

УДК 633.853.52:632.51:632.954:001.5:631.599:633:631.453

DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.013

В.Н. МОРОХОВЕЦ, З.В. БАСАЙ,  
Т.В. МОРОХОВЕЦ, Т.В. ШТЕРБОЛОВА

## Изучение чувствительности сельскохозяйственных культур к почвенным остаткам гербицидов Пивот, Фабиан, Лазурит и Пропонит

*В 2011–2016 гг. в Дальневосточном научно-исследовательском институте защиты растений в серии опытов с применением метода биологической индикации в условиях вегетационного домика изучена чувствительность 13 сельскохозяйственных культур к почвенным остаткам гербицидов Фабиан, Пивот, Лазурит, Пропонит, сохранившимся после их довсходового применения в посевах сои при нормах расхода 0,1 кг/га, 0,8 л/га, 1,0 кг/га и 3,0 л/га соответственно. Семена тестируемых культур высевали в почву с обработанных гербицидами участков, отобранную после уборки сои и/или весной следующего года до начала полевых работ. По снижению высоты и сырой надземной массы опытных растений в сравнении с контролем (без применения гербицидов) судили о токсичности для тестируемых культур остатков гербицидов, сохранившихся в почве. Фиксировались прочие признаки угнетения и повреждения тест-растений в течение их вегетации. Из испытанных культур наиболее чувствительной к остаточным количествам всех изучаемых гербицидов оказалась свекла столовая. Почвенные остатки Фабиана, Пивота и Лазурита существенно угнетали морковь, гречиху и белокочанную капусту. Высокую чувствительность к Пивоту также проявил огурец. Выявленные восприимчивые к остаткам гербицидов культуры следует исключить из севооборота с соей до полного разложения препаратов, оказавших на них токсическое действие. Отрицательного последействия Пропонита на тест-культуры не зафиксировано.*

*Значительных различий в фитотоксичности гербицидов с выявленным последействием в вариантах с разными сроками отбора почвенных образцов не отмечено.*

*Ключевые слова: гербициды, Фабиан, Пивот, Лазурит, Пропонит, остаточные количества, сельскохозяйственные культуры, последействие, токсичность, чувствительность.*

**Study of sensitivity of crops to soil residues of herbicides Pivot, Fabian, Lazurit and Proponit.**  
V.N. MOROKHOVETS, Z.V. BASAI, T.V. MOROKHOVETS, T.V. SHTERBOLOVA (Far Eastern Scientific Research Institute of Plant Protection, Primorsky Krai, Kamen-Rybolov village).

*In 2011–2016, the sensitivity of 13 crops to soil residues of herbicides Fabian, Pivot, Lazurit, Proponit, preserved after their pre-emergence use in soybean crops in the consumption rates of 0.1 kg/ha, 0.8 l/ha, 1.0 kg/ha and 3.0 l/ha, respectively, was studied at the Far Eastern Scientific Research Institute of Plant Protection in the conditions of a plant-house in a series of experiments using the biological indication method. The seeds of the tested crops were sown into the soil from herbicide-treated plots, selected after soybean harvesting and/or in the spring of the next year before the start of field work. According to the decrease in height and crude aboveground mass of experimental plants in comparison with the control (without the use of herbicides), the toxicity of herbicide residues preserved in the soil for the tested crops was judged. Other signs of oppression and damage of test plants during their vegetation were recorded. The most sensitive of the tested cultures to the residual amounts of all studied herbicides was beet. Soil residues of Fabian,*

\*МОРОХОВЕЦ Вадим Николаевич – кандидат биологических наук, врио директора, БАСАЙ Зоя Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, МОРОХОВЕЦ Тамара Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ШТЕРБОЛОВА Татьяна Владимировна – научный сотрудник (Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений, Приморский край, с. Камень-Рыболов). \*E-mail: dalniizr@mail.ru

*Pivot and Lazurit significantly oppressed carrot, buckwheat and cabbage. Cucumber also showed a high sensitivity to Pivot. Cultures susceptible to herbicide residues that were identified should be excluded from crop rotation with soy to complete decomposition of drugs that have had a toxic effect on them. There was no negative after effect of Proponit on the test culture used in the experiments. There were no significant differences in phytotoxicity of herbicides with revealed aftereffect in variants with different terms of soil samples selection.*

*Key words: herbicides, Fabian, Pivot, Lazurit, Proponit, residual amounts, agricultural crops, aftereffect, toxicity, sensitivity.*

На практике основными экологическими проблемами при применении гербицидов являются их фитотоксичность по отношению к защищаемым культурам и последующим культурам в севообороте. Последствие гербицидов определяется их персистентностью – способностью сохранять биологическую активность при длительном нахождении в почве [5, 14]. Активность гербицидов разных классов широко варьирует и зависит от свойств почвы, температурно-влажностного режима, особенностей индикаторного растения. Особый интерес представляют исследования современных гербицидных препаратов, относящихся к имидазолинонам и производным сульфонилмочевины [1, 11, 12, 15]. Представители этих классов отличаются высокой избирательностью, малыми эффективными дозами, средним уровнем устойчивости в почве. Но в ряде случаев их применение отмечено остаточным отрицательным последствием на культуры севооборота, что связано не только с технологическими нарушениями (завышенные нормы расхода, плохо отлаженная техника, неравномерное распределение препарата и др.), но и неправильным чередованием культур.

Существуют жесткие ограничения на применение гербицидов, обладающих отрицательным последствием на культуры-преемники. Например, в Западной Европе, США и Канаде запрещено применение препаратов на основе клопиралида, дикамбы, пиклорама и ряда других в севооборотах с картофелем. Возделывание после них картофеля разрешено только после проведения биотеста почвы, а также внесения навоза или компоста [10].

На Дальнем Востоке России часто используют такие гербициды, как Пивот, Лазурит, Фабиан.

Считается, что после применения Пивота зерновые (кукуруза, пшеница, овес, ячмень, рожь) можно сеять через год, а свеклу, рапс и овощные культуры – не ранее чем через 2–2,5 года [11]. При дефиците почвенной влаги остаточные количества этого гербицида могут снижать урожайность овса [8]. Засуха в сезон применения Лазурита также способствует его сохранению в почве и проявлению токсичности по отношению к чувствительным культурам [6].

В наших токсикологических исследованиях [7] максимально высокую чувствительность к Фабиану при его внесении в лугово-бурую почву проявили свекла столовая, горчица белая и капуста белокочанная:  $ED_{50}$  (норма расхода гербицида, вызывающая 50%-е снижение массы тест-растений) составила от 4,4–8,2 г/га,  $ED_{20}$  – 1,3–2,9 г/га.

Новый препарат Пропонит, по данным разработчиков, не имеет последствия, разлагаясь в почве в течение 30 дней, и лишь один продукт его разложения сохраняет активность до 100 дней, оказывая пролонгированное остаточное действие. Но для последующих культур это проблемы не представляет [9].

При определении остаточных количеств гербицидов применяют физико-химические методы и биотестирование [3, 4]. Из физико-химических наиболее часто употребляют метод, основанный на использовании высокоэффективной жидкостной хроматографии. Он прост, но требует специального оборудования, к тому же имеет достаточно серьезный недостаток – нижний предел количественного определения не позволяет оценить микроколичества веществ, которые оказываются еще довольно токсичными для высокочувствительных к гербициду сельскохозяйственных культур. Биологический метод позволяет количественно определить суммарное содержание фитотоксичных веществ в почве или суммарные воздействия на культуру не только используемого гербицида, но и всех продуктов его трансформации, многие из которых характеризуются зачастую большей фитотоксичностью, чем исходный препарат [11].

Цель исследований – с использованием метода биологической индикации оценить степень безопасности для ряда культур содержащихся в почве остаточных количеств гербицидов Фабиан, Пивот, Лазурит и Пропонит.

### Материалы и методика исследований

Оценку чувствительности сельскохозяйственных культур к биологически активным остаткам гербицидов Фабиан, ВДГ (д.в. имазетапир 450 г/кг + хлоримурон-этил 150 г/кг), Пивот, ВК (д.в. имазетапир 100 г/л), Лазурит, СП (д.в. метрибузин 700 г/кг), Пропонит, КЭ (д.в. пропизохлор 720 г/л) в почве провели в 2011–2016 гг. в серии опытов в условиях вегетационного домика в соответствии с «Методическим руководством по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве» [13]. Изучаемые препараты использовались в деляночных экспериментах после посева (до всходов) сои при следующих нормах расхода: Фабиан – 0,1 кг/га, Пивот – 0,8 л/га, Лазурит – 1,0 кг/га, Пропонит – 3,0 л/га. Образцы почвы из пахотного слоя (0–20 см) отбирали с опытных и контрольных (без обработки гербицидами) участков поля (делянок) по окончании сезона осенью и/или весной следующего года, примерно через 4,5 и 11 мес. после применения препаратов. Отобранную почву высушивали в тени до воздушно-сухого состояния, измельчали, просеивали через сито 5 мм, помещали в сосуды объемом 500 см<sup>3</sup>. В нее высевали сорта тестируемых культур: пшеницу Приморская 39, ячмень Приморский 89, овес Тигровый, подсолнечник Местный, кукурузу гибридной популяции Славянка, гречиху Изумруд, рис Дарий 23, огурец Дальневосточный 27, капусту Слава 1305, морковь Королева осени, томаты Волгоградские 5/95, свеклу столовую Бордо 237. Картофель сорта Сантэ высаживали кусочками клубней с ростками. Повторность опытов 10-кратная.

При проведении исследований наблюдали за развитием опытных растений, фиксировали проявление различных признаков их угнетения и повреждения. Окончательно действие остатков гербицидов на тест-культуры оценивали через 25–30 сут после посева (посадки) по изменению высоты и биомассы надземных органов опытных растений в сравнении с контролем. Полученные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2] с использованием компьютерной программы.

### Результаты и обсуждение

*Развитие тест-культур в почве, отобранной через 4,5 мес. после обработки гербицидами (рис. 1)*

Признаки отрицательного последствия Фабиана наиболее наглядно и разнообразно проявлялись на свекле столовой, капусте белокочанной и гречихе. Спустя 10–14 сут после появления всходов отмечены отставание опытных растений в росте, деформация листьев с признаками хлороза и некрозом жилок. Корневая система опытных растений свеклы, гречихи и особенно капусты к концу проведения опытов также была угнетена и слабо развита. В меньшей степени угнетение роста и хлороз листовых пластинок отмечены у подсолнечника, томата, риса и моркови. У огурца, картофеля, кукурузы и овса наблюдалось лишь некоторое изменение интенсивности окраски (осветление) растений. У остальных культур каких-либо видимых признаков угнетения почвенными остатками Фабиана не обнаружено.

Как результат последствия Пивота отмечены хлороз, покраснение (некроз) листовых жилок и отставание в росте опытных растений томатов, гречихи, огурца, моркови, капусты белокочанной, свеклы столовой, снижение биомассы томатов на 8 % и огурца на 18 %. Масса и высота опытных растений картофеля, риса, подсолнечника, кукурузы, овса, ячменя и пшеницы существенно не отличались от контрольных показателей.

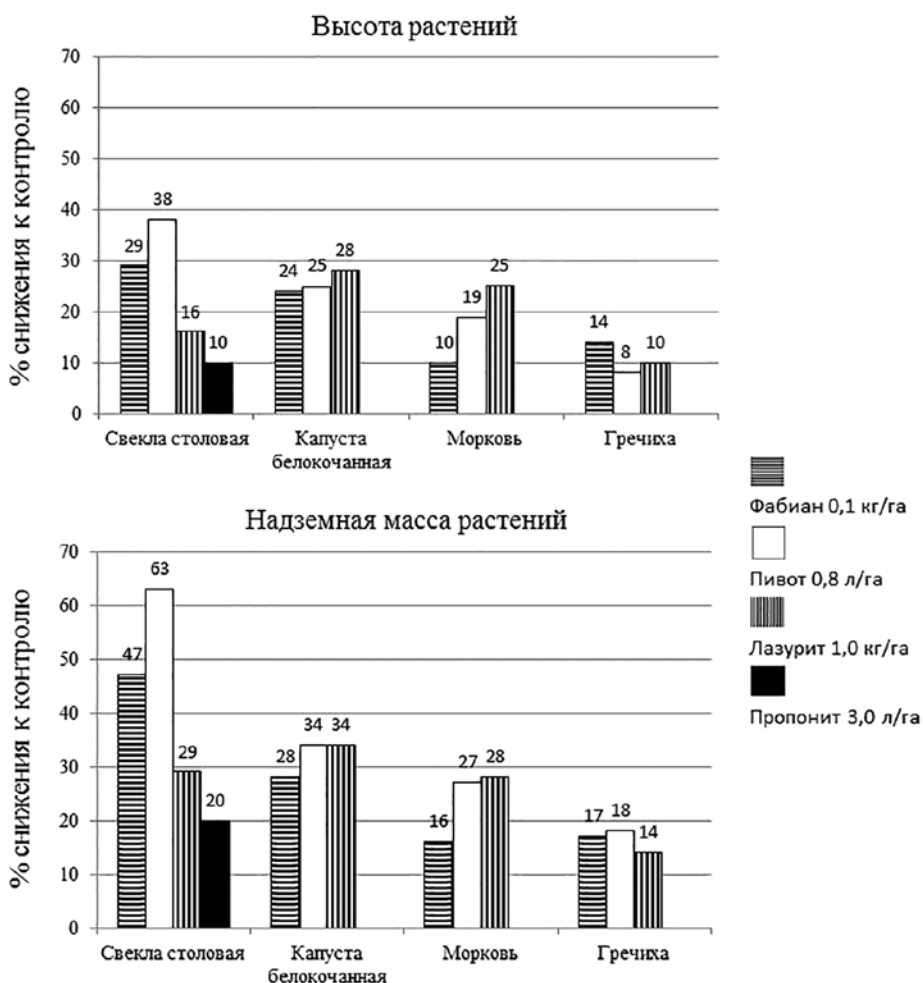


Рис. 1. Последствие гербицидов на наиболее чувствительные сельскохозяйственные культуры через 4,5 мес. после применения

Фитотоксическое действие остаточных количеств Лазурита проявлялось в торможении роста огурца, гречихи, моркови, капусты белокочанной и свеклы столовой. У гречихи, моркови и белокочанной капусты также было заметно уменьшение размеров листовых пластинок.

Таким образом, замеры и взвешивание растений после срезки показали, что в почве спустя 4,5 мес. после применения Фабиана, Пивота и Лазурита сохраняются их остаточные количества, способствующие значительному и существенному ( $P = 95\%$ ), по сравнению с контролем, снижению высоты и сырой надземной массы растений, особенно свеклы столовой, капусты белокочанной, моркови, гречихи.

Обработка Пропонитом сказалась только на свекле столовой в форме замедления роста и развития.

*Развитие тест-культур в почве, отобранной через 11 мес. после обработки гербицидами (рис. 2)*

Признаки угнетения и симптомы повреждения растений в варианте с весенним отбором образцов почвы были подобны наблюдаемым в предыдущем опыте, но слабее выражены.

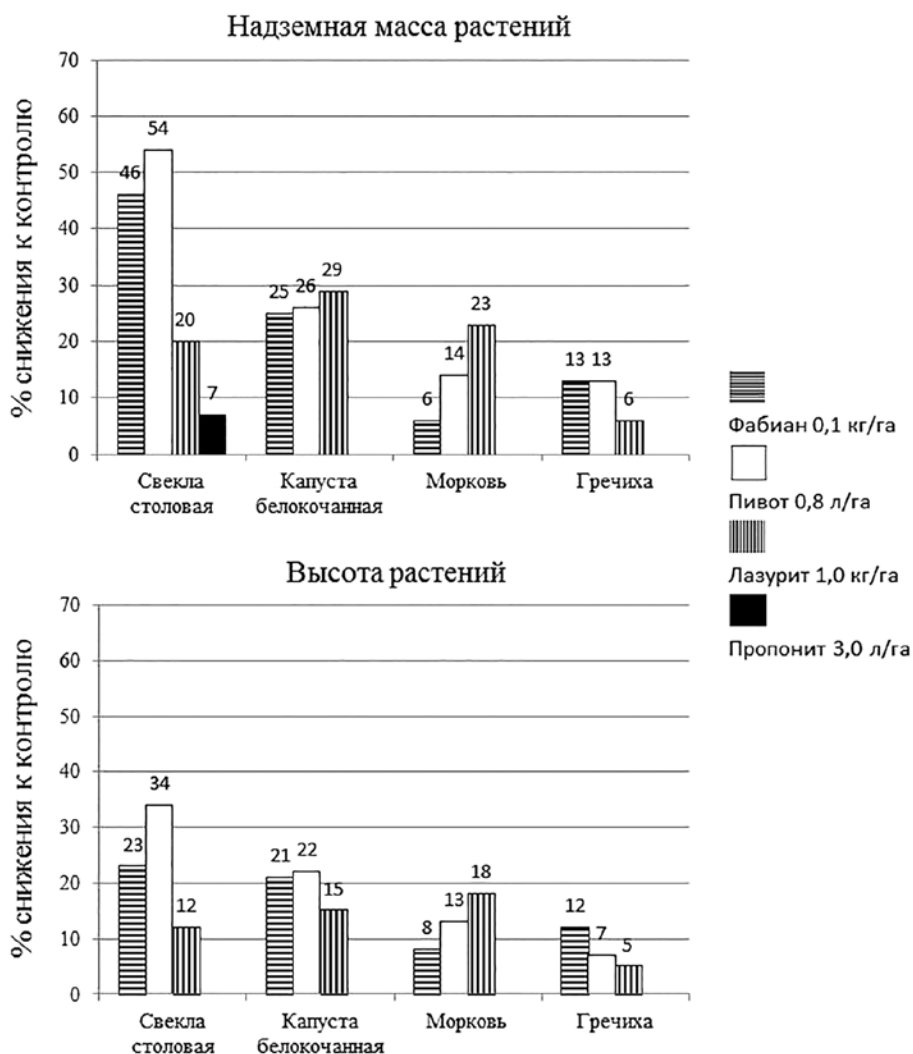


Рис. 2. Последствие гербицидов на наиболее чувствительные сельскохозяйственные культуры через 11 мес. после применения

Спустя 11 мес. после применения Фабиан, Пивот и Лазурит наиболее сильно и статистически существенно угнетали развитие надземной массы и рост свеклы столовой и капусты белокочанной. Значительное подавление надземной массы и снижение высоты растений моркови зафиксировано при последствии Пивота и Лазурита, незначительное – Фабиана. Снижение биомассы и высоты растений гречихи из-за влияния остатков Фабиана, Пивота и Лазурита оказалось статистически незначительным. Не было отмечено какого-либо отрицательного действия остатков гербицидов на картофель, огурец, томаты, подсолнечник, рис, кукурузу, овес, ячмень, пшеницу.

Пропонит не оказывал какого-либо негативного последствия на все изучаемые культуры севооборота за исключением свеклы столовой, надземная масса которой была ниже контрольного значения на 7 %.

## Заключение

В почвенно-климатических условиях юга Дальнего Востока применение гербицида Пропонит (3,0 л/га) до появления всходов сои является безопасным для последующих культур севооборота из числа использованных в опытах. Незначительному угнетению почвенными остатками и метаболитами данного препарата может быть подвержена только свекла столовая.

Даже через 11 мес. после применения Фабиана 0,1 кг/га, Пивота 0,8 л/га и Лазурита 1,0 кг/га в почве сохраняются их остаточные количества, способные оказывать значительное токсическое действие (проявление визуально заметных признаков угнетения и повреждения растений, существенное снижение их биомассы и высоты) на капусту белокочанную и свеклу столовую. Чувствительной к остаточным количествам Пивота и Лазурита является морковь. Использование Фабиана и Пивота служит фактором риска для последующего возделывания гречихи.

Не выявлено значительных различий по спектру чувствительных культур, признакам и уровням фитотоксичности у гербицидов с выявленным последствием (Фабиан, Пивот, Лазурит) в вариантах с разными сроками отбора почвенных образцов, что можно объяснить таким известным явлением, как подавление микробного разложения химических препаратов в почве при пониженных температурах в осенне-зимний период.

После применения потенциально опасных гербицидов с выраженным последствием рекомендуется предварительное проведение биотеста почвенных образцов с использованием культур, предполагаемых к посеву.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гулидов А.М. О последствии гербицидов // Защита и карантин растений. 2003. № 2. С. 25–28.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основаниями статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Использование метода биоиндикации для оценки остаточных количеств гербицидов в почве и их суммарной фитотоксичности: рекомендации. М.: Росагропромиздат, 1990. 39 с.
4. Ларина Г.Е., Спиридонов Ю.Я., Захаров С.А., Захарова Т.В. Индикация остатков гербицидного препарата Пульсар в объектах агроценоза // Агрохимия. 2001. № 4. С. 67–75.
5. Ларина Г.Е., Спиридонов Ю.Я., Захаров С.А., Захарова Т.В. Оценка и прогноз фитотоксичности сульфонилмочевинных и имидазолиновых гербицидов // Агрохимия. 2004. № 4. С. 22–32.
6. Мороховец В.Н., Басай З.В., Яковец В.П. Последствие гербицида Лазурит, примененного в посевах сои // Современные проблемы исследований в биологии: сб. науч. тр. / РАСХН, Дальневост. науч. центр, ВНИИ сои. Благовещенск, 2009. С. 84–88.
7. Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Басай З.В. Результаты изучения эффективности гербицида Фабиан // Достижения науки и техники АПК. 2014. Т. 28, № 12. С. 20–23.
8. Мороховец Т.В., Яковец В.П., Мороховец В.Н. Эффективность Пивота в посевах сои и его последствие на культуры севооборота // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока: сб. науч. тр. / РАСХН. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 225–230.
9. Насонова Д. Новый формат продвижения СЗР в России // Защита растений [газ.]. 2013. № 5. С. 10.
10. Санин С.С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства // Защита и карантин растений. 2013. № 12. С. 3–8.
11. Спиридонов Ю.Я. К вопросу о последствии сульфонилмочевинных гербицидов в почвах РФ и пути снижения их отрицательного действия на культурные растения // Вестн. защиты растений. 2009. № 3. С. 10–19.
12. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г., Ларина Г.Е., Спиридонова Г.С. Как ослабить остаточное действие сульфонилмочевинных гербицидов // Защита и карантин растений. 2006. № 2. С. 59–61.
13. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный Город, 2009. 252 с.
14. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Практика создания и эффективного применения комбинированных отечественных гербицидов в борьбе с сорняками в посевах зерновых колосовых культур // Агрохимия. 2013. № 1. С. 35–49.
15. Стецов Г.Я. Последствие гербицидов в Западной Сибири // Защита и карантин растений. 2015. № 3. С. 17–19.