

На правах рукописи

Якомаскин Степан Степанович

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И
ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Каргин Василий Иванович

Официальные оппоненты: **Никитин Сергей Николаевич**
доктор сельскохозяйственных наук,
Ульяновский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, главный научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур

Петров Николай Юрьевич
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», профессор кафедры технологии перерабатывающих и пищевых производств

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет»

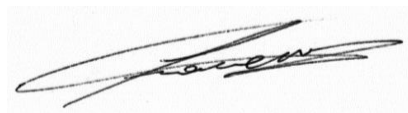
Защита диссертации состоится «__» _____ 2025 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета 35.2.035.05, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3.

E-mail: dissovet01@vavilovsar.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Вавиловский университет и на сайте www.vavilovsar.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Полетаев Илья Сергеевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Яровой ячмень остается важной культурой мирового значения, играя ключевую роль в пивоваренной промышленности, животноводстве и продовольственной безопасности многих стран. Одной из наиболее актуальных задач для человечества, является увеличение объемов сбора зерна, при одновременном повышении его качества. Эффективное использование оптимальных уровней минерального питания с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями, является основным направлением решения этой проблемы. В специальной литературе представлено множество данных о влиянии минеральных удобрений и некорневой подкормки на продуктивность и качество зерна ярового ячменя. С введением в производство новых сортов ячменя, остаются открытыми вопросы, связанные с определением на аллювиальных почвах оптимальных уровней минерального питания под эту культуру, особенно в комплексе с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями (ЖКУ). Следует отметить, что на аллювиальных почвах Мордовии изучением вопроса о влиянии уровней минерального питания и некорневой подкормки на урожайность и качество зерна ячменя ранее не занимались, поэтому актуальность работы очевидна.

Особую значимость исследования приобретают в условиях значительных колебаний урожайности ярового ячменя в Республике Мордовия, где в 2023 году показатель составил 3,47 т/га, что на 36,1 % превышало среднероссийский уровень, однако в 2024 году произошло снижение до 2,51 т/га при сохранении преимущества над общероссийским показателем на 10,6 %, что подчеркивает важность региона в производстве данной культуры. Посевные площади ярового ячменя в Республике составляли 140,6 тыс. га в 2023 году и 89,5 тыс. га в 2024 году, что соответствует 1,9 % и 1,3 % от общероссийских площадей соответственно.

Актуальность исследований в этой области возрастает, из-за внедрения прецизионного (точного) земледелия, которое требует детальной информации о влиянии минеральных удобрений и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями на урожайность и качество зерна ячменя. Однако вопросы, касающиеся экономически обоснованных уровней минерального питания с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями на аллювиальных почвах юга Нечерноземной зоны РФ, до сих пор остаются нерешенными, что и стало основанием для выбора данной темы исследования.

Исследования проводились в соответствии с паспортом научных направлений Национального исследовательского Мордовского государственного университета.

Степень ее разработанности. Сегодня существует значительный объем информации, полученный в результате исследований, касающейся оценки различных агротехнических методов выращивания ячменя, которые освещены в трудах различных исследователей (Беляков И. И., 1985, 1990; Фатыхов И. Ш., 1991; Амиров М. Б., 1991; Ивойлов А. В., 1995; Ахметов Ш. И., Смолин Н. В., 1997; Агафонов Е. В., Богачев А. Н., 2001; Ивойлов А. В. и др., 2002; Кириллова

Г. Б. и др., 2006; Биушкин И. Г., Артемьев А. А., 2008; Каргин В. И., Перов Н. А., 2009; Вислобокова Л. Н. и др., 2010; Доманов Н. М. и др., 2011; Каргин И. Ф. и др., 2011; Ахметов Ш. И. и др., 2011; Ситдииков И. Г. и др., 2011; Кузьмин Н. А., Киняпина Ю. В., 2013; Мазунина Н. И. и др., 2013; Быковская И. А. и др., 2014; Карлов Е. В. и др., 2016; Кузмич М. А. и др., 2017; Вахитова Л. З. и др., 2019; Вахитова Л. З. и др., 2020; Суханова С. Ф., Постовалов А. А., 2020; Васин В. Г. и др., 2021; Хронюк Е. В. и др., 2021; Цыкора А. А. и др., 2021; Левакова О. В., Гладышева О. В., 2021; Солодовников А. П. и др., 2022; Власова Л. М., Попова О. В., 2022, 2023; Левакова О. В., 2023). Тем не менее, стратегии повышения урожайности ярового ячменя на аллювиальной почве остаются неизученными, что требует детального исследования с учетом почвенных и климатических особенностей юга Нечерноземной зоны РФ.

Цели и задачи. Цель исследования – изучение влияния уровней минерального питания и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марки «АзотКалий» на урожайность и качество зерна ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Нур на аллювиальных почвах.

Задачи исследований:

- определить влияние уровней минерального питания и жидких комплексных удобрений на содержание элементов минерального питания в почве, их вынос растениями ярового ячменя и баланс элементов минерального питания в агроценозе;
- изучить влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями на эффективность использования ресурсов солнечной энергии;
- оценить влияние минеральных удобрений и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями на морфо-биометрические показатели растений ячменя;
- выявить влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями на урожайность и качество зерна ячменя;
- дать экономическую и энергетическую оценку эффективности применения минеральных удобрений и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями в технологии возделывания ячменя.

Научная новизна. Впервые в условиях юга Нечерноземной зоны РФ определен хозяйственный и биологический эффект комплексного применения минеральных удобрений и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями при возделывании ячменя сорта Нур, обеспечивающий максимальный выход зерна при минимальных затратах и оптимизирующий использование солнечной энергии, морфо-биометрические показатели растений, урожайность и качество зерна, содержание и вынос макроэлементов с бездефицитным балансом элементов питания. Были установлены сортовые особенности минерального питания ячменя сорта Нур на специфических почвенных условиях, а также разработаны дифференцированные рекомендации по оптимизации системы удобрения с учетом почвенных особенностей.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в разработке научных основ формирования оптимального минерального питания ярового ячменя, установлении закономерностей влияния различных систем удобрения на продуктивность и качество зерна в условиях юга Нечерноземной зоны РФ. Полученные данные вносят вклад в теорию питания растений, раскрывая механизмы взаимодействия минеральных и жидких комплексных удобрений в формировании урожайности и качественных показателей зерна ячменя. Разработаны научно обоснованные рекомендации по применению минеральных удобрений с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями, позволяющие повысить эффективность использования питательных элементов растениями ярового ячменя.

Практическая ценность работы заключается в том, что применение минеральных удобрений с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями характеризуется низкой энергоемкостью. Применение оптимального уровня минерального питания и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями в рекомендованных количествах и в подходящие сроки, позволяет получить наибольшую урожайность ячменя – 3,92 т/га с средневысоким качеством зерна. В 2023 и 2024 годах в Старошайговском районе Республики Мордовия, в ООО Сельхозпредприятие «Богдановское», были проведены полевые испытания на аллювиальных среднегумусных среднесуглинистых почвах на площадях 90 га и 108 га соответственно. Результаты показали, что наибольшая урожайность ячменя (сорт Нур) была получена при внесении весной под культивацию минеральных удобрений в количестве $N_{60}P_{60}K_{60}$ в сочетании с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марки «АзотКалий» (4 л/га). Это позволило увеличить урожайность на 0,5 т/га в 2023 году с увеличением условного чистого дохода 4,5 тыс. руб./га и 0,4 т/га в 2024 году – 4,1 тыс. руб./га, соответственно.

Результаты данного исследования служат основой, для разработки регионально адаптированных технологий возделывания ярового ячменя. Кроме того, полученные данные используются в образовательном процессе, включая лекции для специалистов сельского хозяйства Республики Мордовия, а также в учебных курсах Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва по дисциплинам «Производство продукции растениеводства», «Растениеводство» и другим смежным дисциплинам.

Методология и методы исследования. В рамках данного исследования, отправной точкой для формирования методологического подхода послужила систематизация знаний, представленных в работах ведущих представителей научного сообщества, как в России, так и за рубежом, занимающихся изучением данной проблемы. Основные результаты получены с использованием полевых и лабораторных методов, статистических методов планирования исследований и обработки полученных данных.

Положения, выносимые на защиту:

– особенности влияния комплексного применения минеральных удобрений и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями на содержание, вынос макроэлементов растениями ярового ячменя сорта Нур и баланс

элементов минерального питания;

- характер влияния минеральных и жидких комплексных удобрений на использования ресурсов солнечной энергии посевами ярового ячменя сорта Нур в условиях юга Нечерноземной зоны РФ;

- зависимость морфо-биометрических характеристик растений ярового ячменя сорта Нур от применения минеральных удобрений и некорневой подкормки;

- установление зависимости влияния комплексного применения минеральных удобрений и некорневой подкормки ЖКУ на урожайность и качество зерна ячменя сорта Нур;

- экономическая и энергетическая целесообразность совместного применения минеральных удобрений и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями в посевах ярового ячменя сорта Нур.

Степень достоверности и апробация результатов. Ранее подобные исследования на аллювиальных почвах с яровым ячменем сортом Нур в Республике Мордовия не проводились. Достоверность полученных результатов обеспечена благодаря проведению полевых опытов в четырехкратной повторности и лабораторным экспериментам, выполненным по общепринятым методикам. Основные данные обработаны с использованием методов дисперсионного анализа и корреляционно-регрессионного анализа.

Основные положения диссертации были представлены на различных научных конференциях, включая ежегодные собрания профессорско-преподавательского состава кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, а с 1 сентября 2024 г. кафедра переименована в кафедру пищевых технологий Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва (2021–2025), Конференцию студентов и молодых ученых «Дни науки и инноваций НовГУ» (Великий Новгород, 2023), Всероссийскую научную конференцию с международным участием «Л. Огарёвские чтения» (Саранск, 2023), Международную научно-практическую конференцию «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства» (Йошкар-Ола, 2023), Международную научно-производственную конференцию «Вызовы и инновационные решения в аграрной науке» (Майский, 2024), XXI Международную научно-практическую конференцию «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Саранск, 2025) и Республиканские совещания работников сельского хозяйства Республики Мордовия (Саранск, 2021–2025).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из которых 6 статей размещены в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 306 страницах машинописного текста в компьютерном исполнении, включает 154 приложения, содержит 32 таблицы, 6 рисунков и 2 фотографии. Состоит из введения, 6 глав, выводов, рекомендаций производству. Список литературы содержит 185 наименований, в том числе 9 – иностранных авторов.

Личное участие автора. В период с 2020 по 2024 годы автор осуществлял непосредственное участие в планировании научного эксперимента, проведении полевых опытов, обеспечении производственных испытаний и лабораторных исследований, реализации сбора, анализа и систематизации данных, а также разработке научного обоснования результатов исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит актуальность работы, степень научной разработанности темы, цель и задачи исследований, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, методологию и методы исследований. Приводятся основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности результатов исследований, сведения об апробации работы, количество публикаций по теме диссертации, указан объем и структура диссертации.

В первой главе представлен анализ отечественной и зарубежной литературы по изучаемой теме. Изучена история возделывания ячменя в мировом земледелии и его современное значение. Проанализированы экологические требования и биологические особенности растений ячменя при произрастании, а также влияние минеральных удобрений и некорневых подкормок жидкими комплексными удобрениями (ЖКУ) на урожайность и качество зерновых культур.

Во второй главе приводится схема проведения исследований, агрохимическая характеристика почвы опытных участков, метеорологические условия в годы проведения опытов, методика проведения исследований и агротехнические условия проведения опыта.

В период с 2020–2022 гг. был проведен полевой двухфакторный опыт, целью которого является всесторонний анализ влияния минеральных удобрений и некорневой подкормки ЖКУ на урожайность и качество зерна ярового ячменя. Опытный участок находится в Республике Мордовия Старошайговский район ООО Сельхозпредприятие «Богдановское» на аллювиальной среднесуглинистой, среднесуглинистой почве поймы реки Сивинь. Схема опыта:

Фактор А	Фактор В
(минеральные удобрения)	(жидкие комплексные удобрения)
1. Контроль (без удобрений)	1. Контроль (без внесения ЖКУ)
2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2. Агрис АзотКалий (2 л/га)
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3. Агрис АзотКалий (4 л/га)
4. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4. Агрис АзотКалий (6 л/га)

В фазу кушения - начало выхода в трубку растений вносился гербицид – Опричник (2,4 Д (300 г/л), флорасулам (6,25 г/л), совместно с некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий».

Размер делянки первого порядка минеральные удобрения – 1280 м² (учетная 960 м²), второго порядка ЖКУ – 320 м² (учетная 240 м²). Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Сорт ячменя – Нур. Предшественник – кукуруза.

Почва опытного участка характеризуется средним содержанием фосфора 91 мг/кг и марганца 53,7 мг/кг, повышенным – калия 170 мг/кг, цинка 1,6 мг/кг и бора 1,9 мг/кг.

Метеорологические условия в годы исследований, подтверждают полученные результаты урожайности ячменя. Наиболее благоприятные условия для роста, развития растений и формирования урожайности складывались в 2020 г. (2,78–3,95 т/га) и 2022 г. (3,12–4,46 т/га).

Наблюдения, учет и анализ проводились в соответствии с общепринятыми методиками и рекомендациями: Б. А. Доспехова (1985), «Опытное дело...» (1982), «Основы опытного дела...» (2009), «Методические указания...» (1985) и другими методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В третьей главе представлены агрохимические показатели почвы в зависимости от уровней минерального питания и баланс азота, фосфора и калия.

Внесение минеральных удобрений увеличивало содержание нитратного азота в почве в слое 0–20 см во все годы наблюдений (таблица 1).

Таблица 1. Влияние уровней минерального питания на содержание нитратного азота ($N - NO_3$) в почве (мг/кг), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	Фаза полных всходов				Перед уборкой урожая			
	$N - NO_3$				$N - NO_3$			
	Слой почвы				Слой почвы			
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Контроль (без удобрений)	31	27	25	28	20	17	16	18
$N_{30}P_{30}K_{30}$	42	34	26	34	30	25	17	24
$N_{60}P_{60}K_{60}$	49	39	28	39	35	29	17	27
$N_{90}P_{90}K_{90}$	56	44	27	42	41	34	18	31
НСП ₀₅ ч.р.	4,7	2,8	2,9	3,1	3,6	2,9	2,2	3,0

Наибольшее количество нитратного азота в фазе полных всходов в слое 0–30 см было получено на повышенных уровнях минерального питания $N_{60}P_{60}K_{60}$ (39 мг/кг) и $N_{90}P_{90}K_{90}$ (42 мг/кг).

К моменту уборки урожая происходило снижение нитратного азота на 26,2–35,7% в зависимости от варианта опыта. Не существенная разница между вариантами опыта была получена в слое 20–30 см (6,7–20,0%).

Почва опытного участка обеспечена средним и повышенным содержанием фосфора и калия.

В фазу полных всходов в слое 0–10 см увеличивалось содержание фосфора (10,4–27,1%) и калия (7,3–18,1%) в почве. В слоях 10–20 и 20–30 см изучаемые варианты не оказали существенного влияния. Подобная закономерность сохранилась на изучаемых вариантах перед уборкой урожая.

Таким образом, внесение минеральных удобрений увеличивало содержание азота в слое почвы 0–10 и 10–20 см, фосфора и калия 0–10 см. Подобная закономерность сохранялась, как в фазу полных всходов, так и перед уборкой урожая.

С внесением минеральных удобрений увеличивалось поступление азота в почву: $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 48,0–48,6 кг/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 78,0–78,6 кг/га, при $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 108,0–108,6 кг/га. Применение ЖКУ обеспечивало дополнительное поступление азота в количестве 0,2–0,6 кг/га на всех изучаемых вариантах.

Применение ЖКУ в количестве 2–6 л/га снижало баланс по азоту, что связано с увеличением коэффициента использования изучаемого показателя, как из почвы, так из вносимых минеральных удобрений.

Наибольшая интенсивность баланса (105%) была на варианте с внесением $N_{90}P_{90}K_{90}$ без применения ЖКУ.

С увеличением уровня минерального питания до $N_{90}P_{90}K_{90}$ происходило значительное улучшение баланса азота за счет увеличения приходной части.

Приходная часть фосфора возросла с увеличением уровней минерального питания на 31 ($N_{30}P_{30}K_{30}$), 61 ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и 91 ($N_{90}P_{90}K_{90}$) кг/га.

Применение ЖКУ повышало вынос фосфора с урожаем на 3,2–10,8 кг/га в зависимости от уровня минерального питания. Наибольший вынос фосфора (49,5 кг/га) был получен на варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ с применением ЖКУ 4 л/га.

Применение минеральных удобрений повышало интенсивность баланса фосфора до 69–239%. Наибольшим этот показатель был на варианте $N_{90}P_{90}K_{90}$ без применения ЖКУ, что обеспечило положительный баланс +53,0 кг/га (239%). Подкормка ЖКУ увеличивали коэффициенты усвоения растениями фосфора, как из почвы, так и вносимых минеральных удобрений.

Внесение минеральных удобрений увеличивало приход калия в почву в зависимости от изучаемых вариантов: $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 37,0–37,7 кг/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 67,0–67,7 кг/га и $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 97,0–97,7 кг/га. Применение ЖКУ обеспечивало дополнительное поступление калия в количестве 0,2–0,7 кг/га.

Некорневая подкормка ЖКУ увеличивала потребление изучаемого показателя из почвы и вносимых минеральных удобрений на 7,3–25,7 кг/га в зависимости от уровня минерального питания. Наибольший вынос калия (100,1 кг/га) был на варианте с внесением $N_{90}P_{90}K_{90}$ и применением ЖКУ 6 л/га.

В четвертой главе представлены данные эффективности использования ресурсов солнечной энергии на развитие растений, полевой всхожести семян и изменение морфо-биометрических показателей растений в зависимости от уровней минерального питания и некорневой подкормки растений ячменя.

В процессе исследований было установлено, что листовая поверхность ячменя в фазе флагового листа изменялась в зависимости от минеральных удобрений и ЖКУ.

Средняя площадь листовой поверхности ячменя в фазе флагового листа составила 36,5 тыс. м²/га (таблица 2), однако эти значения менялись по годам.

Активный рост площади листьев продолжался до фазы флагового листа, после чего происходило её сокращение, вызванное старением и отмиранием нижних листьев. На величину листовой поверхности посевов влияют как годовые климатические особенности, так и уровень обеспеченности растений минеральными веществами, особенно с некорневой подкормкой ЖКУ. Максимальные значения площади листьев наблюдались при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ с некорневой подкормкой ЖКУ 6 л/га (41,7 тыс. м²/га).

Одним из определяющих факторов продуктивности растений выступает фотосинтетический потенциал (ФП), отражающий эффективность использования посевами солнечного света.

Таблица 2. Влияние изучаемых факторов на изменение площади листьев ячменя в фазе флагового листа (тыс. м²/га), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =0,76)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	28,8	31,9	34,5	34,8	32,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	31,9	34,2	37,1	37,4	35,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	35,7	38,1	40,0	40,6	38,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	37,0	39,3	41,3	41,7	39,8
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =0,76)	33,4	35,9	38,2	38,7	

НСР₀₅ ч.р.=1,52

В среднем за три года ФП без внесения минеральных удобрений составлял 1456 тыс. м²×сутки/га. Внесение минеральных удобрений в количестве N₃₀P₃₀K₃₀ увеличивало изучаемый показатель на 8,9%. Подкормка ЖКУ увеличивало ФП на 116–244 тыс. м²×сутки/га. (таблица 3).

Таблица 3. Влияние изучаемых факторов на изменение ФП растений ячменя (тыс. м²×сутки/га), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =35)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	1288	1421	1548	1565	1456
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1431	1546	1676	1687	1585
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1610	1715	1811	1839	1744
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1664	1772	1857	1875	1792
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =35)	1498	1614	1723	1742	

НСР₀₅ ч. р.=70

Урожайность определяется не только размером и продолжительностью работы ассимиляционного аппарата растения, но и эффективностью функционирования листьев, которая характеризуется чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ) (таблица 4).

Таблица 4. Влияние изучаемых факторов на изменение ЧПФ ячменя (г/м² × сутки), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =0,10)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	3,67	3,80	3,92	3,96	3,84
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,87	4,09	4,28	4,25	4,13
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,98	4,20	4,42	4,47	4,27
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,12	4,36	4,47	4,50	4,36
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =0,10)	3,91	4,11	4,27	4,30	

НСР₀₅ ч. р.=0,20

Внесение минеральных удобрений увеличивало изучаемый показатель: $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 4,13 г/м² х сутки (7,6%), $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 4,27 г/м² х сутки (11,2%), $N_{90}P_{90}K_{90}$ – до 4,36 г/м² х сутки (13,5%). Жидкие комплексные удобрения увеличивали значения ЧПФ на 0,20–0,39 г/м² х сутки.

Наибольшее значение ЧПФ наблюдалось на варианте с уровнем $N_{90}P_{90}K_{90}$ и некорневой подкормкой 6 л/га (4,50 г/м² х сутки).

Применение минеральных удобрений и некорневой подкормки растений не оказали существенного влияния на полевую всхожесть семян и количество растений к моменту уборки урожая.

Количество стеблей к уборке у ячменя изменялось в зависимости от изучаемых факторов. На варианте без внесения минеральных удобрений их количество составило 653 шт./м². Внесение минеральных удобрений существенно увеличивало значения изучаемых показателей: 106 ($N_{30}P_{30}K_{30}$), 182 ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и 185 шт./м² ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

Продуктивная кустистость ячменя с внесением минеральных удобрений увеличивалась на 19,0–33,0%.

Наибольшая продуктивная кустистости была получена на варианте с внесением минеральных удобрений в количестве $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2,64 шт./раст.). Увеличение уровня минерального питания до $N_{90}P_{90}K_{90}$ не способствовало существенному изменению изучаемого показателя (2,66 шт./раст.).

Некорневая подкормка ЖКУ не оказала существенного влияния на продуктивную кустистость ячменя на всех уровнях минерального питания.

Высота растений и длина колоса ячменя изменялись в зависимости изучаемых факторов. На вариантах с минеральными удобрениями, высота растений составила 63,6 см. Наибольшим он был на варианте с внесением минеральных удобрений в количестве $N_{90}P_{90}K_{90}$ (72,3 см).

Жидкие комплексные удобрения, увеличили высоту растений на 2,97–5,33 см. Внесение минеральных удобрений в количестве $N_{30}P_{30}K_{30}$ увеличивало изучаемый показатель 3,70–5,50 см (5,71–8,49%). Дальнейшее увеличение уровня минерального питания и ЖКУ существенно повлияло на увеличение высоты растений.

Подобная закономерность проявлялась при изменении длины колоса растений ячменя, а именно изучаемые факторы оказывали существенное влияние на изучаемый показатель.

Наибольшая масса зерна с колоса была получена на варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ (0,69–0,78 г), что на 0,14 г или 23,6% больше контрольного варианта. Увеличение уровня минерального питания до $N_{90}P_{90}K_{90}$ не оказало существенного влияния на изучаемый показатель.

Некорневая подкормка растений, также способствовала увеличению массы зерна с колоса на 0,07–0,13 г (10,1–21,3%) (таблица 5).

Количество зерен в колосе увеличивалось в зависимости от изучаемых факторов: минеральных удобрений 1,1–2,6 шт. (6,8–16,0%), ЖКУ 1,2–2,1 шт. (7,3–12,8%).

Масса зерна с колоса и масса 1000 зёрен находятся в прямой зависимости от уровней минерального питания и некорневой подкормки (таблица 6).

Таблица 5. Влияние изучаемых факторов на изменение массы зерна в колосе (г), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =0,02)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	0,54	0,61	0,64	0,65	0,61
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0,61	0,69	0,73	0,74	0,69
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,69	0,76	0,78	0,78	0,75
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0,70	0,78	0,80	0,79	0,76
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =0,02)	0,63	0,71	0,74	0,74	

НСР₀₅ ч. р.=0,05

Таблица 6. Влияние изучаемых факторов на изменение массы 1000 зерен (г), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =1,25)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	36,3	37,8	38,7	38,9	37,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	37,8	39,8	41,2	41,1	40,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	39,6	41,1	41,7	41,7	41,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	40,0	41,5	41,9	42,0	41,4
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =1,25)	38,4	40,0	40,9	40,9	

НСР₀₅ ч. р.=2,51

Внесение минеральных удобрений в количестве N₆₀P₆₀K₆₀ увеличивало изучаемый показатель на 3,10 г. (8,2%). Увеличение уровня минерального питания до N₉₀P₉₀K₉₀ существенно не увеличивало массу зерна.

Некорневая подкормка ЖКУ существенно увеличивала изучаемый показатель. Например, на варианте без минеральных удобрений прибавка от ЖКУ составила 4,13–7,16%. На вариантах с внесением минеральных удобрений происходило дальнейшее увеличение изучаемого показателя до уровня минерального питания N₉₀P₉₀K₉₀.

В пятой главе представлены результаты урожайности и качества зерна ячменя в зависимости от минеральных удобрений и ЖКУ.

В среднем за три года исследований урожайность ячменя на варианте без минеральных удобрений, составила 3,00 т/га (таблица 7).

Внесение минеральных удобрений существенно увеличивало урожайность зерна ячменя на 0,46–0,77 т/га (15,3–25,7%). Наибольшая прибавка была получена на варианте N₆₀P₆₀K₆₀ (25,7%). Внесение удобрений в количестве N₉₀P₉₀K₉₀ не способствовало дальнейшему увеличению урожайности.

Некорневая подкормка ЖКУ способствовала повышению урожайности на 0,37–0,50 т/га (11,7–15,9%). Наибольшая прибавка была на варианте с ЖКУ 4 л/га.

Побочная продукция (солома) находилась в прямой зависимости от урожайности зерна ячменя, а именно с увеличением урожайности увеличивалась масса побочной продукции.

Таблица 7. Влияние изучаемых факторов на изменение урожайности ячменя (т/га), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =0,12)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	2,71	3,02	3,12	3,14	3,00
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,13	3,49	3,63	3,60	3,46
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,40	3,80	3,92	3,95	3,77
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,36	3,75	3,89	3,92	3,73
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =0,12)	3,15	3,52	3,64	3,65	

НСР₀₅ ч. р.=0,24

Показатели качества зерна ячменя зависят от уровней минерального питания и некорневой подкормки растений.

На варианте без внесения минеральных удобрений натура зерна ячменя, составила 542 г/л. На более высоких уровнях минерального питания N₆₀P₆₀K₆₀ и N₉₀P₉₀K₉₀ показатели натуры составили 561 и 562 г/л соответственно (таблица 8).

На вариантах с некорневой подкормкой 4 л/га, была получена наибольшая натура зерна – 568 г/л.

Таблица 8. Влияние изучаемых факторов на изменение натуры зерна ячменя (г/л), 2020–2022 гг.

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =17)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	532	541	548	548	542
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	544	556	560	558	554
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	551	561	566	564	561
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	552	561	568	568	562
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =17)	545	555	561	560	

НСР₀₅ ч. р.=35

Содержание протеина на вариантах без внесения минеральных удобрений составило 13,49%. Внесение минеральных удобрений увеличивало этот показатель до 14,05% (N₃₀P₃₀K₃₀), 14,76% (N₆₀P₆₀K₆₀) и 14,95% (N₉₀P₉₀K₉₀) (таблица 9).

Некорневая подкормка ЖКУ увеличивала содержания протеина на 0,56–1,36%. Наибольшее содержание протеина было получено на варианте с некорневой подкормкой 4 л/га

Сбор протеина находился в существенной зависимости от уровней минерального питания и некорневой подкормки растений. Внесение минеральных удобрений увеличивало изучаемый показатель до 0,49–0,56 т/га. Наибольший сбор протеина был получен при внесении минеральных удобрения в количестве N₆₀P₆₀K₆₀ – 0,56 т/га, что на 0,15 т/га или 36,6% превышает контроль.

Некорневая подкормка ЖКУ увеличила сбор протеина на 0,07–0,12 т/га (16,3–27,9%).

**Таблица 9. Влияние изучаемых факторов на
изменение содержания протеина в зерне (%), 2020–2022 гг.**

Минеральные удобрения (Фактор А)	ЖКУ (Фактор В)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ =0,09)
	Контроль (без ЖКУ)	ЖКУ - 2 л/га	ЖКУ - 4 л/га	ЖКУ - 6 л/га	
Контроль (без удобрений)	12,58	13,35	13,98	14,05	13,49
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	13,25	13,88	14,42	14,67	14,05
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,09	14,45	15,40	15,12	14,76
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	14,13	14,59	15,43	15,65	14,95
Средние по фактору В (НСР ₀₅ =0,09)	13,51	14,07	14,80	14,87	

НСР₀₅ ч. р.=0,18

В результате проведенных исследований было установлено, наиболее благоприятные условия для роста и развития растений складывались на варианте с внесением минеральных удобрений в количестве N₆₀P₆₀K₆₀ и некорневой подкормкой ЖКУ в количестве 4 л/га.

В шестой главе дан анализ экономической и энергетической эффективности применения минеральных удобрений и некорневой подкормки ЖКУ в посевах ячменя.

Внесение минеральных удобрений в количестве N₃₀P₃₀K₃₀ увеличивало стоимость валовой продукции – 38,1 тыс.руб. (5,10 тыс.руб.). Наибольшим изучаемый показатель (41,4 тыс.руб.) был получен на варианте N₆₀P₆₀K₆₀. Дальнейшее увеличение уровня минерального питания (N₉₀P₉₀K₉₀) не способствовало увеличению изучаемого показателя (41,0 тыс.руб.).

Некорневая подкормка ЖКУ увеличивала условно-чистый доход на 2,90–3,50 тыс.руб. Наибольшие его значения были получены на варианте с внесением минеральных удобрений в количестве – N₆₀P₆₀K₆₀ (3,90–4,70 тыс.руб.).

На варианте с минеральными удобрениями в количестве N₆₀P₆₀K₆₀ и некорневой подкормкой ЖКУ (4 л/га) был получен наибольший условно-чистый доход – 20,3 тыс.руб./га.

Коэффициент энергетической эффективности на варианте без внесения минеральных удобрений составил 3,23. При внесении минеральных удобрений в количестве N₆₀P₆₀K₆₀ коэффициент энергетической эффективности увеличился на 0,11 (3,34). Увеличение уровня минерального питания до N₉₀P₉₀K₉₀ не способствовало увеличению коэффициента энергетической эффективности (3,13).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований в 2020–2022 гг. в центральной части поймы реки Сивинь на аллювиальной среднегумусной среднесуглинистой почве были сделаны следующие выводы:

Внесение минеральных удобрений увеличивало содержание азота в слое почвы 0–10 и 10–20 см, фосфора и калия 0–10 см. Подобная закономерность сохранялась, как в фазу полных всходов, так и перед уборкой урожая.

Баланс азота практически на всех вариантах опыта был в отрицательном диапазоне (–64,3 до +5,0 кг/га). Внесение минеральных удобрений в количестве

$N_{90}P_{90}K_{90}$ в наибольшей степени улучшило баланс по изучаемому показателю. Наибольшим он был (+5,0 кг/га) при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ без ЖКУ. Интенсивность использования азота колебалась от 22% до 105%, достигая максимальных значений при высоких уровнях минеральных удобрений. Применение ЖКУ снижало показатели баланса за счет увеличения поглощения элемента минерального питания из почвы и минеральных удобрений.

Баланс фосфора изменялся в зависимости от изучаемых факторов (-35,7 до +53,0 кг/га), переходя от отрицательных значений на контроле к положительным при внесении минеральных удобрений. Наибольшим он был (+53,0 кг/га) на варианте при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ без ЖКУ. Интенсивность баланса варьировала от 3% до 239%, достигая наибольших значений на вариантах с высокими уровнями минерального питания. На вариантах с применением ЖКУ происходило снижение показателя баланса фосфора, за счет увеличения использования фосфора из почвы и вносимых минеральных удобрений.

Положительные значения баланса калия были получены на вариантах с внесением минеральных удобрений в количестве $N_{90}P_{90}K_{90}$ без ЖКУ (+23,5 кг/га) и $N_{90}P_{90}K_{90}$ с ЖКУ 2 л/га (+13,2 кг/га). Интенсивность использования баланса калия составило в зависимости от изучаемых вариантов 11–132%. Применение ЖКУ способствовало увеличению выноса калия, как из почвы, так и из вносимых минеральных удобрений.

Активный рост ассимиляционного аппарата продолжался до фазы флагового листа, после чего происходило его снижение, вызванное процессом реутилизации, старения и отмиранием нижних листьев. На величину листовой поверхности посевов влияют как метеорологические особенности в периоды наблюдений, так и уровень обеспеченности растений минеральными веществами, особенно с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями. Наибольшая площадь листьев наблюдалась на вариантах – $N_{90}P_{90}K_{90}$ с некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» в количестве 6 л/га – 41,7 тыс. м²/га. В среднем за три года исследований, максимальный фотосинтетический потенциал был получен на варианте $N_{90}P_{90}K_{90}$ с некорневой подкормкой ЖКУ в количестве 6 л/га – 1875 тыс. м²×сутки/га.

Проведенные исследования показали, что как внесение минеральных удобрений, так и некорневая подкормка ЖКУ ярового ячменя (сорт Нур) оказали существенное значение на значение ЧПФ. Наибольшее значение ЧПФ получено на варианте – $N_{90}P_{90}K_{90}$ с некорневой подкормкой 6 л/га – 4,50 г/м² × сутки.

Изучаемые факторы (уровни минерального питания и некорневая подкормка ЖКУ) не оказали существенного влияния на полевую всхожесть семян ячменя, которая составила в зависимости от вариантов опыта 89,5–91,5 %.

Сохранность растений к моменту уборки урожая была высокой и составила в среднем по опыту 88,8 %. Изучаемые факторы не оказали существенное влияние на изменения значений изучаемого показателя.

В среднем за три года количество стеблей на вариантах без внесения минеральных удобрений составило 653 шт./м². При внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ составило 759 шт./м² (16,2%), $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 835 шт./м² (27,9%); $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 838 шт./м²

(28,3%). Эти изменения достоверны. Влияние жидких комплексных удобрений в среднем за три года было не существенным.

Внесение минеральных удобрений увеличивало продуктивную кустистость растений на 0,38–0,66 шт./раст., а также высоту растений на 4,83–8,70 см. Длина колоса возросла на 0,78–1,42 см, количество зерен в колосе увеличилось на 1,1–2,6 штук, а масса зерна с колоса возросла на 0,08–0,15 г. Кроме того, масса 1000 зерен увеличилась на 2,10–3,40 г. Однако следует отметить, что некорневая подкормка с использованием жидкого комплексного удобрения «Агрис» марки «АзотКалий» не оказала существенного влияния на продуктивную кустистость растений. Тем не менее, было зафиксировано увеличение высоты растений на 2,97–5,33 см, длины колоса на 0,91–1,35 см, а также роста количества зерен в колосе на 1,2–2,1 штук. Масса зерна с колоса увеличилась на 0,08–0,11 г, в то время как масса 1000 зерен возросла на 1,60–2,50 г. Наиболее благоприятные условия для увеличения показателей структуры урожайности были зафиксированы на варианте с внесением минеральных удобрений в количестве $N_{90}P_{90}K_{90}$ с некорневой подкормкой ЖКУ в дозе 4 л/га.

Внесение минеральных удобрений и некорневой подкормки ячменя способствовали увеличению урожая и массы соломы культуры. Наибольшая урожайность была получена на вариантах с уровнями минерального питания $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$ и некорневыми подкормками 4 и 6 л/га, составив 3,89–3,95 т/га. Количество побочной продукции (солома) возросло прямо пропорционально увеличению продуктивности культуры. Наибольшее количество соломы было получено на вариантах с внесением минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ с некорневой подкормкой ЖКУ в дозе 4 л/га (5,48 т/га) и $N_{90}P_{90}K_{90}$ с некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» в дозах 4 и 6 л/га (5,60 и 5,64 т/га, соответственно).

В результате проведенных исследований было установлено, что применение минеральных удобрений способствовало увеличению natyры зерна ячменя на 12–20 г/л. Кроме того, наблюдалось повышение содержания протеина в зерне на 0,56–1,46%, а также увеличение сбора протеина с урожаем ячменя на 0,08–0,15 т/га. Однако, несмотря на эти положительные изменения, внесение минеральных удобрений не оказало существенное влияние на содержание сырой клетчатки в зерне ячменя. Некорневая подкормка растений с использованием жидкого комплексного удобрения не оказала существенного влияния на natyру зерна и уровень сырой клетчатки в зерне ячменя. Тем не менее, было зафиксировано увеличение содержания протеина в диапазоне от 0,56% до 1,36 % и сбор протеина с единицы площади 0,07–0,12 т/га. Наиболее благоприятные условия для повышения качественных показателей зерна ячменя были получены на варианте, где вносились минеральные удобрения в количестве $N_{60}P_{60}K_{60}$ в комплексе с некорневой подкормкой ЖКУ в дозе 4 л/га.

Наибольший условно-чистый доход 20,3 тыс. р./га получен при применении минеральных удобрений в количестве $N_{60}P_{60}K_{60}$ в комплексе с некорневой подкормкой ЖКУ в дозе 4 л/га, что выше контрольного варианта на 59,8%.

Проведенные исследования показывают, что коэффициент энергетической эффективности на вариантах без внесения минеральных удобрений в

среднем за три года составил – 3,23. Внесение минеральных удобрений в количестве $N_{30}P_{30}K_{30}$ увеличило коэффициент энергетической эффективности до 3,35, что выше контрольного варианта в 0,12. На варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ коэффициент энергетической эффективности составил – 3,34 (разница 0,11). Дальнейшее увеличение уровня минерального питания до $N_{90}P_{90}K_{90}$ привело к снижению изучаемого показателя (3,13), что ниже контрольного варианта.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для повышения урожайности и качества зерна ячменя (сорт Нур) в условиях юга Нечерноземной зоны РФ на аллювиальных среднегумусных среднесуглинистых почвах рекомендуется высевать данный сорт и вносить под него минеральные удобрения в количестве $N_{60}P_{60}K_{60}$ с некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марки «АзотКалий» (4 л/га) в фазу кущение – начало выхода в трубку.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В перспективе актуально изучение влияния минерального питания и некорневой подкормки на вариантах с разными нормами высева семян и способами обработки почвы (традиционная, минимальная и нулевая обработка почвы (No-Till)) на питательный режим почвы.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ:

1. Якомаскин, С.С. Сбалансированное минеральное питание как основа получения высокого урожая ячменя / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Зубарев А.А. // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (24). С. 39-44 (0,75 печ.л – 0,25).
2. Якомаскин, С.С. Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки на изменение морфо-биометрических показателей растений ячменя / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Зубарев А.А. // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 34-39 (0,75 печ.л – 0,25).
3. Якомаскин, С.С. Минеральное питание как основа физиологических процессов, происходящих в растениях / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Зубарев А.А. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2 (62). С. 36-40 (0,625 печ.л – 0,21).
4. Якомаскин, С.С. Изменение показателей структуры урожая и урожайности ячменя в зависимости от уровней минерального питания и листовой подкормки растений / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Зубарев А.А. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 3 (71). С. 62-67 (0,625 печ.л – 0,21).
5. Якомаскин, С.С. Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки на изменение показателей структуры урожая и урожайности ячменя / Якомаскин С.С., Кошелева А.В., Каргин В.И. // Вестник Чувашского государ-

ственного аграрного университета. 2023. № 4 (27). С. 57-62 (0,75 печ.л – 0,25).

6. **Якомаскин, С.С.** Показатели качества зерна ячменя в зависимости от минеральных удобрений и некорневой подкормки растений / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Зубарев А.А. // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 53-57 (0,625 печ.л – 0,21).

Статьи, в сборниках материалов международных и всероссийских научно-практических конференций:

7. **Якомаскин, С.С.** Влияние минеральных удобрений и внекорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марки «Азоткалий» на урожай ячменя / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Зубарев А.А. // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Материалы международной научно-практической конференции. Йошкар-Ола, 2023. С. 91-93 (0,375 печ.л – 0,125).

8. **Якомаскин, С.С.** Минеральное питание - один из основных факторов формирования урожая ячменя / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Зубарев А.А. // LI Огарёвские чтения. Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции. В 3-х частях. Саранск, 2023. С. 35-38 (0,50 печ.л – 0,17).

9. **Якомаскин, С.С.** Значение макро, мезо и микроэлементов в питании растений и их влияние на урожайность ячменя / Якомаскин С.С., Кошелева А.В. // Дни науки и инноваций НовГУ. Сборник статей студентов и молодых ученых. Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2023. Ч. 4. С. 206-210 (0,625 печ.л – 0,32).

10. **Якомаскин, С.С.** Влияние минеральных удобрений на урожайность ячменя / Якомаскин С.С., Кошелева А.В., Каргин В.И. // Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции «Вызовы и инновационные решения в аграрной науке» (10-11 июня 2024 года): в 4 томах. Т. 3. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. С. 144-145 (0,25 печ.л – 0,08).

11. **Якомаскин, С.С.** Влияние минеральных удобрений и некорневой подкормки на изменение показателей структуры урожая и урожайности ячменя / Якомаскин С.С., Каргин В.И., Шевяхов С.Б. // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы XXI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти проф. С. А. Лапшина, Саранск, 4–5 июня 2025 г. [Электронный ресурс]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2025. С. 237-241 (0,625 печ.л – 0,21).