

ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ ИНСЕКТИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОГО РАПСА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ С БОРОМ И МОЛИБДЕНОМ

**А.С. Поликарпов, УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов»
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,
И.Н. Гаспарян, д.с.-х.н., ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
antonpolikarpov@list.ru**

В исследованиях интегрированной защиты ярового рапса в Калужской области в 2022–2024 г. проведена оценка динамики разрушения инсектицидного препарата в растениях ярового рапса. В рамках трехлетних полевых испытаний проанализировано влияние различных климатических условий – от избыточной влажности и пониженных температур в 2022 г. до жары и дефицита осадков в 2024 г. – на удержание и разложение активных действующих веществ инсектицидного препарата в растениях ярового рапса. В проведенных исследованиях использованы методы высокоэффективной жидкостной и газовой хроматографии для определения остаточных количеств тиаметоксама и лямбда-цигалотрина в растительном материале в разные сроки после обработки. Установлено, что повышенная влажность и умеренная температура продлевают период защитного действия пестицидов, тогда как экстремально высокие температуры ускоряют их распад. Совместное применение микроудобрений и инсектицидного препарата путем опрыскивания в период вегетации способствовало пролонгации инсектицидного эффекта за счет улучшения физиологического состояния растений и увеличения скорости поглощения препаратов. В вариантах с бором и молибденом остаточные количества действующих веществ удерживались в растениях дольше, пролонгируя защиту посевов и снижая потребность повторных обработок и дополнительных проходов сельскохозяйственной техники. Таким образом, одновременное применение инсектицидного препарата в смеси с микроэлементами представляется эффективной технологией, позволяющей адаптировать систему защиты ярового рапса к меняющимся условиям среды и обеспечивать более высокую урожайность при соблюдении требований экологической безопасности.

Ключевые слова: интегрированная защита растений, яровой рапс, неоникотиноиды, пиретроиды, бор, молибден, инсектицидный препарат, остаточные количества пестицидов.

Для цитирования: Поликарпов А.С., Гаспарян И.Н. Динамика разрушения инсектицидного препарата в растениях ярового рапса при применении с бором и молибденом// Плодородие. – 2025. - №2. – С. 54-58. DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.12.

Яровой рапс – одна из важных сельскохозяйственных культур благодаря высокой значимости в качестве масличного и кормового растения [1]. Семена рапса характеризуются сложным химическим составом: содержание масла в них достигает 50%, белка – около 30, клетчатки 7 и безазотистых экстрактивных веществ 25% [1, 2]. Эти показатели делают рапс ценным источником как для производства растительных масел, так и для кормовой базы в животноводстве [2]. В мире по объемам производства среди масличных культур рапс занимает второе место после сои, а в России – после подсолнечника. В условиях современного сельского хозяйства в России, характеризующегося перенасыщением севооборотов зерновыми культурами, рапс выполняет значимую фитосанитарную функцию и способствует улучшению агроэкологической обстановки. Он играет ключевую роль в биологизации земледелия, способствуя восстановлению плодородия почвы и снижению фитопатогенной нагрузки.

Рапс, как и все представители семейства капустных, имеет повышенную потребность в микроэлементах, особенно в боре [6]. Бор необходим для правильного формирования репродуктивных органов, укрепления клеточных стенок и развития корневой системы [6]. Потребность рапса в боре в десятки раз превышает таковую у

зерновых культур, что делает его применение обязательным элементом агротехнологии [2, 6]. Недостаток бора может привести к значительному снижению урожайности и качества продукции, особенно в условиях почв с низким содержанием этого элемента [2, 6]. Молибден, в свою очередь, играет незаменимую роль в азотном обмене. Он входит в состав нитратредуктазы, отвечающей за преобразование нитратов в аммоний – азот, доступный для синтеза аминокислот и белков. При его дефиците усвоение азота снижается, что отрицательно сказывается на накоплении биомассы и содержании белка в семенах [4]. Достаточное поступление бора и молибдена в растения способствует интенсивному синтезу липидов и белков, что приводит к увеличению масличности семян [1]. Наличие этих микроэлементов в материнском растении повышает устойчивость проростков к фитопатогенам и неблагоприятным условиям окружающей среды, обеспечивая их высокую всхожесть и энергию прорастания [2]. Совместное применение бора и молибдена предотвращает характерные проявления их дефицита, включая образование полой сердцевинки, некротические повреждения точек роста и замедленное развитие растений, что способствует полной реализации их генетического потенциала [3].

Для повышения урожайности ярового рапса ключевым элементом в его агротехнологии остается применение химических средств защиты растений [5]. Это обусловлено тем, что насекомые-вредители представляют серьезную угрозу для посевов, существенно снижая продуктивность растений [3, 4]. В обычные годы потери урожая из-за вредителей могут достигать 20–37 %, а в периоды массового размножения вредоносных организмов они увеличиваются до 68 % [3, 4]. При этом, значительная часть сельскохозяйственной продукции (около 10–15%) теряется во время хранения из-за поражения болезнями и вредителями [4].

Таким образом, защита растений становится одной из первостепенных задач, имеющих агрономическое, экономическое и экологическое значение. Интегрированная система защиты растений позволяет не только минимизировать убытки, но и сохранить продуктивность посевов, а также снизить риски при хранении урожая [3, 5]. Однако современные подходы требуют комплексных решений, которые включают не только использование химических средств, но и интеграцию агротехнических приемов, биологических методов защиты и применения микроэлементов для улучшения устойчивости растений [3, 6].

Для обеспечения стабильных, высоких и качественных урожаев требуется постоянное совершенствование систем защиты посевов, что обусловлено не только угрозами со стороны вредителей и болезней, но и изменяющимися климатическими условиями, которые могут усиливать стрессовые факторы для растений [4, 5]. Эффективная защита посевов требует внедрения комплексных подходов, которые сочетают применение современных химических препаратов и агротехнологий, а также использование микроэлементов для улучшения физиологического состояния растений [6].

Один из перспективных методов - внесение микроэлементов, таких как бор и молибден, с химическими средствами защиты растений [6]. Микроэлементы играют ключевую роль в метаболизме растений, способствуют повышению их устойчивости к неблагоприятным условиям и увеличению общей продуктивности [2, 6]. При комбинированном применении инсектицидов и микроэлементов за счет пролонгации защитного действия инсектицидов и повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды, можно достичь снижения потерь урожая и улучшения его качества. Следствием этого, а также уменьшения необходимости проведения повторных обработок инсектицидами, является рост экономической эффективности сельскохозяйственного производства [2, 6].

Таким образом, сочетание химических средств защиты с внесением микроэлементов не только обеспечивает комплексную защиту посевов, но и улучшает их качество, остаточное количество пестицидов к моменту уборки продукции снижается и в готовой продукции находится в допустимых концентрациях [5, 6]. Это соответствует современным требованиям к производству сельскохозяйственной продукции для более длительного защитного действия препарата и также важно для получения экологически безопасной продукции [5].

Цель исследований – определить динамику разрушения инсектицидного препарата в растениях ярового рапса при применении с бором и молибденом.

Методика. Опыты проведены в Калужской области на дерново-подзолистых почвах с содержанием гумуса 2,1% и уровнем кислотности pH 6,7 [11, 12]. Размер

каждой делянки 25 м², опыты проводили в 4-кратной повторности. Исследования осуществляли в течение трех лет (2022–2024 г.), что позволило изучить влияние различных климатических условий на динамику разрушения действующих веществ инсектицидного препарата и их взаимодействие с микроэлементами.

Климатические особенности в исследуемые годы представлены на рисунке.

На первом графике (рис. а) представлена динамика среднемесячной температуры в Калужской области за 2022–2024 г. Видно, как климатические условия варьировали от года к году, с заметным увеличением температуры в 2024 г.

На втором графике (рис. б) показана динамика среднемесячных осадков за тот же период. Наименьшее количество осадков наблюдалось в 2024 г., особенно сильное снижение отмечено в вегетационный период, что ниже многолетних показателей, так как год был засушливым.

Экспериментальная схема включала контрольные и опытные варианты, которые различались использованием инсектицидного препарата на основе неоникотиноида и пиретроида в сочетании с бором и молибденом или без него.

В вариантах опыта присутствовали: контрольный вариант посевов рапса - без обработки препаратом и без внесения удобрений, чтобы исключить влияние вносимых удобрений, контрольный вариант без обработки инсектицидным препаратом, но с внесением под рапс N₆₀P₆₀K₆₀, вариант с обработкой посевов ярового рапса совместно с микроэлементом в смеси и без. Исследовали обработку препаратом при двух нормах расхода. Бор вносили в дозе 2 кг/га – при двукратной обработке смесевым инсектицидным препаратом до цветения и после цветения (по 1 кг/га с каждой обработкой), а молибден в смеси с инсектицидом и бором – 1 раз после цветения в дозе 0,3 кг/га. Всего в исследовании было 6 вариантов опытных делянок в 4-кратной повторности (табл. 1).

1. Схема опыта

№ п/п	Вариант опыта	Норма расхода инсектицидного препарата, л/га
1	Контроль - без обработки инсектицидом и без удобрений	-
2	Контроль - без обработки инсектицидом, но с внесением удобрений	-
3	Обработка инсектицидным препаратом без добавления микроэлементов	0,12
4	Обработка инсектицидным препаратом без добавления микроэлементов	0,10
5	Обработка инсектицидным препаратом с добавлением микроэлементов (бор 2 кг/га, молибден 0,3 кг/га)	0,12
6	Обработка инсектицидным препаратом с добавлением микроэлементов (бор 2 кг/га, молибден 0,3 кг/га)	0,10

Примечание. Доза внесения удобрений во всех вариантах - N₆₀P₆₀K₆₀.

В опыте двукратно применяли двухкомпонентный смесевой инсектицидный препарат на основе тиаметоксама (141 г/л) и лямбда-цигалотрина (106 г/л) в форме концентрата суспензии.

Динамику разрушения действующих веществ препарата определяли в соответствии с метрологически аттестованными методическими указаниями. Для анализа остаточных количеств вещества из группы неоникотиноидов (тиаметоксам) применяли метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием диодноматричного детектора с изменяемой длиной волны для повышения точности и чувствительности определения [7]. Для

пиретроидов, представленных лямбда-цигалотрином, применяли метод газовой хроматографии, дополненный детектором по захвату электронов [9].

Отбор проб проводили в соответствии с методиками на продукцию [10]. Пробы отобраны в основные временные точки – на 0-, 7- и 14-е сут после последней

обработки препарата. Из отобранного материала готовили усреднённый образец для каждого варианта опыта, который далее подвергали анализу в лабораторных условиях, из каждого усредненного образца анализировали две аналитические пробы.

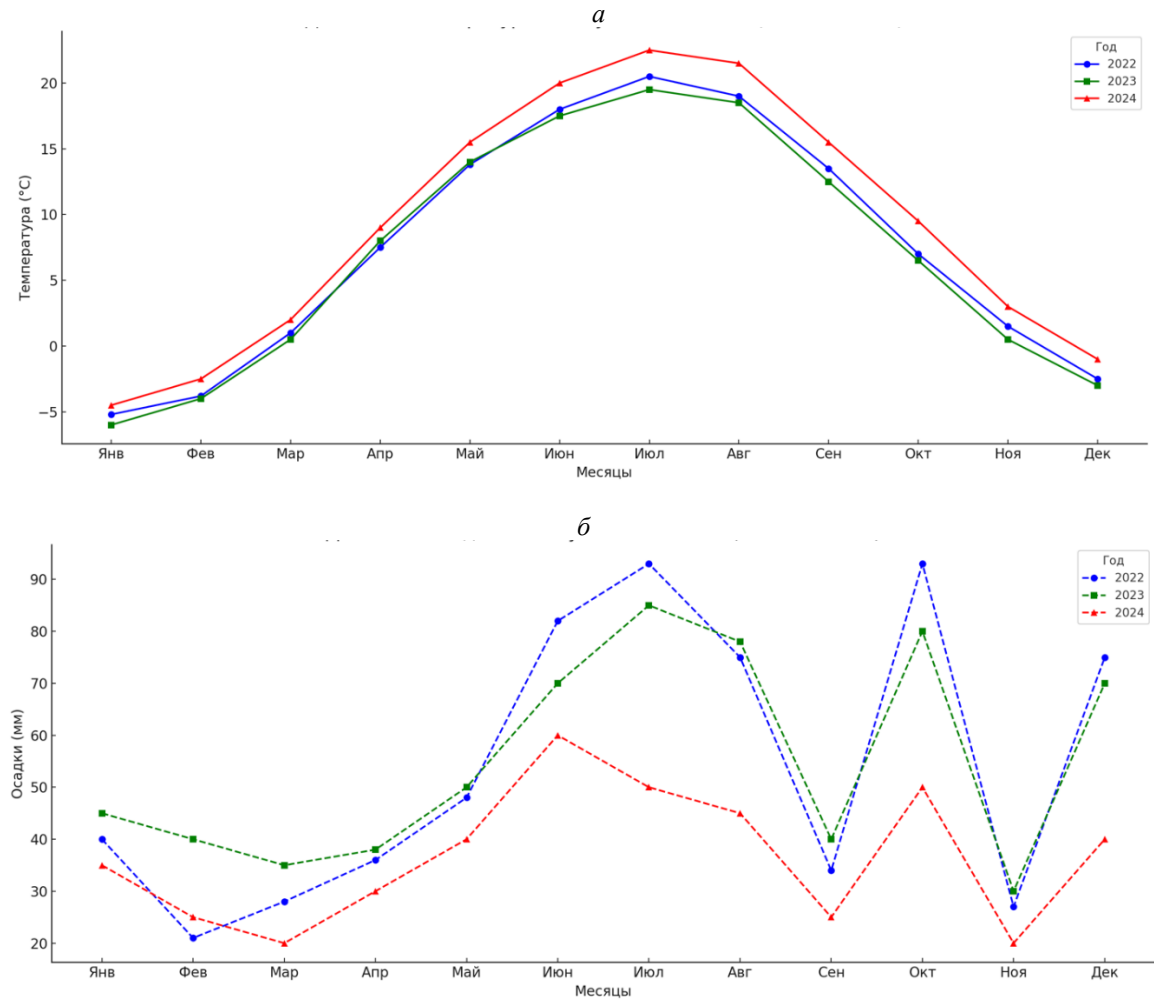


Рис. Динамика среднемесячной температуры воздуха (а) и распределения осадков (б) в годы исследований в Калужской области

Результаты и их обсуждение. Климатические условия играют основную роль в развитии сельскохозяйственных культур, определяя их вегетационные характеристики, устойчивость к стрессам и эффективность применения агрохимических средств. Анализ погодных условий за три года позволил выявить влияние температурного режима и уровня осадков на удержание действующих веществ инсектицидов в растительной массе. Этот аспект имеет важное значение как для разработки оптимальных схем защиты посевов, так и для обеспечения их экологической безопасности. Исследования, проведенные в Калужской области в 2022–2024 г., показали, что каждый из изученных сезонов имел свои уникальные климатические особенности, которые существенно влияли на динамику распада пестицидов, а также на общее состояние и продуктивность растений. Полученные данные анализировали с учетом влияния климатических условий вегетационного периода и особенностей использования добавок микроэлементов (бор и молибден) в смесях с инсектицидом. В 2022 г. климатические условия характеризовались низкой температурой и высокой влажностью, что привело к замедленному распаду

пестицидов и более длительному их удержанию в растениях. В 2023 г. погодные условия были близки к многолетним средним значениям и не характеризовались аномальными явлениями. Экстремально высокие температуры и засушливые условия 2024 г. значительно усилили метаболизм растений и ускорили распад пестицидов, сокращая продолжительность нахождения в растениях.

Тиаметоксам проявлял разную динамику распада (табл.2) в зависимости от климатических условий и наличия микроэлементных добавок.

2. Динамика разрушения тиаметоксама в растениях ярового рапса

№ варианта опыта, мг/кг	2022 г.			2023 г.			2024 г.		
	День отбора			День отбора			День отбора		
	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	1,82	1,11	0,32	1,64	0,95	0,10	1,65	0,75	0,10
НСР _{0,5}	0,074	0,042	0,015	0,074	0,041	-	0,074	0,034	-

В 2022 г. он удерживался в растениях дольше из-за пониженной температуры и высокой влажности. В вариантах с бором и молибденом (вар. 5 и 6) концентрация тиаметоксама снижалась через 14 дней. Без микроэлементных добавок (вар. 3 и 4) уровень тиаметоксама снижался быстрее.

В 2023 г. динамика распада тиаметоксама была умеренной. В вариантах с бором и молибденом (вар. 5 и 6) остаточные количества уменьшались через 14 дней. Варианты без микроэлементов показали более быстрый распад.

В 2024 г. в условиях жары тиаметоксам деградировал быстрее, особенно в вариантах без микроэлементов (в варианте 4 через 14 дней не детектировался). В присутствии бора и молибдена в варианте, остаточные количества сокращались через 14 дней.

Лямбда-цигалотрин (табл.3) показал наиболее быстрый распад среди всех действующих веществ.

В 2022 г. высокая влажность способствовала более длительному удержанию вещества. В вариантах с бором (вар. 5 и 6) через 14 дней оставались минимальные концентрации. Варианты без микроэлементов показали более быстрое снижение остаточных количеств через 14 дней.

3. Динамика разрушения лямбда-цигалотрина в растениях ярового рапса

№ варианта опыта	2022 г.			2023 г.			2024 г.		
	День отбора			День отбора			День отбора		
	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	0,02
Среднее	0,64	0,29	0,07	0,53	0,17	0,02	0,51	0,19	0,02
НСР _{0,5}	0,029	0,013	0,003	0,024	0,008	-	0,022	0,008	-

В 2023 г. лямбда-цигалотрин быстро деградировал. Через 14 дней вещество практически не детектировалось.

В 2024 г. наблюдался ускоренный распад из-за жары. Через 7 дней концентрации оставались минимальными, а через 14 дней лямбда-цигалотрин практически полностью отсутствовал во всех вариантах.

Климатические условия 2022 г., характеризовавшиеся снижением среднегодовой температуры на 0,8 °С и обильными осадками, создали идеальные условия для более длительного удержания пестицидов в растениях. Высокая влажность почвы и растительной массы замедлила процессы метаболизма и деградации действующих веществ. Это проявилось в увеличении сроков обнаружения остатков пестицидов, особенно тиаметоксама. Варианты с добавками микроэлементов показали наиболее продолжительное защитное действие, так как бор и молибден усиливали физиологические процессы в растении, улучшая поглощение и перераспределение действующих веществ. Таким образом, пестициды дольше обеспечивали защиту растений от вредителей, что особенно важно для регионов с подобными климатическими особенностями.

В 2023 г. климатические условия были близки к многолетним средним значениям, с умеренной температурой и равномерным распределением осадков. Эти условия создавали стабильный баланс между удержанием пестицидов в растении и их распадом. Остаточные количества пестицидов удерживались в растениях в течение стандартных сроков, обеспечивая достаточный период

защиты. При этом добавление микроэлементов также оказывало позитивное влияние, но их роль была менее выраженной, чем в 2022 г. Таким образом, 2023 г. можно считать эталонным для оценки стандартной динамики деградации пестицидов.

В 2024 г. экстремальные погодные условия, характеризовавшиеся аномально высокими температурами и засухой, привели к ускоренному распаду пестицидов. Высокая температура стимулировала метаболизм растений и испарение действующих веществ, что сокращало срок их действия. Варианты без добавок микроэлементов показывали наиболее быстрый распад, в то время как бор и молибден позволяли немного замедлить деградацию и продлить защитное действие. Тем не менее, даже в вариантах с микроэлементами действие пестицидов было менее продолжительным, чем в предыдущие годы. Эти результаты подчеркивают важность адаптации технологий применения пестицидов к экстремальным климатическим условиям, таким как засуха.

Добавление микроэлементов в смеси с инсектицидами продемонстрировало значительное влияние на удержание пестицидов в растении и продление их защитного действия. Особенно ярко это проявилось в экстремальных климатических условиях (2022 и 2024 г.).

Микроэлементы способствовали улучшению физиологического состояния растений, увеличивая их способность удерживать пестициды. В условиях повышенной влажности (2022 г.) замедлялся распад, а в условиях засухи (2024 г.) сохранялись остаточные количества на более длительный срок по сравнению с вариантами без бора и молибдена.

В стандартных климатических условиях (2023 г.) микроэлементные добавки также демонстрировали положительный эффект, обеспечивая равномерность деградации пестицидов и снижая риск их быстрого вымывания или испарения.

В вариантах без микроэлементов (вар.3 и 4) наблюдался более быстрый распад пестицидов, особенно в экстремальных условиях 2024 г. Это сокращало срок защитного действия препаратов и могло потребовать дополнительные обработки для сохранения защиты растений.

В 2022 г., несмотря на замедленный процесс распада из-за высокой влажности, пестициды без микроэлементов деградировали быстрее, чем в вариантах с добавками. В стандартных условиях 2023 г. различия между вариантами с микроэлементами и без них были менее выраженными, но эффект бора и молибдена всё равно позволял сохранить защитное действие на более продолжительный срок.

Закключение. Полученные результаты по изучению динамики распада действующих веществ позволяют сделать вывод о том, что в варианте опыта с совместным применением многокомпонентного инсектицидного препарата и микроэлементов (бора и молибдена), остаточные количества препарата дольше удерживаются в растении на протяжении периода вегетации. Этот эффект позволяет пролонгировать защитное действие и устойчивость растений против вредных организмов, и не оказывает негативного влияния на безопасность потребляемой продукции.

Литература

1. Жеребко, И. В. Рапс: агротехника, переработка, рынок. – М.: Агропромиздат, 2020. – 312 с.
2. Иванов, П. С., Сидоров, А. В. Микроэлементы в сельском хозяйстве. – Санкт-Петербург: Наука, 2019. – 284 с.

3. Смирнова, Е. П. Интегрированные системы защиты растений. – Екатеринбург: УралНИИСХ, 2021. – 268 с.
4. Захаров, В. Н., Климов, Ю. Г. Проблемы сохранности урожая и пути их решения. – Воронеж: ВГТА, 2018. – 256 с.
5. Беляев, Д. А. Экологические аспекты применения химических средств защиты растений. – М.: Колос С, 2022. – 304 с.
6. Федоров, В. А. Роль бора в сельскохозяйственном производстве. – Ростов-на-Дону: ДонАгроПресс, 2017. – 240 с.
7. Методические указания МУК 4.1.1805-03. Методика определения остаточных количеств тиаметоксама в капусте, зеленой массе, семенах и масле рапса, горчицы, в смородине методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
8. Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов, утвержденные 21.08.1979 №

- 2051-79; Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Общая часть, утвержденные Научно-техническим советом (секции земледелия и растениеводства) Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (протокол № 15 от 16.11.2018).
9. Методические указания МУК 4.1.1430-03. Определение остаточных количеств лямбда-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.
10. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
11. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Изд-во стандартов, 1992 (Дата введения: 01.07.1993).

STUDY OF THE DYNAMICS OF DEGRADATION OF AN INSECTICIDAL PREPARATION IN A SPRING RAPE WITH COMBINATION OF BORON AND MOLYBDENUM

A.S. Polikarpov¹, Junior Researcher at the Educational and Scientific Center "Agroecology of Pesticides and Agrochemicals," RSAU-MSHA named after K.A. Timiryazev.

**I.N. Gasparyan, D.Sc. (Agriculture), Chief Researcher at D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry;
¹Contact email: antonpolikarpov@list.ru**

During the study of integrated protection of spring rapeseed in the Kaluga region from 2022 to 2024, the dynamics of the degradation of a multi-component insecticide in spring rapeseed were assessed when applied together with boron and molybdenum. Over three years of field trials, the impact of various climatic conditions—ranging from excessive moisture and low temperatures in 2022 to heat and drought in 2024—on the persistence and breakdown of the active ingredients of the insecticide in spring rapeseed plants was analyzed.

High-performance liquid chromatography and gas chromatography methods were used to determine residual amounts of thiamethoxam and lambda-cyhalothrin in plant material at different intervals after treatment. It was found that increased humidity and moderate temperatures prolonged the protective effect of pesticides, whereas extremely high temperatures led to a faster breakdown. The combined application of micronutrients and the insecticide through foliar treatment during the growing season contributed to a prolonged insecticidal effect by improving the physiological condition of the plants and increasing the absorption rate of the compounds.

In the variants with boron and molybdenum, the residual amounts of active substances were retained in the plants for a longer period, extending crop protection and reducing the need for repeated treatments and additional passes of agricultural machinery. Thus, the simultaneous application of the insecticide in combination with micronutrients appears to be an effective technology, allowing for the adaptation of the spring rapeseed protection system to changing environmental conditions and ensuring higher yields while maintaining ecological safety standards.

Keywords: integrated plant protection, spring rape, neonicotinoids, pyrethroids, boron, molybdenum, insecticide preparation, residual quantities of pesticides.

УДК 633.57.045

DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.13

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО-, МЕЗО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЯРОВОМ ЯЧМЕНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

**Л.В. Осипова¹, д.б.н., Е.В. Любунь¹, к.б.н., Л.М. Ерошенко², к.с.-х.н.,
Т.Л. Курносова¹, к.б.н., И.А. Быковская¹, Е.А. Федорова¹, к.с.-х.н., К.Ю. Ильченко¹**

**¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)**

**12755, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31А;
E-mail: legos4@yandex.ru**

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Представлены результаты исследований по влиянию предобработки семян ярового ячменя селеном и кремнием на продуктивность и элементный состав зерна, соломы и половы. Показано, что биогенные элементы способствуют оптимизации транспорта и перераспределению макро-, мезо- и микроэлементов в растениях, поддерживая стабильность химического состава репродуктивных органов. Установлено, что в растениях, семена которых были обработаны Se и Si повышалось содержание фосфора, железа, меди и молибдена в зерне, количество кремния в вегетационных органах возрастало, а в репродуктивных снижалось. Поступивший в растение натрий аккумулировался в соломе, его содержание в зерне было в 2 раза меньше, чем на контроле.

Ключевые слова: яровой ячмень, макро-, мезо-, микроэлементы, предпосевная обработка семян.

Для цитирования: Осипова Л.В., Любунь Е.В., Ерошенко Л.М., Курносова Т.Л., Быковская И.А., Федорова Е.А., Ильченко К.Ю. Содержание макро-, мезо- и микроэлементов в яровом ячмене под влиянием предпосевной обработки семян // Плодородие. – 2025. – №2. – С. 58-63. DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.13.