

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени
Д.Н. Прянишникова»

На правах рукописи

Панова Полина Юрьевна

**ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В СОЧЕТАНИИ
С ИНСЕКТИЦИДНОЙ ЗАЩИТОЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВСА
В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ**

Специальность 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Гаспарян Ирина Николаевна

Москва 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
 ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	
1.1.Значение овса в сельском хозяйстве и его биологические особенности.....	12
1.1.1 Система питания овса.....	14
1.1.2 Овес для производства детского, лечебного и диетического питания.....	16
1.1.3 Биологическая ценность зерна овса голозерного.....	19
1.2. Роль магния и серы при возделывании овса.....	21
1.2.1 Магний: физиологические функции и значение для продуктивности овса.....	21
1.2.2 Сера: роль в белковом обмене и регуляции качества зерна.....	23
1.3. Предпосылки дефицита Mg и S в дерново-подзолистых почвах.....	27
1.4 Сравнительная характеристика форм магниевых удобрений и обоснование выбора сульфата магния.....	29
1.5 Листовое внесение сульфата магния: механизмы и эффект.....	31
1.5.1 Критические фазы для Mg-подкормок овса и ожидаемый отклик.....	33
1.6 Пьявица красногрудая (<i>Ouleta melanopus</i>) – опасный вредитель овса ярового	35
1.7. Химические средства защиты овса от вредителей.....	38
1.7.1 Химическая и экотоксикологическая характеристика диметоата.....	40
1.7.2 Биологическая эффективность препаратов на основе диметоата.....	43
1.8. Совместимость диметоата и сульфата магния при совместном применении.....	44
Заключение по обзору литературы.....	44
 ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Агроклиматические условия и почвенная характеристика полевого опыта.....	46
2.2. Объекты исследования.....	54
2.3. Методы проведения исследования.....	57

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Влияние сульфата магния на прохождение фенологических фаз и биометрические показатели овса.....	63
3.1.1. Фенологические наблюдения.....	63
3.1.2 Биометрические показатели.....	70
3.2. Влияние диметоата на динамику численности пылявицы.....	83
3. 3. Влияние совместного применения сульфата магния и диметоата на урожайность и основные показатели качества зерна овса	86
3.4. Содержания остаточных количеств диметоата в зеленой массе, зерне и соломе овса.....	95
Выводы к главе.....	100
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА МАГНИЯ И ДИМЕТОАТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВСА.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	109
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	113
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	114
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	115
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	130

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время, на фоне увеличения численности населения и изменений в экономической и политической ситуации в мире, вопрос продовольственной безопасности России стал особенно актуальным. Продовольственная безопасность, будучи значимой частью социально-экономической политики и необходимым условием реализации стратегических национальных приоритетов, одновременно является одним из ключевых аспектов обеспечения национальной безопасности страны в долгосрочной перспективе и важным фактором сохранения её государственности и суверенитета. (Сидорова Н.П., 2021).

В условиях Нечерноземной зоны России, отличающейся благоприятными природными и экономическими условиями для возделывания сельскохозяйственных культур, важное место отводится зерновым культурам. В последние годы в агрономической практике Нечерноземной зоны РФ возросла роль овса – культуры малотребовательной к теплу и плодородию почвы, способной расти на супесчаных, глинистых и торфяных почвах (Стрижова Ф.М., Царева Л.Е, Титов Ю.Н., 2008). Он слабо поражается корневыми гнилями, что делает его важным компонентом полевых и пропашных севооборотов.

Овсяное зерно служит ценным сырьем для производства круп, овсяных хлопьев и муки. Белки, содержащиеся в овсе, легко усваиваются организмом и включают незаменимые аминокислоты. Они значительно превосходят белки ячменя по содержанию лизина и триптофана. Жиры овса также имеют высокую усвояемость и легко перерабатываются человеком. Зерна овса богаты органическими соединениями железа, кальция и фосфора, а также содержат множество витаминов, особенно группы В, где овес опережает многие другие зерновые культуры (Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Баталова Г.А., 2020). Овес способствует поддержанию нормального уровня сахара в крови, что делает его полезным для людей, больных сахарным диабетом. Кроме того, он богат клетчаткой, что улучшает пищеварение. Продукты на основе овса могут снижать

уровень холестерина, что важно для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний (*Чекина М.С., 2016*). Так же отсутствие в зерне овса глютена позволяют вводить его в рацион людей, больных целиакией - хроническим генетически-детерминированным заболеванием, возникающим вследствие повреждения слизистой оболочки тонкого кишечника глютеном, белком, содержащимся в злаковых культурах. В последнее время во многих странах мира она является одной из актуальных социальных проблем (*Хавкин А.И., 2023*).

Таким образом, использование зерна овса особо актуально для детского, диетического и лечебного питания.

Важной задачей АПК Российской Федерации является увеличение экспортируемой продукции растениеводства. По данным экспертно-аналитического центра агробизнеса, в 2023 году Россия стала вторым по величине производителем овса в мире после Европейского Союза с объемом производства овса около 4,1 млн тонн (7,4 млн тонн произведено в Евросоюзе), а в 2024 году этот показатель увеличился более чем в три раза. И если в нашей стране популярность этого злака постепенно угасает, то в Китае, который стал самым активным импортером, потребление растет. Это требует не только повышения объемов производства, но и улучшения качества сельскохозяйственной продукции, внедрения современных технологий и методов агрономии. Кроме того, необходимо уделять внимание вопросам экологии и устойчивого земледелия, чтобы гарантировать безопасность и качество продукции для международных рынков (*Левашов И., 2024*).

Для устойчивого получения урожая высоко качества и сокращения его потерь от вредителей, необходима оптимизация совместного применения минеральных удобрений и средств защиты растений. Многочисленные исследования наглядно демонстрируют существенные преимущества комплексного применения средств химизации при возделывании разных культур в разных природно-климатических зонах.

В данной работе приведены результаты исследований по совместному применению сульфата магния и диметоата на посевах овса ярового в Смоленской области.

Цели исследования – разработать оптимальные регламенты совместного применения сульфата магния и фосфорорганических инсектицидов (на примере диметоата) на овсе в условиях Нечерноземной зоны РФ.

В соответствии с поставленной целью определили следующие **задачи**:

- изучение биологических особенностей овса и особенностей его минерального питания на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны РФ;
- изучение видового состава вредителей овса;
- проведение в условиях Смоленской области полевых испытаний по совместному применению сульфата магния и инсектицида на основе диметоата на посевах овса ярового для оценки:
 - специфики роста и развития культуры;
 - урожайности и формирования качественных показателей зерна;
 - особенностей динамики разложения диметоата при совместном применении с сульфатом магния;
 - оптимальных регламентов их совместного применения;
- расчет экономической эффективности совместного применения удобрений и инсектицидов.

Научная новизна исследований

Впервые научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность совместного применения $MgSO_4$ (листовые подкормки 15–30 кг д.в./га) с диметоатом на овсе голозёрном (сорт Немчиновский 61) на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья. Получены статистически значимые прибавки урожайности 8,5...9,5 ц/га к контролю и 4,2...5,2 ц/га к фону NPK; установлена дозозависимость эффекта $MgSO_4$ и его синергия с инсектицидной защитой.

Выявлен физиолого-биохимический механизм отклика на некорневое внесение $MgSO_4$, проявляющийся в увеличении площади листовой поверхности

(до 4,5–4,6 млн м²/га в цветение), суммарного хлорофилла (до +35–50 % к контролю), стабилизации онтогенеза (адаптивное укорачивание или продление репродуктивных фаз в зависимости от ГТК), что обеспечивает сохранность ассимиляционного аппарата в стрессовых для овса условиях.

Доказано улучшение белковой и аминокислотной полноценности зерна: рост массовой доли белка (до 13,4–13,9 %), увеличение суммы незаменимых аминокислот и значимое повышение уровней лизина и метионина (лимитирующих для злаков), что прямо повышает биологическую ценность зерна для детского и диетического питания.

Изучена динамика разрушения диметоата и образование его метаболита ометоата в зелёной массе, зерне и соломе овса при совместном применении с MgSO₄.

Практическая значимость работы состоит в разработке энергосберегающей технологии повышения продуктивности овса на основе комбинированной смеси сульфата магния и инсектицида. Предлагаемая технология агрономически эффективна, экологически безопасна и экономически целесообразна, так как за один проход обрабатывается посев против вредителей и производится листовая подкормка растений сульфатом магния, что снижает производственные затраты и стрессовую нагрузку на посев, повышая урожайность, качество и пищевую ценность зерна.

Полученные результаты исследования могут быть внедрены непосредственно в сельскохозяйственное производство при составлении технологических карт и регламентов применения средств защиты растений при возделывании овса на дерново-подзолистых почвах: оптимальная доза сульфата магния для листовой подкормки — 15 кг д.в./га в смеси с диметоатом (1,5 л/га), применяемая в конце фазы кущения; доза 30 кг д.в./га целесообразна точно — на полях с подтверждённым дефицитом Mg/S или при высоком потенциале урожая. Для производственного внедрения рекомендуются полноценный фон NPK (в опытах его снижали сознательно для выявления эффекта Mg),

агрохимическое обследование на Mg и подвижную S, контроль численности вредителей относительно ЭПВ, а также технологические требования к баковой смеси (подготовка воды, подкисление до pH 5,5–6,0, последовательность смешивания, проба на совместимость).

С точки зрения безопасности продукции и экологии, предложенный приём позволяет удерживать остаточные количества действующих веществ в пределах нормативов к уборке урожая, уменьшает суммарную пестицидную нагрузку за счёт сокращения количества обработок и повышает «экологическую устойчивость» ценоза за счёт лучшей сохранности листового аппарата и более ровного налива зерна.

Следовательно, материалы исследования подтверждают эффективность интегрированных агротехнологических подходов в обеспечении устойчивого развития сельскохозяйственных систем и гарантируют соответствие продукции современным санитарно-гигиеническим стандартам, а так же помогут сельскохозяйственным товаропроизводителям снизить потери от вредителей, улучшить питание растений и повысить эффективность производства за счет повышения урожайности и качества зерна овса, предназначенного для детского и диетического питания.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Выявлено, что в агроценозе овса голозерного в условиях дерново-подзолистых почв Нечернозёмной зоны РФ доминирующим вредителем является красногрудая злаковая пядица (*Ouleta melanopus* L.), при этом листовые подкормки сульфатом магния технологически совместимы с инсектицидной защитой на основе диметоата и не оказывают антагонистического влияния на результативность защитных мероприятий.

2. Инсектицид на основе диметоата (400 г/л), применяемый в норме расхода 1,5 л/га в фазу кущения овса, обеспечивает устойчиво высокую биологическую эффективность — более 90 % — против красногрудой злаковой пядицы во все годы исследований, в том числе при применении в смеси с сульфатом магния,

который, в свою очередь, улучшает физиологическое состояние растений овса, увеличивая площадь листового аппарата и содержание хлорофилла в листьях.

3. Установлено, что совместное применение сульфата магния и инсектицида на основе диметоата способствует реализации продуктивного потенциала овса сорта Немчиновский 61, что подтверждается увеличением урожайности до 22,8–23,8 ц/га и статистически значимой прибавкой 8,5–9,5 ц/га по сравнению с контролем и 4,2–5,2 ц/га по сравнению с фоном NPK.

4. Выявлено, что совместное применение магниевого удобрения и инсектицида сопровождается повышением качества зерна овса голозерного (содержание белка до 13–14 %) и не приводит к накоплению остаточных количеств диметоата и его метаболита ометоата: через 30 суток после обработки и к моменту уборки урожая они не обнаруживаются в зерне и соломе.

5. Доказано, что интеграция листовой подкормки сульфатом магния ($MgSO_4$, 15 кг д.в./га) с инсектицидной обработкой диметоатом в виде баковой смеси является технологически и экономически целесообразным приёмом в производстве овса. Данная оптимальная схема обеспечивает повышение чистой прибыли на 20–28 % (до 23 416–23 505 руб./га), рост рентабельности до 80–90 % (в среднем 88 %) и снижение себестоимости зерна до 1 173 руб./ц по сравнению с фоновым вариантом, при этом одновременно снижая антропогенную нагрузку на агроценоз.

Достоверность результатов. Достоверность и воспроизводимость результатов обусловлены большим массивом экспериментальных данных, полученных в ходе исследования в 2022-2024 гг., и строгим соблюдением нормативных методик и стандартов ГОСТ при постановке полевых опытов и выполнении лабораторных анализов. Учёты проводили по стандартам для зерновых культур и общепринятым полевым методикам. Остаточные количества диметоата и ометоата определяли по метрологически аттестованным методическим указаниям. Урожайность определяли сплошным поделяночным методом с пересчётом к стандартной влажности. Статистическая обработка

включала дисперсионный анализ, оценку $HCp_{0,5}$, корреляционный анализ Пирсона и регрессионный анализ. Расчёты выполнены в Microsoft Excel и Statistica v.12. Различия между вариантами признаны статистически значимыми, что подтверждает надёжность и воспроизводимость полученных результатов.

Апробация работы. Результаты исследований были доложены на научно-практической конференции «Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур» (Сочи, 2024 г.); Международной научной конференции, посвященной 150-летию Э.А. Митчерлиха (Москва, ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2024 г.); Международной научно-практической конференции «Охрана окружающей среды, изменение климата, инновационные технологии повышения плодородия деградированных почв» (Узбекистан, 2025); Международной научно-практической конференции «Защита растений от вредных организмов» (Краснодар, 2025); на Международной научно-практической конференции «Агрохимическая наука - основа эффективного управления природно-ресурсным потенциалом агроэкосистем» (Москва, ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2025 г.).

Так же полученные в ходе исследований результаты были апробированы в производственных условиях и внедрены в АО ПЗ «Шойбулакский» (Республика Марий Эл) на площади 80 га и в КФХ «Григорьев В.Н.» (Воронежская область) на площади 32 га.

Публикации результатов исследований. По теме исследования опубликовано 7 научных работ, 3 из которых, относятся к работам, изданным в журналах, рецензируемых ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Личный вклад автора. Весь цикл исследования – от постановки полевых опытов и проведения лабораторных анализов – до обработки и интерпретации полученных данных, соискатель выполнила самостоятельно. Автор лично проводила фенологические наблюдения и измеряла биометрические показатели,

отслеживала динамику численности вредителя, отбирала и анализировала почвенные и растительные образцы в строгом соответствии с методиками. Самостоятельно подготовила литературный обзор по теме диссертации, провела оценку урожайности овса и расчет экономической эффективности, выполнила анализ и обобщение экспериментальных данных, провела статистическую обработку полученных результатов.

Объем и структура диссертации.

Диссертационная работа включает в себя следующие разделы: введение, обзор литературы, объекты и методы исследования, результаты исследования, расчет экономической эффективности, выводы, рекомендации производству, список литературы и приложения.

Список литературы включает 181 наименование, в том числе 38 на иностранных языках. Материал диссертации изложен на 139 страницах машинописного текста, включает 27 таблицы и 15 рисунков в тексте, а также 10 приложений.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, доценту Гаспарян Ирине Николаевне за всестороннюю поддержку и помощь при проведении исследования.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Значение овса в сельском хозяйстве и его биологические особенности

Овес является одной из важнейших зерновых культур и занимает пятое место в мире по площади посевов, уступая только пшенице, рису, кукурузе и ячменю. В зерне овса содержится 12 – 13 % белка, 40 – 45 % крахмала и 4 – 4,5 % жира, что обуславливает его ценность как зернофуражной культуры. Однако в последние десятилетия овес также активно используется для производства продуктов, ориентированных на здоровое и диетическое питание. Зерно овса богато витаминами В1 и В2, а также минералами, такими как железо, кальций и фосфор. Из него изготавливают крупу, толокно, муку, заменитель кофе, печенье и другие продукты. Продукты на основе овса хорошо усваиваются организмом и часто применяются в детском питании (*Белкина Р.И., 2022; Каширских Е.В., 2019*).

Овес предпочитает умеренные температуры. Оптимальный диапазон для его роста составляет 15-20 °С, высокие температуры (выше 25 °С) могут негативно сказаться на развитии растений, особенно в период цветения и формирования зерна. Так же овес достаточно требовательная к влаге культура, особенно в фазы прорастания, кущения и налива зерна. Недостаток влаги может привести к снижению урожайности, а переизбыток вызвать заболевание и гниение корней. Количество и распределение осадков в течение вегетационного периода тоже имеет большое значение. Оптимальное количество осадков для овса составляет 400-600 мм за вегетационный период (*Козыренко М. А., Пакуль В.Н., Андросов Д.Е., 2018*).

К плодородию и кислотности почвы по сравнению с другими яровыми зерновыми культурами овес менее требователен. Он успешно растет на дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах с различным гранулометрическим составом и уровнем кислотности (от 5 до 7,5 рН). Овес также легче переносит повышенную кислотность (рН 4,5-5,5). Это связано с тем, что его хорошо развитая корневая система может проникать глубже, чем у

пшеницы и ячменя, что позволяет ему более эффективно усваивать питательные вещества из труднорастворимых соединений почвы (Еремин Д.И., 2021; Савельева Ю.В., 2023).

Овес насчитывает более двадцати разновидностей, из которых «культурных» только четыре, остальные относятся к диким видам (овсюги). Наибольшее распространение из культурных видов овса получили два вида: овес посевной (*Avena sativa* L.) и овес византийский (*Avena byzantina* C. Koch.) (Полонский В.И. и др., 2019).

Овес посевной – травянистое злаковое растение, вырастающее в высоту до одного метра. Стебель у овса посевного бороздчатый и прямостоячий. На нем четко выражены междоузлия. Листья у овса посевного двурядные, очередные, вытянутой формы. Цветет овес посевной соцветиями – метелками, располагающимися на кончиках стеблей.

Овес посевной делится на разновидности по следующим признакам: по строению метелки, окраске цветковых чешуй, пленчатости и остистости. Наиболее известны разновидности: мутика, аристата и ауреа. Плоды у посевного овса – это пленчатая зерновка.

Сорта посевного овса подразделяют на три группы – раскидистые, сжатые (одногривые) и голозерные. Самым распространенным считается раскидистый овес. Ветви метелки у него расходятся во всех направлениях, в то время как у сжатого, наоборот, свешиваются в одну сторону. Метелки голозерного овса различны, однако цветковые и колосковые чешуйки держатся непрочны и при молотье быстро отделяются от зерен. Овес византийский отличается от посевного наличием остей на всех зернах в колоске. При отделении колоска от веточки метелки площадка излома скошенная. Цветковая чешуя в нижней части опушенная. При отделении первого зерна от второго стерженек разламывается и часть остается у первого зерна, часть – у второго (Посыпанов В.Г., Долгодворов В.Е., Жеруков Б.Х. и др., 2007).

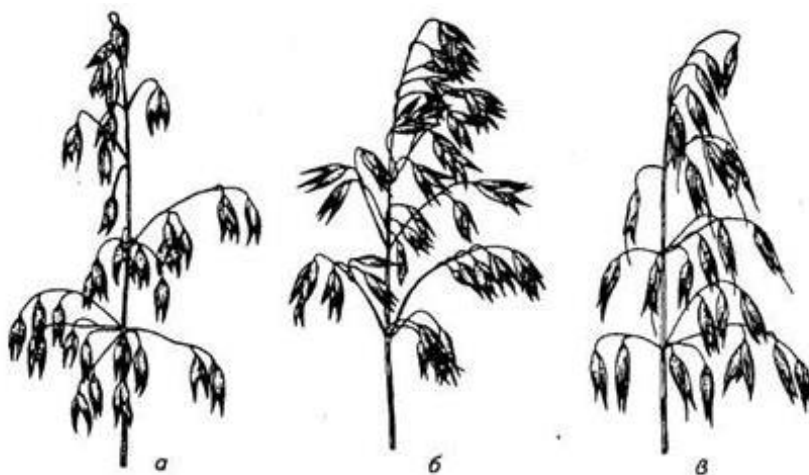


Рис. 1 Метелки овса: а – пленчатого, б – голозерного, в - византийского

1.1.1 Система питания овса

Овёс относится к числу наиболее распространённых зерновых культур в условиях Нечернозёмной зоны России. Несмотря на относительно высокую адаптивность к климатическим и почвенным условиям, урожайность культуры в значительной степени определяется уровнем и сбалансированностью минерального питания (Трунов, 2012; Коломейченко и др., 2018).

По данным агрохимических исследований, для формирования 1 т зерна и соответствующего количества побочной продукции овёс выносит в среднем 35–40 кг азота, 12–14 кг фосфора (P_2O_5), 25–30 кг калия (K_2O), 6–8 кг магния и до 6 кг серы (Лопух М.С., 2011; Смагин и др., 2019). В сравнении с ячменём и пшеницей овёс характеризуется несколько более высоким выносом азота и магния, что связано с особенностями его физиологии и большей продолжительностью вегетационного периода.

Роль азота

Азот является определяющим элементом питания, формирующим величину урожая и качество зерна овса. Он необходим для синтеза белков, хлорофилла, нуклеиновых кислот и ферментов. При его достаточном обеспечении усиливается кущение растений, увеличивается площадь листовой поверхности, активизируется фотосинтетическая деятельность. Дефицит азота приводит к

угнетению роста, преждевременному пожелтению листьев, снижению содержания сырого протеина в зерне и уменьшению урожайности на 25–30 % (Захаренко, 2010). Однако избыточное внесение азотных удобрений способно вызвать полегание растений, ухудшение их устойчивости к грибным болезням и снижение выхода крахмала, что требует строгой оптимизации доз (Fageria, 2014).

Роль фосфора

Фосфор играет важную роль в энергетическом обмене и развитии корневой системы. В условиях достаточного фосфорного питания ускоряется рост растений в начальный период вегетации, повышается устойчивость к неблагоприятным факторам (пониженным температурам, засухе), улучшается налив зерна. По данным исследований, внесение фосфорных удобрений под овёс повышает урожайность на 10–15 %, а также улучшает качество зерна за счёт увеличения содержания фосфорсодержащих органических соединений (Трунов, 2012; Kolbe, Märlander, 2012).

Роль калия

Калий регулирует осмотический режим клеток, способствует экономному расходованию влаги, повышает устойчивость растений к полеганию и поражению болезнями. Он также влияет на процессы фотосинтеза и транспорт углеводов, что в конечном счёте отражается на накоплении крахмала в зерне овса. В условиях повышенной кислотности почв, характерной для дерново-подзолистых почв Смоленской области, калий легко вымывается в нижние горизонты, что делает необходимым регулярное пополнение его запасов через удобрения (Смагин и др., 2019).

Система питания овса должна быть сбалансированной, так как дефицит любого из элементов вызывает «ограничивающий эффект» (по закону Либиха). Например, недостаток серы ограничивает использование азота, а дефицит магния снижает фотосинтетическую активность даже при достаточном обеспечении макроэлементами (Fageria, 2014). При этом овёс характеризуется заметным

выносом питательных веществ, что необходимо учитывать при расчёте баланса элементов и норм внесения удобрений.

Таблица 1– Средний вынос основных элементов питания овсом при формировании 1 т зерна и соответствующего количества побочной продукции
(Трунов, 2012; Смагин и др., 2019; FAO, 2020)

Элемент питания	Вынос, кг/т зерна (с побочной прод-й)	Основные функции в организме растений
Азот (N)	35–40	Формирование белка, хлорофилла, ферментов, стимуляция кущения
Фосфор (P ₂ O ₅)	12–14	Развитие корневой системы, энергетический обмен, ускорение цветения и созревания
Калий (K ₂ O)	25–30	Регуляция водного режима, фотосинтез, устойчивость к полеганию и болезням
Магний (Mg)	6–8	Центральный элемент хлорофилла, активация ферментов, синтез углеводов и белков
Сера (S)	4–6	Синтез аминокислот (цистеина, метионина), витаминов и ферментов, повышение эффективности азотного питания

Таким образом, оптимизация системы питания овса должна учитывать не только потребности в азоте, фосфоре и калии, но и необходимость восполнения мезоэлементов, прежде всего магния и серы. Для условий дерново-подзолистых почв Смоленской области наиболее рациональным является применение комплексных удобрений с добавлением магния и последующие некорневые подкормки сульфатом магния в критические периоды роста и развития растений.

1.1.2 Овес для производства детского, лечебного и диетического питания

Рациональное питание является ключевым фактором для поддержания здоровья человека. Оно зависит от энергетической ценности пищи, сбалансированности рациона по содержанию белков, жиров и углеводов, а также от достатка витаминов и микроэлементов. Одной из ключевых зерновых культур, используемых в производстве продуктов детского и диетического питания, является овес. Белки легко усваиваются организмом и содержат незаменимые аминокислоты. По содержанию лизина и триптофана они значительно превосходят белки ячменя. Жиры в овсе обладают высокой переваримостью и

хорошо усваиваются человеком. Зерна овса богаты органическими соединениями железа, кальция и фосфора, а также содержат большое количество витаминов, особенно группы В, по содержанию которого овес опережает многие зерновые культуры (*Панова П.Ю., 2025*).

Ключевым фактором биологической ценности овса выступает качественный состав белков. В отличие от большинства хлебных злаков, где доминируют проламины с низким содержанием лизина, у овса преобладают глобулины (около 70–80 % общего белка), характеризующиеся повышенной долей незаменимых аминокислот, прежде всего лизина, что и определяет более высокую биологическую ценность овсяного белка по сравнению с пшеницей и кукурузой. Аминокислотный профиль и фракционный состав подтверждают «глобулиновый» тип запасных белков у овса и его нутритивные преимущества среди злаков (*Хиль-Гонсалес А. Б., 2024*).

Белок овса превосходит белок пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, проса по качеству аминокислотного состава, имеет большую биологическую ценность и поэтому принят за мерилу питательности – кормовую единицу (*Полонский В.И., 2019; Андерсон О.Д., 2014*). Он легко усваивается, так как его аминокислотный состав близок к физиологически необходимой норме (эталону) по данным ФАО/ВОЗ, и может использоваться организмом для создания собственных белков (*Анисимова Л.В., 2018*). Таким образом, овёс обеспечивает высокую биологическую ценность среди злаков.

Высокая липидная ценность овса обусловлена увеличенной долей ненасыщенных жирных кислот и общим более высоким уровнем жира по сравнению с другими злаками.

Дополнительно следует отметить, что физиологические эффекты овсяных продуктов в детском, лечебном и диетическом питании в значительной мере связаны с высоким содержанием растворимых пищевых волокон — β -глюканов (около 11 %), которые помогают поддерживать нормальный уровень сахара в крови и сокращать потребность в инсулине, делая овес полезным для больных

сахарным диабетом. Овсяные продукты могут также снижать уровень холестерина, что важно для профилактики сердечнососудистых заболеваний (Чекина М.С., 2016; Белкина Р.И., 2022). Включение овса в рацион может помочь укрепить иммунную систему благодаря наличию антиоксидантов и других полезных веществ. Их гипохолестеринемическое действие официально признано на уровне Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов: для поддержания нормального уровня холестерина ЛПНП необходимо не менее 3 г β -глюканов овса и/или ячменя в сутки. Для снижения постпрандиальной гликемии рекомендовано 4 г β -глюкана на 30 г доступных углеводов в составе приёма пищи (EFSA NDA Panel, 2011).

Таблица 2 – Пищевая ценность овса и продуктов переработки
(по данным Ушакова Т.И., Чирковой Л.В., 2015)

Показатель	Зерно	Крупа	Хлопья	Толокно	Мука
Содержание, %:					
белков	10	12,3	12,3	12,5	13
жиров	6,2	6,1	6,2	6	6,8
углеводов	55,1	59,5	61,8	64,9	64,9
в т.ч. крахмала	53,7	58,2	60,1	62,9	63,5
золы	3,2	2,1	1,7	1,8	1,8
пищевых волокон	12	8	6	4,8	4,5
Массовая доля витаминов, мг %:					
РР	1,5	1,1	1	0,7	1
В1	0,47	0,49	0,45	0,22	0,35
В2	0,12	0,11	0,1	0,06	0,1
Массовая доля минеральных веществ, мг %:					
К	421	362	330	351	280
Са	117	64	52	58	80
Mg	135	116	129	111	110
Na	37	35	20	23	21
Fe	5,5	3,9	3,6	3	3,6

Как видно из данных таблицы 2, при переработке овса наблюдается рост содержания белков, жиров и углеводов во всех продуктах и увеличение их калорийности. В то же время уровень пищевых волокон снижается в 1,5-2 раза, а также уменьшается количество витаминов группы В и минеральных веществ,

которые в основном остаются в отрубях. Сравнивая продукты переработки овса, можно отметить, что мука и хлопья обладают наибольшей калорийностью, тогда как толокно имеет наименьшую. Крупа содержит больше всего витаминов, а толокно — меньше всего. В крупе и хлопьях наблюдается низкое содержание белков, но высокое количество пищевых волокон и минеральных веществ, тогда как мука превосходит другие продукты по содержанию белков, жиров и углеводов (Ушаков Т.И., Чиркова Л.В.; Каширских Е.В., 2019)

Для детских злаковых продуктов критически важны стандарты безопасности и качества (из овса изготавливают продукты для питания детей раннего возраста), поэтому отдельного внимания требует вопрос глютенной безопасности. В соответствии с Регламентом (ЕС) № 828/2014 маркировка «gluten-free» допустима при содержании глютена не более 20 мг/кг, а «very low gluten» — для продуктов, специально обработанных для снижения глютена, при уровне не более 100 мг/кг.

1.1.3 Биологическая ценность зерна овса голозерного

Пищевую ценность зерна определяет не только химический состав, соотношение питательных веществ, но состав, свойства и усвояемость белков. Уровень жизни людей в любой стране оценивается по потреблению белка. По данным ВНИИ питания РАМН за последние 20 лет дефицит пищевого белка в России превысил 1 млн. т. в год. Это свидетельствует о недостаточном обеспечении населения полноценными белковыми продуктами, что может негативно сказываться на здоровье и общем уровне жизни. В связи с этим увеличение производства и потребления белка должно стать приоритетом для государственной политики в области сельского хозяйства.

Голозёрный овёс (*Avena sativa* L. var. *nuda*) — форма культурного овса, характеризующаяся слабым сцеплением цветковых плёнок с зерновкой и «чистым обмолотом» (зерно освобождается от плёнок уже при обмолоте). Отсутствие прочной оболочки обуславливает более высокую долю ядра (крупки) в урожае и меньшую долю неусвояемых структурных углеводов. Но отличается он не только

пониженным содержанием сырой клетчатки за счёт отсутствия плёнок, но и более высокой концентрацией метаболически ценных компонентов. В сравнительных исследованиях установлено, что по отношению к плёнчатому зерно голозёрного овса содержит больше сырого протеина и жира, при существенно меньшем уровне клетчатки, что повышает энергетическую ценность и усвояемость питательных веществ. Эти особенности подтверждают технологическое преимущество голозёрного овса для пищевых продуктов и специализированных рационов (*Biel W. и др., 2014*).

Исследования как отечественных, так и зарубежных ученых подтвердили преимущества применения голозёрного овса в пищевой промышленности. У традиционных (плёнчатых) сортов овса значительная доля массы приходится на цветочные оболочки (в среднем 20–30% зерновки), богатые лигноцеллюлозой и малоперевариваемыми полисахаридами; поэтому зерно овса характеризуется повышенным уровнем структурных углеводов и сравнительно меньшей питательной ценностью для высокопродуктивных животных, особенно молодняка. Удаление оболочек (шелушение) снижает долю клетчатки и повышает энергетическую ценность, хотя требует дополнительной технологической операции (*Лана В.В., 2010*). В этой связи, появился особый интерес к голозерному овсу, который хотя несколько и уступает пленчатому в урожайности, имеет более высокие натуру и качество зерна. При этом, отсутствие пленок позволяет существенно уменьшить затраты на шелушение и утилизацию отходов (*Кабашов А.Д., 2019; Singh R., 2013; Бетин А.Н., 2010*).

Исходя из вышеизложенного, голозёрный овёс сочетает благоприятный аминокислотный профиль «глобулинового» типа, более высокие уровни протеина и липидов и технологические преимущества (меньше неусвояемой клетчатки, лучшие выходы фракций), при сохранении ключевых функциональных компонентов овса — β -глюканов и фенольных веществ (в т.ч. авенантрамидов). Это обосновывает его приоритетное использование в специализированных

продуктах питания и подтверждает высокую биологическую ценность по сравнению с плёнчатыми формами и рядом.

1.2 Роль магния и серы при возделывании овса

Применение магния и серы при возделывании овса является важным дополнением к внесению азотных, фосфорных и калийных удобрений, особенно на фоне их отрицательного баланса в земледелии. Положительное влияние магний- и серосодержащих удобрений отмечено не только на почвах, бедных этими элементами, таких как дерново-подзолистые и серые лесные, но и на чернозёмах. В Российской Федерации 47,4% почв относятся к низко- и среднеобеспеченным магнием, а половина от них расположена в Нечерноземной зоне (*Аристархов А.Н., 2002*). Обменным магнием бедны кислые подзолистые и дерново-подзолистые почвы, торфяные почвы, красноземы (*Шильников И.А., 2009*). К низкообеспеченным серой относят большинство почв, которые составляют около 25% всех сельскохозяйственных угодий страны (*Шеуджен А.Х., 2006*).

1.2.1 Магний: физиологические функции и значение для продуктивности

Одним из основных элементов, наиболее необходимых растениям, является магний. По содержанию в растениях он занимает четвёртое место после калия, азота и кальция и встречается в природе в большом количестве, что подтверждается его содержанием в 2,0% по шкале Кларка (*Медведев С.С., 2012; Шеуджен А.Х., 2015*).

Играя ключевую роль в различных физиологических процессах, магний оказывает непосредственное влияние на урожайность культуры и качество получаемой продукции.

Фотосинтез и синтез углеводов. Магний является центральным атомом в молекуле хлорофилла, что делает его незаменимым для процесса фотосинтеза. Высокий уровень хлорофилла способствует более эффективному поглощению солнечного света и производству энергии, что в свою очередь увеличивает рост

растений и их продуктивность за счет синтеза сахаров, которые в дальнейшем участвуют в образовании углеводов, таких как крахмал или целлюлоза (*Медведев С.С., 2012; Sakmak I., 2010*).

Развитие корневой системы. Сахар и другие углеводы, которые необходимы для развития корневой системы, вследствие недостатка магния и нарушения транспорта накапливаются в листьях растений, что приводит к угнетению роста корневой системы и уменьшению усвоения питательных веществ из почвенного раствора. Слабая корневая система ограничивает возможность получения влаги из более глубоких слоев почвы, что особенно актуально в период засухи.

Улучшение усвоения других элементов. Магний способствует лучшему усвоению других макро- и микроэлементов, таких как кальций и калий, баланс которых важен для здоровья растений и их способности к устойчивому росту

Устойчивость к засухе и стрессам. Растения с достаточным содержанием магния более устойчивы к различным стрессам, таким как засуха, болезни и вредители. В условиях засухи, сопровождающейся, как правило, высокими температурами и ясной погодой, растения переходят в режим экономии энергии, при этом хлорофилл продолжает ее производить. Такой переизбыток энергии приводит к разрушению важных питательных веществ, таких как белки, углеводы и нуклеиновые кислоты, что может вызвать ожоги на листьях и сделать растения более восприимчивыми к заболеваниям и вредителям и, в конечном итоге, привести к гибели растения. Для борьбы с этим растения используют систему антиоксидантных ферментов, в которой магний очень активно участвует.

Соответственно, применение магнийсодержащих удобрений может привести к повышению урожайности в условиях неблагоприятной окружающей среды.

Устойчивость к алюмотоксичности. В условиях кислых почв повышается содержание подвижных форм алюминия, обладающих фитотоксичностью для сельскохозяйственных культур. При низких значениях pH (солевой вытяжки)

катионы H^+ и Al^{3+} эффективнее вытесняют Mg^{2+} из поглощающего комплекса; магний удерживается слабее, чем обменные K^+ и Ca^{2+} , вследствие чего интенсивнее вымывается. Культурные растения частично нивелируют токсичность Al^{3+} за счёт выделения в ризосферу низкомолекулярных органических кислот, образующих с ним комплексы. После листовых подкормок магнием, как правило, усиливается корневое выделение цитратов, что повышает устойчивость растений к действию ионов алюминия (Рюлике Г., 2012).

Качество продукции. Магний влияет не только на количество урожая, но и на его качество. Например, достаточное количество магния может улучшить вкусовые качества плодов, увеличить содержание полезных веществ, таких как витамины и минералы. По литературным данным, средние прибавки урожая зерновых от внесения магния в различных формах, дозах и сочетаниях составляют 0,2-0,6 т/га (Аристархов А.Н., 2019).

1.2.2 Сера: роль в белковом обмене и регуляции качества зерна

При возделывании овса большое значение имеет не только его урожай, но и качество зерна. Агротехнические методы, такие как соблюдение севооборотов, выбор подходящих предшественников, оптимальные нормы посева, а также применение регуляторов роста и химических средств защиты, способствуют его улучшению. Однако наибольшее влияние на качество сельскохозяйственных культур оказывают минеральные удобрения. Они не только увеличивают урожайность, но и изменяют содержание в растениях важных для человека и животных питательных веществ, а также способствуют накоплению белков, сахаров, жиров, крахмала и других компонентов. Использование удобрений без учета биологических характеристик культур, свойств почвы и климатических условий может негативно сказаться на качестве урожая. Влияние удобрений на состав растений связано с тем, что питательные вещества из них становятся частью основных органических соединений, увеличивая их содержание в собранном урожае (Лана В.В., 2006).

Поскольку овсяное зерно преимущественно перерабатывают на крупу, в меньшей степени используют в мукомольной промышленности и широко применяют как корм, массовая доля белка выступает ключевым показателем его качества. При этом подавляющая часть азота зерна связана в белках — свыше 90% общего азота приходится именно на белковые формы. (*Плешков Б.П., 1987*).

Присутствие серы в растительных тканях было отмечено ещё в середине XIX века (*Либих, 1859*), а её незаменимая роль в минеральном питании стала очевидной после работ Ю. Сакса и В. Кнопа, внедривших выращивание растений на солевых растворах. Сера входит в состав серосодержащих аминокислот (прежде всего цистеина и метионина) и, следовательно, белков; тиольные группы ($-SH$) и дисульфидные мостики ($-S-S-$) стабилизируют третичную и четвертичную структуру белковых молекул, участвуют в формировании активных центров ферментов и взаимодействии с коферментами и простетическими группами. Так же она входит в состав метионина и цистеина, формируя дисульфидные связи, от которых зависит структура и функциональные свойства белков зерна. В опытах на пшенице установлено, что репродуктивные органы более чувствительны к S-дефициту, чем вегетативные: при недостатке серы уменьшается размер и выполненность зерна, меняется профиль белковых фракций и ухудшаются технологические свойства продукции. (*Алешин Е.П., Алешин Н.Е., 1993; Шеуджен А.Х., 2005*).

В растение сера поступает через корни в форме иона SO_4 , а также поглощается листьями в виде SO_2 из атмосферы. Причем, за счет атмосферы может удовлетворяться более половины потребностей растений в этом элементе. Сера улучшает использование растениями основных элементов питания. Имеется тесная зависимость содержания серы и азота в растениях. Дефицит серы в питательной среде тормозит восстановление и ассимиляцию азота растениями (*Аристархов А.Н., 2007*). Современные исследования подтверждают, что оптимальное S-питание повышает не только урожай, но и показатели качества —

особенно в системах с высоким уровнем азотного питания, где полнота использования N зависит от доступности серы.

При изучении серного питания принципиально важно оценивать метаболизм серы в конкретных условиях, поскольку такая диагностика позволяет обоснованно выбирать дозы серосодержащих удобрений и подбирать виды/сорта с различной отзывчивостью на их внесение, вплоть до вариантов, способных поддерживать продуктивность без дополнительного серного питания. Высшие растения поглощают серу главным образом в виде сульфата (SO_4^{2-}), который затем ассимилируется и вовлекается в первичный и вторичный метаболизм; отсюда обеспеченность культур серой во многом определяется запасами и динамикой подвижных сульфатов в почве. Регулируя поступление серы в растения, можно оказать влияние на количественные и качественные характеристики сельскохозяйственной продукции (*Иванова А.В., 2018; Слюсарев В.Н., 2007*).

По результатам многих исследований, серосодержащие удобрения положительно влияют на качество урожая: повышается содержание белкового азота в зерне колосовых, зернобобовых культур, в семенах рапса, льна; содержание жира в семенах подсолнечника; количество крахмала в клубнях картофеля; увеличивается содержание сахаров в корнях и листьях сахарной свеклы, брюквы, в листьях и корзинках подсолнечника, в плодах томатов. (*Вальников И.У., 1973; Кардиналовская Р.И.; Шкель М.П., 1979; Никитишин В.И., 1983; Кулаковская Т.Н., 1990; Панасин В.И. и др., 1999.*)

Многими исследованиями установлены существенные изменения аминокислотного состава белков зерна пшеницы при внесении серы (*Хоменко А.Д., 1983; Tisdale S.L., 1982 и др.*). Так в полевых опытах Организации научных и промышленных исследований Содружества Наций (CSIRO), проведённых в Австралии, выращивали пшеницу 5-ти сортов при различной обеспеченности серой: 0,10–0,13 % (низкое) и 0,22–0,25 % (достаточное). В этих условиях дефицит серы в почвах обусловил увеличение соотношения N:S в зерне до 20–22

и значительное повышение концентрации аспарагиновой кислоты и аргинина, а содержание других важнейших аминокислот снижалось, особенно метионина и цистина (более чем в два раза). Уменьшение содержания серы в зерне приводило к изменению качественного состава глиадинов, которые являются одним из важнейших компонентов клейковины. При этом значительно уменьшалась доля глиадинов с низкой подвижностью и увеличилась их доля с высокой подвижностью (Wrigley C.W., 1984).

Аналогичные данные получены по яровой пшенице сорта Kleiber на Ротамстедской опытной станции (Великобритания). Максимальные урожаи зерна и сбор сырого протеина отмечены при соотношении N:S в зерне около 15. Зерно с низким содержанием серы характеризовалось соотношением N:S более 15. Количество треонина, лейцина и изолейцина в таком зерне было значительно меньше, а аспарагина больше, чем в зерне с нормальной концентрацией серы. При высоком уровне азотного и низком уровне серного питания содержание метионина и цистина в зерне было меньше в 2 раза (Byers M., Bolton J., 1979).

Многочисленные исследования показывают, что использование серосодержащих удобрений положительно сказывается на урожайности и качестве сельскохозяйственной продукции, в том числе овса (*Шкель М.П., 1979; Beaton J.D., 1971; Platou J.S., Frisch R., 1982*).

Совокупность данных агрохимии, почвоведения и физиологии растений убедительно показывает ключевую роль серы в формировании продуктивности культур. Научно обоснованное и регулярное применение серосодержащих удобрений повышает урожайность и качество продукции, а также улучшает усвоение фосфора, кальция и марганца, тем самым увеличивая эффективность традиционных систем удобрения (NPK) (*Аристархов А.Н., 2016; Иванова А.В., 2018*)

Следовательно, сера является функционально незаменимым элементом минерального питания: несмотря на химическое родство, селен, хотя и может входить в состав органических соединений, не восполняет специфические

физиологические функции серы. Тем не менее, в нашей стране долгое время уделялось недостаточно внимания применению серосодержащих удобрений, поскольку считалось, что потребности растений в сере полностью удовлетворяются за счёт атмосферных источников и присутствия этого элемента в других удобрениях как примеси. Однако в последние годы, с переходом промышленности на производство высококонцентрированных удобрений, не содержащих серы, а также с уменьшением её поступления в атмосферу вследствие снижения выбросов, стало очевидным, что использование серосодержащих агрохимикатов стало крайне необходимым для обеспечения полноценного питания растений. Внесение в почву серы способствует нарастанию массы различных сельскохозяйственных культур, увеличивает в листьях содержание каротина и хлорофилла, повышает интенсивность фотосинтеза и, в конечном счете, обуславливает рост продуктивности и повышение качества сельскохозяйственных растений.

1.3 Предпосылки дефицита Mg и S в дерново-подзолистых почвах

Основным источником **магния** для растений является почва, в которой он представлен различными минералами, такими как оливин, тальк, биотит, авгит, роговая обманка, доломит, магнезит, брусит, монтмориillonит и другими. Также магний содержится в обменных катионах почвенного поглощающего комплекса и ионах почвенного раствора. Небольшая часть магния (1-2% от общего количества) связана с органической фракцией почвы (*Шильников И.А., 2012; Scheffer F., 2010*). Общее содержание MgO в почве варьируется от 0,4% до 4,0% и более, что зависит от состава материнской породы. В почвах, образованных на суглинках и глинах, уровень магния выше, чем в тех, что сформировались на песках.

Тем не менее, общее количество магния в почве является лишь одним из показателей ее потенциального плодородия. Основными источниками магниевого питания для растений являются обменный магний и водорастворимый магний,

находящийся в почвенном растворе, который составляет 0,5-1,0% от общего количества. Содержание этих форм магния в почвах может различаться. Магний в почвенном растворе находится в равновесии с обменно-поглощенным магнием. Обычно 15-25% обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе составляют ионы магния (*Lindsay W.L., 2001*).

Согласно данным М.М. Мазаевой (*Мазаева М.М., 1965*), уровень магния в почве, при котором растения начинают испытывать его нехватку, варьируется для разных культур и зависит от климатических условий. Дефицит магния проявляется в меньшей степени при относительно низких температурах воздуха и почвы, а также при снижении влажности, что приводит к замедлению роста и развития растений. Кроме того, предельное содержание магния в почве может изменяться в зависимости от кислотности, поскольку увеличение количества водородных ионов в почвенном растворе обычно затрудняет усвоение магния растениями.

Дерново-подзолистые почвы характеризуются кислой реакцией, сравнительно низкой насыщенностью основаниями и выраженной элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля, что снижает долю обменного магния в поглощающем комплексе и повышает риск Mg-дефицита у культур. Для этих почв показаны как пространственная неоднородность обеспеченности Mg, так и зависимость катионного состава от исходной кислотности и мелиоративных мероприятий. Многочисленные исследования указывают на бедность обменным магнием кислых подзолистых, дерново-подзолистых, торфяных почв и краснозёмов, что делает магниевое питание лимитирующим звеном продукционного процесса (*Клименко О.Е., 2007; Аканова Н.И. и др., 2021*).

Недостаток магния может возникать не только при неблагоприятных почвенных и погодных условиях, при нарушенной структуре почвы, но и при его избытке, а также при длительном преобладании катионов-антагонистов, таких как калий, кальций, аммоний, алюминий, марганец и железо. Конкуренция с этими

катионами снижает поступление магния в растения. (Romheld V., 2007; Fageria V.D. , 2001).

Кроме того, нейтрализация почвенной кислотности кальциевыми формами известковых материалов (CaCO_3) приводит к нарушению оптимального соотношения катионов Ca^{2+} к Mg^{2+} в почвенном растворе и поглощающем комплексе, уменьшает доступность магния растениям и увеличивает потери элемента из ряда почв (Аканова Н.И., 2001).

По данным Т.Н. Кулаковской, при увеличении содержания обменного магния в супесчаных и песчаных дерново-подзолистых почвах с 1,5 до 6,5 мг-экв/100 г почвы урожай овса возрастают на 24-27% (Кулаковская Т.Н., 1990).

Что касается **серы**, по данным агрохимических обследований, значительная доля пашни в РФ испытывает дефицит ее подвижных форм. На практике, в Нечерноземье сочетание кислотности почвы, вымывания и низкой исходной обеспеченности формирует устойчивый риск S-дефицита, особенно в годы с высокой урожайной нагрузкой.

1.4 Сравнительная характеристика форм магниевых удобрений и обоснование выбора сульфата магния

В условиях дерново-подзолистых почв, где сочетаются кислая реакция среды, сравнительно низкая ёмкость катионного обмена и периодические колебания влагообеспеченности, выбор формы магниевое удобрения определяет не только скорость устранения дефицита Mg, но и устойчивость результата (Трунов, 2012; Смагин и др., 2019). Наиболее оперативный эффект обеспечивает **сульфат магния** (эпсомит, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), который является быстродействующим удобрением и содержит в своем составе 16,35 % оксида магния и 13,0 % серы, а также примесь – хлорид натрия (Магницкий К.П., 1967). Его применение даже в небольших дозах позволяет значительно повысить урожай сельскохозяйственных культур. Применение эпсомита в среднем повышает урожай сельскохозяйственных культур на 20% (Аристархов А.Н., 2018). Благодаря высокой растворимости он быстро высвобождает ионы Mg^{2+} и SO_4^{2-} , хорошо

работает в листовых подкормках и фертигации, не подщелачивает раствор и технологичен в баковых смесях (Biel W, 2014; Marschner, 2012). Именно эпсомит целесообразно применять в критические фазы роста овса (кущение, выход в трубку, начало колошения), когда требуется оперативно поддержать фотосинтез и предотвратить развитие скрытого хлороза (Fageria, 2014; Marschner, 2012). Его слабое место — чувствительность к качеству воды (pH, жёсткость) и погоде: при жаре и низкой влажности рабочие концентрации и время обработки нужно подбирать осторожно (Fernández & Eichert, 2009; Fernández, Sotiropoulos & Brown, 2013).

Если задача состоит в формировании почвенного «фоновое» обеспечения магнием и серой без претензии на мгновенный листовой эффект, предпочтительнее **кизерит** ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Это гранулированный моногидрат сульфата магния со средней растворимостью: он быстрее доломита, но медленнее эпсомита, и рассчитан именно на почвенное внесение (основное или предпосевное). В ризосфере кизерит действует мягко подкисляюще, что на нейтральных и лёгких почвах может улучшать усвоение катионов; при этом для листовых подкормок он не пригоден (Трунов, 2012; Смагин и др., 2019).

Иной агрономический смысл имеет **доломитовая мука** ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Это не «быстрый» источник магния, а инструмент длительной коррекции кислотности и улучшения агрохимических свойств почвы. Низкая растворимость обуславливает медленное, растянутое на сезоны высвобождение Mg, тогда как выраженный известковательный эффект повышает pH, расширяет ёмкость катионного обмена и снижает подвижность токсичного Al^{3+} . На дерново-подзолистых почвах доломит создаёт базу для устойчивого питания культур, но не решает задач срочной ликвидации дефицита: он уместен в системе известкования севооборота, а не в качестве листовой «скорой помощи» (Трунов, 2012; Смагин и др., 2019).

В ряде технологических сценариев полезны растворимые «специальные» формы. **Магний-нитрат** ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) чрезвычайно растворим и эффективен при

корневом и листовом внесении, одновременно поставляя Mg и небольшую дозу нитратного азота — это уместно в ранние/средние фазы вегетации, когда лёгкий азотный импульс сочетается с профилактикой магниевых дефицита (*Fageria, 2014; Marschner, 2012*). Однако на поздних этапах или при избыточном обеспечении азотом такая добавка нежелательна, а экономически магний-нитрат обычно дороже эпсомита (*Barker & Pilbeam, 2015*). Ещё один класс — **магнелиевые хелаты** (например, Mg-EDTA): они стабильны в широком диапазоне pH, эффективно работают в малых дозах и особенно выручают при жёсткой воде или в сложных баковых смесях; их минусы — более высокая цена и отсутствие сопутствующей серы (*Fernández & Eichert, 2009; Barker & Pilbeam, 2015*). Менее подходящими для оперативных задач выглядят **MgO** и карбонатные формы магнезита: их растворение медленное и сильно зависит от кислотности и влаги; в листовых обработках они неприменимы (*Трунов, 2012; Marschner, 2012*). Комбинированные гранулы **лангбейнита/шёнита** ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$) обеспечивают одновременно K, Mg и S, работают как почвенное удобрение и полезны там, где совместный дефицит K и Mg сочетается с потребностью в сере (*Barker & Pilbeam, 2015*).

Таким образом, с учётом конкретных параметров опытного участка (дерново-подзолистые почвы с кислой реакцией, невысокий уровень содержания Mg в почве, потребность в оперативной поддержке фотосинтеза в критические фазы) оптимальной формой для практического применения является **сульфат магния (эпсомит)**. Он обеспечивает быстрое поступление Mg^{2+} и SO_4^{2-} , технологичен в листовых подкормках, совместим с регламентом инсектицидной защиты (при корректном pH 5,5–6,0 и проверке совместимости) и одновременно закрывает потребность в сере, повышая эффективность использования азота.

1.5 Листовое внесение сульфата магния: механизмы и эффект

В посевах зерновых на рубеже выхода в трубку содержание магния в тканях закономерно снижается из-за «эффекта разбавления» при бурном росте

главного стебля и побегов кущения; это отмечается даже при достаточных почвенных запасах. Поступление Mg к корням в основном связано с потоком почвенной влаги (массо-перенос и диффузия), поэтому ранне-летняя засуха ограничивает его приток, ослабляя корнеобразование и закладку урожая. Наиболее оперативная мера — внекорневая (листовая) подкормка солями магния: поглощение через лист идёт быстро и с высокой эффективностью, что позволяет стабилизировать метаболизм и поддержать фотосинтез. Так он в 10,4 раза быстрее усваивается чем калий и в 15 раз быстрее, чем фосфор. (РюликеГ., 2012; Аристархов А.Н., 2018). Благодаря оптимизации питания магнием в растительной продукции увеличивается содержание крахмала, сахара, белка, витамина С, улучшается рост корней и вегетативной массы растений, морозо- и засухоустойчивость, сопротивление растений к ожогам листьев от избытка солнечной радиации и тепловому стрессу, а также на устойчивость к поражению грибковыми заболеваниями, улучшается качество семенного материала — повышается всхожесть и энергия прорастания.

Фолиарное внесение сульфата магния в виде семиводного раствора, содержащего 17% магния и 13% серы, обеспечивает одновременное поступление магния и серы в физиологически доступных формах и является эффективным способом повышения урожайности овса на дерново-подзолистых почвах. Таким образом, совместное поступление Mg и S с листовой подкормкой $MgSO_4$ позволяет одновременно решать две задачи: поддерживать фотосинтез и белковый обмен. Сочетание почвенной кислотности, потенциального дефицита обменного Mg и S на дерново-подзолистых почвах и повышенной потребности культуры в Mg в период генеративного развития образует «окно эффективности» фолиарных обработок. Валидация на злаках и близких культурах указывает на воспроизводимость эффекта по урожайности и качеству, при этом дозы и кратность обработок следует подбирать с учётом фазы развития, погодных условий (ГТК) и уровня базового питания NPK (Потаржицкий, Я. и др., 2022).

Так же в условиях водного стресса некорневое внесение Mg (иногда в комплексе с бором) улучшает водный режим листа, транспирацию и содержание хлорофилла, что транслируется в повышение урожая и массы зерна у пшеницы; при дефиците влаги наибольшую отзывчивость отмечают при обработке в критические фазы органогенеза. Эти результаты прямо указывают на стресс-протекторный потенциал листовой подкормки Mg. (Bani Khalaf Y. и др., 2024.). Листовое поглощение магния реализуется двумя комплементарными маршрутами:

Кутикулярный путь — диффузия гидрофильных ионов через микродомены и поровые структуры кутикулы (так называемые «водные каналы»). Его вклад возрастает при повышенной влажности листовой поверхности и воздуха, когда время существования капли на листе увеличивается (*Fernández & Eichert, 2009; Fernández, Sotiropoulos & Brown, 2013*).

Устьичный путь — поступление раствора через частично открытые устьица; более выражен в периоды умеренной устьичной проводимости (обычно утренние и вечерние часы при оптимальных температуре и влажности), что обеспечивает эффективный транспорт ионов внутрь листа (*Marschner, 2012*).

Таким образом, применение сульфата магния в виде листовой подкормки на дерново-подзолистых почвах способствует повышению урожайности овса за счет улучшения питания растений и их физиологического состояния.

1.5.1 Критические фазы для Mg-подкормок овса и ожидаемый отклик

Потребность овса в элементах питания неодинакова на протяжении вегетации и концентрируется в нескольких «критических окнах», когда дефицит даже одного фактора вызывает непропорциональные потери урожайности и качества.

Кущение (ранняя вегетация). Формируется корневая система, закладывается листовая поверхность, происходит активное кущение. Критичны фосфор (энергетика и корнеобразование), азот (кущение) и калий (водный режим, стрессоустойчивость).

Выход в трубку (интенсивный вегетативный рост). Максимизируются фотосинтез и потребность в транспорте ассимилятов. Повышается спрос на азот и калий; магний становится лимитирующим элементом для поддержания активности фотосинтетического аппарата и ферментных систем, сера — для эффективного использования азота (синтез серосодержащих аминокислот). Это ключевое окно для листовой подкормки $MgSO_4$.

Выметывание → цветение (формирование генеративных органов). Идёт распределение ассимилятов между источником и приёмником, закладываются параметры массы 1000 зёрен и натуры. Оптимальное соотношение N:K снижает риск полегания и поддерживает налив; достаток Mg предотвращает раннее старение листьев и сохраняет площадь активного листа дольше.

Молочная → восковая спелость (налив зерна). Уточняются качественные характеристики зерна (в т.ч. важные для детского и диетического питания). Перекос в пользу позднего внесения азота нежелателен (риск удлинения вегетации и снижения натуры); тогда как поддержанный уровнем магния и серы фотосинтез способствует более ровному наливу и стабильности качества зерна.

Оптимизация сроков листового внесения сульфата магния позволяет согласовать максимум физиологической потребности культуры с наибольшей эффективностью абсорбции (Marschner, 2012; Fageria, 2014).

Таблица 3 – Критические фазы и ожидаемый эффект от листовых подкормок сульфатом магния

Фаза развития	Физиология	Роль листовой подкормки	Ожидаемый отклик
Кущение (ранняя вегетация)	Формирование побегов, закладка листовой поверхности	быстрое устранение скрытого дефицита Mg; поддержка синтеза хлорофилла	более ровное кущение; предпосылки к увеличению числа продуктивных стеблей
Выход в трубку	Интенсивный рост листьев и стебля; пик фотосинтеза	стабилизация фотосинтеза и транспорта ассимилятов; снижение стресс-чувствительности	выше толерантность к кратковременной засухе/похолоданию; база для увеличения массы 1000 зёрен

Начало колошения	Налив и распределение ассимилятов (источник– приёмник)	Поддержка фотосинтетического источника, сглаживание «провалов» активности	Продление жизни листового аппарата; более стабильные масса 1000 зёрен и натура
---------------------	--	--	--

1.6 Пьявица красногрудая (*Ouleta melanopus*) – опасный вредитель овса ярового

Размещение овса ярового рядом с зерновыми культурами, соседство пашни с дикорастущими травами и посевами многолетних трав создают предпосылки для развития и размножения многих видов насекомых-фитофагов, способных наносить существенный ущерб культуре. Уровень вредоносности отдельных видов в комплексе вредителей зерновых зависит от погодных условий конкретного года и может меняться в зависимости от трансформации севооборотов, введения в оборот новых культур, в результате чего численность даже мало вредящих фитофагов может превышать экономические пороги вредоносности (Власов А.Г., 2019).

В весенний период, на ранних стадиях развития овса, отмечается большое видовое разнообразие вредных насекомых, среди которых доминируют внутрестеблевые двукрылые (овсяная шведская муха *Oscinella frit*) и пьявица красногрудая (*Ouleta melanopus*). В группу листогрызущих вредителей, в зависимости от почвенно-климатической зоны, могут также входить пьявица синяя (*Ouleta lichensis*), виды пьявиц *O. septentrionis*, *O. suvorovi*. и др. (Орлов В.Н., 2006).

В последние годы в посевах овса ярового отмечается ухудшение фитосанитарной обстановки, связанное с биологическими, технологическими и токсикологическими факторами. Согласно ежегодным прогнозам Россельхозцентра в Смоленской области, одним из наиболее важных вредителей в посевах овса является пьявица красногрудая (Прогноз Россельхозцентра 2022-2025 г.).



Рис. 2 Имаго и личинка пьявицы¹



Рис. 3 Повреждение посевов пьявицей²

Пьявица красногрудая (*Ouleta melanopus*), один из наиболее опасных вредителей яровых злаков в Нечерноземье, относится к семейству жуков-листоедов (*Chrysomelidae*) отряда Жесткокрылых (*Coleoptera*).

¹⁻²Иллюстративный материал заимствован из общедоступных ресурсов интернета, не содержащих указаний на авторов этих материалов и каких-либо ограничений для их заимствования

Вид распространен в европейской части России, на Кавказе, в Средней Азии, в Сибири, в Приморье. Ареал вредителя охватывает Западную Европу, Малую Азию, Монголию и Северную Африку.

Продолговатый жук длиной 4-5 мм, переднеспинка и ноги красно-желтые; голова и лапки черные; усики черные, двусторонние, пильчатые; надкрылья зеленовато-синие с продольными рядками крупных точек. Яйцо удлинено-овальное, янтарно-желтого цвета. Личинка с тремя парами ног и темной головой; только что отродившаяся личинка светло-желтая и вскоре покрывается желто-бурой слизью, которая служит защитой от непогоды и врагов; тело посередине утолщенное, горбатое. Куколка белая, длиной 4-5 мм, в кубышко-образном коконе. Зимуют не половозрелые имаго в почве. С наступлением тепла они выходят на поверхность и перемещаются на посевы овса и ячменя, где питаются листьями, выедая сквозные продольные отверстия. На листья этих культур самки откладывают по 3-7 яиц в виде цепочки. Плодовитость до 200 яиц. Эмбриональное развитие продолжается около 14 дней. Личинки пьявицы сильно повреждают яровые (ячмень и овес), в меньшей степени - твердые сорта пшеницы и слабо - мягкие. Личинки проходят четыре возраста и питаются на листьях злаков, выскабливая мезофилл и не затрагивая жилки, из-за чего на пластинках формируются продольные белесоватые «окна»; при массовом развитии повреждения сливаются, листья белеют и засыхают, что ведёт к снижению урожайности. По завершении 2-3-недельного питания личинки уходят в верхний слой почвы (около 2-3 см), где в земляной колыбельке окукливаются; через 10-14 дней выходят жуки (обычно конец мая—июнь), продолжающие питаться на посевах. Период вредоносности в посевах приходится с фазы кущения до начала колошения.

Критический урон пьявицей посевам может быть нанесён, если повреждается флаговый лист или если растения попадают в засуху. В этом случае резко уменьшается и урожай, и масса 1000 зёрен.

Экономический порог вредоносности пьявицы зависит от типа злака. Так, для озимой пшеницы он наступает если в фазу кущения на 1 м² насчитывается 40-50 жуков, а в фазу выхода в трубку и колошения – 0,5 личинок на стебель или 10-15% повреждения листовой поверхности; для яровой пшеницы – 10-12 жуков на 1 м² в фазу кущения и 0,5-0,7 личинок на стебель или 10-15 % повреждения листовой поверхности в фазу выхода в трубку и колошения; для ячменя – 8-10 жуков на 1 м² в фазу кущения и 0,5-1 личинка на стебель в фазу выхода в трубку; для овса – 10-12 жуков на 1 м² в фазу кущения и 0,5-1 личинка на стебель в фазе выхода в трубку (Орлов В.Н., 2006; Верещагин Л.Н., 2001; Поляков И.Я. 1984).

Таким образом, повреждение листьев в период формирования репродуктивных органов приводит к снижению интенсивности фотосинтеза, нарушению наливания зерна и, как следствие, к уменьшению массы 1000 зёрен и натуре. Риск критических потерь возрастает при засухе, когда даже умеренное объедание листьев резко снижает продуктивность, вплоть до неполного колошения отдельных растений.

1.7 Химические средства защиты овса от вредителей

Для достижения максимальной продуктивности существующих сортов овса необходима интенсификация технологии их возделывания. Ключевым аспектом этого процесса является обеспечение сохранности урожая путем снижения потерь от вредителей, которые могут составлять до 30% во время вегетации и более 10% после уборки урожая (Власова А.Г., 2019; Sanchis V., 2011).

Химические инсектициды имеют преимущество по сравнению с биологическими препаратами благодаря возможности их быстрого применения в период массового размножения насекомых-вредителей (Долженко В.И., 2001).

За последние годы значительно увеличился ассортимент применяемых инсектицидов, которые характеризуются различными механизмами действия (фосфорорганические соединения, карбаматы, синтетические пиретроиды, неоникотиноиды, диамины, фенилпиразолы, авермектины и пр.). Большинство

современных инсектицидов воздействуют на нервную систему насекомого, препятствуя прохождению нервного импульса.

На сегодняшний день Международным комитетом по резистентности инсектицидов (IRAC) выделено 4 категории инсектицидов по действию на насекомых:

- инсектициды, действующие на нервные и мышечные процессы (около 90% всех препаратов);
- инсектициды, действующие на рост и развитие насекомых;
- инсектициды респираторного действия (дыхательный метаболизм и энергетический обмен);
- инсектициды, разрушающие целостность кишечника (биопрепараты)

На момент закладки опыта ассортимент инсектицидов для защиты овса от вредителей насчитывал 17 различных действующих веществ, относящихся к группам фосфорорганических соединений, пиретроидов, неоникотиноидов и диаминов (*Государственный каталог пестицидов агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2022 г.*)

Одна из широко применяемых групп – фосфорорганические соединения (ФОС) – препараты на основе диметоата, хлорпирифоса, малатиона, пиримифос-метила, диазинона и др. Они вызывают быструю гибель вредителей, нарушая передачу нервного импульса, обладают контактно-кишечным (некоторые – и системным) инсектицидно-акарицидным действием (*Попова Л.М., 2009*).

Недостатком ФОС, как других пестицидов, является появление резистентных популяций и высокая острая токсичность для млекопитающих, что требует соблюдения соответствующих мер предосторожности при их использовании. Они обладают высокой биологической активностью и межвидовой избирательностью, обусловленной особенностями метаболизма организмов. Их воздействие на биосферу не ограничивается прямой токсичностью: в абиотической среде и в живых системах они проходят многочисленные биохимические и химические превращения. Разложение нередко

ведёт к детоксикации, однако для фосфорорганических соединений характерна метаболическая биоактивация («летальный синтез»): тиопроизводные с фрагментом $P=S$ превращаются в соответствующие оксоны ($P=O$) — более сильные антихолинэстеразные ингибиторы. Этот путь токсификации последовательно показан, в частности, для тиофоса, метафоса, фосфамида, метатиона и ряда других ФОС (Fukuto T.R., 1990; Чернова B.B., 2020).

1.7.1 Химическая и экотоксикологическая характеристика диметоата

Диметоат – фосфорорганический пестицид, обладающий инсектицидной и акарицидной активностью, разработанный в США в 1950-х годах. Обладает контактно-кишечным и системным действием. По классификации IRAC, диметоат относят к группе ингибиторов ацетилхолинэстеразы (АХЭ).

На насекомых диметоат действует как при поедании растений или высасывании сока, так и при непосредственном контакте с покровами. Диметоат проникает в растения через корневую систему и надземные органы, распространяется по тканям растения восходящими и нисходящими токами, что делает их токсичными для листогрызущих и сосущих вредителей (Попова Л.М., 2009).

После обработки у насекомых и клещей резко падает активность ацетилхолинэстеразы, что приводит к гибели вредителей вследствие паралича мышц. Признаки отравления проявляются быстро. Гибель вредителей наблюдается в течение первых часов после контакта с инсектицидом. Период защитного действия составляет от 14 до 28 суток (Белошапкина О.О., 2017).

Физико-химические свойства

Диметоат представляет собой бесцветные кристаллы, полученные при взаимодействии солей диметилдитиофосфорной кислоты с N-метилхлорацетамидом в водной среде или по реакции O,O-диметил-S - (алкоксикарбонилметил) дитиофосфата при низкой температуре с водным метиламином.

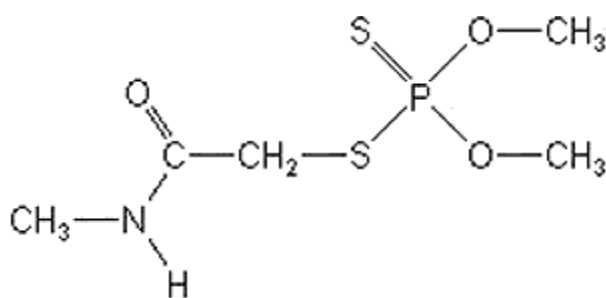


Рис. 4 Структура молекулы диметоата
О,О-диметил-S-метилкарбамоилметил фосфородитиоат (IUPAC)

Температура плавления 50°C, растворим (при 20 °C) в большинстве органических растворителях - спиртах, кетонах, бензоле, толуоле, хлороформе, дихлорметане > 300 г/кг, в воде 23,3 г/л (pH 5-7), 25 г/л (pH 9). В кислой среде (pH 1–5) диметоат устойчив к гидролизу, в щелочной быстро разлагается. Термически неустойчив и при нагревании изомеризуется (Попова Л.М., 2009; Шорохов М.Н., 2014).

Диметоат относится к умеренно опасным веществам по острой пероральной токсичности (LD50 для крыс – 387 мг/кг, для мышей 160 мг/кг, для кроликов 300 мг/кг) и к малоопасным веществам по дермальной токсичности (LD50 для крыс более 2000 мг/кг), но к опасным веществам по ингаляционной токсичности (LD50 для крыс (4 часа) – 1600 мг/м³ воздуха). Препараты на основе диметоата имеют 3 класс опасности для человека и 1 класс опасности для пчел (СанПиН 1.2.3685-21; Государственный каталог пестицидов, 2025).

Период полураспада диметоата в зависимости от растения и времени года составляет 2–5 дней. Препараты имеют слабо выраженное кумулятивное и выраженное кожно-резорбтивное действия. Диметоат не является мутагенным веществом для лабораторных животных, но признан экспертами ВОЗ мутагеном для бактерий. Также для лабораторных животных не установлено выраженного эмбриотоксического или тератогенного действия (Мельников Н.Н., 1980; Белов Д.А., 2003, Юрченко В.В., 2005; Шорохов М.Н., 2014).

При применении диметоата строго по утверждённым регламентам фитотоксичность, как правило, не проявляется, а возделываемые культуры демонстрируют достаточную толерантность. Риск формирования резистентности

при соблюдении норм минимален, однако для её профилактики препарат следует использовать в ротации с инсектицидами других химических классов и механизмов действия в составе программ интегрированной защиты растений.

При повышенных температурах диметоат термически нестабилен и быстро разлагается с образованием ряда тиофосфорных производных; кроме того, в окислительных условиях возможна десульфурация до ометоата — более токсичного аналога. В воде фотолитиз выражен слабо, а основным путём утраты исходного вещества служит гидролиз, скорость которого резко возрастает при повышении pH (ориентировочно: при 25 °C $t_{1/2} \approx 156$ суток при pH 5; 68 суток при pH 7; 4,4 суток при pH 9). В присутствии ионов переходных металлов или минеральных оксидных поверхностей возможны комплексообразование и адсорбция, способные как ускорять, так и тормозить гидролиз органофосфатов, что изменяет их устойчивость в среде. В растениях образуется метаболит диметоата — ометоат, который относится к чрезвычайно опасным веществам по острой пероральной токсичности (LD_{50} для крыс — 50 мг/кг), к опасным веществам по дермальной токсичности (LD_{50} для крыс - 145 мг/кг) (*Dannenberg A., 1998; Andreozzi R., 2009*).

По данным Государственного каталога пестицидов и агрохимикатов Минсельхоза РФ (редакция 2025 г.), в настоящее время на территории Российской Федерации на основе диметоата зарегистрирован 21 препарат для защиты зерновых (пшеницы, ржи, овса, ячменя) от комплекса вредителей (хлебная жужелица, вредная черепашка, пьявица, внутривеблевые мухи, тли, трипсы) и целого спектра садовых, овощных, зернобобовых и иных культур.

Основными недостатками этих инсектицидов являются относительно высокие нормы применения и высокая токсичность для пчел, энтомофагов, животных, человека. Тем не менее, ФОС по объему применения многие годы занимают одно из ведущих мест (*Каракотов С.Д., 2006*)

1.7.2 Биологическая эффективность препаратов на основе диметоата

По данным ВИЗР препараты с д.в. диметоат обладают высокой активностью в подавлении развития вредителей на различных культурах. В связи с этим настоящее время актуальным вопросом является разработка регламентов применения препаратов с д.в. диметоат на зерновых культурах.

Так, в Ростовской области в исследованиях на пшенице в борьбе с вредной черепашкой эффективность препарата в норме расхода 1,5 л/га на 3 - 7 - 14 сутки после обработки составляла 93,0 - 100 - 100 %; в борьбе с хлебной жужелицей эффективность препарата по снижению численности личинок составляла осенью 93,3 - 96,6 % (1,0 л/га) и 77,8 - 99,1 % (1,5 л/га), весной - 80 % и 100 % соответственно; по снижению поврежденности растений осенью - 66,1 - 69,0 % (1,0 л/га) и 66,6 - 72,1 % (1,5 л/га), весной - 98,6 % и 99,7 % соответственно (Степанов А.А., 2003).

Согласно экспертному заключению ВИЗР результатов регистрационных испытаний по разработке биологических регламентов использования препаратов на основе диметоата, которые были проведены сетью токсикологических лабораторий ВИЗР в 2012-2018 гг., он обладает высокой активностью в подавлении развития вредителей на различных культурах.

Так, на зерновых (Воронежская, Самарская, Астраханская области) в борьбе с комплексом вредителей в норме расхода 1,0-1,5 л/га эффективность составляла 77 - 90 %.

Таким образом, совокупность представленных данных ВИЗР и региональных полевых испытаний подтверждает высокую и воспроизводимую эффективность препаратов на основе диметоата против ключевых вредителей злаков. Эти результаты обосновывают целесообразность разработки и уточнения регламентов применения диметоата на зерновых культурах (в т.ч. овсе) с привязкой к экономическим порогам вредоносности и фазам развития растений, а также интеграцию препаратов диметоата в системы интегрированной защиты с

обязательным соблюдением действующих нормативов безопасности и региональной адаптацией сроков обработок.

1.8. Совместимость диметоата и сульфата магния при совместном применении

Ключевой технологический момент при совместном применении диметоата и сульфата магния — pH раствора. Для диметоата хорошо известна щелочная нестабильность, следовательно, использование воды с повышенным pH или компонентов, подщелачивающих смесь, может резко снизить инсектицидную активность. Растворы $MgSO_4$ (эпсомит) в технологических концентрациях обычно нейтральные или слабокислые и не сдвигают pH в щелочную сторону, однако исходная вода часто имеет pH 7,5–8,5, поэтому важно корректировать pH воды до 5,5–6,0 кислотным буфером до внесения действующих веществ, но снижение pH ниже 4,5 может повышать риск фитотоксичности и это тоже нужно учитывать. Обязательно проведение теста на совместимость, во время которого компоненты вводят в определенной технологической последовательности: вода → кондиционер воды → растворимые удобрения → КЭ инсектицида при включённой мешалке.

Высокая жёсткость (Ca^{2+} , $Mg^{2+} > 150\text{--}200$ мг/л в пересчёте на $CaCO_3$) ухудшает растворимость некоторых пестицидов и солей, ускоряет флокуляцию и образование осадков. Хотя диметоат менее чувствителен к катионам, чем, например, глифосат, стабильность смеси и равномерность распыла при жёсткой воде заметно хуже.

Заключение по обзору литературы

Изучение современной научной литературы, посвящённой вопросам выращивания голозёрных форм овса, демонстрирует значительный прогресс в понимании их морфологических, физиологических и технологических особенностей. В работах последних лет подробно рассмотрены агротехнические приёмы, направленные на повышение урожайности и качества зерна, включая оптимизацию минерального питания и защиту растений от вредителей.

Эффективность применения инсектицида диметоата для защиты овса от комплекса вредителей также подтверждена в ряде исследований. Вместе с тем, анализ опубликованных данных выявляет ряд недостаточно изученных аспектов, требующих дальнейшего глубокого исследования для комплексного совершенствования технологий производства овса:

- ***Взаимодействие сульфата магния и диметоата.*** Несмотря на отдельные данные о положительном влиянии листовых подкормок сульфатом магния на устойчивость растений к стрессам, механизмы влияния совместного применения с инсектицидами, в частности диметоатом, на физиологию овса и остаточные количества пестицидов в зерне изучены слабо. Это важно для обеспечения безопасности продукции и оптимизации регламентов применения.

- ***Экологические аспекты применения пестицидов в сочетании с минеральными удобрениями.*** Для комплексного повышения эффективности и безопасности производства необходимо проведение исследований по взаимодействию сульфата магния и диметоата на физиологическом уровне, а также оценка остаточных количеств пестицидов в конечной продукции.

Глава 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Агроклиматические условия и почвенная характеристика полевого опыта

Полевой опыт по изучению влияния совместного применения баковой смеси сульфата магния и диметоата на урожайность и качество зерна овса был заложен в Глинковском районе Смоленской области в 2022 – 2024 гг. на дерново-подзолистых почвах.

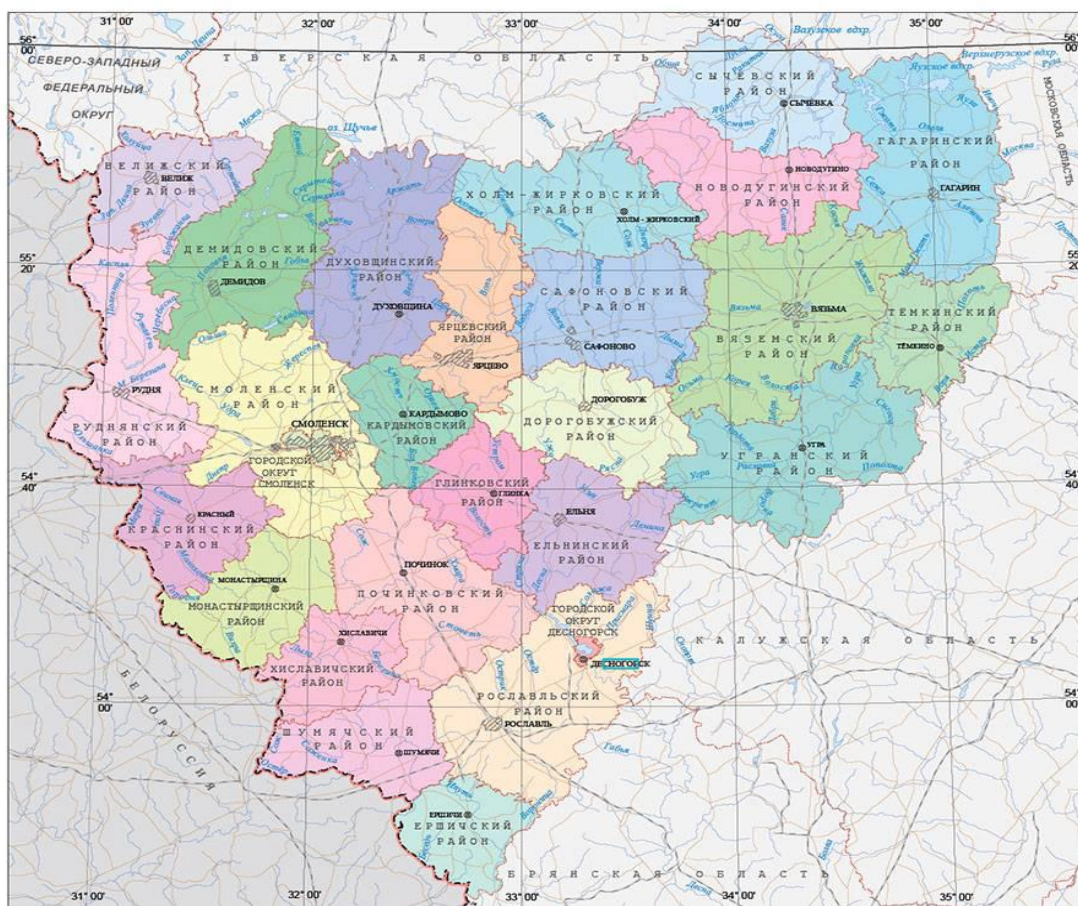


Рис. 5 Административная карта Смоленской области

Метеоусловия

Агрометеорологические показатели играют важную роль в формировании урожая овса. Так по данным Михеева Е.В. урожайность и качество овса на 55% зависит от гидротермических условий вегетационного периода (Кузьминых А.Н., 2023).

Смоленская область расположена в пределах Восточно-Европейской равнины, где климат формируется под влиянием атлантических воздушных масс, создающих умеренно-континентальные условия. Климат региона умеренно континентальный: лето сравнительно тёплое (средняя температура июля $\approx +17$ °C), зима умеренно холодная (январь в среднем ≈ -9 °C). Вегетационный период, определяемый по весенне-осеннему переходу среднесуточной температуры через 5 °C, длится около 170–180 суток; период со среднесуточной температурой выше 0 °C — 213–224 суток. Средняя продолжительность безморозного интервала составляет 125–148 дней (*Агроклиматические ресурсы, 1970*).

Преобладают ветры западного, юго-западного и южного направлений. Среднемесячные значения скорости ветра составляют в тёплый период - 3-4 м/с, в холодный - 4-5 м/с.

Заморозки — одно из ключевых агрометеорологических ограничений для Смоленской области. Средняя продолжительность безморозного периода по региону составляет ~125–148 суток, что задаёт рамки для сроков сева и критических фаз роста культур. Внутриобластные контрасты существенны: в понижениях рельефа заморозки повторяются чаще и бывают интенсивнее, чем на приподнятых участках. Как правило, весенние заморозки прекращаются в первой декаде мая, однако по отдельным годам эпизоды отрицательных температур отмечаются и позже (пример: сообщения о слабых заморозках до -2 °C в середине мая 2025 г.). Таким образом сельскохозяйственная практика в регионе требует учёта вероятности поздневесенних и раннеосенних заморозков при планировании сроков посева, подборе сортов и организации противоморозных мероприятий. (*Природа Смоленской области, 2001*).

По обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой территория области относится к избыточно увлажненной. Годовая сумма атмосферных осадков в регионе велика и колеблется в пределах 530–650 мм: западные районы получают в среднем 600–650 мм, восточные — 530–600 мм. Наибольшая доля осадков приходится на лето (около 40 % годовой нормы), наименьшая — на весну

(~14 %). Межгодовая изменчивость выражена: в особо влажные годы фиксируют до 850–950 мм и более, в засушливые — 350–400 мм; аналогичные колебания характерны и для отдельных месяцев. Число дней с осадками составляет 175–215 в год. В целом Смоленская область относится к зоне значительного, преимущественно избыточного увлажнения почв (*Ратников Р.Н., 2005*).

Несмотря на то, что сумма активных температур близка к 2000 °С, что вполне достаточно для созревания различных сельскохозяйственных культур умеренной зоны, большое количество осадков в период вегетации и высокая вероятность весенних заморозков (даже в летние месяцы), делают Смоленскую область зоной рискованного земледелия.

Агрометеорологические условия вегетационного периода в годы исследований характеризовали по двум индикаторам — среднемесячной температуре воздуха и сумме месячных осадков (табл. 5). Полученные значения сопоставляли со средними многолетними (нормой), рассчитанными по ряду метеонаблюдений за 1945–2024 гг. Данные по многолетним наблюдениям для расчета брали на справочно-информационном портале «Погода и климат» (Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>, дата обращения 12.09.2024 г.), а показатели вегетационного периода 2022-2024 гг. — по данным Гидрометцентра России (Режим доступа: <https://meteoinfo.ru>, дата обращения 12.09.2024 г.). Наблюдаемый погодный фон характеризовался устойчивым потеплением относительно среднемноголетних значений летом и контрастным распределением осадков по годам (рис. 6,7).

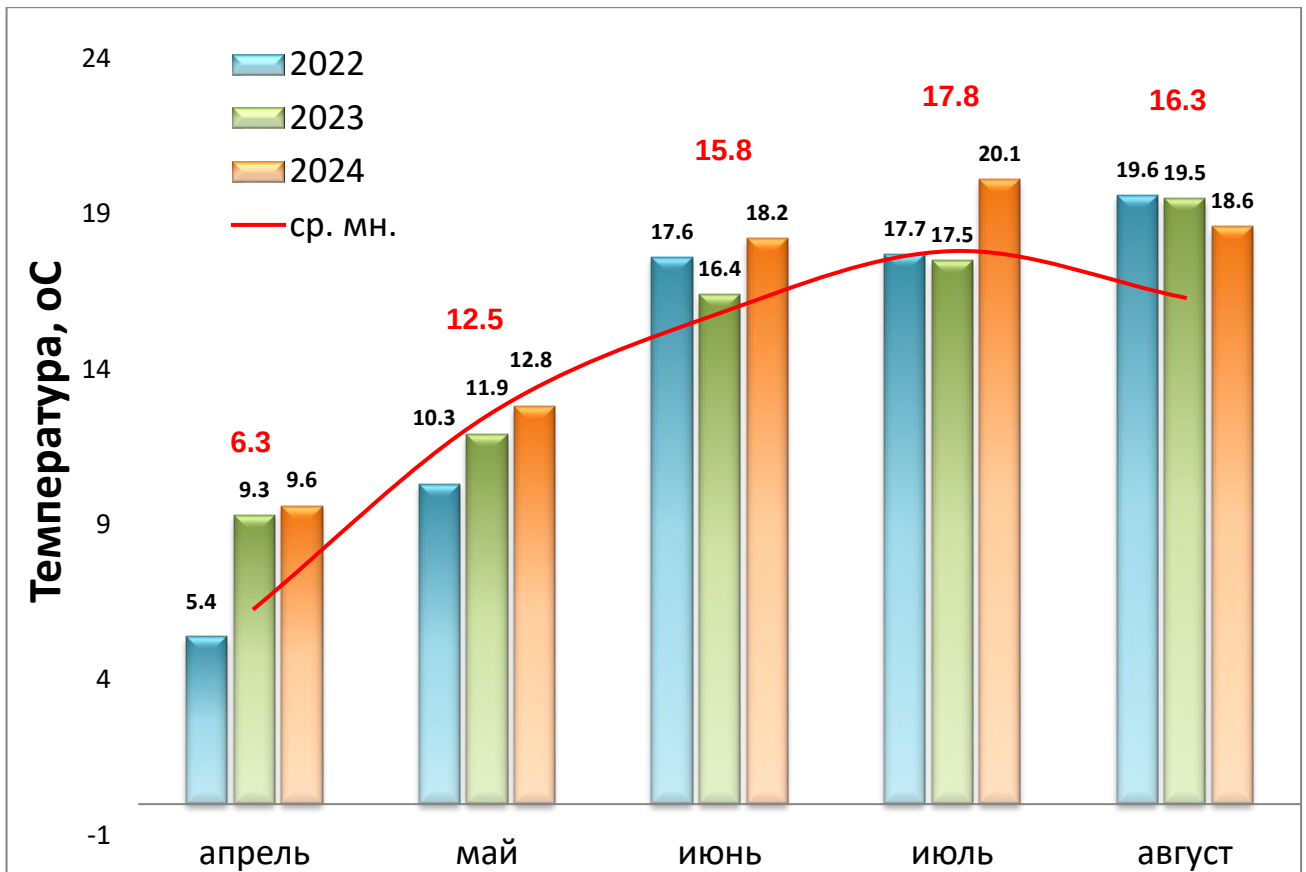


Рис. 6 Среднемесячная температура вегетационного периода 2022-2024гг.

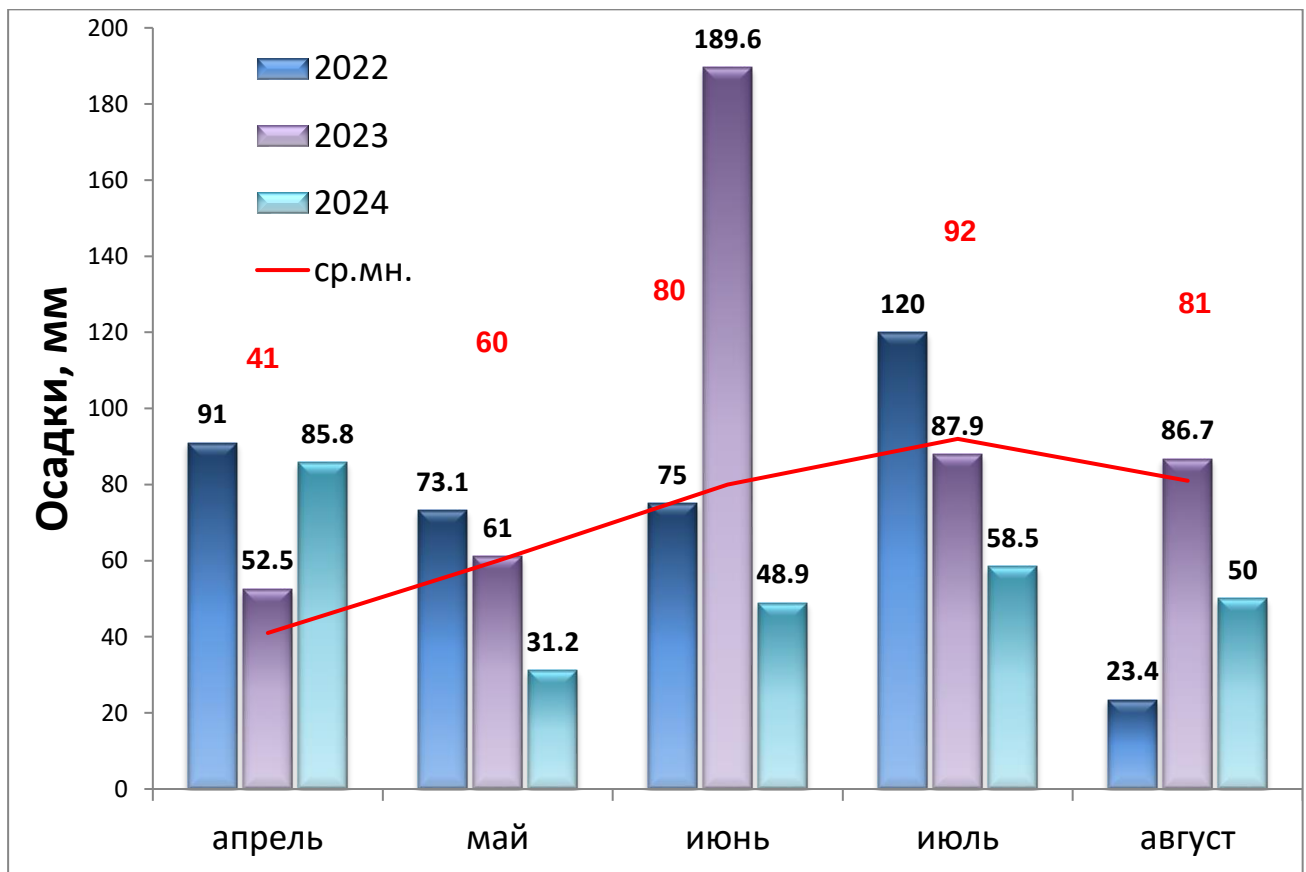


Рис. 7 Сумма осадков по месяцам вегетационного периода 2022-2024 гг.

Уровень влагообеспеченности территории оценивали по гидротермическому коэффициенту Селянинова (табл. 4), рассчитанному по сумме осадков и сумме активных температур за вегетационный период (апрель–июль):

$$\text{ГТК} = 10 \cdot P / \Sigma t_{\geq 10},$$

где P — сумма осадков, мм; $\Sigma t_{\geq 10}$ — сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°C , $^\circ\text{C}$.

Полученные значения использовали для сопоставления условий увлажнения по годам относительно многолетней нормы.

Таблица 4 – Гидротермический коэффициент вегетационного периода

Год исследования	Вегетационный период			В среднем за вегетационный период
	май	июнь	июль	
2022	2,29	1,42	2,19	1,97
2023	1,65	3,85	1,62	2,38
2024	0,79	0,90	0,94	0,87
Среднемноголетний	1,55	1,68	1,66	1,63

В среднем значении самым высоким показателем ГТК характеризуется вегетационный период 2023 г., а самым низким – 2024г.

Таким образом, в годы проведения исследования температура вегетационного периода практически совпадала со средними многолетними значениями, а количество осадков значительно варьировалось, что в значительной степени повлияло на урожайность овса. Вегетационный сезон 2023 г. сочетал риски переувлажнения в активный период роста (особенно в июне), что повышало вероятность полегания и вымывания элементов питания; 2024 г. формировался под воздействием устойчивого дефицита влаги начиная с мая на фоне повышенных температур — условия водо- и теплового стресса, ускоряющие прохождение фаз и сокращающие период налива; 2022 г. при достаточном увлажнении до июля завершился августовской засухой.

Таблица 5 – Метеорологические показатели вегетационного периода в годы проведения исследования (2022-2024 гг.)

Основные показатели	Месяцы, декады																	
	март			апрель			май			июнь			июль			август		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2022 год																		
Температура воздуха, °С																		
а) средняя	-0,5			5,4			10,3			17,6			17,7			19,6		
б) по декадам	-3,2	-0,8	2,4	2,4	6,1	7,6	9,1	10,5	11,3	17,1	16	19,7	19,6	15,4	18,2	19,1	19,9	19,7
Осадки, мм																		
а) сумма	5,7			91,0			73,1			75,0			120,0			23,4		
б) по декадам	0,3	0	5,4	34	34	23	3,3	42	27,8	13	39	23	26	72	22	19	4,4	-
2023 год																		
Температура воздуха, °С																		
а) средняя	0,9			9,3			11,9			16,4			17,5			19,5		
б) по декадам	-2,6	1,1	4,3	7,2	10,1	10,7	6,7	14,8	14,1	13,7	18,1	17,5	18,3	16,9	17,2	20,3	19,9	18,3
Осадки, мм																		
а) сумма	87			52,5			61			189,6			87,9			86,7		
б) по декадам	20	21	46	22	17,5	13	13	21	27	50	136	3,6	19	36	32,9	22	56	8,7
2024 год																		
Температура воздуха, °С																		
а) средняя	2,2			9,6			12,8			18,2			20,1			18,6		
б) по декадам	-0,6	1	6,1	11,3	8,1	9,5	9	11,4	18,1	17,5	17,7	19,4	20,1	21,9	18,4	17,3	17,7	20,7
Осадки, мм																		
а) сумма	27,3			85,8			31,2			48,9			58,5			50,0		
б) по декадам	9,2	7,1	11	7,8	48	30	6	9,2	16	11,2	18,7	19	19	14	25,5	26	24	-

Почвенная характеристика

Смоленская область относится к Нечерноземной зоне Российской Федерации, расположена в подзоне южной тайги таежно-лесной зоны, основным типом почв здесь является подзолистый (88%), который в свою очередь подразделяется на 2 подтипа: дерново-подзолистые (83%) и подзолистые (5 %). Дерново-подзолистые почвы развиты в основном на покровных лессовидных суглинках (около 70 %) и моренных суглинках (около 7 %), на водно-ледниковых и древнеаллювиальных супесях и песках (около 5 %), а также на двухчленных наносах.

В 2022 году перед закладкой опыта было проведено агрохимическое обследование с уточнением основных показателей почвенного плодородия (табл. 6). Почвенные образцы были отобраны из 4-х прикопок, заложенных по периметру поля (ГОСТ Р 58595-2019). В отобранных образцах определяли:

- содержание гумуса (по Тюрину) ГОСТ 26213-2021;
- pH_{KCl} (ГОСТ 26483-85);
- гидролитическую кислотность по методу Гильковица в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-2021);
- сумму обменных оснований по методу Каппена – Гильковица (ГОСТ 27821-88);
- степень насыщенности основаниями и ЕКО – расчетным методом;
- содержания подвижного фосфора и обменного калия по методу Кирсанова (ГОСТ 54650-2011);
- содержание обменных СаО и MgO (вытяжка NaCl) методом ЦИНАО (ГОСТ 26487-85);
- содержание подвижной серы методом ЦИНАО (ГОСТ 26490-85).

Таблица 6 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (Смоленская область, Глинковский район)

Почва	гумус, %	рН _{KCl}	Нг	S	ЕКО	V, %	K	P	S	CaO	MgO
			мг-экв/100г				мг/кг			мг-экв/100 г	
П ^д Сс	1,7	5,3	2,27	13,1	15,37	85,2	83,6	115,3	4,7	3,2	1,23

Агрохимическая характеристика опытного участка свидетельствует о том, что почва представлена дерново-подзолистой среднесуглинистой разновидностью с низким содержанием органического вещества (гумус — 1,7 %), что, согласно общепринятой классификации, позволяет отнести её к разряду малогумусных. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН_{KCl} = 5,3), при гидролитической кислотности 2,27 мг-экв/100 г и ёмкости катионного обмена 15,37 мг-экв/100 г. Степень насыщенности основаниями (85,2 %) характеризуется как высокая, что свидетельствует о благоприятной структурно-агрохимической организации почвенного поглощающего комплекса при общей кислой реакции среды.

Обеспеченность почвы подвижными формами элементов питания дифференцируется следующим образом: содержание подвижного фосфора (115,3 мг/кг) оценивается как повышенное, калия (83,6 мг/кг) — на уровне средней обеспеченности. В составе обменных катионов отмечаются умеренные запасы кальция (3,2 мг-экв/100 г) при недостаточном содержании магния (0,92 мг-экв/100 г), что указывает на потенциальный риск развития магниевых дефицита в посевах. Содержание подвижной серы (4,7 мг/кг) также не превышает минимально необходимых значений, что ограничивает формирование полноценного минерального питания растений.

В целом почва характеризуется как среднеокультуренная, со слабокислой реакцией и ограничивающими факторами плодородия в виде низкого содержания гумуса, дефицита магния и серы, а также средней обеспеченности калием. Установленные особенности соответствуют данным по дерново-подзолистым почвам Нечерноземной зоны и определяют высокую отзывчивость овса на применение физиологически обоснованных

доз минеральных удобрений и некорневых подкормок магнием и серой. Это подтверждает актуальность исследования, направленного на изучение эффективности сульфата магния как источника магния и серы, а также оптимизации системы удобрений и защиты растений овса в условиях Глинковского района Смоленской области.

2.2 Объекты исследования

Объектами исследования являлись овес голозерный (сорт Немчиновский 61) и пьявица красногрудая (*Ouleta melanopus* L)

Выбор объектом исследования овса сорта Немчиновский 61 обусловлен как научными задачами работы, так и современными запросами перерабатывающей отрасли. Во-первых, в последние годы овёс демонстрирует устойчивый рост востребованности именно в сегменте детского, лечебного и диетического питания и голозёрные формы при этом имеют очевидное технологическое преимущество за счет отсутствия твёрдой плёнки, снижающей абразивные потери при обрушивании, повышения выход крупы и хлопьев и обеспечения более предсказуемое качество готовых продуктов, что критично для детского питания (Кабашов и др., 2019).

Во-вторых, сорт Немчиновский 61 относится к адаптивным голозёрным формам, широко используемым в практике и в научных исследованиях. Для целей данной работы это важно по двум причинам. С одной стороны, сорт формирует достаточно развитый листовой аппарат и отзывчив на оптимизацию минерального питания, что позволяет корректно оценивать физиологический эффект листовых подкормок сульфатом магния. С другой — листовой аппарат овса является мишенью для овсяной пьявицы, и потому сорт методически удобен для анализа совместного применения $MgSO_4$ и диметоата, когда требуется одновременно поддержать фотосинтез и снизить повреждённость.

В-третьих, голозёрные формы, включая Немчиновский 61, позволяют связать физиологический отклик на Mg и S с качественными показателями

зерна, релевантными для пищевой промышленности (масса 1000 зёрен, натура, доля крупяной фракции), а также показать практическую значимость результатов для сегмента продуктов с повышенными требованиями к безопасности и стабильности качества (FAO, 2020; Кабашов и др., 2019). Именно эта вязь «физиология → качество → переработка» принципиальна для современной агротехнологии овса.

Помимо этого, использование распространённого и хорошо описанного в литературе голозёрного сорта повышает репрезентативность и воспроизводимость результатов. Это позволяет корректно экстраполировать выводы об эффективности листовых подкормок $MgSO_4$ (в том числе в смеси с диметоатом) на практику производства пищевого овса, где стабильность сырья и санитарно-технологические требования стоят на первом месте.

Характеристика овса голозёрного сорта Немчиновский 61

Сорт овса Немчиновский 61 был выведен селекционерами ФИЦ «Немчиновка» и зарегистрирован в государственном реестре в 2020 году. Он сочетает в себе устойчивость к пыльной головне и корончатой ржавчине, почвенной кислотности и алюмотоксичности, менее чувствителен к засухе и слабо загрязняется токсином ДОН (дезоксиниваленол), содержание которого в корме в дозе даже менее 1 мг/кг может приводить к снижению усвоения корма и скорости роста животных.

При проведении в 2016-2017 годах исследования влияния интенсификации возделывания на урожайность, в 2016 году при использовании базовой технологии сорт Немчиновский 61 показал урожайность 68,6 ц/га, при интенсивной технологии — 75,4 ц/га (+10% к базовой), а при высокоинтенсивной — 85 ц/га (+25%). В 2017 году урожайность составила, соответственно, 68,4; 83,3 ц/га (+22%) и 98,2 ц/га (+44%) (Кабашов А.Д., 2018).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что овес сорта Немчиновский 61 имеет высокий потенциал урожайности при должном уровне интенсификации производства.

Внешнее описание сорта: высота растения 100-130 см; число зерен в метелке 23-57 шт. Масса 1000 зёрен - 26-36 г. Средняя урожайность в Северо-Западном регионе - 23,1 ц/га, в Центральном - 23,6 ц/га; в Центрально-Чернозёмном - 32,3 ц/га. В Калужской области прибавка к голозёрному стандарту Першерон составила 4,5 ц/га, при урожайности 27,4 ц/га. Максимальная урожайность - 55,3 ц/га получена в Тульской области в 2018 году. Среднеспелый, вегетационный период - 83-95 дней. Натура зерна 551-645 г/л. Устойчив к полеганию. Засухоустойчив. Содержание белка до 17,2% (11,6-15,3%), растительного масла 5,7-7,1%, крахмала 57,0-70,1%, сырой клетчатки 7,9-9,5%. (Кабашов А.Д., 2018).

Отличительной особенностью овса сорта Немчиновский 61 является высокая облиственность растений, что позволяет использовать сорт для получения зеленой массы, сенажа и силоса. Норма высева 4,5-5,0 млн зерен на га.



Рис. 8 Овес сорта Немчиновский 61

Согласно ежегодным прогнозам Россельхозцентра в Смоленской области, одним из наиболее злостных вредителей в посевах овса в последние годы является пьявица красногрудая (*Oulema melanopus*) (Прогноз Россельхозцентра 2022-2025 г.)

2.3 Методы проведения исследования

Основным методом проведения исследования по изучению влияния совместного применения сульфата магния и диметоата на урожайность и качества зерна овса являлся полевой опыт, заложенный в пятипольном зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: **пар – озимая пшеница – рапс – картофель – овес**. Схема опыта состояла из 7 вариантов (табл. 7). Инсектицид применяли в концентрации 400 г/л и норме расхода 1,5 л/га, сульфат магния вносили в виде листовой подкормки в дозах 15 кг д.в./га и 30 кг д.в./га. Площадь опытной деланки составляла 25 м² (0,0025 га), учетной – 20 м², повторность по вариантам опыта – четырехкратная, расположение систематическое.

Таблица 7 – Схема полевого опыта

Вариант опыта		Доза внесения
1	Контроль без удобрений и обработок	-
2	Фон (N45P45K45)	-
3	Фон+ MgSO ₄ (15)	15 кг д.в./га
4	Фон+ MgSO ₄ (30)	30 кг д.в./га
5	Фон+диметоат	1,5 л/га
6	Фон+ MgSO ₄ (15)+диметоат	15 кг д.в./га+1,5 л/га
7	Фон+ MgSO ₄ (30)+диметоат	30 кг д.в./га+1,5 л/га

Основная обработки почвы (зяблевая вспашка) была проведена осенью после уборки предшественника (картофель) на глубину 20-22 см ПЛН-5-35. Весной была проведена предпосевная культивация комбинированным агрегатом РВК-3,6 на глубину 10-12 см для сохранения почвенной влаги.

Минеральные удобрения – (азофоска) вносили РУМ-5 под предпосевную обработку в дозе 45 кг д.в./га. Фон NPK был осознанно снижен относительно рекомендуемых для зоны норм для более чистого выявления физиологического эффекта магниевое-серной листовой подкормки.

Посев проводили сплошным рядовым способом, сеялкой СЗ-3,6 с нормой высева – 180 кг/га. Срок посева овса варьировался по годам в зависимости от метеоусловий и физической спелости почвы (табл. 8).

Таблица 8 – Агротехника опытных делянок

	2022 год	2023 год	2024 год
Сорт	Немчиновский 61		
Предшественник	картофель	картофель	картофель
Дата посева	05.05	29.04	07.05
Дата обработки	17.06	10.06	13.06
Дата уборки урожая	13.08	04.08	01.08
Фаза развития овса в момент обработки	конец кущения	конец кущения	конец кущения
Площадь опытной делянки	25	25	25
Учетная площадь	20	20	20
Расположение	систематическое		

Так как выращивание овса для дальнейшего использования в производстве детского питания не предполагает чрезмерное применение пестицидов и удобрений, обработку посевов проводили однократно **в конце фазы кущения**, перед выходом в трубку. Этот интервал является «чувствительным окном» для овса: защита флагового листа и ближайших к нему листьев в предрепродуктивный период обеспечивает наибольшую окупаемость инсектицидной обработки и положительно отражается на элементах структуры урожая. В условиях высокой численности пшавицы ранняя обработка позволяет снизить потери листовой поверхности и синергирует с листовым внесением $MgSO_4$ за счёт стабилизации фотосинтетического аппарата. Обработку проводили ранцевым опрыскивателем «Sturm GS8216 BM», 16л, предназначенным для обработки

мелкоделяночных опытов. Норма расхода рабочей жидкости инсектицида (д.в. диметоат: 1,5 л/га) была 0,75 л/дел (300 л/га).

Норма расхода в физическом весе составила:

NPK 45 кг д.в./га (азофоска, 16:16:16:) = 281,25 кг/га = 0,7 кг/дел

MgSO₄ 15 кг д.в./га = 91,8 кг/га = 0,23 кг/дел

MgSO₄ 30 кг д.в./га = 183,6 кг/га = 0,46 кг/дел

диметоат 1,5 л/га = 3,75 мл/дел

Диметоат и сульфат магния применяли как самостоятельно, так и в виде смеси, согласно вариантам опыта.

Фенологические наблюдения, учет урожайности и структуру урожая проводили в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Площадь листьев определяли на фотопланиметре Li-3100.

Учет пядицы, оценку биологической эффективности диметоата и его фитотоксичность проводили в соответствии с «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве», (Долженко, 2009).

Подсчет личинок всех возрастов пядицы на верхних листьях 10 соседних стеблей в 10 точках каждой повторности опыта проводили до обработки, а так же через 3, 7 и 10 суток после нее.

Биологическая эффективность диметоата была рассчитана по формуле Хендерсона-Тилтона (1), которая учитывает изменения численности, как в опытном, так и контрольном вариантах:

$$\mathcal{E} = \left(1 - \frac{O_{\text{п}} \cdot K_{\text{д}}}{O_{\text{д}} \cdot K_{\text{п}}}\right) 100, (1)$$

где $\mathcal{E}$ - эффективность, выраженная процентом снижения численности вредителя с поправкой на контроль; $O_{\text{д}}$ - число живых особей перед обработкой в опыте; $O_{\text{п}}$ - число живых особей после обработки в опыте; $K_{\text{д}}$ - число живых особей в контроле в предварительном учете; $K_{\text{п}}$ - число живых особей в контроле в последующие учеты.

Степень проявления фитотоксичности диметоата оценивали по следующей шкале (табл. 9).

Таблица 9 – Шкала оценки фитотоксического действия препарата

Балл	Степень повреждения	% повреждения
0	нет повреждений	0
1	незначительные	до 5
2	слабые	до 10
3	умеренные	до 25
4	сильные	до 50
5	очень сильные	более 50

Уборку овса осуществляли ручным способом, пожнивные остатки измельчались и запахивались при зяблевой обработке. Учет урожайности проводили сплошным поделяночным методом по всем повторностям вариантов опыта. Затем производили пересчет на стандартную влажность зерна (14%) и чистую продукцию ц/га.

Пробы зерна для определения основных качественных показателей отбирали согласно ГОСТ 13586.3-2015, зеленую массу в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6497-2011.

В зерне овса определяли:

- массу 100 зерен (ГОСТ 10842- 89);
- натуру зерна (ГОСТ 10840-2017);
- азот по Кьельдалю и сырой протеин (ГОСТ 13496.4-2019);
- крахмал (ГОСТ 10845-98);
- аминокислотный состав (ГОСТ 32195-2013).

Содержание белкового азота определяли по методу Кьельдаля с последующим умножением на коэффициент пересчета азота на белок для овса – 5,83. Аминокислотный состав зерна – на жидкостном хроматографе Shimadzu в учебно-научном центре коллективного пользования «Сервисная лаборатория комплексного химического анализа соединений» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Остаточные количества диметоата и его метаболита ометоата в зеленой массе, зерне и соломе овса определяли на газовом хроматографе Agilent 7890 с азотно-фосфорным детектором (АФД) согласно методическим указаниям № 322-85 «Унифицированная методика определения фосфорорганических пестицидов в продуктах растительного и животного происхождения, лекарственных растениях, кормах, воде, почве хроматографическими методами».

Отбор проб для анализа проводился в день обработки, а так же через 10, 20, 30 дней после нее и в день уборки урожая. Пробы отбирались отдельно с каждой делянки согласно схеме опыта, из них готовился средний образец (по одному на вариант). Отобранные пробы зеленой массы овса замораживались при температуре - 18°C и далее хранились при этой же температуре в морозильной камере до дня анализа. Пробы зерна и соломы в высушенном виде хранились в лабораторном шкафу до дня анализа. Для анализа отбирались две аналитические пробы на один образец.

Условия хроматографирования: капиллярная кварцевая колонка DB-17, длина 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, толщина пленки 0,25 мкм. Температура испарителя – 270°C, давление 29,8 psi, режим Split импульсный с делением потока, давление импульса при вводе 40 psi до 0,75 мин, соотношение деления потока 2:1 поток обдува септы 3,0 мл/мин. Программированный нагрев колонки с 180°C (выдержка 2,5 мин) по 12 град/мин до 222°C (выдержка 2 мин) по 20 град/мин до 270°C (выдержка 0 мин), режим постоянный поток, поток колонки 4 мл/мин, средняя скорость 47,5 см/сек. Газ-носитель – гелий. Температура детектора - 300°C, поток воздуха – 60,0 мл/мин, поток газа горения (водород) – 3,0 мл/мин, поток газа поддувки (азот) – 10,0 мл/мин.

Нижний предел обнаружения диметоата: зеленая масса, солома – 0,02 мг/кг, зерно – 0,01 мг/кг.

Процент извлечения (средний) диметоата: зеленая масса – 92,7%, зерно – 90,9%, солома – 85,1%.

Нижний предел обнаружения ометоата: зеленая масса, солома – 0,02 мг/кг, зерно – 0,01 мг/кг.

Процент извлечения (средний) ометоата: зеленая масса – 77,4%, зерно – 87,9%, солома – 91,8%.

Статистическую обработку данных полевого опыта проводили в соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова (*Доспехов Б.А., 1985*), программы Microsoft Excel и Statistica 10.0.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Влияние сульфата магния на прохождение фенологических фаз и биометрические показатели овса

3.1.1 Фенологические наблюдения

Сроки наступления фенологических фаз овса в значительной степени зависят от условий его выращивания, таких как количество осадков, температура почвы и воздуха, обеспеченность элементами питания. Многие ученые считают, что продолжительность периода от всходов до колошения в основном определяется биологическими характеристиками сорта и лишь в меньшей степени зависит от внешних условия (*Глуховцев В.В., 2001; Мишин Н.Н., 2004*). В то время как период от колошения до созревания часто сокращается под влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды, таких как засуха, вредители и болезни, которые могут вызывать отмирание листьев (*Удачин Р.А., 1961; Майданюк Н.Д., 1987*).

Таблица 10 – Сроки наступления фенологических фаз развития овса голозерного сорта Немчиновский 61 в 2022 году

Фенологические фазы	Вариант опыта							
	Контроль		Фон		Фон + MgSO ₄ (15)		Фон + MgSO ₄ (30)	
	дата	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата	кол-во дней
Посев	05.05	-	05.05		05.05		05.05	
Всходы	16.05	11	16.05	11	16.05	11	16.05	11
Кущение	01.06	16	31.05	15	02.06	17	01.06	16
Выход в трубку	22.06	21	19.06	19	22.06	20	21.06	20
Выметывание	10.07	18	06.07	17	10.07	18	08.07	17
Цветение	19.07	9	17.07	11	21.07	11	19.07	11
Молочная спелость	30.07	11	28.07	11	01.08	11	30.07	11
Восковая спелость	06.08	7	03.08	6	07.08	6	06.08	7
Полная спелость	11.08	5	09.08	6	13.08	6	13.08	7
Уборка	13.08	-	13.08	-	13.08	-	13.08	-
Вегетационный период, дней	98		96		100		100	

По результатам учётов 2022 г. начало вегетации во всех вариантах было синхронным: посев 05.05, появление всходов 16.05 (продолжительность периода «посев–всходы» — 11 суток). Дальнейшая динамика фаз демонстрирует закономерное влияние минерального питания и листовой коррекции магнием.

На минеральном **фоне (NPK)** отмечено умеренное ускорение органогенеза: выход в трубку наступил 19.06 (на 2–3 дня раньше, чем в контроле и Mg-вариантах), выметывание и цветение — 06–17.07, то есть на 2–4 дня раньше контроля. В результате общая продолжительность вегетации сократилась до 96 суток (против 98 суток в контроле). Такая картина соответствует известному эффекту улучшенного азотно-фосфорного обеспечения, ускоряющего прохождение репродуктивных фаз.

Листовые подкормки **MgSO₄ (15 и 30 кг д.в./га)** не изменяли сроки ранних фаз (посев–всходы, кущение), однако несколько смещали репродуктивный блок к более поздним датам относительно контроля: цветение и полная спелость отмечались с отставанием на 1–2 дня, а длительность вегетации увеличивалась до 100 суток. При этом технологическая синхронизация сохранялась: дата уборки была единой для всех вариантов (13.08), что указывает на отсутствие агротехнически значимого «запаздывания».

Обобщая, можно констатировать две устойчивые тенденции сезона 2022 г. - фон (NPK) обеспечивает раннее наступление ключевых фаз (в среднем на 2–3 дня) и укорочение вегетации на ~2 суток относительно контроля, а листовые подкормки MgSO₄ (15–30 кг д.в./га) ведут к умеренному удлинению периода налива и созревания (до +2 суток к контролю) при сохранении календарных сроков уборки. Такой сдвиг интерпретируется как следствие стабилизации фотосинтетической активности и более ровного функционирования системы «источник–приёмник» в период формирования урожая.

С практической точки зрения ускорение фаз на минеральном фоне может быть благоприятным при рисках позднелетней засухи, тогда как небольшое «продление» налива на вариантах с $MgSO_4$ потенциально способствует повышению массы 1000 зёрен и выравненности качества, что требует подтверждения данными по урожайности и качественным показателям в соответствующих разделах.

Таблица 11 – Сроки наступления фенологических фаз развития овса голозерного сорта Немчиновский 61 в 2023 году

Фенологические фазы	Вариант опыта							
	Контроль		Фон		Фон + $MgSO_4$ (15)		Фон + $MgSO_4$ (30)	
	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата
Посев	29.04	-	29.04	-	29.04	-	29.04	-
Всходы	08.05	9	08.05	9	08.05	9	08.05	9
Кущение	22.05	14	22.05	14	22.05	14	22.05	14
Выход в трубку	12.06	21	11.06	20	11.06	20	10.06	19
Выметывание	26.06	14	26.06	15	26.06	15	24.06	14
Цветение	11.07	15	09.07	13	07.07	11	06.07	12
Молочная спелость	22.07	11	21.07	12	20.07	13	19.07	13
Восковая спелость	29.07	7	29.07	8	27.07	7	26.07	7
Полная спелость	04.08	6	03.08	5	02.08	6	01.08	6
Уборка	04.08	-	04.08	-	04.08	-	04.08	-
Вегетационный период, дней	97	-	96	-	95	-	94	-

В 2023 г. начальные этапы онтогенеза у всех вариантов были так же синхронны: посев 29.04, появление всходов 08.05 (продолжительность периода «посев–всходы» — 9 суток), начало кущения 22.05. Дальнейшая динамика демонстрирует последовательное ускорение прохождения фаз на минеральном фоне и при листовой коррекции магнием — с выраженной дозозависимостью эффекта. Выход в трубку наступал раньше контроля (12.06) на 1 день на Фоне (11.06) и на 1–2 дня при листовых подкормках $MgSO_4$: 11.06 (15 кг д.в./га) и 10.06 (30 кг д.в./га). Выметывание в контроле

фиксировалось 26.06; на Фоне дата совпала (26.06), тогда как при 30 кг д.в./га MgSO_4 наблюдалось сдвижение на 24.06 (–2 дня к контролю). Цветение последовательно смещалось к более ранним срокам: 11.07 (контроль) → 09.07 (Фон) → 07.07 (MgSO_4 15) → 06.07 (MgSO_4 30), то есть до –5 суток к контролю. Молочная и восковая спелость наступали раньше контроля на 1–3 дня, причём максимум сдвига отмечен в варианте MgSO_4 30 (19.07 и 26.07 соответственно). Полная спелость: 04.08 (контроль), 03.08 (Фон), 02.08 (MgSO_4 15), 01.08 (MgSO_4 30) — суммарный выигрыш по срокам до трёх суток.

Итогом межвариантных различий стала прогрессивная редукция длительности вегетационного периода: 97 суток (контроль) → 96 (Фон) → 95 (MgSO_4 15) → 94 (MgSO_4 30). Таким образом, в условиях 2023 г. минеральное питание ускоряло органогенез, а листовые подкормки MgSO_4 усиливали этот эффект в зависимости от дозы.

Полученная картина согласуется с физиологической ролью магния и серы в поддержании фотосинтеза и эффективности азотного питания: при благоприятном агрометеорологическом фоне (2023 г.) устранение скрытого дефицита Mg и одновременная поставка S способствовали более интенсивному прохождению репродуктивных фаз и раннему физиологическому созреванию без нарушения технологических сроков уборки. Учитывая дозозависимый характер сдвигов (наиболее выраженный при 30 кг д.в./га), можно ожидать повышения выравненности посевов и снижения рисков позднесезонных потерь (осадки, холодовые стрессоры). Окончательная оценка агрономической целесообразности должна учитывать сопряжённые показатели урожайности и качества зерна, представленные в последующих разделах.

Таблица 12 – Сроки наступления фенологических фаз развития овса голозерного сорта Немчиновский 61 в 2024 году

Фенологические фазы	Вариант опыта							
	Контроль		Фон		Фон + MgSO ₄ (15)		Фон + MgSO ₄ (30)	
	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата	кол-во дней	дата
Посев	07.05	-	07.05	-	07.05	-	07.05	-
Всходы	15.05	8	15.05	8	15.05	8	15.05	8
Кущение	28.05	13	27.05	12	26.05	11	27.05	12
Выход в трубку	15.06	18	13.06	17	11.06	16	13.06	17
Выметывание	26.06	11	23.06	11	23.06	12	25.06	12
Цветение	08.07	12	04.07	11	04.07	11	06.07	11
Молочная спелость	19.07	11	16.07	12	16.07	12	18.07	11
Восковая спелость	26.07	7	23.07	7	23.07	7	25.07	6
Полная спелость	01.08	6	29.07	6	29.07	6	31.07	6
Уборка	01.08	-	01.08	-	01.08	-	01.08	-
Вегетационный период, дней	86	-	84	-	83	-	83	-

В условиях 2024 г. улучшение минерального питания и листовая коррекция магнием способствовали более раннему прохождению репродуктивных фаз и компактному завершению вегетации без сдвига сроков уборки. Наиболее выраженный эффект «ускорения» наблюдался в фазе выхода в трубку при дозе MgSO₄ 15 кг д.в./га, что может отражать оптимальный баланс между оперативным устранением скрытого дефицита Mg и отсутствием избыточной солевой нагрузки на лист. Отсутствие различий по общей длительности вегетации между 15 и 30 кг д.в./га указывает, что в погодных условиях 2024 г. повышение дозы MgSO₄ сверх 15 кг д.в./га не давало дополнительного фенологического выигрыша. Смещение репродуктивных фаз на 1-4 дня раньше и сокращение вегетационного периода в вариантах с фоновым внесением удобрений и листовыми подкормками MgSO₄ благоприятно при рисках позднеосенних стрессов и может способствовать более выровненному наливу; что подтверждается в совокупности с данными по урожайности и качеству зерна, приведёнными далее.

Обобщая все вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

Сроки посева овса в годы проведения исследования зависели от погодных условий и находились в пределах конца апреля и начала мая (в 2022 году посев был проведен 5 мая, в 2023 году — 29 апреля, а в 2024 году — 7 мая).

Продолжительность межфазного периода посев – всходы по всем вариантам опыта за 3 года составляла 8...11 дней. В 2022 году они появились на 11 день (16 мая), в 2023 году – на – 9 день (8 мая), а в 2024 – на 8 день (15 мая).

Период всходы – кущение в годы исследования по вариантам опыта продолжался 11...17 дней, наиболее коротким он был в 2024 году (11...13 дней), а максимальным по продолжительности в 2022 году (15...17 дней).

Наиболее длительные по продолжительности периоды, кущение – выход в трубку и выметывание – молочная спелость, в 2022 и 2023 годах не отличались и составляли 19...21 и 26-29 дней соответственно, а погодные условия 2024 года внесли свои коррективы, сократив их продолжительность до 16...18 и 21...23 дней. Укорочение этих фаз в 2024 году скорее всего произошло из-за дефицита влаги, повышенных температур и, как следствие, недостаточном развитии узловых корней.

Выметывание метелки происходило через 11-18 дней после выхода в трубку. Наиболее короткий период по вариантам опыта наблюдался в 2024 году, а его максимальная продолжительность в 2022 году. Связано это, опять таки, скорее всего в температурными показателями этого периода (более высокие температуры в 2024 году привели к укорачиванию фазы метелки по всем вариантам опыта не зависимо от применяемых удобрений).

Длина вегетационного периода варьировалась по годам от 83 до 100 дней. При чем в наиболее жаркий и засушливый 2024 год в вариантах опыта с фоновым внесением удобрений и сульфата магния он был короче на 2...3 дня относительно контроля 83-84 и 86 дней соответственно), в то время как в 2022 году за счет пониженных температур и обильных осадков в I и II

декадах июля были удлинены фазы выметывание – цветение, что в конечном итоге привело и к увеличению вегетационного периода до 98...100 дней.

В 2022 г. на фоне благоприятных погодных условий (умеренно влажно; ГТК близок к норме) листовая подкормка $MgSO_4$ не ускоряла ранние переходы, но слегка удлиняла поздние: варианты опыта с внесением $MgSO_4$ (15 и 30 кг д.в./га) достигали полной спелости на 2 суток позже контроля (13.08 против 11.08), а вегетационный период увеличивался до 100 дней (98 дней на контроле и 96 дней на фоновом внесении NPK). Это указывает на пролонгацию налива зерна за счёт лучшей сохранности листового аппарата и ассимиляционной активности при достатке влаги.

Вегетационный период 2023 г. характеризовался избыточным увлажнением. При этом заметен ускоряющий эффект $MgSO_4$: фаза выхода в трубку и выметывания наступали на 1–2 суток раньше, чем в варианте с фоном, цветение — на 4–5 суток раньше контроля (06–07.07 против 11.07), а полная спелость — 01–02.08 против 04.08. В итоге вегетационный период сокращался до 95–94 дней (Mg 15/Mg 30) (97 дней на контроле и 96 дней на фоне NPK). Таким образом, в условиях избыточного увлажнения магний способствовал более раннему и дружному созреванию, что технологически снижает риск потерь качества в конце сезона.

На фоне дефицита влаги в 2024 г. листовая подкормка $MgSO_4$ систематически сдвигала фенологию на более ранние сроки по сравнению с контрольным вариантом («выход в трубку» — 11–13.06 против 15.06 на контроле, «выметывание» — 23–25.06 против 26.06, «цветение» — 04–06.07 против 08.07, «полная спелость» — 29–31.07 против 01.08). Вегетационный период сокращался до 83 дней. (86 и 84 дня соответственно в контроле и при фоновом внесении NPK) Это отражает стресс-протекторный эффект Mg: ускорение перехода к репродуктивным фазам и дозреванию при дефиците влаги при одновременном сохранении продуктивности.

Проанализировав вышеизложенное, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на сроки наступления и продолжительность

фенологических фаз в годы проведения исследований оказали метеорологические условия. Повышенная влажность и относительно невысокие температуры 2022-2023 годов удлиняла периоды вымётывание метёлки – созревание, а повышенная температура и низкая влажность 2024 года приводили к ускоренному созреванию и сокращению вегетационного периода овса в целом. Внесение $MgSO_4$ может слегка удлинять период налива во влажных и нормальных условиях, а в условиях засухи он стабильно ускоряет прохождение фаз и сокращает вегетацию, что позволяет «уйти» от пика водного стресса без потерь темпа формирования урожая. Влияние доз внесения (15 и 30 кг д.в./га) на сроки прохождения фаз не выявлено.

Таким образом, листовое внесение сульфата магния выступает **гибким регулятором темпа онтогенеза**: при достатке влаги — продлевает функциональное долголетие листьев и налив зерна, а в засуху — ускоряет прохождение критических фаз, повышая «стрессовую» устойчивость посевов. Это говорит о технологической целесообразности включения $MgSO_4$ в систему питания овса на дерново-подзолистых почвах с учётом конкретного сценария погоды сезона.

3.1.2 Биометрические показатели

Высота растения, площадь листовой поверхности и относительное содержание хлорофилла в листьях (SPAD-индекс) являются основными биометрическими показателями, наглядно показывающими влияние применения удобрений на продуктивность овса.

Высота растений овса. Измерение высоты растений овса по вариантам опыта проводили в фазы кущения, выхода в трубку и цветения. Фоновое внесение минеральных удобрений увеличивало высоту овса в стадии кущения относительно контроля в среднем на 1,4...1,9 см (+14%) в 2022 году, на 1,6...2,2 см (+15,2%) в 2023 году и на 0,6...1,2 см (+9,3%) в

2024 году. В фазе выхода в трубку максимальная высота овса была отмечена в варианте с обработкой сульфатом магния в дозах 15 кг д.в./га – 46,0...49,3 см (+11,3...15,6%) и 30 кг д.в./га – 46,8...50,5 см (+12,2...17,1%). Эта же закономерность прироста сохранилась и в фазе цветения – наибольшая высота овса наблюдалась в варианте с совместным применением диметоата и сульфата магния (30 кг д.в./га) 121,0...125,3 см (+ 12,8-17,5% к контролю). Разница между вариантами совместного применения диметоата и сульфата магния в двух дозировках (15 и 30 кг д.в./га) составляла 3,2% 2023 году и 4,6 % в 2024.

Таблица 13 – Высота растений овса по фазам развития, см
(Смоленская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	Фаза развития								
	кущение			выход в трубку			цветение		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Контроль	11,8	12,5	10,3	41,8	44,3	41,0	106,5	111,0	103,0
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	13,4	14,3	11,1	44,0	47,3	43,3	112,8	115,6	109,3
Фон + MgSO ₄ (15)	13,3	14,1	11,0	46,5	49,3	46,0	117,8	119,8	113,8
Фон + MgSO ₄ (30)	13,5	14,3	11,1	46,8	50,0	46,8	122,3	124,0	117,3
Фон + диметоат	13,2	14,5	11,0	44,3	46,8	41,5	113,8	115,2	109,1
Фон + MgSO ₄ (15) +диметоат	13,3	14,2	11,2	47,0	49,3	47,4	119,8	121,8	116,3
Фон + MgSO ₄ (30) +диметоат	13,2	14,4	11,3	48,0	50,5	48,0	123,3	125,3	121,0
НСР₀₅	1,51	1,16	1,22	2,14	1,51	2,46	1,71	1,56	2,9

Разница между вариантами обработки посевов сульфатом магния и баковой смесью сульфата магния и диметоата составила 2 % для обеих концентраций. Так же в 2024 году наблюдается общее снижение показателей роста вследствие неблагоприятных погодных условий в период вегетации, но в то же время разница между вариантом с сульфатом магния и контролем была наибольшей за все годы исследования.

Площадь листовой поверхности является ключевым показателем фотосинтетического потенциала посевов, от которого во многом зависит накопление органического вещества и формирование урожая зерна. Увеличение ассимиляционной поверхности обеспечивается как за счет минерального питания, так и защиты растений от стрессовых факторов, включая повреждения вредителями.

Однако слишком большое количество листьев может привести к взаимному затенению, что снижает эффективность фотосинтеза. Изменение площади листьев в посеве действительно подчиняется определённым закономерностям, связанным с фазами роста и развития растений. В начале вегетационного периода, после появления всходов, площадь листьев растёт медленно, так как растения только начинают формировать листовую массу. Затем, по мере активного роста и формирования боковых побегов, скорость увеличения площади листьев возрастает. Максимальная листовая площадь достигается к моменту прекращения формирования боковых побегов и окончания интенсивного роста растений в высоту. После этого начинается процесс старения нижних листьев — они желтеют и отмирают, что приводит к уменьшению общей листовой площади. (Самодуров В.А., 2007).

Многочисленные исследования показали тесную положительную связь урожайности зерновых с площадью листьев (листовым индексом) посевов (Савицкий, 1948; Вельсова, 1972; Сысоев, 1972; Каюмов, 1977, 1989; Чеников, Романовский, 1978; Семенова, Зинченко, 1987; Кривобочек, 1988; Хованская, 2001). Для овса определяющее значение имеют верхние ярусы листьев, поскольку к фазе налива зерна нижние листья преждевременно сенесцируют и практически выпадают из фотосинтеза (Володарский, Циунович, 1979, 1980; Лелли, 1980; Shen Jian-hai et al., 2003).

Оптимальное обеспечение растений магнием способствует росту площади листовой поверхности за счёт активизации процессов фотосинтеза,

а инсектицидная защита позволяет снизить потери ассимиляционного аппарата при повреждении пьявицей и другими вредителями.

Оценку и учет площади листовой поверхности проводили в фазы кущения (до обработки), выхода в трубку и цветения, для определения непосредственного влияния изучаемых факторов на данный показатель.

Таблица 14 – Площадь листовой поверхности овса, млн.м²/га
(Смоленская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	кол-во раст/м ²			Площадь листьев					
				см ² /раст			млн.м ² /га		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
фаза кущения									
Контроль	308	326	312	52,3	56,2	47,8	1,6	1,8	1,5
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	346	379	319	61,1	65,7	55,6	2,1	2,5	1,8
Фон + MgSO ₄ (15)	342	382	321	60,3	58,4	51,4	2,1	2,2	1,6
Фон + MgSO ₄ (30)	344	380	319	59,0	60,2	53,0	2,0	2,3	1,7
Фон + диметоат	334	372	316	62,3	64,3	54,2	2,1	2,4	1,7
Фон + MgSO ₄ (15) +диметоат	336	389	316	59,3	63,8	56,1	2,0	2,5	1,8
Фон + MgSO ₄ (30) +диметоат	338	376	317	60,1	64,6	56,8	2,0	2,4	1,8
НСР ₀₅ 0,55									
фаза выхода в трубку									
Контроль	308	326	312	71,3	74,8	66,2	2,2	2,4	2,1
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	346	379	319	78,6	82,6	70,1	2,7	3,1	2,2
Фон + MgSO ₄ (15)	342	382	321	80,3	88,6	75,4	2,7	3,4	2,4
Фон + MgSO ₄ (30)	344	380	319	86,7	92,4	74,6	3,0	3,5	2,4
Фон + диметоат	334	372	316	79,1	84,7	72,3	2,6	3,2	2,3
Фон + MgSO ₄ (15) +диметоат	336	389	316	82,5	90,3	74,5	2,8	3,5	2,4
Фон + MgSO ₄ (30) +диметоат	338	376	317	87,1	94,8	76,8	2,9	3,6	2,4
НСР ₀₅ 0,86									
фаза цветения									
Контроль	308	326	312	90,3	92,1	74,4	2,8	3,0	2,3
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	346	379	319	98,6	102,8	80,1	3,4	3,9	2,6
Фон + MgSO ₄ (15)	342	382	321	109,4	114,3	87,9	3,7	4,4	2,8

Продолжение таблицы 14

Фон + MgSO ₄ (30)	344	380	319	115,9	121,4	94,6	4,0	4,6	3,0
Фон + диметоат	334	372	316	103,2	108,6	82,3	3,4	4,0	2,6
Фон + MgSO ₄ (15) +диметоат	336	389	316	112,2	115,1	90,3	3,8	4,5	2,9
Фон + MgSO ₄ (30) +диметоат	338	376	317	114,8	120,2	96,8	3,9	4,5	3,1
НСР ₀₅ 1,24									

Измерение площади листа в фазы кушения, выхода в трубку и цветения овса (табл. 13) показало изменение этого показателя по вариантам опыта. Так площадь листьев по всем вариантам опыта увеличивалась до фазы выметывания, а затем нижние листья старели и отмирали, снижая площадь листовой поверхности. Максимальная площадь листовой поверхности отмечалась в фазу цветения. В фазу кушения на площадь листовой поверхности оказывало влияние только фоновое внесение удобрений, т.к. обработка диметоатом и MgSO₄ проводилась в конце кушения.

Эффект инсектицидной защиты и магниевого питания проявился с фазы выхода в трубку, где зафиксирован ускоренный прирост ассимиляционной поверхности в вариантах с MgSO₄ и/или диметоатом, и закрепился к фазе цветения (максимумы у варианта Фон + диметоат + MgSO₄ (30 кг д.в./га).

К фазе выхода в трубку у контрольных растений площадь листьев достигала 2,1–2,4 млн м²/га. На фоне NPK этот показатель возрастал до 2,7–3,1 млн м²/га. Максимальные значения наблюдались в вариантах с внесением MgSO₄ (30 кг д.в./га) в сочетании с диметоатом — 3,5–3,6 млн м²/га, что на 40–45 % превышало контроль и на 16–23% фон.

В фазе цветения контрольные растения формировали 2,3–3,0 млн м²/га листовой поверхности. На фоне NPK показатель увеличивался до 3,4–3,9 млн м²/га. Варианты с внесением MgSO₄ (30 кг д.в./га) в сочетании с диметоатом

обеспечили максимальные значения — 4,5–4,6 млн м²/га, а в отдельные годы до 4,6–4,7 млн м²/га, что в 1,5–2 раза выше контрольного уровня.

Поскольку обработка проводилась в конце кушения, различия по площади листовой поверхности между вариантами с диметоатом и без него закономерно проявлялись с фазы выхода в трубку и далее, когда начиналась активная трофическая нагрузка листогрызущих фитофагов. В эти сроки варианты с диметоатом в среднем не уступали фону NPK и имели больший ассимиляционный аппарат, что обусловлено снижением повреждённости листьев личинками пядицы и, как следствие, лучшей сохранностью функциональной листовой ткани. Так, в 2023 г. при выходе в трубку и цветении площадь листьев в варианте «Фон+диметоат» была выше фона на ~0,1 млн м²/га (3,2 против 3,1; 4,0 против 3,9), а в засушливом 2024 г. преимущество также отмечалось на этапе выхода в трубку (2,3 против 2,2 млн м²/га). В сочетании с MgSO₄ тенденция к поддержанию листовой поверхности не только сохранялась, но и наращивалась, особенно в стрессовом 2024 г. («Фон + MgSO₄ (30) + диметоат» — 3,1 млн м²/га, а «Фон + MgSO₄ (30)» - 3,0 млн м²/га). В совокупности данные подтверждают, что инсектицидная защита через снижение листоповреждения позволяет сформировать большую листовую площадь, а при совместном применении с MgSO₄ это транслируется в более стабильный фотосинтетический потенциал ценоза на критических этапах формирования урожая.

Анализ трёхлетних данных показал, что формирование листовой поверхности овса существенно зависит от уровня минерального питания и листовой подкормки. Так, NPK увеличивает площадь листьев в среднем на 30–40 % к контролю, MgSO₄ (15–30 кг д.в./га) дополнительно повышает ассимиляционную поверхность на 10–15 % к варианту фон NPK, а диметоат обеспечивает сохранность листового аппарата, особенно в фазах выхода в трубку и цветения. Так же четко прослеживается влияние погодных условий на площадь листьев. Наибольшая величина площади в фазу кушения была в

благоприятном 2023 году, так как в период всходы – выход в трубку было достаточное количество осадков (ГТК 2,75), а в период выход в трубку – молочная спелость – много солнечных дней с повышенными температурами.

Внесение фоном NPK в дозе 45 кг д.в./га увеличило этот показатель на 36...39% на разных вариантах, а вот прохладный май и жаркий июнь 2024 года внесли свои коррективы и в контрольном варианте площадь листовой поверхности была ниже на 16,6% по сравнению с аналогичным периодом 2023 года. Это подтверждает и результат корреляционного анализа (рис. 9 и табл. 15).

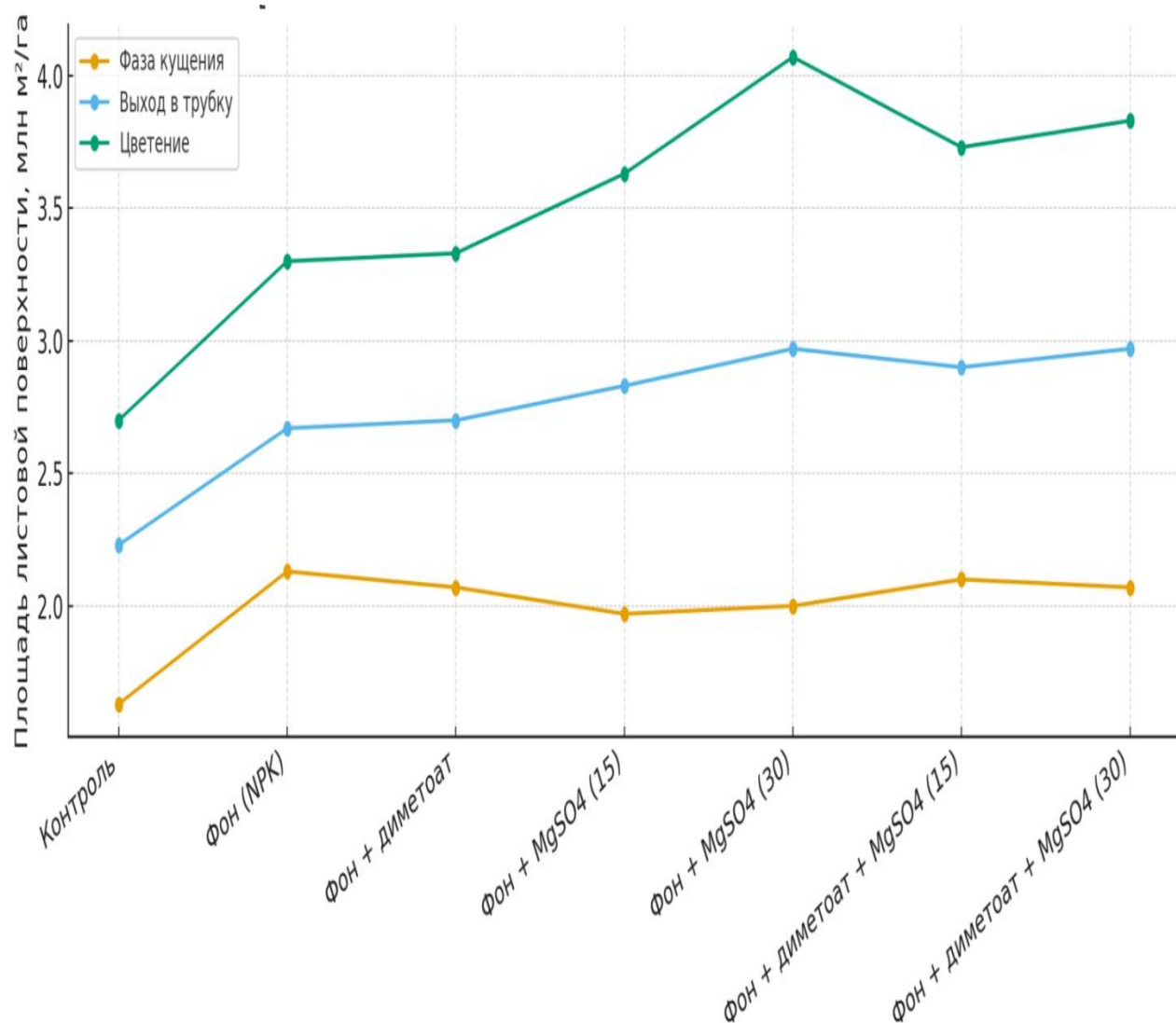


Рис. 9 Динамика площади листовой поверхности овса (среднее за 2022-2024 гг.)

Таблица 15 – Корреляция Пирсона между высотой растений и площадью листовой поверхности за 2022–2024 гг.

Фаза онтогенеза	r	R ²	t-статистика
кущение	0,93	0,86	10,9
выход в трубку	0,81	0,66	6,0
цветение	0,82	0,68	6,3

Анализ показал устойчивую **положительную корреляцию** между высотой растений и площадью листовой поверхности овса, усиливающуюся по мере перехода от кущения к цветению. В нормальном и влажном вегетационных сезонах (2022г. и 2023г.) связь сильная и статистически достоверная уже на ранних этапах ($r = 0,88–0,94$; $p < 0,01$), что отражает синхронное наращивание вегетативной массы и линейного роста. В засушливом 2024 году на стадии кущения корреляция ослаблялась и становилась статистически недостоверной ($r = 0,58$; $p = 0,17$), что указывает на разделение ранних ростовых параметров при дефиците влаги: часть вариантов поддерживает высоту растения ценой сокращения листовой площади и наоборот.

Сводный анализ за 2022–2024 гг. (рис. 10) подтверждает эти закономерности: для кущения $r = 0,929$ ($p < 10^{-8}$), для выхода в трубку $r = 0,810$ ($p < 10^{-5}$), для цветения $r = 0,823$ ($p < 5 \cdot 10^{-6}$). Климатический фактор влияет на выраженность эффекта: при засухе ранние корреляции неочевидны, но по мере входа в репродуктивные фазы влияние питания (в т.ч. внесение Mg) и защиты выравнивает структуру ценоза и восстанавливает тесную связь морфометрических признаков (за счет поддержания сохранности и функционирования листового аппарата на ключевых этапах органогенеза).

Таким образом, совместное применение сульфата магния и диметоата способствует формированию мощного ассимиляционного аппарата, что подтверждает выявленную в опытах тесную связь с увеличением урожайности.

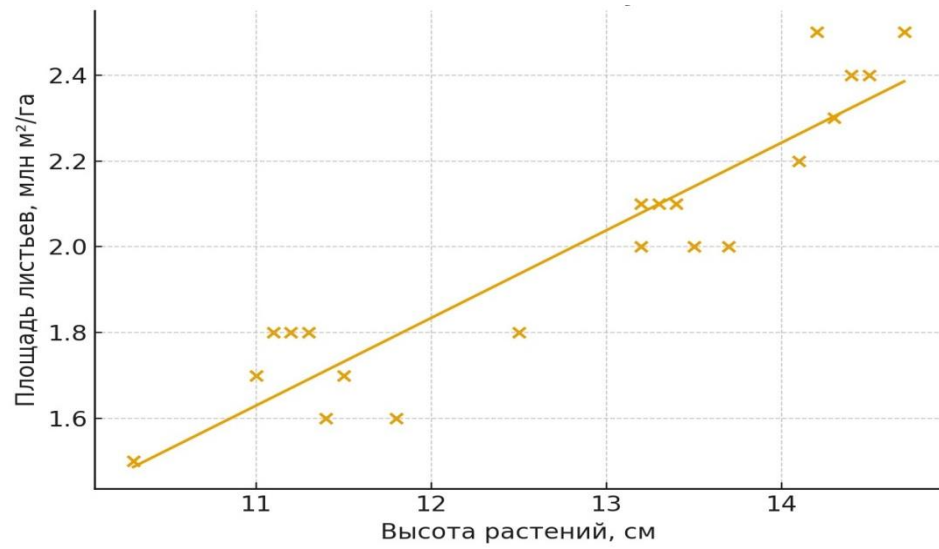
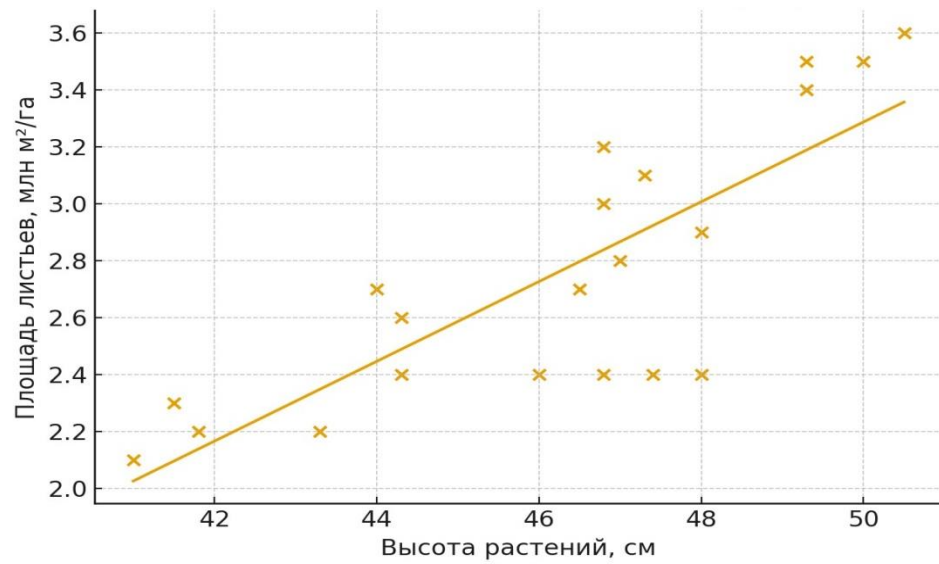
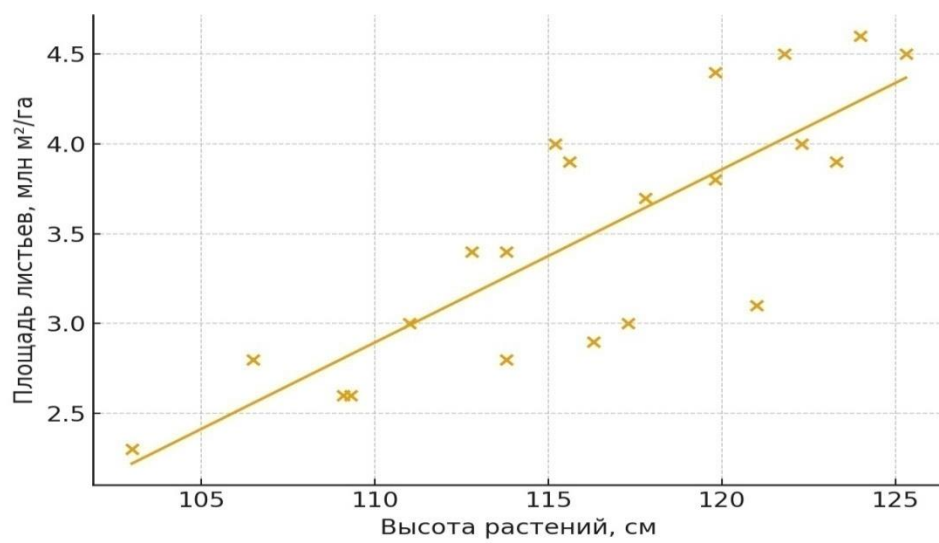
*a**b**c*

Рис. 10 Графики рассеяния с аппроксимацией прямой:
a – фаза кущения; *b* – фаза выхода в трубку; *c* – фаза цветения

Содержание хлорофилла в листьях является индикатором физиологического состояния растений и уровня их фотосинтетической активности. Уровень хлорофилла отражает состояние зеленой массы и наличие стрессов (например, дефицит питательных веществ, засуха, болезни) и коррелирует с потенциалом растения к образованию органических веществ. Изменение его уровня помогает оценить реакцию растений на подкормки и условия выращивания.

В нашем исследовании изучалось влияние применения сульфата магния на урожайность овса, а магний, в свою очередь, является основным компонентом хлорофилла, поэтому измерение его содержания являлось важным показателем фотосинтетической деятельности, за счет которой создается до 95% сухого вещества урожая. Отбор проб для анализа содержания хлорофилла проводили в фазе выметывания (начало цветения), поскольку именно в этот период листья сохраняют максимальную фотосинтетическую активность, а перераспределение ассимилятов на колос ещё не привело к значительному старению зелёной массы. С каждой делянки отбирали флаговый и подфлаговый листья, по вариантам опыта составляли средний образец, анализ выполняли в трех повторностях. Определение хлорофилла определяли фотометрическим методом на ФЭК КФК-2 (красный светофильтр, 649 нм (хлорофилл *a*) и 665 нм (хлорофилл *b*) (табл. 16).

Таблица 16 – Содержание хлорофилла *a* и *b* в листьях овса в фазе цветения, мг/г сырой массы (Смоленская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	Хлорофилл <i>a</i>			Хлорофилл <i>b</i>			Суммарный хлорофилл (<i>a+b</i>)		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Контроль	0,92	0,95	0,78	0,44	0,45	0,33	1,36	1,40	1,11
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	1,05	1,08	0,95	0,50	0,52	0,41	1,55	1,60	1,36
Фон + MgSO ₄ (15)	1,15	1,18	1,05	0,56	0,58	0,47	1,71	1,76	1,52
Фон + MgSO ₄ (30)	1,22	1,26	1,10	0,59	0,61	0,49	1,81	1,87	1,59

Продолжение таблицы 16

Фон + диметоат	1,08	1,12	0,98	0,51	0,53	0,43	1,59	1,65	1,41
Фон + MgSO ₄ (15) +диметоат	1,20	1,24	1,08	0,58	0,60	0,48	1,78	1,84	1,56
Фон + MgSO ₄ (30) +диметоат	1,28	1,32	1,15	0,63	0,65	0,52	1,91	1,97	1,67
НСР ₀₅							0,17	0,18	0,15

Содержание хлорофилла в листьях овса варьировало по годам исследований в зависимости от погодных условий (ГТК) и вариантов опыта.

В годы с избыточным увлажнением (2022, ГТК = 1,97; 2023, ГТК = 2,38) наблюдалось умеренное повышение содержания пигментов в контроле (1,36–1,40 мг/г), однако более выраженный эффект обеспечивало внесение сульфата магния и диметоата. В засушливый 2024 г. (ГТК = 0,87) уровень хлорофилла резко снижался в контроле (до 1,11 мг/г), что отражает деградацию пигментного аппарата при водном стрессе.

На фоне NPK уровень хлорофилла возрастал на 15–20 %, что указывает на повышение фотосинтетического потенциала благодаря основному минеральному питанию.

Диметоат на фоне NPK дополнительно способствовал сохранению зелёной массы (защита от пьявицы), что выражалось в приросте хлорофилла на 2–4 % по сравнению с фоном.

Внесение сульфата магния (15–30 кг д.в./га) увеличивало содержание хлорофилла на 10–15 % по сравнению с NPK-фоном. Наибольший эффект отмечался при дозе 30 кг д.в./га, где суммарное содержание пигментов достигало 1,75–1,87 мг/г даже в условиях недостаточного увлажнения.

Применение диметоата способствовало сохранению зелёной массы и поддержанию уровня хлорофиллов, особенно в сочетании с магниевым питанием.

Максимальные значения суммарного хлорофилла (до 1,97 мг/г в 2023 г. и 1,67 мг/г в 2024 г.) зафиксированы в варианте «NPK + диметоат + MgSO₄ (30 кг д.в./га)», что превышало контроль на 35–50 %.

Корреляционный анализ показал очень сильную связь между содержанием хлорофилла и ГТК как в контроле ($r = 0,99$), так и в варианте с магнием ($r = 0,997$) (рис. 11). Однако при одинаковой влагообеспеченности растения с магнием и диметоатом имели стабильно более высокий уровень пигментов, что подтверждает компенсирующую роль магниевого питания и защиты растений.

Таким образом, совместное применение сульфата магния и диметоата не только способствуют повышению синтеза хлорофиллов в благоприятные годы, но и обеспечивают стабильность фотосинтетического аппарата в стрессовых условиях (переувлажнение и засуха), что создает физиологическую основу для повышения урожайности.

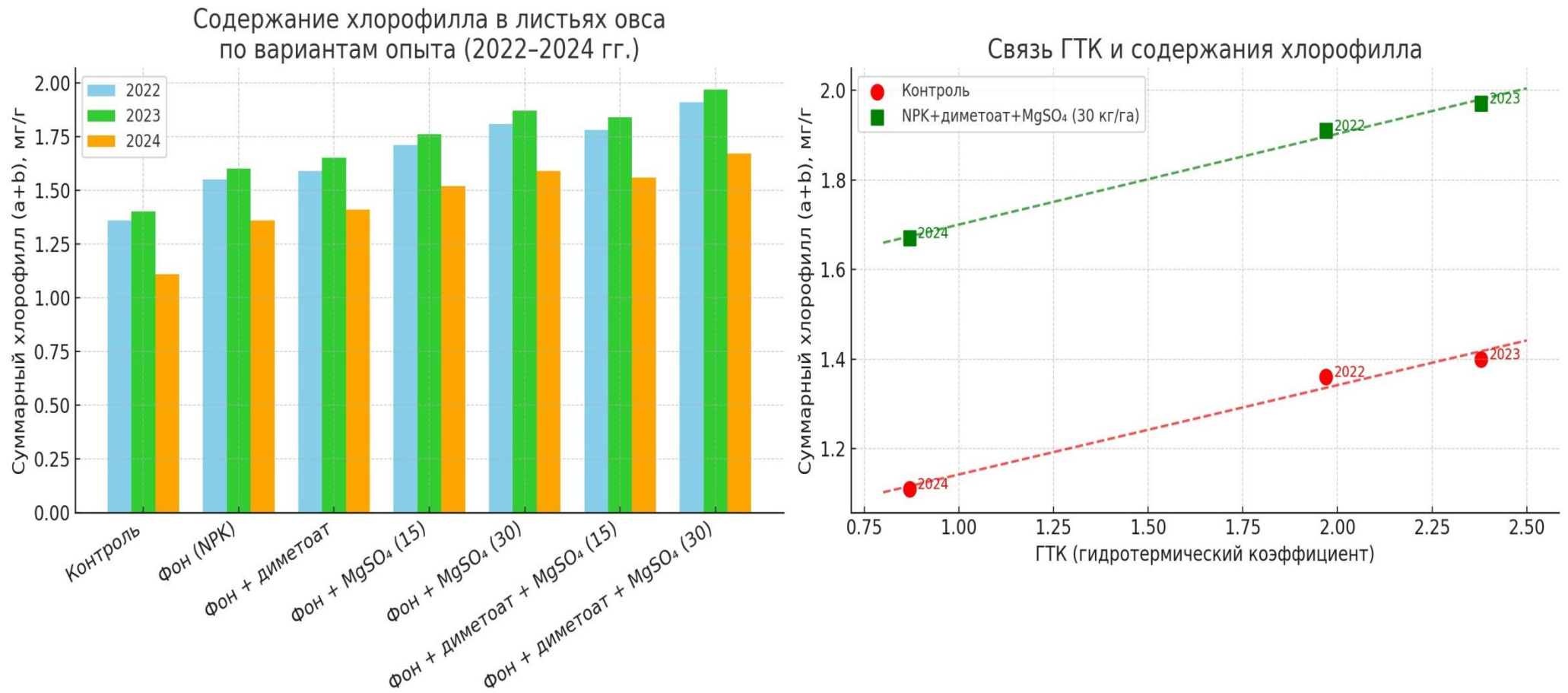


Рис. 11 Содержание хлорофилла в листьях овса по вариантам опыта (слева) и зависимость от гидротермического коэффициента (справа), 2022–2024 гг.

3.2 Влияние диметоата на динамику численности пьявицы

Биологическая эффективность инсектицидов — это показатель, отражающий его способность воздействовать на целевые виды насекомых-вредителей, снижая их численность или полностью уничтожая их популяцию. Он используется для оценки эффективности химических средств защиты растений и других методов борьбы с вредителями.

Учет пьявиц проводили до обработки, а так же через 3, 7 и 10 суток после нее.

Таблица 17 – Учет вредителя по вариантам опыта

Учет		Вариант опыта	Среднее число личинок на 100 стеблей, шт		
			2022	2023	2024
до обработки	1	Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	17,4	15,8	15,9
	2	Фон + MgSO ₄ (15)	18,9	17,6	15,3
	3	Фон + MgSO ₄ (30)	17,4	18,4	14,3
	4	Фон + диметоат	18,5	20,5	15,8
	5	Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	17,3	21,3	16,0
	6	Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	19,3	20,6	14,4
3-е сутки	1	Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	17,8	19,8	22,1
	2	Фон + MgSO ₄ (15)	19,8	21,1	18,9
	3	Фон + MgSO ₄ (30)	20,5	23,0	23,4
	4	Фон + диметоат	4,5	2,5	4,6
	5	Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	5,1	5,5	3,6
	6	Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	5,5	6,0	2,9
7-е сутки	1	Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	26,3	22,4	28,4
	2	Фон + MgSO ₄ (15)	28,3	27,6	32,3
	3	Фон + MgSO ₄ (30)	22,4	26,6	38,0
	4	Фон + диметоат	1,4	1,0	1,6
	5	Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	1,9	2,9	1,9
	6	Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	2,0	2,5	1,3
10-е сутки	1	Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	26,4	25,3	51,3
	2	Фон + MgSO ₄ (15)	24,9	25,0	39,8
	3	Фон + MgSO ₄ (30)	25,8	26,4	48,1
	4	Фон + диметоат	2,4	2,8	4,4
	5	Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	2,5	2,9	4,1
	6	Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	3,0	3,1	3,3

По данным учёта численности личинок на 100 стеблей, исходный уровень заселения перед обработками был сопоставим между вариантами (в

пределах ~14–21 экз./100 стеблей в разные годы), что свидетельствует о корректной рандомизации делянок и отсутствии систематического смещения исходного фона по вариантам. На вариантах без инсектицидной обработки (фон и фон + MgSO_4 15/30 кг д.в./га) уже к 3-м суткам численность вредителя возрастала, а к 7-10-м суткам формировался выраженный пик (в 2024 г. на фоне — до 51,3 экз./100 стеблей). Листовые подкормки MgSO_4 (15 и 30 кг д.в./га) в отсутствие инсектицида не снижали численность вредителя, что ожидаемо, поскольку магний выступает физиологическим фактором питания культуры, а не агентом прямого токсического действия.

Во всех вариантах с применением диметоата наблюдалось резкое и устойчивое снижение численности личинок. На 3-и сутки снижение относительно фонового варианта составляло ориентировочно 70–88 % (2022: ~70–75 %; 2023: ~70–87 %; 2024: ~79–87 %), на 7-е сутки — ~87–96 %, на 10-е сутки — ~88–94 %. Биологическая эффективность сохранялась во все годы, включая засушливый 2024 год, когда при отсутствии защиты численность резко возрастала, тогда как на обработанных вариантах оставалась на уровне ~1–4 экз./100 стеблей.

Сравнение варианта опыта применения диметоата самостоятельно и совместно с MgSO_4 показывает, что добавление магния не давало систематически лучшего энтомологического эффекта: в 2022–2023 гг. минимальные показатели чаще отмечались на одном диметоате, тогда как в засушливом 2024 г. наблюдалась тенденция к несколько более низкой численности на варианте «диметоат + MgSO_4 30 кг д.в./га». С практической точки зрения это указывает, что вклад MgSO_4 проявляется прежде всего в агрофизиологическом улучшении состояния растений (качество и налив зерна), тогда как контроль вредителя обеспечивается диметоатом. При чем в ряде учётов фиксировались минимальные остаточные численности именно в смешанных вариантах, что указывает на технологическую совместимость препаратов при корректной подготовке рабочего раствора (качество воды, pH 5,5–6,0, «тест банки»).

Выраженные различия по величине «волны» численности на 7–10-е сутки между 2022–2024 гг. обусловлены совокупностью внешних и агротехнических факторов:

- **Погодные условия сезона** (температурный режим и распределение осадков в июне–июле): тёплые и умеренно сухие окна ускоряли развитие и питание личинок, формируя более крутой фронт нарастания численности (типично для 2024 г.); затяжные похолодания и дожди, напротив, сглаживали пики.

- **Фенологическая синхронизация «культура – вредитель»:** совпадение массового питания личинок с фазами максимальной питательной ценности листьев овса усиливало наблюдаемую вредоносность.

- **Посевные сроки и агрофон:** более ранние сроки и высокий азотно-серно-магнийсодержащий статус культуры увеличивали прирост листовой массы (кормовой базы) в вариантах без инсектицидной защиты, одновременно повышая компенсаторную способность посевов при ее наличии.

Таким образом, диметоат в регламенте применения обеспечивал стабильный контроль овсяной пьявицы на уровне ≈ 90 % и выше в интервале 7–10 суток после обработки во все годы исследований, т.е. решающим фактором снижения численности вредителя во все годы была инсектицидная обработка диметоатом; без неё популяция быстро нарастала, особенно в условиях засухи 2024 г.

Совместное внесение диметоата и MgSO_4 (15–30 кг д.в./га) технологически оправдано: инсектицидная эффективность сохраняется, а листовая подкормка магнием поддерживает физиологическую устойчивость растений, что важно для реализации продуктивности и что позволяет нивелировать межгодовую вариабельность численности овсяной пьявицы и сохранять потенциал урожайности при различных сценариях погоды.

3.3 Влияние совместного применения сульфата магния и диметоата на урожайность и качество зерна овса сорта Немчиновский 61

Оптимизация агротехнических мероприятий, включая защиту растений от вредителей и обеспечение минерального питания, является ключевым фактором повышения урожайности и улучшения качественных характеристик зерна. Совместное применение сульфата магния и диметоата рассматривается как эффективный приём, позволяющий одновременно решать задачи фитосанитарного контроля и компенсировать дефицит макроэлементов в дерново-подзолистых почвах, что имеет важное значение для разработки ресурсосберегающих технологий возделывания овса, обеспечивающих не только повышение продуктивности, но и улучшение качества урожая.

Таблица 18 – Урожайность овса по вариантам опыта, ц/га
(Смоленская область, 2022-2024 гг.)

Варианты опыта	Урожай зерна, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	% к контролю
2022 год			
Контроль	13,8	-	-
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	18,7	4,9	35,5
Фон + MgSO ₄ (15)	21,1	7,3	52,9
Фон + MgSO ₄ (30)	22,1	8,3	60,1
Фон + диметоат	21,3	7,5	54,3
Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	23,1	9,3	67,4
Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	24,2	10,4	75,4
НСР ₀₅ = 0,96			
2023 год			
Контроль	16,3	-	-
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	21,5	5,2	31,9
Фон + MgSO ₄ (15)	23,1	6,8	41,7
Фон + MgSO ₄ (30)	23,8	7,5	46,0
Фон + диметоат	22,6	6,3	38,7
Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	24,9	8,6	52,8
Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	25,3	9,0	55,2
НСР ₀₅ = 0,7			

Продолжение таблицы 18

2024 год			
Контроль	12,9	-	-
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	15,7	2,8	21,7
Фон + MgSO ₄ (15)	18,2	5,3	41,1
Фон + MgSO ₄ (30)	19,4	6,5	50,4
Фон + диметоат	16,7	3,8	29,5
Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	20,3	7,4	57,4
Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	21,8	8,9	69,0
НСР ₀₅ = 0,72			

Таблица 19 – Средние показатели урожайности по вариантам опыта (Смоленская область, 2022–2024 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Контроль	14,3	–	–
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	18,6	4,3	30,0
Фон + MgSO ₄ (15)	20,8	6,5	45,5
Фон + MgSO ₄ (30)	21,8	7,5	52,3
Фон + диметоат	20,2	5,9	41,0
Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	22,8	8,5	59,4
Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	23,8	9,5	66,4

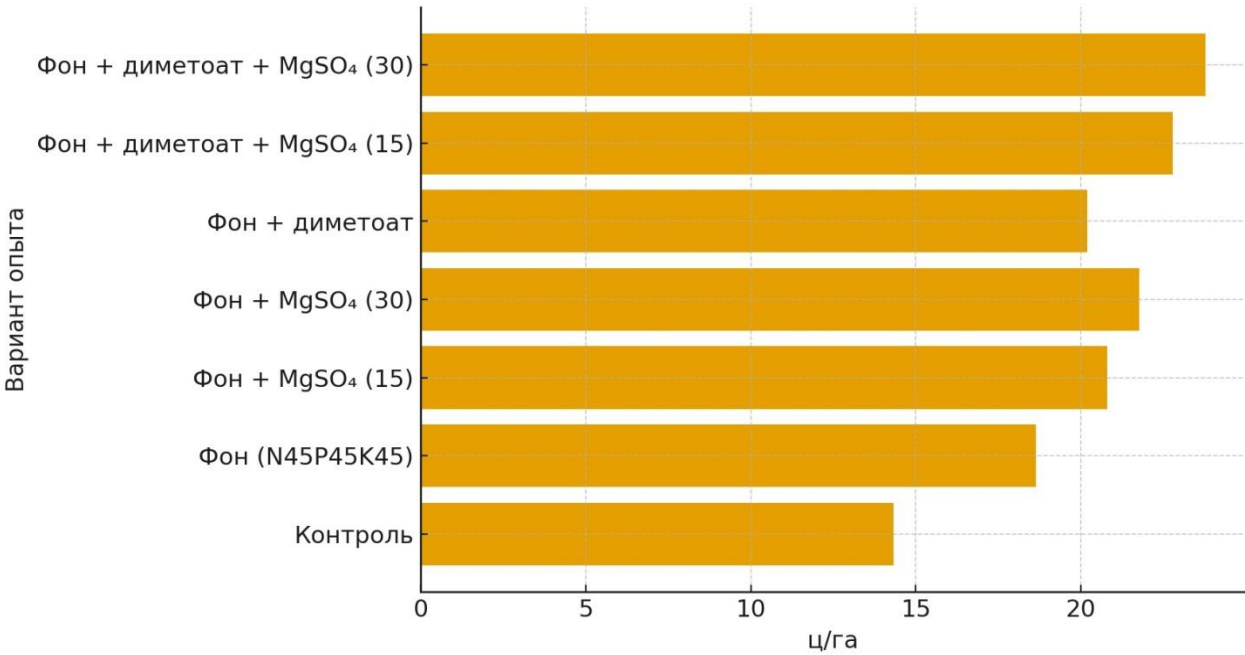


Рис. 12 Средняя урожайность по вариантам опыта за годы исследования

Таблица 20 – Прибавка урожая к фону, ц/га

Вариант	2022	2023	2024
Фон ($N_{45}P_{45}K_{45}$)	-	-	-
Фон + $MgSO_4$ (15)	2,4	1,6	2,5
Фон + $MgSO_4$ (30)	3,4	2,3	3,7
Фон + диметоат	2,6	1,1	1
Фон + $MgSO_4$ (15)+диметоат	4,4	3,4	4,6
Фон + $MgSO_4$ (30)+диметоат	5,5	3,8	6,1

Из полученных нами данных по урожайности овса видно, что она существенно зависела как от погодных условий, так и от уровня минерального питания и защиты растений.

Наименьшая средняя урожайность за годы проведения исследований ожидаемо была получена на контрольном варианте — в среднем 14,3 ц/га. Внесение NPK ($N_{45}P_{45}K_{45}$) повышало урожайность на 30 % по сравнению с контролем. Дополнительное внесение сульфата магния способствовало дальнейшему увеличению урожайности: при дозе 15 кг д.в./га средняя прибавка составила 2,2 ц/га (+14,7 % к фону), при 30 кг д.в./га — 3,2 ц/га (+17 %).

Обработка посевов диметоатом обеспечивала рост средней урожайности на 1,6 ц/га (+8 % к фону), что связано с защитой растений от комплекса вредителей и сохранением листового аппарата.

Средняя урожайность в варианте совместного применения диметоата и сульфата магния в дозе 15 кг д.в./га составила 22,8 ц/га, что даёт прибавку 4,2 ц/га (22,5%) к фону (18,6 ц/га), а по сравнению с вариантом «фон + диметоат» (20,2 ц/га) — 2,6 ц/га. Таким образом, баковая смесь диметоата с 15 кг д.в./га $MgSO_4$ обеспечивает значимое увеличение урожайности за счёт сохранения листового аппарата и усиления фотосинтетической активности.

При увеличении дозы до 30 кг д.в./га при прочих равных условиях средняя урожайность достигла 23,8 ц/га, что соответствует прибавке в 5,2 ц/га, а к варианту «фон + диметоат» — 3,6 ц/га.

Во всех годах различия превышали НСР₀₅, следовательно, эффект статистически значим. Наибольший эффект достигался при совместном применении диметоата и сульфата магния в дозе 30 кг д.в./га, что подтверждает дозозависимое усиление эффекта по сравнению с 15 кг д.в./га.

Таким образом, совместное применение диметоата и сульфата магния позволяет реализовать потенциал продуктивности посевов; при этом интегральная прибавка к фону составляет 4,2-5,2 ц/га в зависимости от дозы $MgSO_4$, что согласуется с механизмом: снижение листоповреждения + поддержка магниевого питания = сохранённая (и более мощная) ассимиляционная поверхность и более эффективный налив зерна.

В связи с этим особый интерес представляло изучение влияния совместного применения $MgSO_4$ и диметоата на основные показатели качества зерна овса, такие как содержание белка, крахмала, масса 1000 зерен и натура (табл. 21).

Дополнительно был определён аминокислотный состав белка (табл. 22), поскольку именно аминокислотный профиль во многом предопределяет биологическую ценность зерна для детского и диетического питания. Во-первых, сульфат магния в листовых подкормках вносит не только Mg, но и S, а серосодержащие аминокислоты — цистеин и метионин — являются критически важными для полноценности белка; их содержание чувствительно к обеспеченности серой и режиму азотного питания (Marschner, 2012; Barker, 2015). Во-вторых, магний как кофактор ряда ферментов участвует в восстановлении нитратов и синтезе аминокислот, а потому может влиять не только на общий уровень белка, но и на распределение незаменимых аминокислот (Fageria, 2014). В-третьих, для пищевого овса особенно важна сбалансированность по лизину и серосодержащим аминокислотам: даже при одинаковом проценте белка различия в аминокислотном составе приводят к различной аминокислотной «оценке» по шкале FAO/WHO и индексу биологической ценности (FAO, 2020).

Таблица 21 – Качество зерна овса сорта Немчиновский 61 (Смоленская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	Белок, %				Крахмал, %				Масса 1000 зёрен, г				Натура зерна, г/л			
	2022	2023	2024	ср	2022	2023	2024	ср	2022	2023	2024	ср	2022	2023	2024	ср
Контроль	11,4	11,6	11,8	11,6	54,0	53,5	54,5	54,0	30,0	31,0	28,5	29,8	455	465	445	455
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	12,2	12,4	12,6	12,4	55,0	54,5	55,5	55,0	31,8	32,5	30,5	31,6	468	474	460	467
Фон + MgSO ₄ (15)	12,9	13,1	13,2	13,1	56,0	55,5	56,5	56,0	33,0	33,8	31,8	32,9	478	484	470	477
Фон + MgSO ₄ (30)	13,3	13,5	13,6	13,5	56,5	56,0	57,0	56,5	33,8	34,5	32,5	33,6	484	490	476	483
Фон + диметоат	12,4	12,6	12,8	12,6	55,4	55,0	56,0	55,5	32,2	33,0	31,0	32,1	472	478	464	471
Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	13,2	13,4	13,5	13,4	56,3	55,8	56,8	56,3	33,4	34,2	32,5	33,3	486	492	472	483
Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	13,7	13,9	14,0	13,9	57,0	56,5	57,5	57,0	34,2	35,0	32,8	34,0	492	498	478	489

Таблица 22 – Аминокислотный состав зерна овса сорта Немчиновский 61 (Смоленская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	Незаменимые аминокислоты, г/кг зерна									Заменимые аминокислоты, г/кг зерна								
	треонин	валин	метионин	изолейцин	лейцин	фенилаланин	гистидин	лизин	ΣАКн	аспарагиновая к-та	серин	глутаминовая к-та	пролин	глицин	аланин	тирозин	аргинин	ΣАКз
Контроль	3,47	6,95	1,65	5,65	13,37	7,32	3,74	6,49	48,64	14,01	7,79	27,33	9,61	5,61	10,09	3,67	6,80	84,91
Фон (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	3,65	7,32	1,72	5,95	14,07	7,71	3,94	6,90	51,26	14,75	8,20	28,77	10,12	5,91	10,62	3,86	7,16	89,39
Фон + MgSO ₄ (15)	3,78	7,58	1,86	6,15	14,56	7,98	4,08	7,25	53,25	15,27	8,49	29,78	10,42	6,12	10,99	4,00	7,41	92,53
Фон + MgSO ₄ (30)	3,83	7,69	1,89	6,25	14,77	8,10	4,14	7,31	53,98	15,49	8,61	30,21	10,62	6,21	11,15	4,05	7,52	93,87
Фон + диметоат	3,72	7,47	1,75	6,07	14,35	7,86	4,02	7,11	52,35	15,04	8,36	29,35	10,32	6,03	10,83	3,94	7,30	91,17
Фон + MgSO ₄ (15)+диметоат	3,76	7,61	1,90	6,24	14,54	7,92	4,06	7,31	53,34	15,78	8,52	29,80	10,15	6,17	11,01	4,03	7,40	92,86
Фон + MgSO ₄ (30)+диметоат	3,94	7,91	1,94	6,43	15,20	8,33	4,26	7,59	55,60	15,93	8,86	31,07	10,93	6,38	11,47	4,17	7,73	96,54
Овес сорт Скакун*	3,3	3,9	1,8	3,6	7,7	6,2	3,2	4,6	34,3	9,1	2,8	26,3	5,9	4,8	5,4	4,6	7,9	66,8

*по данным Каширских Е.В., 2019

Анализ данных таблицы 21 показал, что качественные показатели зерна овса (белок, крахмал, масса 1000 зерен и натура) в значительной степени определялись гидротермическими условиями в годы проведения исследований. Наиболее благоприятным для формирования продуктивности оказался 2023 год (ГТК = 2,38), когда урожайность достигала максимальных значений. В этот период зерно отличалось лучшей выполненностью: масса 1000 зёрен составляла до 35,0 г, натура — до 498 г/л. Однако содержание белка и крахмала было несколько ниже (12,4–13,9 % и 55,0–56,5 % соответственно), что связано с разбавляющим эффектом при формировании более крупного урожая. В 2022 году (ГТК = 1,97) условия увлажнения были близки к оптимальным, урожайность и качество зерна занимали промежуточное положение: масса 1000 зёрен достигала 33,8 г, натура — 492 г/л, содержание белка составляло 11,4–13,7 %, крахмала — 54,0–57,0 %. Наименее благоприятным оказался 2024 год (ГТК = 0,87), характеризовавшийся засушливыми условиями. Урожайность в этот период была минимальной, зерно отличалось худшей выполненностью (масса 1000 зёрен 28,5–32,8 г, натура 445–478 г/л), однако содержание белка (до 14,0 %) и крахмала (до 57,5 %) возрастало, что объясняется концентрационным эффектом в условиях снижения продуктивности.

Наряду с климатическими факторами существенное влияние на формирование качества зерна оказывало минеральное питание. На контроле показатели качества были минимальными: масса 1000 зёрен составляла 28,5–30,2 г, натура — 445–460 г/л, содержание белка — 11,2–11,8 %, крахмала — 53,5–54,5 %. Внесение минеральных удобрений (NPK) обеспечивало достоверное повышение основных параметров качества: масса 1000 зёрен увеличивалась до 30,5–32,7 г, натура — до 465–480 г/л, содержание белка достигало 12,0–12,8 %, крахмала — 54,5–55,8 %. Наибольший положительный эффект наблюдался при применении сульфата магния, особенно в дозе 30 кг д.в./га: масса 1000 зёрен достигала 33,5–35,0 г, натура — 490–498 г/л, содержание белка — 13,5–14,0 %, крахмала — 56,5–57,5 %.

Совместное применение диметоата и сульфата магния обеспечивало наибольший синергетический эффект: масса 1000 зёрен достигала 34,5–35,0 г, натура — 495–498 г/л, содержание белка — 13,8–14,0 %, крахмала — 57,0–57,5 %.

Так же показатели качества зерна овса чётко коррелировали с условиями увлажнения и уровнем урожайности (рис. 13): в благоприятные по влагообеспеченности годы зерно было более выполненным и плотным, а в засушливый – более концентрированным по белку и крахмалу.

Таблица 23 – Корреляция Пирсона между урожайностью и основными показателями качества зерна овса (среднее за 2022–2024 гг.)

Показатель	Коэффициент корреляции (r)
Белок (%)	0,97
Крахмал (%)	0,98
Масса 1000 зёрен (г)	0,98
Натура (г/л)	0,98

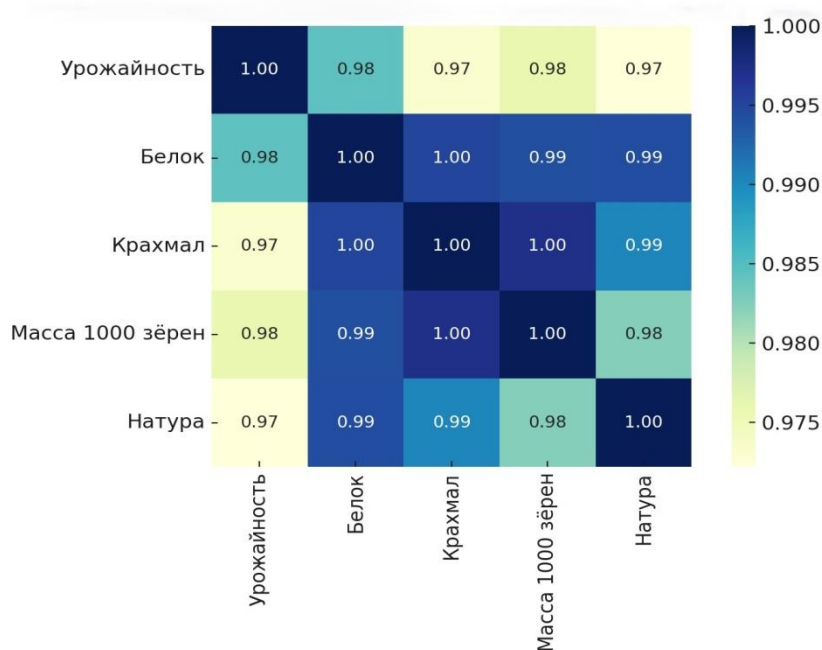


Рис. 13 Корреляционная матрица урожайности и основных показателей качества зерна овса (среднее за 2022–2024 гг.).

Помимо всего прочего, наблюдалось повышение сбора белка с 1 га. Относительно контроля (116 г/кг; 1,7 ц/га) содержание белка на фоне NPK возрастало до 124 г/кг (+6,9 %). Относительно фона при листовой подкормке MgSO_4 15/30 кг д.в. — до 131–135 г/кг (+5,6-8,9%), при одном диметоате — до 126 г/кг (+1,6 %), а при совмещении MgSO_4 15/30 кг д.в. и диметоата — до 134–139 г/кг (+8,0-12,1 %).

Таблица 24 – Сбор белка с 1 га (Смоленская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	Средняя урожайность, ц/га	Белок, г/кг	Сбор белка, ц/га
Контроль	14,3	116	1,7
Фон ($\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$)	18,6	124	2,3
Фон + MgSO_4 (15)	20,8	131	2,7
Фон + MgSO_4 (30)	21,8	135	2,9
Фон + диметоат	20,2	126	2,5
Фон + MgSO_4 (15)+диметоат	22,8	134	3,1
Фон + MgSO_4 (30)+диметоат	23,8	139	3,3

Вместе с этим внесение сульфата магния как отдельно, так и совместно с диметоатом улучшало аминокислотный профиль зерна. По сравнению с контрольным вариантом сумма незаменимых аминокислот ($\Sigma\text{АКн}$) возросла на 5,4% в варианте с фоновым внесением NPK, а в варианте совместного применения MgSO_4 (30) и диметоата на 8,5 % по отношению к фону. Аналогичная динамика наблюдалась и по сумме заменимых аминокислот ($\Sigma\text{АКз}$): +8,0 % в варианте с совместным применением MgSO_4 (30) и диметоата по отношению к фону, что указывает на интенсификацию общего аминокислотнонакопления.

Наиболее чувствительными аминокислотами являлись лизин и метионин. Содержание лизина в варианте совместного применения сульфата магния в максимальной дозе и диметоата увеличилось на 16,9 % по

отношению к контролю и на 10,0 % к фону NPK. Для злаковых культур это принципиально важно, так как лизин обычно является первой лимитирующей аминокислотой в белке. Концентрация метионина возрастает с 1,65...1,72 г/кг (контроль/фон) до 1,86...1,89 г/кг в вариантах с MgSO_4 (15 и 30 кг д.в.), отражая вклад серы и улучшение эффективности азотного обмена. Умеренное, но систематическое увеличение отмечено также по валину, изолейцину, лейцину, фенилаланину и гистидину, что согласуется с поддержанием фотосинтетической активности и снижением стрессовых потерь листовой поверхности в вариантах с инсектицидной защитой.

Сравнительный анализ с плёночным сортом Скакун демонстрирует более низкие значения сумм аминокислот, при существенно меньшем содержании лизина (4,6 г/кг), что указывает на преимущественную аминокислотную полноценность голозёрного овса Немчиновский 61.

Таким образом, листовое внесение MgSO_4 улучшало азотную эффективность минерального питания и сопровождалось повышением суммарной доли незаменимых аминокислот (в частности лизина и метионина — ключевых для биологической полноценности белка злаков), что указывает на улучшение качества зерна (биологической ценности) и принципиально важно для пищевого, в т.ч. детского и диетического, использования голозёрного овса Немчиновский 61. Совмещение с инсектицидной защитой (диметоат по порогу) дополнительно стабилизировало накопление аминокислот за счёт сохранения активного листового аппарата в критические фазы формирования урожая.

Важно отметить, что выявленные тенденции улучшения качественных показателей зерна при внесении сульфата магния сохранялись во всех вариантах опыта независимо от климатических условий. Это свидетельствует о стабилизирующей роли магния и серы, позволяющей нивелировать влияние неблагоприятных факторов внешней среды и обеспечивать формирование

более высокого уровня качества зерна овса в годы с различным гидротермическим обеспечением.

3.4 Содержания остаточных количеств диметоата в растениях овса

Безопасность применения инсектицидов имеет принципиальное значение, поскольку их неконтролируемое использование сопряжено с рисками для здоровья человека и экосистем. В производстве зерна, предназначенного для детского и специализированного питания, наряду с показателями пищевой и биологической ценности первоочередным условием является соблюдение строгих требований экотоксикологической безопасности (*Ракитский В.Н., 2011*).

В связи с этим, в рамках проведения исследования по изучению влияния совместного применения сульфата магния и диметоата на урожай и качество зерна овса, была изучена динамика содержания остаточных количеств диметоата и его метаболита ометоата в разных частях растения.

Таблица 25 – Содержание диметоата и его метаболита ометоата в зеленой массе, зерне и соломе овса, мг/кг

Год	Срок отбора образцов	Часть растения	Вариант опыта					
			диметоат		диметоат + 15 кг д.в./га MgSO ₄		диметоат + 30 кг д.в./га MgSO ₄	
			диметоат	ометоат	диметоат	ометоат	диметоат	ометоат
2022	день обработки	зеленая масса	15,8	1,42	19,1	1,44	18,6	1,31
	через 10 дней	зеленая масса	7,35	1,85	7,99	2,01	6,55	1,99
	через 20 дней	зеленая масса	0,93	0,71	0,72	0,54	0,19	0,31
	через 30 дней	зеленая масса	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
	уборка урожая	зерно, солома	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

Продолжение таблицы 25

2023	день обработки	зеленая масса	14,4	1,87	14,7	1,46	16,1	1,33
	через 10 дней	зеленая масса	5,32	3,01	4,7	2,45	4,51	2,39
	через 20 дней	зеленая масса	0,4	1,31	0,24	0,96	0,18	0,76
	через 30 дней	зеленая масса	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
	уборка урожая	зерно, солома	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
2024	день обработки	зеленая масса	20,0	1,9	18,9	1,99	17,5	2,11
	через 10 дней	зеленая масса	12,2	2,03	10,8	2,19	8,92	2,38
	через 20 дней	зеленая масса	0,16	1,52	0,11	1,65	0,08	1,84
	через 30 дней	зеленая масса	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
	уборка урожая	зерно, солома	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

Установлено, что скорость деградации диметоата и динамика накопления его метаболита ометоата в зелёной массе овса существенно зависят от гидротермических условий года. В более влажном 2023 г. (оптимальное увлажнение) уже к 10-му дню после обработки содержание диметоата снижалось до 5,32 в варианте с обработкой только диметоатом, а так же до 4,7...4,51 мг/кг на вариантах с совместным внесением диметоата и $MgSO_4$ в дозе 15 и 30 кг д.в./га соответственно. При этом фиксировался кратковременный пик ометоата 2,39–3,01 мг/кг с последующим снижением к 20-му дню до 0,76–1,31 мг/кг. В близком к оптимальному по влагообеспеченности 2022 г. к 10-му дню диметоат снижался до 7,35–6,55 мг/кг, ометоат составлял 1,85–1,99 мг/кг, а к 20-му дню — 0,31–0,71 мг/кг. В засушливом 2024 г. наблюдалась наименьшая скорость распада диметоата: на 10-й день он сохранялся на уровне 12,2–8,92 мг/кг, а ометоат — 2,03–2,38 мг/кг; к 20-му дню диметоат падал до 0,16–0,08 мг/кг, тогда как ометоат оставался относительно высоким — 1,52–1,84 мг/кг. Во всех годах через 30

дней и к уборке (зерно, солома) остаточные количества диметоата и ометоата не обнаруживались.

Внесение сульфата магния модифицировало кинетику: уже на 10-й день дозозависимо снижалось содержание диметоата (например, 2024 г.: 12,2 → 10,8 → 8,92 мг/кг при 0/15/30 кг д.в./га MgSO_4), что указывает на ускорение метаболизма. Поведение ометоата носило годоспецифичный характер. В 2022–2023 гг. повышение дозы MgSO_4 сопровождалось более быстрым «провалом» пика метаболита к 20-му дню (2022 г.: 0,71 → 0,54 → 0,31; 2023 г.: 1,31 → 0,96 → 0,76 мг/кг), что согласуется с усилением метаболической и микробиальной минерализации при достаточном увлажнении. В 2024 г., напротив, с увеличением дозы MgSO_4 к 20-му дню наблюдалась более высокая остаточность ометоата (1,52 → 1,65 → 1,84 мг/кг), что отражает замедление последующих стадий разложения метаболита в условиях водного дефицита при одновременно сохранённой (и даже стимулированной) скорости первичного окисления диметоата.

Различное образование ометоата по годам исследования можно объяснить усилением метаболической активности листа на фоне внесения Mg и повышения солнечной активности и температуры соответственно. Разрушение же ометоата происходит за счет гидролиза и микробной или ферментативной минерализации, что так же зависит от влагообеспеченности.

Во влажные годы (2023 и 2022) гидролиз и микробиальная активность высоки: ометоат быстро достигает кратковременного пика (до 3,01 мг/кг на 10-й день) и затем ускоренно убывает (до 0,76–0,31 мг/кг к 20-му дню).

В засушливый 2024 г. первичное окисление диметоата до ометоата продолжается (особенно на фоне улучшенного метаболизма листа при Mg), но последующая деградация метаболита замедлена из-за дефицита влаги (снижение гидролиза и активности микробов). Поэтому к 20-му дню доля ометоата выше и дольше держится.

Таким образом, ометоат образуется быстрее, когда активны окислительные пути (свет, температура, функционирующий листовой аппарат), но удаляется медленнее при недостатке влаги, что и даёт разнонаправленные эффекты по годам. Роль MgSO_4 в этой схеме — ускорить первичную трансформацию (снижая диметоат) и, при достаточном увлажнении, опосредованно ускорить и минерализацию ометоата; в засуху же эффект ограничивается преимущественно ростом доли метаболита с более медленным последующим спадом.

Отсутствие остаточных количеств диметоата и ометоата в зеленой массе овса через 30 дней после обработки и в урожае говорит об экологической безопасности полученного зерна и получаемого из него конечного продукта.

Результаты изучения динамики разложения диметоата говорят о том, что его высокое содержание в зеленой массе овса способствовало более длительному защитному эффекту от личинок пьявицы. Совместное внесение сульфата магния и диметоата влияло на остаточные количества последнего за счет изменения биомассы при применении удобрений, а на остаточные количества ометоата — за счет изменения метаболизма в растениях.

Применение MgSO_4 совместно с диметоатом целесообразно рассматривать как технологию, одновременно повышающую продуктивность посевов и ускоряющую детоксикацию пестицида, что особенно важно при выращивании овса для детского питания. В годы засухи следует учитывать возможный краткосрочный «сдвиг» в сторону ометоата на 10–20-е сутки и планировать мониторинг в этот интервал; при этом регламент 30 суток до уборки достаточен для полного разрушения пестицида в любых условиях опыта.

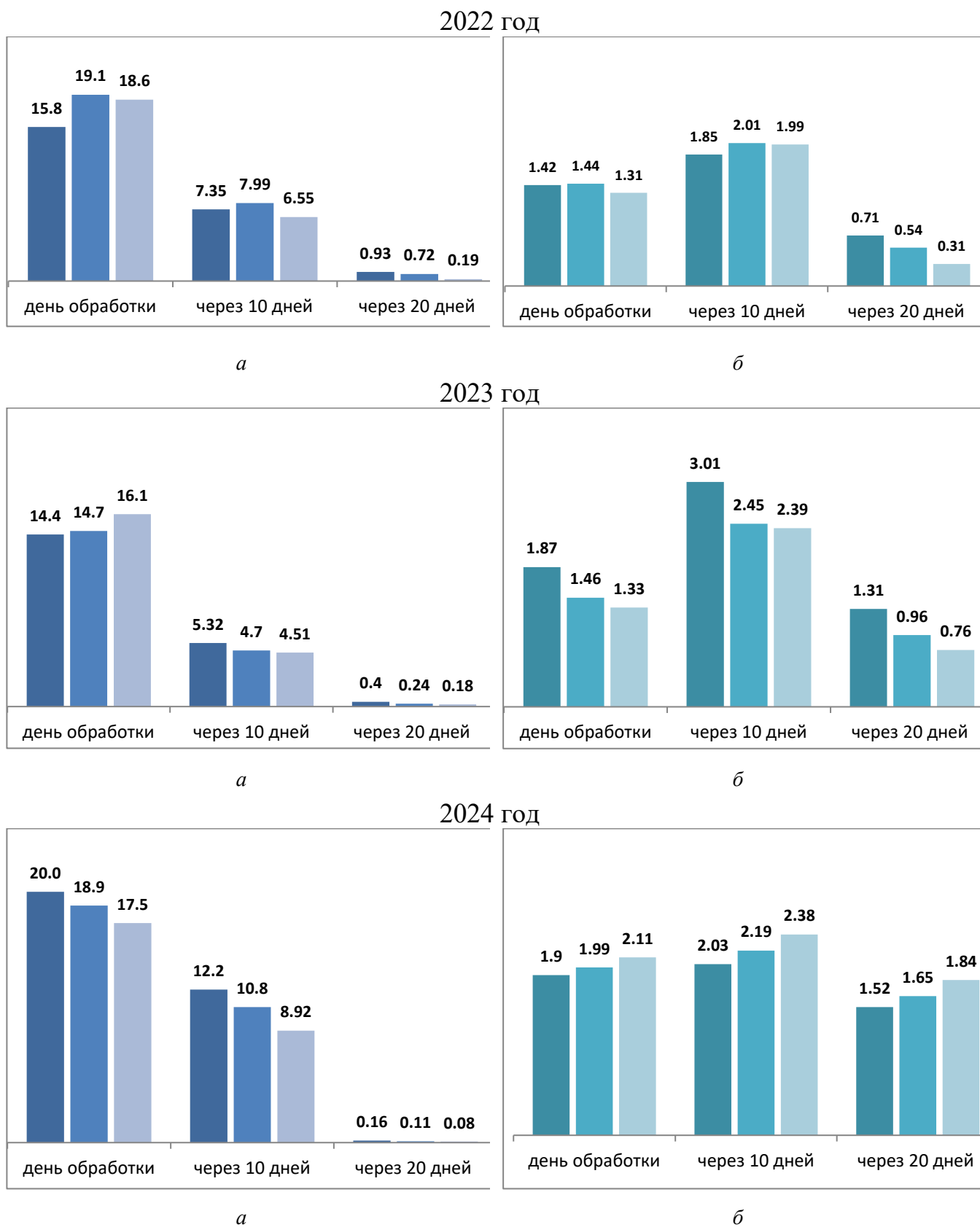


Рис 14. Содержание диметоата (а) и его метаболита ометоата (б) в зеленой массе овса по годам исследования:

Выводы к главе

1. Длина вегетационного периода определялась погодой (ГТК и температурный фон). Фоновое внесение NPK ускорило наступление ключевых фаз на 2–3 сут и сокращало вегетацию ~на 2 сут относительно контроля. Листовые подкормки $MgSO_4$ в нормальные/влажные годы слегка продлевали налив (до +2 сут к контролю), а в засушливый 2024 г. ускоряли прохождение фаз (выход в трубку, выметывание, цветение, полная спелость — на 1–4 сут раньше контроля), помогая «уйти» от пика водного стресса. Различий между дозами 15 и 30 кг д.в./га по фенологическому эффекту не выявлено.

2. Минеральное питание и листовая коррекция Mg повышали высоту растений и площадь листьев. Максимальные значения высоты в цветение достигали 123–125 см на варианте «NPK + $MgSO_4(30)$ + диметоат» против 106–111 см на контроле. Площадь листовой поверхности к цветению увеличивалась с 2,3–3,0 млн $m^2/га$ (контроль) до 4,5–4,6 млн $m^2/га$ в комбинированных вариантах; вклад NPK — +30–40 % к контролю, дополнительный вклад $MgSO_4$ — ещё +10–15 % к фону. Диметоат увеличивал площадь поверхности за счёт сохранности «зелёного листа».

3. Суммарный хлорофилл (a+b) рос на фоне NPK (+15–20 % к контролю), дополнительно увеличивался при $MgSO_4$ (+10–15 % к фону) и сохранялся выше при защите от пьявицы. Максимум зафиксирован на «NPK + диметоат + $MgSO_4(30)$ »: до 1,97 мг/г (2023 г.) и 1,67 мг/г (2024 г.) против 1,11–1,40 мг/г на контроле.

4. Диметоат обеспечивал стабильное и быстрое снижение численности личинок: к 3-м суткам –70...–88 %, к 7-м — –87...–96 %, к 10-м — –88...–94 % относительно фона во все годы, включая засушливый 2024 г. $MgSO_4$ сам по себе численность вредителя не снижал, его вклад — физиологическая поддержка растений и сохранение листовой поверхности.

5. Средняя за 3 года урожайность составила: контроль 14,3 ц/га, NPK 18,6 ц/га (+4,3; +30 %); NPK + $MgSO_4(15)$ — 20,8 ц/га (+2,2 к фону),

NPK + MgSO_4 (30) — 21,8 ц/га (+3,2 к фону); NPK + диметоат — 20,2 ц/га. Максимум получен при совмещении: 22,8–23,8 ц/га, что соответствует +4,2...5,2 ц/га к фону и +8,5...9,5 ц/га к контролю; различия достоверны (НСР_{05}). Эффект усиливался в стрессовых условиях 2024 г., где относительная прибавка была выше.

6. Совместное применение MgSO_4 и диметоата улучшало выполненность и товарные показатели: масса 1000 зёрен до 34–35 г, натура 489–498 г/л, белок 13,8–14,0 %, крахмал 57,0–57,5 % (минимальные значения получены в контроле на контроле). Показатели качества закономерно отражали погодный фон: при лучшем влагообеспечении — выше выполненность, при засухе — больше концентрация белка и крахмала.

7. Интегральный эффект технологии выражался в росте сбора белка с 1 га: от 1,7 ц/га (контроль) до 3,3 ц/га на «NPK + MgSO_4 (30) + диметоат», при промежуточных значениях 2,3–3,1 ц/га в остальных вариантах.

8. MgSO_4 (особенно 30 кг д.в./га) и его совмещение с диметоатом увеличивали сумму незаменимых аминокислот и улучшали аминокислотный профиль по лизину и метионину (лизин: до +16,9 % к контролю и +10 % к фону; метионин: до 1,86–1,89 г/кг против 1,65–1,72 г/кг), что важно для пищевого/детского назначения зерна.

9. Диметоат быстро деградировал, а ометоат давал кратковременный пик на 10-е сутки с последующим снижением; через 30 суток и в урожае (зерно, солома) остаточные количества диметоата и ометоата не обнаружены во все годы. MgSO_4 ускорял первичную трансформацию диметоата (особенно во влажные годы); в засуху наблюдалась дольше сохраняющаяся доля ометоата к 20-му дню, но к уборке остатки отсутствовали. Это подтверждает экологическую безопасность технологии при соблюдении регламента.

Глава 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА МАГНИЯ И ДИМЕТОАТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВСА

Экономическая целесообразность возделывания зерновых культур определяется, прежде всего, соотношением затрат на производство и величины получаемого дохода от реализации урожая. Для овса ключевыми статьями затрат выступают стоимость семенного материала, приобретение средств защиты растений, минеральных удобрений, а также затраты на горюче-смазочные материалы и техническое обеспечение производственного процесса. Наиболее значимой переменной в структуре базовых расходов является стоимость семян, так как она напрямую формирует величину первоначальных инвестиций и определяет общую экономическую устойчивость производства. Доходная часть складывается за счёт реализации зерна, цена на которое зависит как от рыночной конъюнктуры, так и от качественных характеристик полученной продукции.

Согласно официальным данным Росстата, валовой сбор овса в Российской Федерации в 2023 г. составил порядка 3,3 млн т, в 2024 г. — около 3,0 млн т. По этим показателям Россия занимает 2-е место в мире после Европейского Союза, где в 2023 г. было произведено около 7,4 млн т. Для сравнения, Канада собрала около 2,6 млн т (Statistics Canada, 2024). Таким образом, Россия остаётся одним из крупнейших производителей данной культуры, обладающим потенциалом как для внутреннего потребления, так и для наращивания экспортных поставок.

Экспортные перспективы овса в последние годы демонстрируют выраженную положительную динамику. По оценкам Аналитического центра «АБ-Центр», экспорт из РФ в 2023/24 г. достиг 275 тыс. т, а в 2024/25 г. вырос еще на 4% и составил 287 тыс. т — максимальный уровень за период с 1991 г. Основным драйвером экспорта выступает Китай, где наблюдается устойчивый рост потребления овса.

По данным USDA FAS (World Oats Trade), за последние годы поставки российского овса на внешний рынок увеличились с 86,2 тыс. т (сезон 2020/21) до 141,9 тыс. т (2022/23), в 2023/24 маркетинговом году достигли 275 тыс. т., а в 2024/25 г. этот показатель вырос до 287 тыс.т, что подтверждает стабильность спроса. Такая динамика отражает расширение экспортного окна для отечественных сельхозпроизводителей и устойчивое присутствие России на мировом рынке овса.

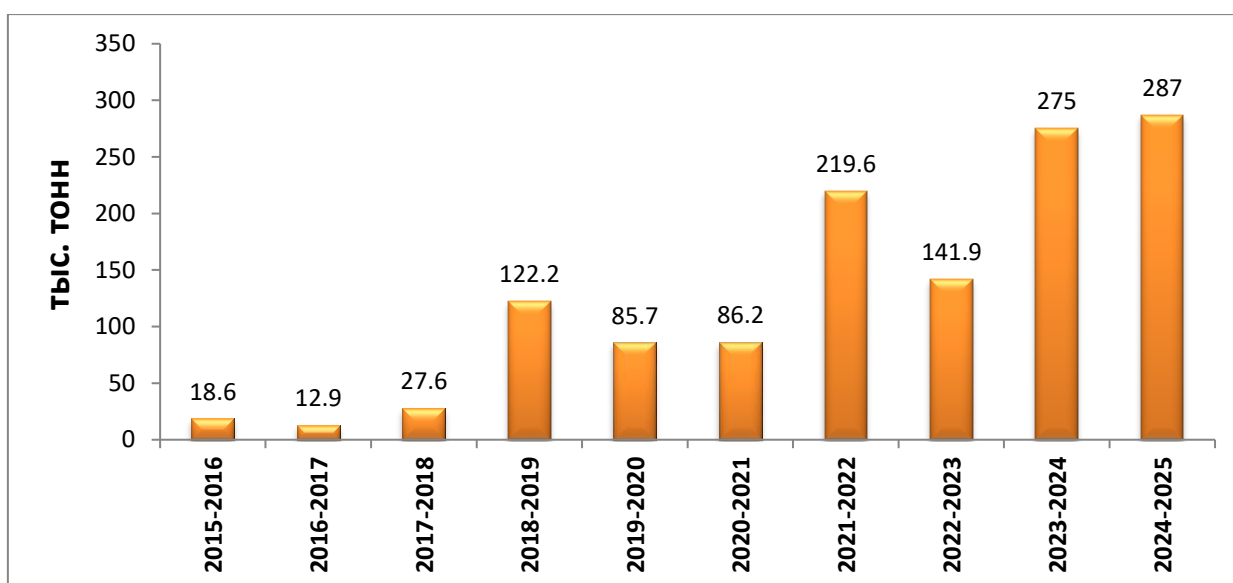


Рис. 15 Экспорт овса из России в 2015-2025 гг. (данные АБ-Центр)

Международный спрос поддерживается не только кормовым, но и пищевым использованием овса. Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов (EFSA, 2011) официально признало за β -глюканами овса способность снижать уровень LDL-холестерина, улучшать гликемический отклик и способствовать формированию чувства сытости. Эти эффекты обусловили включение овса в число приоритетных ингредиентов в сегменте «здорового питания». Международный совет по зерну (IGC, 2023) также фиксирует расширение применения овса в пищевой промышленности (хлопья, крупы, напитки, функциональные продукты).

Ценовая конъюнктура внутреннего рынка в последние годы также демонстрирует рост (рис. 16.). По данным Росстата, в 2025 г. средние цены производителей на овёс достигали 10,5–11,3 тыс. руб./т, что дополнительно

повышает его привлекательность для сельхозтоваропроизводителей. При этом голозёрный овёс, к которому относится сорт Немчиновский 61, реализуется на рынке значительно дороже: его цена в зависимости от качества и региона варьирует в пределах 18–25 тыс. руб./т (по данным торговых площадок и региональных объявлений), что в среднем почти в два раза выше уровня обычного овса. Таким образом, возделывание голозёрных сортов обладает повышенной рентабельностью и конкурентоспособностью. Сочетание расширяющегося внешнего спроса, устойчивых ценовых индикаторов и признанных пищевых преимуществ культуры формирует благоприятную среду, при которой каждый дополнительный центнер урожая и повышение качественных показателей (натура, масса 1000 зёрен, содержание белка и крахмала) напрямую конвертируются в прирост выручки.

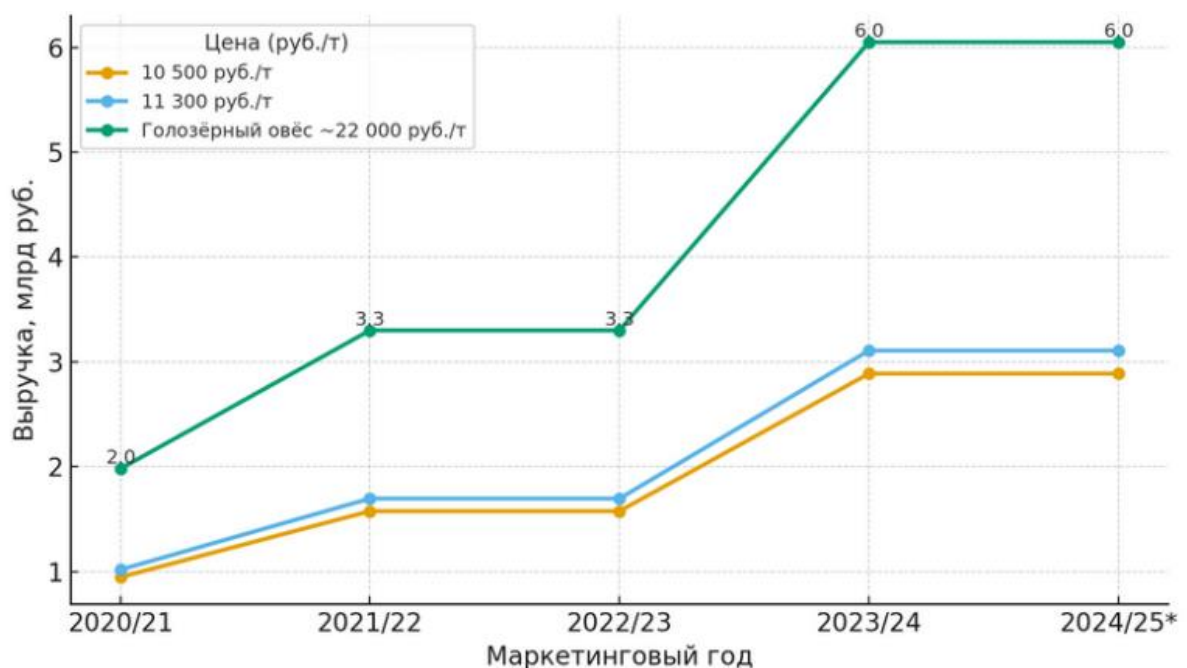


Рис. 16 Оценка экспортной выручки от овса (млрд. руб) на основе диапазона цен производителей (по данным Росстата, 2025 г.)

В этих условиях особую значимость приобретает поиск агрохимических приёмов, позволяющих сочетать защиту растений от биотических факторов с повышением коэффициента использования элементов минерального питания.

Обобщённые результаты проведённых трехлетних исследований показали, что совместное применение некорневых подкормок сульфатом магния диметоата способствует оптимизации процессов морфогенеза, повышению урожайности и улучшению качественных характеристик зерна овса. Одновременно наблюдается снижение потерь урожая за счёт уменьшения энтомологической нагрузки, что в комплексе обеспечивает высокую биологическую эффективность предложенной схемы.

Следует подчеркнуть, что при переходе от экспериментальных условий к производственной практике первостепенное значение приобретает экономическая оценка внедряемой технологии. Внедрение любого агротехнического приёма в систему возделывания должно рассматриваться не только с позиции его биологической результативности, но и с учётом затратной составляющей и сопоставлением с конечным хозяйственным результатом.

В данном случае экономический эффект формируется как за счёт дополнительной прибавки урожайности и улучшения качественных характеристик зерна, так и благодаря снижению производственных затрат при совмещении с инсектицидной обработкой. Проведение обеих операций в одном технологическом цикле уменьшает количество проходов техники по полю, что снижает расход горюче-смазочных материалов, эксплуатационные издержки и амортизационные потери. Дополнительным положительным аспектом является сокращение технологической нагрузки на почву, что способствует сохранению её структуры, предотвращает уплотнение пахотного слоя и обеспечивает более устойчивое функционирование агроэкосистемы. Таким образом, исследуемая технология отвечает принципам ресурсосбережения и устойчивого развития земледелия, что повышает её значимость в контексте современного агропроизводства.

Ниже приведены расчеты экономической эффективности различных вариантов опыта, которые выполнены с учётом основных статей себестоимости (стоимость семенного материала, удобрений, инсектицида,

ГСМ, затрат на амортизацию и оплату труда), а также средних цен реализации зерна овса по данным Росстата (2024). Это позволило определить уровень рентабельности, подтверждающий практическую значимость исследуемой технологии.

Таблица 26 – Исходные данные для расчета экономической эффективности опыта

Норма высева овса сорта Немчиновский 61		180 кг/га
Средняя цена семян (Немчиновский 61)		30 руб/кг
Стоимость посевного материала		5 400 руб/га
Затраты на возделывание 1 га овса*		7 600 руб/га
Цена диметоата (1,5 л)		1 500 руб
Цена MgSO ₄ (15/30 кг д.в.)		2111,4 руб/4222,8 руб
Цена Азофоски (35 000/т)		9 850 руб/га
ГСМ для обработки MgSO ₄ и диметоатом	раздельное внесение	470,4 руб/га
	совместно	282,2 руб/га
Цена реализации зерна (средняя рыночная цена в 2024 г.)		22 000 руб/т

* ГСМ на основную технологию, механизация/амортизация, ЗП, ТО, транспорт, уборка, сушка/доработка, прочие

Таблица 27 – Экономическая эффективность применения сульфата магния и диметоата при возделывания овса сорта Немчиновский 61

Вариант опыта	Средняя урожайность, ц/га	Затраты, руб/га	Стоимость зерна, руб/га	Себестоимость, руб/ц	Чистая прибыль, руб/га	Р, %
Контроль	14,3	13 000	31 460	909,1	18 460	142
Фон (NPK)	18,6	22 850	40 920	1 228,5	18 070	79
Фон + MgSO ₄ (15)	20,8	25 431,80	45 760	1 222,7	20 328	80
Фон + MgSO ₄ (30)	21,8	27 543,20	47 960	1 263,4	20 417	74
Фон + диметоат	20,2	24 350,00	44 440	1 205,4	20 090	83
Фон + диметоат + MgSO ₄ (15)	22,8	26 744	50 160	1 173,0	23 416	88
Фон + диметоат + MgSO ₄ (30)	23,8	28 855	52 360	1 212,4	23 505	81

Проведённые расчёты показали, что наименьшая себестоимость 1 ц зерна овса была получена в контрольном варианте и составила 909,1 руб. Так же контрольный вариант на первый взгляд оказался наиболее рентабельным, но процент рентабельности чувствителен к величине затрат: при низких затратах даже средняя прибыль даёт высокий процент рентабельности, но это не означает наилучшую эффективность. Для хозяйства же критичнее рубли на гектар, устойчивость к рискам и качество продукции.

Так же низкая себестоимость установлена в варианте совместного применения сульфата магния в дозе 15 кг д.в. и диметоата – 1173 руб/ц. Наибольшая чистая прибыль - в вариантах совместного применения сульфата магния в дозах 15 и 30 кг д.в./га и диметоата – 23 416 руб/га и 23 505 руб/га соответственно. При чем в варианте с дозой 30 кг д.в. прибыль больше всего на 89 руб/га. То есть абсолютная прибыль выше при совместном применении $MgSO_4$ и диметоата, а «контрольная» рентабельность в процентах — лишь эффект малой базы затрат, а не лучшей окупаемости технологии.

Таким образом, на фоне стандартной технологии с применением NPK ($N_{45}P_{45}K_{45}$) экономически наилучшие результаты обеспечивает сочетание инсектицидной обработки диметоатом с внекорневой подкормкой сульфатом магния. При дозе $MgSO_4$ 15 кг д.в./га в комбинации с диметоатом достигается максимальная окупаемость дополнительных затрат благодаря совмещению операций и снижению затрат на ГСМ. Увеличение дозы $MgSO_4$ до 30 кг д.в./га в той же схеме приводит к наибольшей чистой прибыли на 1 га среди изученных вариантов, что обусловлено более высокой урожайностью, при умеренном росте затрат, однако рентабельность ниже на 7% относительно дозы 15 кг д.в. Отдельное применение только диметоата или только $MgSO_4$ (15–30 кг д.в./га) также повышает чистую прибыль по сравнению с одним NPK, однако уступает по экономической эффективности совмещённой схеме.

Таким образом наиболее экономически-эффективным оказался вариант совместного применения MgSO_4 (15 кг д.в./га) и диметоата: он обеспечил почти максимальную прибыль при наилучшей отдаче каждого рубля дополнительных затрат, тогда как повышение дозы до 30 кг д.в. добавляет прибыли минимально, но заметно увеличивает затраты.

Учитывая повышенную цену реализации голозёрного овса относительно пленчатых сортов (18-25 т.р./т относительно 8-11 т.р./т), каждый дополнительный центнер урожая в сопоставимых условиях формирует значимый прирост выручки, что делает комбинированный приём (диметоат + MgSO_4) экономически оправданным и практико-ориентированным элементом технологии возделывания овса сорта Немчиновский 61 в Нечерноземной зоне РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения полевых экспериментов в Смоленской области в 2022-2024 гг. и серии лабораторных исследований на базе РГАУ-МСХА было установлено:

1. Установлено, что внедрение голозёрных сортов овса в сочетании с листовыми подкормками сульфатом магния и своевременной защитой посевов инсектицидом диметоатом способствует значительному повышению урожайности и улучшению качества зерна. Однако для максимизации эффективности данных агротехнических приёмов необходимо оптимизировать регламенты их применения с учётом особенностей сортов и условий выращивания, а также обеспечить экологическую безопасность производства..

2. Показано, что в условиях проведения опыта одним из основных вредителей овса является красногрудая злаковая пьявица (*Oulema melanopus* L.). Однократная обработка посевов инсектицидом диметоатом (400 г/л, норма расхода 1,5 л/га) в фазу кущения обеспечивала высокую биологическую эффективность препарата (>90%) на протяжении всех лет исследований. Добавление сульфата магния в баковую смесь не оказывало отрицательного влияния на инсектицидную активность препарата, что свидетельствует о совместимости и отсутствии антагонистических взаимодействий между удобрением и инсектицидом при комбинированной обработке.

3. Доказано, что совместное применение листовой подкормки сульфатом магния в дозе 15–30 кг д.в./га и инсектицида на основе диметоата (1,5 л/га) способствовало существенному улучшению физиологического состояния растений овса. В фазу цветения наблюдалось увеличение площади листового аппарата до ~4,6 млн м²/га, а суммарное содержание хлорофилла в листьях превышало контрольные показатели на 35–50%. Данный эффект обусловлен улучшением минерального питания магнием — ключевым

элементом, входящим в состав молекулы хлорофилла и необходимым для эффективного фотосинтеза. Усиление фотосинтетической активности и обеспечение растений магнием и серой обеспечивали более стабильное онтогенетическое развитие овса при варьирующихся гидротермических условиях в разные годы исследований.

4. Выявлено, что совместное применение сульфата магния и инсектицида диметоата позволило максимально реализовать продуктивный потенциал овса за счёт комплексного воздействия на минеральное питание, фотосинтез и защиту растений от вредителей. Использование предложенной агротехнической схемы (некорневая подкормка MgSO_4 в дозах 15–30 кг д.в./га + инсектицид 1,5 л/га) обеспечило статистически значимый прирост урожайности овса в среднем на 8,5–9,5 ц/га относительно контроля, что соответствует увеличению урожайности на 53–75%. По сравнению с фоновыми вариантами опытов урожайность была выше на 4,2–5,2 ц/га, что свидетельствует о высокой эффективности интегрированного подхода к питанию и защите растений.

5. Установлено, что при некорневой подкормке сульфатом магния в зерне овса отмечено повышение содержания общего белка до 13–14% (относительно 11–12% в контроле), а также улучшение аминокислотного профиля за счёт увеличения концентрации незаменимых аминокислот — лизина и метионина. Данные изменения свидетельствуют о более полном обеспечении растений макро- и микроэлементами в период формирования зерна и снижении стрессовых факторов. Магний, являясь коферментом ферментов синтеза белка, и сера, входящая в состав серосодержащих аминокислот, обусловили повышение белковости и улучшение качества протеина зерна, что имеет важное значение для пищевой ценности и технологических свойств овса.

6. Показана зависимость динамики распада инсектицида диметоата в растениях овса как от гидротермических условий, а так же выявлено, что добавление сульфата магния способствует ускорению биodeградации

препарата. Анализ растительных образцов показал, что через 30 суток после обработки остаточные количества диметоата и его основного метаболита ометоата в зеленой массе не обнаруживались. К моменту уборки урожая остаточные количества действующего вещества и метаболита в зерне и соломе отсутствовали. Таким образом, применение инсектицида в рекомендованные сроки совместно с магниевой подкормкой обеспечивает отсутствие остаточных количеств пестицида в продукции, что повышает экологическую безопасность и качество зерна, особенно важное для детского и диетического питания.

7. Обоснованы технологические регламенты применения сульфата магния и инсектицида диметоата на овсе. Рекомендовано совместное внесение препаратов в конце фазы кущения (перед выходом в трубку), что обеспечивает максимальную эффективность воздействия на физиологические процессы растения и защиту от вредителей. Оптимальная рабочая доза составляет $MgSO_4$ 15 кг д.в./га и диметоат 1,5 л/га. При подтверждённом дефиците магния и серы в почве либо при высоком урожайном потенциале культуры рекомендуется увеличить дозу $MgSO_4$ до 30 кг д.в./га для полного удовлетворения потребности растений в этих элементах.

8. На основе учёта затрат и доходов показано, что интеграция листовой подкормки сульфатом магния и инсектицидной обработки в один технологический приём повышает рентабельность возделывания овса. За счёт увеличения валового сбора и улучшения качества зерна снижаются удельные затраты на единицу продукции, что ведёт к росту чистой прибыли на 20-28% (до 23 416–23 505 руб./га). Экономическая модель подтверждает преимущество баковой смеси по сравнению с отдельным внесением препаратов, обусловленное сокращением количества проходов техники, экономией топлива и снижением трудозатрат. Оптимальная экономическая отдача достигается при применении $MgSO_4$ в дозе 15 кг д.в./га совместно с диметоатом (1,5 л/га) – рост рентабельности до 88% и снижение

себестоимости зерна до 1 173 руб./ц (на 5% по сравнению с фоновым вариантом).

9. Совместное применение минеральных удобрений и средств защиты растений способствует снижению антропогенной нагрузки на агроценоз за счёт оптимизации технологического процесса, уменьшения числа механических обработок почвы и сокращения количества проходов сельскохозяйственной техники по полю. Это положительно влияет на сохранность почвенного покрова, уменьшает эрозионные процессы и способствует поддержанию биологического разнообразия агроэкосистемы, что является важным фактором устойчивого земледелия.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Практическая рекомендация для сельхозтоваропроизводителей заключается в том, что совместное применение сульфата магния и диметоата является экономически оправданным и должно рассматриваться как элемент ресурсосберегающей технологии, позволяющей повысить конкурентоспособность отечественного зернопроизводства как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и внедрении адаптивных систем возделывания овса в условиях дерново-подзолистых почв Смоленской области и других регионов Нечернозёмной зоны.

Методологически важно подчеркнуть, что в опытных вариантах базовый фон NPK был осознанно снижен относительно рекомендуемых для зоны норм. Это было сделано для более чистого выявления физиологического эффекта магниево-серной листовой подкормки. Тем не менее, в производственных условиях мы не рекомендуем занижать дозы NPK: напротив, листовые обработки $MgSO_4$ целесообразно включать на фоне полноценных, агрохимически обоснованных доз NPK, что позволяет реализовать более высокий потенциал урожайности при сохранении положительного влияния магния и серы на фотосинтез и использование азота.

Итоговая рекомендация: листовые подкормки сульфатом магния в дозе 15 кг д.в./га следует применять на фоне нормальных, агрохимически обоснованных доз NPK и в сочетании с инсектицидной защитой по порогу вредоносности. Такая схема повышает урожайность и стабильность качества зерна, улучшает экономические показатели производства и повышает экологическую устойчивость агроценоза за счёт более эффективного использования элементов питания и снижения риска потерь от комплекса вредителей.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Настоящее исследование подтвердило практическую значимость и технологическую применимость предложенной комбинации MgSO_4 и диметоата, однако для её устойчивого внедрения и масштабирования требуется дальнейшая апробация в более широком пространственно-временном диапазоне, а также углублённое изучение механизмов взаимодействия компонентов баковой смеси и их последствий для агроэкосистемы.

Для дальнейшего проведения научных исследований рекомендуется проведение многолетних региональных испытаний на других типах дерново-подзолистых почв для уточнения доз и сроков, изучение взаимодействия MgSO_4 с иными классами инсектицидов и адъювантов, а так же оценка влияния предложенной технологии на энтомофагов и почвенную биоту в рамках интегрированной защиты растений.

Список литературы

1. Абрамов Н. В., Селюкова Г. П. Структура энергозатрат при возделывании яровой пшеницы // Земледелие. — 1998. — № 3. — С. 28–29.
2. Авдонин Н. С., Лебедева Л. А. Влияние длительного применения удобрений и известкования на свойства кислых почв // Агрохимия. — 1970. — № 7. — С. 3–11.
3. Авдусь П. Б., Сапожникова А. О. Определение качества зерна, муки и крупы. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1967. — 416 с.
4. Агроклиматические ресурсы Смоленской области. — 2-е изд. — Смоленск; М.: Моск. рабочий, 1970. — 152 с.
5. Айдинян Р. Х., Иванова М. С., Соловьёва Т. Г. Методы извлечения и определения различных форм серы в почвах и растениях: инструкция. — М., 1975. — 22 с.
6. Аканова Н. И. Агроэкологическая и энергетическая эффективность сочетания известкования с минеральными удобрениями: автореф. дис. д. биол. наук. — М., 2001. — 56 с.
7. Аканова Н. И., Козлова А. В., Мухина М. Т. Роль магния в системе питания растений // Агрохимический вестник. — 2021. — № 6. — С. 66–72.
8. Алёшин Е. П., Алёшин Н. Е. Рис. — М., 1993. — 504 с.
9. Анисимова Л. В., Ахмед С. И., Баландина Т. И. Влияние гидротермической обработки зерна на аминокислотный состав овсяной муки // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XXI Междунар. науч.-практ. конф., 22–23 марта 2018 г. — Барнаул, 2018. — Ч. 2. — С. 7–9.
10. Аристархов А. Н. Агрохимическое обоснование применения магниевых удобрений // Плодородие. — 2002. — № 3. — С. 15–17.
11. Аристархов А. Н. Агрохимия серы. — М., 2007. — 272 с.
12. Аристархов А. В. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность её применения // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2016. — № 5. — С. 39–47.
13. Аристархов А. Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. — М.: ЦИНАО, 2000. — 524 с.

- 14.Аристархов А. Н. Оптимизация полиэлементного состава в агроэкосистемах России / под ред. В. Г. Сычёва. — М.: ВНИИА, 2019. — 832 с.
- 15.Аристархов А. Н., Трещов А. Г. Методические указания по применению магнийсодержащих удобрений. — М.: ЦИНАО, 1983. — 28 с.
- 16.Аристархов А. Н., Яковлева Т. А. Методика определения ассортимента и потребности в Mg-удобрениях... — М.: ВНИИА, 2018.
- 17.Байтова С. Н., Касьянова Л. А., Дубина Т. А. Разработка технологии крупы и хлопьев из овса голозёрного // Хлебопродукты. — 2021. — № 1. — С. 59–62.
- 18.Баранов, В. Ф., Козлова, Л. М., Минаева, Н. И. Роль магния в питании сельскохозяйственных культур. *Агрохимия*, 2016, № 6, с. 72–80.
- 19.Баталова Г. А. Значение, селекция и элементы технологии возделывания овса голозёрного // Селекция, семеноводство и генетика. — 2015. — № 1. — С. 26–31.
- 20.Баталова Г. А. Некоторые аспекты устойчивости к лимитирующим факторам в селекции овса // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2013. — № 2(6). — С. 52–58.
- 21.Баталова Г. А. Овёс: технология возделывания и селекция. — Киров, 2000. — 206 с.
- 22.Баталова Г. А. Перспективы и результаты селекции голозёрного овса // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2014. — № 2(10). — С. 64–72.
- 23.Белкина Р. И. О пищевой ценности зерна овса и продуктов его переработки // Агропродовольственная политика России. — 2022. — № 1. — С. 2–5.
- 24.Белов Д. А. Химические методы и средства защиты растений в лесном хозяйстве и озеленении: учеб. пособие. — М.: МГУЛ, 2003. — 128 с.
- 25.Белошапкина О. О., Гриценко В. В., Митюшев И. М., Чебаненко С. И. Защита растений: фитопатология и энтомология: учебник. — Ростов-н/Д: Феникс, 2017. — 477 с.
- 26.Беляев Г. А., Попова Г. Е., Беляева Г. Т. Применение магниевых удобрений на лёгких почвах дерново-подзолистого типа. — Свердловск, 1982. — 36 с.

27. Бетин А. Н., Крысин М. П., Краснослободцева А. С. Использование голозёрного овса в составе комбикормов // Зоотехния. — 2010. — № 2. — С. 12–14.
28. Вальников И. У. Круговорот серы и значение его для сельскохозяйственных культур в Татарской АССР // Почвоведение. — 1973. — № 3. — С. 40–47.
29. Верещагин Л. Н. Вредители и болезни зерновых колосовых культур. — Киев: Юнивест Маркетинг, 2001. — 128 с.
30. Власов А. Г., Халецкий С. П., Булавина Т. М. Применение инсектицидов для защиты посевов овса от вредителей // Земледелие и селекция в Беларуси. — 2019. — № 5. — С. 119–126.
31. Германская Л. Г., Пасько О. В., Аникина Е. Н. Исследование и разработка технологии биопродукта с овсяным толокном // Пищевая промышленность. — 2015. — № 1. — С. 21–24.
32. Глуховцев В. В. Яровой ячмень в Среднем Поволжье (селекция, агротехника, сорта). — Самара: ПИИС, 2001. — 151 с.
33. Гончаров Н. Р. Организация защиты растений. — М.: Россельхозиздат, 1985. — 175 с.
34. Гончаров Н. Р., Каширский О. П. Энергетическая оценка мероприятий по защите растений // Сб. метод. рекомендаций по защите растений. — СПб., 1998. — С. 279–281.
35. Горлов А. В. Экономическая эффективность производства зерна в Воронежской области // Зерновое хозяйство. — 2003. — № 2. — С. 13–15.
36. Горпинченко Т., Аниканова З. Качество овса продовольственного назначения // Хлебопродукты. — 1996. — № 6. — С. 11–15.
37. ГОСТ 10840-2017. Зерно. Методы определения натуры.
38. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала.
39. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур.
40. ГОСТ 1396.15-2016. Корма. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира.
41. ГОСТ 54650-2011. Почвы. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова (модиф. ЦИНАО).

42. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества.
43. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH (метод ЦИНАО). — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 3–6 с.
44. ГОСТ 26212-2021. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.
45. ГОСТ 26490-85. Почвы. Определение подвижной серы (метод ЦИНАО). — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 4 с.
46. ГОСТ 28673-2019. Овёс. Технические условия.
47. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения азота и сырого протеина (метод Кьельдаля).
48. ГОСТ 32195-2013. Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот.
49. Долженко В.И., Сухорученко Г.И. Борьба с вредной черепашкой в южной зоне Ростовской области // Защита и карантин раст. 2001. № 6. С. 27.
50. Долматов А. П., Васильев И. В. Эффективность сульфата магния в ресурсосберегающих технологиях // Изв. Оренбургского ГАУ. — 2018. — № 1(69). — С. 26–28.
51. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
52. Доставалов А. В. Нормы высева и структура урожая голозёрного овса в Зауралье // Зерновое хозяйство. — 2003. — № 7. — С. 18–19.
53. Еремин Д. И. Удобрение и овёс: проблемы и решения в Западной Сибири // Удобрения и сельское хозяйство. — 2021.
54. Ерошенко Ф. В. Особенности фотосинтетической деятельности сортов озимой пшеницы. — Ставрополь: Сервисшкола, 2006. — 200 с.
55. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. — М.: АгроРусь, 2004. — 1110 с.
56. Захаренко В. А., Захаренко А. В. Экономические аспекты применения пестицидов // Агрохимия. — 2003. — № 11. — С. 85–96.
57. Захаренко, В. А. Минеральное питание сельскохозяйственных растений — СПб.: Лань, 2010. — 415 с.
58. Иванова А.В. Баланс серы в севооборотах и эффективность серосодержащих удобрений в условиях дерново-подзолистых почв

- Республики Марий Эл: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 «Агрохимия». Кинель: ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», 2018. 144 с.
- 59.Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Лоскутов И. Г. Биохимические показатели качества зерна голозёрного овса // Достижения науки и техники АПК. — 2018. — Т. 32, № 6. — С. 38–41.
- 60.Кабашов А. Д. и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2021. — № 3(39). — С. 34–40.
- 61.Кабашов А.Д. Внимание: голозерный овес // <https://avgust.com/newspaper> ; 25.04.2019 [Дата обращения 17.09.2025]
- 62.Кабашов А. Д., Колупаева А. С., Лейбович Я. Г., Разумовская Л. Г., Филоненко З. В. Голозёрный овёс Немчиновский 61 — новое направление в селекции // Современная аграрная наука — 2018. — С. 26–30.
- 63.Кабашов А. Д., Лейбович Я. Г., Маркова А. С. и др. Результаты и перспективы использования сортов голозёрного овса // Тр. конф. — 2019. — С. 51–54.
- 64.Каракотов С.Д. Новые препаративные формы расширяют ассортимент отечественных пестицидов // Агро XXI. 2006. № 1–3. С. 35–37.
- 65.Кардиналовская Р. И., Лазурский А. В. Влияние серы на урожай и качество культур // Агрохимия. — 1977. — № 10. — С. 10–18.
- 66.Каширских Е. В. Исследование и разработка технологии творожного продукта, обогащенного белковым концентратом из зерен овса посевного : специальность 05.18.04 - технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е. В. Каширских. - 2019. - 18 с.
- 67.Клименко О. Е., Иванова А. С., Клименко Н. И. Влияние щёлочности почвы на подвижность элементов питания // Бюл. Никитского ботанического сада. — 2007. — Вып. 95. — С. 46–50.
- 68.Козлова Г. Я., Акимова О. В. Сравнительная оценка голозёрных и плёночных сортов овса по качеству // С.-х. биология. — 2009. — № 5. — С. 87–89.
- 69.Козыренко М. А., Пакуль В. Н., Андросов Д. Е. Экологическая пластичность ярового овса // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 2018. — Т. 48, № 3. — С. 21–27.

70. Коломейченко, В. В., Кононова, Н. В., Трунов, А. Н. Питание сельскохозяйственных культур — Смоленск: Мичуринск, 2018. — 312 с.
71. Кузьминых А.Н., Михеев Е.В. Влияние систем обработки почвы и норм высева на урожайность овса посевного // Сетевой научный журнал РГАТУ. 2023. № 1. С. 20–29. DOI: 10.36508/journal.2023.57.52.003.
72. Кузьмич М. А., Дятлова Н. А., Кузьмич Л. С. Продуктивность и качество зерна линий овса // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2021. — № 2(38). — С. 129–136.
73. Кулаковская Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. — М., 1990. — 218 с.
74. Лапа В. В. (ред.). Система применения удобрений: учеб. пособие. — Гродно: ГГАУ, 2011. — 418 с.
75. Лапа В. В., Босак В. Н. Применение удобрений и качество урожая. — Минск: ИПА НАН Беларуси, 2006. — 120 с.
76. Лапа В.В., Лопух М.С. Качество зерна голозёрного овса в зависимости от системы применения минеральных удобрений // Почвоведение и агрохимия. — 2010. — № 1(44). — С. 165–173.
77. Лаптиева А.Б. Направления и элементы трансформации ассортимента пестицидов // Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений: Мат-лы Международ. научн. конф. Алматы, 24–25 сентября 2015 г. С. 540–546.
78. Лаптиева А.Б. Совершенствование средств и приемов химической защиты растений // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: Мат-лы 3-го Всерос. съезда по защите растений. В 3-х т. (16–20 декабря 2013 г.) СПб., 2013. Т. 2. С. 206–210.
79. Левашов И. Россия кратно нарастила экспорт овса в 2024 году // Агроэксперт. — 2024. — [Электронный ресурс]. (дата обращения: 08.10.2024).
80. Левшаков Л. В., Малахов А. В., Шахов А. И. Серосодержащие удобрения и качество зерна яровой пшеницы // Вестник Курской ГСХА. — 2022. — № 1. — С. 26–33.
81. Лопух М.С. Влияние комплексного применения макро- и микроудобрений на урожай и качество овса голозёрного при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис.

- канд. с.-х. наук: 06.01.04 «Агрохимия»; НАН Беларуси, РУП «НПЦ по земледелию», Ин-т почвоведения и агрохимии. — Минск, 2011. — 21 с.
82. Лошаков В. Г. Научные основы зерновой специализации севооборотов // Изв. Тимирязевской с.-х. академии. — 2006. — № 4. — С. 3–20.
83. Магницкий К. П. Магниевые удобрения. — М.: Колос, 1967. — 200 с.
84. Мазаева М. М. Обеспеченность магнием и распределение его в органах растений // Агрохимия. — 1965. — № 1. — С. 73–79.
85. МГУ, факт. почвоведения. Заключение по ОВОС инсекти-акарицида Бинадин, КЭ (400 г/л диметоата). — 2013.
86. Медведев С. С. Физиология растений: учебник. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 512 с.
87. Мельников Н. Н., Новожилов К. В., Пылова Т. Н. Химические средства защиты растений: справочник. — М.: Химия, 1980. — 288 с.
88. Методические рекомендации по применению сульфата магния — М.: ВНИИ агрохимии, 2017. — 27 с.
89. Методические рекомендации по экологическому испытанию зерновых культур. — Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2012. — 31 с.
90. Минеев В. Г., Сычёв В. Г., Гамзиков Г. П. и др.; Агрохимия / под ред. В. Г. Минеева. — М.: ВНИИА, 2017. — 854 с.
91. Мурзова О. В. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на овёс // Вестник БГСХА. — 2015. — № 2. — С. 64–66.
92. Мурзова О. В. Эффективность применения удобрений и регуляторов роста при возделывании овса голозёрного и плёночного: дис. к. с.-х. н. — Горки, 2017. — 164 л.
93. Орлов В. Н. (ред.) Вредители зерновых колосовых культур. — М.: Печатный город, 2006. — 104 с.
94. Панасин В. И., Слобожанинова В. Д., Лопатина Н. В. Сера и урожай. — Калининград: КГТ, 1999. — 150 с.
95. Панова П. Ю. Влияние совместного применения сульфата магния и диметоата на урожайность овса / Аканова Н. И., Гаспарян И. Н., Панова П. Ю. // Плодородие. — 2025. — № 3. — С. 16–20.
96. Панова П. Ю. Повышение биологической ценности белка и улучшение качественных показателей зерна голозерного овса при совместной некорневой обработке сульфатом магния и диметоатом / Панова П. Ю., Гаспарян И. Н., // Плодородие. — 2025. — № 6. — С. 14–16.

97. Панова П.Ю. Влияние листовой подкормки сульфатом магния на урожай и качественные показатели овса в условиях дерново-подзолистых почв Смоленской области/ Панова П.Ю., Гаспарян И.Н. // Агрохимический вестник.- 2026. - №1. – С.
98. Панова П.Ю. Влияние совместного применения сульфата магния и диметоата на урожайность овса // Современные методы агрохимических и агроэкологических исследований, их применение в сельскохозяйственном производстве: материалы 58-й Всероссийской конференции с международным участием. – Москва: ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2024. – С. 114-117. – ISBN 978-5-9238-0277-1. – DOI: 10.26178/9368.2024.16.86.002. – 194 с.
99. Панова П.Ю. Динамика разрушения диметоата в растениях овса при совместном применении с сульфатом магния // Защита растений от вредных организмов: материалы XII международной научно-практической конференции (Краснодар, 16–20 июня 2025 г.). — Краснодар: Кубанский ГАУ, 2025. — С. 313-315. — УДК 632.951.2.
100. Панова П.Ю. Экологические аспекты совместного применения инсектицида на основе диметоата и сульфата магния при возделывании овса в Нечерноземной зоне РФ // Вестник аграрной науки Узбекистана. — 2025. — № 3 (21/2). — С. 134-139.
101. Панова П.Ю. Эффективность действия инсектицидов на основе диметоата при возделывании яровой пшеницы // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы 12-й научно-практической конференции «Сочи-2024». – Москва: ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2024. – С. 183-188. – ISBN 978-5-00147-670-2. — 332 с.
102. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. — 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Агропромиздат, 1987. — 494 с.
103. Полонский В. И., Сурин Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г. и др. Изучение сортов овса по качеству и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2019. — Т. 23, № 6. — С. 683–690.
104. Поляков И. Я. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (с практикумом). — Л.: Колос, 1984. — 318 с.
105. Попова Л. М. Химические средства защиты растений: учеб. пособие. — СПб.: СПбГТУРП, 2009. — 96 с.

106. Посыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., Жеруков Б. Х. и др.; Растениеводство / под ред. Г. С. Посыпанова. — М.: КолосС, 2007. — 612 с.
107. Потаржицкий Я., Гжебиш В., Щепаняк В. Применение магниевых удобрений повышает эффективность использования азота озимой пшеницей (*Triticum aestivum* L.) // Plants. — 2022. — № 11
108. Природа Смоленской области / под ред. В. А. Шкалика. — Смоленск: Универсум, 2001. — 424 с.
109. Прокошев В. В., Неугодова О. В., Смирнов Ю. А., Государева З. И. Магниеые удобрения в интенсивном земледелии: обзор. — М.: ВНИИТЭИ-Агропром, 1987. — 52 с.
110. Ракитский В. Н., Николаева Н. И., Терешкова Л. П. (ред.). Справочник по пестицидам (токсиколого-гигиеническая характеристика). — М., 2011. — Вып. 1. — 960 с.
111. Ратников Р.Н. Формирование высокопродуктивных агроценозов яровой пшеницы в условиях Западного Нечерноземья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 «Растениеводство». — Смоленск, 2005. — 172 с.
112. Романенко Г. А., Завалин А. А., Якушев В. П. и др. Устойчивость земледелия и риски в условиях изменения климата: резюме колл. монографии. — СПб., 2009.
113. Россельхозцентр. Фитосанитарный прогноз по Смоленской обл. — 18.04.2022. — [Электронный ресурс]. URL: <https://rosselhoccenter.ru>
114. Рюликe Г. Роль магния в формировании урожая // Агроном. — 2012. — № 3. — С. 20–22.
115. Самодуров В. А. Формирование продуктивности сортов овса голозёрного и приёмы его возделывания в условиях лесостепи Поволжья: дисс. канд. с.-х. наук : 06.01.09 /Пенза. – 2007, 159 с.
116. Савельева Ю. В. К вопросу о реакции овса на кислотно-щелочные условия почвы // Актуальные проблемы аграрной науки. — 2023.
117. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к безопасности факторов среды обитания.
118. Сидорова Н. П. Продовольственная безопасность как фактор национальной безопасности России // Вестник РАН. — 2021. — Т. 91, № 3. — С. 320–329.

119. Слюсарь И. А., Силаева О. П., Бабурченкова З. П. Динамика показателей плодородия и химизации в Смоленской обл. // Достижения науки и техники АПК. — 2018. — Т. 32, № 4. — С. 10–15.
120. Смагин, А. В., Глинушкин, А. П., Трофимов, С. Я. Агрохимия и питание растений — М.: РГАУ-МСХА, 2019. — 428 с.
121. Степанов А. А. Эколого-токсикологическое обоснование применения инсектицидов против комплекса вредителей пшеницы в Поволжье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — СПб., 2003. — 19 с.
122. Степанов А.А. Эколого-токсикологическое обоснование применения инсектицидов против комплекса вредителей пшеницы в Поволжье: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. СПб., 2003. 19 с.з
123. Стрижова Ф. М., Царева Л. Е., Титов Ю. Н. Растениеводство: учебное пособие / М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Алтайский гос. аграрный ун-т". — Барнаул : Изд-во АГАУ, 2008. — 219 с. : ил., табл. : 21 см.; ISBN 978-5-94485-118-5.
124. Технические условия 20.20.11-198-42315284-2018. Бинадин, КЭ (диметоат 400 г/л).
125. Тихомирова В. Я. Влияние свойств почв, удобрений, извести и погоды на обеспеченность магнием // Агрохимия. — 2011. — № 5. — С. 84–89.
126. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений Н.Н. Третьяков. В. И. Кошкин, П.М. Макрушин и др.; под ред. Н.Н. Третьякова. 2-е изд., М.: КолосС, 2005.- 656 с.
127. Трещов А. Г. Магниевое питание растений: автореф. дис. д.с.-х. н. — М.: РГАУ-МСХА, 1973. — 46 с.
128. Трунов, А. Н. Агрохимия. — М.: КолосС, 2012. — 543 с.
129. Ушаков Т. И., Чиркова Л. В. Овёс и продукты его переработки // Хлебопродукты. — 2015. — № 11. — С. 49–51.
130. Хавкин А. И., Быстрова В. И., Шрайнер Е. В. и др. Целиакия: старая проблема, новые решения // Вопросы диетологии. — 2023. — Т. 13, № 4. — С. 64–71.
131. Хиль-Гонсалес А. Б., Шёгрэн Л. Л. Э., Бернфур К., Олссон О., Самбрано Х. А. Геномная идентификация экспрессируемых белков-глобулинов в овсе // *Frontiers in Plant Science*. — 2024. — [Электронный ресурс]. (дата обращения: 19.04.2025).

132. Чекина М. С., Меледина Т. В., Баталова Г. А. Перспективы использования овса в продуктах спец. назначения // Изв. СПбГАУ. — 2016. — № 43. — С. 20–25.
133. Чернов В.В., Подгорная М.Е. Закономерности трансформации диметоата в агроценозах яблони // Таврический вестник аграрной науки. — 2020. — № 2(22). — С. 180–187.
134. Чернов В. В. Особенности формирования урожайности и качества плодов яблони путем оптимизации технологии защиты против яблонной плодовой жоржки: дис. к.б.н. — 2021. — 137 с.
135. Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Баталова Г. А. и др. Биологическая ценность белка зерна овса голозерного // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2020. — № 2(34). — С. 78–83.
136. Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Прокопенко В. В. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. — Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. — 404 с.
137. Шильников И. А., Аканова Н. И., Баринов В. И. Прогноз изменения кислотности почв и содержания Са и Mg в Нечерноземье // Вопросы известкования почв. — М.: Агроконсалт, 2002. — С. 221–231.
138. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. Потери питательных элементов растений. Монография. Изд-во: Lambert Aca-demic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co.KG, Deutschland–2015- 502 с.
139. Шорохов М.Н. Биологическое и экотоксикологическое обоснование использования современных инсектицидов для защиты пшеницы озимой от вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) в условиях Сальских степей Предкавказья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.07 «Защита растений». — СПб.: ВИЗР, 2014.
140. Шорохов М. Н., Долженко В. И. Биологическая и экотоксикологическая оценка современных инсектицидов против клопа вредная черепашка // Вестник защиты растений. — 2014. — № 1. — С. 13–16.
141. Шорохов М. Н., Долженко В. И. Совершенствование ассортимента инсектицидов для защиты зерновых // Вестник Росс. с.-х. науки. — 2017. — № 2. — С. 32–34.
142. Юрченко В. В. Отдалённые последствия воздействия некоторых фосфорорганических пестицидов // РЭТ-инфо. — 2005. — № 2.

143. Aktar W., Sengupta D., Chowdhury A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards // *Interdisciplinary Toxicology*. — 2009. — Vol. 2, No. 1. — P. 1–12.
144. Aktar W., Sengupta D., Chowdhury A., Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards, *InterdiscToxicol*, 2 (1), 1 (2009).
145. Andreozzi R., Ialongo G., Marotta R., Sanchirico R. The thermal decomposition of dimethoate // *Journal of Hazardous Materials*. 1999. Vol. 64, No. 3. P. 283–294. DOI: 10.1016/S0304-3894(98)00265-9.
146. Anderson O. D. The Spectrum of Major Seed Storage Genes and Proteins in Oats (*Avena sativa*) // *PLoS ONE*. — 2014. — Vol. 9, No. 7. — e83569.
147. Bani Khalaf Y., Aldahadha A., Migdadi O., Samarah N. Boron and magnesium foliar application increase grain yield of durum wheat under drought... // *Agronomy Research*. — 2024. — Vol. 22(S2). — P. 619–635.
148. Barker, A.V., Pilbeam, D.J. (eds.) (2015). *Handbook of Plant Nutrition* (2nd ed.). CRC Press.
149. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains // *South African Journal of Animal Science*. — 2014. — Vol. 44, No. 2. — P. 189–197.
150. Cakmak I., Kirkby E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage // *Physiologia Plantarum*. — 2008. — Vol. 133. — P. 692–704.
151. Cakmak I., Yazici A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production // *Better Crops*. — 2010. — Vol. 94, No. 2. — P. 23–25.
152. Dannenberg A., Pehkonen S.O. Investigation of the heterogeneously catalyzed hydrolysis of organophosphorus pesticides // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998. Vol. 46, No. 1. P. 325–334. DOI: 10.1021/jf970368o.
153. Dobrokhoto A., Kozyreva L., Fesenko M., Dubovitskaya V., Sushko S. Soil Sulfur Deficiency Restricts Canola (*Brassica napus*) Productivity in Northwestern Russia Regardless of NPK Fertilization Level. *Agriculture*. 2023;13(7):1409. DOI:10.3390/agriculture13071409
154. EFSA NDA Panel. Scientific Opinion on barley beta-glucans and lowering of blood cholesterol // *EFSA Journal*. — 2011. — Vol. 9, No. 12.
155. Eurostat. Cereal production in the EU: statistics explained — 2023 data (oats: 5.9 million tonnes) [Электронный ресурс]. Luxembourg:

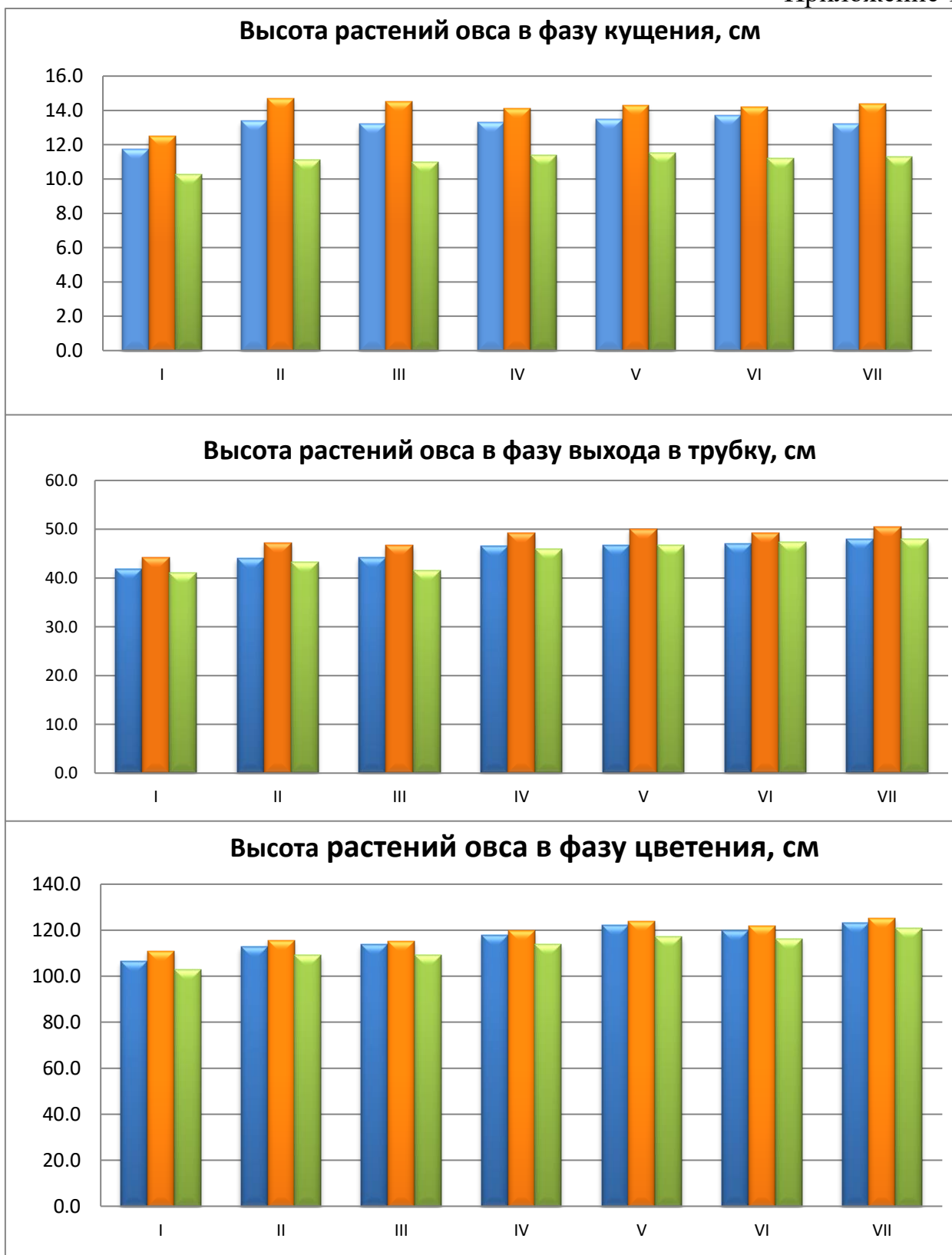
- Eurostat, 2024. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained> (Дата обращения: 17.04.2025)
156. Fukuto T.R. Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides // *Environmental Health Perspectives*. 1990. Vol. 87. P. 245–254. DOI: 10.1289/ehp.9087245.
 157. Fageria, N.K. *Nutrient Management for Improving Crop Quality and Yield*. CRC Press, 2014. — 345 p.
 158. FAO. *Plant Nutrition for Food Security* — Rome: FAO, 2020. — 244 p.
 159. Fernández, V., Eichert, T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28, 36–68.
 160. Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P. (2013). *Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices*. IFA.
 161. Kolbe, H., Märlander, B. Plant nutrition and crop quality — A review. *Plant and Soil*, 2012, 360(1): 1–19.
 162. Krupke C. H., Hunt G. J., Eitzer B. D., Andino G., Given K. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees near agricultural fields // *PLoS ONE*. — 2012. — Vol. 7. — e29268.
 163. Krupke C.H., Hunt G.J., Eitzer B.D., Andino G., Given K., Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields, *PLoS ONE*, 7, e29268 (2012).
 164. Marschner H. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. — 3rd ed. — London: Academic Press/Elsevier, 2011. — 1730 p.
 165. Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.
 166. McGrath, S.P., Zhao, F.J. Sulphur uptake, distribution, and assimilation in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2015, 178(2): 245–253.
 167. Mittler R. Abiotic stress, the field environment and stress combination // *Trends in Plant Science*. — 2006. — Vol. 11. — P. 15–19.
 168. Oerke E. C., Dehne H. W. Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection // *Crop Protection*. — 2004. — Vol. 23. — P. 275–285.
 169. Oerke E.C., Dehne H.W., Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection, *Crop Protection*, 23, 275 (2004).

170. Ragnarsdottir K. V. Environmental fate and toxicology of organophosphate pesticides // Journal of the Geological Society. — 2000. — Vol. 157. — P. 859–876.
171. Ragnarsdottir K.V., Environmental fate and toxicology of organophosphate pesticides, J. Geological Society, 157, 859 (2000).
172. Römheld V., Kirkby E. A. Magnesium function in crop nutrition and yield // Proc. Conf., Cambridge, 7 Dec 2007. — P. 151–171.
173. Sanchis V. From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: history of *Bacillus thuringiensis* // Agronomy for Sustainable Development. — 2011. — Vol. 31. — P. 217–231.
174. Sanchis V., From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: history of the biopesticide *Bacillus thuringiensis*. A review, Agronomy for Sustainable Development, 31, 217 (2011).
175. Singh R., De S., Belkheir A. *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: an overview // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. — 2013. — Vol. 53, No. 2. — P. 126–144.
176. Statistics Canada. Table 32-10-0359-01. Estimated areas, yield, production, average farm price and total farm value of principal field crops, in metric and imperial units [Электронный ресурс]. Ottawa: Statistics Canada. DOI: 10.25318/3210035901-eng. URL: <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.actionpid> (Дата обращения: 17.04.2025)
177. USDA, Foreign Agricultural Service (FAS). *Grain: World Markets and Trade*. Washington, DC, April 2025. 54 p. Таблица «World Oats Trade», стр. 35 (Russia — TY exports: 90; 150; 150; 275; 275) [Электронный ресурс]. URL: <https://fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade> (Дата обращения: 17.04.2025)
178. Webster J. P. G., Bowles R. G., Williams N. T. Estimating the economic benefits of alternative pesticide usage in wheat // Crop Protection. — 1999. — Vol. 18. — P. 83–89.
179. Webster J.P.G., Bowles R.G., Williams N.T., Estimating the Economic Benefits of Alternative Pesticide Usage Scenarios: Wheat Production in the United Kingdom, Crop Production, 18, 83 (1999).
180. Wheatley G. A., Hardman J. A., Strickland A. H. Residues of chlorinated insecticides in farm soils in England // Plant Pathology. — 1962. — Vol. 11. — P. 81–90.

181. Wheatley G.A., Hardman J.A., Strickland A.H., Residues of chlorinated hydrocarbon insecticides in some farm soils in England, *Plant Pathology*, 11, 81 (1962).

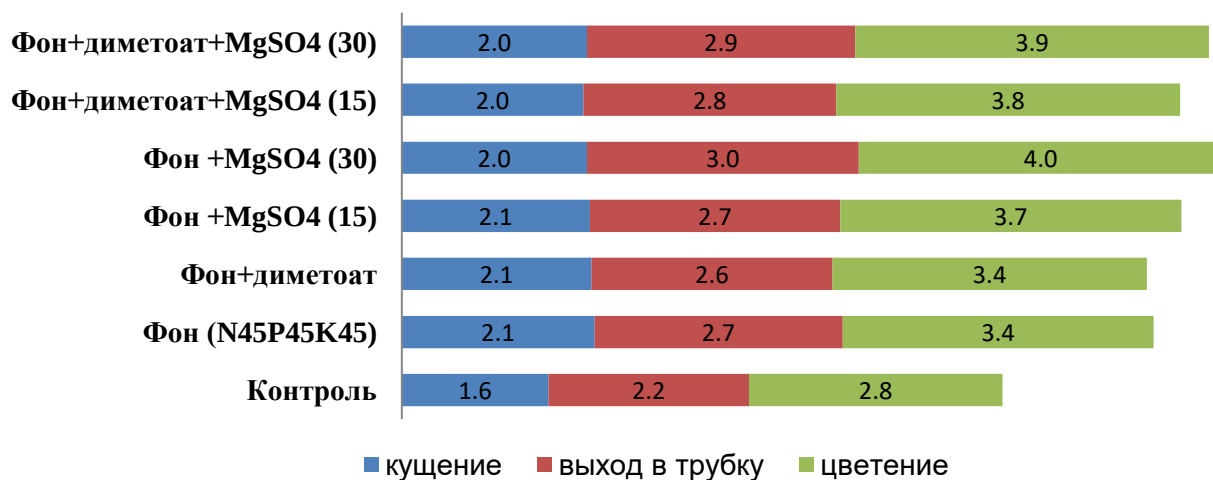
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

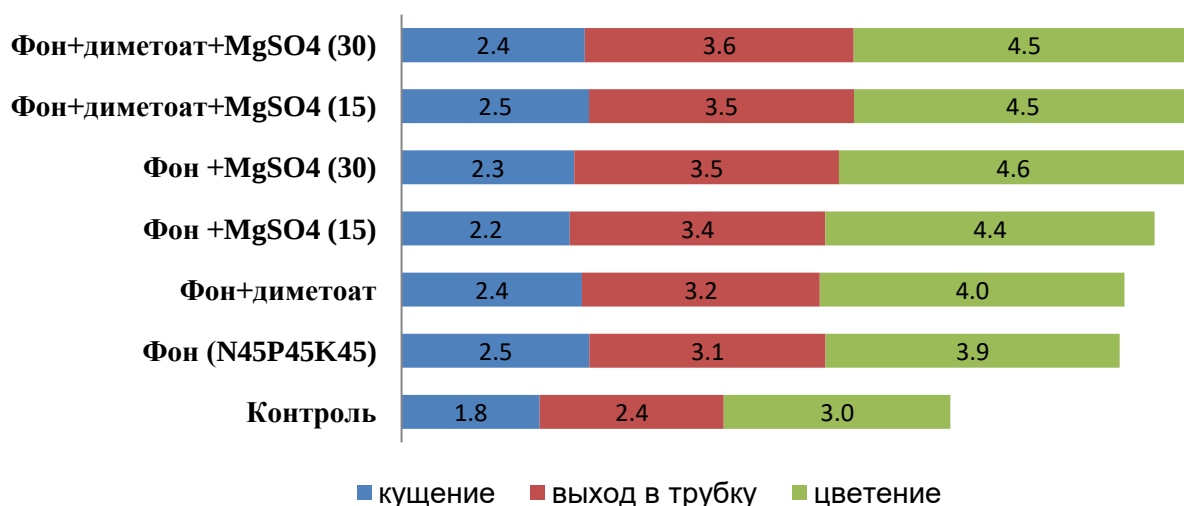


■ 2022 ■ 2023 ■ 2024

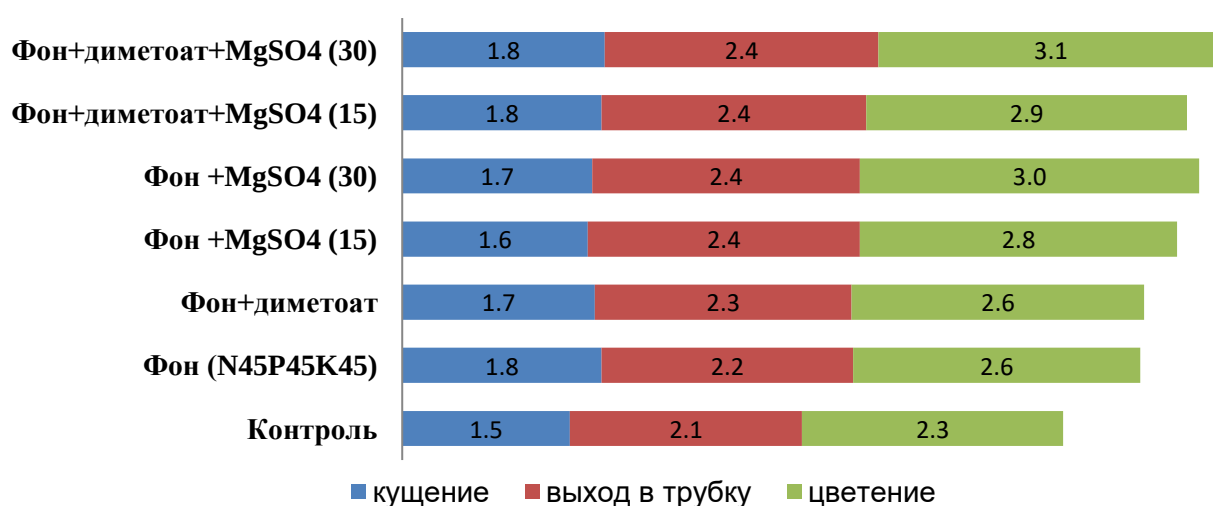
Площадь листовой поверхности овса, млн м²/га (2022 год)



Площадь листовой поверхности овса, млн м²/га (2023 год)



Площадь листовой поверхности овса, млн м²/га (2024 год)





Измерение площади листовой поверхности фотопланиметром LI-COR-3100



1

2

3



4

5



6

7

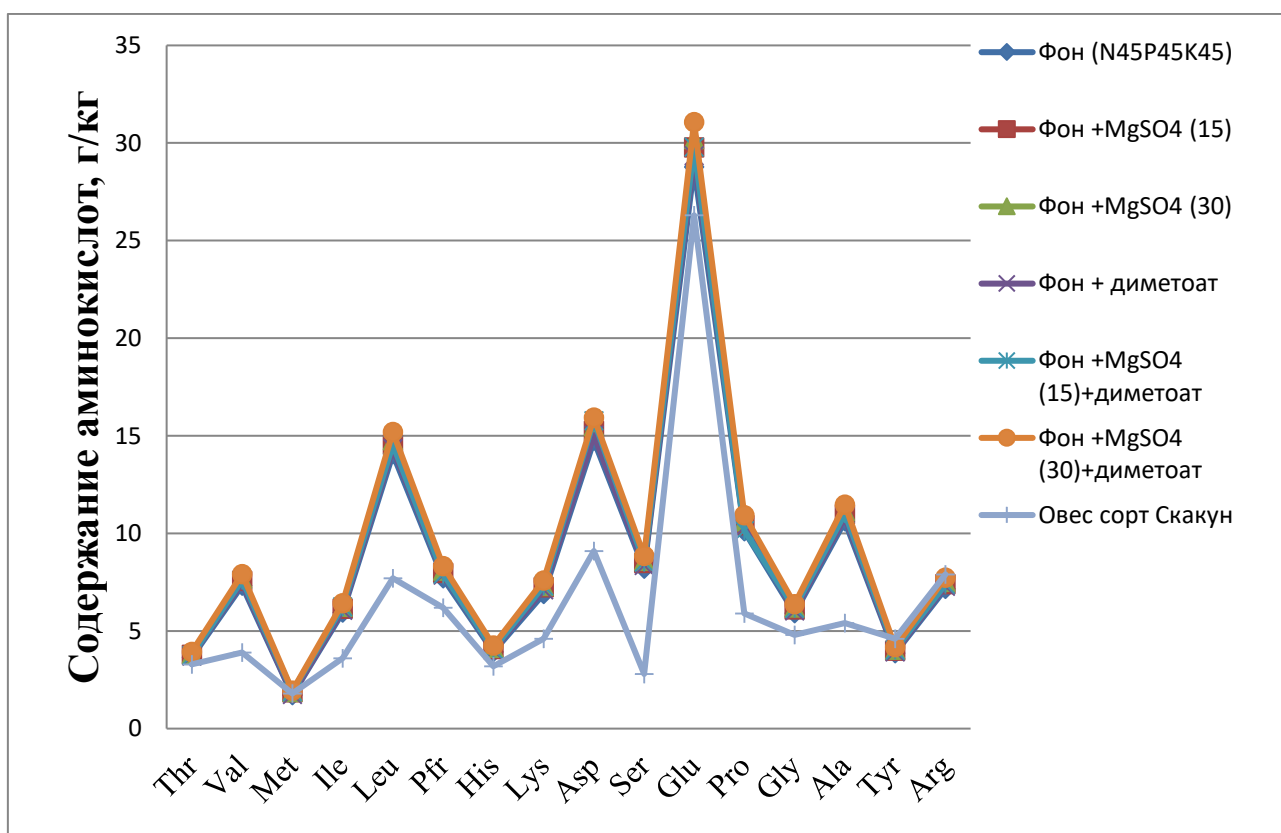
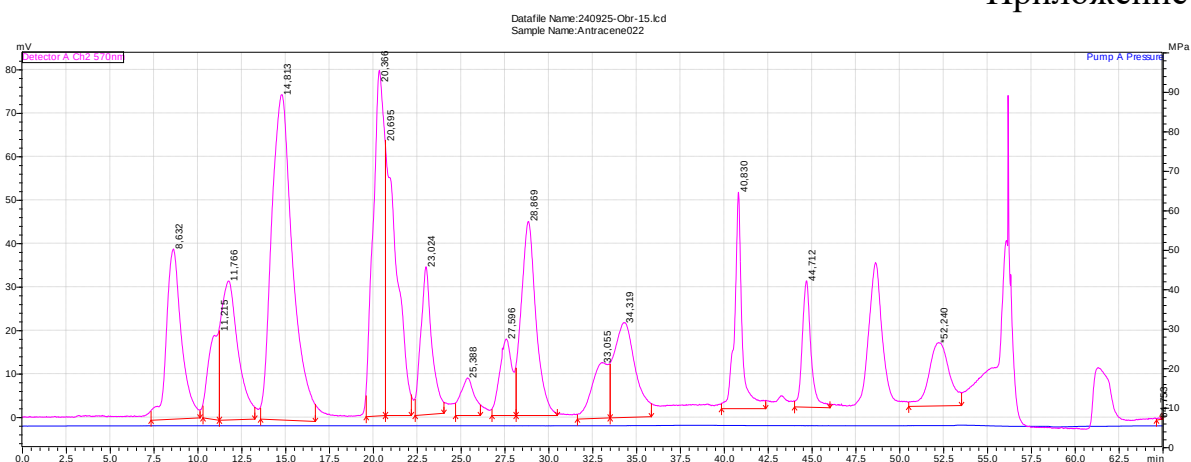
Высота растений овса через 2 недели после обработки:

1 – контроль; 2 – фон; 3 – фон+диметоат; 4 –фон +15 кг д.в. $MgSO_4$; 5 - фон +30 кг д.в. $MgSO_4$; ;6 - фон +15 кг д.в. $MgSO_4$ +диметоат; 7 - фон +30 кг д.в. $MgSO_4$ +диметоат

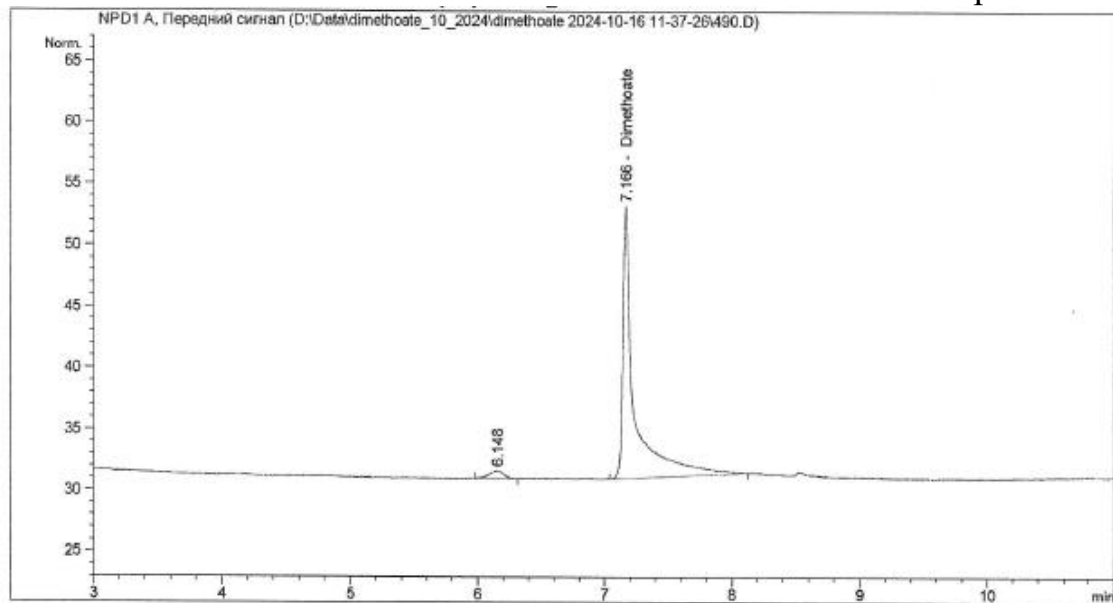


Измерение высоты растений и хлорофилла в листьях овса

Приложение 6



Содержание аминокислот в зерне овса сорта Немчиновский 61



External Standard Report

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : Friday, October 04, 2024 11:48:27 AM
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Do not use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: NPD1 A, Передний сигнал

RetTime [min]	Type	Area [nA*s]	Amt/Area	Amount [mkg/ml]	Grp	Name
5.798		-	-	-		Omethoate
7.166	BB	140.51685	1.37537e-3	1.93263e-1		Dimethoate

Totals : 1.93263e-1

Хроматограмма содержания диметоата и ометоата в овсе (2024 год)



поиск товаров и услуг...

НАЙТИ

например, картофель

ГЛАВНАЯ

ТОРГОВАЯ ПЛОЩАДКА ▾

ПРОВЕРКА КОНТРАГЕНТА

РАБОТА В АПК

КАТАЛОГ AGRO TOP

ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ

ЕЩЕ ▾

[Главная](#) > [Товары и услуги](#) > [Продукция с/х. сырье](#) > [Зерно, зернобобовые](#) > Купить овёс в Смоленской области, цены

Овёс в Смоленской области:

[Разместить здесь свой товар](#)

Товары и услуги (81)

Спрос (63)

Компании (38)

Город

☐ Барнаул (13)☐ Орел (8)☐ Ростов-на-Дону (5)☐ Новосибирск (4)☐ Краснодар (3)☐ Уфа (3)[Показать список ▾](#)

Регион

[Показать список ▾](#)

Страна

[Показать список ▾](#)Отображены товары поставщиков из **Смоленской области** — [убрать фильтр](#)[Овес яровой урожай 2025 г. сорт Яков РС=1](#)**14.00 руб / кг** [✉ отправить запрос](#) г. Духовщина 07 Сентября 2025

Овес яровой урожай 2025 г. сорт Яков РС=1

[Сергей ▾](#) [+7 \(916\) 674-30-43 ▾](#) 133

нет фото

[Овес голозерный](#)**25 000 руб / т** [✉ отправить запрос](#) доставка в г. Ярцево 05 Сентября 2025

Овес голозерный объем 500т цена 25000. за тонну с НДС, осуществляем доставку, производителям оплата по факту поставки. Владимир 8-915-979-50-10

[ООО "АГРОГРУПП" ▾](#) [+7 \(915\) 979-50-10 ▾](#) 970

УТВЕРЖДАЮ
 АО ПЗ «Шойбулакский»
 Комелин А.М.
 «11» _____ 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструктивных и технологических работ в высших учебных заведениях

Директор АО ПЗ «Шойбулакский» подтверждает, что результаты научно-исследовательской работы «**Оптимизация минерального питания в сочетании с инсектицидной защитой при возделывании овса в условиях Нечерноземной зоны РФ**» внедрены и апробированы на территории АО ПЗ «Шойбулакский» Медведевского района р. Марий Эл.

На площади 40 га посевов овса голозерного сорта Немчиновский 61 при проведении листовой подкормки (фаза кущения) сульфатом магния (15 кг д.в./га) была получена урожайность 38,4 ц/га, а при совместной обработке сульфатом магния и диметоатом 42,7 ц/га. В контрольном варианте (без дополнительной обработки сульфатом магния и диметоатом) урожайность составила 24,5 ц/га

Новизна результатов научно-исследовательских работ: качественно- новое

В ходе научных исследований фон НРК был осознанно снижен относительно рекомендуемых для зоны норм для более чистого выявления физиологического эффекта магниевое-серной листовой подкормки, а в производственной схеме применены полные, агрохимически обоснованные дозы НРК, что соответствует цели максимизации урожайности.

Полученный урожай реализовался по цене 220 руб/ц

Экономический эффект от внедрения технологии:

ожидаемый:

15 кг д.в. $MgSO_4$ – 100000 руб;

15 кг д.в. $MgSO_4$ +диметоат – 120000 руб.

фактически полученный:

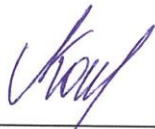
15 кг д.в. $MgSO_4$ – 122320 руб;

15 кг д.в. $MgSO_4$ +диметоат – 160160 руб.

Директор АО ПЗ «Шойбулакский»

Главный агроном, к.с.-х.н.

Соискатель


 _____ А.М. Комелин

 _____ С.А. Горохов

 _____ П.Ю. Панова



УТВЕРЖДАЮ

Глава КФХ «Григорьев В.Н.»

Григорьев В.Н.

«17» ноября 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Глава Крестьянско-фермерского хозяйства «Григорьев В.Н.» подтверждает, что результаты научно-исследовательской работы по оценке эффективности совместного применения сульфата магния и диметоата внедрены и апробированы на территории КФХ «Григорьев В.Н.», расположенного в Бобровском районе Воронежской области.

На площади 32 га посевов овса голозерного сорта Немчиновский 61 при проведении листовой подкормки (фаза кущения) сульфатом магния (15 кг д.в./га) была получена урожайность 32,4 ц/га, а при совместной обработке сульфатом магния и диметоатом 34,3 ц/га.

В ходе научных исследований фон NPK задавался пониженными дозами для чистой оценки эффекта Mg; в производственной схеме КФХ применены полные, агрохимически обоснованные дозы NPK, что соответствует цели максимизации урожайности.

Полученный урожай реализовался по цене 20 700 руб/т

Экономический эффект от внедрения технологии:

ожидаемый:

15 кг д.в. $MgSO_4$ – 52 000 руб;

15 кг д.в. $MgSO_4$ +диметоат – 57 000руб.

фактически полученный:

15 кг д.в. $MgSO_4$ – 67 068 руб;

15 кг д.в. $MgSO_4$ +диметоат – 71 001руб.

Члены комиссии:

Глава КФХ _____

Григорьев В.Н.

Соискатель _____

Панов П.Ю.