

Научная статья/Research Article

УДК 632.954:631.453:633(571.6)

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-104-112

Вадим Николаевич Мороховец^{1✉}, Зоя Викторовна Басай², Тамара Викторовна Мороховец³, Светлана Сергеевна Вострикова⁴, Елена Сергеевна Маркова⁵, Нина Сергеевна Скорик⁶

^{1,2,3,4,5,6}Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал Федерального научного центра агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, с. Камень-Рыболов, Ханкайский район, Приморский край, Россия

^{1,2,3,4,5,6}dalniizr@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ ФЛЕКС И ФЮЗИЛАД ФОРТЕ, ПРИМЕНЕННЫХ В ПОСЕВАХ СОИ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА¹³

Цель исследований – определить чувствительность ряда сельскохозяйственных культур к остаточным количествам последовательно примененных в посевах сои гербицидов Флекс 1,5 л/га и Фюзилад Форте 1,5 л/га. Исследования проведены в 2020–2021 гг. в Дальневосточном НИИ защиты растений в условиях вегетационного домика с использованием метода биологической индикации почвенных остатков гербицидов (определения суммарной фитотоксичности почвы). Семена тестируемых культур высевали в лугово-бурую оподзоленную почву, отобранную после уборки сои, обработанной гербицидами в фазу двух тройчатых листьев. В течение вегетации тест-культур фиксировали все признаки повреждения и угнетения растений остаточными количествами гербицидов. После срезки опытных растений по снижению их сырой надземной массы и высоты по сравнению с контролем (без применения гербицидов) делали окончательные выводы о степени токсичности для тестируемых культур остатков гербицидов и их активных метаболитов, сохранившихся в почве. По снижению массы растений, как наиболее объективному критерию оценки фитотоксичности гербицидов, культуры расположились в порядке от наиболее чувствительных до более устойчивых следующим образом: томаты < морковь < рапс < гречиха < свекла столовая < капуста белокочанная < огурец < рис. Максимальную негативную реакцию на почвенные остатки гербицидов как по снижению надземной массы, так и высоты растений проявили томаты. Масса и высота ячменя, овса, пшеницы, кукурузы и подсолнечника были на уровне контрольных значений. На следующий год после применения препаратов на основе фомесафена из севооборота с соей рекомендуется исключить культуры, чувствительные к почвенным остаткам гербицида Флекс.

Ключевые слова: гербицид, остаточные количества, последствие, чувствительность, фитотоксичность, тест-культуры

Для цитирования: Результаты изучения последствия гербицидов Флекс и Фюзилад Форте, примененных в посевах сои на юге Дальнего Востока / В.Н. Мороховец [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2. С. 104–112. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-104-112.

Vadim Nikolaevich Morokhovets^{1✉}, Zoya Viktorovna Basai², Tamara Viktorovna Morokhovets³, Svetlana Sergeevna Vostrikova⁴, Elena Sergeevna Markova⁵, Nina Sergeevna Skorik⁶

^{1,2,3,4,5,6}Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Far East named after A.K. Chaika, Kamen-Rybolov village, Khankaysky District, Primorsky Region, Russia

^{1,2,3,4,5,6}dalniizr@mail.ru

RESULTS OF STUDYING THE FLEX AND FUSILADE FORTE HERBICIDES AFTEREFFECT USED IN SOYBEAN CROPS IN THE SOUTH OF THE FAR EAST

The purpose of the study is to determine the sensitivity of a number of crops to the residual amount of successive applications of Flex 1.5 l/ha and Fusilad Forte 1.5 l/ha herbicides in soybean crops. The studies were carried out in 2020–2021 in the Far Eastern Research Institute of Plant Protection in the conditions of a growing house using the method of biological indication of soil stocks of herbicides (determination of volumetric phytotoxicity of the area). The seeds of the tested crops were sown in meadow-brown podzolized soil, especially after harvesting soybeans treated with herbicides in the phase of two trifoliolate leaves. During the growing season, test cultures recorded all signs of damage and inhibition of plants by residual amounts of herbicides. After cutting the experimental plants to reduce their wet aboveground weight and height compared to the control (without the use of herbicides), final conclusions were made about the degree of toxicity for the tested crops of herbicide residues and their active metabolites preserved in the soil. According to the reduction in plant mass, as the most objective criterion for assessing the phytotoxicity of herbicides, the crops were arranged in order from the most sensitive to the most resistant as follows: tomatoes < carrots < rapeseed < buckwheat < table beet < white cabbage < cucumber < rice. Tomatoes showed the maximum negative reaction to soil residues of herbicides, both in terms of a decrease in the aboveground mass and plant height. Weight and height of barley, oats, wheat, corn and sunflower were at the level of control values. The next year after the use of preparations based on fomesafen, it is recommended to exclude crops sensitive to soil residues of Flex herbicide from the crop rotation with soybeans.

Keywords: herbicide, residual amounts, aftereffect, sensitivity, phytotoxicity, test cultures

For citation: Results of studying the Flex and Fusilade Forte herbicides aftereffect used in soybean crops in the south of the Far East / V.N. Morokhovets [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(2): 104–112. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-104-112.

Введение. В настоящее время для защиты растений от болезней и вредителей достаточно широко и успешно применяют биологические методы защиты. В борьбе с сорняками сегодня основным, наиболее эффективным и экономически целесообразным по-прежнему остается химический метод – использование гербицидов, прошедших процедуру государственной регистрации и допущенных к практическому применению [1–4].

Установлено, что даже при самом аккуратном применении рабочего раствора целевого объекта достигает лишь некоторая, небольшая доля пестицида; основная его часть распределяется в окружающей среде – в нецелевых организмах, воздухе и почве [5, 6]. В почве остатки некоторых гербицидов и их биологически активные метаболиты могут сохраняться в течение длительного времени, вплоть до нескольких лет, оказывая последствие, влияя тем или иным образом на последующие культуры в севообороте и сорные растения [7, 8]. По данным гербологов Всероссийского НИИ фитопатологии, характер и уровень последствия герби-

цидов определяется интенсивностью их адсорбции, скоростью деградации в почве и способностью миграции (перемещения) по почвенному профилю. В свою очередь эти факторы зависят от физико-химических свойств гербицидного препарата, погоды и агротехнических условий вегетационного сезона, региональных почвенно-климатических особенностей [9]. Сохранению гербицидов главным образом способствуют недостаточная активность почвенных микроорганизмов, низкая температура и недостаток влаги, нейтральная или щелочная реакция почвенной среды [9–12]. Важнейший фактор – срок применения препарата. Чем раньше в сезоне используется гербицид, тем больше является времени для его разложения. Так, например, ранее нами было выяснено, что при обработке Фабианом вегетирующих сорных и культурных растений через 30–40 сут после посева сои в почве к концу сезона остается не меньше гербицида, чем при его нанесении в той же норме на поверхность почвы до всходов культуры, сразу после посева [13].

Имеются обширные литературные данные и результаты собственных исследований, доказывающие наличие негативного влияния многих гербицидов на последующие культуры севооборота, особенно – на корнеплоды, подсолнечник, сою, гречиху [14–21]. Из ранее испытанных сотрудниками нашего института 13 сельскохозяйственных культур наиболее восприимчивой к почвенным остаткам гербицидов Лазурит, Фабиан, Пивот и Пропонит оказалась свекла столовая. Также значительное негативное последствие эти препараты (кроме Пропонита) оказывали на капусту белокочанную, морковь и гречиху, угнетая надземную массу их растений на 14–34 % [13, 22].

В США при изучении чувствительности покровных культур к остаточным количествам гербицидов и их смесей, используемых при производстве сои, было выяснено, что покровные культуры подвергаются наибольшему риску при применении на сое гербицидов, содержащих определенные активные ингредиенты, такие как фомесафен [23]. В других исследованиях фомесафен значительно угнетал высоту растений, длину корней и биомассу сахарной свеклы [24]. Из бахчевых культур наиболее чувствительным к этому действующему веществу оказался огурец [25].

С недавнего времени применение гербицидов на основе фомесафена (Флекс и другие) разрешено на территории нашей страны [26]. Исследования, проведенные в Приморском и Краснодарском краях, показали, что гербицид Флекс эффективно (на 80–100 %) контролирует большинство однолетних широколистных видов сорных растений, встречающихся в посевах сои, и весьма ограниченно действует на злаковые (мятликовые) сорняки. Поэтому при сложном типе засоренности рекомендуется применять Флекс в сочетании с граминицидами в баковых смесях либо последовательно [27–29].

При определении остаточных количеств гербицидов применяют физико-химические и биологические методы [30–32]. К последним относятся биотестирование (количественный метод определения содержания гербицидов в исследуемой среде) и биологическая индикация (биоиндикация) суммарной фитотоксичности почвы. Биотестирование и биоиндикация с оптимальным подбором тест-растений позволяют адекватно оце-

нить степень возможного экологического риска от применения гербицидов, являются достаточно чувствительными, объективными и широко доступными методами. Известно, что метаболиты многих гербицидов зачастую обладают большей биологической активностью, чем исходный препарат [9]. Поэтому в исследованиях возможного действия почвенных остатков гербицидов на сельскохозяйственные культуры мы используем метод биоиндикации, позволяющий оценить общее интегрированное воздействие на тест-растения сохранившегося в почве гербицидного препарата и всех фитотоксичных продуктов его трансформации.

Цель исследований – определить чувствительность ряда сельскохозяйственных культур к почвенным остаткам гербицида Флекс КЭ (фомесафен, 250 г/л), примененного в посевах сои в норме 1,5 л/га с добавлением в рабочий раствор адьюванта Тренд 90 Ж (этоксилат изодецилового спирта) 0,2 л/га, по фону которого через трое суток использовали 1,5 л/га граминицида Фюзилад Форте (д.в. флуазифоп – П – бутил, 150 г/л).

Задачи: провести наблюдения за ростом и развитием растений культур, выращиваемых в почве, содержащих остатки препаратов Флекс и Фюзилад Форте; после срезки опытных растений по изменению их высоты и сырой надземной массы в сравнении с контролем оценить последствие гербицидов на тест-культуры.

Материал и методы. Исследования проведены в 2020–2021 гг. в ДВНИИЗР – филиале ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». В полевых условиях гербицид Флекс 1,5 л/га + Тренд 90 0,2 л/га и через трое суток – Фюзилад Форте 1,5 л/га наносили ручным штанговым опрыскивателем ОРШ-2 на вегетирующие сорные растения при достижении соей фазы двух тройчатых листьев и высоты 10–15 см. В годы применения гербицидов (2019 и 2020) ГТК составил 2,2; за период вегетации сои (май-октябрь) количество выпавших осадков и температурные условия соответствовали среднемноголетним значениям – 597,2 мм и 16,1 °С соответственно. Таким образом, оба года были достаточно благоприятными как для роста, развития растений сои, так и для активности почвенных микроорганизмов, обеспечивающих разложение гербицидов.

Оценку чувствительности сельскохозяйственных культур к биологически активным остаткам примененных гербицидов провели в серии вегетационных опытов методом биоиндикации, подробно изложенном в работах [31, 32].

После уборки сои, через 3,5 месяца после применения гербицидов, отбирали почвенные образцы из горизонта 0–20 см на четырех опытных деланках (на каждой – в пяти точках). Образцы почвы в отсутствии солнечных лучей высушивали до воздушно-сухого состояния и сохраняли в полиэтиленовых пакетах в температурных условиях внешней среды. Почва лугово-бурая оподзоленная, по механическому составу – средняя глина, содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 3,8 %, подвижного фосфора и обменного калия (ГОСТ 54650-2011) – 16 и 120 мг/кг почвы, соответственно $pH_{\text{сол}}$ (ГОСТ 26483-85) – 5,3. Весной почву просеивали через сито с отверстиями диаметром 5 мм и помещали в вегетационные сосуды емкостью 250 см³. При посеве извлекали из сосудов часть почвенной смеси (верхний двухсантиметровый слой), оставшийся объем слегка уплотняли, раскладывали на поверхности семени и засыпали возвращаемым верхним слоем почвы. Протестировали 13 культур 8 семейств: мятликовые – кукуруза П 8521, рис Долинный и ранние зерновые культуры: пшеница Приморская 40, ячмень Лаура, овес Макс; астровые – подсолнечник СИ Арко; гречишные – гречиха Девятка; капустовые – капуста белокочанная Слава 1305, рапс Радикал; тыквенные – огурец Хабар; маревые – свекла столовая Бордо 237; сельдереевые – морковь Королева осени; пасленовые – томаты Алтайский красный. Одновременно по той же схеме закладывали контрольные варианты с чистой почвой, отобранной с участков опытного поля, не обработанных гербицидами. Полив сосудов осуществляли ежедневно водопроводной водой до уровня 60–70 % от полной влагоемкости (ПВ). Повторность опыта – 10-кратная.

В ходе экспериментов фиксировали любые признаки угнетения опытных растений – их от-

ставание в росте и развитии, отклонения от контроля по морфологическим признакам. По прошествии 28–35 суток после посева проводили срезку и по изменению сырой надземной биомассы и высоты опытных растений в сравнении с контролем окончательно оценивали действие почвенных остатков гербицидов на тестируемые культуры.

Результаты и их обсуждение. При выращивании растений в почве, отобранной после обработки гербицидами, отмечали угнетение и симптомы повреждения некоторых тест-культур в сравнении с контролем. Через 7–10 суток после всходов проявилось отставание в росте и развитии опытных растений моркови, огурца, капусты, рапса, свеклы столовой и томатов. Без изменений в динамике развития только по высоте отставали от контроля гречиха и рис. Опытные растения всех культур, за исключением ранних зерновых, кукурузы и подсолнечника, также выделялись наличием листовых хлорозов разной степени проявления. Через следующие 5–7 суток на растениях томатов, гречихи, рапса, капусты и свеклы столовой наблюдали деформацию листьев; развитие хлороза и изменение окраски листовых пластинок. Наиболее заметно усилился хлороз опытных растений риса и особенно – огурца.

К этому времени отмечали незначительное осветление окраски опытных растений подсолнечника и кукурузы, а также – малозаметное отставание по высоте от контрольных ранних зерновых культур. К окончанию опытов каких-либо видимых отличий между контрольными и опытными растениями подсолнечника, кукурузы и ранних зерновых культур уже не было.

После срезки растений выяснилось, что масса и высота опытных растений ячменя, овса, пшеницы, кукурузы и подсолнечника были на уровне контрольных значений. По обоим регистрируемым параметрам (надземной массе и высоте растений) существенному угнетению почвенными остатками гербицидов подверглись томаты, морковь, рапс, гречиха, свекла, капуста, огурец и рис (рис. 1, 2).



Рис. 1. Последствие гербицидов Флекс и Фюзилад Форте на массу растений тест-культур

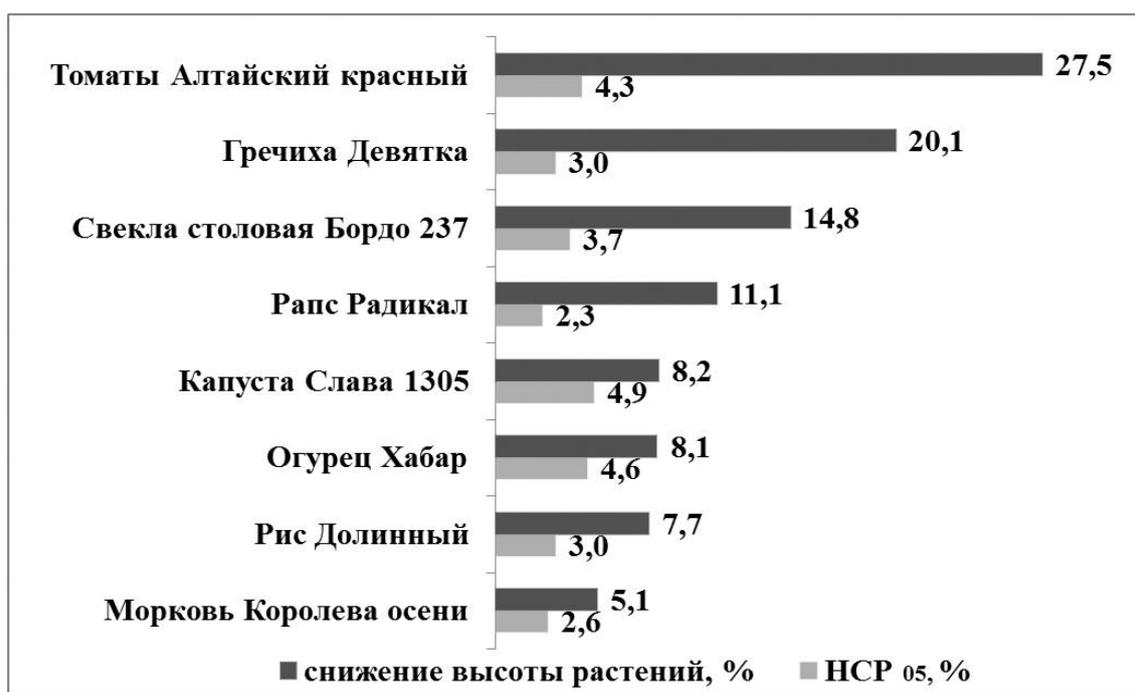


Рис. 2. Последствие гербицидов Флекс и Фюзилад Форте на высоту растений тест-культур

Максимальную негативную реакцию на остаточные количества гербицидов по снижению как надземной массы, так и высоты растений проявили томаты – примерно на 39 и 28 % соответственно (рис. 3). Интересно, что в ранее прове-

денных нами исследованиях наиболее чувствительной к последствию таких разных по составу гербицидов, как Лазурит, Фабиан, Пивот и Пропонит, оказалась одна культура – свекла столовая.



Рис. 3. Последствие гербицидов на растения томата сорта Алтайский красный

Заключение. Таким образом, выявлено существенное негативное влияние остаточных количеств гербицида Флекс 1,5 л/га + Тренд 90 0,2 л/га с последующим применением через 3 суток граминицида Фюзиллад Форте 1,5 л/га на восемь из тринадцати использованных в опытах тест-культур. По снижению массы растений, как наиболее объективному критерию оценки фитотоксичности, восприимчивые к почвенным остаткам гербицидов культуры расположились следующим образом (от наиболее чувствительных до более устойчивых): томаты Алтайский красный < морковь Королева осени < рапс Радикал < гречиха Девятка < свекла столовая Бордо 237 < капуста белокочанная Слава 1305 < огурец Хабар < рис Долинный.

Главный вывод, который можно сделать, основываясь на полученных экспериментальных данных, – на следующий год после использования гербицида Флекс из севооборота с соей следует исключить культуры с выявленным высоким уровнем чувствительности к почвенным остаткам фомесафена: томаты, морковь, рапс, гречиха, свекла столовая, капуста белокочанная, огурец, рис.

Список источников

1. Зеленская О.В. Экологический риск распространения на рисовых полях сорных растений, устойчивых к гербицидам. Обзор // Рисоводство. 2021. № 1. (50). С. 76–87. DOI: 10.33775/1684-2464-2021-50-1-76-87.
2. Фторсодержащие аналоги промышленного антидота Фурилазол / А.С. Голубев [и др.] // Агрохимия. 2017. № 6. С. 62–67.
3. Терешкова Л.П. Курс – на безопасное применение гербицидов // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 3–6.
4. Петрова М.О., Черменская Т.Д., Долженко В.И. Развитие исследований в аналитической лаборатории ВИЗР по оценке остаточных количеств пестицидов // Вестник защиты растений. 2020. № 2 (103). С. 93–99. DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-2-13571.
5. Odukkathil G., Vasudevan N. Toxicity and bioremediation of pesticides in agricultural soil // Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 2013. V. 12. P. 421–444.
6. Данилова А.А. Контроль остаточных количеств гербицидов в объектах окружающей среды // Агрохимия. 2021. № 6. С. 49–56. DOI: 10.31857/S0002188121030042.
7. ГОСТ 21507-2013. Защита растений. Термины и определения. Взамен ГОСТ 21507-81; введ. 2015.07.01. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.
8. Адаптивно-интегрированная защита растений: Монография / Ю.Я. Спиридонов [и др.]. М.: Печатный город, 2019. 628 с.
9. Последствие гербицидов: прогнозирование и профилактика // Ресурсосберегающее земледелие. 2019. № 42 (02). URL: <https://agriecommission.com/base/posledeistvie-gerbicidov-prognozirovanie-i-profilaktika> (дата публикации: 04.03.2020 г.).

10. Лукьянюк Н.А. Регулирование последействия гербицидов агротехническими приемами в звене свекловичного севооборота // Земледелие и селекция в Беларуси. 2020. № 56. С. 28–39.
11. Стецов Г.Я. Последействие гербицидов в Западной Сибири // Защита и карантин растений. 2015. № 3. С. 17–19.
12. Grey T.L., McCullough P.E. Sulfonylurea herbicides fate in soil: Dissipation, mobility, and other process // Weed Technol. 2012. V. 26. P. 579–581.
13. Чувствительность сельскохозяйственных культур к остаточным количествам гербицида «Фабиан» в почве / В.Н. Мороховец [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2017. № 3. С. 47–51.
14. Спиридонов Ю.Я., Халиков С.С. Разработка экологически безопасных протравителей с уникальными физико-химическими, технологическими и протекторными свойствами // Агрохимия. 2019. № 1. С. 42–47. DOI: 10.1134/S0002188119010125.
15. Филипчук О.Д. Системное биотестирование компонентов агроценоза на экологическую безопасность (проблемно-методологический обзор) // Агрохимия. 2018. № 9. С. 84–92. DOI: 10.1134/S0002188118090065.
16. Последействие гербицидов и динамика их разложения в различных агроландшафтах / Ю.Я. Спиридонов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 27–31.
17. Санин С.С. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 9–16.
18. Инновационный подход в создании протравителей с антидотным действием против почвенных остатков гербицидов сульфонилмочевинного ряда / Ю.Я. Спиридонов [и др.] // Агрохимия. 2019. № 5. С. 35–47. DOI: 10.1134/S0002188119050089.
19. Дворянкин Е.А. Реакция сахарной свеклы на примеси зерновых гербицидов в баке опрыскивателя при внесении различных свекловичных гербицидов // Агрохимия. 2022. № 5. С. 56–63. DOI: 10.31857/S0002188122040068.
20. Дворянкин Е.А. Влияние загрязнения опрыскивателя остаточными количествами сульфонилмочевины и имидазолинона на продуктивность сахарной свеклы // Агрохимия. 2021. № 4. С. 62–69. DOI: 10.31857/S0002188121040037.
21. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 3–6.
22. Изучение чувствительности сельскохозяйственных культур к почвенным остаткам гербицидов Пивот, Фабиан, Лазурит и Пропонит / В.Н. Мороховец [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2019. № 3. С. 73–78. DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.013.
23. Evaluation of cover crop sensitivity to residual herbicides applied in the previous soybean [Glycine max (L.) Merr] crop / D. Whalen [et al.] // Weed Technology. 2019. № 33 (2). P. 312–320. DOI: 10.1017/wet.2019.10.
24. Fomesafen drift affects morphophysiology of sugar beet / X. Li [et al.] // Chemosphere. 2022. Vol. 287. Part 1. 132073. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132073.
25. Peachey E., Doohan D., Koch T. Selectivity of fomesafen based systems for preemergence weed control in cucurbit crops // Crop Protection. Vol. 40. October 2012. P. 91–97. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.04.003.
26. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2022 г. М., 2022. 879 с.
27. Эффективность и безопасность для сои баковых смесей гербицидов Флекс с граминицидами / Т.В. Мороховец [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 3 (55). С. 48–57. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13033.
28. Эффективность последовательного применения гербицида Флекс с граминицидами в посевах сои / Т.В. Мороховец [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2020. № 4. (212). С. 106–115. DOI: 10.37102/08697698.2020.212.4.017.
29. Противовдольный гербицид Флекс, ВР для защиты посевов сои в Краснодарском крае / А.П. Савва [и др.] // Достижения науки и техники в АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 69–73. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-3-69.
30. Спиридонов Ю.Я. К вопросу о последействии сульфонилмочевинных гербицидов в почвах РФ и пути снижения их отрицательного действия на культурные растения // Вестник защиты растений. 2009. № 3. С. 10–19.
31. Использование метода биоиндикации для оценки остаточных количеств гербицидов в почве и их суммарной фитотоксичности: рекомендации. М.: Росагропромиздат, 1990. 39 с.

32. Спиридонов Ю.Я., Ларина Е.Г., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный город, 2009. 252 с.

References

- Zelenskaya O.V. `Ekologicheskij risk rasprostraneniya na risovyh polyah sornyh rastenij, ustojchivyh k gerbicidam. Obzor // Risovodstvo. 2021. № 1. (50). S. 76–87. DOI: 10.33775/1684-2464-2021-50-1-76-87.
- Ftorsoderzhaschie analogi promyshlennogo antidota Furilazol / A.S. Golubev [i dr.] // Agrohimiya. 2017. № 6. S. 62–67.
- Tereshkova L.P. Kurs – na bezopasnoe primeneniye gerbicidov // Zashchita i karantin rastenij. 2020. № 4. S. 3–6.
- Petrova M.O., Chermenskaya T.D., Dolzhenko V.I. Razvitie issledovanij v analiticheskoy laboratorii VIZR po ocenke ostatochnyh kolichestv pesticidov // Vestnik zashchity rastenij. 2020. № 2 (103). S. 93–99. DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-2-13571.
- Odukkathil G., Vasudevan N. Toxicity and bioremediation of pesticides in agricultural soil // Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 2013. V. 12. P. 421–444.
- Danilova A.A. Kontrol' ostatochnyh kolichestv gerbicidov v ob`ektah okruzhayuschej sredy // Agrohimiya. 2021. № 6. S. 49–56. DOI: 10.31857/S0002188121030042.
- GOST 21507-2013. Zashchita rastenij. Terminy i opredeleniya. Vzamen GOST 21507-81; vved. 2015.07.01. M.: Standartinform, 2014. 22 s.
- Adaptivno-integrirovannaya zashchita rastenij: Monografiya / Yu.Ya. Spiridonov [i dr.]. M.: Pечатnyj gorod, 2019. 628 s.
- Posledejstvie gerbicidov: prognozirovanie i profilaktika // Resursosberegayushee zemledelie. 2019. № 42 (02). URL: <https://agri-comission.com/base/posledeistvie-gerbicidov-prognozirovanie-i-profilaktika> (data publikacii: 04.03.2020 g.).
- Luk'yanyuk N.A. Regulirovanie posledejstviya gerbicidov agrotehnicheskimi priemami v zverne sveklovichnogo sevooborota // Zemledelie i selekciya v Belarusi. 2020. № 56. S. 28–39.
- Stetsov G.Ya. Posledeistvie gerbicidov v Zapadnoi Sibiri // Zashchita i karantin rastenii. 2019. № 3. S. 17–19.
- Grey T.L., McCullough P.E. Sulfonylurea herbicides fate in soil: Dissipation, mobility, and other process // Weed Technol. 2012. V. 26. P. 579–581.
- Chuvstvitel'nost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur k ostatochnym kolichestvam gerbicida «Fabian» v pochve / V.N. Morohovec [i dr.] // Vestnik DVO RAN. 2017. № 3. S. 47–51.
- Spiridonov Yu.Ya., Halikov S.S. Razrabotka `ekologicheski bezopasnyh protravitelej s unikal'nymi fiziko-himicheskimi, tehnologicheskimi i protektornymi svojstvami // Agrohimiya. 2019. № 1. S. 42–47. DOI: 10.1134/S0002188119010125.
- Filipchuk O.D. Sistemnoe biotestirovanie komponentov agrocenoza na `ekologicheskuyu bezopasnost' (problemno-metodologicheskij obzor) // Agrohimiya. 2018. № 9. S. 84–92. DOI: 10.1134/S0002188118090065.
- Posledejstvie gerbicidov i dinamika ih razlozheniya v razlichnyh agrolandshtafah / Yu.Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. № 4. S. 27–31.
- Sanin S.S. Zashchita rastenij i ustojchivoe zemledelie v XXI stoletii // Zashchita i karantin rastenij. 2020. № 4. S. 9–16.
- Innovacionnyj podhod v sozdanii protravitelej s antidotnym dejstviem protiv pochvennyh ostatkov gerbicidov sul'fonilmochevinnogo ryada / Yu.Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrohimiya. 2019. № 5. S. 35–47. DOI: 10.1134/S0002188119050089.
- Dvoryankin E.A. Reakciya saharnej svekly na primesi zemnyh gerbicidov v bake opryskivatelya pri vnesenii razlichnyh sveklovichnyh gerbicidov // Agrohimiya. 2022. № 5. S. 56–63. DOI: 10.31857/S0002188122040068.
- Dvoryankin E.A. Vliyanie zagryazneniya opryskivatelya ostatochnymi kolichestvami sul'fonilmocheviny i imidazolinona na produktivnost' saharnej svekly // Agrohimiya. 2021. № 4. S. 62–69. DOI: 10.31857/S0002188121040037.
- Sanin S.S. Problemy fitosanitarii Rossii na sovremennom `etape // Zashchita i karantin rastenij. 2016. № 4. S. 3–6.
- Izuchenie chuvstvitel'nosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur k pochvennym ostatkam gerbicidov Pivot, Fabian, Lazurit i Proponit / V.N. Morohovec [i dr.] // Vestnik DVO RAN. 2019. № 3. S. 73–78. DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.013.

23. Evaluation of cover crop sensitivity to residual herbicides applied in the previous soybean [*Glycine max* (L.) Merr] crop / *D. Whalen* [et al.] // *Weed Technology*. 2019. № 33 (2). P. 312-320. DOI: 10.1017/wet.2019.10.
24. Fomesafen drift affects morphophysiology of sugar beet / *X. Li* [et al.] // *Chemosphere*. 2022. Vol. 287. Part 1. 132073. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132073.
25. *Peachey E., Doohan D., Koch T.* Selectivity of fomesafen based systems for preemergence weed control in cucurbit crops // *Crop Protection*. Vol. 40. October 2012. P. 91–97. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.04.003.
26. Spisok pesticidov i agrohimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii. 2022 g. M., 2022. 879 s.
27. 'Effektivnost' i bezopasnost' dlya soi bakovykh smesej gerbicidov Fleks s graminicidami / *T.V. Morohovec* [i dr.] // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2020. № 3 (55). S. 48–57. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13033.
28. 'Effektivnost' posledovatel'nogo primeneniya gerbicida Fleks s graminicidami v posevah soi / *T.V. Morohovec* [i dr.] // *Vestnik DVO RAN*. 2020. № 4. (212). S. 106–115. DOI: 10.37102/08697698.2020.212.4.017.
29. Protivodvudol'nyj gerbicide Fleks, VR dlya zaschity posevov soi v Krasnodarskom krae / *A.P. Savva* [i dr.] // *Dostizheniya nauki i tehniki v APK*. 2022. T. 36. № 3. S. 69–73. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-3-69.
30. *Spiridonov Yu.Ya.* K voprosu o posledestvii sul'fonilmochevinykh gerbicidov v pochvah RF i puti snizheniya ih otricatel'nogo dejstviya na kul'turnye rasteniya // *Vestnik zaschity rastenij*. 2009. № 3. S. 10–19.
31. Ispol'zovanie metoda bioindikacii dlya ocenki ostatochnykh kolichestv gerbicidov v pochve i ih summarnoj fitotoksichnosti: rekomendacii. M.: Rosagropromizdat, 1990. 39 s.
32. *Spiridonov Yu.Ya., Larina E.G., Shestakov V.G.* Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu gerbicidov, primenyaemyh v rastenievodstve. M.: Pechatnyj gorod, 2009. 252 s.

Статья принята к публикации 23.11.2022 / The article accepted for publication 23.11.2022.

Информация об авторах:

Вадим Николаевич Мороховец¹, директор, кандидат биологических наук

Зоя Викторовна Басай², старший научный сотрудник лаборатории токсикологии гербицидов, кандидат сельскохозяйственных наук

Тамара Викторовна Мороховец³, ведущий научный сотрудник лаборатории токсикологии гербицидов, кандидат сельскохозяйственных наук

Светлана Сергеевна Вострикова⁴, научный сотрудник лаборатории токсикологии гербицидов

Елена Сергеевна Маркова⁵, младший научный сотрудник лаборатории токсикологии гербицидов

Нина Сергеевна Скорик⁶, младший научный сотрудник лаборатории токсикологии гербицидов

Information about the authors:

Vadim Nikolaevich Morokhovets¹, Director, Candidate of Biological Sciences

Zoya Viktorovna Basai², Senior Researcher at the Herbicide Toxicology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Tamara Viktorovna Morokhovets³, Leading Researcher at the Herbicide Toxicology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Svetlana Sergeevna Vostrikova⁴, Researcher at the Herbicide Toxicology Laboratory

Elena Sergeevna Markova⁵, Junior Researcher at the Herbicide Toxicology Laboratory

Nina Sergeevna Skorik⁶, Junior Researcher at the Herbicide Toxicology Laboratory