем на фоне отвальной плужной обработки.

Биологическая урожайность на фоне мелкого рыхления варьировала от 2,34 т/га на делянках без использования Моноаммонийфосфата и без использования гербицидов до 4,50 т/га на делянках с предпосевным применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида по вегетации Тандем.

На делянках вспашки на 0,20-0,22 м биологическая урожайность у ячменя увеличивалась на 0,93-1,26 т/га.

На фоне глубокого чизельного рыхления биологическая урожайность ярового ячменя определена на 1,71-1,88 т/га больше в сравнении с фоном мелкого дискового рыхления и на 0,59-0,78 т/га больше в сравнении с фоном базовой технологии отвальной обработки на 0,20-0,22 м.

Таблица 15 – Структура урожая ячменя, среднее за 2023–2025 годы

Фактор А (обработка почвы)	Фактор В (система удобрения)	Фактор С (гербициды)	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Число зёрен с колоса, шт.	Масса 100 зёрен, г	Масса зерна с колоса, г	Биологическая урожайность, т/га
Отвальная	Без удобрения	Без гербицидов	375	18.8	46.2	0.87	3.27
Отвальная	Без удобрения	С гербицидами	434	20.1	46.3	0.93	4.05
Отвальная	Без удобрения	Интегрированная защита	450	20.9	46.3	0.97	4.38

Отвальная	С удобрениями	Без гербицидов	461	21.1	46.8	0.99	4.57
Отвальная	С удобрениями	С гербицидами	532	21.5	46.9	1.01	5.4
Отвальная	С удобрениями	Интегрированная защита	554	22.1	47.0	1.04	5.76
Чизельная	Без удобрений	Без гербицидов	427	20.4	46.5	0.95	4.05
Чизельная	Без удобрений	С гербицидами	479	21.7	46.6	1.01	4.72
Чизельная	Без удобрений	Интегрированная защита	489	21.9	46.6	1.02	4.98
Чизельная	С удобрениями	Без гербицидов	510	21.8	47.2	1.03	5.27
Чизельная	С удобрениями	С гербицидами	561	22.7	47.2	1.07	5.99
Чизельная	С удобрениями	Интегрированная защита	585	23.1	47.2	1.09	6.38
Дисковая	Без удобрений	Без гербицидов	330	18.4	38.5	0.71	2.34
Дисковая	Без удобрений	С гербицидами	392	19.0	38.5	0.73	2.86
Дисковая	Без удобрений	Интегрированная защита	432	19.2	38.5	0.74	3.2
Дисковая	С удобрениями	Без гербицидов	413	21.1	38.8	0.82	3.39
Дисковая	С удобрениями	С гербицидами	493	21.6	38.9	0.84	4.14

Дисковая	С удобрениями	Интегрированная защита	529	21.9	38.9	0.85	4.5
----------	---------------	------------------------	-----	------	------	------	-----

НСР₀₅ (число продуктивных стеблей) = 28,4

НСР₀₅ (число зёрен с колоса) = 1,6

НСР₀₅ (масса 1000 зёрен) = 0,9

НСР₀₅ (масса зерна с колоса) = 0,05

НСР₀₅ (биологическая урожайность) = 0,42

V = 4,1 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов.

НСР₀₅ - наименьшая существенная разность.

V - коэффициент вариации, %.

Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

В ходе анализа выявлена связь, когда при увеличении числа продуктивных стеблей число зёрен с колоса увеличивается почти в равной степени (0.93). И также при росте числа стеблей биологическая урожайность растёт почти линейно (0.95). По этим причинам данные параметры определяют, сколько продукции будет получено. С умеренной силой число стеблей влияет на массу зерна с колоса (0.76). Для конечной урожайности этот параметр имеет значение. При проведении Т-тестов обнаружены различия между всеми показателями, которые выходят за пределы случайных отклонений ($p < 0.05$). Эти факторы важны, если требуется повысить урожайность. На основе данных можно сделать вывод, что агротехнические мероприятия нужно планировать так, чтобы растения производили больше продукции и её характеристики улучшались. Определение наиболее эффективных агротехнических практик позволит повысить устойчивость культур к внешним факторам и обеспечить стабильное повышение урожайности в условиях изменяющегося климата.

3.8. Урожайность ярового ячменя

Урожайность выращиваемых культур в полевых условиях, является можно сказать, лакмусовой бумажкой плодородия почвенного участка, на котором эти культуры произрастают. Урожайность помогает правильно оценить эффективность тех, или иных агротехнических приёмов, правильность выполнения технологических операций, преимущества различных видов удобрений, пестицидов и адъювантов.

Урожайность позволяет определять степень воздействия применяемых в технологиях агротехнических приёмов и устанавливать их биологическую эффективность и состоятельность.

Урожайность возделываемых культур зависит от множества абиотических и биотических факторов, в том числе и от условий среды произрастания и адаптированностью данных возделываемых сельскохозяйственных культур и сортов.

Синергетический эффект природных условий с применяемыми агротехническими приёмами, в совокупности и формирует определённый устойчивый уровень урожайности возделываемых культур в период проведения опытов.

Любая агротехнология, которая предусматривает проведение химическую обработку посевов гербицидами, по своей сути является дестабилизирующим фактором создаваемой агроэкосистемы, и может зачастую приводить к дисбалансу её естественного экологического равновесия.

Поэтому применение гербицидов и других агрохимикатов должно быть, прежде всего, дозированным, а потенциальные негативные экологические последствия должны оправдываться агрономической прибавкой урожая, то есть должен создаваться определённый баланс, равновесие, которое предполагает нивелирование негативных технологических изъянов.

В наших опытах по возделыванию ярового ячменя в условиях Чернозёмной зоны Российской Федерации урожайность находилась в прямой

корреляционной зависимости от различий по метеорологическим условиям в периоды вегетации, вследствие этого различие в урожайности по годам проведения опытов была очень высоким. Также урожайность ярового ячменя находилась в прямой зависимости от приёмов основной обработки; от применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат; от уровня подавления сорнополевой растительности гербицидами и уменьшением их негативного влияния на рост, развитие и продуктивность возделываемого в опыте ярового ячменя сорта Надёжный.

В 2023 году наименьшая урожайность ячменя в наших исследованиях отмечалась на делянках мелкого дискового рыхления без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов и соответствовала 1,85 т/га. Использование гербицидов Линтур и Тандем повышало урожайность ячменя на 0,49 и 0,83 т/га.

Внесение в виде предпосевных подкормок полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат повышало продуктивность ярового ячменя на 0,88-1,07 т/га. Основная обработка почвы виде отвальной обработки на 0,20-0,22 м увеличивало урожайность ярового ячменя на 0,76-0,92 т/га. Основная обработка в виде глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта повышала продуктивность ярового ячменя в 2023 году на 1,37-1,50 т/га.

В 2024 году, также, как и в 2023 году, наименьшие показатели урожайности ячменя Надёжный были определены на фоне мелкого дискового рыхления на 0,10-0,12 м без внесения Моноаммонийфосфата и без применения гербицидов Линтур или Тандем и составляли 2,33 т/га, то есть, на 0,48 т/га больше, чем в 2023 году.

Использование гербицидов Линтур и Тандем в период вегетационного периоде ячменя путём уменьшения негативного влияния сорнополевой растительности привело к повышению урожайности ярового ячменя сорта Надёжный соответственно на 0,61 и 1,06 т/га. Предпосевные подкормки

Моноаммонийфосфатом повышали урожайность ячменя Надёжный на 1,17-1,40 т/га. Обработки плугом на 0,2-0,22 м увеличивали урожайность ячменя на 0,98-1,29 т/га. Чизельные обработки увеличивали урожайность ячменя в сравнении с мелким дисковым рыхлением на 1,78-2,08 т/га.

В 2025 году также наименьшие показатели урожайности ячменя сорта Надёжный в наших исследованиях были определены на варианте мелкого рыхления без внесения Моноаммонийфосфатом и без использования гербицидов Линтур или Тандем и составили в среднем по повторностям 2,57 т/га, что оказалось, на 0,72 т/га больше, чем в 2023 году и на 0,24 т/га больше, чем в 2024 году.

Применение гербицидов Линтур или Тандем в фазу кущения ячменя Надёжный в результате значительного снижения вреда от сорнополевой растительности увеличило урожайность ячменя на 0,58 и 0,91 т/га.

Предпосевные подкормки Моноаммонийфосфатом повысили урожайность ячменя сорта Надёжный в 2025 году на 1,19-1,54 т/га. Применение традиционной отвальной обработки увеличивала урожайность ячменя сорта Надёжный на 1,09-1,56 т/га. Глубокое чизельное рыхление увеличивало урожайность ярового ячменя сорта Надёжный на 1,92-2,09 т/га.

В среднем за 2023-2025 годы минимальная урожайность ячменя сорта Надёжный отмечалась на делянках мелкой дисковой обработки без внесения Моноаммонийфосфата и без использования гербицидов и равнялась 2,25 т/га.

Проведение гербицидных обработок Линтуром или Тандемом в фазу кущения ячменя в связи с заметным снижением вреда от сорнополевой растительности повысило урожайность возделываемого ячменя на 0,49 и 0,83 т/га. Применение удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало урожайность ячменя на 0,88-1,07 т/га.

Использование традиционной отвальной обработки привело к повышению урожайности на 0,76-0,92 т/га.

Применение глубокой чизельной обработки с частичным оборотом пласта увеличивало урожайность ярового ячменя на 1,37-1,50 т/га.

Наибольшая урожайность ярового ячменя сорта Надёжный установлена на делянках чизельной глубокой почвообработки с частичным оборотом пласта, предпосевных подкормок Моноаммонийфосфатом, внесения гербицида Тандем и в среднем за 2023-2025 годы составила 6,30 т/га.

Таблица 16 – Урожайность ярового ячменя сорта Надёжный

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Урожайность, т/га				
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее	
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	2,61	3,31	3,66	3,19	
		Линтур	3,26	4,15	4,52	3,98	
		Тандем	3,53	4,48	4,87	4,29	
	Моноаммонийфосфат	Контроль	3,65	4,70	5,16	4,50	
		Линтур	4,31	5,56	6,05	5,31	
		Тандем	4,60	5,95	6,47	5,67	
	Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	3,27	4,11	4,56	3,98
			Линтур	3,84	4,90	5,24	4,66
			Тандем	4,05	5,18	5,48	4,90
Моноаммонийфосфат		Контроль	4,19	5,49	5,83	5,17	
		Линтур	4,81	6,35	6,61	5,92	
		Тандем	5,17	6,82	6,90	6,30	
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	1,85	2,33	2,57	2,25	
		Линтур	2,34	2,94	3,15	2,81	
		Тандем	2,68	3,39	3,48	3,18	
	Моноаммонийфосфат	Контроль	2,73	3,50	3,76	3,33	
		Линтур	3,37	4,27	4,69	4,11	
		Тандем	3,75	4,79	4,91	4,48	

$НСР_{05}$ (2023 г.) = 0,34

$НСР_{05}$ (2024 г.) = 0,42

$НСР_{05}$ (2025 г.) = 0,45

$НСР_{05}$ (среднее) = 0,38

$V = 4,3 \%$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

3.9. Биоэнергетическая оценка

Проблема энергосбережения для зерновых севооборотов является актуальной, в связи с тем, что зерновые культуры в своём статусе потребителей ресурсов экологических систем, вместе с урожаем зерна и соломой потребляют из пахотного слоя энергии, благодаря которой строится вегетативная и регенеративная части растений гораздо больше по сравнению с тем, что после уборки урожая сохраняется в виде пожнивных остатков и корневой массы.

Ситуация по дефициту энергии также становится сложнее из-за того, что в новейших системах земледелия двадцать первого века наблюдается большое применение химической продукции, высокий уровень использования механизации и автоматизации. В результате этого, потребляемые энергетические ресурсы переключились с возобновляемых источников на невозобновляемые.

Поэтому, снижение энергетических ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур в настоящий момент является, в том числе, и экологической проблемой, а решение данной проблемы находится в переходе на ресурсосберегающие способы возделывания культурных растений.

Для расчётов эффективности изучаемых приёмов основной обработки почвы, применения инновационного полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат, использования гербицидов Линтур и Тандем при выращивании ярового ячменя сорта Надёжный нами применялись показатели энергетической ценности зерна и энергетические эквиваленты на горюче-смазочные материалы, удобрения, гербициды.

В результате проведения трёхлетних полевых экспериментов изучению эффективности приёмов основной обработки почвы было установлено следующее. Понижение глубины основной обработки до 0,10-0,12 м прямым образом отражалось на понижении энергетических затрат.

Переход с обычного плужного способа обработки на глубокую чизельную обработку не приводит к увеличению энергетических затрат

вследствие того, что крошение и подрезание почвенного среза осуществляется, не от лемеха, а от долота, которое обладает меньшей площадью соприкосновения с почвенным срезом и поэтому происходит снижение энергии на сдвиг и рыхление. Минимальным количеством энергетических затрат в нашем опыте с 13145 КДж/га отмечались варианты мелкого дискового рыхления.

При глубоком чизельном рыхлении погектарный расход энергии оказался на 375 килоджоулей больше, чем на фоне мелкого дискового рыхления. На варианте отвальной базовой обработки истрачено энергии 13745 КДж/га, или на 225 КДж/га больше по сравнению с глубоким чизельным рыхлением, и на 600 КДж/га больше по сравнению с мелким дисковым рыхлением. В результате варианты дисковой и чизельной обработок по сравнению с контролем оказались ресурсосберегающими. Предпосевное внесение удобрения Моноаммонийфосфат увеличивало затраты энергии на 400 КДж/га. Опрыскивание посевов ярового ячменя гербицидами Линтур или Тандем увеличивало затраты энергии на 255 КДж/га.

Наименьшее количество энергии в нашем опыте было установлено на варианте мелкого дискового рыхления без использования Моноаммонийфосфата и без использования гербицидных обработок и в среднем за годы исследований составило 13500 КДж/га. На варианте использования гербицидных обработок Линтуром энергии было определено на 3360 КДж/га больше. Использование в качестве основной обработки глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта увеличивало количество энергии в урожае на 10320-11100 КДж/га. Максимальное количество энергии было определено на фоне чизельного рыхления с внесением предпосевных подкормок Моноаммонийфосфатом и опрыскивания гербицидом Тандем ячменя и равнялось за 2023-2025 годы 37800 КДж/га.

Показателями биоэнергетической эффективности технологий возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры, в том числе ярового ячменя, являются чистый доход энергии и коэффициент энергетической эффективности.

Минимальный чистый доход энергии наблюдался при использовании мелкого дискового рыхления без предпосевных подкормок и без гербицидных обработок, и в среднем за 2023-2025 годы равнялся 355 КДж/га. Наибольший чистый энергетический доход 23625 КДж/га в нашем опыте был установлен на варианте глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта, с предпосевными подкормками и гербицидными обработками. Наименьший коэффициент энергетической эффективности 1,03 ед. был установлен на варианте мелкого дискового рыхления без применения Моноаммонийфосфата и без применения гербицидов. Наибольший 2,67 ед. на варианте глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта, с применением удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида Тандем.

Таблица 17 – Энергетическая эффективность, среднее за 2023-2025 годы

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Затраты энергии, КДж/га	Энергия урожая, КДж/га	Чистый доход энергии, КДж/га	КЭЭ
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	13745	19140	5395	1,39
		Линтур	14000	23880	9880	1,70
		Тандем	14000	25740	11740	1,84
	Моноаммонийфосфат	Контроль	14145	27000	12855	1,91
		Линтур	14400	31860	17460	2,21
		Тандем	14400	34020	19620	2,36
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	13520	23880	10360	1,77
		Линтур	13775	27960	14185	2,03
		Тандем	13775	29400	15625	2,13
	Моноаммонийфосфат	Контроль	13920	31020	17100	2,23
		Линтур	14175	35520	21345	2,50
		Тандем	14175	37800	23625	2,67
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4	Без удобрений	Контроль	13145	13500	355	1,03
		Линтур	13400	16860	3460	1,26
		Тандем	13400	19080	5680	1,42
		Контроль	13545	19980	6435	1,47

на глубину 0,10-0,12 м	Моноаммони йфосфат	Линтур	13800	24660	10860	1,79
		Тандем	13800	26880	13800	1,95

$НСР_{05}$ (затраты энергии) = 310

$НСР_{05}$ (энергия урожая) = 1850

$НСР_{05}$ (чистый доход энергии) = 1620

$НСР_{05}$ (КЭЭ) = 0,12

$V = 4,5 \%$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Результаты анализа показали сильную корреляцию между затратами энергии и энергией урожая (0.86), что подтверждает важность эффективного использования энергии для получения более высоких урожаев. И показатели затрат энергии, и показатели чистого дохода энергии изменяются в одном направлении с коэффициентом 0.84, что описывает связь между тем, сколько энергии вкладывают в агротехнические процессы, и тем, сколько ее получают. Но при этом результаты Т-теста составляют 0.29, и это значение больше стандартного порога, поэтому нельзя утверждать, что затраты энергии и чистый доход энергии различаются по статистическим причинам. Из-за этого можно предположить, что на данные цифры воздействуют иные условия. С другой стороны, если сравнивать затраты энергии и энергию урожая, то расчеты дают значение меньше 0.05. По этой причине данные величины считаются неодинаковыми, что доказывает роль энергии в том, как увеличивается объем продукции. Более того, высокий коэффициент корреляции между затратами энергии и между коэффициентом энергетической эффективности (0.83) подтверждает важность оптимизации использования энергии для повышения общей эффективности агрономических процессов. Значения Т-тестов для затрат энергии и коэффициента энергетической эффективности показали статистически значимые различия ($p < 0.05$), что подтверждает важность этого показателя для агропроизводства. Полученные данные свидетельствуют о том, что

правильный выбор агротехнологий с учетом энергетической эффективности может существенно повысить устойчивость сельскохозяйственных систем. В дальнейшем необходимо продолжить исследования для более глубокого анализа факторов, влияющих на эффективность использования энергии в агрономии

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых исследований с 2023 по 2025 годы по совершенствованию приёмов основной обработки почвы, применению инновационного полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицидов Линтур и Тандем на рост, развитие и продуктивность ярового ячменя сорта Надёжный на карбонатных почвах Черноземной (южной) зоны было установлено.

Наибольшее положительное влияние на биологическую активность оказывала отвальная обработка почвы плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м. Применение инновационного полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат перед посевом ярового ячменя незначительно, но снижало биологическую активность почвы.

Мелкое дисковое рыхление с использованием предпосевных подкормок Моноаммонийфосфатом формировала токсичность на 10,4 % выше минимального значения, а мелкое дисковое рыхление без применения предпосевных подкормок токсичность оказалась на 12,5 % выше минимального значения и равнялась 14,6 %.

В среднем за вегетационный период ячменя сорта Надёжный максимальное количество общего азота в пахотном слое почвы находилось на варианте чизельной обработки до 0,35 метра с оборотом пласта на 0,12-0,15 метра и составляло от 13,9 до 16,0 мг/кг почвы. Максимальное количество фосфора отмечалось на фоне глубокого чизельного рыхления с оборотом пласта на 0,12-0,15 метра и составляло от 160,5 до 165,1 мг/кг почвы.

Минимальный вынос макроэлементов был отмечен на варианте мелкой дисковой обработки почвы без применения предпосевных подкормок, без применения гербицидов и равнялся по азоту 73,8 кг/га, фосфору – 53,1 кг/га и калию – 113,6 кг/га.

На вариантах глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта на 0,12-0,15 метров количество сорных растений значительно снижалось и составляло на вариантах без использования гербицидных обработок от 21 до 25 шт./м². На вариантах классической отвальной обработки сорных растений было

установлено ещё меньше и на делянках без проведения гербицидных обработок наблюдалось от 19 до 23 шт./м². Использование гербицида Тандем стопроцентно исключало развитие сорной растительности.

На вариантах чизельного рыхления до 0,35 м с оборотом пласта на 0,12-0,15 м продуктивных стеблей ячменя отмечалось на 56-97 шт./м² больше в сравнении с мелкой обработкой дискатором БДМ-4 и на 29-52 шт./м² больше в сравнении с контрольными вариантами.

Масса зерна с колоса на вариантах мелкого дискового рыхления формировалась в пределах от 0,71 грамм на варианте без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов до 0,85 грамм на варианте с применением полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида Тандем. На вариантах глубокой чизельной обработки с частичным оборотом пласта масса зерна с колоса определялась на 0,18-0,28 грамм больше в сравнении с вариантами мелкой дисковой обработки и на 0,02-0,08 шт. больше по сравнению с вариантами традиционной отвальной обработки почвы.

Наибольшая урожайность ярового ячменя в среднем за 2023-2025 годы фиксировалась на варианте чизельной обработки до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м, внесением Моноаммонийфосфата и обработками гербицидом Тандем и составила 6,30 т/га. Минимальная урожайность ячменя сорта Надёжный установлена на варианте мелкого дискового рыхления без внесения Моноаммонийфосфата, без гербицидного опрыскивания и составляла 1,85 т/га.

Максимальный энергетический доход установлен на варианте глубокого чизельного рыхления с частичным оборотом пласта, применением инновационного полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида Тандем и составлял 23625 Дж/га. Наименьший чистый доход энергии был установлен на варианте мелкого дискового рыхления без применения полимер-модифицированного удобрения Моноаммонийфосфат и без применения гербицидов и составлял 355 Дж/га. Наименьший коэффициент энергетической эффективности 1,03 ед. был установлен на варианте мелкого дискового рыхления

без применения Моноаммонийфосфата и без применения гербицидов. Наибольший 2,67 ед. формировался на варианте глубокого чизельного рыхления, с применением удобрения Моноаммонийфосфат и гербицида Тандем.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В условиях карбонатных почв Чеченской Республики при выращивании ярового ячменя производству рекомендуется:

1. Применять чизельную обработку почвы с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м
2. Вносить под предпосевную культивацию полимер-модифицированное удобрение Моноаммонийфосфат из расчёта 200 кг/га.
3. Для снижения засорённости посевов использовать гербицид Тандем.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ РАЗРАБОТОК

Перспективы дальнейших разработок состоят в изучении влияния различных видов минеральных удобрений и предпосевных подкормок различными видами минеральных и органо-минеральных удобрений с микроэлементами, а также применения стимуляторов роста при возделывании ярового ячменя и других сельскохозяйственных культур на почвах в зоне Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабушев А.В. Новые сорта-двуручки ячменя и элементы технологии их возделывания при осеннем посеве в условиях южной зоны Ростовской области / А.В. Алабушев, Н.Г. Янковский, А.А. Донцов, А.С. Попов // Земледелие. 2016. № 3. С.38-40.
2. Алещенко П.И. Влияние условий вегетации на семенную продуктивность ярового ячменя / П.И. Алещенко, Н.Ю. Петров, Ю.Н. Пинашкин // Известия Нижневолжского университетского комплекса. – 2010. № 3 (19). С. 56-63.
3. Ананьев А.А. Засорённость агрофитоценозов озимой пшеницы, возделываемой по разным предшественникам в условиях Тульской области / А.А. Ананьев, О.А. Савоськина, С.И. Чебаненко // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 4 (60). С. 6-11.
4. Анисимова Л.Н. Влияние влажности почвы на корневое поглощение ^{137}Cs при выращивании ячменя в контролируемых условиях / Л.Н. Анисимова, М.В. Мезина, В.С. Анисимов // Агрехимический вестник. 2024. № 5. С. 30-36.
5. Артюхова О.А. Вынос питательных элементов урожаем ярового ячменя в зависимости от уровня минерального питания / О.А. Артюхова, О.В. Гладышева, В.А. Свирина // Плодородие. 2021. № 4. С. 6-10.
6. Асатурова А.М. Эффективность бактерий-антагонистов *Bacillus* и *Pseudomonas* в качестве агентов биоконтроля сетчатой пятнистости озимого ячменя в полевых условиях / А. М. Асатурова, Н. А. Жевнова, Н. М. Сидоров, О. Ю. Кремнева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54, № 10. С. 69-77.
7. Астарханов И.Р. Динамика питательных веществ тёмно-каштановой почвы в зависимости от доз и способов внесения органического удобрения / И.Р. Астарханов, Т.С. Астарханова, Д.А. Алибалаев, А.А. Абасова // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 21-25.
8. Астарханов И.Р. Эффективность органо-минеральных удобрений при возделывании зерновых культур в Чеченской Республике / И.Р. Астарханов, М.Р.

Нахаев, Р.В. Хуриев, Т.И. Абасова // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 4 (60). С. 11-16.

9. Астарханова Т.С. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность зерновых культур в зависимости от приёмов основной обработки почвы / Т.С. Астарханова, М.Р. Нахаев, М.У. Ляшко // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 4 (60). С. 14-20.

10. Астарханова Т.С. Влияние органо-минерального удобрения Яравита Биомарис на урожайность яровой пшеницы / Т.С. Астарханова, И.Р. Астарханов, Н.В. Серёгина // Проблемы развития АПК региона. 2025. № 1(61). С. 35-40.

11. Ашурбекова Т.Н. Влияние регуляторов роста на развитие и продолжительность вегетационного периода озимой пшеницы / Т.Н. Ашурбекова, Т.С. Астарханова, К.А. Кадиров // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 3 (55). С. 23-27.

12. Ашурбекова Т.Н. Научные основы оценки, диагностики и прогнозирования агроэкологического и фитосанитарного состояния в южной природно-сельскохозяйственной зоне / Т.Н. Ашурбекова, Ш.О. Гаджимагомедов, З.М. Алиев, О.Е. Кротова, Е.Н. Очирова, Э.Н. Степанова // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 4 (56). С. 12-18.

13. Беленков А.И. Регулирование фитосанитарного состояния посевов зерновых культур на полигоне точного земледелия / А.И. Беленков, И.И. Дмитриевская // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (148) С. 5-10.

14. Бендина Я.Б. Сорты ячменя коллекционного питомника в селекционных исследованиях Омского АНЦ / Я.Б. Бендина, О.А. Юсова, П.Н. Николаев // Аграрная Россия. 2020. № 10. С. 3-8.

15. Бойко В.С. Ячмень яровой в орошаемых агроценозах лесостепи Западной Сибири / В.С. Бойко, А.Ю. Тимохин, Т.М. Хасеинов // Земледелие. 2016. № 3. С. 35-38.

16. Буряк С.М. Баланс азота залежных земель при введении их в сельскохозяйственный оборот / С.М. Буряк, О.В. Черникова, Ю.А. Мажайский // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 2 (58). С. 22-29.

17. Бутяйкин В.В. Эффективность минимизации обработки почвы на посевах ячменя в черноземе, выщелоченном / В.В. Бутяйкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 5 (49). С. 26-28.

18. Быковская И.А. Влияние минерального питания на особенности адаптации сортов ячменя к почвенной засухе / И.А. Быковская, Л.В. Осипова // Плодородие. 2024. № 6 (141). С. 39-42.

19. Веденяпина Н.С., Мамина Г.А., Островская Н.Г., Бредихина Н.А. Биологическая токсичность и активность почвы под сельскохозяйственными культурами и связь этих показателей с урожаем. // Сб. Вопросы интенсификации земледелия Волгоградской области. СХИ. Волгоград. 1975. С. 36-42.

20. Власенко А.Н. Эффективность удобрения азотом яровой пшеницы и ячменя в лесостепи Западной Сибири / А.Н. Власенко, И.Н. Шарков, В.Н. Шоба, С.А. Колбин // Земледелие. 2015. № 1. С. 25-27.

21. Волков А.И. No-till технология обработки почвы при возделывании ячменя / А. И. Волков, Л. Н. Прохорова, Д. А. Иванов // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 3-6.

22. Волков А.И. Агроэнергетический и экономический анализ возделывания ячменя на пивоваренные цели / А.И. Волков, А. В. Николаев, Е.В. Сидоркин // Аграрная Россия. 2024. № 10. С. 35-39.

23. Воронов С.И. Влияние гербицидов на продуктивность озимой пшеницы / С.И. Воронов, Ю.Н. Плескачëв, Е.В. Калабашкина, В.А Цымбалова // Аграрная Россия. 2023. № 2 (54). С. 40-44.

24. Воронов С.И. Борьба с сорной растительностью в посевах озимой пшеницы / С.И. Воронов, Ю.Н. Плескачëв, Е.В. Калабашкина, В.А Цымбалова // Аграрная Россия. 2023. № 3 (55). С. 38-43.

25. Воронов С.И. Биоэнергетическая оценка возделывания зерновых культур на плакорных ландшафтах / С.И. Воронов, Ю.Н. Плескачëв, Т.С. Астарханова, М.Р.

Нахаев // Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса. 2024. № 2 (74). С. 13-20.

26. Воронов С.И. Энергетическая эффективность зерновых культур на склоновом ландшафте / С.И. Воронов, Ю.Н. Плескачёв, Т.С. Астарханова, М.Р. Нахаев // Аграрная Россия. 2024. № 3. С. 23-26.

27. Воронов С.И. Урожайность ячменя в зависимости от приёмов основной обработки почвы и регуляторов роста / С.И. Воронов, М.Ю. Анишко, Н.А. Пилюгина // Аграрная Россия. 2024. № 3. С. 23-26.

28. Вошедский Н.Н. Выращивание ярового ячменя в условиях Ростовской области / Н.Н. Вошедский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 40-43.

29. Гонгало А.А. Изучение возделывания ячменя озимого по технологии прямого посева в сравнении с традиционной системой в Крыму / А.А. Гонгало, Е.Н. Турин, К.Г. Женченко, А.Н. Сусский // Плодородие. 2023. № 6. С. 69-72.

30. Горянин О.И. Технологические комплексы возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Среднего Заволжья / О.И. Горянин, А.В. Цунин // Главный агроном. 2013. № 2. С. 8–11.

31. Гуреев И.И. Технологии ячменя с использованием микроэлементных удобрений регуляторов роста / И.И. Гуреев, М.Н. Жердев, А.Л. Брежнев // Земледелие. 2015. № 3. С. 34-37.

32. Гурова О.Н. Последствие способов основной обработки почвы на урожайность ячменя / О.Н. Гурова, В.Ю. Мисюряев, И.А. Кощев // Научное обозрение. 2012. № 3. С. 24-28.

33. Дедушев И.А. Влияние азотного минерального питания на содержание белка в зерне сортов ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка» / И.А. Дедушев, Л.М. Ерошенко, М.М. Ромахин, Н.А. Ерошенко, В.В. Ромахина, М.М. Болдырев // Аграрная Россия. 2023. № 9. С. 20-24.

34. Дериглазова Г.М. Влияние природных и антропогенных факторов на урожай и качество зерна ярового ячменя / Г.М. Дериглазова // Земледелие. 2012. № 6. С. 43-45.

35. Дубинкина Е.А. Регуляторы роста и их использование для обработки семян ярового ячменя в условиях ЦЧР / Е.А. Дубинкина, Н.Н. Беляев, Е.В. Дудова // Аграрная Россия. 2024. № 12. С. 44-48.

36. Дубовик Е.В. Агрофизическое состояние чернозема типичного в зависимости от способа основной обработки почвы под яровой ячмень / Е.В. Дубовик, Д.В. Дубовик, А.Н. Морозов, А.В. Шумаков // Плодородие. 2023. № 3. С. 19-23.

37. Егорова Г.С. Влияние сорных растений на урожай зерновых культур при различных способах обработки светло-каштановых почв / Г.С. Егорова, К.В. Шиянов // Агротехнический вестник. 2010. № 1. С. 31-32.

38. Ерешко А.С. Основные приемы повышения урожайности ячменя в степной зоне Северного Кавказа / А.С.Ерешко // Селекция и семеноводство полевых культур: 6 Всерос. Науч. - практ. Конференция. - Пенза. 2002. С. 121-123.

39. Ерешко А.С. Ячмень: от селекции к производству / А.С. Ерешко // Ростов-на-Дону: ООО «Терра Принт», 2007.184 с.

40. Ерошенко Л.М. Сортовые особенности растений ярового ячменя по устойчивости к абиотическим стрессовым факторам на фоне различного уровня азотного питания / Л.М. Ерошенко, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова, И.А. Дедушев // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 8-12.

41. Ерошенко Л.М. Особенности морфофизиологических признаков семян и органов проростков сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка» / Л.М. Ерошенко, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова, В.В. Ромахина // Аграрная Россия. 2023. № 10. С. 3-7.

42. Ерошенко Л.М. Особенности морфометрических показателей и адаптивности коллекционных образцов ярового ячменя к стресс-факторам на начальных этапах роста растений / Л.М. Ерошенко, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова и др. // Аграрная Россия. 2024. № 10. С. 7-12.

43. Ерошенко Л.М. Лабораторный скрининг образцов ярового ячменя на фоне искусственно созданного солевого стресса / Л.М. Ерошенко, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова // Аграрная Россия. 2025. № 1. С. 13-18.

44. Ершова Л.А. Особенности сортов ярового ячменя, повышения урожая и его качества / Л.А. Ершова, Т.Г. Голова // Земледелие. 2014. № 7. С.41-44.
45. Жидков В.М. Приемы повышения урожайности ячменя на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья / В.М. Жидков, Л.А. Игнатьева // Матер. Междунар. науч.-практ. конферен. Том 1. 25 – 27 января 2011. - Волгоград: ВолГАУ. 2011. С. 66 – 71.
46. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пушино.1994. 148 с.
47. Завалин А.А. Генотипоспецифическая реакция сортов ячменя на усвоение азота органических и минеральных азотных удобрений (исследования с ^{15}N) / А.А. Завалин, Н.Я. Шмырева, Д.А. Соколов, О.А. Соколов // Плодородие. 2022. № 2. С. 3-8.
48. Засыпкина И.М. Результаты изучения параметров адаптивности сортов и линий озимого ячменя в условиях юга Ростовской области / И.М. Засыпкин, А.А. Донцова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2024. Т. 54. № 9. С. 25-34.
49. Зволинский В.П. Особенности возделывания зерновых культур в условиях засухи // Сб. Пути повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов в условиях аридного земледелия / Составление и редакция: В.П. Зволинский, Н.В. Тютюма, Р.К. Туз – М.: Издательство «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук». 2012. С. 45-49.
50. Иванов В.М. Исследование приемов возделывания озимых и яровых зерновых культур в Нижнем Поволжье / В.М. Иванов, В.И. Филин // Волгоград:ВГСХА. 2004. С. 187.
51. Иванов В.М. Яровой ячмень в Волгоградской области / В.М. Иванов, Е.В. Мищенко // Волгоград: Волгоградский ГАУ. 2015.152 с.
52. Иванов Д.А. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография): монография. Тверь. Издатель А.Н. Кондратьев. 2017. – 310 с.

53. Ильин А.В. Селекция ярового ячменя на устойчивость к засухе и повышение продуктивности / А.В. Ильин // Аграрный вестник Юго-Востока. 2014. № 1-2. С. 40-42.

54. Исмаилов А.Б. Урожайность озимого ячменя в зависимости от норм высева семян в условиях равнинной орошаемой зоны Дагестана / А.Б. Исмаилов, Г.А. Алимурзаева, Е.К. Омарова // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 1 (53). С. 42-46.

55. Кабанов П.Г. Дифференцированное применение агротехники. – Саратов: Приволж. Кн. изд-во, 1968. – 227 с.

56. Котоврасов И.В. и др. Динамика элементов плодородия почвы в кормовых севооборотах. Земледелие. 1986. № 3. С. 35-37.

57. Калинин Ю.А. Особенности формирования урожая у различных сортов ярового ячменя в условиях засушливого Поволжья / Ю.А. Калинин // Матер. Всерос. научнопракт. конфер. «Селекция, семеноводство и технологии возделывания сельскохозяйственных культур сухостепного Заволжья. 28 – 29 марта 2002 года» // Ю.А. Калинин. – Пенза: Краснокутская СОС. 2002. С. 3 – 7.

58. Камышанов И.Г. Влияние норм высева и биологически активных веществ на урожайность и качество зерна сортов ярового ячменя на каштановых почвах Волгоградской области: автореф. дис. уч. ст. канд. с.-х. наук. – Волгоград: ВГСХА, 2007. 23 с.

59. Капранов В.Н. Воздействие комплексного органоминерального удобрения Супродит М на содержание элементов питания в почве и вынос их урожаем ярового ячменя / В.Н. Капранов, А.Н. Филатов // Плодородие. 2014. № 3. С.7-9.

60. Каргин И.Ф. Продуктивность ячменя на длительно используемой пашне / И.Ф. Каргин, И.И. Игонов // Земледелие. 2014. № 2. С. 33-36.

61. Кашукоев М.В. Урожайность и пивоваренные качества сортов озимого ячменя / М.В. Кашукоев, И.Б. Шогенова, З.Л. Канцалиева // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 56-59.

62. Кирпичников Н.А. Эффективность фосфорных и магниевых удобрений в посевах ячменя на дерново-подзолистой почве различной кислотности / Н.А. Кирпичников, С.П. Бижан // Плодородие. 2022. № 6. С. 22-25.

63. Кирпичников Н.А. Эффективность комплексного применения средств химизации на дерново-подзолистой почве с использованием микроэлементов и регуляторов роста в посевах ярового ячменя / Н.А. Кирпичников, Е.Н. Старостина, Г.А. Ивашенков // Плодородие. 2023. № 2. С. 63-66.

64. Киселёва Г.Н. Биологическая эффективность гербицидов в условиях дельты Волги / Г.Н. Киселёва, Д.С. Магомедова // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 4 (60). С. 14-20.

65. Коваленко А.А. Баланс питательных веществ в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве Подмосковья / А.А. Коваленко, Т.М. Забугина, О.В. Рухович // Плодородие. 2024. № 1. С. 40-43.

66. Коваленко А.А. Агрохимические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы при разном способе ее использования / А.А. Коваленко, Т.М. Забугина, В.С. Михальцов // Плодородие. 2024. № 4. С. 61-64.

67. Крючков А.Г. Урожайность сортов ярового ячменя при различных приемах основной обработки почвы в степной зоне Оренбургского Предуралья / А.Г. Крючков, И.Н. Бесалиев, А.Л. Панфилов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 55-59.

68. Кузнецова Т.Е. Итоги селекционной работы с ячменем / Т.Е. Кузнецова, С.А. Левштанов // Земледелие. 2014. № 3. С. 6-9.

69. Курбанов С.А. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы при разных нормах минеральных удобрений / С.А. Курбанов, Д.С. Магомедова, А.И. Магомедов // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 4 (56). С. 34-37.

70. Лапина В.В. Влияние глубины заделки семян на полевую всхожесть и урожайность ячменя / В.В. Лапина, Н.В. Смолин, А.В. Мурашов // Аграрный научный журнал. 2015. № 6. С. 20-24.

71. Магомедов Н.Р. Органическая система земледелия как фактор экологизации и ресурсосбережения / Н.Р. Магомедов, Т.Т. Бабаев, Т.Н.

Ашурбекова, Ш.А. Гаджимагомедов // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 59-63.

72. Максимов В.А. Роль климатических условий в формировании урожайности ярового ячменя / В.А. Максимов, С.А. Замятин, Н.Н. Алаева // Главный агроном. 2014. № 6. С. 16-18.

73. Максимов Р.А. Динамика адаптивного ответа различных генотипов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.), обусловленного гидротермическими показателями в период роста и развития растений на юго-западе Свердловской области / Р.А. Максимов, Ю.А. Киселев, Е.Г. Козионова // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 8. С. 20-26.

74. Матюк Н.С. Влияние разных систем обработки почвы на динамику содержания элементов питания в растениях ячменя / Н.С. Матюк, В.А. Николаев, Л.И. Щигрова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3. С. 154-161.

75. Медведев Г.А. Энергетическая и экономическая эффективность возделывания озимого ячменя в чернозёмной зоне Нижнего Поволжья / Г. А. Медведев, Д. Е. Михальков, К. В. Алексеев // Аграрная Россия. 2023. № 1. С. 19-23.

76. Мисюряев В.Ю. Влияние основной обработки светло-каштановой почвы на урожайность ярового ячменя Ергенинский 2 / В.Ю. Мисюряев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее образование. 2013. № 2. С. 72-75.

77. Митрофанов Ю.И. Влияние систем основной обработки почвы на продуктивность и агрохимические свойства почвы / Ю.И. Митрофанов, М.В. Гуляев // Плодородие. 2023. № 5. С. 59-64.

78. Михайленко И.И. Оценка влияния микробиологического биоудобрения на урожайность и качество зерна ярового ячменя в условиях склоновых ландшафтов / И.И. Михайленко, О.Д. Мещеряков, О.Е. Нерубенко, И.В. Правдин, Л.С. Бондаренко // Аграрная Россия. 2025. № 3. С. 39-42.

79. Моторин А.С. Влияние вспашки торфянисто-глеевой почвы на водно-тепловой режим и урожайность ячменя в условиях Северного Зауралья / А.С. Моторин // Плодородие. 2023. № 4. С. 50-53.

80. Мухина М.Т. Формирование микробиологической активности почвы под ячменем при обработке растений биостимулятором роста / М.Т. Мухина, М.Е. Ламмас // Плодородие. 2022. № 5. С. 91-94.

81. Мясоедов В.М. Влияние сроков посева и уровня минерального питания на засоренность посевов ячменя на черноземах южных оренбургского Предуралья / В.М. Мясоедов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 64-67.

82. Налиухин А.Н. Влияние биомодифицированных органоминеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя / А.Н. Налиухин, О.А. Власова, А.В. Ерегин // Плодородие. 2022. № 6. С. 104-108.

83. Наумченко Е.Т. Влияние эколого-агрохимических условий на урожайность зерновых культур в севообороте / Е.Т. Наумченко, И.А. Кубасов // Плодородие. 2021. № 4. С. 69-72.

84. Нахаев М.Р. Биоэнергетическая оценка выращивания зерновых культур на склоновых ландшафтах Чеченской Республики / М.Р. Нахаев, И.Р. Астарханов, Х.М. Муртазова // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 80-85.

85. Нахаев М.Р. Возделывание зерновых культур на склоновых ландшафтах Чеченской Республики / М.Р. Нахаев, Ю.Н. Плескачев, Э.А. Собралиева // Аграрная Россия. 2023. № 7. С. 27-30.

86. Нахаев М.Р. Севообороты зерновой специализации на плакорных ландшафтах Чеченской Республики / М.Р. Нахаев, Ю.Н. Плескачев, Э.А. Собралиева // Аграрная Россия. 2023. № 6. С. 8-11.

87. Нахаев М.Р. Влияние основной обработки почвы на урожайность зерновых культур юга России / М.Р. Нахаев, Т.С. Астарханова, И.Р. Астарханов // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 2 (58). С. 89-94.

88. Некрасова Е.В. Влияние гербицидов и удобрений на микрофлору почвы в посевах ячменя и овса голозерных сортов / Е.В. Некрасова, М.С. Гаврилова, А.В. Гладких, Т.В. Горбачева, Н.А. Рейдов // Плодородие. 2014. С.12-13.

89. Никифоров В. М. Урожайность и качество зерна сортов ячменя в интенсивных технологиях возделывания / В.М. Никифоров, М.И. Никифоров, В.В. Мамеев // Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 6 (76). С. 8 – 13.

90. Николаев П.Н. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя / П.Н. Николаев, О.А. Юсова, И.В. Сафонова, Н.И. Аниськов // Аграрная Россия. 2023. № 9. С. 16-19.

91. Николаев П.Н. Новый высокопродуктивный сорт ячменя Омский 102 для внедрения в производство / П.Н. Николаев, О. А. Юсова // Аграрная Россия. 2023. № 9. С. 16-19.

92. Новиков Н.Н. Влияние режима питания и фиторегуляторов (новосил, эпин) на качество зерна состав белков пивоваренного ячменя при выращивании на дерново-подзолистой почве / Н.Н. Новиков, Н.Е. Соловьева // Известия ТСХА. 2019. № 3. С. 5 – 18.

93. Новиков Н.Н. Влияние режимов питания и фиторегуляторов на урожай и качество зерна ярового ячменя в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / Н.Н. Новиков, А.Н. Налиухин, Е.А. Филатов // Плодородие. 2024. № 5 (140). С. 64-70.

94. Новиков Н.Н. Влияние режима азотного питания на урожайность и качество зерна кормового ячменя при выращивании в Центральном районе Нечерноземной зоны / Н.Н. Новиков, А.Н. Налиухин, Е.А. Филатов // Плодородие. 2024. № 6 (141). С. 29-34.

95. Осипова Л.В. Реакция ярового ячменя на водный стресс при различной обеспеченности минеральным питанием / Л.В. Осипова, Т.Л. Курносова, И.А. Быковская, Е.А. Федорова // Плодородие. 2022. № 5. С. 33-36.

96. Осипова Л.В. Содержание биофильных элементов в зерне ячменя в зависимости от уровня питания и предобработки салициловой кислотой / Л.В.

Осипова, Е.В. Любунь, Т.Л. Курносова, И.А. Быковская, Е.А. Федорова, К.Ю. Ильченко // Плодородие. 2024. № 4. С. 84-88.

97. Павлюченко А.У. Плодородие почвы и продуктивность ячменя под воздействием удобрений в кормовом севообороте / А.У. Павлюченко, О.В. Гриднева, Л.А. Пискарева // Земледелие. 2014. № 7. С.18-20.

98. Пасынкова Е.Н. Эффективность возрастающих доз минеральных удобрений и норм высева семян при возделывании ярового ячменя / Е.Н. Пасынкова, Т.Н. Радюкевич, Л.И. Карташова // Плодородие. 2024. № 6 (141). С. 59-63.

99. Перфильев Н.В. Влияние метеоусловий, основной обработки темно-серой лесной почвы на урожайность ячменя в Северном Зауралье / Н.В. Перфильев, О.А. Вьюшина // Земледелие. 2025. № 1. С. 24-28.

100. Петров Н.Ю. Влияние приемов агротехники на урожайность ярового ячменя в условиях Волгоградской области / Н.Ю. Петров, Н.А. Петрова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2009. № 1(13). С. 49 – 51.

101. Петров Н.Ю. Особенности возделывания ярового ячменя на юге России / Н.Ю. Петров, И.А. Беляев, А.А. Шершнева, Е.Н. Ефремова // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2024. № 1 (59). С. 12-16.

102. Петров К.В. Влияние новых комплексных удобрений на продуктивность ярового ячменя и накопление $Cd^{137}Cs$ в урожае / К.В. Петров, О.Ю. Баланова // Плодородие. 2015. № 1. С. 45-48.

103. Петухов А.С. Влияние модельного загрязнения почвы сульфатом меди на биохимические показатели овса посевного / А.С. Петухов, Т.А. Кремлева, Г.А. Петухова, Н.А. Христин // Агротехнический вестник. 2024. № 6. С. 68-74.

104. Плескачëв Ю.Н. Сравнительная эффективность способов основной обработки почвы при выращивании ячменя / Ю.Н. Плескачëв, И.А. Кощев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. № 3. 2012. С. 42-46.

105. Плескачëв Ю.Н. Инновационные способы основной обработки почвы при возделывании ячменя / Ю.Н. Плескачëв, И.Б. Борисенко, В.Ю. Мисюржев, И.А. Кощев // Плодородие. № 6. 2012. С. 18-19.

106. Подласова Е.Ю. Эффективность предпосевной обработки семян микрочастицами оксида молибдена на фотосинтетическую деятельность ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) / Е.Ю. Подласова, И.З. Юлдашева // Аграрная Россия. 2023. № 4. С. 25-27.

107. Полонский В.И. Адаптивность ячменя и овса по содержанию кальция и фосфора в зерне в условиях Восточной Сибири / В.И. Полонский, А.В. Сумина // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 80-85.

108. Приходько А.В. Влияние микробиологического препарата на основе *bacillus* sp. на продуктивность ярового ячменя и ферментативную активность чернозёма / В.Д. Приходько, В.В. Вилкова, К.Ш. Казеев, М.С. Нижельский, В.В. Лыгановская, А.Н. Федоренко, С.И. Колесников // Плодородие. 2023. № 5. С. 84-87.

109. Приходько А.В. Влияние последействия зеленых удобрений и гидротермических условий на продуктивность озимого ячменя в Крыму / А.В. Приходько, А.В. Черкашина // Плодородие. 2024. № 1. С. 43-46.

110. Рожкова Л.В. Влияние элементов технологии на продуктивность ячменя ярового в Рязанской области / Л.В. Рожкова, М.Н. Захарова // Плодородие. 2024. № 6 (141). С. 96-98.

111. Сапега В.А. Характеристика основных параметров среды, урожайность и адаптивная способность сортов ярового ячменя / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова // Достижения науки и техники в АПК. 2015. № 2. С. 17 – 20.

112. Сапега В.А. Урожайность и параметры экологической пластичности и устойчивости сортов ярового ячменя / В.А. Сапега // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (54). С.35-38.

113. Свирина В.А. Влияние минеральных удобрений и доломитовой муки на динамику подвижного фосфора и урожайность возделываемых культур / В.А. Свирина, О.В. Гладышева, В.Г. Черногаев // Плодородие. 2025. № 1. С. 20-23.

114. Свирина В.А. Реакция ярового ячменя на применение микробиологических препаратов / В.А. Свирина, В.Г. Черногаев // Плодородие. 2025. № 2. С. 30-35.

115. Селиванова В.Ю. Влагодобеспеченность яровых культур в севообороте с различными обработками почвы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья / В.Ю. Селиванова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1. С. 154-161.
116. Сергеева И.В. Предпосевная обработка зерна ячменя растворами биологически активных веществ для повышения качества зерновой продукции в степной зоне Саратовской области / И.В. Сергеева, Е.А. Голубева, Н.Н. Гусакова // Аграрный научный журнал. 2015. № 11. С.17-21.
117. Солодовников А.П. Отзывчивость ярового ячменя на технологии сберегающего земледелия в условиях саратовского Правобережья / А.П. Солодовников, Е.П. Денисов, Ю.А. Тарбаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2(52). С.50-52.
118. Солонечный П.Н. Параметры адаптивности сортов ячменя ярового в условиях восточной части лесостепи / П.Н. Солонечный // Аграрный вестник Юго-Востока. 2013. № 1-2. С.20-22.
119. Стебут И.А. Вопросы земледелия, растениеводства и сельскохозяйственного образования // Избр. соч. Т. 2. М.: Сельхозгиз, 1957.
120. Судзеровская Е.А. Влияние препаратов роста на продуктивность сортов озимого ячменя / Е.А. Судзеровская // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 92-95.
121. Сурин Н.А. Селекция ярового ячменя на адаптивность в нестабильных условиях Средней Сибири / Н.А. Сурин, С.А. Герасимов, Н.Е. Ляхова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 11. С. 15-22.
122. Суров В.В. Влияние удобрений и флавобактерина на урожайность и вынос элементов питания ячменем яровым в Вологодской области / В.В. Суров, О.В. Чухнина, Е.И. Куликова, С.Л. Анфимова // Плодородие. 2015. № 5. С.51-55.
123. Терещук В.С. Эффективность гербицида Бомба в посевах ярового ячменя / В.С. Терещук // Земледелие. 2015. № 1. С.30-32.

124. Тиранова Л.В. Влияние биологических факторов на продуктивность и плодородие дерново-подзолистой почвы в усовершенствованном севообороте / Л.В. Тиранова // Плодородие. 2024. № 3. С. 83-86.

125. Тихонов Н.И. Анализ рынка ячменя в мире, Европе, России / Н.И. Тихонов, А.А. Авдеев // Матер. Междунар. науч.-практ. конфер. «Диверсификация дополнительного профессионального образования в условиях международного образовательного пространства» 14 – 14 мая 2014 года. Волгоград: Волгоградский ГАУ. 2014. С. 39 – 45.

126. Тихонов Н.И. Реакция ярового ячменя на микроудобрения и гербициды в условиях сухостепной зоны Волгоградской области / Н.И. Тихонов, А.А. Авдеев // Плодородие. 2015. № 6. С.10-12.

127. Тихонов Н.И. Современное состояние производства ячменя / Н.И. Тихонов, А.А. Авдеев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Волгоград: ВолГАУ. 2015. №1(37). С. 61 – 66.

128. Ториков В.В. Урожайность зерна ярового ячменя в зависимости от условий возделывания / В.В. Ториков, Н.М. Белаус // Агрехимический вестник. 2011. № 3. С. 34 – 35.

129. Тохетова Л.А. Селекционная ценность американских и казахстанских сортообразцов ярового ячменя на засоленных почвах Кызылординской области / Л.А. Тохетова, С.И. Умирзаков, Г.Б. Ахмедова // Аграрная Россия. 2025. № 1. С. 8-12.

130. Турусов В.И. Обработка почвы под ячмень на различных элементах агроландшафта / В.И. Турусов, И.М. Корнилов // Земледелие. 2013. №1. С. 19 – 20.

131. Филиппов Е.Г. Селекция ярового ячменя на толерантность к засухе / Е.Г. Филиппов, А.А. Донцова, Д.П. Донцов // Зерновое хозяйство России. 2013. № 6 (30). С. 9 – 11.

132. Филиппов Е.Г. Эффективность возделывания новых сортов ярового ячменя / Е.Г. Филиппов // Зерновое хозяйство России. 2013. № 4 (28). С. 36 – 39.

133. Филиппов Е.Г. Новые сорта-двуручки ячменя / Е.Г. Филиппов, А.А. Донцова // Земледелие. 2014. № 7. С.44-46.
134. Халилов М.Б. Условия реализации биологического потенциала перспективных сортов озимой пшеницы / М.Б. Халилов, М.А. Казиев, А.З. Джамбулатова, Н.М. Маликова, К.М. Халилова // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 104-112.
135. Чурзин В.Н. Водопотребление и его составляющие в посевах ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы / В.Н. Чурзин, О. Асирифи Амоако // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2013. № 1 (29). С. 61 – 64.
136. Шарый П.А. Прогнозирование урожайности ярового ячменя с учетом природных факторов на западе Окского бассейна / П.А. Шарый Л.С. Шарая, О.В. Рухович, С.И. Шкуркин // Плодородие. 2021. № 4. С. 66-69.
137. Шевцов В.М. Селекция и агротехника ячменя на Кубани / В.М. Шевцов, Н.Г. Малюга // КубГАУ. 2008. 138 с.
138. Шмырева Н.Я. Баланс азотных удобрений при выращивании различных сортов ячменя на склоне / Н.Я. Шмырева, О.А. Соколов, А.А. Завалин, В.А. Литвинский // Плодородие. 2014. № 3. С.9-12.
139. Шпанев А.М. Влияние минеральных удобрений на пространственное размещение сорных растений в посевах ярового ячменя / А.М. Шпанев // Плодородие. 2022. №2. С. 8-12.
140. Шурупов В.Г. Влияние способов основной обработки почвы и других факторов на засоренность в звене севооборота / В.Г. Шурупов, В.С. Полоус // Земледелие. 2013. №1. С. 28 – 30.
141. Юсова О.А. Формирование качества зерна пивоваренных сортов ячменя в зависимости от условий периода вегетации / О.А. Юсова, П.Н. Николаев, П.В. Поползухин // Земледелие. 2015. № 5. С. 44-47.
142. Brenchley, R. et al. (2012). Analysis of the bread wheat genome using whole-genome shotgun sequencing. Nature, 491(7426), 705–710.

143. Hart, R. H., Button, C. W. Effect of wather on forade yields if winter ats, rye fnd uheat. Uour. 2005. vol. 57 № 6. s.26-31.
144. Houston, K. et al. (2012). A genome evolution model for seed-plant speciation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(8), 3357–3362.
145. Uohnson, W. A. Mathematical procedure for evalyuatind relations hips beetwen climate end wheat yield. *Ard. Your.* 2009. № 7. Vol. 516.
146. Valboa G., Lagomarsino A, Brandi G., Agnelli A. E., Simoncini S., Papini R., Vignozzi N., Pellegrini S. Long-term variations in soil organic matter under different tillage intensities // *Soil and Tillage Research*. 2015. Vol. 154. P. 126-135.
147. Hatfield J.L., Jeffries A.T. Zone tillage // *Encyclopedia of Soils in the Environment*. 2005. – p. 373.
148. Nouwakpoa S. K., Songb J., Gonzalez J. M. Soil structural stability assesment with the fluidized bed, aggregate stability, and rainfall simulation/on long-term tillage and crop rotation systems // *Soil and Tillage Research*. 2018. Vol. 178. P. 65-71.
149. von Bothmer, R., Sjakste, T., & van Leur, J. (2003). Barley: taxonomy and germplasm resources. In *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality* (pp. 1–42). Food Products Press.
150. Sørensen, J. G., Kristensen, T. N., & Loeschcke, V. (2003). The evolutionary and ecological role of heat shock proteins. *Ecology Letters*, 6(11), 1025–1037.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Биологическая активность в слое 0-0,5 м в 2023 году, мкг аминокислот на 1 г полотна

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Биологическая активность, мкг/1 г полотна			
			1 повт.	2 повт.	3 повт.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	360	353	352	355
		Линтур	360	353	352	355
		Тандем	360	353	352	355
	Моноаммонийфосфат	Контроль	355	348	347	350
		Линтур	355	348	347	350
		Тандем	355	348	347	350
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	338	331	330	333
		Линтур	338	331	330	333
		Тандем	338	331	330	333
	Моноаммонийфосфат	Контроль	330	323	322	325
		Линтур	330	323	322	325
		Тандем	330	323	322	325
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	279	272	271	274
		Линтур	279	272	271	274
		Тандем	279	272	271	274
	Моноаммонийфосфат	Контроль	272	265	264	267
		Линтур	272	265	264	267
		Тандем	272	265	264	267

НСР₀₅ (А) = 8.3

НСР₀₅ (В) = 6.2

НСР₀₅ (С) = 2.2

НСР₀₅ (АВ) = 10.3

НСР₀₅ (АС) = 3.3

НСР₀₅ (ВС) = 2.7

НСР₀₅ (АВС) = 11.4

V = 3.1 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Приложение Б

Биологическая активность в слое 0-0,5 м в 2024 году, мкг аминокислот на 1 г полотна

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Биологическая активность, мкг/1 г полотна			
			1 повт.	2 повт.	3 повт.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	371	364	363	366
		Линтур	371	364	363	366
		Тандем	371	364	363	366
	Моноаммонийфосфат	Контроль	366	359	358	361
		Линтур	366	359	358	361
		Тандем	366	359	358	361
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	349	342	341	344
		Линтур	349	342	341	344
		Тандем	349	342	341	344
	Моноаммонийфосфат	Контроль	341	334	333	336
		Линтур	341	334	333	336
		Тандем	341	334	333	336
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	290	283	282	285
		Линтур	290	283	282	285
		Тандем	290	283	282	285
	Моноаммонийфосфат	Контроль	283	276	275	278
		Линтур	283	276	275	278
		Тандем	283	276	275	278

НСР₀₅ (А) = 8.6

НСР₀₅ (В) = 6.4

НСР₀₅ (С) = 2.3

НСР₀₅ (АВ) = 10.6

НСР₀₅ (АС) = 3.4

НСР₀₅ (ВС) = 2.8

НСР₀₅ (АВС) = 11.8

V = 3.2 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Приложение В

Биологическая активность в слое 0-0,5 м в 2025 году, мкг аминокислот на 1 г полотна

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Биологическая активность, мкг/1 г полотна			
			1 повт.	2 повт.	3 повт.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	355	348	347	350
		Линтур	355	348	347	350
		Тандем	355	348	347	350
	Моноаммонийфосфат	Контроль	350	343	342	345
		Линтур	350	343	342	345
		Тандем	350	343	342	345
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	333	326	325	328
		Линтур	333	326	325	328
		Тандем	333	326	325	328
	Моноаммонийфосфат	Контроль	325	318	317	320
		Линтур	325	318	317	320
		Тандем	325	318	317	320
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	281	274	273	276
		Линтур	281	274	273	276
		Тандем	281	274	273	276
	Моноаммонийфосфат	Контроль	274	267	266	269
		Линтур	274	267	266	269
		Тандем	274	267	266	269

НСР₀₅ (А) = 8.9

НСР₀₅ (В) = 6.6

НСР₀₅ (С) = 2.4

НСР₀₅ (АВ) = 10.9

НСР₀₅ (АС) = 3.5

НСР₀₅ (ВС) = 2.9

НСР₀₅ (АВС) = 12.2

V = 3.3 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Количественный учёт сорной растительности в посевах ярового ячменя, в 2023 году, шт/м²

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Фаза колошения	Фаза полной спелости	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	20	10	15
		Линтур	3	1	2
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	17	13	15
		Линтур	5	3	5
		Тандем	0	0	0
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	22	11	16
		Линтур	4	2	3
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	26	16	21
		Линтур	5	3	4
		Тандем	1	1	1
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	46	22	34
		Линтур	8	3	5
		Тандем	4	2	3
	Моноаммонийфосфат	Контроль	42	26	34
		Линтур	10	4	7
		Тандем	3	3	3

НСР₀₅ (А) = 9.2

НСР₀₅ (В) = 6.8

НСР₀₅ (С) = 2.4

НСР₀₅ (АВ) = 11.2

НСР₀₅ (АС) = 3.6

НСР₀₅ (ВС) = 3.0

НСР₀₅ (АВС) = 12.6

V = 3.4 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Приложение Д

Количественный учёт сорной растительности в посевах ярового ячменя, в 2024 году, шт/м²

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Фаза колошения	Фаза полной спелости	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	26	17	21
		Линтур	8	5	6
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	32	20	26
		Линтур	10	4	7
		Тандем	0	0	0
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	30	18	24
		Линтур	9	5	7
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	34	22	28
		Линтур	12	6	9
		Тандем	2	1	1
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	49	31	40
		Линтур	14	7	10
		Тандем	5	4	4
	Моноаммонийфосфат	Контроль	55	33	44
		Линтур	18	10	14
		Тандем	7	5	6

НСР₀₅ (А) = 9.5

НСР₀₅ (В) = 7.0

НСР₀₅ (С) = 2.5

НСР₀₅ (АВ) = 11.5

НСР₀₅ (АС) = 3.7

НСР₀₅ (ВС) = 3.1

НСР₀₅ (АВС) = 13.0

V = 3.0 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Количественный учёт сорной растительности в посевах ярового ячменя, в 2025 году, шт/м²

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Фаза колошения	Фаза полной спелости	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	27	18	22
		Линтур	6	2	4
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	34	22	28
		Линтур	7	2	4
		Тандем	0	0	0
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	27	16	21
		Линтур	7	3	5
		Тандем	0	0	0
	Моноаммонийфосфат	Контроль	31	20	25
		Линтур	9	4	6
		Тандем	2	1	1
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	43	31	37
		Линтур	14	5	10
		Тандем	4	3	3
	Моноаммонийфосфат	Контроль	58	34	46
		Линтур	16	7	11
		Тандем	7	4	5

НСР₀₅ (А) = 9.3

НСР₀₅ (В) = 6.0

НСР₀₅ (С) = 2.3

НСР₀₅ (АВ) = 11.5

НСР₀₅ (АС) = 3.5

НСР₀₅ (ВС) = 3.5

НСР₀₅ (АВС) = 12.8

V = 3.1 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Приложение Ж

Биологическая активность почвы в слое 0-0,5 м в фазу кущения, мкг аминокислот на 1 г полотна

Варианты	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее за 2023-2025 гг.
1.1	320	337	342	333
1.2	321	332	334	329
2.1	306	315	321	314
2.2	294	308	314	305
3.1	249	261	260	257
3.2	240	255	258	251

Биологическая активность почвы в слое 0-0,5 м в фазу трубкувания, мкг аминокислот на 1 г полотна

Варианты	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее за 2023-2025 гг.
1.1	360	372	375	369
1.2	358	366	368	364
2.1	332	351	355	346
2.2	329	343	342	338
3.1	273	290	292	285
3.2	271	283	280	278

Биологическая активность почвы в слое 0-0,5 м в фазу колошения, мкг аминокислот на 1 г полотна

Варианты	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее за 2023-2025 гг.
1.1	355	364	367	362
1.2	350	359	362	357
2.1	332	343	345	340
2.2	324	336	333	331
3.1	265	283	289	279
3.2	259	279	278	272

Высота растений в фазу выхода в трубку, м

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Высота растений в фазу выхода в трубку, м			
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	40	41	44	42
		Линтур	40	41	44	42
		Тандем	40	41	44	42
	Моноаммонийфосфат	Контроль	41	42	48	44
		Линтур	41	42	48	44
		Тандем	41	42	48	44
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	42	43	46	43
		Линтур	42	43	46	43
		Тандем	42	43	46	43
	Моноаммонийфосфат	Контроль	43	45	47	45
		Линтур	43	45	47	45
		Тандем	43	45	47	45
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	36	38	40	38
		Линтур	36	38	40	38
		Тандем	36	38	40	38
	Моноаммонийфосфат	Контроль	37	40	42	40
		Линтур	37	40	42	40
		Тандем	37	40	42	40

НСР₀₅ (A) = 11.0

НСР₀₅ (B) = 8.0

НСР₀₅ (C) = 2.7

НСР₀₅ (AB) = 13.0

НСР₀₅ (AC) = 4.2

НСР₀₅ (BC) = 3.6

НСР₀₅ (ABC) = 15.0

V = 3.0 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Высота растений в фазу полной спелости, м

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Высота растений в фазу полной спелости, м			
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	77	80	81	79
		Линтур	77	80	81	79
		Тандем	77	80	81	79
	Моноаммонийфосфат	Контроль	80	82	83	82
		Линтур	80	82	83	82
		Тандем	80	82	83	82
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	79	81	84	81
		Линтур	79	81	84	81
		Тандем	79	81	84	81
	Моноаммонийфосфат	Контроль	82	84	86	84
		Линтур	82	84	86	84
		Тандем	82	84	86	84
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	71	75	76	74
		Линтур	71	75	76	74
		Тандем	71	75	76	74
	Моноаммонийфосфат	Контроль	75	77	78	77
		Линтур	75	77	78	77
		Тандем	75	77	78	77

$НСР_{05} (A) = 11.3$

$НСР_{05} (B) = 8.2$

$НСР_{05} (C) = 2.8$

$НСР_{05} (AB) = 13.3$

$НСР_{05} (AC) = 4.3$

$НСР_{05} (BC) = 3.7$

$НСР_{05} (ABC) = 15.4$

$V = 3.1 \%$

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Общая кустистость, шт./м²

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Общая кустистость, шт./м ²			
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	3,9	4,1	4,3	4,1
		Линтур	3,9	4,1	4,3	4,1
		Тандем	3,9	4,1	4,3	4,1
	Моноаммонийфосфат	Контроль	4,5	4,8	4,8	4,7
		Линтур	4,5	4,8	4,8	4,7
		Тандем	4,5	4,8	4,8	4,7
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	4,3	4,5	4,7	4,5
		Линтур	4,3	4,5	4,7	4,5
		Тандем	4,3	4,5	4,7	4,5
	Моноаммонийфосфат	Контроль	5,0	5,1	5,2	5,1
		Линтур	5,0	5,1	5,3	5,1
		Тандем	5,0	5,1	5,2	5,1
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	3,6	3,7	3,8	3,7
		Линтур	3,6	3,7	3,8	3,7
		Тандем	3,6	3,7	3,8	3,7
	Моноаммонийфосфат	Контроль	4,1	4,3	4,5	4,3
		Линтур	4,1	4,3	4,5	4,3
		Тандем	4,1	4,3	4,5	4,3

НСР₀₅ (А) = 4.6НСР₀₅ (В) = 3.4НСР₀₅ (С) = 2.8НСР₀₅ (АВ) = 3.6НСР₀₅ (АС) = 4.4НСР₀₅ (ВС) = 3.8НСР₀₅ (АВС) = 4.8

V = 3.2 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Длина колоса, см

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Длина колоса, см			
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	5,1	5,3	5,5	5,3
		Линтур	5,3	5,5	5,7	5,5
		Тандем	5,4	5,6	5,8	5,6
	Моноаммонийфосфат	Контроль	5,5	5,7	5,9	5,7
		Линтур	5,7	5,9	6,0	5,9
		Тандем	5,8	6,0	6,2	6,0
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	5,8	5,9	6,0	5,9
		Линтур	5,9	6,1	6,3	6,1
		Тандем	6,0	6,2	6,4	6,2
	Моноаммонийфосфат	Контроль	6,1	6,3	6,6	6,3
		Линтур	6,3	6,5	6,7	6,5
		Тандем	6,4	6,6	6,8	6,6
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	4,4	4,6	4,8	4,6
		Линтур	4,6	4,8	4,9	4,8
		Тандем	4,7	4,9	5,1	4,9
	Моноаммонийфосфат	Контроль	4,8	5,0	5,2	5,0
		Линтур	5,0	5,2	5,4	5,2
		Тандем	5,1	5,3	5,4	5,3

НСР₀₅ (А) = 4.9НСР₀₅ (В) = 3.6НСР₀₅ (С) = 2.9НСР₀₅ (АВ) = 3.9НСР₀₅ (АС) = 4.5НСР₀₅ (ВС) = 3.9НСР₀₅ (АВС) = 16.2

V = 3.3 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Число продуктивных стеблей, шт./м²

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Число продуктивных стеблей, шт./м ²			
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	370	374	382	375
		Линтур	429	435	438	434
		Тандем	445	451	454	450
	Моноаммонийфосфат	Контроль	456	462	465	461
		Линтур	527	533	536	532
		Тандем	549	555	558	554
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	422	428	431	427
		Линтур	474	480	483	479
		Тандем	485	490	494	489
	Моноаммонийфосфат	Контроль	505	511	514	510
		Линтур	556	560	566	561
		Тандем	580	586	590	585
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	325	331	334	330
		Линтур	387	393	396	392
		Тандем	428	433	436	432
	Моноаммонийфосфат	Контроль	408	415	417	413
		Линтур	487	494	497	493
		Тандем	524	530	533	529

НСР₀₅ (А) = 12.2НСР₀₅ (В) = 8.8НСР₀₅ (С) = 2.9НСР₀₅ (АВ) = 14.2НСР₀₅ (АС) = 4.6НСР₀₅ (ВС) = 4.0НСР₀₅ (АВС) = 16.6

V = 3.4 %

Фактор А — приёмы обработки почвы; фактор В — система удобрений; фактор С — применение гербицидов. НСР₀₅ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.

Число зёрен с колоса, шт.

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Число зёрен с колоса, шт.			
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	18,6	18,8	19,0	18,8
		Линтур	19,9	20,1	20,3	20,1
		Тандем	20,7	20,9	21,1	20,9
	Моноаммонийфосфат	Контроль	20,9	21,1	21,3	21,1
		Линтур	21,3	21,5	21,7	21,5
		Тандем	21,9	22,1	22,3	22,1
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	20,2	20,4	20,6	20,4
		Линтур	21,5	21,7	21,9	21,7
		Тандем	21,7	21,9	22,1	21,9
	Моноаммонийфосфат	Контроль	21,6	21,8	22,0	21,8
		Линтур	22,5	22,7	22,9	22,7
		Тандем	22,9	23,1	23,3	23,1
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	18,2	18,4	18,6	18,4
		Линтур	18,8	19,0	19,2	19,0
		Тандем	19,0	19,2	19,4	19,2
	Моноаммонийфосфат	Контроль	20,9	21,1	21,3	21,1
		Линтур	21,4	21,6	21,8	21,6
		Тандем	21,7	21,9	22,1	21,9

$НCP_{05}$ (2023 г.) = 0,8 $НCP_{05}$

(2024 г.) = 0,9 $НCP_{05}$

(2025 г.) = 1,0 $НCP_{05}$ (среднее) = 0,9

$V = 3,6 \%$

Приложение Р

Масса 1000 зёрен, г, в зависимости от приёмов обработки почвы, системы удобрений и применения гербицидов, 2023–2025 гг.

Обработка почвы	Удобрения	Гербициды	Масса 1000 зёрен, грамм			
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль)	Без удобрений	Контроль	46,0	46,2	46,4	46,2
		Линтур	46,1	46,3	46,5	46,3
		Тандем	46,1	46,3	46,5	46,3
	Моноаммонийфосфат	Контроль	46,6	46,8	47,0	46,8
		Линтур	46,7	46,9	47,1	46,9
		Тандем	46,8	47,0	47,2	47,0
Чизельная с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	Без удобрений	Контроль	46,3	46,5	46,7	46,5
		Линтур	46,4	46,6	46,8	46,6
		Тандем	46,4	46,6	46,8	46,6
	Моноаммонийфосфат	Контроль	47,0	47,2	47,4	47,2
		Линтур	47,0	47,2	47,4	47,2
		Тандем	47,0	47,2	47,4	47,2
Мелкая дискатором БДМ-4 х 4 на глубину 0,10-0,12 м	Без удобрений	Контроль	38,3	38,5	38,7	38,5
		Линтур	38,3	38,5	38,7	38,5
		Тандем	38,3	38,5	38,7	38,5
	Моноаммонийфосфат	Контроль	38,6	38,8	39,0	38,8
		Линтур	38,7	38,9	39,1	38,9
		Тандем	38,7	38,9	39,1	38,9

$НСР_{05}$ (фактор А) — $0,4НСР_{05}$

(фактор В) — $0,3НСР_{05}$

(фактор С) — $0,3$

$НСР_{05}$ (взаимодействие АВ) — $0,5НСР_{05}$

(взаимодействие АС) — $0,6НСР_{05}$

(взаимодействие ВС) — $0,5НСР_{05}$

(взаимодействие АВС) — $0,7$

Коэффициент вариации (V), % — $3,2$

Фактор А — приёмы обработки почвы, фактор В — система удобрений, фактор С — применение гербицидов. $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разность. V — коэффициент вариации, %. Примечание: расчёты выполнены по методике Б.А. Доспехова.