

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ЛЯМБДА- ЦИГАЛОТРИНА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ 2018-2019 ГГ.

Рецензент: канд. с.-х. наук Бойко С.В.

Аннотация. Приведены результаты определения остаточных количеств инсектицидов на основе лямбда-цигалотрина 2018–2019 гг. в зерне и соломе пшеницы озимой и яровой, ячмене яровом, в зеленой массе и зерне кукурузы, в корнеплодах сахарной свеклы, в плодах яблок с помощью газового хроматографа. Показано, что остаточные количества действующего вещества лямбда-цигалотрина не обнаруживались в корнеплодах сахарной свеклы, плодах яблок, в зелёной массе и зерне кукурузы, в зерне пшеницы озимой, в зерне и соломе ячменя ярового, но обнаружены в соломе пшеницы озимой и яровой в количестве 0,21 и 0,039 мг/кг. Проведен анализ полученных отличий.

Ключевые слова. Инсектицид, лямбда-цигалотрин, остаточные количества, пшеница озимая и яровая, ячмень яровой, кукуруза, свекла сахарная, яблоки.

Введение. В настоящее время при возделывании сельскохозяйственных культур всё большее внимание уделяется экологической безопасности применяемых средств защиты растений. По данным Л.В. Максименко, А. И. Гурова (2004), с точки зрения экологии, наиболее особое значение приобретает знание поведения их в объектах окружающей среды. Использование средств защиты растений подразумевает детальное исследование их поведения в агробиоценозах. Зная динамику разложения действующих веществ в растениях, можно предотвратить возможное загрязнение сельскохозяйственной продукции их остаточными количествами [1]. Вредители являются основными объектами любых сельскохозяйственных культур, способными нанести серьезный ущерб растениям. Все химические препараты, используемые в борьбе с насекомыми-вредителями, относят к инсектицидам [2].

Ассортимент препаратов инсектицидного действия, применяемых против фитофагов на культурах, представлен различными химическими группами. По данным Л.В. Максименко, А.И. Гурова (2004) в больших объёмах применяются препараты на основе пиретроидных инсектицидов. Они выгодно отличаются от инсектицидов других классов быстрым разложением в окружающей среде, относительно низкой токсичностью и

малой кумулятивностью. Одним из действующих веществ группы синтетических пиретроидов является лямбда-цигалотрин [1].

На 2020 год в Республике Беларусь зарегистрировано и разрешено к применению 9 инсектицидных препаратов, в состав которых входит действующее вещество лямбда-цигалотрин (Амплиго, МКС; Борей, СК; Брейк, МЭ; Декстер, КС; Кайзо, ВГ; Каратэ Зеон, МКС; Ломбардо, КЭ; Органза, КС; Эфория, КС). Инсектицидный препарат Молния Дуо, КС, в состав которого входит действующее вещество лямбда-цигалотрин, также используемый в данной работе, в настоящее время проходит государственную регистрацию в Республике Беларусь [3].

Таблица 1 – Перечень зарегистрированных инсектицидов, содержащих действующее вещество лямбда-цигалотрин на 2020 г. [3].

Действующее вещество	Лямбда-цигалотрин, 100 г/л	Лямбда-цигалотрин, 50 г/л + имидаклоприд, 50 г/л	Лямбда-цигалотрин, 50 г/л + хлорантраципрол, 100 г/л	Лямбда-цигалотрин, 106 г/л + ацетамиприд, 115 г/л	Лямбда-цигалотрин, 50 г/л	Лямбда-цигалотрин, 100 г/л + ацетамиприд, 100 г/л	Лямбда-цигалотрин, 106 г/л + тиаметоксам, 141 г/л
Торговое название, препаративная форма	Брейк, МЭ	Борей, СК	Амплиго, КС	Декстер, КС	Кайзо, ВГ; Каратэ Зеон, МКС; Ломбардо, КЭ	Органза, КС	Эфория, КС

Цель исследования – определить уровень накопления действующего вещества лямбда-цигалотрина в зерне и соломе пшеницы озимой и яровой, ячмене яровом, в зеленой массе и зерне кукурузы, в корнеплодах сахарной свеклы, в плодах яблок.

Величина остаточных количеств пестицидов в продуктах зависит от ряда условий: свойств пестицида, формы и концентрации примененного препарата, нормы расхода его, кратности и времени последней обработки до снятия урожая, вида культуры, характера почвы, на которой она произрастает, и др. [4].

Норма расхода – количество пестицида или рабочего состава (раствора, эмульсии, суспензии и т.д.), расходуемое на единицу обрабатываемой площади или объема (га, м², м³) или на отдельный объект (дерево, куст). Рекомендуются нормы применения инсектицидов устанавливаются на основании многолетних исследований, которые

проводятся в лабораторных и полевых условиях в соответствии с вегетационным периодом определенной культуры [5].

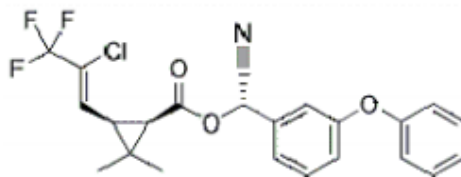
Нормы расхода препарата зависят от их активности, концентрации действующего вещества, способа его применения, а также от вида и возраста растений и от фазы развития и чувствительности вредного организма [5].

Материал и методика исследований. В работе использовали стандартные образцы лямбда-цигалотрина с массовой долей действующего вещества 97,0-99,0 %, а также инсектициды с максимальной нормой расхода: 0,2 л/га и 0,25 л/га. Физико-химические характеристики лямбда-цигалотрина приведены ниже [6, 7].

Название действующего вещества по ИСО: лямбда-цигалотрин. Название действующего вещества по ИЮПАК: (S,R)-альфа-циано-3-феноксibenзил (1R,1S)-цис3-(2-хлор-3,3,3-трифторпропенил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат (1:1). Представляет собой бесцветное кристаллическое вещество без запаха, с умеренной острой токсичностью, стабилен на свету. Температура плавления 49,2 °C [6, 7].

МДУ (мг/кг): кукуруза (зерно), зерно хлебных злаков, картофель, морковь – 0,01; свекла сахарная, лук – 0,02 [8]. Максимально допустимый уровень (МДУ) – максимально допустимые уровни пестицида в пищевых и фуражных продуктах и других объектах, устанавливаемые на основании результатов изучения токсичности препаратов [9].

Структурная и эмпирическая формулы, молекулярная масса:



Для изучения уровней загрязнения урожая остатками лямбда-цигалотрина использовали образцы, предоставленные технологическими лабораториями РУП «Институт защиты растений»: зелёная масса, зерно и солома зерновых культур, корнеплоды сахарной свёклы и плоды яблони.

Обработка препаратом проводилась путём опрыскивания растений в период вегетации с помощью ручного ранцевого опрыскивателя. Погодные условия влияют на состояние и физиологию растений, а в связи с этим и на эффективность обработок. Процесс опрыскивания

зависит от погоды, и в первую очередь – поведение капли рабочего раствора. С этой точки зрения следует учитывать температуру и относительную влажность воздуха, осадки и присутствие росы и время от момента опрыскивания до возможного выпадения осадков. Обильные росы могут способствовать как стеканию раствора пестицида уже после попадания на растения, так и избыточному разбавлению рабочего раствора, что для ряда препаратов также может снижать их действенность. Свойство пестицидов сохранять эффективность при выпадении осадков после обработки называется дождестойкостью. Количественным ее показателем служит интервал времени, который считается допустимым с момента обработки до выпадения осадков без потери эффективности препарата [10].

Таблица 2 - Гидрометеорологические условия в Беларуси в вегетационный период в 2018 г., 2019 г.

Год	Месяц	Отклонение от месячной нормы, °С	Количество осадков месячной нормы, %
2018	июнь	На 1–2 выше	30–71
	июль	На 1–2 выше	120–250
	август	На 2–3 выше	Норма
2019	июнь	На 3–5 выше	22–79
	июль	На 1–2,5 ниже	150
	август	Около нормы	100–150

Отбор проб осуществлялся в соответствии с СТБ 1036-97 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности».

Для определения содержания лямбда-цигалотрина в анализируемых пробах использовали методические указания № 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» [11].

При необходимости методики адаптировали с учетом специфики матрицы.

Анализ остаточных количеств лямбда-цигалотрина осуществлялся методом газожидкостной хроматографии. Марка прибора: ГЖХ «Кристалл 5000.2» с детектором электронного захвата (ДЭЗ), колонка Rtx-5MS, «Кристалл 5000.1» с детектором электронного захвата (ДЭЗ), колонка Rxi-XLB. Температура термостата колонки – 270 °С,

температура испарителя – 280 °С, температура детектора – 320 °С. Длина колонки: 30 м. Подвижная фаза – азот. Объём пробы, вводимой в хроматографическую систему равнялся 1 мкл.

Результаты исследований. В Республике Беларусь максимально допустимый уровень содержания лямбда-цигалотрина установлен только для зерна хлебных злаков (0,01 мг/кг) и не установлен для соломы пшеницы озимой и яровой.

Важным параметром при определении остаточных количеств пестицида является экспериментальный предел количественного определения или ПКО, а также полнота извлечения. ПКО - уровень, равный или выше которого возможен количественный обшёт остаточных количеств действующего вещества, и зависящий от приборной базы и методики выполнения определения и он должен быть ниже МДУ, установленного для объекта. Полнота извлечения – величина в процентном отношении, показывающая эффективность аналитического метода. Для определения остаточных количеств в сельскохозяйственной продукции, согласно рекомендации SANCO/12495/2011, полнота извлечения должна лежать в диапазоне 70–120 % [12]. В ходе проведения эксперимента ПКО лямбда-цигалотрина в зерне пшеницы яровой (с. Дарья) на 63 сутки после обработки составлял 0,0009 мг/кг; в соломе пшеницы яровой (с. Дарья) на 63 сутки после обработки – 0,0044 мг/кг; в зерне пшеницы озимой (с. Ода) на 60 сутки после обработки – 0,0024 мг/кг; в соломе пшеницы озимой (с. Ода) на 60 сутки после обработки – 0,0198 мг/кг; в зерне ячменя ярового (с. Ладный) на 62 сутки после обработки – 0,0072 мг/кг; в соломе ячменя ярового (с. Ладный) на 62 сутки после обработки – 0,0061 мг/кг. Полнота извлечения при определении лямбда-цигалотрина из зерна пшеницы яровой составила 88,3 %; из соломы пшеницы яровой – 86,4 %; из зерна пшеницы озимой – 99,8 %; из соломы пшеницы озимой – 94,5 %; из зерна ячменя ярового – 84,9 %; из соломы ячменя ярового – 70,0 %.

В таблице 3 и 4 представлены результаты определения остаточных количеств инсектицидов на основе действующего вещества лямбда-цигалотрина в зерне и соломе зерновых колосовых культур, в зелёной массе и зерне кукурузы, в корнеплодах свеклы сахарной и плодах яблок после их применения.

Отбор образцов для анализа осуществляется на определённые сутки после обработки либо в период уборки урожая в зависимости от установленных рекомендаций согласно приложению к инструкции о порядке проведения испытаний средств защиты растений и удобрений, подлежащих государственной регистрации [13].

Таблица 3 – Накопление лямбда-цигалотрина в растениях пшеницы озимой и яровой после применения инсектицидов Органза, КС и Молния Дуо, КС (РУП «Институт защиты растений»).

Препарат	Норма расхода препарата, кг(л)/га	Расход действующего вещества лямбда-цигалотрина, г/га	Культура	Объект анализа	Сутки после обработки	Содержание действующего вещества лямбда-цигалотрин, мг/кг
2018 г.						
Органза, КС	0,2	20	Пшеница яровая (с. Дарья)	Зерно (урожай)	63	Не обнаружено
				Солома (урожай)	63	0,039
2019 г.						
Молния Дуо, КС	0,2	21,2	Пшеница озимая (с. Ода)	Зерно (урожай)	60	Не обнаружено
				Солома (урожай)	60	0,21
Молния Дуо, КС	0,2	21,2	Ячмень яровой (с. Ладный)	Зерно (урожай)	62	Не обнаружено
				Солома (урожай)	62	Не обнаружено

По результатам проведённых анализов 2018–2019 гг. было установлено, что через 63 дня после обработки остаточное количество лямбда-цигалотрина в урожае зерна пшеницы яровой и озимой, ячменя ярового не обнаружено и в урожае соломы ячменя ярового, но обнаружено в соломе пшеницы яровой и озимой (таблица 3). Поскольку обработка пшеницы яровой и озимой производилась в период вегетации по зелёным растениям, а к моменту уборки урожая зелёная масса, теряя влагу и общий вес (m_o , формула 1), превращается в солому, при этом изменяется плотность объекта (ρ_o), в то время как количество накопленного препарата (m_n) остаётся постоянным, а результаты анализа представляются в единицах измерения мг/кг, то вероятность обнаружения остаточных количеств препарата в соломе за счёт перечисленных выше эффектов увеличивается, так как для анализа берётся определённое количество объекта согласно методике, то при уменьшении плотности объекта (ρ_o), увеличивается масса содержащегося в нём пестицида:

$$m_o = m_n + \rho_o \times V, \quad (1)$$

где m_o – масса объекта;

m_n – масса накопленного препарата в объекте;

ρ_o – плотность объекта;

V – объём, подверженного обработке объекта, прямо пропорциональный площади делянки.

Таблица 4 – Накопление лямбда-цигалотрина в кукурузе, сахарной свекле и яблоне после применения инсектицидов Органза, КС и Молния Дуо, КС (РУП «Институт защиты растений»).

Препарат	Норма расхода препарата, кг(л)/га	Норма расхода действующего вещества лямбда-цигалотрина, г/га	Культура	Объект анализа	Сутки после обработки	Содержание действующего вещества лямбда-цигалотрин, мг/кг
2018 г.						
Органза, КС	0,2	20	Кукуруза	Зелёная масса	36	Не обнаружено
				Зелёная масса (урожай)	49	Не обнаружено
				Зерно (урожай)	49	Не обнаружено
			Сахарная свекла	Корнеплоды (урожай)	96	Не обнаружено
			Яблоня	Плоды	30	Не обнаружено
2019 г.						
Молния Дуо, КС	0,25	26,5	Сахарная свекла	Корнеплоды (урожай)	90	Не обнаружено

Известно, что на накопление остаточных количеств препарата влияет множество факторов. Одним из основных таких факторов являются гидрометеорологические условия. Обработка зерновых культур осуществлялась в первой декаде июня в 2018 и 2019 году (таблица 3). Сроки ожидания для соломы пшеницы яровой и озимой для сортов Дарья и Ода не сильно отличаются и составили 63 и 60 суток соответственно, при этом обнаруженное количества действующего вещества лямбда-цигалотрина в этих образцах отличается в 5,4 раза при примерно равном в пересчёте расходе действующего вещества препарата на гектар: 20 и 21,2 г/га соответственно. Из таблицы 2 видно, что июнь 2018 и 2019 года, месяца на которые пришлась обработка, достаточно сильно отличаются друг от друга в плане гидрометеорологических условий. Июнь 2019 года оказался жарче, в среднем на 2–3 °С, при таком же недостатке осадков, как и в 2018 году. По данным исследований специалистов БГСХА на снижение урожайности и соответственно угнетение культуры наибольшее влияние оказывают засуха, переувлажнение и заморозки, причём влияние на яровые культуры как правило больше, чем на озимые [14]. Вероятно, более засушливый июнь в 2019 году и более холодный июль в том же году, по сравнению с 2018 годом, повлиял на существенно большее количество накопленного препарата в соломе пшеницы озимой.

В ходе проведения эксперимента ПКО лямбда-цигалотрина в зелёной массе кукурузы на 36 сутки после обработки составлял 0,0020 мг/кг; в зелёной массе кукурузы на 49 сутки после обработки 0,0099 мг/кг; в зерне

кукурузы на 49 сутки после обработки 0,0015 мг/кг; в корнеплодах сахарной свеклы на 96 сутки после обработки – 0,0041 мг/кг; в плодах яблони на 30 сутки после обработки 0,0172 мг/кг; в корнеплодах сахарной свеклы на 90 сутки после обработки 0,0057 мг/кг. Полнота извлечения при определении лямбда-цигалотрина в зелёной массе кукурузы на 36 сутки после обработки составляла 70,4 %; из зелёной массы кукурузы на 49 сутки после обработки 74,2 %; из зерна кукурузы на 49 сутки после обработки 72,8 %; из корнеплодов сахарной свеклы на 96 сутки после обработки – 100, 0 %; из плодов яблони на 30 сутки после обработки 80,1 %; из корнеплодов сахарной свеклы на 90 сутки после обработки 84,0 %.

При анализе образцов зелёной массы и зерна кукурузы на 36 и 49 сутки после обработки, корнеплодов сахарной свёклы на 90 и 96 сутки после обработки и плодов яблони на 30 сутки после обработки 2018–2019 гг. было установлено, что при соблюдении регламентов применения перечисленных пестицидов остаточные количества не обнаруживаются и не превышают установленных для них максимально допустимых уровней (зерно кукурузы, зерно хлебных злаков – 0,01 мг/кг; свекла сахарная – 0,02 мг/кг).

Заключение. Проведенный анализ результатов определения остаточных количеств действующего вещества инсектицидов лямбда-цигалотрина показал, что при соблюдении регламентов применения перечисленных препаратов остаточные количества лямбда-цигалотрина не обнаруживаются в сельскохозяйственной продукции. Однако, исключение составляет солома на зерновых культурах. Причина накопления действующего вещества в соломе подробно освещена в результатах исследований. Полученные результаты по определению остаточных количеств лямбда-цигалотрина в соломе зерновых культур свидетельствуют о том, что на их уровень влияют не только сроки ожидания, но и множество иных факторов, главным из которых являются погодные условия, сложившиеся в разные года, оказывающие влияние на метаболизм растения.

Список литературы

1. Максименко, Л. В. Эколого-токсикологическая характеристика пестицидов класса синтетических пиретроидов / Л. В. Максименко, А. И. Гурова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: медицина. – 2004. – №2. – С. 102–107.
2. Инсектициды – применение и классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://no-pest.ru/insektizidi-primenenie/> – Дата доступа: 04.08.2020.
3. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Земледелие и защита растений, 2017. – 688 с.
4. Методические указания по контролю за остаточными количествами пестицидов в продуктах питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-dejatelnost/promyshlennost/26/metodicheskie-ukazaniya-po-kontrolyu-zaoostatocnymi-koличествами-pesticidov-v-produktah-.html>. – Дата доступа: 30.07.2020.

5. Химическая и биологическая защита растений / Г. А. Бегляров [и др.]. – М.: Колос, 1983. – 351 с.
6. Мельников, Н. Н. Пестициды и регуляторы роста / Н. Н. Мельников, К. В. Новожилов, С. Р. Белан. – М.: Химия, 1995. – 576 с.
7. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: произв. – практ. издание / Ю. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Минск: Триолета, 2007. – 336 с.
8. Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах: ГН 27.09.2012 № 149: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 28.10.2011: введ. 19.10.2012. – Минск: Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 2012. – 173 с.
9. Мельников, Н. Н. Справочник по пестицидам / Н. Н. Мельников, К. В. Новожилов, С. Р. Белан. – М.: Химия, 1985. – 352 с.
10. Данилов, М. Е. Погодные условия и эффективность пестицидов / М. Е. Данилов // Поле Августа. – 2020. – №6. – С. 6–7.
11. 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: МУК 4.1.1430-03: утв. Гл. гос. санитарным врачом РФ 24.06.2003: введ. 30.06.2003. – М., 2003. – 14 с.
12. Method validation and quality control procedures for pesticide residues analysis in food and feed [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.eurl-pesticides.eu/library/docs/allcrl/AqcGuidance_Sanco_2011_12495.pdf – Date of access: 30.07.2020.
13. Сроки отбора проб по определению остаточных количеств действующего вещества средств защиты растений в растениеводческой продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ggiskzr.by/doc/protection/Postanavlennie_MSHP_%2032.doc. – Дата доступа: 30.07.2020.
14. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.baa.by/jspui/bitstream/123456789/1508/1/%D0%9A%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20101-105.pdf>. – Дата доступа: 30.07.2020.

A.A. Kreidich

RUE «Institute of Plant Protection», a/c Priluki, Minsk region

ANALYSIS OF RESULTS OF DETERMINING THE ACTIVE INGREDIENT LAMBDA-CYHALOTHRIN IN AGRICULTURAL PRODUCTS IN 2018-2019

Annotation. The results of determining the residues of insecticides based on lambda-cyhalothrin in 2018-2019 in grain and straw of winter and spring wheat, spring barley, green mass and corn grain, sugar beet roots, apple fruits using a gas chromatograph are presented. It is shown that residues of the active ingredient lambda-cyhalothrin have not been detected in sugar beet roots, apple fruits, green mass and corn grain, winter wheat grain, grain and straw of spring barley, but have been found in winter and spring wheat straw at the amount of 0, 21 and 0.039 mg / kg. The analysis of the obtained differences has been done.

Key words: insecticide, lambda-cyhalothrin, residues, winter and spring wheat, spring barley, corn, sugar beet, apples.