



Научная статья/Research Article

УДК 632.95.02/634.1/633

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-3-11

Виктор Владимирович Антоненко¹, Александр Валерьевич Зубков²✉,
Анатолий Владиславович Довгилевич³, Антон Сергеевич Поликарпов⁴,
Евгений Юрьевич Панов⁵, Юрий Николаевич Савушкин⁶

1,2,3,4,5,6РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

1,3,4,5,6antonenko_viktor@mail.ru

2a.zubkov@rgau-msha.ru

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель исследования – изучение динамики распада отдельных действующих веществ пестицидов в тканях растений при использовании их в баковых смесях. Полевая часть исследования проведена на территории Учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства им. В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», лабораторная часть проводилась в Учебно-научном консультационном центре «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов» в г. Москве в течение 2020–2021 гг. Исследования проводились на посевах яровой пшеницы, овса, ярового ячменя, гороха, ярового рапса, посадках картофеля, а также на посадках яблони. Проведены химические обработки инсектицидами и фунгицидами, разрешенными к применению на данных культурах – Скор, КЭ; Борей Нео, СК; Тилт, КЭ; Имидор, ВПК; Кумир, СК; Сирокко, КЭ. В опыте присутствовали варианты с применением препаратов в баковых смесях и варианты с отдельным их применением. Проводился отбор образцов растительной продукции для дальнейшего их анализа на содержание пестицидов. В лабораторных условиях проведен анализ уровня остаточных количеств действующих препаратов в растительных образцах с использованием методов газожидкостной хроматографии и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Оценено изменение уровня остаточных количеств пестицидов в различных вариантах опыта. Установлено ускорение разложения действующего вещества – имидаклоприда на посевах гороха, пшеницы яровой, овса, ячменя ярового и рапса ярового при его совместном применении с препаратом Тилт, КЭ. Также применение фунгицида Скор, КЭ совместно с инсектицидом Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда + 50 г/л лямбда-цигалотрина) на яблоне вызывало замедление скорости разложения действующих веществ лямбда-цигалотрина и имидаклоприда. Применение медьсодержащего фунгицида Кумир совместно с инсектицидом Борей Нео, СК на яблоне вызывало ускорение распада действующего вещества имидаклоприда. Совместное применение фунгицида Скор, КЭ с инсектицидами Сирокко, КЭ и Борей Нео, СК ускоряло разложение действующего вещества дифеноконазола.

Ключевые слова: пестициды, остаточные количества, динамика разложения, остаточные количества пестицидов, полеводство, садоводство

Для цитирования: Изменение скорости разложения пестицидов при их совместном применении в процессе производства сельскохозяйственной продукции / В.В. Антоненко [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10. С. 3–11. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-3-11.

Viktor Vladimirovich Antonenko¹, Alexander Valerievich Zubkov²✉, Anatoly Vladislavovich Dvoglevich³, Anton Sergeevich Polikarpov⁴, Evgeny Yurievich Panov⁵, Yuri Nikolaevich Savushkin⁶

^{1,2,3,4,5,6}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

^{1,3,4,5,6}antonenko_viktor@mail.ru

²a.zubkov@rgau-msha.ru

CHANGES IN THE PESTICIDES DECOMPOSITION RATE UNDER THEIR COMBINED APPLICATION IN AGRICULTURAL PRODUCTION

The purpose of research is to study the dynamics of the decomposition of individual active ingredients of pesticides in plant tissues when used in tank mixtures. The field part of the study was carried out on the territory of the Educational, Scientific and Production Center for Horticulture and Vegetable Growing named after V.I. Edelshtein FSBEI HE Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, the laboratory part was carried out at the Educational and Scientific Consulting Center “Agroecology of Pesticides and Agrochemicals” in Moscow during 2020–2021. Research was carried out on crops of spring wheat, oats, spring barley, peas, spring rape, potato plantings, as well as apple tree plantings. Chemical treatments were carried out with insecticides and fungicides approved for use on these crops – Skor, KE; Borey Neo, SK; Tilt, KE; Imidor, VRK; Kumir, SK; Sirocco, KE. The experiment included options with the use of drugs in tank mixtures and options with their separate use. Samples of plant products were taken for further analysis for pesticide content. In laboratory conditions, the level of residual amounts of active drugs in plant samples was analyzed using gas-liquid chromatography and high-performance liquid chromatography methods. The change in the level of pesticide residues in different experimental variants was assessed. The acceleration of the decomposition of the active substance, imidacloprid, on crops of peas, spring wheat, oats, spring barley and spring rape when used together with the drug Tilt, KE was established. Also, the use of the fungicide Skor, KE together with the insecticide Borey Neo, SK (150 g/l imidacloprid + 50 g/l lambda-cyhalothrin) on the apple tree caused a slowdown in the rate of decomposition of the active substances lambda-cyhalothrin and imidacloprid. The use of the copper-containing fungicide Kumir together with the insecticide Borey Neo, SK on the apple tree caused an acceleration of the disintegration of the active substance imidacloprid. The combined use of the fungicide Skor, KE with the insecticides Sirocco, KE and Borey Neo, SK accelerated the decomposition of the active substance difenoconazole.

Key words: pesticides, residues, decomposition dynamics, pesticide residues, field cultivation, horticulture.

For citation: Changes in the pesticides decomposition rate under their combined application in agricultural production / V.V. Antonenko [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(10): 3–11. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-3-11.

Введение. Интенсификация производства сельскохозяйственной продукции, которая наблюдается в последние десятилетия, предусматривает повышение уровня получаемой продукции с сокращением затрат труда и материальных средств на ее получение. Производители сельскохозяйственной продукции стремятся к использованию высокоэффективных препаратов, зачастую содержащих в своем составе два или три действующих вещества. Также для

сокращения затрат на проведение защитных мероприятий широко используются смеси пестицидов [1–4]. Применение баковых смесей пестицидов позволяет повышать эффективность обработки, поскольку увеличивает спектр контролируемых вредных объектов, снижает количество механических повреждений посевов и посадок культурных растений оборудованием [1, 3, 4]. Компании, производящие и продающие пестициды, разрабатывают рекомендации по

составлению баковых смесей [1, 3–6]. Одно из частых сочетаний препаратов при проведении защитных мероприятий – смесь фунгицидов и инсектицидов. Зачастую рекомендуется применение баковых смесей, содержащих гербициды [1–4, 7–11]. Использование подобных баковых смесей широко распространено на посевах полевых овощных и зерновых культур, а также в садоводстве. Однако интенсивное использование пестицидов всегда создает риск для здоровья человека и окружающей среды, поэтому их применение должно быть строго регламентировано. Регламенты регулируют способ обработки препаратом, его норму расхода, в них указывается также срок ожидания для сбора урожая, т. е. тот период между проведением обработки препаратом и временем, когда сельскохозяйственная продукция становится безопасной для человека. Необходимо отметить, что регламенты применения не учитывают возможное совместное применение нескольких пестицидов в одной смеси, которое зачастую возникает на практике. Известно, что применение баковых смесей зачастую вызывает эффект потенцирования, т. е. взаимного усиления свойств действующих веществ пестицидов при их совместном применении [3, 5, 6, 8, 10–18]. В работах ряда ученых отмечается усиление проникновения в ткани растений пестицидов при их совместном использовании, отмечается возможное влияние действующих веществ пестицидов в растворе друг на друга [6, 10, 13, 18–20]. У ряда исследователей имеются данные об усилении негативного эффекта пестицидов на организм животных при их совместном применении [16, 21].

Цель исследования – изучение динамики распада отдельных действующих веществ пестицидов в тканях растений при использовании их в баковых смесях.

Объекты и методы. Полевая часть исследования проведена на территории УНПЦ садоводства и овощеводства им. В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», лабораторная часть проводилась в Учебно-научном консультационном центре «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов» в г. Москве в течение 2020–2021 гг. Почва в насаждениях эксплуатационного сада яблони – дерново-подзолистая, среднесуглинистая на подзолистом суглинке, с мощностью пахотного горизонта 25–28 см, pH = 6,2, гумус – 3,0 %. Почва на участке, занимаемом полевыми культурами, – дерново-

подзолистая, среднесуглинистая на подзолистом суглинке, с мощностью пахотного горизонта 24–25 см, pH = 6,2, гумус – 2,1 %.

Использовались сорта сельскохозяйственных культур, включенные в Госреестр по Центральному региону РФ: яблоня – сорт Вербное, ячмень – яровой сорт Нур, пшеница яровая – сорт Иволга, овес – сорт Лев, рапс яровой – сорт Герос, горох – сорт Фараон, картофель – сорт Невский.

Применение пестицидов осуществлялось в рекомендованные сроки и нормах расхода, разрешенных к использованию. В исследовании было изучено применение следующих пестицидов: Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) в норме расхода 0,35 л/га; Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда+50 г/л лямбда-цигалотрина) в норме расхода 0,15 л/га; Тилт, КЭ (250 г/л пропиконазола) в норме расхода 0,5 л/га; Иמידор, ВРК (200 г/л имидаклоприда) в норме расхода 0,6 л/га, Кумир, СК (345 г/л сульфата меди трехосновного) в норме 5 кг/га; Сирокко, КЭ (400 г/л диметоата) [22]. Обработку препаратами проводили в фазы развития культурных растений, которые рекомендованы регламентами применения, в безветренную погоду для исключения сноса рабочего раствора. В каждом опыте присутствовали контрольные варианты – без обработки культуры пестицидами.

Отбор проб растительной продукции, упаковка, транспортировка и хранение осуществлялись в соответствии с утвержденными методическими указаниями [23–26]. Во всех вариантах опыта отбор проб осуществлялся в день обработки, последующие отборы с интервалом в 5 сут в течение 40 сут с каждого варианта опыта, после обработки препаратами и их смесями.

Определение остаточных количеств действующих веществ пестицидов проводили с использованием методов газожидкостной хроматографии и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Для этих целей использовались утвержденные методические указания: МУК 4.1.1430-03; МУК 4.1.2380-08; МУК 4.1.1390093; МУК 4.1.2923-11; МУК 4.1.2784-10; МУК 4.1.2784-10.

Результаты и их обсуждение. Согласно данным некоторых исследований, совместное применение медьсодержащих препаратов с другими химическими препаратами в различной степени оказывает влияние на распад действующих пестицидов в зеленой массе растений. Препараты на основе меди также могут влиять

на проницаемость клеточных стенок растений [21, 27, 28].

В полученных данных совместное применение инсектицида Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда + 50 г/л лямбда-цигалотрина) в баковой смеси с препаратом Кумир, СК (345 г/л сульфата меди трехосновного) на посадках картофеля увеличивало срок разрушения пестицидов в исследуемой культуре действующих веществ – имидаклоприда и лямбда-цигалотрина на 5 сут. Необходимо отметить, что при использовании данной смеси на картофеле в день обработки отмечалось увеличение поступления д.в. имидаклоприда в ткани растений в среднем в 5,3 раза, в то время как поступление лямбда-цигалотрина не отличалось от варианта с отдельным применением инсектицида.

Применение инсектицида Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда+50 г/л лямбда-цигалотрина) в баковой смеси с препаратом Кумир, СК (345 г/л сульфата меди трехосновного) на посадках яблони приводило к увеличению поступления в листья яблони лямбда-цигалотрина на 65,4 % и имидаклоприда на 40,3 % в сравнении с вариантом, где инсектицид применялся отдельно. При изучении динамики разрушения действующих веществ инсектицида было установлено, что в

варианте в смеси с препаратом Кумир, СК происходило ускорение разложения лямбда-цигалотрина на 5 суток, снижение концентрации имидаклоприда в листьях и плодах яблони также происходило быстрее, в среднем на 35–40 % по сравнению с вариантом с отдельным применением инсектицида.

В условиях испытаний изучалось применение препарата Тилт, КЭ, содержащего в своем составе 250 г/л пропиконазола совместно с препаратом Имидор, ВРК (200 г/л имидаклоприда). Результаты лабораторных исследований показали, что при применении данной смеси препаратов на таких культурах, как горох, рапс яровой, ячмень яровой, овес, пшеница яровая, происходило увеличение скорости распада имидаклоприда в тканях растений. В зеленой массе гороха и рапса ярового скорость распада имидаклоприда в сравнении с вариантом, где препарат Имидор, ВРК применялся отдельно, ускорилась на 10 сут. В зеленой массе ячменя ярового, пшеницы яровой и овса концентрация действующего вещества имидаклоприда снижалась в среднем на 15–30 % быстрее в варианте с совместным применением препаратов Тилт, КЭ и Имидор, ВРК (табл. 1).

Таблица 1

Влияние сульфата меди и дифеноконазола на поступление в растения и скорость разложения лямбда-цигалотрина и имидаклоприда

Действующее вещество	Культура	Влияние на поступление и скорость разложения в растении
Смесь с сульфатом меди		
λ-цигалотрин	Картофель	Замедление распада на 5 сут
	Яблоня	Уменьшение поступления, ускорение срока распада на 5 сут
Имидаклоприд	Картофель	Увеличение поступления, замедление распада на 5 сут
	Яблоня	Увеличение поступления, время распада не изменилось
Смесь с дифеноконазолом		
λ-цигалотрин	Яблоня	Увеличение поступления, замедление скорости разложения
Имидаклоприд	Яблоня	Замедление распада на 5 сут

Необходимо отметить, что в образцах, отобранных в день обработки смесью препаратов Тилт, КЭ, и Имидор, ВРК, концентрация имидаклоприда в зеленой массе таких культур, как горох, рапс яровой и овес, была ниже на 40,9–65,7 % в сравнении с вариантом, где инсектицид применялся отдельно. Однако в зеленой массе овса в день обработки концентрация имидаклоприда

была больше на 59,1 % (в среднем), чем в варианте с применением только инсектицида.

Применение препарата Тилт, КЭ, действующим веществом которого является пропиконазол, влияло на поступление имидаклоприда в зеленую массу культурных растений и во всех вариантах ускоряло разложение инсектицида (табл. 2). Согласно литературным данным [2–4, 29], фунгици-

ды подгруппы азолов, к которым относится изучаемое д.в. препарата Тилт, КЭ – пропиконазол, являются фунгицидами системного действия и помимо фунгицидного эффекта на фитопатогенные грибы оказывают на растения рострегулирующий эффект через изменение синтеза гиббереллинов. Известные эффекты азолов – тормо-

жение удлинения междоузлий у зерновых, уменьшение транспирации растений, усиление фотосинтеза [2]. По этой причине дальнейшее изучение скорости распада действующих веществ различных пестицидов, применяемых в смеси с фунгицидами из подгруппы азолов, вызывает научный и практический интерес.

Таблица 2

Влияние пропиконазола на поступление в растения и скорость разложения имидаклоприда

Действующее вещество	Культура	Влияние на поступление и скорость разложения в растении
Имидаклоприд	Горох	Уменьшение поступления, ускорение распада на 10 сут
	Рапс яровой	Уменьшение поступления, ускорение распада на 10 сут
	Ячмень яровой	Ускорения распада д.в. на 30 %
	Пшеница яровая	Скорость распада не изменилась
	Овес	Ускорение скорости распада на 33 %

В насаждениях яблони изучалось совместное применение препарата Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) с инсектицидом Сирокко, КЭ (400 г/л диметоата), также испытывалось применение фунгицида Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) с инсектицидом Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда+50 г/л лямбда-цигалотрина). В двух рассматриваемых вариантах разложение действующего вещества фунгицида – дифеноконазола происходило быстрее: в варианте с совместным применением с инсектицидом Сирокко, КЭ полное разложение дифеноконазола происходило быстрее на 5 суток, аналогичные данные были получены в варианте с Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда+50 г/л лямбда-цигалотрина). Также совместное применение Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) с рассматриваемыми инсектицидами увеличивало поступление в ткани растений дифеноконазола в 4,7 и 4,3 раза соответственно для вариантов с Сирокко, КЭ (400 г/л диметоата) и Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда+50 г/л лямбда-цигалотрина).

Изменение количеств действующих веществ пестицидов, поступающих в растение при обработке баковыми смесями препаратов, вероятнее всего объясняется изменением физико-химических свойств образующегося рабочего раствора при приготовлении смеси нескольких пестицидов. Необходимо учитывать, что изменение скорости или количества поступления действующих веществ пестицидов при их со-

вместном применении может отразиться не только на изменении срока разрушения их остаточных количеств в культуре до безопасного уровня для человека и животных, но и влиять на биологическую эффективность препаратов и возникновение фитотоксических эффектов на защищаемых растениях.

Заключение

1. Применение фунгицида Тилт, КЭ (250 г/л пропиконазола) совместно с инсектицидом Имидор, ВРК (200 г/л имидаклоприда) вызывало ускорение разложения имидаклоприда на горохе, пшенице яровой, овсе, ячмене яровом и рапсе яровом.

2. Применение фунгицида Кумир, СК (345 г/л сульфата меди трехосновного) совместно с инсектицидом Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда+50 г/л лямбда-цигалотрина) на картофеле вызывало замедление разрушения остаточных количеств действующих веществ лямбда-цигалотрина и имидаклоприда.

3. Применение фунгицида Кумир, СК (345 г/л сульфата меди трехосновного) совместно с инсектицидом Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда + 50 г/л лямбда-цигалотрина) на яблоне вызывало ускорение распада действующего вещества имидаклоприда.

4. Применение фунгицида Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) совместно с инсектицидом Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда + 50 г/л

лямбда-цигалотрина) на яблоне вызывало замедление скорости разложения действующих веществ лямбда-цигалотрин и имидаклоприд.

5. Совместное применение препарата Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) с инсектицидом Сирокко, КЭ (400 г/л диметоата) и инсектицидом Борей Нео, СК (150 г/л имидаклоприда + 50 г/л лямбда-цигалотрина) ускоряло разложение действующего вещества дифеноконазол на яблоне.

Данные исследования свидетельствуют о частую возникающем взаимном влиянии действующих веществ пестицидов в баковых смесях, которые готовятся при проведении защитных мероприятий.

Полученные данные об изменении скорости распада действующих веществ пестицидов, при их совместном применении в смесях, свидетельствуют о необходимости продолжения исследований в этой области.

Список источников

1. Комплексная система защиты посевов зерновых культур от болезней, вредителей и сорных растений. Технологии «Байер КрокСайенс» / Л.Н. Ульяненко [и др.]. М.: Печатный Город, 2007. 80 с.
2. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений. М., 2003. 196 с.
3. Подгорная М.Е., Федоренко Ю.М. Контроль остаточных количеств пестицидов в садах // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 38–40.
4. Подгорная М.Е. Управление качеством плодов на основе экотоксикологического мониторинга объектов экосистемы яблоневых агроценозов // Садоводство и виноградарство. 2016. № 16. С. 36–39.
5. Cloyd R.A. Effect of pesticide mixtures on the western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) associated with cut flowers. The Cut Flower Quarterly, Spring 2013, 25(2), P: 24–25.
6. Cloyd R.A. December 2015. Effect of water and spray solution pH on pesticide activity. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MF-3272. Kansas State University, Manhattan, KS. 2 pgs.
7. Зубков А.В., Антоненко В.В., Кручина С.Н. Гербициды в плодоводстве // Защита и карантин растений. 2020. № 10. С. 24–25.
8. Новожилов К.В. Проблема деградации пестицидов при их применении в интегрированном земледелии // Деградация пестицидов в условиях интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Рига, 1987. С. 3–4.
9. Янушевская Э.Б., Фогель В.А., Аверьянов В.Н. Экотоксикологическая основа формирования интегрированных систем защиты южно-плодовых и субтропических культур // Оптимизация фитосанитарного состояния садов в условиях погодных стрессов. Краснодар, 2005. С. 378–382.
10. Synergism of pyrethroid–organophosphorus insecticide mixtures in insects and their toxicity against *Spodoptera littoralis* larvae // K.R.S. Ascher [et al.] / *Phytoparasitica*, June 1986, 14: 101–111.
11. Aswad A.F. Efficiency of certain insecticides and insect growth regulators alone or in mixture with chlorpyrifos for the integrated control of the Egyptian cotton leafworm. *Journal of Pest Control and Environmental Sciences*, 2007, 15 (2): 29–48.
12. Ahmed E.M. ABD EL-MAGEED1 and Shehata E.M. SHALABY Toxicity and Biochemical Impacts of Some New Insecticide Mixtures on Cotton Leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisd.). Pests & Plant Protection Department, National Research Centre, Dokki, Giza, Egypt, Vol. 47, *Plant Protect. Sci.* 2011, № 4, P: 166–175.
13. Briggs G.G. Relationships between chemical structure and the behaviour and fate of pesticides // *Proc. British Crop Protection Conference-Pests and Diseases*. 1981. № 3. P. 701–710.
14. Cloyd R.A. *Stoytcheva M.* Pesticide mixtures, In: *Pesticides –Formulations, Effects, Fate.* [ed.]. InTech; Rijeka, Croatia. 2011. P. 69–80.
15. Cloyd R.A. Pesticide mixtures: understanding their use in horticultural production systems. *Greenhouse Grower.*, August 2016, 34(8). P. 71–74.
16. Edvards C.A. Factor that affect the persistence of pesticides in plant and soils / *IUPAC Pesticide Chemistry-3* (Helsinki 1974), London Butterworths, IUPAC, 1975. P. 39–56.

17. Hale F.A., Hensley D.D., Cloyd R.A. Using pesticides in greenhouses. University of Tennessee Extension, Institute of Agriculture. The University of Tennessee PB 1595, 2019. Knoxville, TN. 20 pgs.
18. Whitford F., Olds M., Cloyd R., Young B., Linscott D., Deveau J., Reiss J., Patton A., Johnson B., Overlay T., and Smith K.L. September 2018. Avoid tank mixing errors. Purdue University Extension: Purdue University; West Lafayette, IN. 42 pgs.
19. Петрова Т.М. Дegradaция пестицидов в сельскохозяйственных культурах как результат воздействия систем факторов // Дegradaция пестицидов в условиях интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Рига, 1987. С. 3–4.
20. Семенова Н.Н. Построение имитационных моделей поведения пестицидов в агроценозе // Агро XXI. 2007. № 7-9. С. 9–11.
21. Пестициды и растения: влияние на ион-транспортные системы плазматической мембраны / В.М. Юрин [и др.] // Тр. БГУ. Минск, 2011.
22. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2020 год. М.: Листерра, 2020. 883 с.
23. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности / В.И. Долженко [и др.]. М.: Минсельхоз России, 2018. 63 с.
24. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ПАВЕЛ, 2009. 321 с.
25. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ПАВЕЛ, 2009. 378 с.
26. Сборник методических указаний по определению микроколичеств пестицидов в растениях, продуктах их переработки, почве и воде / сост. В.И. Долженко [и др.]. СПб., 2002. 96 с.
27. Демидчик В.В., Соколик А.И., Юрин В.М. Влияние ионов меди на функционирование Н⁺-АТФазной помпы плазмалеммы растительной клетки // Докл. АН Беларуси. 1996. Т. 40, № 2. С. 30–34.
28. Реакция сельскохозяйственных растений на присутствие тяжелых металлов в среде / В.М. Юркевич [и др.] // Тр. БГУ. 2011. Т. 6, ч. 2. С. 39–46.
29. Подгорная М.Е. Содержание остаточных количеств фосфоорганических инсектицидов в садовых агроценозах // Проблемы защиты растений в условиях современного сельскохозяйственного производства: материалы науч. конф. СПб., 2009. С. 114–115.

References

1. Kompleksnaya sistema zaschity posevov zernovykh kul'tur ot boleznej, vreditel'ej i sornykh rastenij. Tehnologii «Bajer KropSajens» / L.N. Ul'yanenko [i dr.]. M.: Pechatnyj Gorod, 2007. 80 s.
2. Popov S.Ya., Dorozhkina L.A., Kalinin V.A. Osnovy himicheskoj zaschity rastenij. M., 2003. 196 s.
3. Podgornaya M.E., Fedorenko Yu.M. Kontrol' ostatochnykh kolichestv pesticidov v sadah // Zashchita i karantin rastenij. 2014. № 3. S. 38–40.
4. Podgornaya M.E. Upravlenie kachestvom plodov na osnove `ekotoksikologicheskogo monitoringa ob`ektov `ekosistemy yablonevykh agrocenozov // Sadovodstvo i vinogradorstvo. 2016. № 16. S. 36–39.
5. Cloyd R.A. Effect of pesticide mixtures on the western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) associated with cut flowers. The Cut Flower Quarterly, Spring 2013, 25(2), P: 24–25.
6. Cloyd R.A. December 2015. Effect of water and spray solution pH on pesticide activity. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MF-3272. Kansas State University, Manhattan, KS. 2 pgs.
7. Zubkov A.V., Antonenko V.V., Kruchina S.N. Gerbicydy v plodovodstve // Zashchita i karantin rastenij. 2020. № 10. S. 24–25.
8. Novozhilov K.V. Problema degradacii pesticidov pri ih primenenii v integrirovannom zemledelii // Degradaciya pesticidov v usloviyah intensivnykh tehnologij vyraschivaniya sel'sko-hozyajstvennykh kul'tur. Riga, 1987. S. 3–4.
9. Yanushevskaya `E.B., Fogel' V.A., Aver'yanov V.N. `Ekotoksikologicheskaya osnova formirovaniya integrirovannykh sistem zaschity yuzhno-plodovykh i subtropicheskikh kul'tur // Optimizaciya fitosanitarnogo sostoyaniya sadov

- v usloviyah pogodnyh stressov. Krasnodar, 2005. S. 378-382.
10. Synergism of pyrethroid-organophosphorus insecticide mixtures in insects and their toxicity against *Spodoptera littoralis* larvae // *K.R.S. Ascher [et al.] / Phytoparasitica*, June 1986, 14: 101–111.
 11. *Aswad A.F.* Efficiency of certain insecticides and insect growth regulators alone or in mixture with chlorpyrifos for the integrated control of the Egyptian cotton leafworm. *Journal of Pest Control and Environmental Sciences*, 2007, 15 (2): 29–48.
 12. *Ahmed E.M. ABD EL-MAGEED1* and *Shehata E.M. SHALABY* Toxicity and Biochemical Impacts of Some New Insecticide Mixtures on Cotton Leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Pests & Plant Protection Department, National Research Centre, Dokki, Giza, Egypt, Vol. 47, Plant Protect. Sci.* 2011, № 4, P: 166–175.
 13. *Briggs G.G.* Relationships between chemical structure and the behaviour and fate of pesticides // *Proc. British Crop Protection Conference-Pests and Diseases*. 1981. № 3. P. 701–710.
 14. *Cloyd R.A. Stoytcheva M.* Pesticide mixtures, In: *Pesticides -Formulations, Effects, Fate.* [ed.]. InTech; Rijeka, Croatia. 2011. P. 69–80.
 15. *Cloyd R.A.* Pesticide mixtures: understanding their use in horticultural production systems. *Greenhouse Grower.*, August 2016, 34(8). P. 71–74.
 16. *Edwards C.A.* Factor that affect the persistence of pesticides in plant and soils / *IUPAC Pesticide Chemistry-3* (Helsinki 1974), London Butterworths, IUPAC, 1975. P. 39–56.
 17. *Hale F.A., Hensley D.D., Cloyd R.A.* Using pesticides in greenhouses. University of Tennessee Extension, Institute of Agriculture. The University of Tennessee PB 1595, 2019. Knoxville, TN. 20 pgs.
 18. *Whitford F., Olds M., Cloyd R., Young B., Linscott D., Deveau J., Reiss J., Patton A., Johnson B., Overley T., and Smith K.L.* September 2018. Avoid tank mixing errors. Purdue University Extension: Purdue University; West Lafayette, IN. 42 pgs.
 19. *Petrova T.M.* Degradaciya pesticidov v sel'skohozyajstvennyh kul'turah kak rezul'tat vozdejstviya sistem faktorov // *Degradaciya pesticidov v usloviyah intensivnyh tehnologij vyraschivaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur*. Riga, 1987. S. 3-4.
 20. *Semenova N.N.* Postroenie imitacionnyh modelej povedeniya pesticidov v agrocenoze // *Agro HHI*. 2007. № 7-9. S. 9–11.
 21. *Pesticidy i rasteniya: vliyanie na ion-transportnye sistemy plazmaticheskoy membrany / V.M. Yurin [i dr.] // Tr. BGU. Minsk*, 2011.
 22. *Cpravochnik pesticidov i agrohimikatov, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii, 2020 god. M.: Listerra*, 2020. 883 s.
 23. *Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam pesticidov v chasti biologicheskoy `effektivnosti / V.I. Dolzhenko [i dr.]. M.: Minsel'hoz Rossii*, 2018. 63 s.
 24. *Dolzhenko V.I.* Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam insekticidov, akaricidov, mollyuskocidov i rodenticidov v sel'skom hozyajstve. CPb.: PAVEL, 2009. 321 s.
 25. *Dolzhenko V.I.* Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam fungicidov v sel'skom hozyajstve. CPb.: PAVEL, 2009. 378 s.
 26. *Sbornik metodicheskikh ukazanij po opredeleniyu mikrokolichestv pesticidov v rasteniyah, produktah ih pererabotki, pochve i vode / sost. V.I. Dolzhenko [i dr.]. SPb.*, 2002. 96 s.
 27. *Demidchik V.V., Sokolik A.I., Yurin V.M.* Vliyanie ionov medi na funkcionirovanie N+ -ATFaznoj pompy plazmalemy rastitel'noj kletki // *Dokl. AN Belarusi*. 1996. T. 40, № 2. S. 30–34.
 28. *Reakciya sel'skohozyajstvennyh rastenij na prisutstvie tyazhelyh metallov v srede / V.M. Yurkevich [i dr.] // Tr. BGU*. 2011. T. 6, ch. 2. S. 39–46.
 29. *Podgornaya M.E.* Soderzhanie ostatochnykh kolichestv fosfoorganicheskikh insekticidov v sadovyh agrocenozah // *Problemy zaschity rastenij v usloviyah sovremennogo sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: mat-ly nauch. konf.* SPb., 2009. S. 114–115.

Статья принята к публикации 10.04.2023 / The article accepted for publication 10.04.2023.

Информация об авторах:

Виктор Владимирович Антоненко¹, научный сотрудник УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов», кандидат биологических наук

Александр Валерьевич Зубков², доцент кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия, кандидат экономических наук

Анатолий Владиславович Довгилевич³, руководитель УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов», кандидат химических наук

Антон Сергеевич Поликарпов⁴, инженер УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов»

Евгений Юрьевич Панов⁵, инженер УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов», кандидат сельскохозяйственных наук

Юрий Николаевич Савушкин⁶, инженер УНКЦ «Агроэкология пестицидов и агрохимикатов»

Information about the authors:

Viktor Vladimirovich Antonenko¹, Researcher at the Scientific and Research Center "Agroecology of Pesticides and Agrochemicals", Candidate of Biological Sciences

Alexander Valerievich Zubkov², Associate Professor at the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking, Candidate of Economic Sciences

Anatoly Vladislavovich Dovgilevich³, Head of the Scientific and Research Center "Agroecology of Pesticides and Agrochemicals", Candidate of Chemical Sciences

Anton Sergeevich Polikarpov⁴, Engineer at the Scientific and Research Center "Agroecology of Pesticides and Agrochemicals"

Evgeny Yurievich Panov⁵, Engineer at the Scientific and Research Center "Agroecology of Pesticides and Agrochemicals", Candidate of Agricultural Sciences

Yuri Nikolaevich Savushkin⁶, Engineer at the Scientific and Research Center "Agroecology of Pesticides and Agrochemicals"

