

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

УДК 631.582: 632.51:632.954

doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.83-89

Оценка засоренности агроценозов и эффективность дифференцированного применения гербицидов в севообороте

А.М. Гурьянов, А.А. Артемьев

Мордовский НИИСХ – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация

В точном земледелии оценка состояния засоренности агроценозов осуществляется с использованием космических снимков или аэросъемок, мобильной наземной аппаратуры и наземного обследования угодий при помощи традиционного рамочного осмотра в принятой глобальной системе позиционирования. По результатам съемки или осмотра строится карта засоренности посевов, на основе которой осуществляется точное использование гербицидов. Вместе с тем, разработка новых технологий защиты растений связана с необходимостью проведения специальных исследований на предмет выявления их практической пригодности для массового применения. Изучение эффективности дифференцированного использования гербицидов на посевах сельскохозяйственных культур полевого севооборота осуществляли на экспериментальном полигоне Мордовского НИИСХ в 2003-2010 гг. площадью 1 га, разделенного на 45 секторов. Исследования проводили в полевом севообороте: озимая пшеница (рекогносцировочный посев) – яровая пшеница, однолетние травы – яровой ячмень – чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница. Установлено, что размещение сорняков по участкам полигона было крайне неравномерное, что позволило в опыте гербицидную обработку провести избирательно по местам высокой степени засоренности. Локально-дифференцированное применение гербицидов на посевах культур полевого севооборота обеспечило снижение его расхода на 29,4-37,0% и одновременно не привело к росту засоренности культурных растений. Для выявления эффективности применения гербицидов в полевом севообороте была проведена экономическая оценка, которая выявила преимущество дифференцированного использования гербицидов перед традиционным. В сравнении с традиционной технологией по средней стоимости гербицидной обработки разница составила 134,56 руб./га, или на 33,6% меньше. Следовательно, дифференцированное использование гербицидов является перспективным направлением в разработке эффективных ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: координатное земледелие, карта засоренности посевов, степень засоренности, полевой севооборот, экономическая оценка

Зарубежными и отечественными учеными [1, 2] установлено, что величина урожайности сельскохозяйственных культур зависит не только от общей засоренности посевов, но и от характера размещения сорняков на поле. Доказано, что чем больше их скученность, тем при прочих равных условиях выше порог вредоносности, обуславливающий фиксированную потерю урожая [3, 4].

В основе существующих на сегодняшний день традиционных методов применения гербицидов лежит обработка посевов или с учетом порогов вредоносности, или по жесткой схеме, но, как правило, по всей площади поля. Вместе с тем, во многих случаях распространение сорняков носит локальный (очаговый) характер. Учитывая эту неравномерность, концепция координатного земледелия вызывает необходимость проведения избирательной дифференцированной обработки посевов по местам высокой степени засоренности. Это позволит сократить расход гербицидов, снизит риск загрязнения продукции и среды их остатками и метаболитами.

В точном земледелии оценка состояния засоренности агроценозов может осуществляться несколькими способами. Ряд исследователей активно развивают методики, связанные с использованием космических снимков [5, 6, 7, 8, 9] и аэросъемок [10, 11]. По результатам съемки строится карта засоренности посевов, на основе которой осуществляется точное применение препаратов. Другие ученые [12, 13, 14, 15, 16] основываются на использовании мобильной наземной аппаратуры, осуществляющей точную привязку к местности и компьютерную оценку степени засоренности в онлайн-режиме, с тем чтобы оптимизировать выбор пестицида в каждом конкретном месте. Следует оговориться, что для условий нашей страны оба направления являются недешевыми, но при высоких темпах развития информационных технологий стоимость таких средств через некоторое время может оказаться приемлемой для широкого круга специалистов. Тем не менее, аналогичные карты засоренности пока можно строить исходя из наземного обследования угодий при помощи

традиционного рамочного осмотра сорняков с применением глобальной системы позиционирования (GPS или ГЛОНАСС). В точном земледелии карта засоренности посевов должна стать основой планирования как оперативных, так и долгосрочных мероприятий по борьбе с сорняками [1]. При ее построении необходимо учитывать размер учетной площадки, видовой состав сорняков, количество точек апробирования, их размещение в пространстве агроценоза, время проведения обследования.

То, что касается размера учетных площадок, здесь можно пользоваться уже существующими методиками [17], а также результатами исследований [18, 19], где наиболее удобны учетные площадки размером 0,1-0,25 м². По количеству точек апробирования для получения карты требуемого качества имеются также противоречия. Существующие нормы учета засоренности (10-30 точек в агроценозе в зависимости от его площади) не позволяют полно информировать об особенностях распределения сорняков в пространстве. Об этом свидетельствуют исследования, проведенные как за рубежом, так и у нас в стране [18, 19, 20]. Опираясь на эти результаты, а также на анализ сходных проблем в почвоведении и агрохимии, минимальное число точек для характеристики засоренности агроценозов должно составлять 100-120. Однако, если проводить такой же анализ, как при описании 10-30 точек, то резко удорожится технология. Для снижения затрат (в 5-6 раз) некоторые исследователи [18] предлагают учитывать не численность, а проективное покрытие или факт наличия сорняка данного вида на учетной площадке в принятой системе позиционирования.

Для пространственного выявления засоренности агроценоза разработан ряд схем [20], к числу которых относится случайное и регулярное обследование. Остальные схемы представляют различные комбинации этих двух. При составлении карт засоренности угодий в точном земледелии необходимо знать конечное их предназначение. То есть, если на их основе обработка посевов против сорняков будет осуществляться с использованием обычной сельскохозяйственной техники, то в этом случае обследование агроценоза может ограничиться жесткой схемой в виде регулярной сетки (квадратной, прямоугольной, ромбической), которая покрывает все поле. Такая сетка может быть построена при помощи простых измерительных средств (шагомер, сажень, компас и др.). Однако, как правило,

сорные растения на поле не всегда вписываются в рамки жесткой сетки. В этом случае края контуров могут иметь расплывчатые границы. Поэтому здесь при обследовании агроценоза уместно пользоваться комбинированными случайно-регулярными схемами, которые при наличии GPS достаточно легко реализуемы. Время проведения обследования в том и другом случае определяется сроками химической обработки.

В настоящее время разработка новых технологий защиты растений связана с необходимостью проведения специальных исследований на предмет выявления ее агроэкономической и экологической эффективности. При этом важно установить их практическую пригодность для массового применения, с тем чтобы избегать излишней химической обработки посевов гербицидами.

Цель исследований – оценить эффективность дифференцированного применения гербицидов на посевах сельскохозяйственных культур полевого севооборота в условиях Республики Мордовия.

Материал и методы. Исследования проводили в 2003-2010 гг. на экспериментальном полигоне Мордовского НИИСХ. Участок разделен на 45 секторов (элементарных участков), площадью по 220 м². Размеры секторов скорректированы с учетом ширины захвата имеющейся техники. Площадь опытного участка – 1 га. Исследования проводили в системе типичного для зоны полевого севооборота: озимая пшеница (рекогносцировочный посев) – яровая пшеница, однолетние травы – яровой ячмень – чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница. Учет засоренности проводился по каждому элементарному участку. Размер учетной площадки 0,25 м². Построение картограмм выполнено с помощью компьютерного пакета Surfer 7.0. Техническую сторону построения карт можно найти в работах [21, 22, 23].

Результаты и их обсуждение. Наглядное изображение опытного полигона с распределением сорной растительности по культурам севооборота представлено на рисунках 1-5 в виде контурных карт. Рекогносцировочный посев (2003 г.) и чистый пар (2008 г.) во внимание не брались, поскольку там гербициды не вносились. На рисунках отображено фиксированное покрытие по общему количеству сорняков без учета видового состава. Во все годы наблюдался двудольный тип засоренности, поэтому применяемые гербициды в опыте

были предназначены для борьбы с однолетними и многолетними двудольными сорняками в посевах злаковых культур. Размещение сорняков по делянкам полигона крайне неравномерное и выражается на картах расстоянием между изолиниями. Очаговое распространение сорных

растений на опытном полигоне объясняется накоплением их семян и органов вегетативного размножения в почве, в результате чего при благоприятных условиях количество засорителей увеличивалось. Подобные закономерности отмечены в работах других ученых [14].

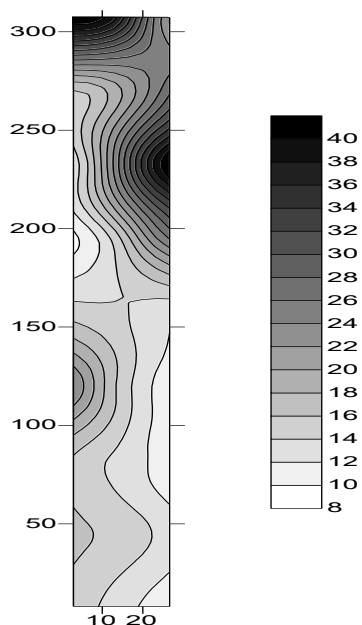


Рис. 1. Распределение сорняков в посевах яровой пшеницы, шт./м² (2005 г.)

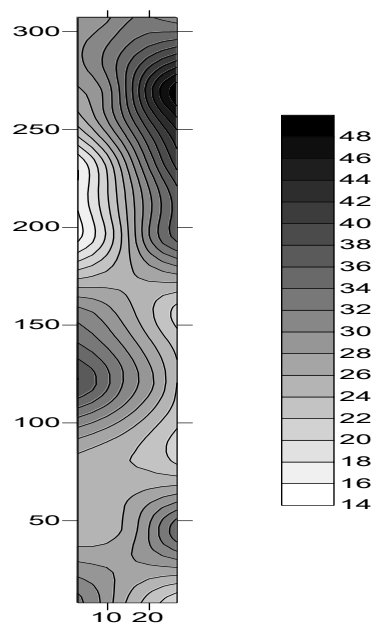


Рис. 2. Распределение сорняков в посевах суданской травы, шт./м² (2006 г.)

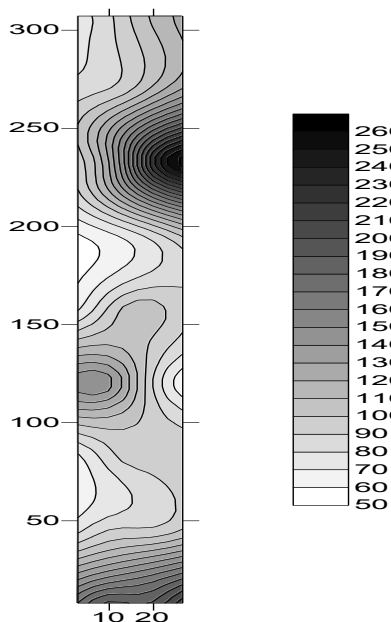


Рис. 3. Распределение сорняков в посевах ярового ячменя, шт./м² (2007 г.)

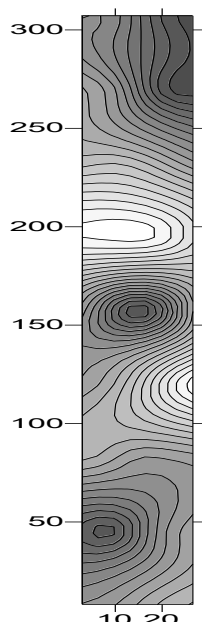


Рис. 4. Распределение сорняков в посевах озимой пшеницы, шт./м² (2009 г.)

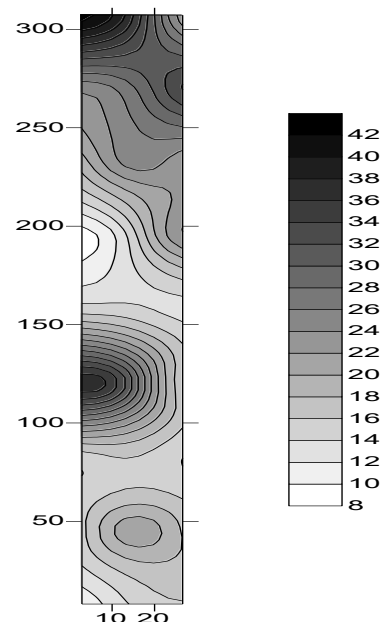


Рис. 5. Распределение сорняков в посевах яровой пшеницы, шт./м² (2010 г.)

Неравномерность распределения засорителей на опытном полигоне в системе точного земледелия позволила в опыте провести гербицидную обработку дифференцированно. Применение пестицидов на участках опытного полигона проводилось с учетом степени засоренности посевов сорными растениями [24]. Гербицидом обрабатывались участки опытного полигона с численностью засорителей (многолетние и однолетние), начиная со средней степени засоренности, то есть не менее 15 шт./м². В данном случае нами учитывалась не «злостность» сорняков, а их количество.

Если рассматривать состояние полей в России, то для них характерен недостаток механических обработок и малое количество гербицидов, которые приводят к формированию многовидового сообщества сорняков. Это отмечают многие ученые [1, 25, 26]. Поэтому в данном случае актуально проведение целенаправленной обработки посевов гербицидами посредством снижения дозы и рабочего раствора на тех участках поля, где мало сорняков, или

они неэффективны. Этот прием действенен, когда имеется возможность применять комплекс гербицидов. В наших исследованиях вопрос о снижении дозы гербицида не стоял. Его либо вносили, либо нет. Сорняки на участках опытного полигона относились к классу двудольных растений. Поэтому с уменьшением дозы внесения гербицида снизилась бы его эффективность. Данные по локально-дифференцированному внесению гербицидов в посевах культур полевого севооборота и расчет эффективности их применения приводятся в таблице 1. Анализ показал, что к середине ротации севооборота в посевах ярового ячменя засоренность по всем участкам существенно возрастала и достигала степени засоренности выше средней. Эти условия не позволили провести локальную дифференцированную обработку посевов гербицидом. В то же время сплошное применение гербицида в фазу кущения культуры способствовало значительному сокращению численности сорняков. Эффективность химической обработки составила 75-80%.

Таблица 1

Расход гербицидов с учетом дифференцированной обработки посевов сельскохозяйственных культур полевого севооборота

Общее количество участков на опытном полигоне (площадь)	Количество участков, нуждающихся в обработке (площадь)	Количество участков, не нуждающихся в обработке (площадь)	Расход гербицида	
			норма	факт
Яровая пшеница (2005 г.)				
45 (1 га)	31 (0,68 га)	14 (0,32 га)	1,5 л/га	1,02 л/га
Суданская трава 2006 г.				
45 (1 га)	32 (0,71 га)	13 (0,29 га)	1,5 л/га	1,06 л/га
Яровой ячмень (2007 г.)				
45 (1 га)	45 (1 га)	0	0,2 л/га	0,2 л/га
Озимая пшеница (2009 г.)				
45 (1 га)	29 (0,64 га)	16 (0,36 га)	25 г/га	15,7 г/га
Яровая пшеница (2010 г.)				
45 (1 га)	29 (0,64 га)	16 (0,36 га)	10 г/га	6,4 г/га

Технология локально-дифференцированного применения средств защиты на посевах сельскохозяйственных культур полевого севооборота обеспечила снижение расхода гербицида на 29,4-37,0% и одновременно не приводила к росту засоренности культурных растений. Количество сорных растений после обработки посевов гербицидом уменьшилось по всем культурам севооборота, а на участках, где химическая прополка

не проводилась, значительного увеличения числа сорняков не наблюдалось.

Для выявления эффективности применения гербицидов в полевом севообороте была проведена экономическая оценка. В расчет принималась только рыночная стоимость гербицидов и фуражного зерна, так как другие затраты, связанные с производством продукции, существенно варьируют по годам и в большинстве случаев не поддаются точному определению (табл. 2).

Таблица 2

Экономическая эффективность дифференцированного применения гербицидов (в среднем за ротацию севооборота)

Технология применения гербицидов	Средняя стоимость гербицидной обработки*, руб./га	Продуктивность 1 га севооборотной площади, т з. ед./га	Стоимость урожая**, руб./га	Окупаемость 1 руб. затрат на гербициды, руб.
Традиционная (сплошная обработка посевов)	400,66	1,89	9450	23,58
Дифференцированное применение	266,10	1,89	9450	35,51

*Стоимость гербицидов (цены 2017 г.) в среднем за ротацию севооборота.

**Закупочная цена 1 т зерновой единицы (цены 2017 г.) – 5 тыс. руб.

Проведенные расчеты показали, что локально-дифференцированное использование гербицидов имеет определенное преимущество перед традиционным применением. Так, по средней стоимости гербицидной обработки разница составила 134,56 руб./га, или на 34% меньше, а окупаемость 1 рубля затрат на гербициды была на 33,6% выше по сравнению с традиционной технологией.

Выводы. Таким образом, дифференцированное использование гербицидов на посевах сельскохозяйственных культур не приводило к росту засоренности севооборота и является перспективным направлением при разработке эффективных ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве. Кроме того, локальное применение гербицидов позволило снизить их расход на 29,4-37,0%, тем самым повысить окупаемость 1 рубля затрат на гербициды.

Список литературы

1. Самсонова В.П., Благовещенский Ю.Н. Использование карт засоренности угодий для целей точного земледелия // Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. М.: Изд-во ВИМ, 2005. С. 104-109.
2. Auld B.A., Tisdell C.A. Influence of spatial distribution of weeds on crop yield loss // Plant Protect. 1988. Vol. 3. no 2. 81 p.
3. Lindquist J.L., Dicke J.A., Mortensen D.A. et al. Economic importance of managing spatially heterogeneous weed populations // Weed Technol. 1998. Vol. 12. no 1. P. 7-13.
4. Thornton P.K., Fawcett R.H., Dent J.B. Perkins. Spatial weed distribution and economic thresholds for weed control // Crop Protect. 1990. no 5. Vol. 9. P. 337-342.
5. Schwarz J., Wartenberg G. Wirtschaftlichkeit der teilflächenspezifischer Herbizid-anwendung // Landtechnik. 1999. no 6. P. 334-335.
6. Султангазин У.М., Муратова Н.Р., Дорайсвами Р., Терехов А.Г. Оценка санитарного состояния сельскохозяйственных угодий с помощью данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 286-290.
7. Архипова О.Е., Качалина Н.А., Тютюнов Ю.В., Ковалев О.В. Оценка засоренности антропогенных фитоценозов на основе дистанционного зондирования земли (на примере амброзии полынолистной) // Исследование Земли из космоса. 2014. № 6. С. 15-26.
8. Михайленко И.М., Плотников А.М. Информативность дистанционных зондирующих измерителей состояния посевов и почвенной среды // Экологические системы и приборы. 2010. № 4. С. 32-36.
9. Михайленко И.М., Воронков И.В. Методы обнаружения сорняков, болезней и вредителей растений по данным дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 3. С. 72-83.
10. Brown R.B., G.A. Stechler J.P. Precision maps for spatially variable herbicide application in no-till corn // ASAE. St. Joseph (Mich). 1995. Vol. 37. no 6. P. 297-302.
11. Зыков К.А., Дмитриева Е.Е., Мошихина О.В. Исследование почвенно-растительного покрова Нечерноземной зоны на основе спектрометрирования [Определение засоренности посевов сельскохозяйственных культур методом дистанционного зондирования] // Геодез. и агрокосм. изыскания для землеустройства и зем. кадастра. М., 1997. С. 82-100.
12. Christensen S., Heisel T., Walter A.M. Patch spraying in cereals // Proceedings of the 2-nd International Weed Control Congress (Department of Weed Control and Pesticide Ecology, Flakkebjerg, Denmark). 1996. Vol. 3. P. 963-968.
13. Zwiggelaar R. A review of spectral properties of plants and their potential use for crop/weed discrimination in row-crops // Crop Protect. 1998. no 3. Vol. 17. P. 189-206.
14. Полин В.Д., Смелкова И.А. Изменение сорного компонента под действием ресурсосберегающих систем обработки почвы в зернопропашном

севообороте и методы борьбы с ним // Земледелие. 2015. № 8. С. 29-32.

15. Географические информационные системы и их зондирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>. (дата обращения: 14.05.2018)

16. Сладких Л.А., Захватов М.Г., Сапрыкин Е.И., Сахарова Е.Ю. Технология мониторинга состояния посевов по данным дистанционного зондирования Земли на юге Западной Сибири // Геоматика [Электронный журнал]. 2016. № 2. С. 39-48.

17. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии М.: Наука, 1989. 224 с.

18. Самсонова В.П., Жарова Е.В., Железова С.В. Использование методов геостатистики для картирования засоренности сельскохозяйственных посевов // Доклады ТСХА. 2001. Вып. 173. Ч.1. С. 60-66.

19. Кудрин А.И., Горбатко Л.С. Неоднородность пространственных размещений в сообществе сорняков // Вопросы экологии в системе земледелия. Ставрополь, 1993. С. 107-115.

20. Webster R., Oliver M.A. Sample adequately to estimate variograms of soil properties // Journal of soil science. 1992. N 45. Vol. 1. P. 177-192.

21. Chiles J.P., Delfiner P. Modeling Spatial Uncertainty / Wiley Series in Probability and Statistics. 1999. 695 p.

22. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г. Пространственный анализ в растровых геоинформационных системах. Казань: Изд-во КГУ, 2007. 30 с.

23. Мальцев К.А. Основы работы в программе Surfer 7.0. Казань: Изд-во КГУ, 2008. 24 с.

24. Захаренко В.А., Захаренко А.В. Борьба с сорняками // Защита и карантин растений. 2004. № 4. 144 с.

25. Ивойлов А.В., Ивойлов Д.А. Сорная растительность Республики Мордовия, ее флористический и агрофитоценологический анализ // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2002. № 3. С. 35-39.

26. Смолин Н.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Баторшин Р.Ф. Эволюция сорной флоры агрофитоценозов в Республике Мордовия // Земледелие. 2013. № 8. С. 38-40.

Сведения об авторах:

Гурьянов Александр Михайлович, доктор с.-х. наук, профессор, директор

Артемьев Андрей Александрович, кандидат с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник,

ORCID ID 0000-0002-8759-8070

Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 66, no. 5, pp. 83-89.

doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.83-89

Estimation of agrocoenosis for weediness and efficiency of differentiated use of herbicides in crop rotation

A.M. Guryanov, A.A. Artemjev

Mordovia Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, r.p.. Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation

In precision agriculture, the estimation of agrocoenosis for weediness is carried out using satellite images or aerial surveys, mobile ground equipment and land survey using the traditional framework survey in the adopted global positioning system. According to the results of the survey or inspection, a map of crops weediness is built, on the basis of which the exact application of herbicides is carried out. At the same time the development of new plant protection technologies is associated with the need for special studies aimed at identifying their practical widespread use. The study of the effectiveness of differentiated herbicide use for agricultural crops in crop rotation was carried out in 2003-2010 at the experimental site of the Mordovia Research Agricultural Institute with an area of 1 ha divided into 45 sectors. The research was carried out in crop rotation: winter wheat (test sowing) – spring wheat, annual grasses – spring barley – bare fallow – winter wheat – spring wheat. It has been established that weeds placement in the site areas was extremely uneven, that allowed carrying out herbicide application selectively in places with a high weediness level. Locally differentiated herbicides use in field crop rotation provided 29.4-37.0 % decrease in its consumption and at the same time did not lead to the increase of cultivated plants weediness. To identify the effectiveness of herbicides in field crop rotation an economic assessment was carried out, which revealed the advantage of differentiated application of herbicides over traditional use. In comparison with the traditional technology, the difference in the average cost of herbicide application was 134.56 rubles/ha, or 33.6 % decrease. Therefore, the differentiated herbicides use is a promising direction in the development of effective resource-saving technologies in agricultural production.

Key words: *estimation of weediness, map of crop weediness, crop rotation, differential application of herbicides, efficiency*

References

1. Samsonova V.P., Blagoveshchenskiy Yu.N. Ispol'zovanie kart zasorennosti ugodiy dlya tseley tochnogo zemledeliya. [Use of the maps of weed infestation in precision agriculture]. *Mashinnye tekhnologii proizvodstva*

produktii v sisteme tochnogo zemledeliya i zhivotnovodstva: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. [Machine production technologies in the system of precision agriculture and livestock breeding: Proceedings of All-Russian scientific and practical Conference]. Moscow: «Izdatel'stvo VIM», 2005. pp. 104-109.

2. Auld B.A., Tisdell C.A. Influence of spatial distribution of weeds on crop yield loss. *Plant Protect.* 1988. Vol. 3. no. 2. pp. 81.
3. Lindquist J.L., Diclerman J.A., Mortensen D.A. et al. Economic importance of managing spatially heterogeneous weed populations. *Weed Technol.* 1998. Vol. 12. no 1. pp. 7-13.
4. Thornton P.K., Fawcett R.H., Dent J.B. Perkins. Spatial weed distribution and economic thresholds for weed control. *Crop Protect.* 1990. no 5. Vol. 9. pp. 337-342.
5. Schwarz J., Wartenberg G. Wirtschaftlichkeit der teilflächenspezifischer Herbizidanwendung. *Landtechnik.* 1999. no. 6. pp. 334-335.
6. Sultangazin U.M., Muratova N.R., Doraysvami R., Terekhov A.G. *Otsenka sanitarnogo sostoyaniya sel'skokhozyaystvennykh ugodiy s pomoshch'yu dannykh distantsionnogo zondirovaniya.* [Evaluation of sanitary status of agricultural lands using remote sensing data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2004. no. 1. pp. 286-290.
7. Arkhipova O.E., Kachalina N.A., Tyutyunov Yu.V., Kovalev O.V. *Otsenka zasorennosti antropogennykh fitotsenozov na osnove distantsionnogo zondirovaniya zemli (na primere ambrozii polynolistnoy).* [Assessment of contamination of anthropogenic phytocenoses on the basis of remote sensing (a case of ragweed polynominal)]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa.* 2014. no. 6. pp. 15-26.
8. Mikhaylenko I.M., Plotnikov A.M. *Informativnost' distantsionnykh zondiruyushchikh izmeriteley sostoyaniya posevov i pochvennoy sredy.* [Information content of remote sensing meters of crops status and soil environment]. *Ekologicheskie sistemy i pribory.* 2010. no. 4. pp. 32-36.
9. Mikhaylenko I.M., Voronkov I.V. *Metody obnaruzheniya sornyakov, bolezney i vreditel'nykh rasteniy po dannykh distantsionnogo zondirovaniya.* [Methods for the detection of weeds, pests and diseases of plants based on remote sensing data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2016. Vol. 13. no. 3. pp. 72-83.
10. Brown R.B., G.A. Stechler J.P. Precision maps for spatially variable herbicide application in no-till corn. *ASAE. St. Joseph (Mich).* 1995. Vol. 37. no. 6. pp. 297-302.
11. Zykov K.A., Dmitrieva E.E., Moshikhina O.V. *Issledovanie pochvenno-rastitel'nogo pokrova Nechernozemnoy zony na osnove spektrometrirovaniya (Opredelenie zasorennosti posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur metodom distantsionnogo zondirovaniya).* [Investigation of soil-vegetation cover of non-Chernozem zone based on spectrometry (Determination of weed infestation of crops by remote sensing method)]. *Geodez. i agrokosm. izyskaniya dlya zemleustroystva i zem. kadastra.* [Geodetic and aerospace surveys for land management and land cadastre.]. Moscow, 1997. pp. 82-100.
12. Christensen S., Heisel T., Walter A.M. Patch spraying in cereals. *Proceedings of the 2-nd International Weed Control Congress (Department of Weed Control and Pesticide Ecology, Flakkebjerg, Denmark).* 1996. Vol. 3. pp. 963-968.
13. Zwiggelaar R. A review of spectral properties of plants and their potential use for crop/weed discrimination in row-crops. *Crop Protect.* 1998. no. 3. Vol. 17. pp. 189-206.
14. Polin V.D., Smelkova I.A. *Izmenenie sornogo komponenta pod deystviem resursosberegayushchikh sistem obrabotki pochvy v zernopropashnom sevooborote i metody bor'by s nim.* [Change of the weed component under the influence of resource - saving systems of soil cultivation in grain-crop rotation and methods of its control]. *Zemledelie.* 2015. no. 8. pp. 29-32.
15. *Geograficheskie informatsionnye sistemy i ikh zondirovaniye.* [Geographic information systems and their probing]. Available at: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>. (accessed: 14.05.2018)
16. Sladkikh L.A., Zakhvatov M.G., Saprykin E.I., Sakharova E.Yu. *Tekhnologiya monitoringa sostoyaniya posevov po dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli na yuge Zapadnoy Sibiri.* [Technology of monitoring the state of crops according to remote sensing of the earth in the south of Western Siberia]. *Geomatika. Elektronnyy zhurnal.* 2016. no. 2. pp. 39-48.
17. Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. *Slovar' ponyatiy i terminov sovremennoy fitotsenologii.* [Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology]. Moscow: Nauka, 1989. 224 p.
18. Samsonova V.P., Zharova E.V., Zhelezova S.V. *Ispol'zovanie metodov geostatistiki dlya kartirovaniya zasorennosti sel'skokhozyaystvennykh posevov.* [Using of methods of geostatistics for mapping of weed contamination of agricultural crops]. *Doklady TSKhA.* 2001. Vol. 173. Part.1. pp. 60-66.
19. Kudrin A.I., Gorbato L.S. *Neodnorodnost' prostranstvennykh razmeshcheniy v soobshchestve sornyakov.* [Heterogeneity of spatial placements in the weed community]. *Voprosy ekologii v sisteme zemledeliya.* [Problems of ecology in the system of farming]. Stavropol', 1993. pp. 107-115.
20. Webster R., Oliver M.A. Sample adequately to estimate variograms of soil properties. *Journal of soil science.* 1992. no. 45. Vol. 1. pp. 177-192.
21. Chiles J.P., Delfiner P. Modeling Special Uncertainty. *Wiley Series in Probability and Statistics.* 1999. 695 p.
22. Savel'ev A.A., Mukharamova S.S., Pilyugin A.G. *Prostranstvennyy analiz v rastrovyykh geoinformatsionnykh sistemakh.* [Spatial analysis in raster geographic and information systems]. Kazan': Izd-vo KGU, 2007. 30 p.
23. Mal'tsev K.A. *Osnovy raboty v programme Surfer 7.0.* [Basics of the Surfer 7.0 program]. Kazan': Izd-vo KGU, 2008. 24 p.
25. Zakharenko V.A., Zakharenko A.V. *Bor'ba s sornyakami.* [Weed Control]. *Zashchita i karantin rasteniy.* 2004. no. 4. 144 p.
26. Ivoylov A.V., Ivoylov D.A. *Sornaya rastitel'nost' Respubliki Mordoviya, ee floristicheskiy i agrofytotsenologicheskiy analiz.* [Weed vegetation of the Republic of Mordovia, its floral and agrophytocenosis analysis]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 2002. no. 3. pp. 35-39.
27. Smolin N.V., Bochkarev D.V., Nikol'skiy A.N., Batorshin R.F. *Evolutsiya sornoy flory arofytotsenozov v Respublike Mordoviya.* [The evolution of weed flora varieties of arophytocenosis in the Republic of Mordovia]. *Zemledelie.* 2013. no. 8. pp. 38-40.

Information about the authors:

A.M. Guryanov, DSc in Agriculture, professor, director,
A.A. Artemjev, PhD in Agriculture, associate professor, leading researcher, ORCID ID 0000-0002-8759-8070

Mordovia Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Michurina street, 5, r. p. Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904,
e-mail: niish-mordovia@mail.ru