

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова»

На правах рукописи

Поликарпов Антон Сергеевич

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В
СОЧЕТАНИИ С МНОГОКОМПОНЕНТНЫМ ИНСЕКТИЦИДОМ В
ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ РАПСА ЯРОВОГО НА ДЕРНОВО-
ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ**

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Диссертация
на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук
Гаспарян Ирина Николаевна

Москва, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1. Современное состояние и хозяйственно-биологические особенности рапса ярового.....	14
1.2. Значение микроэлементов бора и молибдена для роста и развития растений и повышения плодородия почв.....	19
1.3. Эффективность борных и молибденовых удобрений в рапсоводстве.....	23
1.4. Комплекс вредителей масличных культур в условиях Нечерноземной зоны РФ.....	28
1.5. Принципы интегрированной защиты растений.....	31
1.6 Особенности трансформации инсектицидов при их использовании в агроценозах с рапсом.....	38
Выводы по главе.....	42
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	44
2.1. Природно-климатические условия места проведения исследований.....	44
2.2. Погодные условия в годы проведения исследований.....	47
2.3. Объекты и методы проведения исследований.....	50
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ОПТИМИЗАЦИИ ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ РАПСА ЯРОВОГО.....	56
3.1. Влияние микроэлементов в сочетании со средствами защиты растений на формирование морфометрических признаков и адаптивной устойчивости рапса ярового.....	56
3.2. Эффективность совместного применения микроэлементов и инсектицида (тиаметоксам + лямбда-цигалотрин) при влиянии на урожайность и структуру урожая рапса ярового.....	69
3.2.1. Элементы структуры урожая опытных вариантов.....	69
3.2.2. Урожайность рапса ярового сорта «Викрос».....	78

3.3. Влияние совместного применения микроэлементов и инсектицидных обработок на динамику численности основных вредителей рапса ярового.....	87
3.3.1. Эффективность технологии сочетания микроэлементов и комплексной инсектицидной обработки против крестоцветных блошек и капустной тли.....	88
3.3.2. Биологическая эффективность совместного применения микроэлементов и комплексного инсектицида против рапсового клопа и капустной белянки.....	96
3.4. Агроэкологическая оценка действия микроэлементов и средств защиты растений на динамику и степень разрушения действующих веществ комплексного инсектицида в условиях дерново-подзолистых почв.....	105
3.4.1. Оценка качества рапса ярового по остаточным количествам тиаметоксама.....	105
3.4.2. Выявление остаточных количеств лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового при использовании различных доз комплексного инсектицида.....	107
3.5. Комплексное влияние факторов на пролонгацию защитного действия посева рапса ярового.....	115
3.5.1. Влияние микроэлементов на динамику разрушения инсектицидов.....	116
3.5.2. Влияние погодных условий и технологической схемы на пролонгацию защитного действия.....	119
Выводы по главе.....	122
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИНСЕКТИЦИДА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАПСА ЯРОВОГО.....	124
Выводы по главе.....	133
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	134
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	137
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	138
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	154
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	155
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	156

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повышения урожайности сельскохозяйственных культур остается одной из ключевых для аграрного сектора многих стран. В числе важных масличных культур, рапс яровой занимает особое место благодаря своей экономической и пищевой ценности. Введение микроэлементов, таких как бор и молибден, в технологию возделывания рапса ярового, показывает значительный потенциал для улучшения его устойчивости и урожайности [13, 14, 15].

Посевные площади рапса ярового в мировом масштабе продолжают расширяться. Основные производители культуры, такие как Канада, Китай, Индия, и страны Европейского Союза, активно внедряют новые агрономические технологии для увеличения объемов сельскохозяйственного производства [22]. В России, особенно в регионах с умеренным климатом, также наблюдается тенденция к увеличению посевных площадей рапса, что связано с высоким спросом на растительные масла и биодизель [10, 11].

В сельском хозяйстве рапс яровой известен своей способностью к быстрому росту и развитию, что делает его идеальным кандидатом для внесения микроэлементов. Бор и молибден играют важную роль в регуляции питательного обмена растения, повышая его устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и болезням. Использование бора и молибдена в качестве микроудобрений позволяет не только улучшить физиологические показатели растений, но и увеличить их урожайность. Современные исследования показали, что оптимальное применение этих микроэлементов может увеличить содержание масла в семенах рапса, а также повысить общую массу урожая [13, 14, 15, 16].

В Российской Федерации наибольшая концентрация посевов рапса ярового приходится на Центральный и Южный федеральные округа. Внедрение инновационных методов агротехники, включая использование микроэлементов, в последние годы позволило значительно увеличить

урожайность этой культуры. Так, если в начале 2000-х годов средняя урожайность составляла около 1,2 тонны с гектара, то к текущему моменту этот показатель увеличился вдвое [10].

Развитие и оптимизация сельскохозяйственных технологий, включая правильное использование микроэлементов, остаются приоритетными направлениями для агрономов и фермеров, стремящихся максимально увеличить производство ценных сельскохозяйственных культур, таких как рапс яровой [13, 15, 19].

Актуальность темы. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, а также повышения требований к качеству и экологической безопасности продукции растениеводства, одной из приоритетных задач становится обеспечение стабильной урожайности сельскохозяйственных культур при минимизации фитосанитарных рисков [10, 11]. Рапс яровой (*Brassica napus*), как высоко чувствительная к агротехнике культура, проявляет высокую потребность в микроэлементах, особенно в боре и молибдене, дефицит которых ограничивает формирование генеративных органов растений, синтез хлорофилла и усвоение азота [13, 14, 16]. Еще одним важным фактором, обеспечивающим стабильные урожаи культуры, является снижение потерь, наносимых рапсу комплексом листогрызущих и сосущих вредителей, способных снизить урожайность семян на 30–60 % [10, 12]. Современные подходы к повышению продуктивности сельскохозяйственных культур включают интеграцию микроэлементного питания с химической защитой, позволяющую пролонгировать защитное действие инсектицидов и усилить биологическую устойчивость растений [17, 18]. Такие технологии особенно актуальны для дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны, характеризующихся низким содержанием доступных форм микроэлементов [25, 26]. Проведённые автором полевые и лабораторные исследования [27, 28] показали, что совместное применение двухкомпонентного инсектицида с бором и молибденом увеличило защитный период препарата, снизило остаточные количества пестицида в урожае, повысило урожайность семян и

рентабельность производства рапса ярового. Тема настоящей работы отвечает приоритетным направлениям агрохимии и защиты растений и обладает высокой практической значимостью для совершенствования технологии устойчивого производства рапса в условиях Нечерноземной зоны РФ.

Степень разработанности проблемы. Проблемы оптимизации минерального питания и защиты растений подробно освещены в научной литературе — как с позиций влияния отдельных факторов (вредители, фитопатогены, сорная растительность) на продуктивность агрофитоценозов, так и в контексте комплексной оценки эффективности агротехнологий [10, 11, 17]. Физиологическая роль микроэлементов в росте и развитии растений рапса, в частности бора и молибдена, подробно рассмотрена в работах [13, 14, 15, 16] и подтверждена многолетними полевыми и лабораторными экспериментами. Показано, что недостаток указанных элементов существенно ограничивает синтез хлорофилла, азотный обмен и формирование генеративных органов, что особенно критично для растений семейства капустные (*Brassicaceae*). В то же время влияние микроэлементного питания на эффективность защитных мероприятий и поведение действующих веществ инсектицидов в условиях комплексного их применения остаётся недостаточно изученным. Отдельные аспекты деградации неоникотиноидов и пиретроидов в растительных тканях и почве описаны в современных исследованиях [17, 18], однако данные оценки касаются применения препаратов без изучения влияния агрохимических факторов. Особенности трансформации действующих веществ многокомпонентных инсектицидов, таких как тиаметоксам и лямбда-цигалотрин, при совместном их применении с микроудобрениями, до настоящего времени не получили должного экспериментального и теоретического обоснования, особенно в условиях дерново-подзолистых почв Центрального региона РФ. Проведённые исследования существенно расширяют спектр научно-практических подходов к совершенствованию интегрированных систем защиты растений и способствуют развитию устойчивых, ресурсосберегающих и экологически обоснованных технологий

возделывания рапса ярового в Нечерноземной зоне России. Согласно обзору, опубликованному в журнале Plant and Soil, эти микроэлементы существенно влияют на рост растений, их устойчивость к болезням и урожайность [22].

Цель исследования. Целью исследования являлось совершенствование системы микроэлементного питания и защиты от вредителей рапса ярового в условиях дерново-подзолистых почв, направленное на повышение продуктивности, экологической безопасности и экономической эффективности современной технологии возделывания культуры.

Задачи исследования:

1. Проанализировать потребность в микроэлементах минерального питания рапса ярового на дерново-подзолистых почвах и оценить вредоносность наиболее распространенных видов вредителей данной культуры в Калужской области;

2. Обосновать биологическую эффективность двухкомпонентного инсектицида (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) против основных вредителей рапса и провести оценку влияния погодных условий на его инсектицидную активность;

3. Оценить влияние совместного применения микроэлементов (бора и мо-либдена) и инсектицида на рост, развитие и продуктивность растений рапса ярового;

4. Исследовать динамику разрушения остаточных количеств действующих веществ инсектицида в растениях рапса ярового при совместном применении с бором и молибденом с учётом возможного влияния на динамику разложения агрометеорологических факторов;

5. Провести оценку экономической эффективности различных схем применения инсектицида и микроэлементов и определить наиболее рентабельные варианты полевых экспериментов для внедрения в сельскохозяйственное производство;

6. Разработать рекомендаций по интеграции микроэлементного питания и химической защиты растений в технологии возделывания рапса ярового, направленные на повышение урожайности, снижение пестицидной нагрузки и обеспечение экологической безопасности получаемой продукции.

Объект исследования: растения рапса ярового (*Brassica napus*) сорта «Викрос», возделываемые на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Калужской области.

Предмет исследования – интегрированная система микроэлементного питания с применением бора и молибдена, и защиты растений от вредителей рапса с применением многокомпонентного инсектицидного препарата на основе тиаметоксама и лямбда-цигалотрина в рамках технологии возделывания рапса ярового. Особое внимание уделялось агрохимическим, биологическим и экологическим аспектам данной системы, включая остаточные количества действующих веществ, динамику их разрушения, урожайность и экономическую эффективность.

Научная новизна. Впервые для дерново-подзолистых почв Калужской области проведена комплексная оценка эффективности совместного применения бора (150 г/га д.в.) и молибдена (75 г/га д.в.) с инсектицидом (0,10 л/га). Установлено, что данная схема повышает урожайность рапса ярового на 10,2–11,5 ц/га (72,3–81,6 % к контролю) и на 6,0–7,3 ц/га (35,5–41,5 %) относительно фонового варианта. Дополнительно зафиксирован рост морфометрических признаков: высота растений увеличивалась на 17,3 %, длина стручков — на 55,1 %, число стручков и масса семян с растения — на 56,5 и 56,0 % соответственно. Показана пролонгирующая роль микроэлементов: содержание тиаметоксама на 7-е сутки сохранялось на уровне 1,11 мг/кг против 0,75–0,95 мг/кг в тёплые годы; остатки лямбда-цигалотрина — 0,29 мг/кг против 0,17–0,19 мг/кг. При этом биологическая эффективность инсектицида достигала 93–98 % в первые 7 суток и сохранялась до 96–98 % при защитном периоде до 14 суток. Совместное применение снижало остатки действующих веществ до уровней ниже ПДК и обеспечивало

чистую прибыль 44 764 руб./га при рентабельности 166 %, что подтверждает высокую агрономическую и экономическую целесообразность предложенной схемы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Проведённые исследования доказали целесообразность и эффективность интегрированного подхода к системе микроэлементного питания (бор, молибден) и защиты рапса ярового от вредителей. Разработанная схема применения инсектицида на основе тиаметоксама и лямбда-цигалотрина совместно с микроэлементами обеспечивает пролонгированное защитное действие, повышает устойчивость растений к стрессовым факторам, снижает потери урожая от вредителей и улучшает качественные показатели продукции. Применение данной схемы в условиях дерново-подзолистых почв Калужской области позволило повысить урожайность рапса до 2,57 т/га, увеличить массу 1000 семян. Экономическая оценка показала, что комплексное применение инсектицида с микроэлементами обеспечивает прирост чистой прибыли до 44,76 тыс. руб./га и окупаемость дополнительных затрат на уровне 2,53–2,66 руб. на 1 руб. вложений, в зависимости от сравниваемой схемы, что подтверждает практическую значимость разработанной технологии. Снижение количества инсектицидных обработок при применении разработанной схемы уменьшает пестицидную нагрузку на агроэкосистему и служит дополнительными аргументами при совершенствовании ресурсосберегающих и экологически безопасных агротехнологий. Результаты исследования могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве для разработки конкретных технологических карт и приемов агрохимического и фитосанитарного сопровождения при возделывании рапса, а также при подготовке методических рекомендаций и регламентов применения средств защиты растений и агрохимикатов.

Методология и методы исследований базируются на широком использовании классических методов проведения лабораторно-полевых и производственных исследований, а также развернутом анализе

экспериментальных данных и их математической обработке с использованием прикладных компьютерных программ.

Основные положения, выносимые на защиту

В результате проведённых исследований на защиту выносятся следующие основные положения:

1. На дерново-подзолистых почвах с низким содержанием молибдена и средней обеспеченностью бором оптимальной является схема раздельного внесения микроэлементов: бор - в фазах розетки и бутонизации, молибден - в фазах бутонизации–цветения, что обеспечивает сбалансированное питание растений и формирование высокопродуктивного агроценоза.

2. Совместное применение микроэлементов и инсектицида на основе тиаметоксама и лямбда-цигалотрина способствует усилению роста растений, и увеличению продуктивности на 72,8-81,6 %, за счет повышения массы семян с растения, числа ветвей и озернённости стручков.

3. Совместное применение микроэлементов и инсектицида обеспечивает высокую урожайность (прибавка до 10,6 ц/га) и экономическую эффективность (чистая прибыль 44764 руб./га, рентабельность - 166 %), снижая потребность в повторных инсектицидных обработках и производственные затраты до 18 %.

4. Инсектицид на основе тиаметоксама и лямбда-цигалотрина в нормах расхода 0,10–0,12 л/га проявляет высокую биологическую эффективность (до 97 %) в борьбе с основными вредителями рапса ярового — крестоцветными блошками, капустной тлёй, рапсовыми клопами и белянками — особенно в тёплые и засушливые годы.

5. Совместное применение инсектицида с микроэлементами пролонгирует его защитное действие на 2–3 суток, снижает скорость деградации действующих веществ (остаточное содержание тиаметоксама выше на 23–35 %), не нарушая санитарных норм и сроков ожидания.

Достоверность результатов исследований. Достоверность полученных результатов подтверждается репрезентативностью и объёмом экспериментального материала, собранного в 2022–2024 гг. в соответствии со стандартными методиками проведения полевых и лабораторных экспериментов: методическими указаниями, утверждёнными для оценки остаточных количеств пестицидов (МУК 4.1.1805-03, МУК 4.1.1430-03), с применением метрологически аттестованных методов высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и газовой хроматографии (ГХ) с соответствующими типами детекторов. Биологическую эффективность применения инсектицида оценивали через 3, 7 и 14 суток по формуле Тила-Хендерсона, с учётом численности вредителей до и после обработок с последующим статистическим анализом. Урожайность и структуру урожая рапса ярового определяли стандартными агрономическими приёмами, рекомендованными для масличных культур. Обработку экспериментальных данных выполняли с использованием методов дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа с применением программных пакетов Microsoft Excel и Statistica v.12. Надёжность различий между вариантами подтверждена статистически достоверными результатами при уровнях значимости $p \leq 0,05$. Полученные в ходе исследований результаты были апробированы в производственных условиях и внедрены в АО ПЗ «Шойбулакский» (Республика Марий Эл) на 105 га, КФХ «Лелецких В.Н.» (Перемышльский район Калужской области) на площади 43 га и в КФХ «Нива» (Усманский район Липецкой области) на 60 га.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и получили положительную оценку на международных и всероссийских научно-практических конференциях: XXIV Мичуринские чтения «Частная генетика и селекция – вековой опыт в садоводстве» (г. Мичуринск, 2018 г.); X Международная научная конференция “Agrosym 2019” (г. Яхорина, Босния и Герцеговина, 2019 г.); Международная научно-практическая конференция «Наука и молодёжь: актуальные вопросы и

пути инновационного развития АПК», посвящённая 45-летию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (п. Майский, 2023 г.); Международная научно-практическая конференция “AGRARIAN SCIENCE – 2023” (AgriScience2023) (г. Москва, 2023 г.); Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные методы агрохимических и агроэкологических исследований, их применение в сельскохозяйственном производстве» (г. Москва, ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2024 г.); Международная научно-практическая конференция «Защита растений от вредных организмов», посвящённая 100-летию ФГБОУ ВО КубГАУ (г. Краснодар, 2024 г.); Международная конференция «Охрана окружающей среды, изменение климата, инновационные технологии повышения плодородия деградированных почв» (Узбекистан, 2025г.); 12-я Международная научно-практическая конференция «Защита растений от вредных организмов», ФГБОУ ВО КубГАУ (г. Краснодар, 2025 г.).

Личный вклад соискателя. Автором на основании анализа современных отечественных и зарубежных источников обоснована актуальность темы, сформирована научная гипотеза, определены цель и задачи исследований, разработана экспериментальная программа выполнения работ. Все этапы исследования, включая постановку опытов, проведение полевых и лабораторных экспериментов, обработку и анализ полученных данных, выполнены соискателем самостоятельно. Автор лично проводил учёты численности вредителей, состояния растений, фенологических фаз, отбор проб для химико-аналитических исследований, подготовку образцов и определение остаточных количеств действующих веществ инсектицидов методами высокоэффективной жидкостной и газовой хроматографии в аккредитованной лаборатории. Самостоятельно проведены оценки урожайности рапса ярового и структуры урожая, расчёты экономической эффективности. Все результаты обобщены и систематизированы автором. Подготовлены тезисы и доклады на российских конференциях и международном симпозиуме, опубликованы статьи, в том числе в изданиях,

входящих в перечень ВАК и базу Scopus. На основе полученных результатов сформулированы научные положения, выводы и рекомендации производству, подготовлена рукопись диссертации. Все этапы и результаты исследования, публикации и Рукопись прошли научное редактирование и обсуждение с научным руководителем.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а также 2 методических указания, разработанных в рамках диссертации и прошедших аттестацию на базе УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов» РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

Структура и объем диссертации. Основное содержание работы изложено на 154 страницах компьютерного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, предложений производству, включает 23 таблицы и 18 рисунков, 3 приложения. Список использованных источников имеет 151 наименование, в том числе зарубежных – 25.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одним из важных аспектов повышения урожайности рапса ярового является эффективное управление минеральным питанием, включая внесение микроэлементов, таких как бор и молибден. Эти элементы имеют ключевое значение в регулировании физиологических процессов, влияющих на рост и развитие растений, а также на качество семян. Включение бора и молибдена в программу удобрений способствует не только улучшению питательного статуса растений, но и увеличению их устойчивости к стрессам, что в совокупности приводит к повышению урожайности.

1.1. Современное состояние и хозяйственно-биологические особенности рапса ярового

Рапс яровой (*Brassica napus*) является важнейшей масличной культурой. Распространён в странах с умеренным климатом (Канада, центральная и северная Европа) и некоторых регионах Китая. Культура адаптирована к различным агроклиматическим факторам и может произрастать в разных почвенных условиях, что делает выгодным её выращивание как для средних, так и крупных организаций АПК России [10, 13].

Экономическое значение. По объёму мирового производства рапс является второй масличной культурой после сои и играет заметную роль в экономике сельского хозяйства многих стран.

Масло, получаемое из семян, содержит до 49 % жира, около 20 % белка и широко используется в пищевой промышленности, а шрот, оставшийся после прессования, является ценным кормом для животных.

Рапсовое масло используется для производства биодизеля – ценного продукта на глобальном рынке, уменьшающего зависимость энергетического сектора от невозобновляемых источников энергии и входящего составным компонентом в стратегии устойчивого развития многих стран [21, 22].

С 2016 года цены на растительные масла на мировом рынке оставались относительно стабильными. Рапс традиционно торгуется с премией около 50 долларов за тонну из-за его высокого качества и меньшей экологической нагрузки на агроценозы по сравнению с другими масличными культурами. В странах ЕС, несмотря на более высокие затраты на производство рапса, прямые выплаты фермерам обеспечивают дополнительные доходы, делая выращивание данной культуры экономически привлекательным.

Хозяйственное значение. Включение рапса в зональные системы земледелия и выращивание рапса ярового и озимого в научно-обоснованных системах севооборотов улучшают физические, химические и микробиологические характеристики почвы, способствуют подавлению многих видов однолетних двудольных сорняков и определяют ценность культуры, как хорошего предшественника для пшеницы, ячменя, однолетних трав и ранних сортов картофеля и гороха [13, 21]. Рапсовое поле в период цветения зачастую является главным медоносом в некоторых районах РФ, что определяет успешность работы пчел и поддерживает биологическое разнообразие нейтральной и полезной энтомофауны, привлекая опылителей, а также хищные и паразитические виды насекомых.

Биологические характеристики. Рапс яровой - однолетнее травянистое растение, относится к семейству крестоцветных (*Brassicaceae*).

Основные биологические особенности. Рапс яровой имеет вертикальный, веретенообразный главный корень, который помогает растению эффективно использовать водные ресурсы из глубоких слоёв почвы. Это особенно важно в условиях засухи. Растение обладает крупными листьями, которые способствуют активному фотосинтезу, обеспечивая высокую продуктивность и эффективность использования света.

Рапс яровой демонстрирует устойчивость к ряду экстремальных абиотических факторов (засуха, высокая засоленность почвы). Растения в стрессовых условиях способны накапливать осмопротекторы (пролин и растворимые сахара) и активировать антиоксидантные ферменты,

помогающие сохранять водный баланс и защищать клетки от повреждений. [16, 27].

Рапс также проявляет устойчивость к многим болезням, что делает его менее зависимым от применения химических средств защиты по сравнению с другими культурами. Однако, как и любая сельскохозяйственная культура, он требует адекватного агротехнического ухода для минимизации риска заболеваний (фомоз, пероноспороз, альтернариоз, серая гниль и др.) и повреждений насекомыми-вредителями для сохранения выращенного урожая [11, 12].

Агротехнические методы. Эффективное ведение агротехнических работ, включая подбор сортов, севооборот, управление удобрениями и контроль за развитием вредных объектов имеет решающее значение для успешного выращивания рапса ярового [11, 12, 17]. Современные агротехнологии также включают использование генетически модифицированных сортов для улучшения урожайности и устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам.

Выбор подходящего сорта рапса ярового важен для максимальной реализации потенциала урожайности культуры. Сорт должен быть адаптирован к местным климатическим условиям и устойчив к местным болезням и вредителям. Оптимальная плотность посева является ключевым фактором для обеспечения достаточного доступа каждого растения к ресурсам и свету, что снижает конкуренцию между растениями и предотвращает полегание. Исследования показывают, что оптимальная плотность посадки может значительно повысить урожайность культуры [14, 16].

Правильное управление водными ресурсами определяет особую актуальность для рапса ярового в условиях недостатка осадков. Капельное орошение обеспечивает эффективное использование воды и удобрений, минимизируя испарение и уменьшая риск полегания растений. Применение удобрений должно быть сбалансированным, с учётом потребностей рапса в азоте, фосфоре и калии. Неправильное применение удобрений может привести

к избыточному росту, что увеличивает риск полегания. Оптимальное сочетание удобрений NPK показало лучшие результаты для урожайности и качества масла [13].

Полегание может значительно снизить урожайность и усложнить уборку урожая. Агротехнические методы, направленные на укрепление стеблей и корневой системы через правильное питание и густоту посадки, могут эффективно снижать риски полегания. Эти методы позволяют не только повысить урожайность и качество продукции рапса ярового, но и улучшить экологическую устойчивость производства.

Влияние культуры на почву и экологические аспекты. Рапс оказывает значительное влияние на почву и окружающую среду, что делает его не только важной сельскохозяйственной культурой, но и фактором улучшающим экологического состояния агроландшафтов [19, 22, 25]. Он способствует улучшению структуры почвы за счёт своей глубокой корневой системы, которая помогает разрыхлять и аэрировать почву, улучшает водопроницаемость и воздухопроницаемость почвы, положительно сказывается на росте последующих культур в севообороте. Благодаря своему быстрому росту и покрытию почвы, посевы рапса эффективно предотвращают водную и ветровую эрозию. Как органическая промежуточная культура, рапс яровой вносит значительный вклад в поддержание и увеличение уровня органического вещества в почве. Остатки рапса после уборки урожая стимулируют развитие микробиоты почвы, что способствует улучшению её плодородия и структуры. Выращивание рапса ярового положительно влияет на биоразнообразие агросообщества, привлекая множество видов насекомых-опылителей, включая пчёл [22, 25].

Культура эффективно использует углекислый газ для фотосинтеза, что способствует уменьшению парниковых газов в атмосфере. Кроме того, рапс как компонент севооборотов помогает снижать необходимость в химических средствах защиты растений и удобрениях, что также уменьшает углеродный след сельского хозяйства.

Использование в качестве промежуточной культуры. Использование рапса ярового в качестве промежуточной культуры в агросистемах имеет множество преимуществ, которые способствуют улучшению здоровья почвы и повышению урожайности последующих культур [19, 25, 26].

Рапс способен эффективно улавливать остаточный азот из почвы, который остается после предыдущих культур. Это поглощение помогает предотвратить потери азота через вымывание, уменьшая его негативное воздействие на водные системы и улучшая питательный баланс в почве.

Рапс также влияет на улучшение инфильтрации воды в почве. Благодаря своей структуре корневой системы и способности расти в плотной почве, он способствует созданию пор в почве, через которые вода может более эффективно проникать и удерживаться. Это снижает риск эрозии почвы и улучшает водный режим, что важно для здоровья почвы и общей продуктивности агросистемы.

Рапс выделяет глюкозинолаты — естественные соединения, которые обладают гербицидными свойствами [26]. Эти вещества помогают подавлять прорастание сорняков, что уменьшает необходимость в использовании химических гербицидов. Снижение зависимости от химической обработки способствует созданию более экологичной и устойчивой агропрактики.

Использование рапса ярового как промежуточной культуры улучшает общее здоровье и плодородие почвы, что благоприятно сказывается на последующих культурах. Улучшенная структура почвы, повышенное содержание органических веществ и лучшая водопроницаемость создают оптимальные условия для роста растений, что приводит к повышению их урожайности и качества.

Проблемы и перспективы. Продолжение научных исследований в области генетической инженерии и селекции поможет повысить урожайность и устойчивость рапса ярового к изменениям климата и экстремальным погодным условиям.

Выращивание рапса ярового сталкивается с несколькими ключевыми проблемами. Рапс яровой поражается целым комплексом вредных организмов, что требует формирования интегрированного подхода к контролю за развитием и размножением вредных объектов, включая оптимальное использование и чередования химических средств защиты для снижения фитосанитарных рисков и появления возможной устойчивости у сорняков, вредителей и болезней [17, 18].

Низкая механизация и повышение стоимости сельскохозяйственных входов, особенно в странах с развивающейся экономикой, снижают рентабельность при производстве рапса.

Улучшение качества масла и белка: селекционные работы направлены на увеличение содержания полезных жирных кислот и белков в рапсовом масле и шроте, что повышает пищевую и кормовую ценность продукции.

Рапс яровой остается одной из ключевых культур в современном сельском хозяйстве благодаря своей высокой экономической и экологической значимости. Перспективы его использования включают не только производство продуктов питания и биоэнергетики, но и вклад в устойчивое аграрное производство и охрану окружающей среды.

1.2. Значение микроэлементов бора и молибдена для роста и развития растений и повышения плодородия почв

Бор и молибден — важные микроэлементы, необходимые для роста и развития растений, в естественной форме встречаются в почвах и породах, различно влияющих на их доступность для растений [13, 14,15]. Управление уровнями этих микроэлементов в почве может значительно повлиять на урожай и его качество [13, 14].

Бор — биогенный элемент, необходимый для нормального развития клеточных мембран и влияющий на развитие генеративных органов в период цветения и формирования семян у растений [13, 14].

Выделен в чистом виде в 1808 году, в природе находится в виде растворимых боратов, таких как борная кислота и ее соли, которые доступны для поглощения растениями. Эта форма может легко перемещаться в почвенном растворе. Бор, связанный с минеральными частицами почвы или адсорбирован органическими веществами, является менее доступным для растений. В этой форме бор может быть постепенно высвобожден в почвенный раствор под влиянием изменений pH или других условий окружающей среды. Изоморфный бор включен в кристаллическую решетку минералов. Эта форма бора практически недоступна для растений и микроорганизмов и представляет собой долгосрочный резервуар элемента в почве [14, 26].

Высокие концентрации бора фиксируются в почвах с пониженным содержанием органического вещества, а также в периоды засухи, что может приводить к его дефициту у растений.

Молибден играет важную роль в азотном обмене растений [15]. Обнаружен в 1778 году шведским химиком Карлом Вильгельмом Шееле, который выделил оксид молибдена из молибденита — минерала, являющегося основным источником молибдена. Мобильный молибден чаще всего находится в виде аниона молибдата $[\text{MoO}_4]^{2-}$, который растворим в воде и доступен для усвоения растениями. Мобильность молибдена увеличивается в щелочных почвах. Фиксированный молибден может быть адсорбирован глинистыми минералами или органическим веществом почвы, особенно в кислых условиях, где он может образовывать комплексы с ионами железа или алюминия. Изоморфный молибден включен в структуру минералов и, подобно изоморфному бору, является практически недоступным для биологического усвоения [15, 26]. Дефицит молибдена приводит к снижению усвоения азота, что особенно важно для культур, зависящих от высокого содержания азота (бобовые и злаки). При дефиците молибдена наблюдаются хлороз и другие нарушения развития листьев и корневой системы. Молибден может быть и токсичен, в зависимости от его концентрации в почве [15, 16].

Кроме рассмотренных мобильных, фиксированных и изоморфных форм бора и молибдена в почве, есть другие формы. Органически связанный микроэлемент - эта форма включает микроэлементы, которые ассоциированы с органическими веществами в почве. Они могут быть частью живых организмов, таких как бактерии и грибы, или мертвого органического материала, такого как компост. Органически связанные формы могут быть биодоступными в зависимости от скорости разложения органического материала.

Коллоидно-иммобилизованные: микроэлементы могут быть иммобилизованы в почвенных коллоидах, что ограничивает их доступность для растений, но способствует удержанию их в почве. Это помогает предотвратить вымывание элементов из верхних слоев почвы.

Комплексные соединения: бор и молибден могут входить в состав различных неорганических и органических комплексов, где они связаны с другими ионами или молекулами. Такие комплексы могут быть стабильными и менее доступными для растений.

Включения в минералах: помимо изоморфной замещенности, микроэлементы могут быть заключены в минеральных частицах в виде микро- и нано-включений, которые очень медленно реагируют с почвенным раствором. Понимание всех этих форм помогает в разработке стратегий управления почвенным плодородием и оптимизации уровней микроэлементов для сельскохозяйственных культур [14, 25, 26].

Для коррекции дефицита бора и молибдена используются различные агротехнические методы. Бор часто вносят в виде борной кислоты или боракса, тогда как молибден — в форме молибдата натрия. Эти элементы могут применяться как через почву, так и листовыми подкормками для быстрого устранения дефицита. Важно отметить, что точное дозирование и методы применения должны базироваться на почвенных анализах и потребностях конкретных культур, чтобы избежать переизбытка, который может быть так же вреден, как и дефицит [13, 14 15].

Бор и молибден играют ключевую роль в поддержании экологического баланса в природных системах. Их циклы в окружающей среде тесно связаны с круговоротом воды и другими биогеохимическими процессами. Управление уровнями этих микроэлементов помогает поддерживать здоровье растительных и микробных сообществ, что важно для устойчивости экосистем [22, 25, 26].

Исследования показывают, что даже незначительные изменения в доступности бора и молибдена могут оказывать значительное влияние на продуктивность и устойчивость растительных сообществ, что подчеркивает необходимость точного и обоснованного подхода к управлению этими элементами в агроэкосистемах [15, 26].

Изучение взаимодействия бора и молибдена с другими элементами и факторами почвы также представляет собой важный аспект в агрономии и управлении почвенным плодородием. Например, повышенное содержание кальция в почве может уменьшить токсичность бора, а добавление органических удобрений способствует лучшей усвояемости молибдена растениями за счет увеличения его мобильности в почве [14, 15].

Современные исследования в области агрохимии акцентируют внимание на углубленном понимании молекулярных и биохимических механизмов взаимодействия бора и молибдена с растениями. Это включает в себя генетическую адаптацию растений к низким или высоким концентрациям этих микроэлементов и разработку сортов, специально адаптированных для роста в условиях их дефицита или избытка [17, 18, 27].

Разработка новых форм удобрений, которые оптимизируют доступность бора и молибдена в почве, также является важным направлением. Нанотехнологии и микроэмульсии могут использоваться для создания более эффективных и экологически безопасных форм удобрений, которые минимизируют потери и повышают эффективность усвоения растениями этих микроэлементов [18, 27].

Несмотря на прогресс в понимании роли бора и молибдена в агрономии, существует ряд проблем, связанных с их использованием в сельском хозяйстве. Одна из основных проблем — это риск загрязнения водных ресурсов из-за чрезмерного использования удобрений, содержащих эти элементы. Это требует разработки стратегий управления и мониторинга для предотвращения экологических рисков [25, 26].

Почвы Калужской области демонстрируют различное содержание бора и молибдена, зависящее от типа почвы и местности [25]. В землях зоны сельскохозяйственных угодий были обнаружены следующие колебания уровней этих микроэлементов.

Для бора характерны значения в диапазоне от 0,3 до 5,0 мг/кг, что отражает его широкое распространение и высокую мобильность в почвенном слое. Молибден в этих же почвах обнаружен в концентрациях от 0,2 до 0,7 мг/кг, что указывает на его менее активное присутствие по сравнению с бором. Особенно высокие концентрации бора наблюдаются в черноземных почвах, в то время как молибден чаще выявляется в подзолистых почвах, где он аккумулируется благодаря низкому уровню pH [25, 26].

Это различие в распределении микроэлементов подчеркивает важность учета местных агрохимических условий при внесении удобрений и корректировке почвенного плодородия.

Результаты исследований почв Калужской области подчеркивают необходимость индивидуального подхода к агрономическим практикам в зависимости от специфики почвенного покрова и его химического состава [25].

1.3. Эффективность борных и молибденовых удобрений в рапсоводстве

Борные удобрения. Борные удобрения играют важную роль в выращивании рапса, особенно учитывая высокую чувствительность этой культуры к дефициту бора [13, 14]. Исследования показывают, что бор важен для развития клеточных стенок и репродуктивных процессов в растениях

рапса. Недостаток бора может серьезно снижать урожайность и качество растений, приводя к снижению роста и репродуктивного развития [14, 16]. Влияние бора на растения рапса исследуется уже несколько десятилетий. Установлено, что бор играет ключевую роль в формировании семенной продуктивности рапса озимого. Исследования, проведенные Г.А. Жоликом и Н.В. Санько в 2009 году, показали, что опрыскивание посевов рапса озимого борной кислотой в дозе 0,4 кг/га в фазе бутонизации повышает завязываемость плодов на 5,6 %, а их сохраняемость к уборке — на 7,6 %, что приводит к увеличению урожайности семян на 0,59 т/га, достигая 4,6 т/га. Внесение борных удобрений в фазу розетки способствует активному росту растений, ускоряет созревание и снижает заболеваемость. Практические данные, опубликованные на платформе Direct.Farm, подтверждают эффективность такого подхода. Бор улучшает синтез и транспортировку углеводов, особенно сахарозы, из листьев к органам плодоношения и корням, что особенно важно для двудольных растений, к которым относится рапс. Информация, подчеркивает значимость бора в физиологии растений. В целом, использование борных удобрений в агротехнике рапса способствует повышению урожайности и качества семян, особенно на почвах с низким содержанием этого микроэлемента [13, 14, 25].

Бор является критически важным микроэлементом для растений, необходимым для их нормального роста и развития. Он играет ключевую роль в укреплении клеточных стенок, репродуктивном здоровье и обмене веществ. Несмотря на его значимость, дефицит бора в почвах является распространенной проблемой во всем мире [14, 26], что оказывает серьезное влияние на сельскохозяйственное производство.

Бор в природе находится в виде минералов, таких как турмалин, и его концентрации в почве варьируются в зависимости от геологического происхождения региона. Большие запасы бора обнаружены в Турции и США, а также в засушливых и полузасушливых районах, где его концентрации могут быть достаточно высокими из-за меньшего вымывания.

В регионах с высоким уровнем осадков, таких как юго-западный Китай и некоторые районы Юго-Восточной Азии, часто возникает дефицит бора в почвах из-за интенсивного вымывания бора осадками. Это приводит к недостаточной доступности бора для растений, что существенно снижает урожайность и качество сельскохозяйственных культур. В аридных районах, наоборот, бор может накапливаться в почвах из-за низкого уровня вымывания, что иногда приводит к его токсичности для растений.

Управление дефицитом бора включает внесение борных удобрений, которые могут быть организованы через листовые подкормки или добавление в почву. Исследования показывают, что применение борных удобрений способствует улучшению урожайности и здоровья растений, особенно в условиях его дефицита. При этом крайне важно соблюдать рекомендуемые дозировки, так как избыток бора может быть токсичен.

В России вопросы дефицита и избытка бора в почвах также актуальны, особенно в сельскохозяйственных регионах с различными типами почв. Например, в черноземных почвах может наблюдаться достаточное содержание бора, тогда как в подзолистых и торфяных почвах его может не хватать. Эффективное управление содержанием бора в почве позволяет оптимизировать урожай [25, 28] и предотвратить возможные проблемы, связанные с его дефицитом или избытком.

Бор является критически важным микроэлементом для повышения урожайности рапса, особенно в регионах с его дефицитом (Юго-Западный Китай, Северо-Западная Индия, Япония, Бразилия). Внесение бора в бедные им почвы способствует улучшению роста, развития и формирования плодов, что напрямую увеличивает урожай. В Китае применение 3,75–30 кг/га бора повышало урожайность семян на 17,2–38,5 %. На территориях с выраженным дефицитом (например, Юго-Западный Китай, где сосредоточено до 85 % посевов рапса) адекватное борное питание является ключевым фактором продуктивности и качества продукции.

Молибденовые удобрения. Молибден является ключевым микроэлементом для рапса, так как способствует улучшению усвоения азота и фосфора растениями, что напрямую влияет на их рост и урожайность. Исследования показывают, что внесение молибденовых удобрений может значительно увеличить урожайность [13, 16, 17]. Молибден улучшает метаболизм растений, в том числе синтез и транспорт углеводов, что критически важно для репродуктивного развития и общего здоровья растений. Полевые испытания показали, что применение молибдена увеличивает урожайность семян рапса на 20 - 37 %, в зависимости от уровня внесения удобрения, особенно на почвах с дефицитом этого элемента [151].

Микроэлемент играет важную роль в процессах азотфиксации и усвоения нитратов, что делает его неотъемлемым для нормального роста растений. Он входит в состав ферментов, которые регулируют усвоение азота и фосфора, улучшая питательный статус растений и способствуя их росту и развитию. На практике молибден чаще всего применяется в форме аммонийного молибдата [17, 26], который может вноситься как напрямую в почву, так и в форме фолиарных опрыскиваний. Это особенно эффективно на почвах с низким содержанием молибдена, где его внесение может существенно повысить продуктивность и качество урожая рапса. Оказывая влияние на устойчивость растений к различным стрессовым условиям, таким как засуха и болезни, он участвует в регуляции водного баланса и помогает растениям лучше справляться с недостатком воды. Исследования показали, что молибден улучшает активность нитратредуктазы и других ферментов, что способствует более эффективному поглощению и использованию азота даже в условиях стресса [13, 17]. Так же, молибден не только напрямую влияет на растения, но и опосредованно через взаимодействие с микробным сообществом в ризосфере. Он стимулирует активность микроорганизмов, способствующих растворению фосфатов [13, 17, 26] и мобилизации других питательных веществ, что делает питательные вещества более доступными

для растений. Это способствует улучшению состояния и продуктивности растений, усиливая их рост и урожайность.

Доступность молибдена ограничена в кислых почвах из-за связывания с оксидами алюминия и железа. В России, как и в других странах, содержание Мо в почвах зависит от типа и происхождения почвы, но фитодоступность часто снижена при низком pH. Для повышения усвояемости молибдена эффективно известкование. Общее содержание Мо в почвах варьирует от 0,013 до 17,0 мг/кг, однако доступная часть значительно меньше и определяется агрохимическими условиями. Управление содержанием молибдена, включая его добавление в почву при необходимости, является ключевым для поддержания здоровья и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Применение молибденовых удобрений должно осуществляться с учетом конкретных условий почвы и потребностей растений. Оно особенно эффективно на кислых почвах [25, 26, 28], где молибден плохо доступен из-за сильного связывания с почвенными частицами. В таких случаях рекомендуется известкование для повышения pH почвы, что увеличивает доступность молибдена для растений.

Молибденовые удобрения часто вводят в комплексе с другими микроэлементами [14, 16] для обеспечения сбалансированного питания. Такие комплексные подкормки позволяют одновременно корректировать несколько питательных дефицитов, улучшая общее состояние растений и способствуя более высокой и качественной урожайности.

Исходя из проведенного анализа литературы, микроэлементы бор и молибден являются необходимыми элементами минерального питания рапса, играя важную роль в его жизнедеятельности и участвуя в почвенных процессах. Их использование в агроценозах рапса положительно сказывается на продуктивности этой культуры. Несмотря на достаточно хорошее изучение микроэлементов в условиях выращивания рапса, остаются вопросы относительно технологии их применения в рапсоводстве. В частности, на

территории, подобной Калужской области, недостаточно изучены сроки, формы, нормы и методы внесения борных и молибденовых удобрений с учетом экологических особенностей региона. Это определяет необходимость проведения исследований для определения целесообразности внесения борных и молибденовых удобрений под рапс в данных условиях [28].

1.4. Комплекс вредителей масличных культур в условиях Нечерноземной зоны РФ

На рапсе яровом, как и на других культурных и дикорастущих видах семейства капустные отмечено более 80 видов насекомых-фитофагов, из которых существенные потери в урожаю могут наносить 10-15 видов вредителей. Для таких видов экспериментально рассчитаны экономические пороги вредоносности (ЭПВ) - численность вредного объекта, при которой оценка нанесенного ущерба превышает стоимость мер по защите культуры.

Рассматривая комплекс вредителей рапса ярового для Нечерноземной полосы России следует отметить, что значение различных видов вредителей тесно связано с прохождением различных фаз и стадий развития культуры.

Вредители всходов. В эту критическую фазу развития рапса ярового максимальный вред растениям наносят крестоцветные блошки (сем. листоеды *Chrysomellidae*), представленные следующими видами: светлоногая полосатая (*Phyllotreta nemorum*), выемчатая (*Ph. vittata*), черная (*Ph. atra*), волнистая полосатая (*Ph. undulata*) и рапсовая (*Psylliodes chrysocephalus*) виды блошек. У всех видов зимуют имаго в поверхностном слое почвы, поэтому жуки появляются рано весной на всходах и начинают активно питаться на семядолях и первых настоящих листьях рапса, нанося многочисленные мелкие дырчатые повреждения («изъязвления»). Вредители активны до периода формирования розетки у растений рапса ярового. ЭПВ в период всходов — 1-3 жука на 1 м² или 7-8 % поврежденной поверхности листьев.

В Нечерноземной полосе России в весенний период на рапсе яровом часто отмечают очаги весенней капустной мухи (*Delia radicum*), личинки

которой повреждают корневую шейку и центральный корень молодых растений.

Вредители в фазу бутонизации-цветения. В этот период существенный вред может наносить комплекс колюще-сосущих вредителей, представленный тлями и клопами.

Капустная тля (*Brevicoryne brassicae*, сем. настоящие тли *Aphididae*) – однодомный вид, зимующий на стадии яйца на листьях рапса озимого и двулетних крестоцветных сорняков. Крылатые самки-расселительницы появляются на растениях рапса в период бутонизации, где питаются на концевых участках побегов, отрождая партеногенетически до 40 личинок и образуя многочисленные колонии. В результате питания цветущие кисти рапса приобретают розоватую или лиловую окраску, бутоны и цветы усыхают и опадают, не образуя стручков. Вредитель способен переносить вирусные заболевания растений (желтуха сахарной свеклы, мозаика сахарной свеклы и мозаика цветной капусты), что усиливает его вредоносность. ЭПВ в фазу бутонизации-начала цветения рапса ярового - 5-10% растений с колониями капустной тли.

Крестоцветные клопы представлены сходными по биологии и вредоносности видами: рапсовый (*Eurydema oleracea*), капустный (*E. ventralis*), горчичный (*E. ornata*) виды клопов. Зимуют взрослые насекомые под растительными остатками, на посевах рапса ярового появляются в период стеблевания – начала формирования кисти. Плодовитость от 60 до 300 яиц в благоприятные для размножения вредителей годы. Питание личинок клопов на листьях вызывает появление желтых пятен, которые быстро подсыхают и выкрашиваются, оставляя округлые отверстия. Цветки и завязи усыхают и опадают, а растения формируют щуплые семена. ЭПВ в фазу цветения-формирования завязи – 2-3 личинки на одно растение.

В годы, благоприятные для размножения вредителей, комплекс крестоцветных клопов дополняется многоядными видами, среди которых клоп эвридема северная (*E. dominulus*), зеленый клоп (*Nezara viridula*), люцерновый

клоп (*Adelphocoris lineolatus*), свекловичный клоп (*Polymerus cognatus*), *Carpocoris fuscispinus*, *Piezodorus lituratus*, *Palomena prasina* и др. виды.

Защитные мероприятия против клопов, как правило, совмещают с обработками против капустной тли.

Комплекс листогрызущих видов насекомых на рапсе представлен в первую очередь, чешуекрылыми вредителями.

Белянки (сем. *Pieridae*) на растениях рапса представлены следующими видами: белянка репная (*Pieris rapae*), капустная (*P. brassicae*), белянка горчичная (*Pontia daplidice*), желтушка соевая (*Colias polyographus*) и др. виды. У всех видов зимуют куколки, массовый лет дневных бабочек начинается в начале мая и позже, плодовитость самок разных видов варьирует от 150 до 300 яиц. Отродившиеся гусеницы в начале развития выгрызают сквозные окошечные отверстия на листьях, а гусеницы старших возрастов наносят растениям грубые объедания, уничтожая листья целиком.

В комплекс чешуекрылых вредителей рапса входят также капустная моль (*Plutella xylostella*), мелкие гусеницы которой наносят растениям многочисленный окошечные повреждения на листьях и капустная совка (*Mamestra brassicae*), гусеницы второго поколения, которые представляют опасность для рапса озимого. Гусеницы лугового мотылька (*Loxostege sticticalis*) в годы массового размножения вредителя также способны нанести рапсу значительный ущерб.

ЭПВ для чешуекрылых вредителей составляют в среднем от 3 до 5 гусениц на растение или 10 % заселенных растений.

В последние годы специалисты по защите растений отмечают резкое увеличение как численности, так и вредоносности рапсового пилильщика (*Athalia rosae*), ложногусеницы которого наносят рапсу повреждения, сходные с гусеницами бабочек. ЭПВ у этого вредителя находится на уровне 1-2 ложногусеницы на растение.

В комплексе жесткокрылых вредителей рапса особую опасность представляют вредители генеративных органов, повреждающих бутоны,

стручки и семена: рапсовый цветоед (*Meligethesaeneus*), семенной рапсовый скрытнохоботник (*Ceutorrhynchus obstrictus*) и большой рапсовый скрытнохоботник (*Ceutorrhynchus napi*). ЭПВ для этой группы вредителей в период бутонизации рапса составляет от 2 жуков на одно растение.

В отдельные сезоны вред вегетативным органам растений рапса могут наносить другие виды специализированных и многоядных жесткокрылых:

Капустный стеблевой скрытнохоботник (*Ceutorrhynchus pallidactylus*), долгоносик, личинки которого развиваются внутри стеблей рапса. ЭПВ в фазе стеблевания рапса — один жук на растение.

Рапсовый листоед (*Entomoscelis adonidis*), имаго и личинки которого наносят окошечные повреждения листьям рапса. ЭПВ в фазе 4-6 листьев - 3 экз. на 1 м².

Бронзовка мохнатая (*Tropinota hirta*), пластинчатоусый жук, при большой численности мигрирующий на полевые культуры, особенно в посевы рапса, где вредитель питается бутонами, цветами и молодой завязью.

В последние годы в южных регионах возделывания рапса ярового специалисты отмечают увеличение вредоносности стручковой капустной галлицы (*Dasineura brassicae*), личинки которой вызывают деформацию и преждевременное усыхание стручков. ЭПВ для данного вида двукрылого вредителя - 2 экземпляра на 10 взмахов сачком.

1.5. Принципы интегрированной защиты растений

Интегрированный контроль за популяциями вредителей, развитием болезней и ростом сорняков (IPM) представляет собой многоуровневый подход, сочетающий научно обоснованные методы борьбы с вредными организмами с целью снижения отрицательного воздействия на агроценоз и нанесению минимального вреда окружающей среде и здоровью человека [17, 26].

Основные компоненты интегрированных систем защиты:

Мониторинг. Регулярные оценки развития основных видов вредных организмов, сроки появления их в агроценозе и учеты их численности помогают избежать избыточного применения пестицидов и сократить затраты. Регулярное наблюдение за состоянием растений и вредными видами позволяет применять меры контроля на ранних стадиях, что значительно повышает их эффективность, снижает риски нанесения ущерба урожаю и позволяют экономить ресурсы, не прибегая к экстренным мерам борьбы [17, 26, 28].

Современные технологии мониторинга – феромонные, световые и цветковые ловушки, камеры видеонаблюдения - обеспечивают непрерывное и точное отслеживание популяций вредителей и помогают получать актуальные данные на мобильные устройства или компьютеры, что облегчает принятие своевременных решений без необходимости постоянно находиться на поле [27, 28]. Таким образом, мониторинг - инструмент, который позволяет оптимизировать использование ресурсов для защиты культуры от вредных организмов и снизить экологический ущерб от использования агрохимикатов [17].

Экономические пороги вредоносности (ЭПВ): экономические пороги вредоносности — это уровень численности вредителей, при котором стоимость ущерба от вредителя превышает стоимость мер по его контролю. Это помогает специалистам принимать решения о проведении защитных мероприятий, основанных на финансовых расчетах.

Определение экономических пороговых значений вредителей позволяет понимать, когда вмешательство является экономически оправданным [14, 26]. Это предотвращает преждевременное или чрезмерное использование химических мер защиты [26, 28]. Пороговые значения, показатель достаточно динамический, требующий пересчета и корректировки на регулярной основе, каждая ситуация индивидуальна и шаблонный подход практически не применим. Используя пороги вредоносности, можно оптимизировать текущую систему защиты отдельных возделываемых культур, снизить экологическую нагрузку от применения средств защиты

растений на природный ценз [14, 26]. При соотношении прибыли и затрат, полученных на эту прибыль, следует учитывать следующие типы пороговых значений: экономические пороги вредоносности (ЭПВ), профилактические пороги вредоносности и пороговые значения дефолиации [28].

Как правило, экономические пороги, основанные на урожайности возделываемой культуры, используют измерение прямого влияния на фактический урожай, где величина полученного ущерба прямо пропорциональна плотности популяции вредного объекта или стадии его развития. Для удобства расчета в начале определяют потери урожая X т/га от одной особи/м². Зная потери в урожайности от одной особи на квадратный метр посевов, зная плотность популяции на метр квадратный, можно рассчитать ЭПВ с использованием уравнения:

$$\text{ЭПВ}_{(\text{экз./м}^2)} = \frac{C}{D \times P}, \text{ где}$$

C – стоимость мероприятий по защите растений (руб/га);

D – стоимость урожая (руб/т);

P – коэффициент повреждения т/га урожая от каждого вредителя с 1м².

Экономически правильный порог вредоносности должен учитывать колебания в ценах препаратов, стоимости их применения, а также актуальную стоимость итогового урожая [26]. Соответственно ниже стоимость средств защиты и технологических мероприятий по их применению, чем выше стоимость урожая на рынке, тем ниже будет порог ЭПВ. Однако, принимая в учет пороги вредоносности, необходимо различать вред теоретический и вред практический. В первом случае, это совокупность всех повреждений культурных растений вредными объектами, а во втором учитываются только та деятельность вредных организмов, грибов или сорняков, которая оказывает непосредственное влияние на урожай [28].

Когда решающим фактором ценообразования является не количественная характеристика полученного урожая, а качественная тогда следует учитывать профилактические пороговые значения в первую очередь

[26]. Если критический ущерб возникает при нарушении определенных стандартов качества продукции и приводит к снижению совокупной стоимости урожая (например: товарный вид продукции, процент неповрежденных семян, содержание питательных веществ) нужен в первую очередь грамотный и квалифицированный фитомониторинг, для определения профилактических пороговых значений [28]. Обычно пороговые значения для качества продукции достаточно низкие, что требует тщательного подхода к оценке вредных объектов.

Возможность регулировать деятельность вредителей, питающихся листьями (листогрызущих, сосущих) позволяет дефолиация – явление преждевременного опадания листьев, при помощи специальных химических препаратов дефолиантов [27].

Независимый фитосанитарный мониторинг состояния полей хозяйства поможет избежать дополнительных затрат на обработку или своевременно спасти урожай если учитывать и пороги для гусениц первого возраста [28]. Основной вред культурным растениям наносится насекомыми в личиночной стадии и правильное понимание того, как учитывать молодых особей, не достигших вредоносных возрастов, поможет прояснить ситуацию о необходимости проведения защитных мероприятий [26, 27].

Концепция пороговых значений предполагает, что когда насекомое завершает вредящую стадию развития (личинки, гусеницы и т.п.), то культуре будет нанесен непоправимый ущерб. Однако на практике многие стадии вредителей погибают от погодных условий, хищников или неблагоприятных факторов, так и не достигая вредоносной фазы.

Своевременный мониторинг фитосанитарного состояния помогает оптимизировать применение химических средств защиты растений, как с экономической точки зрения, так и экологической, уменьшая нагрузку на природную среду [17, 28].

Агротехнические методы: агротехнические практики - научно-обоснованный севооборот, правильная подготовка почвы и уничтожение

растительных остатков, сроки сева и уборки, междурядные обработки могут уменьшить популяции вредителей и их влияние на культуру [14, 16, 23, 26, 28].

Севооборот: смена культур в севообороте может прервать циклы развития вредителей и болезней. Выращивание рапса после культур, которые не являются хозяевами для основных вредителей рапса, может значительно снизить популяцию вредителей. Данный прием помогает восстанавливать и улучшать плодородие почвы, снижая потребность в химических удобрениях и улучшая общее состояние агроэкосистемы [23, 31].

Правильное планирование и размещение посевов: оптимизация времени посева и плотности стояния растений может ограничить возможности для развития вредителей. Посев, проведенный в оптимальные сроки, снижает поврежденность всходов, когда растения наиболее уязвимы [17, 27].

Уничтожение растительных остатков: после сбора урожая уничтожение растительных остатков может уменьшить источники пищи и укрытия для вредителей, снижая риски их перезимовки и повторного повреждения культуры в следующем сезоне. Данный прием позволяет также контролировать распространение болезней и улучшает санитарное состояние поля [14, 26, 28].

Использование устойчивых сортов: выбор и посадка устойчивых к вредителям и болезням сортов рапса уменьшает необходимость в химических средствах защиты и увеличивает урожайность [16]. Использование устойчивых сортов рапса к вредителям является ключевым элементом интегрированного управления вредителями и позволяет значительно уменьшать необходимость в химических средствах защиты и увеличивает урожайность, способствуя при этом снижению экологического ущерба [23, 27, 33].

Современные методы селекции позволяют разрабатывать сорта рапса с улучшенной устойчивостью к вредителям. Это достигается за счет включения генетических маркеров, которые обеспечивают растениям способность

противостоять различным вредителям, таким как тли и крестоцветные блошки [36, 31].

Сорта, устойчивые к вредителям, снижают необходимость в применении пестицидов, что положительно сказывается на здоровье почвы и биоразнообразии [17]. Снижение уровня применения химикатов также уменьшает риск загрязнения окружающей среды и повышает качество продукции [26].

Снижение зависимости от пестицидов сокращает затраты на защитные средства и уменьшает вероятность потерь урожая [31]. Устойчивые сорта также могут демонстрировать лучшие урожайные показатели даже в условиях низкого уровня воздействия вредителей. Исследования показали, что разработка устойчивых к вредителям сортов и их широкое применение в агрокультуре могут значительно улучшить контроль за популяциями вредителями и обеспечить устойчивые урожаи [23, 33].

Биологические методы защиты растений: целенаправленное применение биологических агентов (хищных и паразитических насекомых и клещей), а также микробиологических препаратов для регуляции численности вредителей. Данные методы являются одним из ключевых компонентов интегрированного управления вредителями и помогают снизить зависимость от пестицидных обработок и негативного влияния на природную среду [14, 37].

Использование паразитических наездников: паразитические перепончатокрылые, являются одними из наиболее эффективных биологических агентов. Биологический контроль в посевах рапса может включать использование естественных врагов [28, 32, 33].

Применение хищных насекомых: различные виды хищных жуков, хищные личинки сетчатокрылых и двукрылых насекомых жуков, а также хищные клопы могут использоваться для контроля насекомых-вредителей [17, 26].

Использование патогенов: бактерии, такие как *Bacillus thuringiensis*, и энтомопатогенные грибы, способные вызывать болезни у вредителей, также используются для регулирования численности вредителей. Микробиологические препараты применяют в виде живых спор или микробиологических токсинов [28].

Сохранение или создание среды обитания для естественных врагов вредителей – мероприятия по привлечению естественных врагов: пауков, хищных видов клещей, насекомых и паразитических наездников. Полосный посев медоносов, резерваты в виде некошенных участков луга и речных пойм позволяют привлекать и сохранять полезную фауну и насекомых-опылителей [33].

Эти методы не только помогают контролировать популяции вредителей, но и способствуют устойчивости сельскохозяйственных практик, улучшению состояния почвы и поддержанию биоразнообразия. Эффективное применение биологического контроля требует тщательного планирования и понимания взаимодействий между различными биологическими агентами и сельскохозяйственными культурами.

Химический метод: рациональное применение пестицидов только в случаях, когда другие методы неэффективны, строгое соблюдение рекомендованных норм и безопасности применения пестицидов, основанное на использовании ЭПВ [17, 28]. Использование инсектицидов остается важной составляющей всех защитных мероприятий, но появление устойчивых популяций вредителей и негативное воздействие на окружающую среду требуют разумного подхода к выбору и использованию таких средств. Устойчивость вредителей приводит к снижению эффективности традиционных химических методов борьбы и требует применения более токсичных или больших доз пестицидов. Это не только увеличивает расходы, но и оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [14, 26, 27, 28].

Систематическое использование одного пестицида (так же как и препаратов из одного химического класса) может вызвать дисбаланс в популяциях вредителей, способствующий вспышкам вторичных вредителей, которые ранее контролировались естественными хищниками [26, 33].

Экономические последствия устойчивости к пестицидам охватывают не только повышение стоимости пестицидов, но и потери, связанные с необходимостью использовать более дорогие химикаты. Это также включает увеличение затрат на инвестиции в исследования и разработку новых пестицидов, которые должны быть эффективными против устойчивых вредителей и безопасными для здоровья и окружающей среды [14, 28].

С учётом этих вызовов, переход к интегрированным стратегиям управления вредными объектами, которые включают химические, биологические и другие методы контроля, становится критически важным для устойчивого развития сельского хозяйства и минимизации негативного воздействия устойчивости вредителей к пестицидам.

1.6. Особенности трансформации инсектицидов при их использовании в агроценозах с рапсом

Инсектициды являются неотъемлемым элементом современного аграрного производства, направленным на защиту культур от вредителей и сохранение урожая. Однако их применение сопряжено с рядом экологических рисков, включая загрязнение окружающей среды, развитие резистентности среди вредителей и негативное воздействие на нейтральную энтомофауну, включая насекомых-опылителей [17, 21, 33]. Эффективное управление использованием инсектицидов требует сбалансированного подхода, который учитывает и экономические, и экологические стандарты [14, 23].

Инсектициды могут накапливаться в почве и водных системах, что негативно влияет на биоразнообразие и качество воды. Они также могут испаряться в атмосферу, способствуя загрязнению воздуха. Исследования показывают, что химические остатки могут долго сохраняться в экосистемах,

негативно влияя на нецелевые виды, включая полезных насекомых, птиц и млекопитающих [28, 31, 33].

Систематическое применение инсектицидов способствует появлению устойчивых популяций вредителей [17, 27]. Это явление требует использования более сильных или новых типов инсектицидов, что усиливает цикл зависимости от химикатов и может привести к "армс-рейсу" между развитием новых пестицидов и устойчивостью вредителей. Инсектициды могут наносить вред нецелевым организмам, включая опылителей, таких как перепончатокрылые и чешуекрылые, что снижает их популяции и негативно влияет на процессы опыления, критически важные для многих сельскохозяйственных культур и естественных сообществ [21, 28].

Для минимизации экологических рисков необходим сбалансированный подход, включающий следующую стратегию интегрированного управления вредителями (IPM). Сочетание организационных, агротехнических, биологических и химических методов для контроля популяций вредителей, оптимизирует применение инсектицидов [14, 23, 33]. Современные подходы к комплексной защите растений также включают использование устойчивых к вредителям сортов культур.

Неоникотиноиды и пиретроиды представляют собой две важные группы инсектицидов, которые широко используют для борьбы с вредителями в агрокультурах, включая посевы рапса. Обе группы имеют значительные экологические последствия, особенно в отношении нецелевых видов, таких как пчелы и другие опылители [17, 21].

Неоникотиноиды: эти химические вещества действуют как антагонисты никотиновых ацетилхолиновых рецепторов у насекомых, что приводит к параличу и гибели. Неоникотиноиды часто используются как системные инсектициды, которые растения поглощают, делая все свои ткани — от корней до пыльцы и нектара — токсичными для вредителей [28]. Однако такая системная токсичность также может влиять на пчел и других опылителей, которые подвергаются воздействию токсичных уровней

инсектицидов, когда посещают обработанные растения. Исследования показали, что неоникотиноиды могут уменьшать выживаемость, репродуктивную способность и ориентацию пчел [21, 27].

Пиретроиды: эти инсектициды, являющиеся синтетическими аналогами натуральных пиретринов, извлеченных из цветков хризантем, известны своей способностью быстро парализовать и убивать насекомых при контакте. Пиретроиды менее токсичны для птиц и млекопитающих, но могут быть чрезвычайно токсичны для рыб и водных беспозвоночных [14, 33]. Кроме того, пиретроиды могут наносить ущерб пчелам и другим насекомым-опылителям, особенно если они используются во время цветения культур, когда пчелы активно собирают пыльцу и нектар [21].

Экологические стратегии управления: учитывая потенциальный ущерб для опылителей и других нецелевых организмов, существует нарастающая потребность в строгом регулировании использования этих инсектицидов [4, 28]. Особенно критично ограничивать их использование в периоды активного цветения культур. Альтернативные подходы, такие как интегрированное управление вредителями (IPM), предлагают оптимизированные решения, сочетая механические, культурные, биологические и контролируемое химическое вмешательство для управления вредителями без непропорционального воздействия на экосистему [17, 23, 33].

Применение инсектицидов в сельском хозяйстве может оказывать значительное влияние на урожайность и качество продукции. Хотя эти средства защиты могут эффективно снижать ущерб от вредителей, их неправильное или чрезмерное использование может привести к нежелательным последствиям [17, 23, 27]. Исследования показывают, что хотя инсектициды могут сохранять урожай за счет уничтожения вредителей, чрезмерное их использование может нарушить естественный баланс вредителей и полезных организмов, что в долгосрочной перспективе может снижать урожайность [21, 33]. Примером такого воздействия является

уничтожение естественных врагов вредителей, что приводит к всплескам популяции вредителей, устойчивых к инсектицидам [14, 28].

Чрезмерное использование инсектицидов может привести к остаточному содержанию этих химикатов в сельскохозяйственной продукции, что ухудшает ее пищевую ценность и безопасность [17, 31]. Кроме того, использование некоторых инсектицидов может негативно влиять на вкус, аромат и текстуру растительной продукции, что снижает ее рыночную стоимость и привлекательность для потребителей [23]. Для минимизации негативных последствий рекомендуется придерживаться стратегий интегрированного управления вредителями [14, 33]. Такой подход помогает снизить зависимость от химических средств и способствует сохранению экологического благополучия и биоразнообразия агроэкосистем [17, 23, 27, 28].

Основные проблемы применения химических инсектицидов включают загрязнение окружающей среды, риск развития резистентности среди вредителей, а также потенциальное негативное воздействие на нецелевые виды, включая полезных насекомых и опылителей [21, 28, 31].

Применение инсектицидов требует строгой регламентации, особенно в периоды активного роста и размножения нецелевых видов, что помогает предотвратить нежелательные последствия. Исследования показывают, что инсектициды могут сохранять урожай, но их чрезмерное или неправильное использование может привести к долгосрочному снижению урожайности из-за нарушения естественного баланса между вредителями и полезными организмами [21, 23, 27, 28]. Также важно учитывать остаточное содержание инсектицидов в продукции, что может ухудшить ее пищевую ценность и безопасность [31, 33].

Разумное управление использованием инсектицидов играет ключевую роль не только в повышении урожайности и качества продукции, но и в сохранении экологического благополучия и биоразнообразия [17, 28, 33]. Введение более строгих экологических стандартов и широкое применение

принципов интегрированного контроля может способствовать устойчивому развитию аграрного производства, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду и улучшая общее состояние экосистем [14, 27, 33].

Выводы по главе

Анализ литературных источников показал, что рапс яровой является высокоценной сельскохозяйственной культурой, обладающей значительным экономическим и экологическим потенциалом, особенно в условиях Нечерноземной зоны РФ [4, 5, 10]. Продуктивность рапса в значительной степени зависит от обеспеченности полноценным минеральным питанием, в том числе микроэлементами, и эффективной защиты от вредителей [21, 24, 33].

Бор и молибден играют важную физиолого-биохимическую роль в росте, развитии и репродуктивной способности растений, участвуют в обмене углеводов, азота и формировании генеративных органов [6, 7, 17, 27]. Их недостаток в почвах, особенно дерново-подзолистого типа, существенно ограничивает урожайность и качество продукции рапса, что требует целенаправленного применения микроудобрений [16, 18, 23]. Применение борных и молибденовых удобрений в агротехнологии рапса способствует повышению устойчивости растений к абиотическим стрессам и биотическим факторам [19, 20, 25]. Однако на сегодняшний день недостаточно изучены оптимальные дозировки, сроки и методы внесения этих микроэлементов с учётом почвенно-климатических условий Калужской области и аналогичных регионов [8, 26].

Комплекс вредителей рапса, включая крестоцветных блошек, клопов, вредных чешуекрылых и капустную тлю, оказывает существенное влияние на снижение урожайности [28, 30, 32]. Современные стратегии защиты требуют интеграции биологических, агротехнических и химических методов [13, 14, 33]. При этом особенно перспективным направлением является сочетание инсектицидов с микроэлементами, способное пролонгировать действие

препаратов и снизить остаточные количества действующих веществ в урожае [15, 22, 35].

Особенности трансформации инсектицидов (в частности, тиаметоксама и лямбда-цигалотрина) в агроэкосистемах и их взаимодействие с микроэлементами остаются малоизученными, особенно в условиях дерново-подзолистых почв [29, 31, 36]. Существует потребность в комплексной оценке экологических и агрономических последствий таких взаимодействий.

Таким образом, в условиях интенсификации земледелия и ужесточения требований к экологической безопасности продукции, актуальным представляется разработка и научное обоснование комплексной системы микроэлементного питания и защиты от вредителей рапса ярового [1, 9, 34]. Это определяет цель и задачи дальнейших экспериментальных исследований, направленных на повышение урожайности и устойчивости культуры при одновременном снижении пестицидной нагрузки [11, 12, 38].

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Природно-климатические условия места проведения испытаний

Полевые исследования проводились в 2022–2024 гг. на производственных площадях Калужской области в сотрудничестве с Калужским филиалом ФГБУ «РОСАГРОХИМСЛУЖБА» и ФГБНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. Опыт закладывали в условиях стационарного полевого эксперимента с соблюдением всех требований методики постановки полевых опытов в условиях полевого стационарного опыта, заложенного на производственных площадях Калужской области — региона, относящегося к Нечернозёмной зоне Российской Федерации, характеризующийся устойчивыми агроклиматическими условиями, высоким уровнем агрохимического сопровождения, а также представительным разнообразием погодных условий, что позволяет получать объективные данные об эффективности приёмов питания и защиты растений.

Опыт был заложен на выровненном участке с равнинным рельефом, без склонов и зон застоя влаги, что обеспечивало однородность условий на всём протяжении вегетационного периода. Почвенный покров участка представлен дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой с уровнем кислотности, слабокислым ($pH_{KCl} = 5,7$). Агрохимический анализ (таблица 1) показал содержание гумуса на уровне 2,1 %, подвижного фосфора (P_2O_5) — 190 мг/кг, обменного калия (K_2O) — 120 мг/кг, а обеспеченность микроэлементами бором и молибденом — на среднем и ниже среднего уровне (подвижного бора — 0,15–0,22 мг/кг, подвижного молибдена — менее 0,05 мг/кг).

Таким образом, агрохимическая характеристика почвы опытного участка указывает на достаточную обеспеченность основными элементами минерального питания при выраженном дефиците молибдена и пограничных значениях по бору. Это обуславливает необходимость изучения эффективности применения микроудобрений в технологии возделывания рапса ярового и подтверждает актуальность выбранного направления

исследований. Участок характеризуется средним уровнем плодородия и типичен для условий Нечерноземья.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка
(Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Показатель	Значение
Тип почвы	Дерново-подзолистая, среднесуглинистая
рН солевой вытяжки	5,7
Содержание гумуса, %	2,1
Подвижный фосфор (P_2O_5), мг/кг	190
Обменный калий (K_2O), мг/кг	120
Подвижный бор, мг/кг	0,15–0,22
Подвижный молибден, мг/кг	< 0,05

В качестве предшественника под рапс яровой использовали пшеницу яровую — агрономически обоснованный выбор для условий Нечерноземья. Она формирует благоприятный фитоценоз, не проявляет аллелопатии и снижает фитосанитарные риски. Благодаря раннему росту и уборке, пшеница обеспечивает оптимальные сроки для последующих агротехнических работ, улучшает структуру пахотного слоя, питание и водно-воздушный режим почвы.

Для более полной оценки условий проведения исследований в таблице 2 приведены обобщённые характеристики наиболее распространённых типов почв, характерных для Нечерноземной зоны Российской Федерации. Эти данные позволяют соотнести агрохимические параметры опытного участка с типичными значениями по региону и обосновать научную репрезентативность почвенного фона.

Таблица 2

Характеристика наиболее распространённых типов почв
Нечерноземной зоны

Показатель	Дерново- подзолистая	Дерново- глеевая	Пойменная (аллювиально- луговая)	Лугово- болотная	Лугово- чернозёмная
Гумус, %	1,5–2,5	1,8–3,2	2,5–3,5	3,5–4,0	3,7–4,5
pH	4,5–5,5	5,0–6,0	6,2–6,8	5,8–6,5	6,0–6,7
P ₂ O ₅ , мг/кг	60–120	80–140	100–180	90–150	100–160
K ₂ O, мг/кг	80–120	100–150	120–180	100–160	110–170
Подвижный бор, мг/кг	0,10–0,25	0,15–0,30	0,25–0,35	0,20–0,30	0,22–0,35
Молибден, мг/кг	< 0,05–0,08	0,05–0,12	0,10–0,20	0,08–0,18	0,09–0,15

Почва опытного участка соответствует типичной для Нечерноземья дерново-подзолистой среднесуглинистой почве по уровню гумуса, pH и обеспеченности элементами питания. Содержание подвижного бора находится на нижней границе средних значений, молибдена — в зоне выраженного дефицита. Сопоставление с почвами других районов подтверждает репрезентативность участка и возможность распространения результатов на аналогичные условия Центрального региона. Обеспеченность микроэлементами, особенно бором и молибденом, существенно влияет на физиологию растений, фотосинтез, стрессоустойчивость и урожайность рапса.

В таблице 3 приведена шкала агрохимической оценки обеспеченности почв подвижными формами микроэлементов (ААБ, мг/кг), используемая при обследованиях сельхозземель. Сравнение фактических данных по опытному участку с приведённой шкалой позволяет сделать следующие выводы: содержание подвижного бора на уровне 0,15–0,22 мг/кг соответствует нижнему пределу средней обеспеченности, а содержание подвижного молибдена менее 0,05 мг/кг свидетельствует о выраженном дефиците. Такая агрохимическая картина типична для дерново-подзолистых почв региона, но в то же время указывает на потенциальные ограничения в питании культуры.

Таблица 3

Группировка почв Нечерноземной зоны по содержанию подвижных форм микроэлементов

Микроэлемент	Низкая обеспеченность	Средняя обеспеченность	Высокая обеспеченность
Бор (В)	< 0,2	0,2–0,4	> 0,4
Молибден (Мо)	< 0,05	0,05–0,1	> 0,1
Медь (Cu)	< 0,3	0,3–0,6	> 0,6
Цинк (Zn)	< 0,6	0,6–1,0	> 1,0
Марганец (Mn)	< 15	15–40	> 40

Бор играет ключевую роль в процессах цветения и оплодотворения у рапса, а молибден — в азотном обмене и ферментативной активности. Их недостаток может существенно ограничивать реализацию генетического потенциала урожайности культуры.

Таким образом, экспериментальное изучение эффективности применения микроудобрений, содержащих бор и молибден, в сочетании с инсектицидной защитой, является научно и агрономически обоснованным. Оно направлено на решение актуальной задачи адаптивной оптимизации минерального питания рапса в условиях Нечерноземной зоны и может служить основой для корректировки региональных рекомендаций по технологии возделывания масличных культур.

2.2 Погодные условия в годы проведения испытаний

Климат Калужской области — умеренно-континентальный с достаточным увлажнением. Метеорологические наблюдения в период исследований осуществлялись на ближайшей к опытному участку станции — метеостанции «Малоярославец». Среднегодовая температура воздуха составляет +4,5 °С, сумма активных температур за период вегетации — 2100–2300 °С, годовая сумма осадков — 650–700 мм. В течение 2022–2024 гг. погодные условия вегетационного периода отличались значительной межгодовой вариабельностью, что позволило объективно оценить влияние

климатических факторов на изучаемые показатели. В таблице 4 представлены основные климатические показатели по годам исследований.

Таблица 4

Климатические показатели по годам исследований
(Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Показатели	Годы проведения исследований		
	2022	2023	2024
Средняя температура воздуха, °С	15,1	16,3	17,0
Сумма активных температур > 10 °С, °С	2180	2310	2430
Сумма осадков, мм	720	520	590
Гидротермический коэффициент (ГТК)	1,16	0,76	0,88

Гидротермический коэффициент (ГТК) в годы исследований варьировал от 0,76 до 1,16, отражая смену переувлажнения и засухи. Такая погодная изменчивость обеспечивает репрезентативность данных и позволяет оценить устойчивость агроприёмов в различных агроклиматических условиях. В 2022–2024 гг. вегетационные сезоны рапса сорта «Викрос» отличались погодными аномалиями — от избыточной влажности и слабой инсоляции до засух (рисунок 1) и температурных скачков (рисунок 2), что дало возможность объективно оценить адаптивность культуры и эффективность схем защиты и питания.

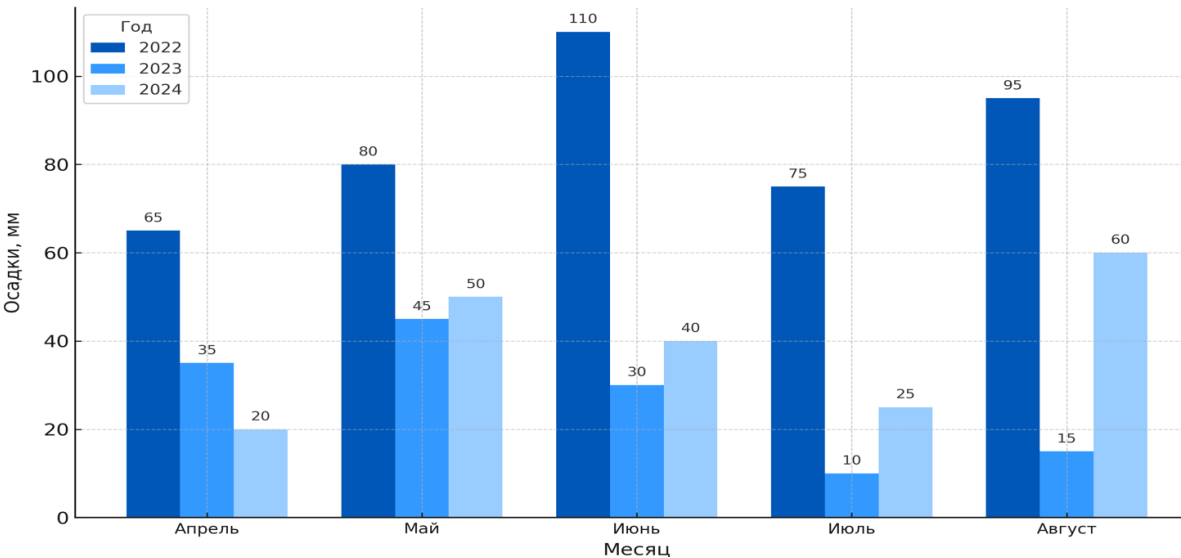


Рисунок 1. Количество осадков по месяцам (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

В 2022 году зима была умеренно снежной и соответствовала климатической норме. Весна отличалась затяжным характером с обильными осадками в апреле и пониженной температурой в мае, что задержало активизацию роста. Лето выдалось влажным и пасмурным, особенно в июне и августе, что способствовало вегетативному развитию, но замедлило налив семян. В 2023 году зима была мягкой, с нестабильным снежным покровом и частыми оттепелями. Весна наступила рано и характеризовалась высокой температурой, что способствовало дружным всходам и активному росту листьев. Однако лето оказалось жарким и засушливым, особенно в июле, что вызвало выраженный стресс растений в фазах цветения и формирования урожая.

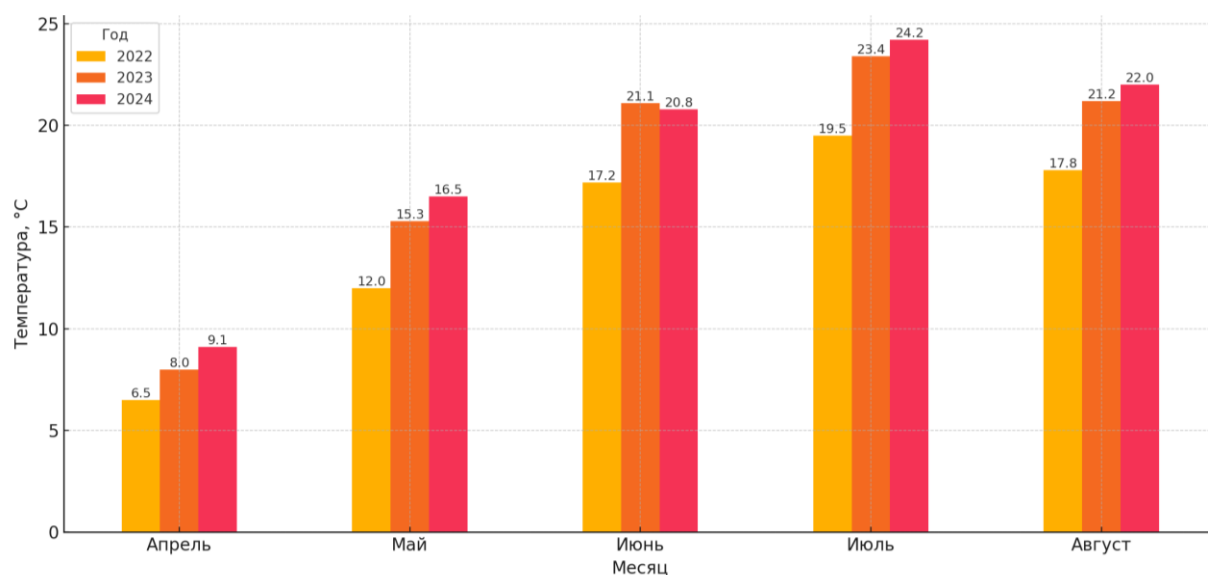


Рисунок 2. Среднемесячная температура воздуха в апреле–августе (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

В 2024 году зима была на 1,5–2,5 °C теплее нормы и сопровождалась нестабильным снежным покровом. Весна — сухая и тёплая, с осадками ниже нормы, но в мае отмечено обильное увлажнение (+20 %), способствовавшее активному росту растений. Лето выдалось жарким, особенно в июле (до 32 °C), что привело к риску термического стресса в фазу цветения. Таким образом, погодные условия охватили широкий диапазон сценариев, типичных для Центрального Нечерноземья, что обеспечивает репрезентативность результатов и возможность их применения в аналогичных регионах.

2.3 Объекты и методы проведения исследований

В качестве объекта исследования в настоящей работе использован сорт рапса ярового «Викрос», включённый в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации с допуском к использованию в различных агроэкологических условиях, включая Центральный, Волго-Вятский, Северо-Западный и другие регионы. Оригинатор сорта — Федеральный научный центр «Всероссийский институт кормов им. В.Р. Вильямса» [42].

Для базового минерального питания в опыте была использована умеренная дозировка NPK 60 кг/га д.в., что соответствует агрономическим требованиям культуры рапса и признанным рекомендациям по минеральному питанию масличных культур. При ожидаемой урожайности порядка 3 т/га рапс выносит около 120 кг N, 60 кг P₂O₅ и 106 кг K₂O, а значит, схема NPK 60 позволяет обеспечить около 50 % потребности в азоте и полностью покрыть потребность в фосфоре на критические фазы органогенеза.

Такой подход отражает современную практику минерального питания и обоснован в ряде отечественных руководств, в том числе в работе Сычёва В.Г., Шафрана С.А. «Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений» (2013), где подчёркивается необходимость поддержания физиологически доступного уровня фосфора даже на почвах с повышенной обеспеченностью, в целях устранения временного дефицита в прикорневой зоне и снижения риска фосфорного голодания в начальные фазы развития культуры [118].

Сорт «Викрос» — рапс яровой масличного направления (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), отличающийся высокой экологической пластичностью, устойчивостью к полеганию и равномерным созреванием. Относится к раннеспелым: биологическая спелость наступает через 88–108 дней после всходов. Высота растений — 100–120 см, стебель прямостоячий, хорошо облиственный. Соцветие — кисть, стручки содержат по 20–25 семян. Средняя урожайность — 2,5–3,0 т/га. Масличность — 43,5–45,5 %, протеин — 22–24

%, сорт относится к высококачественному 00-типу (без эруковой кислоты и с низким содержанием глюкозинолатов ≤ 14 мкмоль/г). Хорошо отзывается на бор и молибден, что делает его перспективным для исследований в условиях Нечерноземья.

Таким образом, выбор сорта «Викрос» в качестве объекта исследования обоснован его широким районированием, стабильными показателями продуктивности, высокими качественными характеристиками семян, а также чувствительностью к агрохимическим и биологическим факторам среды [31], что позволяет использовать его в качестве модели при изучении новых приёмов технологии возделывания.

Методика полевых исследований была направлена на оценку эффективности инсектицидной обработки и применения микроудобрений (бора и молибдена) при возделывании рапса ярового сорта «Викрос» в условиях Нечерноземной зоны. Эксперименты проводились в 2022–2024 гг. на фоне естественно складывающихся погодных условий [14].

Опыт закладывался по методике полевых опытов в четырёхкратной повторности [2]. Размещение делянок — систематическое, площадь каждой делянки составляла 20 м². Учетные площадки выделялись в центре каждой делянки с соблюдением границ для исключения краевого эффекта.

Цель опыта заключалась в выявлении влияния различных доз инсектицида, в форме концентрата суспензии и применения микроэлементов бора и молибдена на продуктивность культуры, численность вредителей и остаточное содержание пестицидов в растениях. Исследование носило факторный характер, включающий вариации по схемам защиты и питания.

Схема опыта включала 6 вариантов (таблица 5).

Таблица 5

Схема полевого опыта по изучению совместного влияния удобрений и пестицидов на растения рапса ярового (Калужская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта, NN	Система минерального питания растений, кг/га д.в.			Норма расхода инсектицида, КС, л/га
	NPK	Бор	Молибден	
1	—	—	—	—
2	60	—	—	—
3	60	—	—	0,10
4	60	—	—	0,12
5	60	2,0	0,3	0,10
6	60	2,0	0,3	0,12

Варианты полевого опыта были разработаны таким образом, чтобы обеспечить оценку влияния минерального питания, инсектицидной обработки и совместного применения микроэлементов (бора и молибдена) на продуктивность рапса ярового. Ниже приведено краткое описание каждого варианта.

1. Контроль — без внесения удобрений и без обработки инсектицидом. Позволяет установить базовый уровень продуктивности и степень поражённости вредителями в естественных условиях.

2. Контроль с NPK (60 кг/га д.в.) — вариант с основным минеральным питанием (60 кг/га д.в.), без средств защиты растений. Отражает влияние удобрений без вмешательства в энтомофауну.

3. Инсектицид (0,10 л/га) + NPK (60 кг/га д.в.) — инсектицид в минимальной дозе (0,10 л/га) на фоне основного питания. Позволяет оценить эффективность базовой инсектицидной обработки.

4. Инсектицид (0,12 л/га) + NPK (60 кг/га д.в.) — повышенная норма расхода инсектицида (0,12 л/га) при аналогичном уровне питания. Сравнивается с вариантом 3 для анализа дозозависимого эффекта.

5. Инсектицид (0,10 л/га) + В (2 кг/га) + Мо (0,3 кг/га) + NPK (60 кг/га д.в.) — комбинированное применение инсектицида, бора и молибдена при базовом питании. Демонстрирует эффективность совмещённого приёма при минимальной норме защиты.

6. Инсектицид (0,12 л/га) + В (2 кг/га) + Мо (0,3 кг/га) + NPK (60 кг/га д.в.) — полная схема защиты и питания, направленная на максимальное снижение численности вредителей и обеспечение микроэлементного статуса.

Делянки в полевом опыте размещали в системе блочного расположения, при этом повторности закладывали с запада на восток. Между делянками оставляли проходы шириной 0,5 м для исключения взаимного влияния между вариантами. Обработка посевов проводили с учётом направления ветра, что обеспечивало равномерность распределения рабочего раствора по поверхности растений. Посев рапса осуществляли в третьей декаде апреля, инсектицидные обработки и внекорневое питание — в фазу 2–4 настоящих листьев (ориентировочно середина мая), а уборка урожая проводили в августе, после достижения технической спелости растений. Все обработки выполнялись ранцевым опрыскивателем (MAROLEX Titan) при норме расхода рабочей жидкости 200 л/га и рабочем давлении 3 атм [3]. Смеси для обработки готовили поэтапно: компоненты растворяли последовательно, с перемешиванием, во избежание расслоения и осаждения.

Расчёт доз препаратов осуществлялся по формуле:

Масса препарата, кг/га = (Норма д.в., кг/га / Содержание д.в., %) × 100

Соответственно, расчётные значения составили:

— для борной кислоты: $(2 / 17,5) \times 100 = 11,43$ кг/га;

— для молибдата аммония: $(0,3 / 54) \times 100 = 0,56$ кг/га.

Рабочая жидкость готовили непосредственно перед применением в баке опрыскивателя. Компоненты вносили последовательно при постоянном перемешивании. Объём рабочей жидкости составлял 200 л/га. Совместное применение с инсектицидом, КС осуществляли в виде смеси, приготовленной в соответствии с рекомендациями производителя и требованиями по технике безопасности. Подобная схема обеспечивала равномерное распределение микроэлементов и инсектицида на поверхности растений и способствовала эффективной реализации совместного действия компонентов при защите и питании рапса ярового.

Для инсектицидных обработок и внекорневого внесения микроэлементов смеси готовили индивидуально для каждой делянки (площадь — 25 м², что соответствует 0,0025 га). Рабочий раствор включал инсектицид в норме 0,10 или 0,12 л/га (соответственно 0,25 и 0,30 мл на делянку), борную кислоту (17,5 % В) в количестве 2,14 г и аммоний молибдат ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O, 54 % Мо) — 0,35 г. Объем воды составлял 0,5 л, что эквивалентно расходу 200 л/га. Приготовление смеси проводили по следующему регламенту: в тёплой воде растворяли борную кислоту, затем добавляли аммоний молибдат, тщательно перемешивали. После полного растворения солей вносили отмеренное количество инсектицида при помощи градуированного дозатора (шприца без иглы), доводили объем водой до 500 мл, перемешивали, фильтровали через двухслойную марлю и наносили на растения методом мелкодисперсного опрыскивания.

Обработки осуществляли в утренние или вечерние часы при температуре воздуха не выше +25 °С [13], в фазу розетки (ВВСН 14–18), по вегетирующим растениям. Смеси готовили непосредственно перед применением. Для сохранения точности дозировки отмеряли мерным цилиндром. Каждый вариант опыта обрабатывался индивидуально, строго в соответствии с установленной схемой. Такой подход обеспечивал воспроизводимость результатов и корректную интерпретацию действия препаратов.

Структура опыта имела факторный характер: варьировали норма расхода инсектицида (фактор А) и наличие микроудобрений (фактор В). Такой подход позволял оценить как индивидуальное действие каждого из факторов, так и их совокупное влияние на продуктивность рапса ярового, биологическую эффективность инсектицидной защиты и остаточное содержание действующих веществ в растениях. На вариантах с минеральным питанием вносили комплексное удобрение NPK в дозе 60 кг/га д.в. Участок под посев проходил стандартную обработку: зяблевая вспашка на глубину 22–25 см, весеннее боронование и предпосевная культивация, обеспечивающие

оптимальные условия для роста и развития культуры [35]. Все агротехнические мероприятия, включая обработку почвы, посев, уход за посевами и уборку, проводили в соответствии с рекомендациями по технологии возделывания рапса в условиях Центрального региона РФ.

Биологическую эффективность инсектицидных обработок оценивали по формуле Тила–Хендерсона [25] на основании данных учёта численности вредителей до и после обработок с последующим статистическим анализом. Урожайность, структура урожая и фенологические наблюдения определяли в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) [1]. Массу 1000 семян определяли по ГОСТ 10842-89 [4].

Определение содержания остаточных количеств пестицидов в растениях проводили согласно методическим указаниям МУК 4.1.1805-03 [81] и МУК 4.1.1430-03 [82] с применением метрологически аттестованных методов высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и газовой хроматографии (ГХ) с использованием соответствующих детекторов [5].

Агрохимические характеристики почв определяли по действующим нормативам: pH_{KCl} по ГОСТ 26483-85, гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-2021), подвижный фосфор и обменный калий — по методу Кирсанова (ГОСТ 54650-2011), обменные кальций и магний — по ГОСТ 26487-85, гидролитическая кислотность — ГОСТ 26212-2021. Подвижные соединения бора определяли по ГОСТ Р 50688-94, подвижные соединения молибдена - по ГОСТ Р 50689-94, оба метода обеспечивают воспроизводимую оценку обеспеченности почвы микроэлементами для агрохимического анализа [25]. Отбор проб почвы проводили по ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб» [6].

Статистическая обработка результатов выполняли в соответствии с методикой, изложенной в руководстве Доспехова Б.А. (1985) [7], с применением методов дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа. Расчёты и визуализация результатов выполняли с использованием программных пакетов Microsoft Excel и Statistica v.12 [8].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ОПТИМИЗАЦИИ ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ РАПСА ЯРОВОГО

В данной главе представлены и проанализированы результаты полевых опытов по изучению влияния различных схем применения инсектицида в сочетании с микроэлементами (бор и молибден) на рост, развитие и продуктивность рапса ярового в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации [19, 35, 48].

Работы проводились в 2022–2024 гг. на производственных площадях Калужской области с учётом погодных условий каждого года. В ходе исследований оценивались морфометрические показатели растений, урожайность и её структура, численность основных вредителей, биологическая эффективность используемого инсектицида, а также динамика разрушения действующих веществ в растительном материале [23, 37, 55].

Особое внимание уделено роли микроэлементов в физиологической устойчивости растений, усилении защитного эффекта инсектицидной обработки и пролонгации её действия [9, 17, 32]. Представленные данные интерпретируются с опорой на литературные источники и служат основой для рекомендаций по оптимизации системы защиты и питания рапса [5, 12, 45].

3.1. Влияние микроэлементов в сочетании со средствами защиты растений на формирование морфометрических признаков и адаптивной устойчивости рапса ярового

Рост и развитие рапса ярового как масличной культуры зависят от внутренних морфофизиологических процессов и внешних факторов, особенно минерального питания, стрессов и фитосанитарного состояния. Рапс отличается высокой чувствительностью к дефициту элементов и стрессам на всех этапах онтогенеза из-за интенсивного метаболизма и быстрого развития. Нарушение питания в критические фазы (розетка, бутонизация, цветение)

снижает фотосинтез, вызывает опадение завязей, деформации цветков и уменьшение озернённости, что ведёт к потере урожайности [34, 49, 77].

В современных агротехнологиях всё большее распространение получает интегральный подход, направленный не только на локализацию вредоносных факторов, но и на повышение общей устойчивости растений к стрессам за счёт их физиологической поддержки [16, 30]. Одним из перспективных направлений в этом контексте является совместное применение инсектицидов и физиологически активных микроэлементов, таких как бор и молибден. Подобная стратегия позволяет реализовать двойной эффект: с одной стороны — снизить потери от вредителей за счёт системной и контактной защиты, а с другой — активизировать ключевые биохимические процессы, усиливающие рост и устойчивость растений в стрессовых условиях [22, 60, 73].

Бор, как установлено многочисленными исследованиями, играет исключительно важную роль в метаболизме растений. Он участвует в регуляции синтеза и транспорта углеводов, способствует стабильности клеточной стенки и межклеточных связей, участвует в синтезе лигнина и фенольных соединений, а также оказывает влияние на деление клеток и формирование меристематических тканей [41, 50]. Бор необходим для нормального развития репродуктивных органов: при его дефиците нарушается образование пыльцы, затрудняется прорастание пыльцевой трубки, снижается процент завязей [18, 47]. Особенно чувствителен к недостатку бора рапс в фазах бутонизации и цветения, что требует точного и своевременного внесения этого элемента. Кроме того, бор косвенно повышает устойчивость растений к болезням и неблагоприятным погодным условиям за счёт стабилизации мембранных структур и клеточного тургора [32, 61].

Молибден, в свою очередь, является компонентом ключевых ферментов азотного обмена — нитратредуктазы и нитрогеназы. Его присутствие необходимо для восстановления нитратов в аммоний, последующего синтеза аминокислот, белков и других азотсодержащих

соединений [12, 43, 69]. Недостаток молибдена ограничивает использование доступных форм азота, особенно на кислых почвах, характерных для Нечерноземной зоны [24, 57]. Повышение молибденового статуса растений ведёт к активизации фотосинтетических процессов, увеличению содержания хлорофилла, улучшению общего азотного питания и, как следствие, к усилению вегетативного роста и более интенсивному накоплению биомассы [26, 55]. Помимо этого, молибден оказывает антистрессовое действие в условиях жары и засухи, способствуя сохранению зелёного листового аппарата и стабильности обменных процессов в тканях [35, 70].

Совместное использование бора и молибдена с инсектицидом в составе смесей позволяет не только повысить эффективность защиты растений от комплекса вредителей, но и реализовать потенциал роста даже в условиях неблагоприятных погодных аномалий [17, 52, 62]. Полевые опыты, проведённые в различных климатических сценариях (влажный, холодный 2022 год; жаркий, засушливый 2023 год; контрастный 2024 год), подтвердили, что такое сочетание способствует увеличению высоты растений, числа генеративных побегов, озернённости стручков и массы 1000 семян [28, 48].

Таким образом, системный подход к применению инсектицида и микроэлементов в технологии возделывания рапса ярового позволяет одновременно реализовать задачи защиты, питания и физиологической регуляции роста, что в конечном итоге приводит к стабилизации урожайности и повышению её предсказуемости в условиях агроклиматической нестабильности [21, 38, 63].

Особую значимость в системе адаптивного земледелия приобретает оценка влияния погодных условий на эффективность применяемых агроприёмов, поскольку погодный фактор остаётся одним из наиболее трудно прогнозируемых и одновременно наиболее критичных элементов внешней среды [19, 66]. Проведённые исследования охватывали три вегетационных сезона, каждый из которых характеризовался своим набором метеорологических аномалий, включая избыток или дефицит влаги, резкие

колебания температурного фона (рисунок 3 и 4), пониженную солнечную активность, затяжные периоды пасмурной и прохладной погоды, а также термические пики в ключевые фазы органогенеза [14, 54, 64]. Такая климатическая неоднородность не только позволила объективно оценить устойчивость различных вариантов агротехнологии к стрессам, но и продемонстрировала реальные адаптационные возможности культуры при использовании защитно-питательных схем, построенных на синергизме инсектицидного компонента и микроэлементного сопровождения [20, 36, 72].

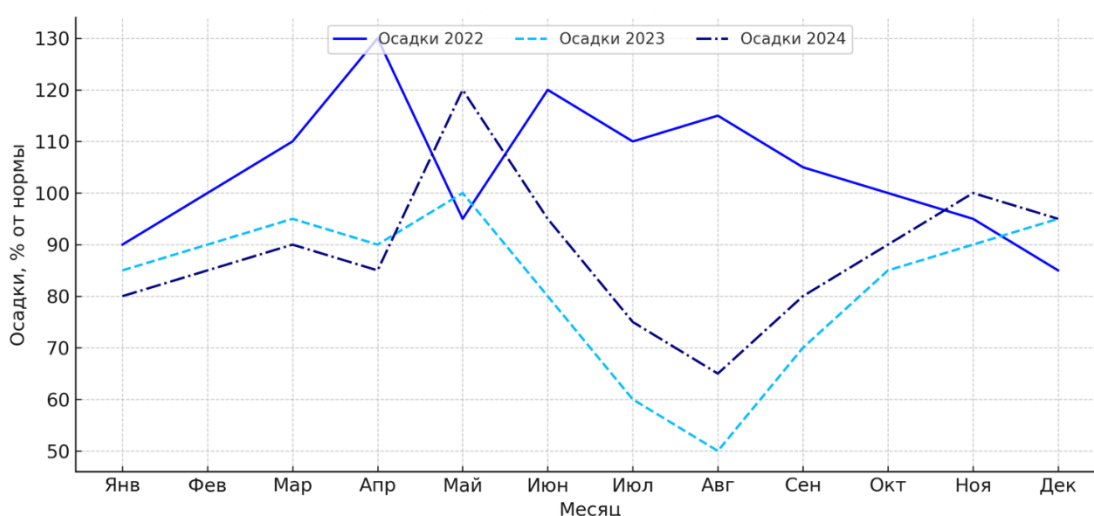


Рисунок 3. Аномалии осадков по месяцам (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Так, в 2022 году была отмечена относительно мягкая зима с устойчивым снежным покровом, плавно переходившая в затяжную, переувлажнённую весну, сопровождавшуюся аномально низкой суммой активных температур и обилием осадков в апреле. Подобные условия, как правило, задерживают начало вегетации, тормозят корнеобразование и нарушают синхронизацию фаз роста. В этих условиях особенно четко проявлялось действие бора, способствующего восстановлению деления клеток в точках роста и формированию полноценной розетки даже при дефиците света [18, 34, 50]. Инсектицидная обработка, проведённая в фазу всходов, обеспечивала защиту от крестоцветных блошек, активизировавшихся на фоне раннего потепления, что позволило сохранить ростовые конусы и сформировать продуктивные первичные розетки [28, 48].

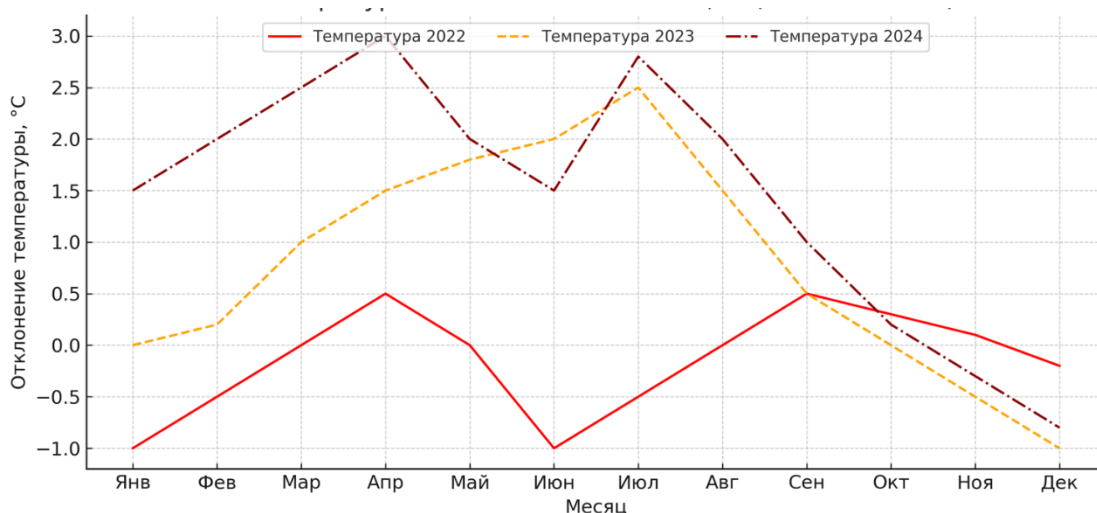


Рисунок 4. Температурные аномалии по месяцам (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Вегетационный сезон 2023 года характеризовался контрастными погодными условиями: после тёплой и сухой весны, ускорившей прорастание и рост растений, в июле установилась жара до 32–34 °C с острым дефицитом влаги в фазу цветения и налива семян. В этих стрессовых условиях особенно проявилась роль молибдена — стабилизация нитратного обмена, усиление антиоксидантной защиты и поддержание тургора клеток. [26, 43, 69]. Инсектицидная защита одновременно ограничивала вредоносную активность клопов и тли, численность которых в засушливые годы значительно возрастала, благодаря чему удалось сохранить продуктивные генеративные органы и минимизировать аборт завязей [36, 57].

В 2024 году, при относительно благоприятных условиях весны и достаточном увлажнении почвы в мае, растения вступили в период цветения в оптимальном физиологическом состоянии, однако во второй половине июня — июле наблюдался термический стресс (рисунок 4). В этих условиях именно сочетание инсектицида и микроудобрений позволило нивелировать эффект перегрева и обеспечить реализацию продукционного потенциала [22, 35, 66]. Ростовые параметры, зафиксированные в этот год, демонстрировали максимальные значения по всем морфометрическим признакам, включая высоту растений, длину стручков, озернёность и массу 1000 семян [38, 60].

Таким образом, применение комплекса «инсектицид + микроэлементы» выступает не просто как стандартная защита растений или элемент агрохимического обеспечения, а как ключевой инструмент адаптивного управления в условиях нестабильной агрометеорологической обстановки [16, 52, 72]. Он позволяет растениям сохранить физиологическую активность в периоды стресса, восстановить рост после неблагоприятных воздействий, синхронизировать фазы развития и, в конечном счёте, поддерживать стабильный уровень урожайности даже при выраженных отклонениях погоды от климатической нормы. Полученные результаты подчёркивают необходимость комплексного подхода к питанию и защите, особенно в зонах рискованного земледелия, где без таких решений невозможно обеспечить требуемый уровень продуктивности и экономической эффективности технологий возделывания [21, 55, 70].

Погодные условия в годы исследований (2022–2024 гг.) были крайне неоднородными, что позволило оценить устойчивость исследуемых схем к разнообразным абиотическим стрессам. Так, в 2022 году весна была затяжной, с обильными осадками и пониженной температурой воздуха. В этих условиях рост растений замедлялся, однако применение борсодержащих соединений обеспечивало формирование полноценной завязи даже при ограниченной инсоляции [41, 49]. В 2023 году растения подверглись термическому и водному стрессу в фазу цветения — в условиях острого дефицита влаги микроудобрения способствовали сохранению листьев и усилению фотосинтетической активности [43, 69]. В 2024 году весна была сухой и тёплой, но позднее сменялась жарой и засухой в июле - августе. Применение инсектицида с микроэлементами позволило сгладить пики стресса и сохранить интенсивное развитие в критические фазы [26, 36].

Установлено, что совместное применение инсектицида и листовых подкормок бором и молибденом существенно улучшает морфогенез рапса ярового. Комплексное действие защитного и физиологически активного компонентов способствует формированию более устойчивых и развитых

растений с улучшенной архитектурой. По сравнению с контролем, отмечено увеличение размеров листовой розетки, усиление роста корней, утолщение главного корня, активное ветвление и повышение плотности корневого пучка.

Морфометрические показатели растений рапса ярового, характеризующие вегетативное и генеративное развитие, являются важными индикаторами адаптивного ответа культуры на условия среды и применяемые агротехнические приёмы. В следующем разделе представлены результаты по основным морфометрическим признакам, полученные в разные годы исследований (2022–2024 гг.) с учётом различий в климатических условиях и схемах обработки.

Данные сгруппированы по типу признаков — вегетативным и генеративным — и позволяют проследить влияние применения комплекса инсектицидов и микроэлементов на рост, развитие и устойчивость растений.

Анализ данных, представленных в таблице 6, свидетельствует о выраженном влиянии схем обработки с применением инсектицидов и микроэлементов на развитие вегетативной массы рапса ярового в условиях 2022 года. Данный сезон характеризовался затяжной, переувлажнённой весной и пониженным температурным фоном в период активной вегетации, что способствовало снижению темпов роста и ослаблению физиологического состояния растений в контрольных вариантах.

Результаты оценки морфометрических показателей растений рапса ярового представлены в таблице 6. В рамках опыта оценивали как вегетативные (высота растений, диаметр и длина корня), так и генеративные признаки (число ветвей, длина стручка, озернённость). Высота растений варьировала от 98 см в контроле без обработки до 114 см при комплексной схеме с инсектицидом (0,10 л/га) и внесением микроэлементов (бор — 2 кг/га, молибден — 0,3 кг/га). Аналогичная тенденция отмечена и по диаметру корня (от 4,1 до 5,2 мм), а также длине корня, увеличившейся с 18 до 24 см. Варианты с применением инсектицида в сочетании с удобрениями (варианты 3 и 4) способствовали увеличению высоты растений до 105–108 см. При этом

достоверное увеличение по сравнению с удобрённым контролем (102 см) наблюдалось только в варианте 4, где превышение составило 6 см при $НСР_{0.05} = 3,9$ см. Различие между вариантами 2 и 3 не являлось статистически значимым.

Таблица 6

Влияние комплексного применения удобрений и пестицидов на морфометрические характеристики растений рапса ярового сорта «Викрос» (Калужская область, 2022 г.)

Вариант	Вегетативные органы				Генеративные органы	
	Высота растений, см	Число ветвей, шт.	Диаметр корня, мм	Длина корня, см	Длина стручка, см	Озернённость, шт.
1 Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	98	2	4,1	18	4,6	14
2. Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	102	3	4,3	19	5,2	15
3. Инсектицидная обработка (0,10 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	105	3	4,4	20	5,8	17
4. Инсектицидная обработка (0,12 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	108	4	4,7	21	6,1	18
5. Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	114	5	5,2	24	7,2	21
6. Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	112	5	5,0	23	7,0	20
$НСР_{0.05}$	3,9	0,18	0,2	0,9	0,18	0,88

По числу ветвей наибольшие значения (5 шт.) зарегистрированы у растений, обработанных инсектицидом в сочетании с бором и молибденом, тогда как в контроле формировалось не более 2 ветвей. Варианты с удобрениями и инсектицидной защитой без микроэлементов демонстрировали промежуточные значения (3–4 ветви).

Показатели длины стручка также варьировали в зависимости от схемы обработки: от 4,6 см в контроле до 7,2 см при наиболее полной схеме. Озернённость, как один из важнейших признаков генеративной продуктивности, увеличивалась с 14 до 21 семян на стручок при усилении уровня питания и защиты растений.

Таким образом, установлено, что применение инсектицидного препарата в сочетании с микроэлементами (бор и молибден) способствует формированию более мощной корневой системы, повышению биометрических параметров растений и генеративной продуктивности. Полученные данные свидетельствуют о синергетическом эффекте совмещения приёмов защиты и питания, повышающем адаптивный потенциал культуры.

Сезон 2023 года был крайне неблагоприятен с точки зрения водообеспечения: после ранней тёплой весны установилась продолжительная фаза засухи и высоких температур, особенно в июне–июле. Эти климатические условия существенно повлияли на ростовые процессы, угнетая развитие вегетативной массы растений. Особенно выражено это проявилось в контрольном варианте (1), где не применялись ни инсектицидные обработки, ни микроудобрения. Высота растений составила лишь 91 см, диаметр корня — 3,9 мм, длина корневой системы — 17 см. Такие показатели отражают слабое развитие как надземных, так и подземных органов в условиях фитостресса и отсутствия стимуляции.

В таблице 7 представлены данные по морфометрическим показателям рапса ярового сорта «Викрос», полученные в 2023 году. Условия 2023 года характеризовались жаркой и засушливой весной и летом, что оказало заметное влияние на рост и развитие растений. В контрольном варианте, где не применялись ни удобрения, ни средства защиты, наблюдались минимальные значения по всем показателям: высота растений составила 91 см, диаметр корня — 3,9 мм, длина корня — 17 см, число ветвей — 2, длина стручка — 4,3 см, а озернённость — 13 семян на стручок.

Таблица 7

Влияние комплексного применения удобрений и пестицидов на
морфометрические характеристики растений рапса ярового сорта «Викрос»
(Калужская область, 2023 г.)

Вариант	Вегетативные органы				Генеративные органы	
	Высота растений, см	Число ветвей, шт.	Диаметр корня, мм	Длина корня, см	Длина стручка, см	Озернённость, шт.
1 Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	91	2	3,9	17	4,3	13
2. Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	94	2	4,1	18	4,9	14
3. Инсектицидная обработка (0,10 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	97	3	4,3	19	5,4	16
4. Инсектицидная обработка (0,12 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	100	4	4,6	20	5,7	17
5. Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	108	5	5,0	23	6,8	20
6. Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	106	5	4,9	22	6,5	19
НСР _{0,05}	3,2	0,2	0,2	0,9	0,52	1,1

Добавление минеральных удобрений (вариант 2) способствовало незначительному улучшению морфометрических признаков, однако наибольший эффект наблюдался при применении инсектицидной обработки и микроэлементов. Применение инсектицида в дозе 0,10 л/га на фоне удобрений (вариант 3) способствовало улучшению большинства морфометрических признаков растений. При этом увеличение высоты растений на 3 см по сравнению с удобренным контролем (вариант 2) не превышало порог статистической значимости ($НСР_{0,05} = 3,2$ см). Вместе с тем число боковых ветвей, диаметр корня, длина стручка и озернённость отличались достоверно. Прирост длины корня составил 1 см, что соответствует значению $НСР_{0,05}$ и,

следовательно, находится на границе статистической достоверности. Длина корня увеличивалась до 22–23 см, а число боковых ветвей — до 5, что указывает на лучшую архитектуру куста.

Генеративные признаки также улучшались: длина стручка достигала 6,8 см, а озернённость увеличивалась до 20 семян, что свидетельствует о сохранении репродуктивной функции растений даже в стрессовых погодных условиях.

Таким образом, в засушливом 2023 году наибольшую устойчивость и лучшие биометрические показатели показали растения, обработанные инсектицидом в сочетании с микроэлементами, что подтверждает эффективность интегрированной системы защиты и питания в условиях стресса.

В 2024 году тёплая и сухая весна способствовала активному росту, а высокая биологическая активность агрохимикатов усилила эффект обработок. Влажный июнь благоприятствовал фотосинтезу, тогда как июльский термический стресс негативно отразился на вариантах без микроэлементной поддержки, что позволило объективно оценить адаптационный потенциал растений и эффективность схем (таблица 8). В контрольном варианте (без обработки и удобрений) растения достигали высоты 102 см, при диаметре корня 4,3 мм, длине 19 см и 3 ветви. Генеративные показатели были умеренными: длина стручка — 5,7 см, озернённость — 18 семян. Применение инсектицида в дозе 0,10 л/га на фоне основного удобрения (вариант 3) способствовало достоверному увеличению высоты растений, диаметра и длины корня, длины стручков и озернённости семян по сравнению с удобрённым контролем (вариант 2). При этом число боковых ветвей в вариантах 2 и 3 находилось на одном уровне и не отличалось статистически.

Таблица 8

Влияние комплексного применения удобрений и пестицидов на
морфометрические характеристики растений рапса ярового сорта «Викрос»
(Калужская область, 2024 г.)

Вариант	Вегетативные органы				Генеративные органы	
	Высота растений, см	Число ветвей, шт.	Диаметр корня, мм	Длина корня, см	Длина стручка, см	Озернённость, шт.
1 Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	102	3	4,3	19	5,7	18
2. Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	106	4	4,6	20	6,4	20
3. Инсектицидная обработка (0,10 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	110	4	4,9	22	7,1	22
4. Инсектицидная обработка (0,12 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	116	5	5,2	23	7,5	23
5. Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	128	6	5,8	27	8,9	28
6. Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	124	6	5,6	25	8,5	26
НСР _{0,05}	2,8	0,2	0,22	0,9	0,36	0,98

Наиболее выраженное влияние на рост и развитие растений оказали схемы с инсектицидной защитой в сочетании с микроэлементами. Так, в вариантах 5 и 6 (инсектицид + бор + молибден) отмечались максимальные значения по всем показателям: высота достигала 124–128 см, длина корня — 25–27 см, число ветвей — 6, длина стручка — 8,5 – 8,9 см, озернённость — 26–28 семян. Эти результаты статистически достоверно превышали контроль и варианты с отдельным внесением удобрений или инсектицида.

Вариант 5 показал наивысшие значения по всем морфометрическим признакам, что объясняется синергетическим действием инсектицида (0,10 л/га) с бором и молибденом, усиливающим метаболизм, рост и генеративную

продуктивность растений. Вариант 6 с увеличенной дозой инсектицида (0,12 л/га) демонстрировал чуть более скромные результаты, вероятно, вследствие стрессового воздействия. Повышенная концентрация могла вызывать кратковременное подавление роста на фоне активного микроэлементного фона. Таким образом, 0,10 л/га оказалось более физиологически сбалансированным и эффективным вариантом.

Увеличение генеративных признаков, особенно числа ветвей и озернённости, указывает на усиление репродуктивной функции растений. Одновременно, развитая корневая система при внесении микроэлементов свидетельствует об улучшении водопитания и стрессоустойчивости в условиях жаркого лета.

Таким образом, в 2024 году интегрированная схема защиты и питания (инсектицид + бор + молибден) обеспечила наилучшее развитие как вегетативной, так и генеративной части растений, повышая их адаптивную устойчивость и потенциальную продуктивность. Это подчёркивает эффективность сочетания микроэлементного питания и средств защиты растений в условиях Нечерноземной зоны.

На диаграмме (рисунок 5) представлены сравнительные показатели морфометрии рапса ярового по годам (2022–2024). Отмечено, что максимальные значения по всем признакам — высоте растений, длине корня и длине стручка — наблюдали в 2023 году. В 2024 году показатели немного снизились, но остались выше уровня 2022 года. Это свидетельствует о влиянии погодных условий и агротехнологических приёмов на развитие растений: наибольший рост был достигнут в условиях жаркого, но благоприятного начала вегетации 2023 года.



Рисунок 5. Динамика средних значений морфометрических показателей рапса ярового сорта «Викрос» по годам (Калужская область 2022–2024 гг.)

3.2. Эффективность совместного применения микроэлементов и инсектицида (тиаметоксам + лямбда-цигалотрин) при влиянии на урожайность и структуру урожая рапса ярового

Одним из ключевых показателей эффективности применения средств защиты растений и микроэлементов в технологии возделывания рапса ярового является урожайность и элементы структуры урожая. В данной части работы рассмотрено влияние различных схем обработки, включающих инсектицидные препараты и микроэлементы (бор и молибден), на формирование продуктивности растений в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Анализ основан на полевых опытах, проведённых в 2022–2024 гг. в Калужской области. Разнообразные погодные условия позволили оценить адаптивную устойчивость рапса к абиотическим стрессам при разных агротехнологиях: 2022 год отличался прохладной и влажной вегетацией, 2023 — выраженным термическим стрессом, а 2024 — благоприятной весной и жарким летом.

3.2.1 Элементы структуры урожая опытных вариантов

В опытах изучалось шесть схем обработки: контроль без применения удобрений и средств защиты; внесение минеральных удобрений (NPK); инсектицидная обработка в двух дозировках с удобрениями; а также сочетание

инсектицидов с удобрениями и с микроэлементами (бор и молибден). По каждому варианту учитывались основные элементы структуры урожая: число стручков на растение, озернённость, длина стручка, масса 1000 семян, масса семян с растения и густота стояния растений перед уборкой.

Анализ элементов структуры урожая рапса ярового в условиях 2022 года (таблица 9) показал чёткое влияние схем обработки на формирование продуктивных признаков растений. В целом, в прохладный и влажный вегетационный период, благоприятный для развития вегетативной массы, внесение удобрений, защита, микроэлементов способствовали значительному увеличению всех изучаемых показателей по сравнению с контролем.

Таблица 9

Структура урожая рапса ярового сорта «Викрос» на фоне применения инсектицида и системы удобрений (Калужская область, 2022 г.)

Вариант опыта	Густота стояния растений, шт./м ²	Число стручков на 1 растение, шт.	Длина стручка, см	Количество семян в стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
1 Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	79	134	4,6	14	8,46	3,63
2. Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	82	151	5,2	15	9,51	3,66
3. Инсектицидная обработка (0,10 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	86	168	5,8	17	10,57	3,70
4. Инсектицидная обработка (0,12 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	85	176	6,1	18	11,10	3,74
5. Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	87	210	7,2	21	13,21	3,81
6. Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	88	202	7,0	20	12,68	3,77
НСР _{0,05}	3,8	7,82	0,18	0,88	0,54	-

Вариант без обработки (контроль) характеризовался наименьшими значениями элементов структуры урожая: среднее число стручков на растение составило 134 шт., масса 1000 семян — 3,63 г, масса семян с растения — лишь 8,46 г. Применение минеральных удобрений (вариант 2) обеспечило прирост числа стручков до 151 шт. (+12,7 % к контролю), массы 1000 семян до 3,66 г и массы семян с растения до 9,51 г (+12,4 %). НСР_{0.05} по густоте стояния (3,8 шт./м²), числу стручков на растение (7,82 шт.) и массе семян с растения (0,54 г) позволяет считать различия достоверными начиная с варианта 5. Варианты 3 и 4 по этим показателям статистически не отличались от удобренного контроля.

Инсектицидная обработка (варианты 3 и 4) существенно повысила продуктивность: число стручков увеличилось соответственно до 168 и 176 шт. (+25,4 % и +31,3 % к контролю), масса семян с растения достигла 10,57 г и 11,10 г. При этом наблюдалось небольшое увеличение длины стручков и озернённости (по количеству семян в стручке), что связано со снижением повреждения генеративных органов насекомыми-вредителями.

Максимальные значения всех показателей зафиксированы в вариантах с применением комплекса инсектицид + бор + молибден (варианты 5 и 6). Вариант 5 показал ещё более высокие результаты: 210 стручков (+56,7 %), масса 1000 семян — 3,81 г, масса семян с растения — 13,21 г (+56,2 %). Вариант 6 обеспечил формирование 202 стручков на растение (+50,7 % к контролю), длина стручка составила 7,0 см, масса 1000 семян — 3,77 г, масса семян с растения — 12,68 г (+49,9 %). Это подтверждает синергетический эффект инсектицидной защиты и микроэлементного питания в условиях 2022 года, способствующих лучшему завязыванию стручков, увеличению их наполнения и повышению массы семян.

Показатели густоты стояния растений перед уборкой были относительно стабильны по вариантам (79–88 шт./м²), что свидетельствует о схожем уровне сохранности посевов и подтверждает, что основные различия в урожайности обусловлены качественными изменениями в структуре урожая.

В последующем 2023 году вегетация рапса ярового проходила в условиях выраженного термического стресса, обусловленного ранней тёплой весной и жарким засушливым летом. Это способствовало усилению значимости факторов, обеспечивающих стрессоустойчивость растений, в том числе микроэлементного питания и защиты от вредителей. Анализ показателей структуры урожая в условиях 2023 года подтверждает важнейшую роль оптимизации технологии возделывания рапса для компенсации стрессовых факторов среды. Результаты влияния различных схем обработки на структуру урожая в этот год приведены в таблице 10.

Таблица 10

Структура урожая рапса ярового сорта «Викрос» на фоне применения инсектицида и системы удобрений (Калужская область, 2023 г.)

Вариант опыта	Густота стояния растений, шт./м ²	Число стручков на 1 растение, шт.	Длина стручка, см	Количество семян в стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
1 Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	82	122	4,3	13	7,05	3,53
2. Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	86	138	4,9	14	7,93	3,56
3. Инсектицидная обработка (0,10 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	91	153	5,4	16	8,81	3,60
4. Инсектицидная обработка (0,12 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	91	161	5,7	17	9,25	3,64
5. Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	98	191	6,8	20	11,01	3,71
6. Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	96	184	6,5	19	10,57	3,67
НСР _{0,05}	3,8	7,6	0,52	1,1	0,41	-

Термический стресс в период налива семян оказал негативное влияние на продуктивность контрольного варианта: число стручков на растение

составило всего 122 шт., масса 1000 семян — 3,53 г, масса семян с растения — 7,05 г. Это на 16,4 % ниже по массе семян с растения по сравнению с аналогичным вариантом 2022 года, что демонстрирует влияние погодных условий.

Внесение минеральных удобрений (вариант 2) несколько сгладило отрицательный эффект стресса: число стручков увеличилось до 138 шт. (+13,1 % к контролю), масса 1000 семян — 3,56 г, масса семян с растения — 7,93 г (+12,5 %). Применение инсектицидной защиты (варианты 3 и 4) позволило добиться более существенного повышения продуктивных признаков: число стручков достигло 153 и 161 шт. соответственно (+25,4 % и +32,0 % к контролю), масса семян с растения увеличилась до 8,81 г и 9,25 г. НСР_{0.05} по густоте стояния (3,8 шт./м²), числу стручков (7,6 шт.) и массе семян с растения (0,41 г) позволяет считать различия достоверными, начиная с варианта 4. Приросты в вариантах 3 и выше по всем трём признакам статистически значимы по сравнению с удобрённым контролем.

Особенно выраженное положительное воздействие на структуру урожая продемонстрировали схемы с использованием инсектицидов в комплексе с NPK и микроэлементами (варианты 5 и 6). Вариант 5 позволил достичь наивысших показателей среди всех вариантов: 191 стручок (+56,6 %), масса семян с растения — 11,01 г (+56,2 %), масса 1000 семян — 3,71 г. В варианте 6 сформировалось 184 стручка на растение (+50,8 %), масса семян с растения составила 10,57 г (+49,9 %), а масса 1000 семян — 3,67 г.

В условиях 2023 года влияние микроэлементного питания было особенно показательным: в вариантах без бора и молибдена прирост массы семян с растения относительно контроля был ограничен, тогда как комплексная схема позволила максимально компенсировать влияние термического стресса, поддерживая процессы завязывания стручков и формирования семян.

Показатели густоты стояния растений оставались стабильными по вариантам (82–98 шт./м²), при этом лучшие результаты по сохранности и

выравненности посевов наблюдались в вариантах с применением полного комплекса обработки.

В 2024 году погодные условия оказались более благоприятными для развития рапса ярового: весна была сухой и тёплой, а лето — жарким, что способствовало ускоренному развитию растений в первой половине вегетации и формированию высокой потенциальной продуктивности. Однако жаркий период в июле создал предпосылки для возникновения термического стресса, особенно в фазу налива семян, что вновь подчеркнуло значимость технологии защиты растений и микроэлементного питания. Динамика изменения элементов структуры урожая по различным схемам обработки в условиях 2024 года представлена в таблице 11.

Таблица 11

Структура урожая рапса ярового сорта «Викрос» на фоне применения инсектицида и системы удобрений (Калужская область, 2024 г.)

Вариант опыта	Густота стояния растений, шт./м ²	Число стручков на 1 растение, шт.	Длина стручка, см	Количество семян в стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
1 Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	71	172	5,7	18	15,51	4,02
2. Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	74	194	6,4	20	17,45	4,06
3. Инсектицидная обработка (0,10 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	78	215	7,1	22	19,39	4,10
4. Инсектицидная обработка (0,12 л/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	77	226	7,5	23	20,36	4,14
5. Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	82	269	8,9	28	24,24	4,22
6. Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) (NPK – 60 кг/га д.в.)	80	258	8,5	26	23,27	4,18
НСР _{0,05}	3,6	9,8	0,36	0,98	0,92	-

Полученные данные свидетельствуют о существенном общем росте продуктивности по сравнению с предыдущими годами. Даже в контрольном варианте (без обработки и удобрений) зафиксированы значительно более высокие показатели: число стручков на растение составило 172 шт., масса 1000 семян — 4,02 г, масса семян с растения — 15,51 г. Это отражает оптимальные условия весеннего периода и более высокий потенциал урожайности в целом.

Внесение минеральных удобрений (вариант 2) дало дальнейший прирост: число стручков увеличилось до 194 шт. (+12,8 % к контролю), масса семян с растения — 17,45 г (+12,5 %). Варианты с применением инсектицидной защиты (3 и 4) обеспечили более значительное повышение показателей: 215 и 226 стручков (+25,0 % и +31,4 %), масса семян с растения — 19,39 г и 20,36 г соответственно. При этом отмечено улучшение качественных характеристик стручков: их длина увеличивалась с 7,1 до 7,5 см, а число семян в стручке — с 22 до 23. Различия по густоте стояния ($НСР_{0.05} = 3,6$ шт./м²), числу стручков на растение (9,8 шт.) и массе семян с одного растения (0,92 г) оказались статистически значимыми начиная с третьего варианта. Это подтверждает эффективность применения инсектицида, особенно при его сочетании с микроэлементами.

Наилучшие результаты вновь обеспечили схемы с комплексным применением инсектицида и микроэлементов (варианты 5 и 6). Максимальные значения зафиксированы в варианте 5: 269 стручков (+56,4 %), длина стручка — 8,9 см, масса семян с растения — 24,24 г (+56,3 %), масса 1000 семян — 4,22 г. В варианте 6 сформировалось 258 стручков (+50,0 % к контролю), длина стручка составила 8,5 см, масса 1000 семян — 4,18 г, масса семян с растения — 23,27 г (+50,0 %).

Таким образом, в наиболее продуктивный 2024 год положительное влияние микроэлементов проявилось не только в приросте массы семян с растения, но и в улучшении всех морфометрических параметров генеративных органов: увеличении числа стручков, их озернённости и длины. Применение комплекса инсектицид + бор + молибден позволило в полной мере реализовать

потенциал урожайности рапса, обеспечив устойчивое формирование генеративных органов даже в условиях термического стресса второй половины лета.

Густота стояния растений перед уборкой колебалась от 71 до 82 шт./м², сохраняя высокий уровень равномерности и сохранности посевов по всем схемам обработки.

Особое значение имеет влияние обработок на качество и массу семян. Варианты с инсектицидом и микроэлементами обеспечили увеличение массы 1000 семян по сравнению с контролем. Этот показатель отражает эффективность процессов налива, сбалансированное питание генеративных органов и устойчивость к абиотическим стрессам. Более тяжёлые семена обладают высоким содержанием масла и белка, лучшей всхожестью и пригодны для семеноводства, способствуя сохранению продукционного потенциала культуры.

На диаграмме (рисунок 6) представлены средние значения массы семян с одного растения и массы 1000 семян за 2022–2024 гг. В 2024 году среднее значение показателя массы семян с одного растения, на фоне оптимальных погодных условий и эффективной агротехнологии, резко вырос до 20,04 г — в 2,2 раза выше, чем в 2023 г. (9,10), и в 1,8 раза выше, чем в 2022 г. (10,92 г). Среднее значение массы 1000 семян также показывают положительную динамику в 2024 г. По сравнению с другими годами испытаний. Это отражает полную реализацию потенциала культуры при сочетании защиты, питания и благоприятной агрометеорологии.

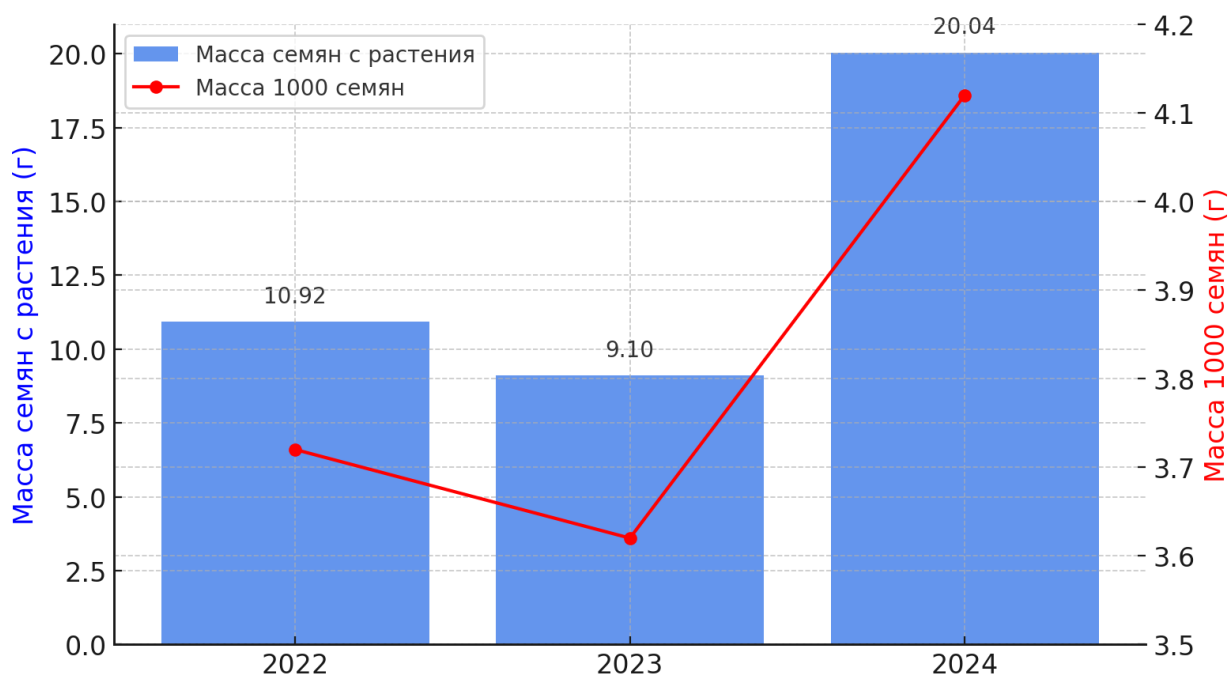


Рисунок 6. Сравнительный анализ массы семян с одного растения и массы 1000 семян распыя ярового сорта «Викрос»

В 2023 году, на фоне термического стресса и дефицита влаги в фазу цветения, несмотря на высокую густоту стояния, масса семян с растения существенно снизилась, что указывает на угнетение генеративной функции рапса в стрессовых условиях. В 2022 году, при умеренно влажной погоде и пониженной инсоляции, данный показатель занял промежуточное положение, отражая частичное компенсаторное влияние агротехнических приёмов при ограниченном фотосинтетическом обеспечении.

График отражает динамику массы 1000 семян — показателя, тесно связанного с наливом и качеством семенного материала. Максимум (4,22 г) достигнут в 2024 году при благоприятной погоде и эффективном применении бора и молибдена. В 2022 и 2023 годах масса составила 3,81 и 3,71 г, что свидетельствует о влиянии погодных стрессов. Таким образом, при сочетании микроудобрений с защитой растений рапс формирует более полноценные и тяжёлые семена, особенно в благоприятные годы, что подтверждает эффективность комплексного агроподхода в условиях климатической нестабильности.

3.2.2 Урожайность рапса ярового сорта «Викрос»

После рассмотрения влияния различных схем обработки на морфометрические признаки и структуру урожая, важнейшим обобщающим показателем является урожайность культуры, отражающая совокупный эффект всех агротехнических приёмов. В данном исследовании урожайность рапса ярового сорта «Викрос» определялась по каждому варианту опыта в условиях 2022–2024 гг.

Уборка урожая проводилась в фазу полной спелости методом сплошной выборки на учётных площадках площадью 20 м² (по вариантам опыта). Урожайность пересчитывалась на гектар с учётом фактической площади и массы собранных семян.

Для пересчёта фактической массы семян с учётной площади в урожайность (ц/га) использовали формулу:

$$U = \frac{M \times 10}{S}$$

где:

- U — урожайность, ц/га;
- M — масса семян, кг, собранная с учётной площади;
- S — площадь учётного участка, м²;
- множитель 10 — коэффициент пересчёта в центнеры на 1 га.

Уборка урожая проводилась в фазу полной спелости методом сплошной выборки на учётных площадках площадью 20 м² (по вариантам опыта). Урожайность пересчитывалась на гектар с учётом фактической площади и массы собранных семян.

Ниже приведены данные по урожайности рапса ярового сорта «Викрос» при различных схемах обработки в условиях 2022 года (таблица 12).

Таблица 12

Урожайность рапса ярового сорта «Викрос» на фоне минерального питания и применения инсектицида (Калужская область, 2022 г.)

№ п/п	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Процент прибавки урожая от контроля NPK, %
1	Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	14,2	- 22,4
2	Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	18,3	-
3	Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	21,7	+ 18,6
4	Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	21,0	+ 14,8
5	Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	25,9	+ 41,5
6	Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	24,8	+ 35,5
НСР _{0,05}		0,94	-

В 2022 году, при умеренно влажных условиях вегетационного периода и благоприятном развитии вегетативной массы, базовая урожайность рапса в контрольном варианте составила 14,2 ц/га. Применение минеральных удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.) обеспечило увеличение урожайности до 18,3 ц/га (+28,9 % к контролю), что подтверждает значимость полноценного питания в условиях хорошего влагообеспечения. Варианты с инсектицидной защитой (3 и 4) продемонстрировали ещё более высокий результат: 21,7 и 21,0 ц/га соответственно, что связано со снижением численности вредителей и, как следствие, с лучшим завязыванием и наполнением стручков. Примечательно, что оптимальная норма расхода инсектицида (0,10 л/га) обеспечила лучший результат по сравнению с повышенной (0,12 л/га), что подтверждает необходимость тщательного подбора дозировки. Различия по урожайности рапса можно считать статистически достоверными при превышении $НСР_{0.05} = 0,94$ ц/га. Начиная с третьего варианта, все последующие схемы обеспечили значимый прирост урожая по сравнению с удобрённым контролем.

Максимальная урожайность рапса ярового была достигнута при совместном применении инсектицида и микроэлементов. Вариант с дозой инсектицида 0,10 л/га в сочетании с бором и молибденом дал 25,9 ц/га (+41,5 % к контролю с NPK), при дозе 0,12 л/га — 24,8 ц/га (+35,5 %). Эти результаты подтверждают синергетический эффект защиты и питания, способствующий развитию генеративных органов, наливу семян и устойчивости к стрессам.

В условиях 2023 года вегетационный период рапса проходил при выраженном термическом стрессе: ранняя тёплая весна способствовала активному развитию вегетативной массы, однако в последующем засушливое и жаркое лето резко ограничило процессы налива семян, что отразилось на итоговой урожайности (таблица 13).

Таблица 13

Урожайность рапса ярового сорта «Викрос» на фоне минерального питания и применения инсектицида (Калужская область, 2023 г.)

№ п/п	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Процент прибавки урожая от контроля NPK, %
1	Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	13,1	- 25,6
2	Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	17,6	-
3	Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	20,5	+ 16,5
4	Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	19,9	+ 13,1
5	Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	24,2	+ 37,5
6	Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	23,1	+ 31,2
НСР _{0,05}		0,89	-

Базовая урожайность в контрольном варианте (без удобрений и защиты) составила лишь 13,1 ц/га, что на 25,6 % ниже по сравнению с контролем NPK. Применение минеральных удобрений (вариант 2) позволило

повысить урожайность до 17,6 ц/га, которая использовалась в качестве контрольной базы для дальнейших сравнений.

Применение инсектицидной защиты способствовало дальнейшему увеличению урожайности. При дозе инсектицида 0,10 л/га (вариант 3) урожайность достигла 20,5 ц/га, что соответствует прибавке 16,5 % к контролю НРК. Вариант с дозой 0,12 л/га (вариант 4) обеспечил 19,9 ц/га (+13,1 %). С учётом $НСР_{0.05} = 0,89$ ц/га различия по урожайности, начиная с третьего варианта, можно считать статистически достоверными по сравнению с контролем на фоне НРК. Наибольшая прибавка зафиксирована при совместном применении инсектицида и микроэлементов.

Максимальные значения урожайности вновь были зафиксированы при применении комплекса инсектицидов + бор + молибден. Вариант 5 (инсектицид 0,10 л/га + микроэлементы) дал 24,2 ц/га, что на 37,5 % выше контроля НРК. Вариант 6 (инсектицид 0,12 л/га + микроэлементы) обеспечил 23,1 ц/га, с прибавкой 31,2 %.

Таким образом, как и в предыдущем году, наибольший эффект обеспечило комплексное применение защиты и микроэлементного питания, позволяющее существенно компенсировать негативное влияние абиотических стрессов и способствовать сохранению генеративного потенциала посевов. Особенно важно подчеркнуть, что именно в стрессовом 2023 году различия между вариантами с и без микроэлементов были наиболее выраженными: без их применения прибавка урожайности колебалась в пределах +13–16 %, а при комплексной схеме достигала +31–38 %.

В 2024 году погодные условия вегетационного сезона сложились наиболее благоприятно за весь период исследований. Тёплая сухая весна способствовала активному развитию вегетативной массы, а жаркое лето, несмотря на отдельные периоды термического стресса, позволило в полной мере реализовать потенциал урожайности рапса ярового (таблица 14).

Таблица 14

Урожайность рапса ярового сорта «Викрос» на фоне минерального питания и применения инсектицида (Калужская область, 2024 г.)

№ п/п	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Процент прибавки урожая от контроля NPK, %
1	Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	15,0	- 21,1
2	Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	19,0	-
3	Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	22,4	+ 17,9
4	Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	21,3	+ 12,1
5	Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	26,7	+ 40,5
6	Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	25,1	+ 32,1
НСР _{0,05}		0,98	-

В контрольном варианте (без удобрений и защиты) урожайность составила 15,0 ц/га, что на 21,1 % ниже по сравнению с контролем NPK. Применение минеральных удобрений (вариант 2) обеспечило урожайность 19,0 ц/га, которая принималась за базовый уровень для оценки прибавки в остальных вариантах.

Наилучшие показатели вновь получены при использовании комплекса инсектицид + микроэлементы. Вариант 5 (инсектицид 0,10 л/га + бор + молибден) обеспечил урожайность 26,7 ц/га, что на 40,5 % выше контроля NPK. Вариант 6 (инсектицид 0,12 л/га + микроэлементы) дал 25,1 ц/га, что соответствует прибавке 32,1 %.

Таким образом, в благоприятных погодных условиях 2024 года синергетический эффект комплексной обработки (инсектицид + бор + молибден) позволил не только обеспечить стабильный прирост урожайности, но и значительно увеличить абсолютные показатели продуктивности по

сравнению как с контролем, так и с вариантом применения только минеральных удобрений или защиты без микроэлементов.

При этом следует отметить, что в условиях максимального потенциала урожайности (2024 г.) даже базовое применение инсектицида (без микроэлементов) дало значимый положительный результат, однако только комплексные схемы позволили реализовать максимальную продуктивность растений.

Сопоставительный анализ данных по урожайности рапса ярового сорта «Викрос» за три года исследований (таблица 15) позволяет чётко проследить устойчивую эффективность различных схем обработки и адаптивные возможности культуры при варьирующих климатических условиях, которые оказывали значительное влияние на продуктивность посевов.

Таблица 15

Влияние совместного применения инсектицидного препарата и микроэлементов на урожайность рапса ярового сорта «Викрос»
(Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Годы проведения исследований			Средняя урожайность по вариантам, ц/га
		2022	2023	2024	
		Средняя урожайность, ц/га			
1	Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений)	14,2	13,1	15,0	14,1
2	Контроль с внесением удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.)	18,3	17,6	19,0	18,3
3	Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	21,7	20,5	22,4	21,5
4	Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	21,0	19,9	21,3	20,7
5	Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	25,9	24,2	26,7	25,6
6	Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	24,8	23,1	25,1	24,3
НСР _{0,05}		0,94	0,89	0,98	0,93

В 2022 году, несмотря на прохладную весну и влажное лето, благоприятные для вегетации условия позволили сформировать достаточно высокий урожай при всех схемах обработки. В 2023 году, напротив, стрессовое жаркое и засушливое лето существенно ограничило потенциал культуры, что ярко отразилось в снижении абсолютных значений урожайности по всем вариантам. В 2024 году тёплая сухая весна и жаркое лето способствовали реализации максимального продукционного потенциала рапса, особенно в вариантах с использованием комплекса микроэлементов.

Средняя урожайность за три года варьировала от 14,1 до 25,6 ц/га. Прирост относительно удобренного контроля становился статистически достоверным при превышении $НСР_{0.05} = 0,93$ ц/га, начиная с третьего варианта. Максимальные значения зафиксированы при совместном применении инсектицида, NPK и микроэлементов. Применение только минеральных удобрений (NPK 60 кг/га д.в.) позволило обеспечить стабильный прирост урожайности до 18,3 ц/га (+29,8 % к контролю), что подтверждает фундаментальную роль полноценного минерального питания.

Использование инсектицидной защиты в сочетании с удобрениями обеспечило дальнейшее устойчивое повышение урожайности (рисунок 7): при дозе инсектицида 0,10 л/га средняя урожайность составила 21,5 ц/га (+17,5 % к контролю NPK), при дозе 0,12 л/га — 20,7 ц/га (+13,1 % к контролю NPK). Это подчёркивает роль защиты растений в сохранении генеративных органов от повреждений в условиях всех исследуемых лет. Наиболее высокий эффект, как в отдельные годы, так и по среднему за три года, обеспечивала схема комплексной обработки инсектицидом с NPK и микроэлементами (бор + молибден). При дозе инсектицида 0,10 л/га средняя урожайность составила 25,6 ц/га (+39,9 % к контролю NPK), при дозе 0,12 л/га — 24,3 ц/га (+32,8 % к контролю NPK).

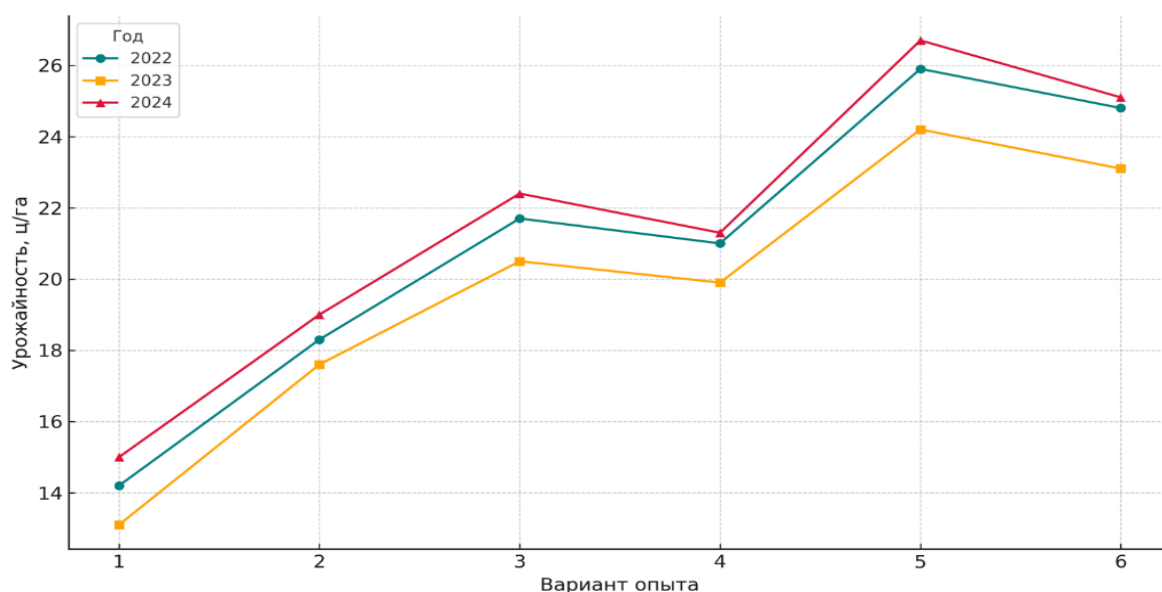


Рисунок 7. – Средняя урожайность рапса ярового сорта «Викрос» по вариантам опыта (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Важно подчеркнуть, что эффект от применения комплекса инсектицид + микроэлементы был наиболее выражен именно в неблагоприятные годы (2023), когда культура испытывала абиотический стресс. В благоприятные же условия 2024 года данная схема позволила полностью раскрыть продукционный потенциал рапса (рисунок 7). Это свидетельствует о высокой универсальности и адаптивной ценности такого подхода, позволяющего стабилизировать урожайность как в стрессовые, так и в благоприятные по климату сезоны.

Таким образом, проведённые исследования подтверждают, что совместное применение инсектицида и микроэлементов является наиболее эффективным приёмом повышения и стабилизации урожайности рапса ярового в условиях Нечерноземной зоны РФ, позволяющим существенно повысить эффективность минерального питания и биологической защиты растений.

Проведённые исследования показали, что применение различных схем обработки существенно влияло на формирование структуры урожая и итоговую урожайность рапса ярового сорта «Викрос» в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. При этом погодные условия

каждого исследуемого года оказывали заметное воздействие на продукционные процессы культуры, что позволило оценить адаптивные возможности различных агротехнологических приёмов.

Внесение минеральных удобрений (NPK – 60 кг/га д.в.) обеспечивало стабильный прирост элементов структуры урожая и урожайности по сравнению с контролем, что подтверждает ключевую роль полноценного питания в технологии возделывания рапса.

Инсектицидная защита способствовала значительному увеличению числа стручков, их озернённости и массы семян с растения, а также стабилизации урожайности. Максимальный эффект инсектицидной обработки наблюдался в условиях благоприятных для развития вредителей лет (2022, 2024), а также в стрессовом 2023 году, что подтверждает важность защиты генеративных органов на протяжении всего периода их формирования.

Наиболее высокий результат, как по структуре урожая, так и по урожайности, обеспечивало совместное применение инсектицида с микроэлементами (бор и молибден). При этом синергетический эффект комплекса проявлялся во всех исследуемых годах: в благоприятные годы (2022, 2024) данная схема позволяла максимально реализовать продукционный потенциал культуры, а в стрессовом 2023 году — компенсировать негативное влияние абиотических факторов и обеспечить значительный прирост урожайности относительно варианта с применением только минеральных удобрений.

Анализ результатов по годам показал высокую повторяемость положительного эффекта применения комплекса инсектицид + микроэлементы на урожайность рапса ярового. При всех вариантах с использованием комплекса (варианты 5 и 6) отмечалась устойчивая тенденция повышения урожайности как в благоприятные (2022, 2024), так и в стрессовые (2023) годы.

При этом различия по урожайности между вариантами с применением комплекса инсектицид + бор + молибден и контролем NPK во всех годах были

статистически достоверными на уровне $p \leq 0,05$, что подтверждается расчётами НСР 0,05, представленными в таблицах. Это свидетельствует о высокой надёжности полученных результатов и универсальности предложенной схемы обработки для стабилизации и повышения урожайности рапса ярового в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Таким образом, результаты проведённых исследований обосновывают высокую эффективность и целесообразность включения комплекса инсектицидов + бор + молибден в технологию возделывания рапса ярового. Применение данной схемы позволяет существенно повысить урожайность культуры и стабилизировать её уровень в условиях изменяющегося климата Нечерноземной зоны РФ.

3.3. Влияние совместного применения микроэлементов и инсектицидных обработок на динамику численности основных вредителей рапса ярового

Эффективная защита рапса ярового от комплекса вредителей является ключевым элементом современной технологии его возделывания. В условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации ведущими фитофагами культуры на протяжении вегетационного периода являются крестоцветные блошки (*Phyllotreta* spp.) и капустная тля (*Brevicoryne brassicae* L.), которые наносят значительный ущерб посевам, снижая продуктивность растений и ухудшая товарные и посевные качества семян. Повреждение всходов и молодых растений блошками может привести к гибели значительной части посевов, а массовое развитие капустной тли в период бутонизации — к деформации генеративных органов и значительным недоборам урожая.

Применение системных инсектицидов на основе неоникотиноидов и пиретроидов позволяет эффективно контролировать численность данных вредителей. При этом немаловажную роль играет оптимизация норм расхода препаратов, а также изучение возможности пролонгирования их защитного

действия за счёт совместного применения с физиологически активными микроэлементами, улучшающими общее состояние растений.

В проведённых исследованиях биологическая эффективность используемого инсектицидного препарата оценивалась в полевых условиях по общепринятой методике, с регистрацией численности основных вредителей в динамике (через 3, 7 и 14 суток после обработки) и расчётом эффективности по формуле Тилтона-Хендерсона. Такой подход позволяет объективно оценить как начальный инсектицидный эффект, так и степень его пролонгации, что особенно актуально в условиях многоволнового появления вредителей при изменчивых погодных условиях.

3.3.1 Эффективность технологии сочетания микроэлементов и комплексной инсектицидной обработки против крестоцветных блошек и капустной тли

В настоящем разделе приведены результаты трёхлетних полевых исследований (2022–2024 гг.) по определению биологической эффективности инсектицидной обработки против крестоцветных блошек (*Phyllotreta spp.*) и капустной тли (*Brevicoryne brassicae L.*) на рапсе яровом сорта «Викрос», с учётом различий в погодных условиях по годам, а также в зависимости от применяемой нормы расхода препарата (таблица 16).

Усредненные значения эффективности позволили учитывать факторы, связанные с условиями конкретного года - погодой, численностью вредителей и фазой растения, на которую приходись максимальные повреждения.

Наиболее заметными вредителями рапса в период проведения опыта был комплекс крестоцветных блошек (*Phyllotreta spp.*), представленный светлоногой и синей крестоцветными блошками. Активный период вредоносности имаго блошек – от всходов до образования розетки у растений рапса, численность вредителей значительно варьировала по годам: от 3-10 экз./м² в 2022 году до 20-40 экз./м² в благоприятные для размножения вредителя годы. Максимальная поврежденность растений рапса в период

формирования розеток составляла 1-2 балла. Средняя биологическая эффективность по годам варьировала от 81,5 % до 96,7 % в зависимости от варианта и срока учёта. Наименьшее стандартное отклонение (СКО) отмечено на 3-е сутки в вариантах с дозой 0,12 л/га ($\pm 2,9$ %), что свидетельствует о высокой повторяемости эффекта. Наибольшая вариабельность наблюдалась к 14-м суткам в вариантах с дозой 0,1 л/га без микроэлементов (СКО до $\pm 8,1$ %).

Таблица 16

Биологическая эффективность инсектицида (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в борьбе с крестоцветными блошками на рапсе яровом (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Вариант опыта	Год проведения исследований	Биологическая эффективность, % (по суткам учётов после обработки)		
		3	7	14
Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	85	78	70
	2023	97	91	87
	2024	91	89,5	87,5
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	91,0 $\pm$ 4,9	86,2 $\pm$ 5,8	81,5 $\pm$ 8,1
Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	93	83	78
	2023	100	94	93
	2024	97	91	91
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	96,7 $\pm$ 2,9	89,3 $\pm$ 4,6	87,3 $\pm$ 6,6
Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	85	81	75
	2023	97	94	92
	2024	91	92,5	92,5
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	91,0 $\pm$ 4,9	89,2 $\pm$ 5,8	86,5 $\pm$ 8,1
Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	93	86	83
	2023	100	97	98
	2024	97	94	96
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	96,7 $\pm$ 2,9	92,3 $\pm$ 4,6	92,3 $\pm$ 6,6

Оценивая биологическую эффективность инсектицида по вариантам опыта, следует отметить, что в условиях 2022 года, характеризовавшихся затяжной холодной весной и влажным летом, численность крестоцветных блошек на посевах рапса ярового была высокой в ранние фазы вегетации, что требовало эффективной инсектицидной защиты.

Как показывают данные таблицы 16, применение инсектицидного препарата в обеих нормах обеспечило высокую стартовую эффективность уже

через 3 суток после обработки: 85 % при норме 0,10 л/га и 93 % при норме 0,12 л/га. При добавлении микроэлементов (бор + молибден) стартовые значения сохранялись на аналогичном уровне, что свидетельствует о том, что начальный инсектицидный эффект формировался за счёт препарата. В последующие сроки учёта проявилось положительное влияние микроэлементных обработок на пролонгацию инсектицидного действия. Через 7 суток эффективность при применении инсектицида 0,10 л/га с бором и молибденом составила 81 % против 78 % без микроэлементов, а при норме 0,12 л/га — 86 % против 83 % соответственно. Через 14 суток преимущество применения комплекса инсектицидов + микроэлементы становилось ещё более выраженным: 75 % против 70 % (0,10 л/га) и 83 % против 78 % (0,12 л/га).

В 2023 году погодные условия благоприятствовали массовому развитию крестоцветных блошек в ранние фазы вегетации: ранняя тёплая весна и жаркое засушливое лето ускорили выход имаго и повысили активность вредителя. Это потребовало обеспечения высокого и пролонгированного инсектицидного эффекта. Стартовая эффективность препарата была крайне высокой: через 3 суток достигнуто 97 % (0,10 л/га) и 100 % (0,12 л/га). При добавлении микроэлементов уровень сохранялся аналогичным (что ожидаемо на этом сроке). На 7-е сутки в вариантах с бором и молибденом наблюдалась лучше выраженная стабильность эффекта — 94 % (0,10 л/га + микроэлементы) против 91 % без них; 97 % (0,12 л/га + микроэлементы) против 94 % без добавок. К 14 суткам преимущество применения комплекса сохранялось: эффективность в варианте 5 составила 92 % против 87 % (0,10 л/га), в варианте 6 — 98 % против 93 % (0,12 л/га). Такая динамика указывает, что в условиях засушливого года, когда метаболизм инсектицида может ускоряться, применение микроэлементов способствует устойчивости защитного эффекта против крестоцветных блошек на протяжении всего критического периода.

В 2024 году динамика развития крестоцветных блошек была неоднородной: тёплая сухая весна способствовала раннему массовому появлению имаго, а последующее чередование влажных и жарких периодов

обеспечило их повторные всплески численности. Через 3 суток после обработки зафиксирована высокая эффективность: 91 % (0,10 л/га), 97 % (0,12 л/га), аналогично — в вариантах с добавлением микроэлементов. На 7-е сутки комбинация инсектицидов + бор + молибден демонстрировала более стабильное подавление численности вредителя: 92,5 % против 89,5 % (0,10 л/га), 95 % против 91 % (0,12 л/га). К 14 суткам данная тенденция сохранялась: эффективность в варианте 5 достигла 92,5 % против 87,5 %, в варианте 6 — 96 % против 91 %. При волнообразной численности блошек и смене погодных условий микрокомплекс бор + молибден обеспечил устойчивость инсектицидного действия, что подтверждает его эффективность как средства пролонгации защиты.

Капустная тля (*Brevicoryne brassicae* L.) присутствовала на опытных делянках небольшими очагами, заселенность растений рапса составляла по годам от 5-7 % в 2022 году, до 11-16 % в другие годы проведения опыта (таблица 17). Вне зависимости от погодных условий максимальная численность вредителя совпадала с фазой бутонизации - начала цветения рапса ярового. Эффективное подавление популяции тли в этот период было критически важным для защиты генеративных органов растений.

Как видно из данных таблицы 17, уже через 3 суток после обработки инсектицидный препарат обеспечил высокую стартовую эффективность против капустной тли — 85 % при норме 0,10 л/га и 92,5 % при норме 0,12 л/га. Варианты с добавлением микроэлементов демонстрировали идентичные показатели на этом сроке, что отражает стартовый инсектицидный эффект. На 7-е сутки отмечалось пролонгированное действие препарата при сочетании с бором и молибденом. Эффективность при норме 0,10 л/га с микроэлементами составила 83 % против 80 % без них; при норме 0,12 л/га — 88 % против 85 %. Через 14 суток разница в эффективности стала ещё более выраженной: 77,5 % против 72,5 % (0,10 л/га) и 83,0 % против 78 % (0,12 л/га). Разброс данных по годам оказался наименьшим в вариантах с максимальной дозой инсектицида (0,12 л/га), где СКО не превышало 4,6 %

даже к 14-м суткам после обработки. Варианты с добавлением микроэлементов демонстрировали не только высокий средний уровень эффективности (до 97,2 %), но и более стабильный результат в динамике. В свою очередь, наименьшая устойчивость показателей отмечалась при дозе 0,10 л/га без бора и молибдена — особенно к 14-му дню, где вариабельность достигала $\pm 5,9$ %.

Таблица 17

Биологическая эффективность инсектицида (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в борьбе с капустной тлей на рапсе яровом (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Вариант опыта	Год проведения исследований	Биологическая эффективность, % (по суткам учетов после обработки)		
		3	7	14
Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	85	80	72,5
	2023	93	92	86
	2024	96	92	84
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	91,3 $\pm$ 4,6	88,0 $\pm$ 5,7	80,8 $\pm$ 5,9
Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	92,5	85	78
	2023	100	95	89
	2024	99	94	85,5
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	97,2 $\pm$ 3,3	91,3 $\pm$ 4,5	84,2 $\pm$ 4,6
Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 г/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	85	83	77,5
	2023	93	95	91
	2024	96	95	89
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	91,3 $\pm$ 4,6	91,0 $\pm$ 5,7	85,8 $\pm$ 5,9
Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 г/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	92,5	88	83,0
	2023	100	98	94
	2024	99	97	90,5
	Среднее по годам, $\pm$ СКО	97,2 $\pm$ 3,3	94,3 $\pm$ 4,5	89,2 $\pm$ 4,6

Разброс данных по годам оказался наименьшим в вариантах с максимальной дозой инсектицида (0,12 л/га), где СКО не превышало 4,6 % даже к 14-м суткам после обработки. Варианты с добавлением микроэлементов демонстрировали не только высокий средний уровень эффективности (до 97,2 %), но и более стабильный результат в динамике. В свою очередь, наименьшая устойчивость показателей отмечалась при дозе

0,10 л/га без бора и молибдена — особенно к 14-му дню, где вариабельность достигала $\pm 5,9$ %.

Таким образом, и в отношении капустной тли совместное применение инсектицида с микроэлементами способствовало более длительному сохранению защитного эффекта, что особенно важно при наличии протяжённой волны развития тли в условиях благоприятной для неё погоды.

Массовое развитие капустной тли в 2023 году наблюдалось на фоне жарких и засушливых условий, что традиционно способствует усилению размножения тли и увеличению её устойчивости к инсектицидному воздействию.

Начальная эффективность инсектицидной обработки была высокой во всех вариантах: 93 % (0,10 л/га), 100 % (0,12 л/га), с теми же значениями в вариантах с добавлением микроэлементов. На 7-е сутки в вариантах с бором и молибденом отмечалось небольшое, но стабильное преимущество: 95 % против 92 % (0,10 л/га), 98 % против 95 % (0,12 л/га). Через 14 суток эта разница усилилась, особенно при повышенной норме: 91 % (0,10 л/га + микроэлементы) против 86 %; 94 % (0,12 л/га + микроэлементы) против 89 %.

В условиях стрессового для растений года сочетание инсектицидной обработки с микроэлементами позволяло не только продлить защитный эффект, но и повысить общее фитосанитарное состояние посевов, снижая риски вторичного заселения тли.

Развитие капустной тли в 2024 году проходило в условиях, способствовавших затяжному заселению: чередование влажных периодов с термическими стрессами создавало фон для неоднократных вспышек популяции тли в фазу бутонизации — цветения.

На 3 сутки все варианты показали одинаково высокий инсектицидный эффект: 96 % (0,10 л/га), 99 % (0,12 л/га), также в присутствии микроэлементов. Через 7 суток в вариантах с бором и молибденом сохранялась более высокая эффективность: 95 % против 92 % (0,10 л/га), 97 % против 94 % (0,12 л/га). К 14 суткам разница в пользу микроэлементных комплексов стала

особенно заметной: 89 % против 84 % (0,10 л/га), 94 % против 85,5 % (0,12 л/га).

Такая динамика подчёркивает, что в сложных по погоде сезонах применение микроэлементов в сочетании с инсектицидом способствует продлению периода эффективной защиты и снижению риска восстановления колоний тли в фазу формирования урожая.

На рисунке 8 представлена обобщённая динамика биологической эффективности инсектицидного препарата против крестоцветных блошек и капустной тли на рапсе яровом сорта «Викрос» по средним значениям за 2022–2024 гг. Построение графика позволяет наглядно проследить характер изменения эффективности обработки в зависимости от нормы расхода препарата и срока после обработки.

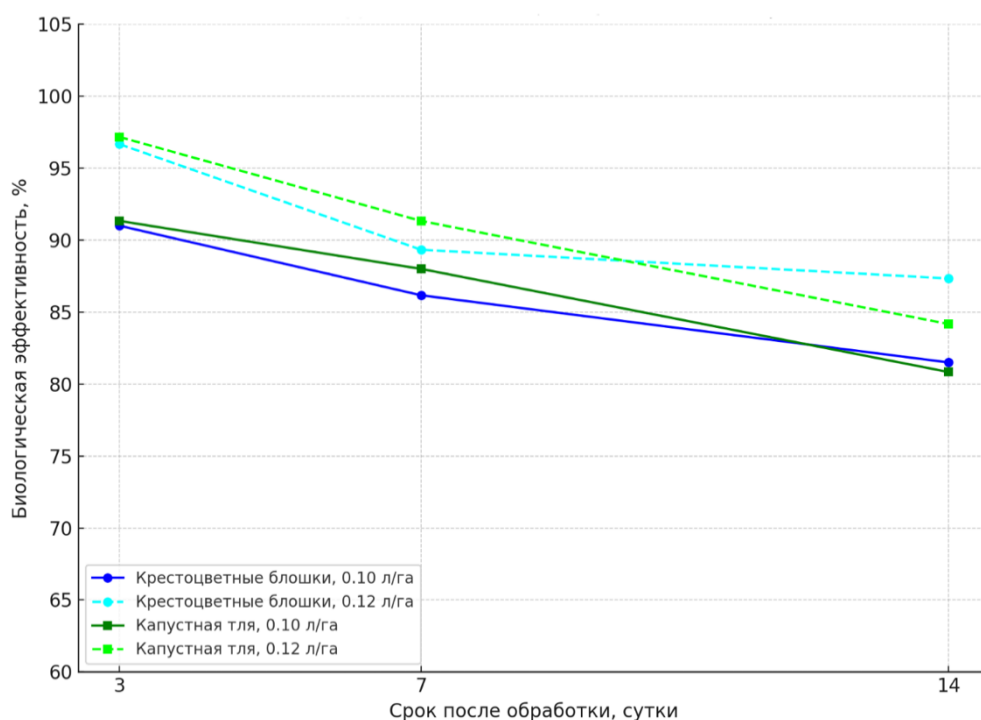


Рисунок 8. – Биологическая эффективность инсектицида (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в борьбе с крестоцветными блошками и капустной тлей на рапсе яровом (Калужская область, 2022-2024 гг.)

Во всех сроках учёта отмечается чёткое преимущество применения повышенной нормы инсектицида (0,12 л/га) по отношению к норме 0,10 л/га. Это преимущество особенно выражено в отношении крестоцветных блошек,

против которых эффект при норме 0,12 л/га стабильно сохранялся выше 90 % на протяжении всего учётного периода, в то время как при норме 0,10 л/га наблюдалось более выраженное снижение эффективности к 14 суткам.

Аналогичная тенденция отмечена и в отношении капустной тли, однако здесь различие между нормами было менее значительным, что свидетельствует о более устойчивом воздействии препарата на данный вид вредителя даже при меньшей норме. Тем не менее, и в этом случае применение 0,12 л/га обеспечивало более пролонгированное защитное действие.

Таким образом, представленные на рисунке данные подтверждают целесообразность использования повышенной нормы расхода инсектицидного препарата (0,12 л/га) в условиях риска массового развития вредителей или многоволнового выхода их популяций. Повышение нормы способствует улучшению стартового инсектицидного эффекта и удлинению срока эффективной защиты посевов, что особенно важно в условиях высокой численности фитофагов, отмечавшейся в годы исследований.

В ходе трёхлетних исследований (2022–2024 гг.) установлено, что инсектицидный препарат на основе тиаметоксама и лямбда-цигалотрина обеспечивает высокую биологическую эффективность против крестоцветных блошек и капустной тли в посевах рапса ярового.

Средняя эффективность препарата по годам оставалась стабильно высокой во всех сроках учёта. При норме расхода 0,10 л/га против крестоцветных блошек на 3 суток достигалась эффективность 85–97 %, против капустной тли — 85–96 %. Повышение нормы до 0,12 л/га обеспечивало дальнейший прирост показателей: 93–100 % (крестоцветные блошки) и 92,5–100 % (капустная тля).

Во всех случаях повышение дозы способствовало не только увеличению начального инсектицидного эффекта, но и более полному сохранению на последующих сроках учёта (7 и 14 суток). Особенно отчётливо это проявлялось в засушливые и жаркие годы (2023), когда повышение дозы

позволяло компенсировать ускоренный распад действующих веществ и высокий метаболический потенциал вредителей.

Кроме того, данные по вариантам с совместным применением инсектицида с микроэлементами бора и молибдена (по данным частных таблиц) подтверждают, что такая схема обработки способствует пролонгации защитного эффекта на более поздних сроках (7 и 14 суток), как за счёт физиологического укрепления растений, так и за счёт потенцирования инсектицидной активности.

В целом результаты показывают, что оптимальной с позиции надёжной и устойчивой защиты рапса ярового является схема применения инсектицида в норме 0,12 л/га в сочетании с бором и молибденом, обеспечивающая эффективное подавление комплекса вредителей и снижение риска их повторного развития.

3.3.2 Биологическая эффективность совместного применения микроэлементов и комплексного инсектицида против рапсового клопа и капустной белянки

В дополнение к основным ранневегетационным вредителям (крестоцветные блошки, капустная тля) значительный ущерб посевам рапса ярового наносят крестоцветные клопы и гусеницы белянок, развитие которых приходится преимущественно на фазы бутонизации, цветения и формирования стручков. Клопы повреждают генеративные органы, нарушая налив и оплодотворение, а гусеницы белянок — листья, бутоны и стручки, что приводит к значительным потерям урожая.

Оценка биологической эффективности инсектицидного препарата против этих вредителей проводилась по той же методике, с учётом динамики численности вредителей в сроках 3, 7 и 14 суток после обработки. Ниже приведены результаты трёхлетних наблюдений (2022–2024 гг.).

Крестоцветные клопы (рапсовый клоп и, в небольшой численности, луговые клопы) дополняли комплекс колюще-сосущих вредителей рапса, но в

отличие от капустной тли, их максимальная численность не превышала 2-3 личинок и имаго на 10 взмахов сачка в самые благоприятные для размножения вредителей годы, а появление на опытных делянках не было четко приурочено к прохождению растениями рапса каких-либо определенных фаз развития – клопов фиксировали от периода стеблевания до начала побурения стручков на нижней трети кисти (таблица 18).

Таблица 18

Биологическая эффективность инсектицида (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в борьбе с рапсовым клопом на рапсе яровом (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Вариант опыта	Год проведения исследований	Биологическая эффективность, % (по суткам учетов после обработки)		
		3	7	14
Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	73	67	64
	2023	89	85	83
	2024	92,5	85	83
	Среднее по годам, ± СКО	84,8 ± 8,5	79,0 ± 8,5	76,7 ± 9,0
Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	86	77	71
	2023	96	87	87,5
	2024	95	90	83
	Среднее по годам, ± СКО	92,3 ± 4,5	84,7 ± 5,6	80,5 ± 7,0
Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 г/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	73	70	69
	2023	89	88	88
	2024	92,5	88	88
	Среднее по годам, ± СКО	84,8 ± 8,5	82,0 ± 8,5	81,7 ± 9,0
Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 г/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	86	80	76
	2023	96	90	92,5
	2024	95	93	88
	Среднее по годам, ± СКО	92,3 ± 4,5	87,7 ± 5,6	85,5 ± 7,0

Эффективность инсектицида против комплекса крестоцветных клопов через 3 суток после обработки составляла 73 % при норме 0,10 л/га и 86 % при норме 0,12 л/га. Эти результаты свидетельствуют о выраженной контактной и системной активности действующих веществ препарата (лямбда-цигалотрин + тиаметоксам) против имаго клопов. В последующие сроки наблюдалась естественная тенденция к снижению эффективности, обусловленная как деградацией инсектицида, так и вероятным повторным выходом вредителя.

При этом в вариантах с применением комплекса бор + молибден отмечалось явное преимущество по сохранению защитного эффекта. На 7-е сутки эффективность при норме 0,10 л/га с бором и молибденом составила 70 % против 67 % без микроэлементов, при норме 0,12 л/га — 80 % против 77 %. Через 14 суток различие стало ещё более выраженным: 69 % против 64 % и 76 % против 71 %. Данный эффект обусловлен не только пролонгацией активности инсектицида, но и улучшением общего физиологического состояния растений под влиянием микроэлементной обработки. Более устойчивые и менее стрессированные растения способны поддерживать повышенный метаболический ответ и частично компенсировать механические повреждения, вызванные клопами.

На фоне борьбы с рапсовым клопом наибольшая устойчивость результатов отмечалась при использовании инсектицида в дозе 0,12 л/га с добавлением микроэлементов: средняя эффективность достигала 92,3 % на 3-и сутки при СКО всего $\pm 4,5$ %. Варианты с дозой 0,10 л/га демонстрировали более широкую амплитуду — отклонения до $\pm 9,0$ % к 14 дню, что указывает на менее предсказуемый эффект без микроэлементной поддержки. Стабильность защитного действия сохранялась лучше всего во времени при полной схеме обработки.

Таким образом, в условиях волнообразного выхода рапсового клопа совместное применение инсектицида с бором и молибденом позволило существенно повысить устойчивость защитного эффекта в течение всего критического периода формирования урожая.

В 2023 году популяции рапсового клопа (*Eurydema spp.*) достигли высокой численности в посевах рапса ярового в связи с жаркими и засушливыми погодными условиями, наблюдавшимися в мае-июле. Подобные условия стимулируют ускоренный цикл развития и активный лет имаго, что увеличивает нагрузку на посевы в фазах бутонизации и цветения. Инсектицидная обработка позволила получить высокие стартовые показатели: через 3 суток эффективность составила 89 % при норме 0,10 л/га и 96 % при

норме 0,12 л/га. Это демонстрирует высокую чувствительность имаго клопа к действующим веществам препарата даже в условиях жаркого стресса. На 7-е сутки в вариантах с бором и молибденом отмечалось лучшее удержание защитного эффекта: эффективность составила 88 % против 85 % при норме 0,10 л/га и 90 % против 87 % при норме 0,12 л/га. Вероятно, внесение микроэлементов способствовало поддержанию физиологической устойчивости растений и пролонгировало активность инсектицидных компонентов в условиях повышенного метаболизма. Через 14 суток разница в эффективности сохранялась: 88 % против 83 % (0,10 л/га) и 92,5 % против 87,5 % (0,12 л/га). Такая динамика подтверждает, что применение микроэлементной поддержки позволяет смягчить негативное влияние высоких температур на активность инсектицида и увеличить срок эффективной защиты посевов от рапсового клопа.

В условиях 2024 опытного года, численность рапсового клопа (*Eurydema spp.*) формировалась во время тёплой сухой весны и последующего чередования влажных и жарких периодов в июне-июле. Такая динамика погоды способствовала растянутому по времени выходу имаго и неоднократному заселению посевов. Через 3 суток после обработки отмечена высокая эффективность инсектицидного препарата: 92,5 % при норме 0,10 л/га и 95 % при норме 0,12 л/га. Эти значения свидетельствуют о высокой начальной активности препарата против клопа. На 7-е сутки различие между вариантами с применением микроэлементов и без них становилось отчётливым: эффективность при норме 0,10 л/га с бором и молибденом составляла 88 % против 85 %, при норме 0,12 л/га — 93 % против 90 %. Через 14 суток преимущество использования комплекса бор + молибден сохранялось: 88 % против 83 % (0,10 л/га) и 88 % против 83 % (0,12 л/га). Это указывает, что микроэлементы способствовали поддержанию физиологической устойчивости растений и, вероятно, пролонгировали эффективность инсектицида в условиях волнообразного поступления вредителя.

Лет бабочек белянок (капустной, репной и желтушки соевой) на посевах рапса отмечали с конца мая до середины августа. Численность гусениц в самом благоприятном 2024 году достигала 0,6-0,8 экз./м² (таблица 19). Кроме гусениц белянок на посевах рапса были отмечены единичные гнезда гусениц капустной моли, многоядные совки и ложногусеницы пилильщика

В 2022 году развитие белянок в агроценозах рапса ярового шло в благоприятных для вредителя условиях — чередование тёплых и влажных периодов обеспечило массовый лет бабочек и формирование обильных кладок. Гусеницы первого и второго поколений заселяли листья, бутоны и молодые стручки, нанося прямой ущерб фотосинтетическому аппарату и генеративным органам растений.

Таблица 19

Биологическая эффективность инсектицида (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в борьбе с гусеницами белянок на рапсе яровом (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Вариант опыта	Год проведения исследований	Биологическая эффективность, % (по суткам учетов после обработки)		
		3	7	14
Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	80	75	70
	2023	89	87	82
	2024	91	88	83
	Среднее по годам, ± СКО	86,7 ± 4,8	83,3 ± 5,9	78,3 ± 5,9
Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	89	78	74
	2023	100	90	88
	2024	94	91	85,5
	Среднее по годам, ± СКО	94,3 ± 4,5	86,3 ± 5,9	82,5 ± 6,1
Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 г/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	80	78	75
	2023	89	90	87
	2024	91	91	88
	Среднее по годам, ± СКО	86,7 ± 4,8	86,3 ± 5,9	83,3 ± 5,9
Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 г/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	2022	89	81	79
	2023	100	93	93
	2024	94	94	90,5
	Среднее по годам, ± СКО	94,3 ± 4,5	89,3 ± 5,9	87,5 ± 6,1

Эффективность инсектицида против данной группы вредителей варьировала по годам. Инсектицидная обработка позволила добиться высокой начальной эффективности — 80 % при норме 0,10 л/га и 89 % при норме 0,12 л/га через 3 суток (таблица 19). Это связано с высокой чувствительностью молодых гусениц к действующим веществам препарата. На 7-е сутки эффективность сохранялась на хорошем уровне. Применение микроэлементов положительно сказалось на пролонгации защитного эффекта: 78 % против 75 % при норме 0,10 л/га и 81 % против 78 % при норме 0,12 л/га. К 14 суткам этот эффект стал ещё более заметным: эффективность в вариантах с бором и молибденом составляла 75 % и 79 %, что выше аналогичных показателей без микроэлементов (70 % и 74 % соответственно).

Помимо прямого влияния на метаболизм инсектицида, внесение бора и молибдена способствовало улучшению устойчивости тканей растений, повышая их способность к компенсации повреждений и снижая вероятность восстановления гусеничной численности. Комплексная обработка обеспечила более полную и пролонгированную защиту от капустной белянки в наиболее уязвимый для культуры период — фазу формирования стручков.

В 2023 году биологическая обстановка по капустной белянке (*Pieris brassicae* L.) была сложной: жаркое лето способствовало ускоренному развитию поколений вредителя, а дефицит осадков приводил к ослаблению компенсаторной способности растений. Через 3 суток после обработки препарат обеспечил очень высокий инсектицидный эффект: 89 % при норме 0,10 л/га и 100 % при норме 0,12 л/га. Эти данные подтверждают высокую контактно-системную активность препарата против гусениц капустной белянки. На 7-е сутки эффективность в вариантах с применением бор + молибден оставалась более устойчивой: 90 % против 87 % (0,10 л/га) и 93 % против 90 % (0,12 л/га). Повышение устойчивости эффекта связано как с пролонгацией инсектицидного действия, так и с улучшением состояния растений под влиянием микроэлементов. Через 14 суток различие между вариантами стало ещё более выраженным: 87 % против 82 % при норме

0,10 л/га и 93 % против 88 % при норме 0,12 л/га. В условиях стресса применение микроэлементов позволяло сохранить высокий фитосанитарный статус посевов, снижая риск последующего восстановления популяции вредителя и повышая устойчивость растений к повреждениям.

В 2024 году развитие капустной белянки (*Pieris brassicae* L.) происходило на фоне неоднородных погодных условий: влажный май способствовал массовому лёту бабочек, а тёплый июнь — активному развитию гусениц первого поколения. Повторные всплески численности наблюдались в июле-августе. Через 3 суток после обработки инсектицидный препарат демонстрировал высокую эффективность: 91 % при норме 0,10 л/га и 94 % при норме 0,12 л/га. Стартовый эффект против гусениц сохранялся стабильно высоким независимо от применения микроэлементов. На 7-е сутки в вариантах с бором и молибденом отмечалось лучшее сохранение инсектицидного эффекта: 91 % против 88 % (0,10 л/га) и 94 % против 91 % (0,12 л/га). Микроэлементы способствовали повышению устойчивости растений к повреждениям и, вероятно, улучшали метаболизм инсектицида в тканях. Через 14 суток различие в эффективности было чётко выражено: 88 % против 83 % (0,10 л/га) и 90,5 % против 85,5 % (0,12 л/га). Сочетание инсектицида с бором и молибденом позволяло поддерживать пролонгированный защитный эффект в фазе активного формирования урожая, снижая ущерб от поздних поколений капустной белянки.

На основании обобщённых средних данных за 2022–2024 гг. графически прослеживается характер изменения биологической эффективности инсектицидного препарата против рапсового клопа и капустной белянки. По всем срокам учёта отмечается уверенное преимущество повышенной нормы расхода (0,12 л/га) как по уровню начального инсектицидного эффекта, так и по его сохранению в динамике. При этом эффективность препарата против капустной белянки стабильно превышала аналогичные показатели для рапсового клопа, что отражает более высокую чувствительность данного вредителя к применённой схеме защиты.

Дополнительно следует отметить тенденцию к более выраженной пролонгации эффекта при повышенной норме расхода, что критически важно в условиях волнообразного развития данных фитофагов в течение вегетационного периода. По результатам трёхлетних наблюдений наиболее ровную эффективность в борьбе с гусеницами белянок обеспечивал инсектицид в дозе 0,12 л/га — особенно при сочетании с микроэлементами: СКО не превышало 6,1 % даже к 14-м суткам. Наименьшая стабильность отмечалась при более низкой дозе (0,10 л/га) без бора и молибдена — колебания достигали $\pm 5,9$ %. Варианты с добавлением микроэлементов демонстрировали не только более высокие средние значения, но и меньшую разбежку между годами.

На основании трёхлетних исследований (2022–2024 гг.) установлено, что инсектицидный препарат на основе лямбда-цигалотрина и тиаметоксама обеспечивает высокую и стабильную биологическую эффективность против комплекса основных вредителей рапса ярового, включая крестоцветных блошек, капустную тлю, рапсового клопа и капустную белянку (рисунок 9).

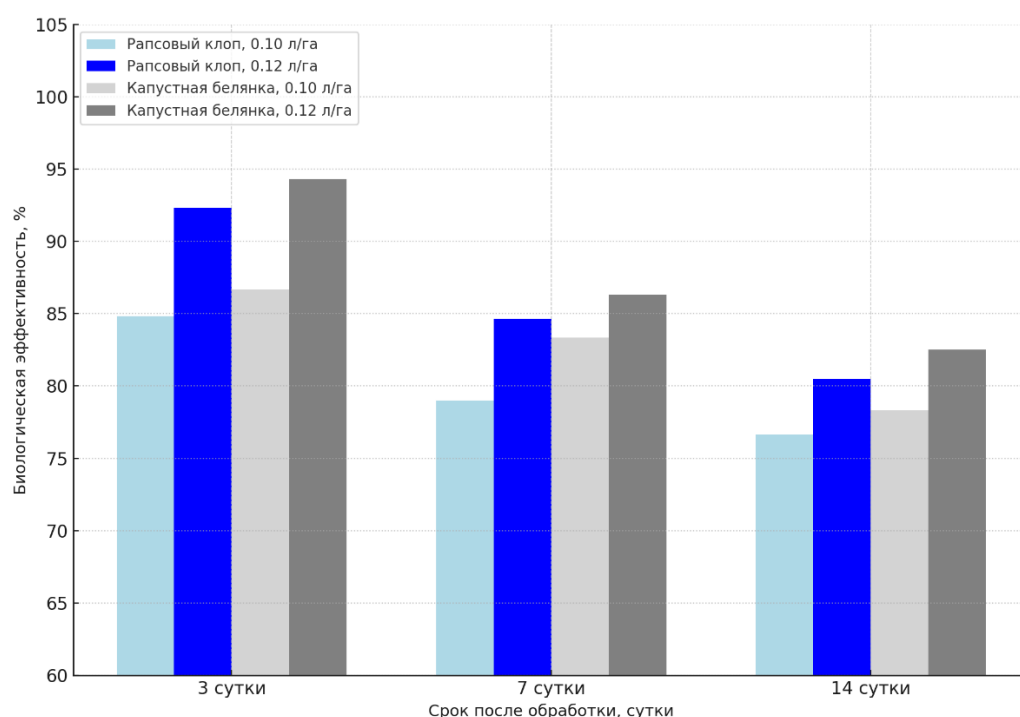


Рисунок 9. — Биологическая эффективность инсектицида (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в борьбе с рапсовым клопом и капустной белянкой на рапсе яровом (Калужская область, 2022-2024 гг.)

Для всех групп вредителей показано, что применение повышенной нормы расхода (0,12 л/га) способствует как увеличению начального инсектицидного эффекта, так и пролонгации его сохранения на протяжении всего периода опасности. Особенно отчётливо данный эффект проявлялся в условиях неблагоприятной погоды (жаркое, засушливое лето 2023 г.) и при волнообразном выходе вредителей (2024 г.).

Кроме того, совместное применение инсектицида с микроэлементами бора и молибдена по данным частных таблиц демонстрировало устойчивое улучшение динамики биологической эффективности, особенно в сроках 7 и 14 суток. Это связано как с пролонгацией активности инсектицида, так и с улучшением физиологического состояния растений.

Таким образом, полученные результаты позволяют рекомендовать к практическому применению в условиях Калужской области и аналогичных регионов технологическую схему защиты рапса ярового, включающую применение инсектицидного препарата в норме 0,12 л/га в сочетании с микроэлементами бора и молибдена. Такая схема обеспечивает наиболее полную и продолжительную защиту растений от комплекса вредителей, что в конечном итоге способствует повышению урожайности и качественных показателей продукции.

Проведённые исследования по биологической эффективности инсектицидного препарата против ключевых вредителей рапса ярового подтвердили высокую степень защиты посевов при применении препарата в сочетании с микроэлементами. В то же время динамика инсектицидного эффекта на разных сроках учёта указывает на важность учёта особенностей деградации действующих веществ в растениях в зависимости от погодных условий, фазы развития культуры и технологических приёмов. С этой целью в дальнейшем исследована динамика разрушения инсектицида в растениях рапса при различных схемах обработки, что представлено в следующем разделе.

3.4. Агроэкологическая оценка действия микроэлементов и средств защиты растений на динамику и степень разрушения действующих веществ комплексного инсектицида в условиях дерново-подзолистых почв

Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность инсектицидной защиты посевов, является не только стартовая активность препарата, но и длительность сохранения эффективной концентрации действующих веществ в тканях растений. Динамика разрушения инсектицида зависит от множества факторов: свойств действующих веществ, физиологического состояния растений, погодных условий, особенностей технологии возделывания.

В условиях изменяющегося климата, когда фазы активности вредителей всё чаще не совпадают по времени с фазами оптимального действия инсектицидов, задача пролонгации защитного эффекта приобретает особую актуальность. Кроме того, сохранение остатков действующих веществ в растениях имеет значение с позиций регламентов по безопасности продукции.

В связи с этим в рамках проведённых исследований была поставлена задача: изучить динамику разрушения действующих веществ инсектицидного препарата (тиаметоксам и лямбда-цигалотрин) в растениях рапса ярового при различных схемах обработки, в том числе с применением микроэлементов бора и молибдена. Полученные результаты позволяют оценить скорость деградации инсектицида, влияние технологических приёмов на пролонгацию действия и обеспечить рекомендации по оптимизации схем защиты.

3.4.1. Оценка качества рапса ярового по остаточным количествам тиаметоксама

В таблице 20 приведены результаты изучения динамики разрушения тиаметоксама в растениях рапса ярового сорта «Викрос» при различных схемах обработки в условиях Калужской области за 2022–2024 гг.

Исследование проводилось по вариантам опыта, включающим инсектицидные обработки в сочетании с микроэлементами и без них. Данные демонстрируют, что в момент обработки (день 0) содержание тиаметоксама в растениях варьировало в зависимости от варианта и года от 1,10 до 2,55 мг/кг. При этом максимальные значения наблюдались в вариантах с применением комплекса инсектицид + бор + молибден (варианты 5 и 6), что свидетельствует о повышенном поглощении и/или замедлении начального метаболизма тиаметоксама при усиленном физиологическом состоянии растений.

Таблица 20

Динамика разрушения тиаметоксама в растениях рапса ярового сорта «Викрос» (Калужская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	2022 г.			2023 г.			2024 г.		
	День отбора			День отбора			День отбора		
	мг/кг								
	0	7	14	0	7	14	0	7	14
3	1,50	1,10	0,30	1,42	0,71	0	1,37	0,89	0
4	1,10	0,75	0,18	0,88	0,49	0,07	0,98	0,55	0
5	2,55	1,47	0,37	2,29	1,68	0,21	2,26	1,47	0,22
6	2,15	1,11	0,44	1,99	0,92	0,16	1,97	0,93	0,29
Среднее по вариантам	1,82	1,11	0,32	1,64	0,95	0,10	1,65	0,75	0,10

В динамике наблюдается стабильное снижение содержания тиаметоксама. Через 7 суток средние значения составляли от 0,75 до 1,11 мг/кг в зависимости от года и варианта. При этом в вариантах с добавлением бор + молибден (варианты 5 и 6) содержание тиаметоксама на 7-е сутки оставалось выше, чем в вариантах без микроэлементов (варианты 3 и 4). Это подтверждает, что применение микроэлементной поддержки способствовало пролонгации сохранения действующего вещества в растительных тканях.

Через 14 суток концентрация тиаметоксама во всех вариантах снижалась до минимальных уровней: от 0 до 0,44 мг/кг. Варианты с микроэлементами демонстрировали замедленную деградацию: в них тиаметоксам сохранялся в заметных концентрациях в среднем на 0,22–0,29

мг/кг к 14 суткам, тогда как в вариантах без микроэлементов в ряде случаев препарат полностью деградировал (до нулевого уровня).

Обобщённо по трём годам динамика разрушения тиаметоксама демонстрирует чёткую зависимость скорости деградации от погодных условий года. Наиболее быстрый распад наблюдался в 2023 году (жаркое засушливое лето), где содержание действующего вещества уже на 14 сутки в ряде вариантов снижалось до нуля. В более умеренно-влажных условиях 2022 и 2024 гг. препарат сохранялся в тканях дольше.

Вариация между вариантами подтверждает, что совместное применение инсектицида с бором и молибденом способствует пролонгации остаточного содержания тиаметоксама в растениях, вероятно, за счёт стабилизации физиологических процессов и замедления метаболизма инсектицида. Это имеет важное значение для поддержания пролонгированного инсектицидного эффекта в фазах активности вредителей.

Таким образом, результаты трёхлетнего мониторинга динамики разрушения тиаметоксама в растениях рапса ярового показывают, что препарат обладает высокой начальной системной активностью и постепенно деградирует в тканях культуры. Скорость разрушения тиаметоксама существенно зависит как от погодных условий вегетационного периода, так и от особенностей технологической схемы обработки. Применение комплекса бор + молибден способствует пролонгации сохранения действующего вещества в растениях, что потенциально повышает устойчивость инсектицидной защиты в поздние сроки.

3.4.2. Выявление остаточных количеств лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового при использовании различных доз комплексного инсектицида

Полученные данные служат обоснованием для выбора оптимальных сроков и схем применения препарата при защите рапса от вредителей. Для дальнейшего комплексного анализа важным является оценка деградации

второго действующего вещества — лямбда-цигалотрина, с учётом его иных физико-химических свойств и динамики поведения в растительных тканях.

В отличие от тиаметоксама, обладающего выраженной системной активностью, лямбда-цигалотрин относится к группе пиретроидов, характеризующихся преимущественно контактным и трансламинарным действием. Особенностью пиретроидов является относительно высокая фотостабильность на поверхности растений, но ограниченная способность к трансмембранному передвижению и быстрая деградация в растительных тканях. В связи с этим изучение динамики разрушения лямбда-цигалотрина в растениях имеет важное значение для оценки продолжительности остаточного инсектицидного эффекта после обработки, а также для определения целесообразности применения схем с микроэлементной поддержкой.

В таблице 21 представлены результаты мониторинга динамики разрушения лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового сорта «Викрос» за три года исследований (2022–2024 гг.) по различным вариантам опыта.

Таблица 21

Динамика разрушения лямбда - цигалотрина в растениях рапса ярового сорта «Викрос» (Калужская область, 2022-2024 гг.)

Вариант опыта	2022 г.			2023 г.			2024 г.		
	День отбора			День отбора			День отбора		
	мг/кг								
	0	7	14	0	7	14	0	7	14
3	0,60	0,30	0,10	0,56	0,18	0	0,48	0,19	0
4	0,45	0,25	0,09	0,37	0,14	0	0,37	0,18	0
5	0,82	0,27	0,06	0,61	0,17	0,02	0,59	0,18	0,02
6	0,70	0,32	0,04	0,59	0,19	0	0,59	0,20	0
Среднее по вариантам	0,64	0,29	0,07	0,53	0,17	0,02	0,51	0,19	0,02

Исходное содержание лямбда-цигалотрина (день 0) варьировало от 0,37 до 0,82 мг/кг в зависимости от варианта и года. Максимальные значения наблюдались в вариантах с применением комплекса инсектицид + бор + молибден (варианты 5 и 6), что согласуется с эффектом улучшенного

поглощения препарата в условиях повышенного физиологического состояния растений.

Динамика разрушения препарата демонстрирует быстрое снижение содержания лямбда-цигалотрина уже на 7 сутки: средние значения составили 0,29 мг/кг (2022 г.), 0,17 мг/кг (2023 г.) и 0,19 мг/кг (2024 г.). При этом в вариантах с бором и молибденом фиксировались несколько более высокие остаточные уровни, что свидетельствует о замедлении деградации за счёт улучшенного состояния тканей растений и, возможно, за счёт некоторого влияния микроэлементов на метаболизм пиретроида. Через 14 суток концентрации лямбда-цигалотрина во всех вариантах снижались до минимальных уровней: от 0 до 0,10 мг/кг в 2022 г., от 0 до 0,02 мг/кг в 2023 и 2024 гг. Практически полное разрушение действующего вещества к этому сроку подтверждает, что в условиях полевого применения лямбда-цигалотрин обладает ограниченным пролонгированным эффектом в тканях растений.

Сравнительный анализ по годам показывает, что скорость деградации пиретроида существенно зависит от температурного режима и инсоляции. В наиболее жарком и сухом 2023 г. наблюдалась самая высокая скорость разрушения, тогда как в более умеренных условиях 2022 и 2024 гг. остаточные уровни препарата на 7 сутки были несколько выше. Варианты с бором и молибденом демонстрировали тенденцию к более стабильному сохранению лямбда-цигалотрина на ранних сроках (день 7), что может способствовать удлинению периода защитного эффекта против подвижных вредителей в критическую фазу развития культуры.

Исследования по динамике разрушения лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового показали быстрое снижение его содержания в первую неделю после обработки, с практически полным распадом через 14 суток — что соответствует типичному поведению пиретроидов. Совместное применение инсектицида с бором и молибденом способствовало более стабильному удержанию препарата в тканях в первые 7 суток, что может усиливать и пролонгировать защитный эффект. Влияние погодных условий,

особенно температуры и инсоляции, существенно отражалось на скорости деградации, что следует учитывать при выборе сроков и схем обработок.

Для визуализации динамики разрушения действующих веществ инсектицидного препарата в зависимости от года и срока после обработки построены тепловые карты (heatmap), отражающие изменение содержания тиаметоксама и лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового сорта «Викрос» (рисунок 10 и 11).

Первая тепловая карта (рисунок 10) демонстрирует, что тиаметоксам обладает более выраженной устойчивостью в тканях растений: его содержание через 7 суток после обработки сохраняется на достаточно высоком уровне (0,75–1,11 мг/кг в разные годы), а к 14 суткам — в пределах 0,10–0,32 мг/кг. Видно, что в умеренно-влажные годы (2022 и 2024 гг.) скорость деградации была ниже, чем в жарком 2023 году.

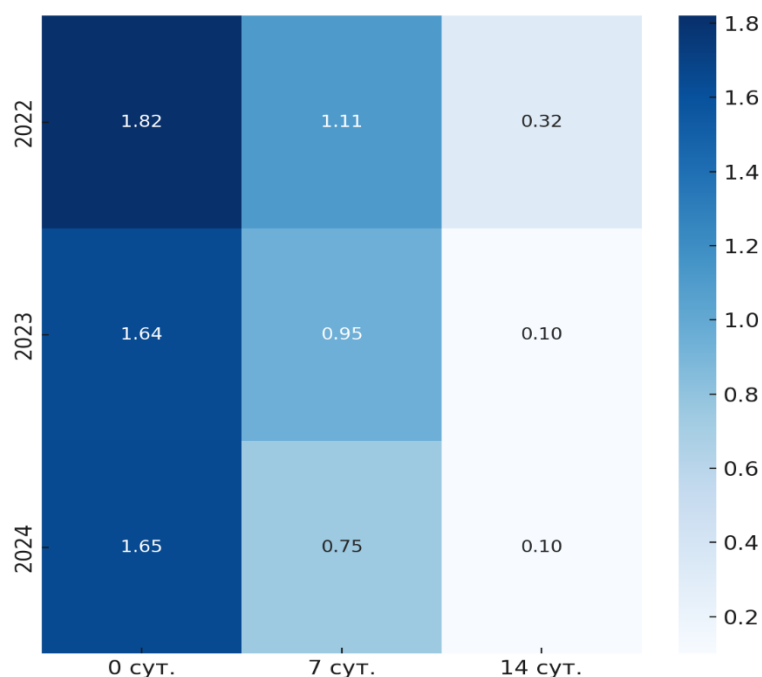


Рисунок 10. – Динамика разрушения тиаметоксама в растениях рапса ярового сорта «Викрос». Средние значения по годам, Калужская область, 2022-2024 гг.

Вторая тепловая карта (рисунок 11) наглядно показывает, что лямбда-цигалотрин характеризуется более быстрым разрушением: уже к 7 суткам его содержание снижалось до 0,17–0,29 мг/кг, а к 14 суткам — до 0,02–0,07 мг/кг,

в большинстве случаев близко к полному исчезновению. Наиболее интенсивное разрушение также наблюдалось в жаркие и засушливые условия 2023 года. Сопоставление двух тепловых карт подчёркивает различие в динамике поведения действующих веществ: тиаметоксам обладает пролонгированным системным действием, тогда как лямбда-цигалотрин — быстрым, но коротким по продолжительности эффектом. Кроме того, тенденции по годам чётко показывают влияние погодных условий на скорость разрушения инсектицида.

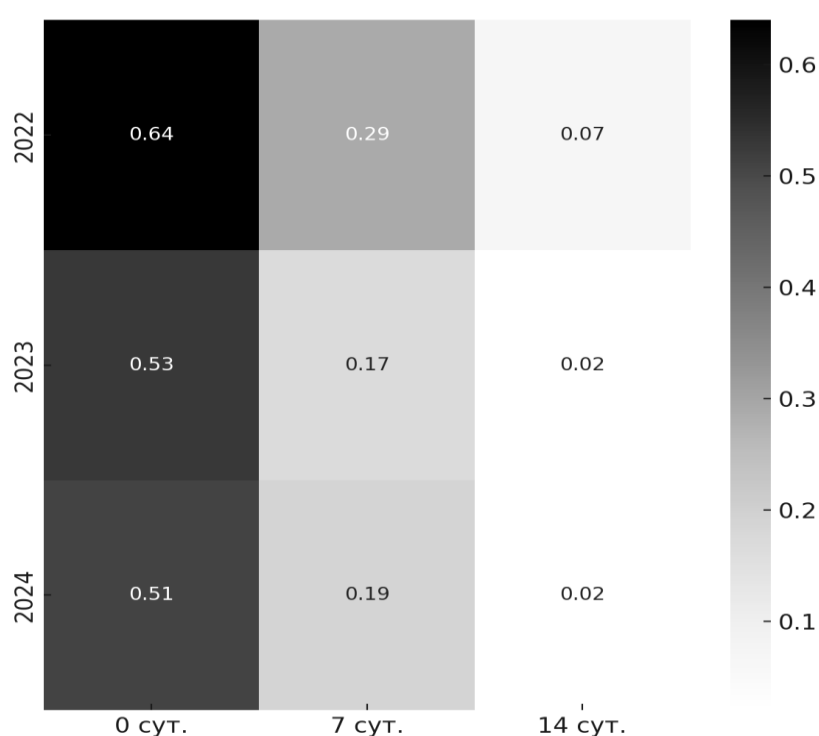


Рисунок 11. – Динамика разрушения лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового сорта «Викрос». Средние значения по годам. (Калужская область, 2022-2024 гг.)

Проведённые исследования показали, что динамика разрушения действующих веществ инсектицидного препарата (тиаметоксам и лямбда-цигалотрин) в растениях рапса ярового существенно зависит как от природных факторов года, так и от применяемой технологической схемы обработки.

Тиаметоксам демонстрировал относительно стабильную пролонгированную активность, позволяя поддерживать эффективные концентрации в тканях растений в течение не менее 7 суток после обработки,

а в отдельные годы — и до 14 суток. Напротив, лямбда-цигалотрин характеризовался быстрой деградацией, обеспечивая высокий эффект преимущественно в первую неделю после применения. Совместное использование инсектицида с микроэлементами бора и молибдена способствовало пролонгации остаточного содержания действующих веществ в тканях растений, что подтверждено данными по тиаметоксаму и в меньшей степени — по лямбда-цигалотрину. Это связано как с улучшением физиологического состояния растений, так и с потенциальным замедлением метаболизма действующих веществ при оптимальном минеральном питании.

Кроме того, полученные данные подчёркивают важность учёта погодных условий при планировании схем инсектицидной защиты. В условиях жаркого и засушливого лета (2023 г.) скорость разрушения обоих действующих веществ была значительно выше, что требует корректировки сроков повторных обработок или применения технологических приёмов для пролонгации защиты.

Таким образом, оптимизация схем защиты рапса должна включать не только выбор эффективных препаратов и норм расхода, но и грамотное сочетание с элементами микроэлементного питания, а также учёт климатических особенностей конкретного сезона для обеспечения долговременного и стабильного инсектицидного эффекта.

Для более наглядного анализа влияния погодных условий на динамику разрушения действующих веществ инсектицидного препарата дополнительно построены графики изменения содержания тиаметоксама и лямбда-цигалотрина по годам исследований (рисунок 12).

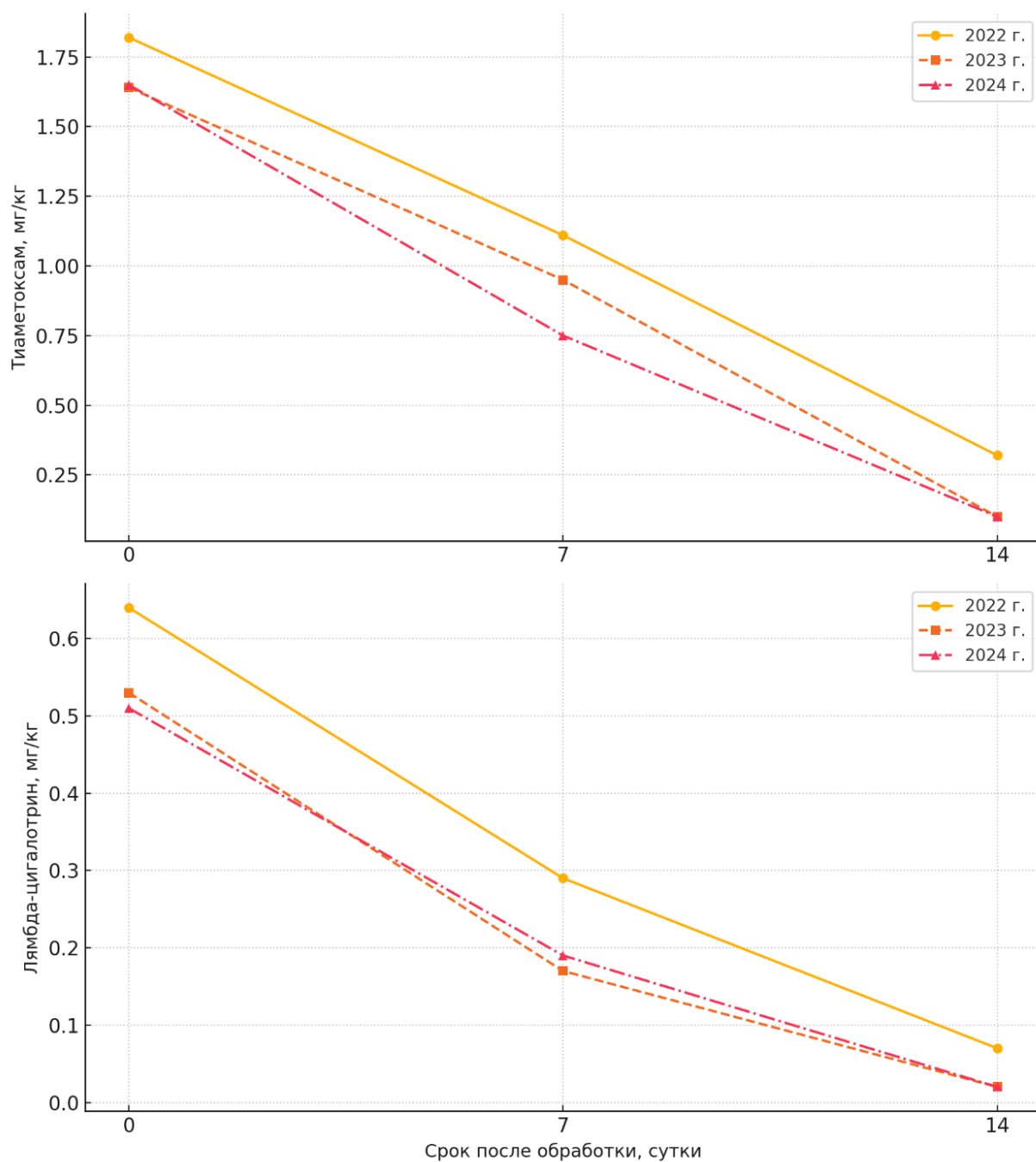


Рисунок 12. – Средние значения по годам скорости разрушения действующих веществ инсектицидов в растениях рапса ярового сорта «Викрос». Калужская область, 2002-2024 гг.)

Графики демонстрируют отчётливую зависимость скорости деградации действующих веществ от климатических факторов года:

- для тиаметоксама наиболее медленное снижение содержания наблюдалось в 2022 году (умеренно тёплая и влажная вегетация), где к 14 суткам в тканях растений сохранялось около 0,32 мг/кг действующего вещества. В условиях жаркого и засушливого 2023 года разрушение

тиаметоксама происходило значительно быстрее — содержание снижалось до 0,10 мг/кг уже к 14 суткам. Погодные условия 2024 года формировали промежуточную картину, с результатами, близкими к 2022 г.

- для лямбда-цигалотрина различия по годам были ещё более выраженными. В 2022 году остаточное содержание лямбда-цигалотрина на 7 сутки составляло 0,29 мг/кг, в 2023 г. — 0,17 мг/кг, а в 2024 г. — 0,19 мг/кг. К 14 суткам во всех случаях наблюдалось практически полное разрушение вещества, но именно в условиях засушливого года (2023 г.) скорость снижения была максимальной.

Таким образом, представленные графики наглядно демонстрируют, что температурный режим, уровень инсоляции и водный режим оказывают существенное влияние на скорость деградации инсектицидных действующих веществ в растениях рапса. Эти данные подтверждают необходимость учёта погодных условий года при планировании стратегии защиты посевов и подчёркивают актуальность применения технологических приёмов (в частности, использования микроэлементов), направленных на пролонгацию защитного эффекта.

Полученные результаты по динамике разрушения действующих веществ инсектицидного препарата подчёркивают важную роль микроэлементного питания в формировании пролонгированного защитного эффекта. Совместное применение бора и молибдена способствовало замедлению деградации действующих веществ, улучшению физиологического состояния растений и повышению устойчивости фитоценоза к фитофагам.

Для более детального понимания механизмов такого воздействия и уточнения степени вклада микроэлементов в стабилизацию инсектицидной активности в последующем разделе приведён анализ роли бора и молибдена в пролонгации защитного действия при различных погодных условиях и технологических схемах обработки.

3.5. Комплексное влияние факторов на пролонгацию защитного действия посева рапса ярового

Результаты исследований по эффективности инсектицидной защиты и динамике разрушения действующих веществ показали, что применение комплекса инсектицид + микроэлементы (бор и молибден) позволяет не только повысить стартовую инсектицидную активность, но и пролонгировать защитный эффект за счёт замедления деградации действующих веществ и улучшения физиологического состояния растений.

Механизм такого взаимодействия, возможно, обусловлен как положительным влиянием бора и молибдена на метаболизм и стрессоустойчивость растений, так и потенциальной модификацией процессов распределения и трансформации действующих веществ инсектицидов в растительных тканях. Кроме того, влияние микроэлементов становится особенно значимым в условиях неблагоприятного погодного фона (жара, засуха), когда естественная скорость деградации инсектицида возрастает.

В связи с этим в настоящем разделе приведены результаты анализа роли микроэлементов в пролонгации защитного действия инсектицидного препарата на основе сопоставления динамики эффективности и деградации действующих веществ при различных схемах обработки и в разные по погодным условиям годы.

Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность системной инсектицидной защиты, является скорость и характер деградации действующего вещества в тканях растения. Тиаметоксам, обладая выраженной системной активностью, проникает в проводящие ткани и обеспечивает защиту внутренних органов растения в течение нескольких недель.

Совместное применение инсектицида с микроэлементами бора и молибдена может оказывать разностороннее влияние на динамику разрушения тиаметоксама. С одной стороны, улучшение физиологического состояния растений под действием микроэлементов способствует стабилизации клеточных структур и снижению активности ферментных систем,

ответственных за метаболизм инсектицида. С другой стороны, микроэлементы могут влиять на распределение и локализацию действующего вещества в тканях, что отражается на его остаточном содержании в разные сроки после обработки.

3.5.1. Влияние микроэлементов на динамику разрушения инсектицидов

В данной части исследования проанализировано влияние бора и молибдена на динамику разрушения тиаметоксама по результатам трёхлетних полевых опытов. На графике представлена динамика содержания тиаметоксама в растениях рапса ярового по вариантам опыта с различными схемами обработки (инсектицид с NPK и инсектицид с бором и молибденом). Из приведённых данных чётко видно, что начальное содержание тиаметоксама (день 0) было выше в вариантах с применением микроэлементов (варианты 5 и 6), что может быть связано с улучшением поглощения действующего вещества за счёт лучшего физиологического состояния растений. На 7 сутки после обработки содержание тиаметоксама в вариантах с бором и молибденом сохранялось на более высоком уровне, чем в вариантах без микроэлементов:

- при норме 0,10 л/га — 1,47 мг/кг (В+Мо) против 1,10 мг/кг (без В+Мо);
- при норме 0,12 л/га — 1,11 мг/кг (В+Мо) против 0,75 мг/кг (без В+Мо).

Такая тенденция сохранялась и на 14 сутки, где в вариантах с В+Мо остаточные уровни тиаметоксама были в 1,5–2 раза выше, чем без микроэлементов (рисунок 13). Особенно заметен эффект в варианте 6 — 0,44 мг/кг против 0,18 мг/кг в варианте 4. Таким образом, представленные данные наглядно демонстрируют, что применение микроэлементов бора и молибдена способствует пролонгации системной активности тиаметоксама за счёт замедления его деградации в растительных тканях. Это обеспечивает более устойчивый и длительный защитный эффект в критические периоды развития культуры и активности вредителей.

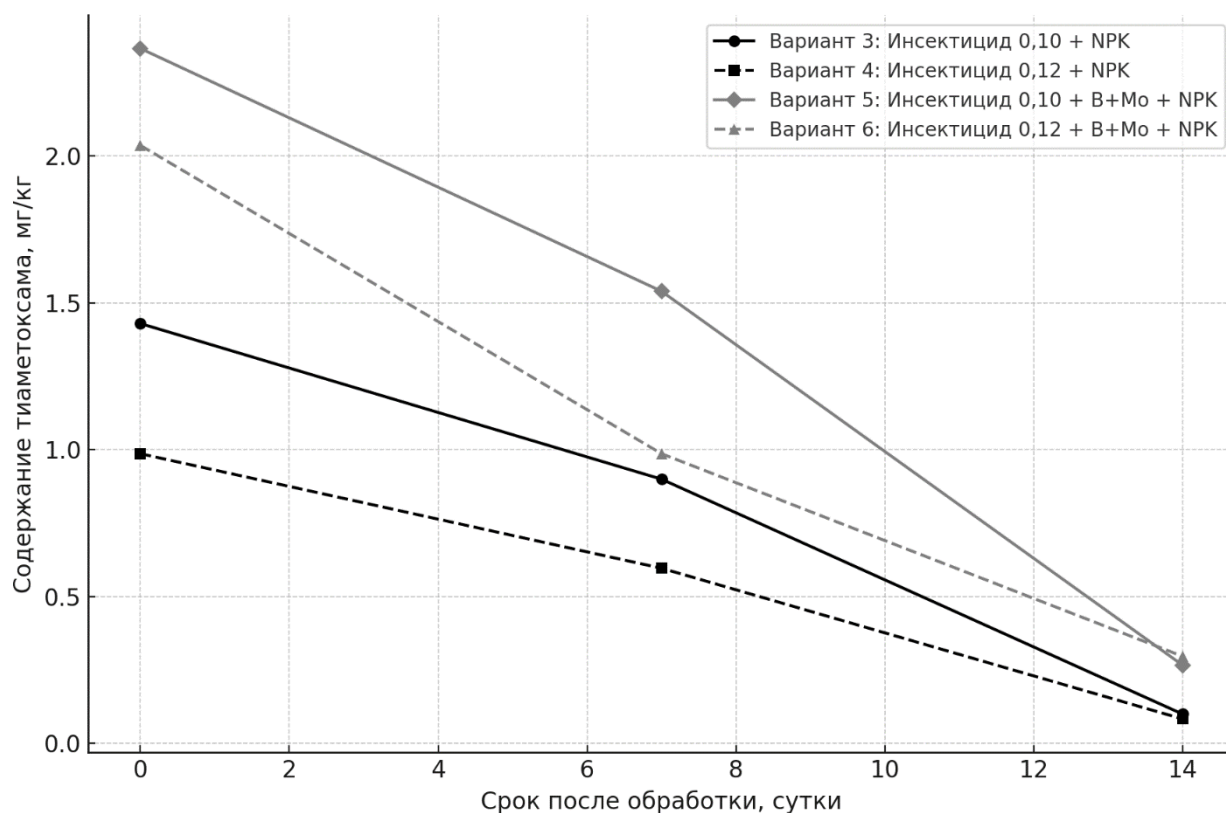


Рисунок 13. — Влияние микроэлементов на динамику разрушения тиаметоксама (среднее значение по годам)

В отличие от тиаметоксама, лямбда-цигалотрин представляет собой контактное инсектицидное действующее вещество с преимущественно трансламинарным и частично поверхностным действием. Для пиретроидов характерна ограниченная системная активность и относительно высокая скорость деградации, обусловленная как метаболизмом в растительных тканях, так и фотодеструкцией на поверхности листьев.

При этом состояние растения, а также наличие определённых микроэлементов в питательном режиме может влиять на динамику разрушения лямбда-цигалотрина. В частности, бор и молибден способны стабилизировать физиологические процессы, улучшать состояние воскового слоя и мембран, что может замедлять деградацию пиретроидов в ранние сроки после обработки.

В данном подразделе проанализировано влияние совместного применения инсектицидного препарата с бором и молибденом на динамику разрушения лямбда-цигалотрина по результатам трёхлетних исследований.

Для наглядного представления различий построен график изменения содержания действующего вещества по вариантам опыта (рисунок 14).

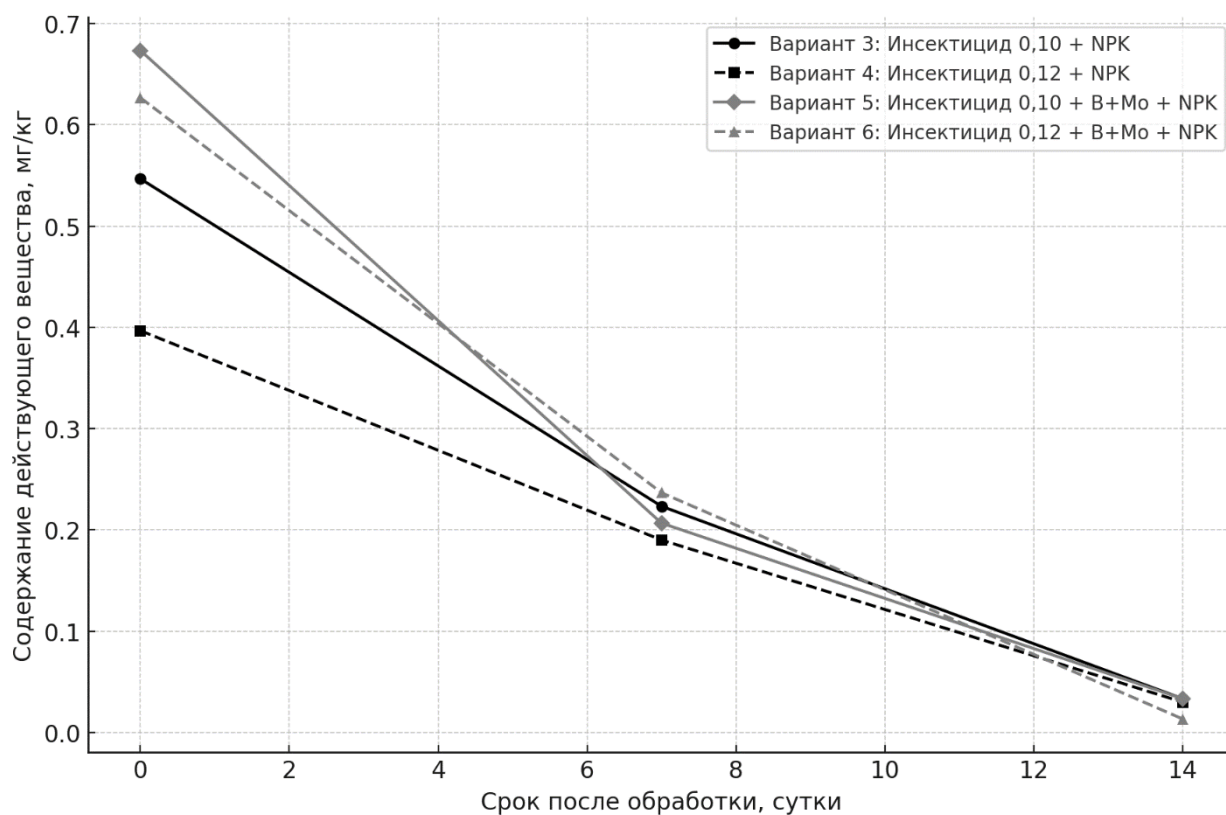


Рисунок 14. – Влияние микроэлементов на динамику разрушения лямбда-цигалотрина (среднее значение по годам)

На графике представлена динамика содержания лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового по вариантам опыта с различными схемами обработки. Как видно из приведённых данных, лямбда-цигалотрин демонстрирует более быстрый темп деградации по сравнению с тиаметоксамом. Уже к 7 суткам после обработки его содержание снижалось на 50 % и более, а к 14 суткам — практически полностью исчезало.

При этом варианты с применением бор + молибден (5 и 6) показывали некоторое замедление деградации на ранних сроках. На 7 сутки содержание лямбда-цигалотрина составляло:

- при норме 0,10 л/га — 0,27 мг/кг (B+Mo) против 0,30 мг/кг (без B+Mo);
- при норме 0,12 л/га — 0,32 мг/кг (B+Mo) против 0,25 мг/кг (без B+Mo).

На 14 сутки различия были менее выражены, так как общее содержание лямбда-цигалотрина во всех вариантах снижалось до 0,02–0,07 мг/кг. Таким образом, влияние микроэлементов на пролонгацию действия лямбда-цигалотрина проявляется преимущественно в ранние сроки после обработки (до 7 суток). Это может быть связано как со стабилизацией поверхности листа и замедлением фотодеградаци, так и с улучшением физиологического состояния растений, что влияет на метаболизм действующего вещества.

3.5.2. Влияние погодных условий и технологической схемы на пролонгацию защитного действия

Как показали результаты предыдущих подразделов, эффективность применения инсектицидного препарата в защите рапса ярового во многом определяется скоростью деградации его действующих веществ в растительных тканях. При этом не менее важную роль играет влияние погодных условий конкретного вегетационного сезона, которые способны существенно изменять скорость разрушения как системных, так и контактных инсектицидов.

Высокие температуры, интенсивная солнечная радиация, дефицит влаги, а также особенности метаболического состояния растений в различных климатических условиях оказывают прямое воздействие на скорость трансформации и выведения действующих веществ. Кроме того, применение комплекса микроэлементов бора и молибдена способно смягчать неблагоприятное влияние климатических факторов, замедляя процессы деградации инсектицида. В настоящем подразделе проанализировано влияние погодных условий и технологических схем обработки (с использованием или без использования микроэлементов) на пролонгацию защитного действия инсектицидного препарата по данным трёхлетних полевых исследований.

На представленном графике (рисунок 15) приведено изменение содержания тиаметоксама и лямбда-цигалотрина в растениях рапса ярового по

данным трёхлетних исследований в различные по погодным условиям годы на 7 и 14 сутки после обработки.

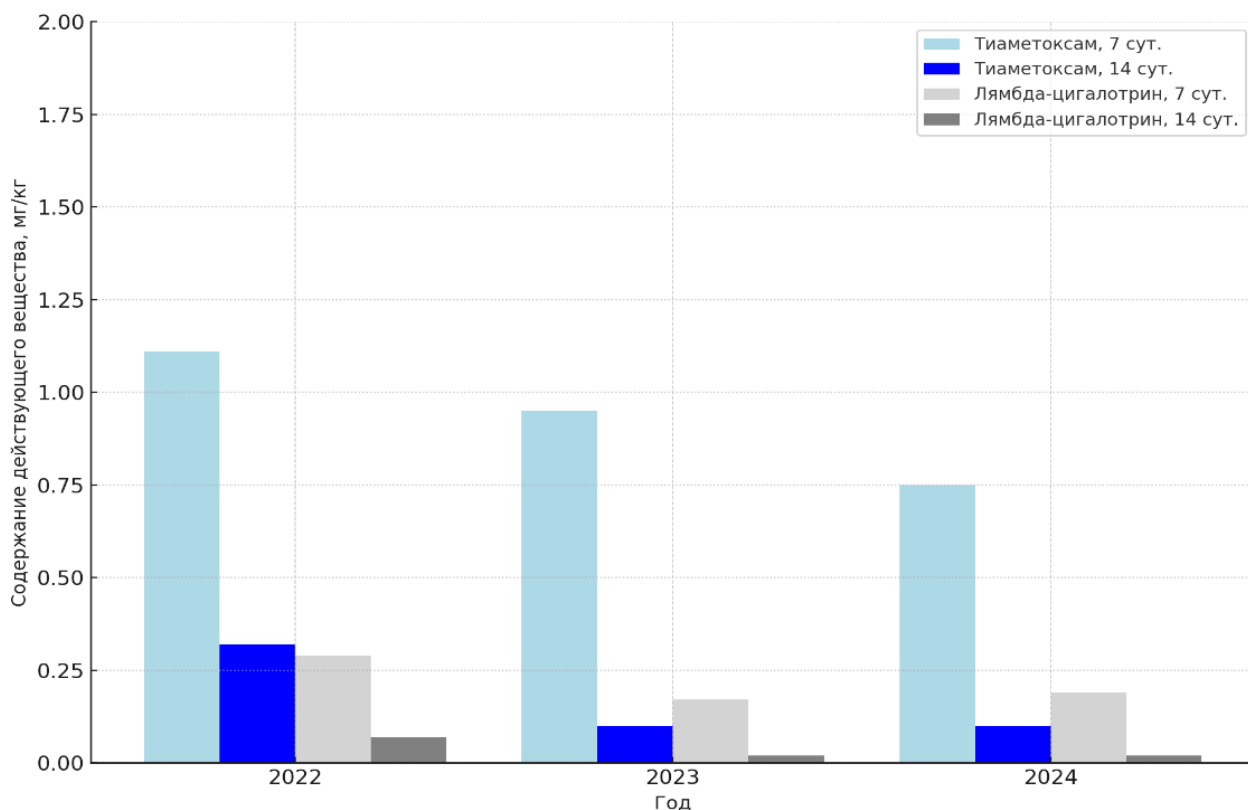


Рисунок 15. – Влияние погодных условий на остаточные количества действующих веществ инсектицидов

Результаты демонстрируют отчётливую зависимость скорости деградации обоих действующих веществ от климатических условий вегетационного сезона.

Для тиаметоксама наиболее высокая остаточная концентрация на 7 и 14 сутки наблюдалась в умеренно тёплом и влажном 2022 году — 1,11 и 0,32 мг/кг соответственно. В условиях жаркого и засушливого 2023 года содержание действующего вещества снижалось быстрее — до 0,95 мг/кг на 7 сутки и 0,10 мг/кг на 14 сутки. В 2024 году, при промежуточных по погоде условиях, результаты находились на среднем уровне. Для лямбда-цигалотрина аналогичная тенденция проявлялась ещё более ярко: в 2022 г. содержание на 7 сутки составляло 0,29 мг/кг, тогда как в 2023 г. — всего 0,17 мг/кг. На 14 сутки концентрации лямбда-цигалотрина были минимальными во всех годах.

Таким образом, данные графически подтверждают, что погодные условия вегетационного сезона оказывают значительное влияние на пролонгацию инсектицидного действия. Особенно важным является тот факт, что в неблагоприятные по климату годы (высокие температуры и дефицит влаги) применение комплекса микроэлементов (бор + молибден) позволяет смягчить ускоренное разрушение действующих веществ, поддерживая более высокий уровень их содержания в растениях на критических сроках.

Результаты трёхлетних исследований убедительно показали, что включение микроэлементов бора и молибдена в технологическую схему защиты рапса ярового оказывает положительное влияние на пролонгацию защитного действия инсектицидного препарата. По данным динамики разрушения тиаметоксама установлено, что применение комплекса бор + молибден способствует замедлению деградации системного действующего вещества и позволяет поддерживать его эффективную концентрацию в растениях на протяжении более длительного периода. Особенно выраженный эффект пролонгации отмечен в условиях неблагоприятных погодных факторов (жаркие и засушливые сезоны), когда естественная скорость разрушения инсектицида возрастает.

Для лямбда-цигалотрина влияние микроэлементной поддержки проявлялось преимущественно в ранние сроки после обработки (до 7 суток), способствуя сохранению остаточных концентраций на более высоком уровне по сравнению с вариантами без микроэлементов. Это позволяет частично компенсировать ограниченную системную активность пиретроида и улучшить устойчивость защиты на начальных этапах после обработки. Сопоставление результатов по различным погодным условиям подтвердило, что именно в стрессовых климатических ситуациях (высокие температуры, дефицит влаги) роль микроэлементов в пролонгации защитного эффекта становится особенно значимой.

Можно сделать вывод, что включение микроэлементов бора и молибдена в схему инсектицидной защиты рапса позволяет повысить её

надёжность и устойчивость, снижая риски восстановления численности вредителей в период активного формирования урожая. Полученные данные обосновывают целесообразность широкого внедрения данной технологии в производственную практику в условиях Центрального региона России.

Полученные результаты исследований показали, что оптимизация схемы инсектицидной защиты с включением микроэлементов бора и молибдена позволяет значительно повысить эффективность и стабильность защиты рапса ярового от комплекса вредителей в условиях изменяющегося климатического фона. Пролонгация инсектицидного действия, подтверждённая по данным динамики разрушения действующих веществ и биологической эффективности, обеспечивает более полное и надёжное сохранение урожая в критические фазы развития культуры.

В целом, совокупность позволяет сформулировать ключевые выводы по влиянию различных схем обработки на морфометрию растений, урожайность, биологическую эффективность защиты и динамику разрушения инсектицидных действующих веществ.

Выводы по главе

Проведённые в 2022–2024 гг. полевые исследования позволили комплексно оценить влияние различных комплексных схем обработки, включающих инсектицидный препарат и микроэлементы бора и молибдена, на морфогенез, урожайность, биологическую эффективность защиты и динамику разрушения действующих веществ в посевах рапса ярового сорта «Викрос». На основании полученных результатов сформулированы следующие выводы:

1. Совместное применение инсектицида (0,10 л/га) с бором и молибденом способствовало достоверному увеличению урожайности рапса за счёт улучшения морфометрических и генеративных признаков: высота растений возросла на 17,3 %, длина стручка — на 55,1 %, число стручков и масса семян с растения — на 56,5 и 56,0 % соответственно. Повышение массы

семян связано с лучшей озернёностью, увеличившейся в среднем на 55,1 %. Также отмечено повышение компенсаторной способности растений при стрессовых воздействиях.

2. Установлено, что двухкомпонентный инсектицид на основе лямбда-цигалотрина (106 г/л) и тиаметоксама (141 г/л) при нормах расхода 0,10–0,12 л/га проявляет высокую биологическую эффективность (85–100 %) против основных вредителей рапса (крестоцветные блошки, капустная тля, рапсовые клопы, гусеницы белянок), достигая 93–98 % в первые 7 суток и до 96–98 % в течение 14 суток. Совместное применение с микроэлементами (бор и молибден) способствовало пролонгации инсектицидного действия за счёт замедления деградации действующих веществ, особенно тиаметоксама, и повышения устойчивости растений к стрессу.

3. Эффективность инсектицидной защиты существенно зависела от погодных условий. В жарком и засушливом 2023 г. скорость распада действующих веществ возрастала, что сокращало продолжительность защитного действия. Остатки тиаметоксама на 7-е сутки составляли 0,75–0,95 мг/кг в тёплых условиях и 1,11 мг/кг — в умеренно влажных, лямбда-цигалотрина — 0,17–0,19 мг/кг и 0,29 мг/кг соответственно. К 14-му дню при жаркой погоде вещества практически исчезали, тогда как в прохладные и влажные годы сохранялись их следы (0,32 мг/кг и 0,07 мг/кг), что свидетельствует о пролонгации защитного действия. Совместное применение с бором и молибденом способствовало стабилизации инсектицидной активности за счёт замедления деградации действующих веществ.

4. Включение микроэлементной поддержки в схему защиты рапса позволяет повысить её надёжность и устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам. Совместное применение инсектицида с бором и молибденом обеспечило наибольшую урожайность рапса ярового — до 26,7 ц/га, в среднем 25,6 ц/га (вариант 5), что превышало контроль без обработки на 11,5 ц/га. Эффективность была стабильной по годам и статистически достоверной по сравнению с отдельными обработками.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИНСЕКТИЦИДА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАПСА ЯРОВОГО

В условиях интенсификации технологий возделывания рапса ярового, повышающихся требований к качеству продукции и конкурентоспособности отечественного аграрного сектора, особое значение приобретает оценка экономической целесообразности применяемых агротехнических приёмов.

Современные системы защиты растений и питания должны не только обеспечивать высокий биологический эффект, но и демонстрировать устойчивый экономический результат, позволяющий оптимизировать производственные затраты и повышать рентабельность возделывания культуры.

В связи с этим целью настоящей главы является проведение комплексной оценки экономической эффективности различных схем применения инсектицида и микроэлементов при возделывании рапса ярового в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. Оценка проводится с учётом современных тенденций развития рынка рапса, динамики затратной части технологий и возможностей увеличения доходности производства.

За последние пять лет мировой рынок рапса демонстрирует устойчивую положительную динамику. Производственные объёмы данной масличной культуры ежегодно увеличиваются, что обусловлено как высоким спросом на рапсовое масло и шрот, так и расширением площадей возделывания рапса в ряде стран. В 2023/2024 сельскохозяйственном году мировой валовой сбор рапса достиг рекордных значений (рисунок 16), что подтверждает сохраняющуюся тенденцию роста отрасли.

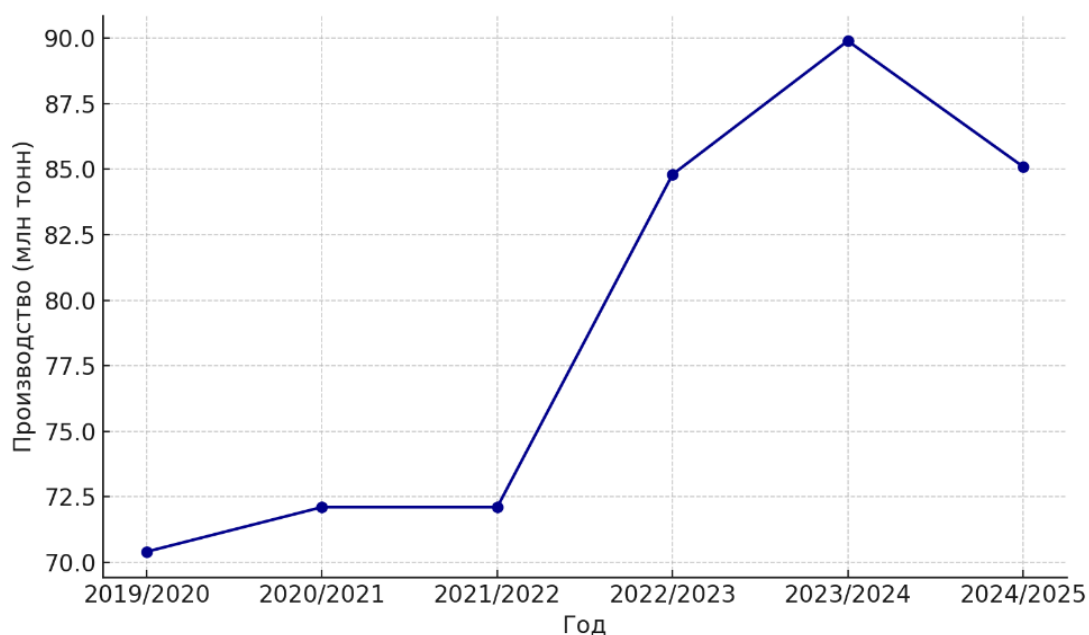


Рисунок 16. – Мировое производство рапса (2019 – 2025 гг.)

Основными производителями и поставщиками рапса на мировой рынок являются Канада, Китай и Индия, на долю которых приходится значительная часть глобального производства и экспорта этой культуры (рисунок 17). При этом Канаде традиционно принадлежит ведущая роль в мировом экспорте рапса, в то время как Китай и Индия в большей степени ориентированы на удовлетворение внутреннего спроса.

Рост производства рапса на мировом уровне стимулирует повышение требований к качеству продукции и эффективности технологий возделывания, включая системы защиты растений и оптимизацию агрохимического сопровождения, что в свою очередь обуславливает актуальность дальнейших исследований в данной области.

В условиях роста мирового рынка рапса и повышения конкуренции на глобальном и региональных уровнях всё более актуальными становятся вопросы повышения экономической эффективности производства. Современные требования к технологиям возделывания рапса предполагают не только достижение высоких агробиологических показателей, но и оптимизацию затрат, снижение потерь урожая и обеспечение стабильного качества продукции.

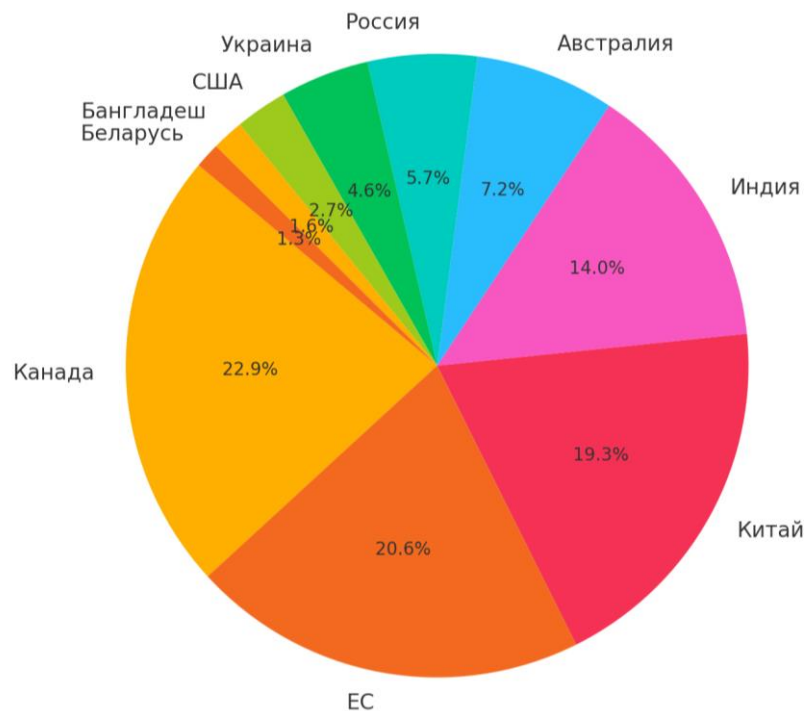


Рисунок 17. – Производство рапса по странам (2019 – 2025 гг.)

Именно с этих позиций был проведён комплексный анализ эффективности различных схем защиты рапса ярового, направленных на повышение устойчивости посевов к вредителям и на пролонгацию защитного действия инсектицидов при одновременном улучшении физиологического состояния растений.

Комплексная оценка влияния различных схем инсектицидной защиты с использованием микроэлементов бора и молибдена на морфогенез растений, урожайность, биологическую эффективность и динамику разрушения действующих веществ показала высокую эффективность предложенной технологической схемы. Вместе с тем, при внедрении любой системы защиты в практическое земледелие важнейшее значение имеют её экономическая эффективность и агротехнологическая целесообразность. Стоимость применяемых приёмов, экономия за счёт пролонгации защитного действия и снижение потерь урожая должны быть соотнесены с конечным экономическим результатом. В связи с этим в настоящей главе приведена оценка экономической эффективности различных схем обработки и даны

практические рекомендации по оптимизации системы защиты рапса ярового в условиях Нечернозёмной зоны Российской Федерации с учётом климатических факторов и устойчивости агрофитоценозов.

В России рапс за последние 5 лет практически удвоил валовой сбор, который составил в 2024 году 4660 тыс. т. В связи с чем рапс стал одной из ключевых масличных культур в России наряду с подсолнечником и соей. Средняя урожайность рапса, по данным Агроинвестора, колебалась от 16,0 до 20,3 ц/га, с пиком в 2023 году [111]. Россия экспортирует растительное (рапсовое) масло и семена. С увеличением производства рапса в России растут и мощности по его переработке. В 2025 году ожидается увеличение перерабатывающих мощностей на 5%, до 35 млн т. [100]. Это способствует росту экспорта рапсового масла и шрота, особенно в страны Азии и Европы. По оценкам аналитиков, в 2025 году валовой сбор рапса в России может достичь 5,4 млн т, что на 15,9 % больше, чем в 2024 году.

Рост валового производства будет обусловлен дальнейшим расширением посевных площадей. Помимо этого, в связи с изменением климата, повышаются риски активного размножения вредителей, поэтому необходима оптимальная система питания и защиты растений, позволяющая снизить производственные затраты. Экономическая эффективность различных схем применения инсектицида и микроэлементов при возделывании рапса ярового оценивалась на основе комплексного анализа следующих показателей: урожайность, стоимость валовой продукции, производственные затраты, чистая прибыль и уровень рентабельности. Базовая структура производственных затрат на 1 га посевной площади формировалась на основе средних данных за 2022–2024 гг. по хозяйствам Нечерноземной зоны Российской Федерации. При расчётах дополнительно учитывались затраты на инсектицидные препараты и микроэлементы в опытных вариантах схем защиты.

Себестоимость производства 1 тонны рапса ярового в России варьируется в зависимости от региона, применяемых агротехнологий и уровня

урожайности. В 2024–2025 годах себестоимость производства 1 тонны рапса ярового в России колеблется в диапазоне от 13 700 до 22 600 руб. [100], для расчета экономической эффективности взяли 25 500 руб. На май 2024 года средняя цена на семена рапса ярового в России составляет около 34 605 руб. за тонну, цены в Нечерноземной зоне, могут варьироваться в зависимости от качества продукции, условий поставки и спроса [111], в расчетах использовали цену реализации 28 000 руб.

В качестве исходных параметров для оценки приняты следующие показатели:

- цена реализации рапса — 28 000 руб./т, соответствующая средней рыночной цене в регионе за 2024 год;
- базовая стоимость производственных затрат — 25 500 руб./га.

В 2024–2025 годах себестоимость производства 1 тонны рапса ярового в России колеблется в диапазоне от 13 700 до 22 600 руб./т [111]; для расчёта экономической эффективности принята цена реализации 28 000 руб./т, соответствующая средней рыночной цене в регионе за 2024 год.

Для оценки экономической эффективности рассчитывались следующие показатели:

- выручка с 1 га (руб./га) — произведение фактической урожайности на цену реализации;
- чистая прибыль (руб./га) — разница между выручкой и суммарными затратами по каждому варианту;
- уровень рентабельности (%) — отношение чистой прибыли к полным затратам, выраженное в процентах.

При этом структура затрат по каждому варианту опыта учитывала следующие статьи: стоимость семенного материала, топливо и смазочные материалы (ТСМ), заработная плата с начислениями, амортизация техники, текущий ремонт, прочие расходы, а также затраты на средства защиты растений и микроэлементы.

Применённая методика позволила не только выявить агробиологические преимущества технологических схем, но и оценить их экономическую целесообразность в условиях хозяйственной практики. Структура производственных затрат, принятая за основу при проведении экономической оценки различных схем защиты и питания рапса ярового, представлена в таблице 22.

Таблица 22

Структура затрат на производство 1 га рапса ярового, в среднем за исследуемые годы (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

№ п/п	Показатели	Всего, руб/га
1.	Прямые затраты	8670,00
2.	Семена	5190,00
3.	Минеральные удобрения	-
4.	Пестициды	-
5.	ТСМ (топливно-смазочные материалы)	7140,00
6.	Заработная плата со всеми начислениями	7890,00
7.	Амортизация	5250,00
8.	Текущий ремонт	4590,00
9.	Прочие затраты	2550,00
Итого		25500,00

Основные статьи производственных затрат при возделывании рапса ярового в условиях Нечернозёмной зоны Российской Федерации, сформированные на основе средних данных 2024 года. Общая сумма прямых затрат составила 25 500 руб./га, что соответствует расчётной базовой себестоимости для проведения экономической оценки различных технологических схем. Наибольшую долю в структуре затрат занимают семена (5 190 руб./га) и топливо, смазочные материалы (7 140 руб./га), что отражает специфику возделывания рапса как культуры с высокой потребностью в качественном семенном материале и значительным объёмом

механизированных работ. Существенными статьями расходов также являются заработная плата с начислениями (7 890 руб./га), амортизация (5 250 руб./га) и текущий ремонт техники (4 590 руб./га), что обусловлено интенсификацией технологии и высокой долей использования техники в процессе возделывания культуры. В базовом расчёте на данном этапе не учитывались затраты на минеральные удобрения и средства защиты растений, что позволяет в дальнейшем корректно оценить добавочную экономическую эффективность при внедрении различных схем инсектицидной защиты с микроэлементной поддержкой. Таким образом, представленный уровень производственных затрат соответствует текущим тенденциям развития отрасли. В последующем анализе экономической эффективности будут рассмотрены различные технологические схемы, направленные на повышение урожайности, стабилизацию фитосанитарного состояния посевов и оптимизацию затратной части производства.

В результате проведённых исследований определена экономическая эффективность различных схем защиты рапса ярового при использовании инсектицида и микроэлементов, полученные данные приведены в таблице 23.

Таблица 23

Экономическая эффективность схем обработки рапса ярового сорта «Викрос» (Калужская область, 2022 – 2024 гг.)

Вариант	Средняя урожайность, ц/га	Выручка, руб./га	Затраты, руб./га	Чистая прибыль, руб./га	Рентабельность, %
1	14,1	39480	25500	13980	55
2	18,3	51240	25680	25560	100
3	21,5	60200	25716	34484	134
4	20,7	57960	26100	31860	122
5	25,6	71680	26916	44764	166
6	24,3	68040	26880	41160	153

Рентабельность производства рапса в исследуемых вариантах составила 100–166 %, что обусловлено высокой урожайностью и привлекательной ценой реализации. Наибольшая эффективность достигнута при комплексном применении инсектицида (тиаметоксам + лямбда-

цигалотрин, 0,10 л/га, двукратно) с бором (150 г/га д.в.) и молибденом (75 г/га д.в.): урожайность — 25,6 ц/га, чистая прибыль — 44 764 руб./га, рентабельность — 166 %. При повышенной дозе инсектицида (0,12 л/га) рентабельность составила 153 %, прибыль — 41 160 руб./га. Применение только инсектицида (0,10 л/га) обеспечивало 21,5 ц/га и 134 % рентабельности. Совместное внесение микроэлементов обеспечило прибавку урожайности до 0,8 т/га и рост дополнительной прибыли до 11 580 руб./га по сравнению с контролем. Снижение кратности обработок до 1–2 на сезон позволяет дополнительно снизить производственные издержки.

Таким образом, установлена высокая экономическая устойчивость технологии при изменчивых погодных условиях, что делает рапс яровой привлекательной культурой для выращивания в условиях Нечернозёмной зоны и стратегически важным объектом для отечественного рынка переработки и экспорта. Проведённый анализ экономической эффективности различных технологических схем показал, что как инсектицидные обработки, так и их сочетание с микроэлементами вносят существенный вклад в повышение прибыли и рентабельности производства рапса ярового.

Применение инсектицидной обработки в дозе 0,10 л/га без добавления микроэлементов (вариант 3) обеспечило значительный прирост урожайности (на 7,4 ц/га по сравнению с контролем), что позволило увеличить чистую прибыль до 34 484 руб./га и рентабельность до 134 %. Таким образом, уже базовая инсектицидная защита доказала свою высокую экономическую целесообразность.

Дополнительное внесение микроэлементов (бор и молибден) в сочетании с инсектицидом (варианты 5 и 6) обеспечило дальнейший рост показателей. Максимальный экономический эффект был достигнут при дозе инсектицида 0,10 л/га с бором (150 г/га д.в.) и молибденом (75 г/га д.в.): чистая прибыль составила 44 764 руб./га, а рентабельность — 166 %. По сравнению с вариантом только инсектицидной обработки (вариант 3), это дало дополнительную прибыль в размере 11 280 руб./га. Повышение дозы

инсектицида до 0,12 л/га в сочетании с микроэлементами (вариант 6) также обеспечило высокий экономический результат (чистая прибыль — 41 160 руб./га, рентабельность — 153 %), однако при этом эффект по сравнению с вариантом 5 был менее выраженным. Это подтверждает, что оптимальным является использование базовой дозы инсектицида в сочетании с микроэлементами.

На рисунке 18 представлена динамика чистой прибыли по вариантам схем защиты. Визуально подтверждается наибольший экономический эффект от применения инсектицидного препарата в сочетании с микроэлементами (вариант 5), обеспечивающего максимальную чистую прибыль (44 764 руб./га). Варианты 3 и 6 также демонстрируют высокий экономический результат, что подчёркивает значимость как базовой инсектицидной защиты, так и её оптимального сочетания с микроэлементами.

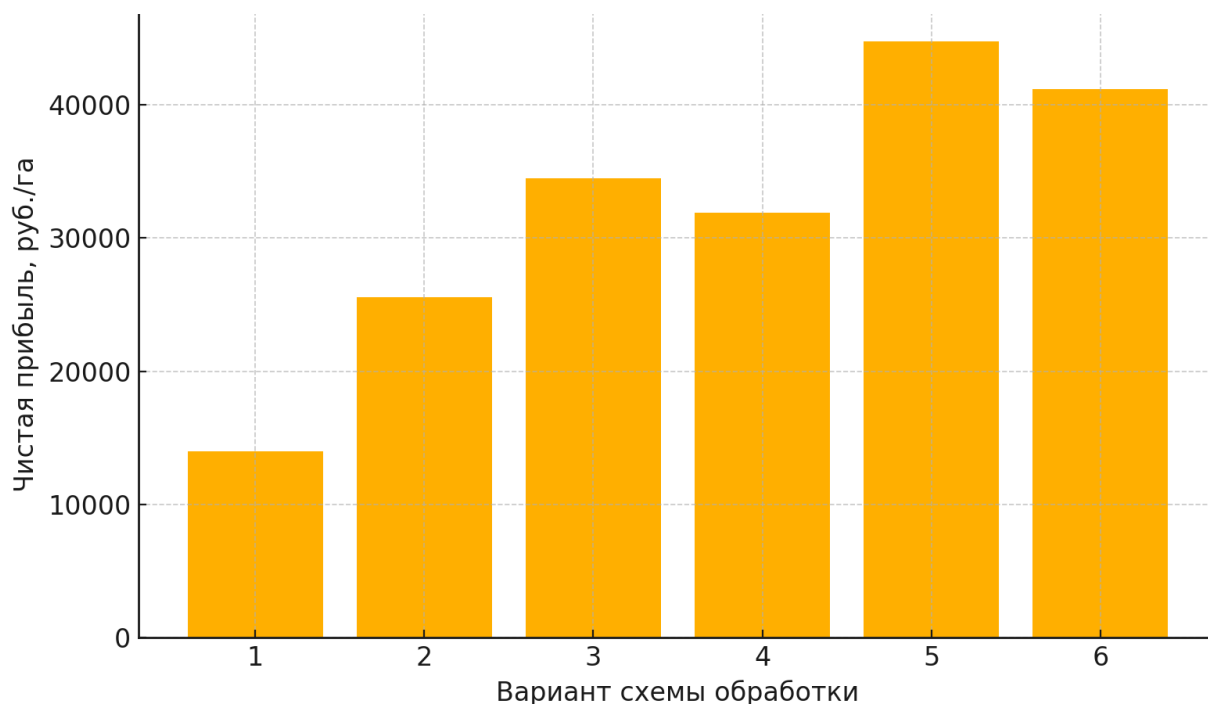


Рисунок 18. – Чистая прибыль по вариантам схем защиты рапса ярового сорта «Викрос» (средние данные за 2022–2024 гг.)

Применение микроэлементной поддержки в системе защиты способствует не только повышению агробиологической эффективности, но и обеспечивает дополнительный экономический эффект за счёт увеличения урожайности и стабилизации фитосанитарного состояния посевов. При этом

экономически наиболее целесообразной является схема с базовой дозой инсектицида (0,10 л/га) и совместным применением бора и молибдена.

Таким образом, на основе проведённого анализа установлено, что наиболее экономически эффективной является схема защиты с применением инсектицидного препарата (0,10 л/га) в сочетании с микроэлементами (бор 150 г/га д.в. + молибден 75 г/га д.в.). Данная схема рекомендована для внедрения в производственную практику хозяйств Нечернозёмной зоны, как обеспечивающая оптимальное соотношение урожайности, экономических показателей и устойчивости агрофитоценоза.

Проведённый комплексный анализ показателей экономической эффективности различных схем защиты и питания рапса ярового позволяет сформулировать следующие выводы.

Выводы по главе

1. Применение инсектицида (0,10 л/га) с бором (150 г/га д.в.) и молибденом (75 г/га д.в.) обеспечило наибольшую экономическую эффективность: чистая прибыль — 44 764 руб./га, рентабельность — 166 %.

2. Совместное внесение микроэлементов с инсектицидом даёт дополнительную прибыль по сравнению с одним инсектицидом — за счёт прироста урожайности и стабилизации фитосанитарного состояния.

3. Повышение нормы расхода инсектицида до 0,12 л/га даёт сопоставимый результат, но наилучшее соотношение затрат и прибыли достигается при расходе 0,10 л/га с микроэлементами. При расчёте экономической эффективности дозы микроэлементов, внесённых в опыте с рапсом яровым, были приведены к содержанию действующего вещества (д.в.) в соответствии с агрохимической практикой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых полевых и лабораторных исследований установлены научно обоснованные подходы к совершенствованию системы питания и защиты растений рапса ярового в условиях дерново-подзолистых почв Нечернозёмной зоны Российской Федерации. Получены следующие основные результаты:

1. Дерново-подзолистые почвы Калужской области характеризуются средней обеспеченностью бором и низким содержанием молибдена, что обуславливает необходимость их дополнительного внесения: бор — в фазах розетки и бутонизации, молибден — преимущественно во второй половине вегетации (фазы бутонизации — цветения).

2. Установлено, что совместное применение микроудобрений (бора, молибдена) и инсектицида увеличивает урожайность рапса ярового в сравнении с контролем на 10,2-11,5 ц/га, или 72,3 - 81,6 % в среднем за три года исследований и в сравнении с фоновым вариантом на 6,0 - 7,3 ц/га или 35,5 – 41,5 % в зависимости от нормы расхода инсектицида.

3. Доказано, что в условиях дерново-подзолистых почв наиболее эффективна схема совместного применения микроудобрений и инсектицида: бор — 150 г/га д.в. (в форме борной кислоты), в фазу розетки (ВВСН 14–18); молибден — 75 г/га д.в. (в форме аммония молибдата), в фазу бутонизации (ВВСН 50–55); инсектицид на основе тиаметоксама и лямбда-цигалотрина — 0,10 л/га.

4. Установлено, что против основных вредителей рапса (крестоцветные блошки, капустная тля, рапсовые клопы и белянки), биологическая эффективность двухкомпонентного инсектицидного препарата на основе лямбда-цигалотрина (106 г/л) и тиаметоксама (141 г/л) достигала 93–98 % в первые 7 суток и сохранялась до 96–98 % при защитном периоде до 14 суток.

5. Выявлено, что основными факторами ускорения распада действующих веществ тиаметоксама является повышенная температура, а замедления прохладная и умеренно влажная погода, при которой среднее содержание тиаметоксама на 7-е сутки составляло 1,11 мг/кг, тогда как в благоприятных условиях — 0,95 и 0,75 мг/кг соответственно. Аналогичные закономерности выявлены в отношении остатков лямбда-цигалотрина: на 7-е сутки в умеренно влажном году были выше (0,29 мг/кг), чем в благоприятных условиях - 0,17 - 0,19 мг/кг. К 14-му дню содержание действующих веществ в благоприятные годы практически достигало нуля, в то время как в прохладную и умеренно влажную погоду сохранялись следовые количества (0,32 мг/кг тиаметоксама и 0,07 мг/кг лямбда-цигалотрина), что свидетельствует о пролонгированном действии препаратов при более умеренном температурном фоне и повышенной влажности без нарушения регламентов применения.

6. Выявлено, что сочетание применения микроэлементов и инсектицида в дозе 0,10 л/га влияет на морфометрические характеристики растений рапса ярового в сравнении с контролем, а именно на увеличения высоты растений на 17,3 %, длины стручка на 55,1 % в среднем за годы исследований; а также на элементы структуры урожая: число стручков и массы семян с одного растения на 56,5 и 56,0 % в среднем за годы исследований. Повышение массы семян с одного растения связано с лучшей озернённостью стручков на 55,1 % в среднем за годы исследований.

7. Наибольшая экономическая эффективность достигнута при комплексном применении микроэлементов (бора (150 г/га д.в.) в фазу розетки и бутонизации, а молибдена (75 г/га д.в.) — в фазу бутонизации – цветения) с многокомпонентным инсектицидом (тиаметоксам + лямбда-цигалотрин, 0,10 л/га, двукратно): чистая прибыль — 44 764 руб./га, рентабельность — 166 % за счет снижения сокращения числа инсектицидных обработок и снижения производственных затрат на защиту растений.

8. Разработанная система совместного применения микроэлементов и многокомпонентного инсектицида в разработанных нормах расхода позволяет

при широком варьировании агрохимических свойств дерново-подзолистых почв формировать высокий и стабильный урожай семян рапса ярового при значительном снижении экологической нагрузки на агроценоз без ущерба экономической эффективности.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Результаты исследований могут быть рекомендованы к широкому внедрению в производственную практику для хозяйств Нечернозёмной зоны на дерново-подзолистых почвах с целью совершенствования технологии возделывания рапса ярового и защиты культуры от комплекса основных вредителей. Разработанная технология сочетанного применения микроудобрений и инсектицида способствует росту урожайности рапса ярового, повышению экономической эффективности и экологической устойчивости агроценоза. Рекомендуемая схема агротехнологии: бор в дозе 150 г/га д.в. в фазу розетки (ВВСН 14–18); молибден в дозе 75 г/га д.в. в фазу бутонизации (ВВСН 50–55); инсектицид на основе тиаметоксама и лямбда-цигалотрина при норме расхода 0,10 л/га.

Для повышения эффективности предложенных приемов рекомендуется проводить агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий на содержание бора и молибдена, корректировать питание с учётом фазы вегетации и погодных условий.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разработанная технология интегрированного применения микроэлементов и инсектицидной защиты продемонстрировала высокую агрономическую и экономическую эффективность при возделывании рапса ярового на дерново-подзолистых почвах Калужской области. Дальнейшее развитие научных исследований и практическое внедрение результатов может осуществляться по следующим направлениям:

1. Расширение исследований на смежные сельскохозяйственные культуры. Оценка эффективности технологии при возделывании других крестоцветных и масличных культур (рапс озимый, горчица, сурепица) с учётом биологических особенностей и сроков вегетации.

2. Комплексная оценка действия различных микроэлементных сочетаний. Изучение воздействия цинка, марганца, меди и железа в различных комбинациях с пестицидами с целью выявления оптимальных элементов питания для повышения устойчивости и продуктивности растений.

3. Испытание технологии на различных типах почв. Проведение исследований в условиях чернозёмов, серых лесных, каштановых и других почв для уточнения адаптационного потенциала схемы и возможности масштабирования на иные почвенно-климатические зоны.

4. Интеграция с цифровыми технологиями управления. Адаптация разработанной схемы к платформам точного земледелия для автоматизированного определения сроков и норм внесения на основе агрохимического картирования и фитосанитарного мониторинга.

Полученные результаты могут быть положены в основу разработки адаптивных регламентов и способствовать формированию устойчивых агротехнологий для различных культур и регионов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа. Введен. 01.07.82. — М.: ИПК изд-во стандартов, 2004. — С. 107-109.
2. ГОСТ 26107-84 Почвы. Определения общего азота. Дата введения 01.01.85. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023433> (дата обращения : 09.04.2025). — Текст : электронный.
3. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. Дата введения 01.07.93. — URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f09/4294828267.pdf> (дата обращения : 09.03.2025). — Текст : электронный.
4. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. Дата введения 26.03.85. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023490> (дата обращения : 09.05.2025). — Текст : электронный.
5. ГОСТ Р 52325-2005 Национальный стандарт Российской Федерации. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2005. — 38 с. — Текст: непосредственный.
6. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Дата введения 01.01.13. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094361> (дата обращения: 09.02.2025). — Текст: электронный
7. Абдукаримов, А.Г. Диагностика питания растений / А.Г. Абдукаримов, Н.А. Турсынбаев, Г.Т. Калымбекова // Механика и технологии. — 2015. — №. 3. — С. 85.
8. Аканова, Н. И. Эффективность магниевых удобрений на основе природных бруситов и их влияние на урожайность и качество масличных культур / Н. И. Аканова, А. В. Козлова, И. И. Серегина, Д. Е. Кутырева // *Плодородие*. — 2025. — № 1(142). — С. 9–12. — DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.02. — EDN: IOONMM. — eLIBRARY ID: 80391372.
9. Акимов, А.А. Роль макро- и микроэлементов в жизни растений / А.А. Акимов, И.А. Платонов // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых. — Тверь, 2021. — С. 38-41.
10. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочная книга / П.И. Анспок. — Л.: Колос, 1978. — 272 с.

11. Аристархов, А.Н. Использование микроудобрений в условиях интенсивной химизации и принципы моделей для определения потребности в них / А.Н. Аристархов. — Текст: непосредственный // Химия в сельском хозяйстве. - 2000. — № 8. — С. 15-22.
12. Артемьев, И.В. Рапс — масличная и кормовая культура / И.В. Артемьев, В.В. Карпачев. — Текст: непосредственный // Аграрная наука. — 2006. — №2 4. — С. 18.
13. Баздырев, Г.И. Интегрированная защита растений от вредных организмов: учебное пособие для магистров, обучающихся по направлению «Агрономия» / Г.И. Баздырев, Н.Н. Третьяков, О.О. Белошапкина. — Москва: Инфра-М, 2014. — 302 с. — Текст: непосредственный.
14. Барыло, Б.О. Влияние элементов биологизации на урожайность ярового рапса / Б.О. Барыло, В.В. Рзаева // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2023. — №. 3-1 (78). — С. 176-180.
15. Баюров, Л.И. Рапс-культура будущего! / Л.И. Баюров // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2021. — №. 167. — С. 1-19.
16. Безуглова, О.С. Новый справочник по удобрениям и стимуляторам роста / О.С. Безуглова. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. — 384 с. — Текст: непосредственный.
17. Березнов, А.В. Зависимость масличности озимого рапса от доз минеральных удобрений в условиях Нечерноземья / А.В. Березнов, Т.С. Астарханова, И.Р. Астарханов. — Текст: непосредственный // Проблемы развития АПК региона. — 2022. — № 3 (51). — С. 41-46.
18. Будревич, А.П. Контроль засоренности посевов озимого и ярового рапса в период вегетации гербицидом Сальса, ВДГ / А.П. Будревич, Е.Н. Полозняк, И.В. Богомоллова. — Текст: непосредственный // Защита растений. — 2017. — № 41. - С. 17-22.
19. Булавин, Л.А. Агроэкономическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимого и ярового рапса / Л.А. Булавин. — Текст: непосредственный // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. — 2012. — № 4. — С. 37 - 41.
20. Буряков Ю.П., Москотин В.А. и др. Рапс озимый и яровой (практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания). — М., 1988. — 45 с.
21. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в 2022 году (предварительные данные). [Электрон.ресурс]. — Режим доступа
22. Васин, В.Г. Применение микроудобрений и стимуляторов роста при возделывании полевых культур (яровая пшеница, горох, кукуруза):

монография / В.Г. Васин, А.Н. Бурунов, А.В. Васин, О.В. Вершинина, И.К. Кошелева. — Кинель: Самарский гос. аграр. ун-т, 2019. — 323 с. — ISBN 978-5-88575-577-1.

23. Васин, В.Г. Применение стимуляторов роста и микроудобрений при возделывании кормовых культур / В.Г. Васин, А.В. Васин, В.В. Ракитина, Н.В. Васина, А.Н. Бурунов, О.В. Вершинина, И.К. Кошелева, Е.В. Карлов, Е.И. Макарова, Е.О. Трофимова // Вестник Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2017. — № 6. — С. 19–26.

24. Вафина, Э.Ф. Коррекция урожайности ярового рапса микроудобрениями / Э.Ф. Вафина, И.Ш. Фатыхов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — №. 2. — С. 3-11.

25. Вафина, Э.Ф. Микроудобрения и формирование урожайности рапса в Среднем Предуралье: монография / Э.Ф. Вафина, А.О. Мерзлякова, И.Ш. Фатыхов. — Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. — 143 с.

26. Вафина, Э.Ф. Оценка производства ярового рапса в Удмуртской Республике / Э.Ф. Вафина // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. — 2020. — №. 4. — С. 4-12.

27. Вафина, Э.Ф. Рапс как энергетическое растение // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: материалы Всероссийской научно-практической конференции - Ижевск: ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА», 2017. — С. 9-11.

28. Вафина, Э.Ф. Энергетическая оценка эффективности приемов технологий возделывания полевых культур: учебное пособие / Э.Ф. Вафина, П.Ф. Сутыгин. — Ижевск: ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА», 2016. — 62 с.

29. Вильдфлуш, И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. — Минск: Беларусь навука, 2011. — 293 с.

30. Виноградов, Д.В. Агроэкологическая оценка сортов яровых рапса и сурепицы в условиях южной части Нечерноземной зоны России / Д.В. Виноградов // Достижения науки и техники АПК. — 2011. — №1. — С.28-29.

31. Виноградов, Д.В. и др. Возделывание перспективных сортов и гибридов ярового рапса в южной части Нечерноземной зоны России / Д.В. Виноградов и др. // Вестник РГАТУ. — 2011. — Т. 34. — С. 7-10.

32. Виноградов, Д.В. Пути повышения ресурсосбережения в интенсивном производстве ярового рапса / Д.В. Виноградов // Международный технико-экономический журнал. — 2009. — №. 2. — С. 62-64.

33. Влияние биokoординационных соединений меди, цинка, железа и бора на рост, развитие и урожайность зерновых культур / Н.Н. Зобова [и др.] // Материалы юбилейной конф. Казанского сельскохозяйственного института. — Казань, 1990. — С. 75-76.
34. Воловик, В.Т. Капустные культуры — источник белка / В.Т. Воловик, А.С. Шпаков. — Текст: непосредственный // Животноводство России. - 2022. — № 1. — С. 57-59.
35. Воловик, В.Т. Капустные культуры в решении проблемы кормового белка в Нечерноземной зоне / В.Т. Воловик, А.С. Шпаков. — Текст: непосредственный // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сборник науч. трудов. — Лобня: Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса, 2021. — С. 71-80.
36. Воловик, В.Т. Возделывание ярового рапса на семена в Нечернозёмной зоне России: рекомендации / В.Т. Воловик, Л.В. Ян, Т.В. Прологова. — М.: ФГУ РЦСК, 2006. — 31 с.
37. Волошин, Е.И. Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной): метод. рекомендации / Е.И. Волошин, А.Т. Аветисян. — Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2017. — 28 с.
38. Гайнуллин, Р.М. Эффективность серо и бор содержащих удобрений при возделывании ярового рапса / Р.М. Гайнуллин, И.А. Харисов, И.Д. Айсин // Точки роста эффективности АПК в условиях нестабильного рынка: сборник материалов международной научно-практической конференции (23 — 25 мая 2018г.). — Вып. 12. — Казань: Бриг, 2018. — 432с.
39. Гайфуллин, Р.Р. Влияние некорневой подкормки микроудобрениями на формирование урожайности семян ярового рапса / Р.Р. Гайфуллин, А.М. Хайруллин // Живые и биокосные системы. — 2014. — №. 8. — С. 4-4.
40. Гареев, Р. Г. И снова о рапсе: что сдерживает рост производства этой культуры в Татарии / Р. Г. Гареев // Вестник сельскохозяйственной науки. — 1989. -№ 12. — С. 100-103.
41. Гейгер, Е.Ю. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е.Ю. Гейгер, Л.Д. Варламова, В.В. Семенов, Ю.В. Погодина, Ю.А. Сиротина // Агрохимический вестник. — 2017. — №2. — С. 29-32.
42. Голова, А.А. Изменчивость основных жирных кислот масла современных линий озимого и ярового рапса селекции ВНИИМК / А.А. Голова, Л.А. Горлова. -Текст : непосредственный // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и

других технических культур : сборник материалов 10-й Всерос. конф., Краснодар, 26-28 февраля 2019 года. — Краснодар : Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, 2019. — С. 37-40.

43. Головач, А. Теоретические аспекты и направления интенсификации возделывания озимого и ярового рапса / А. Головач. — Текст : непосредственный // Аграрная экономика. — 2017. — № 5 (264). — С. 47-55.

44. Головач, А. Экономическая эффективность применения современных инноваций при возделывании ярового и озимого рапса на маслосемена / А. Головач. — Текст : непосредственный // Аграрная экономика. — 2016. — № 4 (251). — С. 44-50.

45. Гончаров, С.В. Глобализация семенных рынков масличных культур на примере рапса / С.В. Гончаров, В.В. Карпачев. — Текст : непосредственный // Масличные культуры. — 2019. — № 4 (180). — С. 102-106.

46. Гончаров С.В., Горлова Л.А. Масличные культуры: новые вызовы и тенденции их развития // Масличные культуры. — 2018. — №2 (174). — С.96-100.

47. Горлов, С.Л. Перспективы развития производства рапса в Российской Федерации / С. Л. Горлов, К. М. Кривошлыков // Масличные культуры. — 2006. -№2 (135). — С.139-142

48. Горлов, С.Л. Современные аспекты и тенденции развития производства и селекции рапса / С.Л. Горлов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. — 2011. — №.2 (148-149). — С. 51-56.

49. Григорьев, Е.В. Влияние некорневых подкормок на поражаемость ярового рапса болезнями / Е.В. Григорьев, А.А. Постовалов // Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий. — 2017. -С. 292-295.

50. Григорьев, Е.В. Реакция ярового рапса на обработку посевов жидкими минеральными удобрениями / Е.В. Григорьев, А.А. Постовалов // Вестник Ульяновской ГСХА. — 2018. — №1 (41). — С.60-63.

51. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. — Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. — 680 с.

52. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I : справочное издание. -Москва, 2024. — 803 с. — Текст : непосредственный.

53. Гулидова, В.А. Рапс в севообороте / В.А. Гулидова, А.Н. Гришина // Кормопроизводство. — 1997. № 4. — С. 21-24.
54. Гулидова, В.А. Особенности основной обработки под яровой рапс / В.А. Гулидова // Земледелие. — 2001. — № 3. — С. 27-28.
55. Гулидова, В.А. Рапс — высокомаржинальная культура России: монография / В.А. Гулидова. — Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. — С. 310.
56. Девяткин, С.А. Совершенствование технологии возделывания ярового рапса на маслосемена в условиях юга Нечерноземной зоны / С.А. Девяткин, Т.Ф. Девяткина, Р.Ф. Баторшин, Д.В. Бочкарев // Зерновое хозяйство России. -2020. — № 4. — С.19-22.
57. Дмитриева, Е.А. Рапс / Е. А. Дмитриева. — Текст : непосредственный // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса : сборник материалов LVI науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 14-18 марта 2022 года. — Ч. 2. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. — С. 870-873.
58. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, 1973. — 336 с.
59. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — 3-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1973. — 351 с. — Текст : непосредственный.
60. Дрозд, В.Ю. Оценка современного состояния рапсопродуктового подкомплекса Республики Беларусь / В.Ю. Дрозд // Научный потенциал молодежи -будущему Беларуси: материалы XV международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 9 апреля 2021 г.: в 2-х ч. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. — Пинск: По-лесГУ, 2021. — Ч. 2. — С. 88-90.
61. Дрозд, В.Ю. Рапс — важнейший стратегический ресурс Беларуси / В.Ю. Дрозд. — Пинск: Полесский государственный университет, 2017. — С.32-33.
62. Жолик, Г.А. Особенности формирования индивидуальной семенной продуктивности и урожайности семян ярового рапса в посевах с различной густотой стояния растений / Г.А. Жолик // Сельское хозяйство — проблемы и перспективы: сб. науч. тр. — Гродно: ГГАУ, 2006. — Т. 1. — С. 53-58.
63. Исаева, Е.И. Влияние технологий разной степени химизации на урожайность и кормовые показатели ярового и озимого рапса в условиях

Брянской области / Е.И. Исаева. — Текст : непосредственный // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : материалы Междунар. конгресса по кормам, посв. 100-летию ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», Москва, 21-24 июня 2022 года. — Т. 28 (76), ч. I. — Лобня : Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса, 2022. — С. 129-133.

64. Каркусов, С. Рапс — перспективная культура / С. Каркусов // Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета «Студенческая наука — агропромышленному комплексу». — Владикавказ, 2019. — С. 91-92.

65. Кизинёк, С.В. Эффективность применения нового минерального удобрения с микроэлементами «Мегамикс» / С.В. Кизинёк, А.Н. Бурунов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. — 2013. — Т. 1, № 9 (13). — С. 195–205.

66. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии : учебник / Б. Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев. — Москва : КолосС, 2009. — 398 с. -Текст : непосредственный.

67. Ковалевич, З.С. Содержание подвижных форм микроэлементов в почве и баланс их при внесении микроудобрений / З. С. Ковалевич, Г. П. Дубиковский. -Текст : непосредственный // Агрохимия. — 1988. — № 8. — С. 82-88.

68. Ковда, В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ков-да, И. В. Якушевская, А. Н. Тюрюканов. — Москва, 1969. — 67 с. — Текст : непосредственный.

69. Козлова, А. В. Эффективность магниевых удобрений в повышении продуктивности и качества масличных культур / А. В. Козлова, Н. И. Аканова, Д. Е. Кутырева, И. И. Серегина // *Плодородие*. — 2025. — № 2(143). — С. 26–30. — DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.06. — EDN: FFKBFH. — eLIBRARY ID: 81299518.

70. Костевич, С.В. Применение бора и молибдена на посевах сои / С.В. Костевич, О.И. Асокин // Масличные культуры. — 2008. — №2 (139). — С.35-40.

71. Крылов, А.П. Агроэкологическое изучение и приемы повышения продуктивности масличных культур семейства Brassicaceae в условиях Среднего Поволжья : автореф. диссертации... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.01.01 / Крылов Артем Павлович. — Пенза, 2018. — 22 с. — Текст : непосредственный.

72. Кузнецова, Г.Н. Защита посевов капустных культур от вредных объектов в Западной Сибири / Г.Н. Кузнецова, Р.С. Полякова. — Текст :

непосредственный // Защита растений от вредных организмов : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 19-23 июня 2023 года. — Вып. 11. — Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2023. — С. 212215.

73. Кулик, Г.В. Справочник по планированию и экономике сельскохозяйственного производства / Г.В. Кулик, Н.А. Окунь, Ю.М. Пехтерев. — Москва : Россельхозиздат, 1987. — 512 с. — Текст : непосредственный.

74. Лисицын, А.Н. Рапс-высокоценная масличная культура многоцелевого назначения / А.Н. Лисицын, В.Н. Григорьева, Л.Н. Лишаева // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. — 2013. — № 1. — С. 5-12.

75. Литвак, Ш.И. Системный подход к агрохимическим исследованиям -М.: Агропромиздат. — 1990. — 220 с.

76. Лукомец, В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами: монография / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов, В.Т. Пивень, И.И. Шуляк, У.Т. Корреа; под общ. ред. В. М. Лукомца. — Краснодар: ГНУ ВНИИМК РАСХН, 2010. — 327 с.

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

78. Лысанова, О.П. Динамическое расширение посевных площадей рапса в регионе / О.П. Лысанова // «Аграрная наука в инновационном развитии агропромышленного комплекса Иркутской области». Сборник научных тезисов очно-заочной научно-практической конференции посвященной Дню Российской науки. — Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, Т.2, 2023. — С. 114.

79. Масличные капустные культуры в растениеводстве Центрального экономического района / В.Т. Воловик, А.С. Шпаков, Ю. К. Новоселов [и др.]. — Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. — 2018. — Т. 32, № 2. -С. 33-35.

80. Мастеров, А.С. Биологическая урожайность крестоцветных культур в зависимости от применения микробиологических удобрений / А. С. Мастеров. -Текст : непосредственный // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. — Рязань : ИП Жуков В. Ю., 2019. — С. 256-263.

81. Мезенцева, Е.Г. Рапс в Беларуси — культура нереализованных возможностей / Е.Г. Мезенцева // Наше сельское хозяйство. — 2019. — №. 9. — С. 44-53.

82. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов [и др.] ; под общ. ред. В.М. Лукомца. — Краснодар : ВНИИ масличных культур им. В. С. Пусто-войта, 2007. — 113 с. — Текст : непосредственный.

83. Методические указания по определению остаточных количеств тиаметоксама в капусте, зеленой массе, семенах и масле рапса и горчицы, смородине методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (МУК 4.1.1805-03)

84. Методические указания по определению остаточных количеств лямба-Цигалотрина в воде, зерне, соломе и зеленой массе зерновых колосовых культур, зерне и зеленой массе кукурузы, капусте, зерне гороха, корнеплодах и ботве сахарной и кормовой свеклы, в семенах и масле рапса, сои и горчицы методом газожидкостной хроматографии (МУК 4.1.1430-03)

85. Милащенко, Н.З. Технология выращивания и использование рапса и сурепицы : монография / Н. З. Милащенко, В.Ф. Абрамов. — Москва : Агропром-издат, 1989. — 223 с. — Текст : непосредственный.

86. Мокий, М.С. Методология научных исследований : учебник для магистратуры / М.С. Мокий ; отв. ред. А.Л. Никифоров, В.С. Мокий. — Москва : Юрайт, 2015. — URL : <http://www.biblio-online.ru/> . -Текст : непосредственный.

87. Муравин, М. М. Агрохимия / М. М. Муравин. — Москва : Колос, 2002. -364 с. — Текст : непосредственный.

88. Муслимов, М.Г. Роль засухоустойчивых культур в зеленом конвейере / М.Г. Муслимов, Е.Н. Четверкина, А.М. Яхьяева. — Текст : непосредственный // Известия Дагестанского государственного агрономического университета. — 2019. -№ 3 (3). — С. 119-121.

89. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и урожай / А.А. Ничипорович. — Москва : Знание, 1966. — 48 с. — Текст : непосредственный.

90. Новикова, А. В. Влияние внешних факторов на семена масличных культур на этапе транспортирования / А. В. Новикова, С. Ю. Никитченко, Н. А. Лылин. -Текст : непосредственный // Инновации в сельском хозяйстве и экологии : материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Рязань : ИП Жуков В. Ю., 2020. — С. 329-331.

91. Обзор зернового рынка России и СНГ в 2024 году. [Электрон.ресурс]. — Режим доступа: .

92. Онищенко Л.М., Стрелецкая Л.В., Кариков Д.С. Действие марганцевого и молибденового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета. — 2021. — № 170. — С. 80–92. — eISSN: 1990-4665.

93. Пейве, Я.В. Металлы — микроэлементы и роль их в ферментативных процессах / Я. В. Пейве // Агрохимия. — 1975. — № 8. — С. 148-156.

94. Пейве, Я.В. Микроэлементы и ферменты / Я.В. Пейве. — Рига: Изд-во АН Латв. ССР, 1960. — 136 с.

95. Пейве, Я.В. Микроэлементы на службу сельскому хозяйству / Я. В. Пейве. — М.: Знание, 1956. — С. 32

96. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового рапса: методические рекомендации. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. — 60 с.

97. Пестис, М.В. Состояние и пути повышения эффективности производства рапса в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь / М.В. Пестис // Сельское хозяйство — проблемы и перспективы: сборник научных трудов; под ред. В.К. Пестиса. — Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2018. — С. 215-221.

98. Пилюк, Я.Э. Оценка экологической стабильности и корреляционная связь урожайности и массы 1000 семян сортов рапса / Я. Э. Пилюк, С. Ю. Храмченко, О. Н. Авхимович. — Текст: непосредственный // Земледелие и селекция в Беларуси. — 2021. — № 57. — С. 400-407.

99. Пилюк, Я.Э. Экономическая эффективность производства маслосемян озимого и ярового рапса / Я. Э. Пилюк. — Текст: непосредственный // Земледелие и селекция в Беларуси. — 2019. — № 55. — С. 201-207.

100. Пироговская, Г.В. Экономическая эффективность применения комплексных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / Г. В. Пироговская, В. В. Лапа. — Текст : непосредственный // Аграрная экономика. — 2022. — № 10 (329). — С. 69-77.

101. Пискунов, А.С. Методы агрохимических исследований : учебное пособие / А.С. Пискунов. — Москва : КолосС, 2004. — 312 с. — Текст : непосредственный.

102. Плугов, А. Рынок рапса в 2021 году — тенденции и прогнозы [Электрон. ресурс] / А. Плугов. — Режим доступа: <https://www.oilworld.ru/apal1^^/localtagke/324359>.

103. Поликарпов А.С. Динамика разрушения инсектицидного препарата в растениях ярового рапса при применении с бором и молибденом /

А.С. Поликарпов, И.Н. Гаспарян // Плодородие. – 2025. – № 2(143). – С. 54–58. – DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.12.

104. Поликарпов А.С. Динамика разрушения многокомпонентного инсектицида в растениях ярового рапса при применении с бором / А.С. Поликарпов, И.Н. Гаспарян, В. Н. Зейрук // Проблемы развития АПК региона. – 2025. – № 1(61). – С. 125–129. – DOI: 10.52671/20790996_2025_1_125.

105. Поликарпов А.С. Изменение скорости разложения пестицидов при их совместном применении в процессе производства сельскохозяйственной продукции / А.С. Поликарпов, В.В. Антоненко, А.В. Зубков, А.В. Довгилевич, Е.Ю. Панов, Ю.Н. Савушкин // Вестник Красноярского ГАУ. – 2023. – № 10(199). – С. 3–11. – DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-3-11.

106. Поликарпов А.С., Гаспарян И.Н. Эффективность молибдена и бора в повышении урожайности ярового рапса в Калужской области // Агрохимический вестник. – 2025. – № 3. – С. 32–35 – DOI: 10.24412/1029-2551-2025-3-006. – УДК 631.81.095.337(470.318).

107. Поликарпов А.С. Изучение динамики разрушения многокомпонентного препарата на основе неоникотиноидов и пиретроидов при применении в сочетании с бором в системе защиты ярового рапса в условиях первой почвенно-климатической зоны РФ / А.С. Поликарпов // 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. 118–121. – ISBN 978-5-9238-0277-1. – DOI: 10.26178/9368.2024.16.86.002. – 194 с.

108. Поликарпов А.С., Гаспарян И.Н. Изучение остаточных количеств инсектицидного препарата при применении в сочетании с бором и молибденом для защиты ярового рапса на дерново-подзолистых почвах // Вестник аграрной науки Узбекистана. — 2025. — № 3 (21/2). — С. 144–148.

109. Поликарпов А.С. «Определение остаточных количеств люфенулона в зеленой массе растений, семенах сои и рапса и в растительных маслах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: методические указания МУК 4.1.3950–23» / А.С. Поликарпов, А.В. Довгилевич, Е.В. Довгилевич, Е.Н. Тестова. – Москва: УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов», РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023.

110. Поликарпов А.С. «Определение остаточных количеств имидаклоприда в корнеплодах столовой свёклы, плодах сливы и сливовом соке, плодах огурца, семенах сорго и просо, семенах и масле рыжика, горчицы и рапса методом высокоэффективной жидкостной хроматографии:

методические указания» / А.С. Поликарпов, А.В. Довгилевич, Е.В. Довгилевич, Е.Н. Тестова. – Москва: ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов» Минсельхоза России, 2025. – МУК.

111. Поликарпов А.С. Изменение скорости разложения имидаклоприда при его совместном применении с пропиконазолом на зерновых культурах и рапсе яровом / А.С. Поликарпов, В.В. Антоненко, А.В. Довгилевич, Ю.Н. Савушкин, Е.Ю. Панов, А.Г. Мамонов, А.В. Зубков // Материалы Национальной научно-практической студенческой конференции «Наука и молодёжь: актуальные вопросы и пути инновационного развития АПК», посвящённой 45-летию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – Майский: Белгородский ГАУ, 2023. – С. 74–75

112. Поликарпов А.С. Изучение остаточных количеств инсектицидного препарата при применении в сочетании с бором и молибденом для защиты ярового рапса на дерново-подзолистых почвах // Защита растений от вредных организмов: материалы XII международной научно-практической конференции (Краснодар, 16–20 июня 2025 г.). — Краснодар: Кубанский ГАУ, 2025. — С. 144–148. — УДК 632.951.2.

113. Потери элементов питания растений : коллективная монография / И.А. Шильников, В.Г. Сычев, А.Х. Шеуджен, Н.И. Аканова, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинёк. — Москва : LAP LAMBERT, 2015. — 502 с. — eLIBRARY ID: 25515884. — EDN: VMJLXN.

114. Производство рапса озимого и ярового в России в 2022 г. [Электрон.ресурс]. — Режим доступа: https://rosraps.ru/2023/03/13/rapeseed_production_russia_2022.

115. Пугачёв, П. Рапс — 2019: итоги, реалии, перспективы / П. Пугачёв // Комбикорма. — 2020. — № 3. — С. 2-4.

116. Рапс / Д. Шпаар, Х. Гинапп, Д. Дрегер [и др.]. — Минск : ФУАинформ, 1999. — 208 с. — Текст : непосредственный.

117. Рапс озимый и яровой / Г.И. Бельков, А.А. Зоров, Н.И. Воскобулова, А.А. Неверов. — Текст : непосредственный // Система устойчивого развития сельского хозяйства Оренбургской области. — Иркутск : Мегапринт, 2019. — С. 123125.

118. Рапс — культура XXI века: аспекты использования на продовольственные, кормовые и энергетические цели: сборник научных докладов международной научно-практической конференции. Липецк, 15 июля 2005 г. — Липецк: ОАО ПК «Ориус», 2005. — 288 с.

119. Рапс и сурепица (Выращивание. Уборка, использование) / Д. Шпаар и др.; под общ. ред. Д. Шпаара. — М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2007. — 320 с.
120. Рапс озимый и яровой: практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания / отв. за вып. В.П. Буряков. — М., 1988. — 44 с.
121. Сычёв В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. — М.: ВНИИА, 2013. — 296 с. — ISBN 978-5-9238-0160-6..
122. Федеральная служба государственной статистики. — URL : <https://rosstat.gov.ru> . — .
123. Филатов, В. И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства : учеб. пособие / ред. В. И. Филатов. -Москва : Колос, 1999. — 724 с. — Текст : непосредственный.
124. Черемиснов П.Н. Увеличение предела применимости альтернативных топлив с добавками рапсового масла в автотракторных дизелях : автореф. диссертации... кандидата технических наук : 05.04.02 / Черемиснов Павел Николаевич. — Нижний Новгород, 2019. — 20 с. — Текст : непосредственный.
125. Энергетическая оценка эффективности приемов технологий возделывания полевых культур : учебное пособие / сост. Э.Ф. Вафина, П.Ф. Сутыгин. — Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. — 64 с. — Текст : непосредственный.
126. Anh Quang Dinh et al., 2022 | Growth and Distribution of Boron in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) as Affected by Boron Supply — B → усвоение и перемещение в *B. napus* | DOI: 10.3390/plants11202746.
127. Anh Quang Dinh et al., 2021 | Boron uptake and distribution by oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by different nitrogen forms under low and high boron supply — B + форма N → распределение B в *Brassica napus* | DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.02.009
128. Bienert, G.P., Wimmer, M., Neubauer, U. Boron deficiency: oilseed rape reacts as with infection and pest infestation // Technical University of Munich Newsroom. — 2023. — URL: <https://www.tum.de/en/news-and-events/all-news/press-releases/details/38225> (дата обращения: 30.04.2025).
129. Chen G., Liu J.Q., Li C.X., Zhao H.W. Effect of boron and molybdenum on yield and quality of two rapeseed cultivars (*Brassica napus*) // Chinese Journal of Oil Crop Sciences. — 2005. — Vol. 27, no. 2. — P. 69–72. — DOI: 10.11674/zwyf.2005.0218.

130. Critical plant and soil phosphorus for wheat, maize, and rapeseed after 44 years of P fertilization / S. Cadot, G. Bélanger, N. Ziadi [et al.]. — Text : direct // Nutrient Cycling Agroecosystems. — 2018. — Vol. 112. — P. 417-433.
131. Dinh Á.Q. Boron uptake, translocation and distribution in oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Journal of Plant Nutrition. — 2021. — Vol. 44, no. 15. — P. 2292–2305. — DOI: 10.1080/01904167.2021.1893419.
132. Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus*) from stem extension to harvest: I. Global N flows between vegetative and reproductive tissues in relation to leaf fall and their residual N / P. Malagoli [et al.]. — Text : direct // Annals of botany. — 2005. — Vol. 95, № 5. — P. 853-861.
133. cVetty, P. B. E. Canola, Rapeseed, and Mustard: For Biofuels and Bioproducts / P. B. E. McVetty, R.W. Duncan. — Text : direct // Industrial Crops. Handbook of Plant Breeding. — Vol. 9. — New York : Springer, 2015. — P. 133-156.
134. Identification of winter and spring *Brassica napus* genotypes with partial resistance to Canadian isolates of *Plasmodiophora brassicae* / Y. Aigu [et al.]. — Text : direct // Canadian Journal of Plant Pathology. — 2020. — Vol. 42, № 4. — P. 538-546.
135. Kular J.S., Kumar S. Quantification of avoidable yield losses in *oilseed Brassica caused by insect pests* // Agricultural Sciences Digest. — 2017. — Vol. 37, no. 2. — P. 121–125.
136. Kumar S., Sangha M.K. Biochemical mechanism of resistance in *some Brassica genotypes against Lipaphis erysimi(Kalt.)* // Journal of Applied and Natural Science. — 2017. — Vol. 9, no. 4. — P. 2286–2292.
137. Khan, M.J., Rashid, M.H., Baten, M.A. et al. Influence of Boron and Molybdenum on Yield Attributes of Mustard // Bangladesh Journal of Agricultural Research. — 2023. — Vol. 48, No. 1. — P. 29–37. — DOI: [10.3329/bjagri.v48i1.66732](https://doi.org/10.3329/bjagri.v48i1.66732).
138. Łyczko, E., Cieśła, A., Kalaji, H.M. et al. Reaction of Winter Oilseed Rape to Different Foliar Fertilization – Boron Content and Yield Components // Agriculture. — 2021. — Vol. 11, No. 6. — Article 515. — DOI: [10.3390/agriculture11060515](https://doi.org/10.3390/agriculture11060515).
139. Mendes, S.M., Da Silva, R.F., Barbosa, J.C. Silicon and boron on cauliflower induce attractiveness and mortality of pests // Pest Management Science. — 2022. — Vol. 78, No. 12. — P. 4994–5002. — DOI: [10.1002/ps.6770](https://doi.org/10.1002/ps.6770).
140. Neumann, P., Ulber, B., Hommes, M. Perspectives for integrated insect pest protection in oilseed rape // Frontiers in Plant Science. — 2022. — Vol. 13. — Article 869998. — DOI: [10.3389/fpls.2022.869998](https://doi.org/10.3389/fpls.2022.869998).

141. Nitrogen use efficiency in rapeseed / A. S. Bouchet, A. Laperche, C. Bissuel-Belaygue [et al.]. — Text : direct // A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 38. — 2016.

142. Polikarpov, A. Variation of the rate of pesticides decomposition used together in the process of agricultural production / A. Polikarpov, V. Antonenko, A. Dovgilevich, A. Zubkov, Y. Savushkin // *Brazilian Journal of Biology*. — 2024. — Vol. 84. — DOI: [10.1590/1519-6984.273645](https://doi.org/10.1590/1519-6984.273645).

143. Polikarpov A.S. Decomposition of thiamethoxam in its combined use with hydroxycinnamic acids on potato and currant / A.S. Polikarpov, V.V. Antonenko, A.V. Dovgilevich, A.V. Zubkov, A.G. Mamonov, Yu.N. Savushkin // *BIO Web of Conferences*. — 2023. — Vol. 66. — Article 02004. — DOI: [10.1051/bioconf/20236602004](https://doi.org/10.1051/bioconf/20236602004).

144. Polikarpov A.S. Study of biological effectiveness and residue dynamics of used neonicotinoids and pyrethroids on cereals / A. Polikarpov, I. Kasatov, Yu. Savushkin, E. Testova, A. Filatova // *Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2019”*. — Bosnia and Herzegovina, Jahorina: University of East Sarajevo, 2019. — P. 1054–1058.

145. Pullens, J.W.M., Wubs, A.M., Marcelis, L.F.M. Micronutrients and their effects on horticultural crop quality // *Scientia Horticulturae*. — 2022. — Vol. 301. — Article 111437. — DOI: [10.1016/j.scienta.2022.111437](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111437).

146. Safdar, M.E., Rehman, H., Cheema, M.A. et al. Combined Application of Boron and Zinc Improves Seed and Oil Yields and Oil Quality of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) // *Agronomy*. — 2023. — Vol. 13, No. 8. — P. 2020. — DOI: [10.3390/agronomy13082020](https://doi.org/10.3390/agronomy13082020).

147. Safdar, M.E., Rehman, H., Saleem, M.F. et al. Effect of Boron and Zinc on Oilseed Rape Yield Attributes // *Plant Physiology and Biochemistry*. — 2020. — Vol. 148. — P. 55–63. — DOI: [10.1016/j.plaphy.2020.01.011](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.011).

148. Snowdon R., Friedt W., Köhler W. Agronomic importance of micronutrients in rapeseed production: boron, molybdenum and others // *Oilseed Rape Today and Tomorrow*. — Berlin: Springer, 2006. — P. 317–332.

149. Waleed, A., Hadi, M.A., Mahmud, M. Effect of Boron on Some Industrial Crops: A Review // *Mesopotamia Journal of Agriculture*. — 2020. — Vol. 48, No. 1. — P. 12–21. — DOI: [10.33899/magrj.2020.126234.1006](https://doi.org/10.33899/magrj.2020.126234.1006).

150. Qin S., Zhang Y., Li X., Wu X. Effect of molybdenum levels on photosynthetic characteristics, yield and seed quality of two oilseed rape cultivars // *Oil Crops Science*. — 2017. — Vol. 4, no. 3. — P. 145–151.

151. Yong, J., Li, Y., Zhang, Y. et al. Improving Boron and Molybdenum Use Efficiencies in Contrasting Cultivars // *Plants*. — 2023. — Vol. 12, No. 23. — Article 2348. — DOI: [10.3390/plants12122348](https://doi.org/10.3390/plants12122348).



УТВЕРЖДАЮ
АО ПЗ «Шойбулакский»
Комелин А.М.
«10 » сентября 2024г

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

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

Директор АО ПЗ «Шойбулакский» настоящим актом подтверждает, что результаты работы «**Эффективность применения микроэлементов в сочетании с многокомпонентным инсектицидом в повышении урожайности ярового рапса на дерново-подзолистых почве**», внедрены в АО ПЗ «Шойбулакский» Марий Эл, Медведевского района, с.Шойбулак

Вид внедренных результатов: совместное применение микроэлементов и многокомпонентного инсектицида при возделывание ярового рапса

Характеристика масштаба внедрения: Единичное

Методика (метод): полевой опыт на площади 105 га «Совместное применение микроэлементов и многокомпонентного инсектицида при возделывание ярового рапса»

Новизна результатов научно-исследовательских работ: Качественно-новое
Акт испытаний от 20 сентября 2024 года в условиях АО ПЗ «Шойбулакский»
Медведевского района р. Марий Эл.

Внедрено: В АО ПЗ «Шойбулакский» на площади 105 га

По итогам испытаний на растениях ярового рапса сорта «Викрос» получена урожайность 22,3 ц/га в варианте с инсектицидной обработкой (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) и в варианте с инсектицидной обработкой (0,10 л/га) но без микроэлементов – 19,3 ц/га. Урожайность контрольного варианта ярового рапса сорта «Викрос» без микроэлементов и инсектицидных обработок составила 15,4 ц/га.

Годовой экономический эффект

ожидаемый	<u>55 000 рублей</u>
фактический	<u>104 700 рублей</u>

Члены комиссии:

Начальник цеха растениеводства, к.с.-х.н.

Агроном по защите растений

Соискатель

С.А. Горохов

М.А.Юричев

А.С. Поликарпов

УТВЕРЖДАЮ

ИП Глава КФХ «Лелецких В.Н.»

Лелецких В.Н.

«20» сентября 2024 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Глава Крестьянско-фермерского хозяйства «Лелецких В.Н.» подтверждает, что результаты внедрения работы «Эффективность применения микроэлементов в сочетании с многокомпонентным инсектицидом в повышении урожайности ярового рапса на дерново-подзолистой почве», внедрены и апробированы на отдельной территории КФХ «Лелецких В.Н.», расположенной в Перемышльском районе Калужской области. На площади 43 га, на посевах рапса ярового сорта «Викрос», в схеме с обработкой инсектицидом (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в норме расхода 0,10 л/га + бор 2 кг/га (1 кг/га до цветения и 1 кг/га после) + молибден (0,3 кг/га после цветения) получена урожайность 23,2 ц/га и в варианте с обработкой инсектицидом (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в норме расхода 0,10 л/га, но без микроэлементов – 17,1 ц/га. Ожидаемый экономический эффект: 23 300 рублей. Фактически полученный, в результате внедрения: 42 600 рублей.

Члены комиссии:

Глава Крестьянско-фермерского хозяйства _____ В.Н. Лелецких

Агроном по защите растений _____ Л.В. Бобровских

Соискатель _____ А.С. Поликарпов



УТВЕРЖДАЮ

Глава КФХ «Нива»

В.Д. Глазунов Глазунов В.Д.

«05» сентября 2024 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

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

Глава КФХ Глазунов В.Д. настоящим актом подтверждает, что результаты работы **«Эффективность применения микроэлементов в сочетании с многокомпонентным инсектицидом в повышении урожайности ярового рапса на дерново-подзолистой почве»**, внедрены в Крестьянско-фермерском хозяйстве «Нива» на производственных площадях, расположенных в зоне дерново-подзолистых почв в Усманском районе Липецкой области.

Вид внедренных результатов: совместное применение микроэлементов и многокомпонентного инсектицида при возделывании ярового рапса

Характеристика масштаба внедрения: Единичное

Методика (метод): полевой опыт на площади 60 га «Совместное применение микроэлементов и многокомпонентного инсектицида при возделывании ярового рапса»

Новизна результатов научно-исследовательских работ: Качественно - новое
Акт испытаний от 04 сентября 2024 года в условиях КФХ «Нива»
Усманского района Липецкой области.

Внедрено: в КФХ «Нива» на площади 60 га

По итогам испытаний на растениях ярового рапса сорта «Викрос» получена урожайность 24,1 ц/га в варианте с инсектицидной обработкой (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) и в варианте с инсектицидной обработкой (0,10 л/га) но без микроэлементов – 18,2 ц/га. Урожайность контрольного варианта ярового рапса сорта «Викрос» без микроэлементов и инсектицидных обработок составила 13,4 ц/га.

Годовой экономический эффект

ожидаемый 25 000 рублей

фактический 54 300 рублей

Члены комиссии:

Глава КФХ «Нива» *В.Д. Глазунов* В.Д.Глазунов

Управляющий *К.А. Невольниченко* К.А.Невольниченко

Соискатель *А.С. Поликарпов* А.С. Поликарпов

