

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРЕПАРАТОВ ГОРГОН, ВРК, ЛАНЦЕЛОТ, ВДГ И МАГНУМ, ВДГ НА ГОРОХЕ ПОСЕВНОМ (*Pisum sativum*) В ВЕГЕТАЦИОННОМ ОПЫТЕ

© 2019 г. М. В. Колупаев^{1,*}, А. Г. Львов^{1,**}, Л. М. Нестерова¹,
М. С. Сукачева¹, А. Ю. Тюмаков¹

¹АО «Август»

129515, Москва, ул. Цандера, 6, Россия

*E-mail: m.kolupaev@avgust.com

**E-mail: a.lvov@avgust.com

Поступила в редакцию 18.10.2018 г.

После доработки 06.11.2018 г.

Принята к публикации 10.02.2019 г.

В последнее время в РФ расширяется регистрация гербицидов для зерновых культур, содержащих действующие вещества с длительным последствием, таких как аминопиралид и пиклорам. При этом отмечена тенденция к возрастанию доли этих действующих веществ как в препаративной форме, так и в гектарной норме расхода. С ростом ассортимента гербицидов и объемов их применения риск последствия увеличивается. В данной работе изучали последствие препаратов горгон, ВРК, ланцелот, ВДГ и магнум, ВДГ в нормах расхода, зарегистрированных для применения на зерновых культурах, в контролируемых лабораторных условиях. Показано, что остатки этих гербицидов в почве через год инкубирования в лабораторных условиях вызывали существенное угнетение гороха посевного. Дана сравнительная оценка опасности каждого из них для этой культуры

Ключевые слова: пиклорам, аминопиралид, клопиралид, последствие препаратов, горгон, ВРК, ланцелот, ВДГ, магнум, ВДГ, горох посевной (*Pisum sativum*), вегетационный опыт.

DOI: 10.1134/S0002188119050065

ВВЕДЕНИЕ

Пиклорам, аминопиралид и клопиралид являются представителями химического класса гербицидов производных пиридинкарбоновой кислоты, к которому также относятся триклопир, флуроксипир. Гербициды данной химической группы широко востребованы из-за их невысокой стоимости, хорошей эффективности и низкой токсичности для млекопитающих. Наиболее устойчивые в почве действующие вещества этого класса – пиклорам, аминопиралид, клопиралид [1].

При нормах применения этих гербицидов от десятков до сотен г/га остатки действующих веществ могут представлять опасность для чувствительных видов растений в концентрациях: для пиклорама – <0.25 мкг/кг почвы, клопиралида – <10 мкг/кг, аминопиралида – <0.2 мкг/кг [2, 3], что меньше пределов их обнаружения инструментальными методами контроля. Например, предел обнаружения пиклорама в почве хроматографическими методами (ТЖХ, ВЭЖХ, ГЖХ) составля-

ет 5–10 мкг/кг [4–6]. Таким образом, фитотоксичные концентрации этих пестицидов могут составлять десятые доли от внесенного количества в максимальных нормах расхода в пересчете на массу пахотного горизонта почвы плотностью 1 г/см³, а периоды исчезновения из почвы 90% внесенного вещества (ДТ₉₀) могут составлять более полугода в зависимости от почвенно-климатических условий и физико-химических свойств самих действующих веществ. Для оценки риска последствия препаратов на основе указанных действующих веществ используют метод биотестирования [7].

В мировой практике пиклорам и аминопиралид в основном применяют в качестве гербицидов сплошного действия [8], однако в последнее время они нашли применение в препаративных формах, предназначенных для обработки полевых культур, в основном зерновых и рапса. В таких гербицидах доля пиклорама и аминопиралида несравнимо меньше, чем в препаратах общеистребляющего действия. Возможно по этой

причине регламентные ограничения в севообороте для препаратов, применяемых на зерновых культурах и рапсе и содержащих аминопиралид, пиклорам и клопиралид, в РФ не установлены. Только для 2-х препаратов на основе этих действующих веществ – ланцелота, ВДГ (аминопиралид 300 г/кг + флорасулам 150 г/кг) и галеры супер, ВР (клопиралид 267 г/л + пиклорам 80 г/л + аминопиралид 17 г/л) – прописан перечень культур, разрешенных в случае пересева в сезон применения [9]. В то же время в зарубежных рекомендациях по применению препарата галера 334, ВР (клопиралид 267 г/л + пиклорам 67 г/л), для которого в РФ нет ограничений в севообороте, безопасные сроки высева для основных культур севооборота тщательно прописаны и достигают 3-х лет с момента обработки [10]. На наш взгляд, такое положение дел складывается в силу того, что ограничения для севооборота при применении гербицидов в сельском хозяйстве в условиях РФ практически не изучают из-за недооценки существующей проблемы государственными организациями, регламентирующими процесс регистрации препаратов. Этой работой авторы хотели привлечь внимание уполномоченных структур к этой важной тематике. Цель работы – сравнительная оценка последствий препаратов горгон, врк, ланцелот, вдг и магнум, вдг на горохе посевном (*Pisum sativum*) в вегетационном опыте.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве модельных препаратов использовали гербициды ланцелот 450, ВДГ (аминопиралид 300 г/кг + флорасулам 150 г/кг) – для оценки действия аминопиралид, препарат горгон, ВРК (пиклорам 150 г/л + МЦПА кислота 350 г/л) – для оценки действия пиклорама, препарат магнум, ВДГ (метсульфурон-метил 600 г/кг) – для оценки действия метсульфурон-метила.

Следует отметить, что препараты горгон, ВРК и ланцелот, ВДГ, кроме пиклорама и аминопиралид содержат 2М-4Х и флорасулам соответственно. Период полураспада 2М-4Х в почве (DT_{50}) составляет 25 сут, флорасулама – 8.5 сут [11].

Метсульфурон-метил использовали для сравнения, поскольку его последствие в полевых условиях достаточно хорошо изучено в силу многолетней практики применения гербицидов на его основе. Таким образом, эксперименты проводили для того, чтобы получить информацию, позволяющую оценить, насколько опасным в сравнении с метсульфурон-метилом, с точки зрения последствий, является применение в посевах

Таблица 1. Агрохимические показатели почвы опыта

N _{легкогидр}	NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %	pH _{KCl}
9.8	3.31	2.18	26.4	4.49	6.91

зерновых культур препаратов на основе пиклорама и аминопиралид при использовании их в зарегистрированных регламентах применения.

Оборудование. Исследование проводили в камере ЛИК с контролируемой температурой, влажностью воздуха и освещением. Температуру и влажность воздуха поддерживали прецизионным кондиционером SUAC0151 (Германия). Освещение обеспечивали 4-мя светильниками ЖСП 64 с натриевыми лампами высокого давления ДНаЗ Супер/Reflux S 600, а также светодиодными лампами: белые – LED-100W-13C 100 Вт, цветные – LED-100W-30C-UV2 100 Вт, линзы 50 мм (над каждым стеллажом площадью 5 м² (1.8 × 2.8) было равномерно установлено по 30 светодиодов с линзами).

Навески препаратов брали на весах аналитических ОНАУС Scout Pro 2-го класса точности (по ГОСТ 24104-2001).

Почва. Опыты проводили на черноземе обыкновенном среднегумусном, отобранном в Павловском р-не Воронежской обл., 10 августа 2016 г. Агрохимические свойства почвы представлены в табл. 1. Агрохимические показатели почвы определяли в лаборатории ООО «Агроанализ-Дон» г. Азов по следующим методикам: подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26205–91, содержание гумуса – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-91, нитратного азота – ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86, щелочногидролизованного (легкогидролизующего) азота в почве – по методу Корнфилда (в модификации ЦИНАО), приготовление солевой вытяжки и определение ее pH – по методике ЦИНАО (ГОСТ 26483-85).

Обработка. Для обработки препаратами почву помещали в полистироловые поддоны размером 40 × 25 × 10 см, вмещавшие по 5 кг почвы в трехкратной повторности. Одновременно обрабатывали все 3 поддона каждого варианта. Обработку проводили с помощью лабораторной опрыскивающей установки ЛУ 1.01 конструкции ВИЗР, представляющей собой дисковый опрыскиватель. Размер диска – 5 см, скорость вращения – 14 тыс. об./мин, расход рабочей жидкости –

Таблица 2. Общая схема опыта

Норма расхода препарата, мл(г)/га	
Опыты 2–6 (50, 135, 246, 304, 357 сут после обработки)	Опыт 1 (1-е сут после обработки)
Горгон, ВРК (пиклорам 150 г/л + МЦПА кислота 350 г/л)	
10.4	1.56
20.8	3.12
41.7	5.21
83.3	10.4
167	20.8
	41.7
Ланцелот 450, ВДГ (аминопиралид 300 г/кг + флорасулам 150 г/кг)	
2.09	0.25
4.18	0.5
8.35	1.06
16.7	2.09
33.4	4.18
	8.35
Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил 600 г/га)	
0.62	0.07
1.25	0.15
2.5	0.31
5	0.63
10	1.25
	2.5

37 мл/м² (соответствует полевой норме расхода рабочей жидкости 370 л/га), коэффициент вариации при опрыскивании составлял 6%. Основная часть капель рабочего раствора при обработке имела диаметр от 50 до 70 мкм. На момент обработки почва имела воздушно-сухое состояние, при закладке опыта имела рассыпчатую структуру без пыления.

Тест-растения. Для выбора тест-растения предварительно были проведены эксперименты с использованием 4-х культур: подсолнечника, гороха, свеклы сахарной и гречихи. Все культуры обрабатывали 5-ю дозировками каждого препарата по схеме для получения кривой “доза–эффект”. Наиболее чувствительным в отношении всех 3-х гербицидов в наших условиях оказался горох посевной (*Pisum sativum*), который в дальнейшем и использовали в качестве тест-растения

при выполнении основного опыта с инкубированием обработанной почвы.

Основные этапы эксперимента. Обработка основного объема почвы была проведена 6 сентября 2016 г. После обработки почву в поддонах помещали в вегетационную камеру с контролируемой климатическими условиями: фотопериодические параметры: 16 ч – день, 8 ч – ночь; температура дневного периода 24°C, ночного периода 20°C; относительная влажность воздуха дневного периода – 70, ночного периода – 80%. Почву в поддонах периодически (примерно раз в 5 сут) увлажняли для того, чтобы ее влажность была в диапазоне показателей, характерных для полевых условий (40–60% ПВ).

Через определенное время из поддонов изымали 2.5 кг почвы каждого варианта, эту почву равномерно затаривали в 5 стаканчиков из вспененного полистирола объемом 0.4 л. В качестве тест-растений использовали горох сорта Фараон. После закладки опыта растения выращивали в камере роста в контролируемых климатических условиях, описанных выше. Освещенность опытов поддерживали на уровне 10 тыс. лк (1- и 6-й опыты) и 20 тыс. лк (2-, 3-, 4- и 5-й опыты). Опыты закладывали в 5-ти дозировках, начиная от максимальных норм расхода препаратов, зарегистрированных для зерновых культур (горгон, ВРК – 166.7 мл/га, ланцелот, ВДГ – 33 г/га, магнум, ВДГ – 10 г/га), каждая последующая дозировка была в 2 раза меньше предыдущей. Всего было проведено 6 опытов, их закладывали через 1, 50, 135, 246, 304 и 357 сут после обработки почвы. Общая схема опыта дана в табл. 2.

Учет эффективности и скорости разложения препаратов в почве. Через 3–4 нед после посева тест-растения срезали, взвешивали их биомассу в каждом сосуде. Эффективность оценивали по уменьшению наземной биомассы растений в обработанных вариантах по сравнению с контролем. Полученные результаты обработаны статистически с использованием *R*-системы (<https://www.r-project.org>) [12] с целью описания кривой “доза–эффект” и расчета величин ED_{50} для каждого срока инкубирования.

Кроме того, с использованием пакета *R*-системы, а также программы Degkin [13], полученные результаты были подвергнуты математической обработке для выбора модели, наиболее адекватно описывающей процесс разложения препаратов в почве и получения на их основе показателей разложения DT_{50} и DT_{90} .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для наглядности первичные данные были рассчитаны с помощью статистического пакета R-системы для получения кривых “доза–эффект”

(рис. 1). В табл. 3 показаны рассчитанные по этим кривым величины ED_{50} .

Установлено, что в опыте без инкубирования (высев тест-культуры через 1 сут после обработки

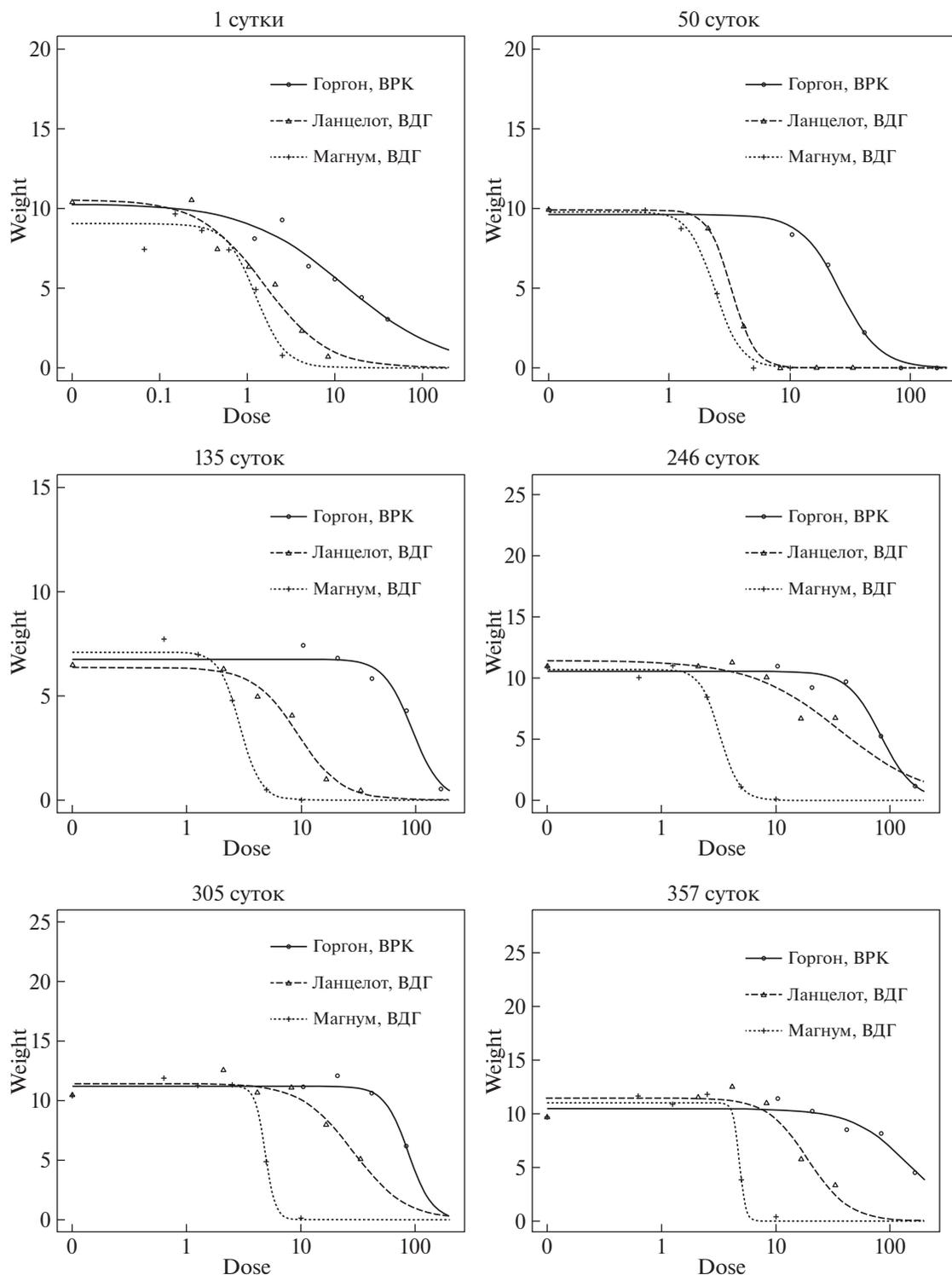


Рис. 1. Кривые “доза–эффект” при разных сроках инкубирования почвы.

Таблица 3. Показатели ED_{50} , полученные при инкубировании обработанной почвы, г (мл) препарата/га

	Опыты					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Действующее вещество, препарат	посев через 1 сут	посев через 50 сут	посев через 135 сут	посев через 246 сут	посев через 304 сут	посев через 357 сут
Горгон, ВРК (пиклорам 150 г/л + МЦПА кислота 350 г/л)	15.6 (6.9–24.3)	26.3 (20.5–32)	95.0 (73–112)	80.0 (42–93.3)	175 (151–200)	147 (96.1–198)
Ланцелот 450, ВДГ (аминопиралид 300 г/кг + флорасулам 150 г/кг)	1.5 (0.9–3.23)	4.4 (3.7–5.1)	9.3 (6.4–12.9)	19.3 (15–23.5)	28.7 (22–35.4)	19.6 (14.9–24.4)
Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил 600 г/кг)	1.2 (0.9–1.5)	1.5 (2.0–2.8)	2.4 (2.4–3.4)	3.2 (2.8–3.6)	4.9 (3.8–6.1)	4.9 (2.1–7.6)

Примечание. В скобках – доверительный интервал при уровне вероятности $P = 95\%$.

Таблица 4. Определение величины параметра Д, %

	Опыты					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Действующее вещество, препарат	посев через 1 сут	посев через 50 сут	посев через 135 сут	посев через 246 сут	посев через 304 сут	посев через 357 сут
Горгон, ВРК (пиклорам 150 г/л + МЦПА кислота 350 г/л)	100	59.3	16.4	19.5	8.9	10.6
Ланцелот 450, ВДГ (аминопиралид 300 г/кг + флорасулам 150 г/кг)	100	34.1	16.1	7.8	5.2	7.6
Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил 600 г/кг)	100	80.0	50.0	37.5	24.5	24.5

почвы) гербицидная активность препаратов магнум, ВДГ и ланцелот, ВДГ была практически на одном уровне. Максимальные нормы расхода этих препаратов снижали биомассу гороха более чем на 90%. Гербицид горгон, ВРК был менее токсичным для гороха, максимальная норма расхода снижала его биомассу на 70%. Рассчитанные показатели ED_{50} были равны 1.2 г/га, 1.5 г/га и 15.6 мл/га для препаратов магнум, ланцелот и горгон соответственно. Таким образом, если иметь в виду регламенты применения, самым токсичным для гороха в 1-м опыте был препарат ланцелот, ВДГ (величина ED_{50} равна 4.5% от зарегистрированной нормы расхода), наименее токсичным – препарат магнум, ВДГ (величина ED_{50} равна 12% от зарегистрированной нормы расхода).

Через 50 сут после обработки производственные и половинные дозировки всех препаратов вызывали 100%-ную гибель тест-культуры. Начиная со срока 135 сут, стали отмечать различия в токсичности почвенных остатков препаратов. Препарат магнум вызывал значительно большее угнетение культуры, чем препараты ланцелот и горгон. Через 1 год после обработки его остатки в почве от производственной нормы расхода в условиях опыта по-прежнему вызывали практически полную гибель гороха, от половинной – снижали биомассу культуры на 60%.

По ходу проведения исследования препарат горгон, ВРК стал уступать в фитотоксичности препарату ланцелот 450, ВДГ. Особенно это отчетливо проявилось на поздних сроках инкубирования, в 5- и 6-м опытах или через 304 и 357 сут после обработки соответственно.

Таблица 5. Статистические параметры уравнений, использованных для описания разложения препаратов в почве

Препарат	Модели	RSS	R ²
Ланцелот 450, ВДГ (аминопиралид 300 г/кг + флорасулам 150 г/кг)	SFO	215.3	0.97
	FOMC	7.3	0.99
	DFOP	262	0.96
Горгон, ВРК (пиклорам 150 г/л + МЦПА кислота 350 г/л)	SFO	78.09	0.987
	FOMC	1.76	0.9997
	DFOP	1.88	0.999
Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил 600 г/кг)	SFO	668.4	0.84
	FOMC	88.18	0.98
	DFOP	56.6	0.99

Для того чтобы использовать эти данные при оценке деградации изученных препаратов в почве, преобразовали их в следующий вид:

$D = ED_{50t(0)}/ED_{50t(i)} \times 100\%$, где D – величина остаточной фитотоксичности почвенных остатков на момент инкубирования почвы i , выраженная в % от нулевого срока; $ED_{50t(0)}$ – эффективная доза, снижавшая биомассу тест-объекта в опыте 1 (нулевой срок); $ED_{50t(i)}$ – эффективная доза, снижавшая биомассу тест-объекта в опыте через срок инкубирования почвы i . Результаты такого преобразования представлены в табл. 4.

Анализ данных табл. 4 показал, что максимальная скорость разложения в почве в проведенном опыте отмечена для препарата ланцелот, минимальная – для препарата магнум. Через год инкубирования в почве оставалось 7.63% изначальной фитотоксичности препарата ланцелот, 11.9% – препарата горгон и 32.6% – препарата магнум.

Следующим этапом данной работы являлась сравнительная оценка деградации изученных гербицидов в почве с помощью математических моделей. В настоящее время для этих целей наиболее широко применяют 3 уравнения: обычное уравнение первого порядка (SFO – Single First-Order), уравнение Густавсона и Хольдена (FOMC – First-Order Multi-Compartment) и биэкспоненциальное уравнение (DFOP – Double First-Order in Parallel model) [14–16].

Полученные в опыте данные были просчитаны с использованием всех 3-х моделей. Расчеты по моделям SFO и FOMC выполняли с использованием R-пакета, для расчета по модели DFOP применяли программу Degkin. Статистические параметры использованных уравнений, показывающие адекватность описания ими деградации

Таблица 6. Показатели разложения ДТ₅₀ и ДТ₉₀, полученные на основании экспериментальных данных опытов 1–6 (биотестирование на горохе посевном)

Действующее вещество	Модель	ДТ ₅₀ , сут	ДТ ₉₀ , сут
Метсульфурон-метил (препарат магнум)	FOMC	160	533
	DFOP	50	900
Пиклорам (препарат горгон)	FOMC	58	321
Аминопиралид (препарат ланцелот)	FOMC	27	210

изученных препаратов, представлены в табл. 5. Адекватность прогноза оценивали с помощью суммы квадратов отклонений прогнозных величин от экспериментальных (уравнение (1)) и коэффициента детерминации (уравнение (2)):

$$RSS = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \text{ (residual sum square),} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ (coefficient of determination),} \quad (2)$$

где x_i и y_i – экспериментальные и прогнозные величины соответственно, \bar{x} – среднее экспериментальных величин; n – объем выборки.

Анализ этих показателей свидетельствовал о том, что процесс исчезновения фитотоксичных остатков препаратов из почвы в случае пиклорама (препарат горгон) и аминопиралида (препарат ланцелот 450) лучше всего описывается моделью FOMC (уравнение Густавсона и Хольдена), в случае метсульфурон-метила (препарат магнум) – моделью DFOP (биэкспоненциальное уравнение).

В табл. 6 приведены показатели ДТ₅₀ и ДТ₉₀ препаратов, рассчитанные по модели Густавсона–Хольдена, а для препарата магнум – и по биэкспоненциальной модели (DFOP). Следует отметить, что для пиклорама и аминопиралида полученные показатели находятся в полном соответствии с общеизвестными данными [11]. Рассчитанная для метсульфурон-метила величина ДТ₅₀ (посев через 50 сут) также соотносится с известными источниками. Однако величины ДТ₉₀ (через 533 сут и через >900 сут) существенно превышали установленные ранее величины для этого действующего вещества. Возможно, данное обстоятельство обусловлено тем, что представленные в литературе данные в основном были получены с помощью химико-аналитических мето-

дов, не позволяющих определять фитотоксические остатки этого вещества в почве из-за недостаточно низкого предела обнаружения по сравнению с биометодом.

В то же время необходимо отметить, что, с точки зрения оценки последствий гербицидов в почве наиболее важными показателями являются величины ED_{50} и DT_{90} . Первая отражает степень чувствительности растения к гербициду, вторая характеризует скорость его разложения.

Полученная в лабораторных условиях оценка последствий не может быть перенесена напрямую в полевые условия, обычно в натуральных условиях деградация пестицидов происходит быстрее. Тем не менее, при использовании изученных препаратов в сельскохозяйственной практике надо очень внимательно относиться к подбору культур, высеваемых после зерновых. Например, очевидно, что на следующий год после их применения на черноземе обыкновенном желательно избегать посева бобовых культур и свеклы. В случаях высокого риска последствий гербицидов рекомендуется проводить биотестирование почвы на планируемых к высеву культурах.

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты показали, что даже через 1 год после применения производственных норм расхода препаратов на основе метсульфурон-метила, аминопириалида и пиклорама на черноземе обыкновенном наблюдали существенное угнетение роста растений гороха посевного при проведении опыта в лабораторных условиях.

2. Наиболее токсичными для тест-культуры были почвенные остатки препарата магнум, ВДГ, наименее – препарата горгон, ВРК (пиклорам). Снижение сырой наземной биомассы тест-растений при посеве через 357 сут после обработки почвы производственной нормой составило 54, 65 и 96% для препаратов горгон, ланцелот и магнум соответственно.

3. Оценка последствий препаратов, проведенная в лабораторных условиях (тест-растение – горох посевной, почва – чернозем обыкновенный), показала, что гербицид ланцелот 450, ВДГ (аминопириалид 300 г/кг + флорасулам 150 г/кг) более опасен для последующих культур севооборота по сравнению с гербицидом горгон, ВРК (МЦПА кислота 350 г/л + пиклорам 150 г/л) в случае использования этих препаратов на зерновых культурах в зарегистрированных регламентах применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Scott H.* Pyridine herbicide carryover: Causes and precautions // Virginia Cooperative Extension. 2012. May 14. P. 1.
2. *Brandon J.F.* Aminopyralid fate in plant tissues and soil. Dissert. to degree of doctor of philosophy. University of Florida, 2010. P. 9.
3. *Ragab M.T.H.* Residues of picloram in soil and their effects on crops // Canad. J. Soil Sci. 1975. V. 55. № 55–59. P. 57.
4. МУК 2990-84 “Методические указания по определению пиклорама в воде, почве, зерне и растительном материале газохроматографическим методом” // Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. Справ-к. Т. 2. М.: Агропромиздат, 1992. С. 47.
5. *Krzyszowska A.J., Vance G.F.* Solid-phase extraction of dicamba and picloram from water and soil samples for HPLC analysis // J. Agricult. Food Chem. 1994. V. 4. № 8. P. 1693.
6. *Wells J.M., Michael J.L., Neary D.G.* Determination of picloram in soil and water by reversed-phase liquid chromatography // Environ. Contam. Toxicol. 1984. V. 2. P. 231–235.
7. *Спирidonov Ю.Я.* К вопросу последствий сульфонилмочевинных гербицидов в почвах РФ и пути снижения их отрицательного действия на культурные растения // Вестн. защиты раст. 2009. № 3. С. 14.
8. The e-pesticide manual / Ed. MacBean C. Vers. 5.2. 50th edit. BCPC, 2011–2012.
9. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2017 год: Прилож. к журн. “Защита и карантин растений”, 2017. № 5.
10. Galera herbicide specimen. MAPP 16413/PCS № 05188. P. 2. <http://uk.dowagro.com/wp-content/uploads/2014/02/Galera-Product-Label-MAPP-16413.pdf>
11. PPDB: Pesticide properties database. University of Hertfordshire. 15.12.2017 <https://sitem.herts.ac.uk/ae-ru/ppdb/en/index.htm>
12. *Ritz C., Jens C.* Streibig “Bioassay Analysis using R” // J. Statistic. Software. January 2005. V.12. Iss. 5. P. 1–2. <http://www.jstatsoft.org>
13. Degradation kinetics software [European Soil Data Centre (ESDAC)]: [http://esdac.jrc.ec.europa.eu/\(data+obrashhenija:28.02.2016\)](http://esdac.jrc.ec.europa.eu/(data+obrashhenija:28.02.2016)).
14. Guidance document on estimating persistence and degradation kinetics from environmental fate studies on pesticides in EU registration. Sanco/10058/2005, vers. 2.0. June 2006. P. 53.
15. *Ranke J.* Kinfit-routines for fitting kinetic models to chemical degradation data // Eur. Regulat. AG Weidenweg 15, CH-4310. Rheinfelden, Switzerland and University of Bremen, July 3, 2015. P. 1–7.
16. *Колупаева В.Н., Горбатов В.С., Нюхина И.В.* Определение параметров разложения циантранилипрола в дерново-подзолистой почве в лабораторных условиях // Вестн. НГАУ. 2016. № 2(39). С. 82–89.

Evaluation of Residual Activity of Gorgon, Lancelot and Magnum Herbicides by Bioindication Method

**M. V. Kolupaev^{a,#}, A. G. Lvov^{a,##}, L. M. Nesterova^a,
M. S. Sukacheva^a, and A. Y. Tyumakov^a**

^a JSC "August"

ul. Tsandera 6, Moscow 129515, Russia

[#]*E-mail: m.kolupaev@avgust.com*

^{##}*E-mail: a.lvov@avgust.com*

Lately the registration of herbicides containing active substances with long term of dissipation in soil on cereal crops, such as aminopyralid and picloram, has been expanding in Russian Federation. There is a tendency to increase the share of this active ingredients in the formulation, because of their hectare consumption rate growth. The main target of our research was a comparative evaluation of herbicides phytotoxicity residue of aminopyralid, picloram and metsulfuron-methyl in registration dosages of applying on cereal crops in a control climate conditions. As a results of our assessment were shown, that the residues of these herbicides in soil after year of incubation in laboratory conditions may cause significance damage of field peas, and was given comparative evaluation of dangerous each of them.

Key words: residual activity, gorgon, lancelot, magnum, herbicides, bioindication method.