



УДК 631.34:631.42:631.58

Л.Н. Коробова, А.В. Шинделов, А.В. Танатова
L.N. Korobova, A.V. Shindelov, A.V. Tanatova

МОДЕЛИ МАРШРУТИЗАЦИИ И НАВИГАЦИЯ ОПРЫСКИВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ КАК ФАКТОР КОРРЕГИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

ROUTING MODELS AND NAVIGATION OF SPRAYING EQUIPMENT AS A FACTOR OF SOIL BIOLOGIC PROPERTIES ADJUSTMENT

Ключевые слова: маршруты движения, естественные препятствия, полевые опрыскиватели, гербициды, овес, рапс, выщелоченный чернозем, биологическая активность почвы, фитотоксичность почвы.

Актуальное значение для сохранения окружающей среды в мире приобретают приемы точного земледелия. В Сибири это связано, прежде всего, с использованием электронных устройств на опрыскивающей технике. Цель работы – показать, насколько применение компьютерного моделирования маршрутизации и спутниковой навигации в механизированных технологиях растениеводства способствует сохранению биологических свойств почвы. Объектами исследования являлись модели маршрутов полевых агрегатов для внесения средств защиты растений, выщелоченный чернозем и его биологическая и фитотоксическая активность. Модели маршрутов опрыскивателей разработаны и апробированы на овсе и рапсе в 3 производственных опытах в лесостепи Приобья в 2013 г. Овес защищали от двудольных сорняков баковой смесью гербицидов гренча (10 г/га) и базаграна (3 л/га), рапс – от однодольных сорняков фулоре ультра (0,5 л/га). Биологическое состояние почвы оценивали по показателям уреазной и протеолитической активности и фитотоксичности в следующих вариантах: контроль, без гербицидной обработки; рекомендуемая норма препаратов; превышение нормы в 2 раза. Все наблюдения проведены согласно общепринятым методикам. Доказано, что рационализация маршрутов опрыскивающего агрегата с учетом ширины его захвата, возможных радиусов поворотов, конфигурации поля и рельефа уменьшает экологический риск для почвенной микрофлоры круговорота азота под такими культурами, как овес и рапс. В зонах повторной обработки посевов гербицидами на 28,5-60,3% снижается протеолитическая активность выщелоченного чернозема, замедляется активность микробиологического высвобождения аммиака и возникает фитотоксический эффект на уровне 15-17%, который исчезает по истечении месяца со дня химической прополки. Предложен алгоритм оптимизации маршрутов опрыскивателей для снижения техногенной

нагрузки, сохранения биологической активности почвы и ослабления ее фитотоксичности.

Keywords: routes, natural obstacles, crop sprayer, herbicides, oat, rape, leached chernozem, soil biological activity, soil phytotoxicity.

The significance and importance of applying precision farming technologies for environmental protection in the world is revealed. The application of electronic devices on sprayers in Siberia is of great importance. The research goal is to reveal the contribution of computer route modeling and satellite positioning in mechanized crop production technologies to soil biologic properties conservation. The objects under study were the route models of field spraying equipment units for plant protection, leached chernozem and its biological and phytotoxic activity. The route models of sprayers were developed and tested on oat and rape crops in 3 farm scale trials in the forest-steppe of the Priobye (the Ob River area) in 2013. The oat crops were protected against dicotyledonous weeds by means of tank mixture of Grench herbicide (10 g ha) and Basagran herbicide (3 L ha); the rape crops were protected against monocotyledonous weeds by means of Furore Ultra herbicide (0.5 L ha). The soil biological status was evaluated by the indices of urease activity, proteolytic activity and phytotoxicity in the following trial variants: control, no herbicide treatment, recommended herbicide treatment rates, and two-fold excess of the standard rate. The observations were conducted according to the standard methodology. It has been proved that the improvement of the sprayer routes taking into account its operating width, possible turning radius and field and relief shapes reduces environmental risks for soil microflora of nitrogen turnover under oats and rape. In the areas of repeated herbicide treatment the proteolytic activity of leached chernozem is reduced by 28.5-60.3% and the activity of microbiological ammonia release is reduced; that results in 15-17% phytotoxic effect that disappears in a month after chemical weeding. The authors propose the procedure of sprayer route optimization in order to reduce the anthropogenic impact, maintain soil biological activity and reduce its phytotoxicity.

Коробова Лариса Николаевна, д.б.н., с.н.с., проф., каф. агроэкологии и микробиологии, Новосибирский государственный аграрный университет. Тел.: (383) 267-36-10. E-mail: lnkorobova@mail.ru.

Шинделов Андрей Викторович, к.т.н., доц., проректор по международным связям, Новосибирский государственный аграрный университет. Тел.: (383) 264-25-71. E-mail: andrej@nsau.edu.ru.

Танатова Алена Викторовна, аспирант, Новосибирский государственный аграрный университет. Тел.: (383) 267-05-10. E-mail: alyon4ik83@mail.ru.

Korobova Larisa Nikolayevna, Dr. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Prof., Chair of Agro-Ecology and Microbiology, Novosibirsk State Agricultural University. Ph.: (383) 267-36-10. E-mail: lnkorobova@mail.ru.

Shindelov Andrey Viktorovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Vice-Rector for International Relations, Novosibirsk State Agricultural University. Ph.: (383) 264-25-71. E-mail: andrej@nsau.edu.ru.

Tanatova Alena Viktorovna, Post-Graduate Student, Novosibirsk State Agricultural University. Ph.: (383) 267-05-10. E-mail: alyon4ik83@mail.ru.

Введение

Технологии точного земледелия, успешно реализуемые в мире, требуют современной сельскохозяйственной техники, управляемой бортовыми ЭВМ и способной дифференцированно проводить агротехнические операции [1]. В Сибири реальная возможность внедрить элементы точного земледелия и сохранить окружающую среду связана, прежде всего, с использованием электронных устройств на машинах для защиты растений [2]. Основой этого являются спутниковые системы глобального позиционирования, позволяющие обеспечить точное внесение химических препаратов на местности, такие как GPS, ГЛОНАСС, «Галилео», «Бэйдоу» [3]. С использованием спутниковой навигации открываются большие возможности для моделирования проходов опрыскивателей и снижения вероятности наложения пестицидов на одни и те же участки.

Цель работы – показать, насколько применение компьютерного моделирования маршрутизации и спутниковой навигации в механизированных технологиях растениеводства способствует сохранению «здоровья» почвы. Атрибутами здоровой почвы в литературе названы: безвредность для почвенной и наземной биоты и человека, незагрязненность выращенной биопродукции и сопряженных водной и воздушной сред, защищенность урожая от вредных веществ и агентов [4]. Исходя из этого, задачами исследования в работе стали: 1) разработка и апробирование маршрутов опрыскивающей техники, исключающих наложение гербицидов на посев при опрыскивании; 2) изучение биологической и фитотоксической активности почвы на участках с однократным опрыскиванием и его наложением.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в северной лесостепи Приобья в 3 производственных опытах в Коченевском районе Новосибирской области во влажном 2013 г., благоприятном для развития сорной растительности. Объектами исследования являлись модели маршрутов полевых агрегатов для внесения средств защиты растений, выщелоченный чернозем и его биологическая и фитотоксическая активность.

Модели маршрутизации разрабатывали для агрегатов, опрыскивающих гербицидами посевы овса в ООО «Козлово» и рапса в КФК «Павленко». Овес в 2 производственных опытах был обработан через месяц после посева баковой смесью гренача (д.в. метсульфурон-метил, норма 10 г/га) и базарана (д.в. бентазон, норма 3 л/га). Препятствием движению опрыскивающего агрегата в одном опыте служили колки, во втором – опушка леса, поэтому при повторном движении по одному и тому же месту происходило наложение гербицидов. Рапс обрабатывали 2 июля противозлаковым гербицидом фуруре ультра (д.в. феноксапроп-П-этил) с нормой 0,5 л/га. Варианты производственных опытов: 1) контроль, без гербицидной обработки; 2) рекомендуемая норма гербицидов; 3) превышение нормы в 2 раза.

В вариантах изучили биологическую активность и фитотоксичность среднетощего выщелоченного чернозема с содержанием гумуса от 4,47 до 5,5%, $pH_{\text{кон.}}=6,3-6,9$. Исследования проводили в свежееотобранной почве через 1 неделю и 1 мес. после внесения гербицидов. Почвенные образцы отбирали в слое 0-20 см и определяли уреазную, протеолитическую и фитотоксическую активность почвы. Фитотоксичность учли по изменению роста корней и ростков кресс-салата, уреазную активность – согласно [5] по изменению pH после внесения в отобранные почвенные образцы раствора мочевины (значения pH изменяет аммиак, выделяющийся из почвы благодаря имеющим фермент уреазу микроорганизмам). Протеолитическую активность определили по проценту разрушения желатины, инкубируя рентгеновскую пленку в почве 3 сут. [6].

Результаты исследования

Поля, где проводились исследования, отличались наличием небольших лесных массивов и колков, что типично для лесостепной зоны Западной Сибири. Поэтому при традиционных схемах работы опрыскивающей техники вблизи естественных препятствий обрабатывались зоны повторной обработки (рис. 1) или зоны отсутствия обработок.

Для исключения таких зон были построены модели маршрутизации полевых опрыскива-

телей, учитывающие агроландшафтные особенности местности, конфигурацию полей, ширину захвата опрыскивателя и возможные радиусы поворотов. Для этого экспериментально было выполнено расчетное графическое построение маршрута движения агрегата и проведено математическое исчисление площадей с отсутствием гербицидной обработки и участков повторной обработки (рис. 2). Площадь повторной обработки вычислялась как $S = ab(\pi + |\sin(\arccos l) - \arccos l|)$, где l – ширина захвата полевого агрегата (м), а искомая площадь необработанной поверхности вычислялась по выражению

$$S = 2y_0R(1 - \cos \beta) - R^2(\beta - \frac{1}{2} \sin 2\beta) - ab(\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha)$$

где R – радиус поворота сельскохозяйственной машины, m .

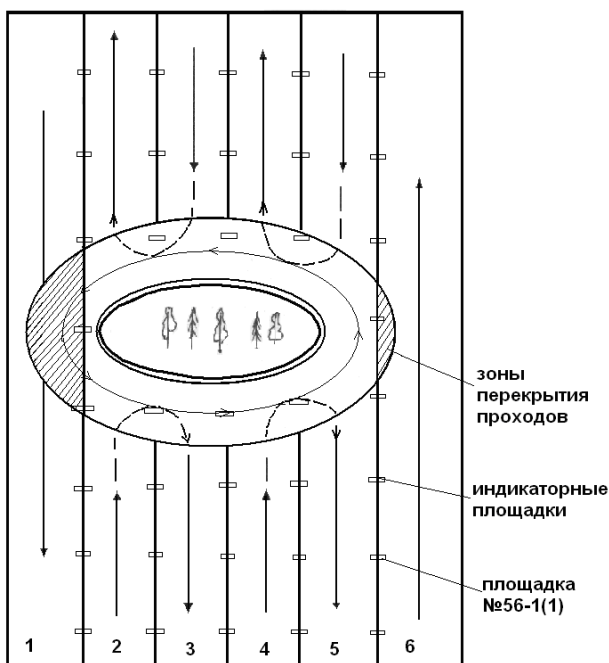


Рис. 1. Схема традиционной работы опрыскивающей техники вблизи естественных препятствий

Далее путем наложения схемы маршрута конкретного опрыскивающего агрегата на карту поля определили участки двойного и тройного наложения проходов. Маневрируя матрицей проходов по карте поля, выявили минимальные зоны повторных обработок и на этой основе отобразили рациональный маршрут опрыскивателя, который передали в бортовой компьютер оператора.

Внедрение оптимальной маршрутизации движения агрегатов в посевах овса позволило избежать негативных изменений в биологической активности почвы на тех участках, куда гербициды гренч и базагран вносились по норме. Там же, где маршруты опрыскивате-

ля не были оптимизированы, в отношении почвенной микрофлоры был обнаружен пестицидный стресс. Эффект подавления двойной нормой баковой смеси препаратов был выявлен как для микроорганизмов, имеющих фермент уреазу (рис. 3), так и микробов с ферментом протеазой (табл. 1).

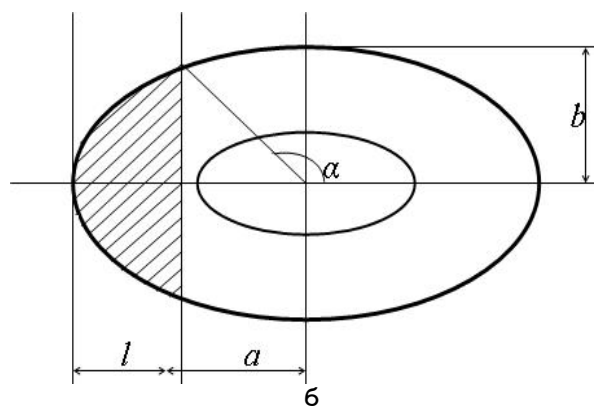
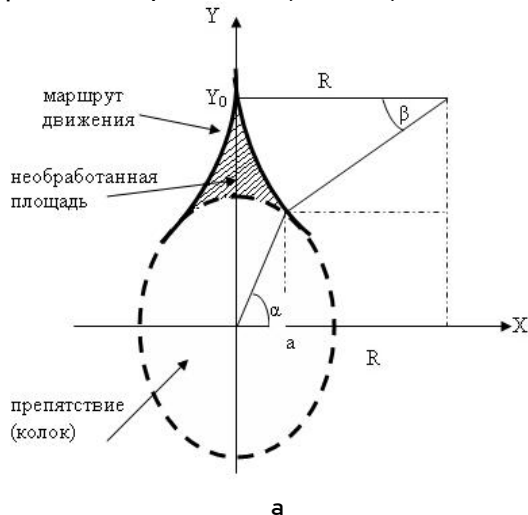


Рис. 2. Схемы, используемые при расчете необработанной поверхности поля (А) и зон повторной обработки посева гербицидом (Б) вблизи препятствия

Применение по норме препаратов против двудольных сорняков приводило к более активной микробиологической высвобождению в почве аммиачного азота, чем в контроле. Активность разложения белка в почве с остатками рекомендованной нормы гренча и базагран либо соответствовала контрольному варианту, либо превосходила его. В случае наложения двойной нормы препаратов на посев овса протеолитическая активность выщелоченного чернозема угнеталась на 28,5-60,3% (табл. 1).

Противозлаковый гербицид фулорэ ультра, примененный для защиты рапса, в отличие от баковой смеси гренча и базагран, снижал уреазную активность почвы как в повышенной, так и в рекомендованной норме (рис. 4).

Влияние гербицидного стресса на активность разложения белковых веществ в почве было несколько иным. Протеолитическая активность под рапсом, обработанным рекомендованной нормой препарата, относительно контроля резко возросла (табл. 1). Под действием двойной дозы фулоры ультра, наоборот, белки распадались в 1,7 раза слабее, чем в контрольной почве.

Таким образом, в посевах овса и рапса подтвердилась ранее выявленная нами для яровой пшеницы закономерность: внедрение оптимальной маршрутизации движения опрыскивающих агрегатов позволяет избежать погрешностей в применении нормируемой дозы химических средств защиты растений и минимизировать их негативное влияние,

отмеченное и другими исследователями, на микробиологическое состояние почвы [7-9].

Еще один показатель здоровья почвы – изменение ее фитотоксичности. Фитотоксичность обусловлена наличием токсинов различной природы, подавляющих рост растений. Поэтому целесообразно было выявить изменение ростовых характеристик тест-объекта в почве после химической прополки. При анализе фитотоксического влияния повышенной нормы гербицидов через неделю после применения выявили достоверное снижение ростовых процессов кресс-салата на 15-17% (табл. 2). Это свидетельствует о проявлении небольшого фитотоксического эффекта повышенной пестицидной нагрузки в первые дни после попадания в почву.

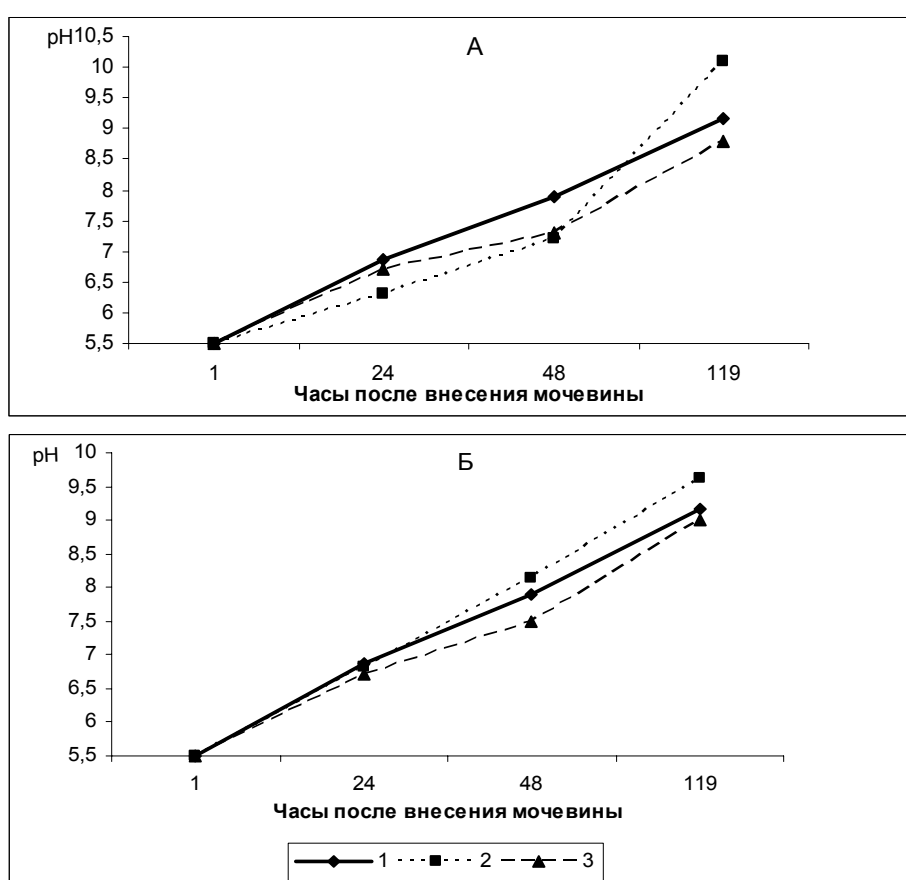


Рис. 3. Изменение уреазной активности выщелоченного чернозема через неделю после двойного наложения гербицидов на посевы овса вблизи препятствий: А – поле овса с препятствием в виде лесного массива; Б – поле овса с препятствием в виде колков; 1 – контроль, без обработки гербицидами; 2 – рекомендуемая норма препаратов; 3 – превышение нормы в 2 раза

Влияние гербицидов на протеолитическую активность в почве под овсом и рапсом через неделю после химической прополки

Таблица 1

Вариант	Овес		Рапс
	А	Б	
Контроль	29,0	29,8	28,1
Рекомендуемая норма	27,2	58,2	71,3
Превышение нормы в 2 раза	11,5	21,3	16,8
HCP_{05}	5,8	13,6	9,0
Степень влияния по Снедекору, %	82,4	74,2	85,5

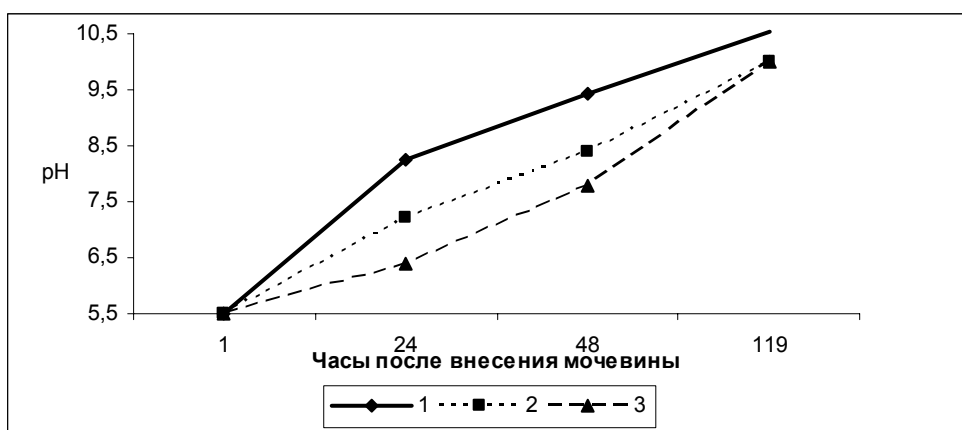


Рис. 4. Изменение уреазной активности выщелоченного чернозема через неделю после двойного наложения гербицидов на рапс вблизи колков: 1 – контроль, без обработки гербицидами; 2 – рекомендуемая норма препаратов; 3 – превышение нормы в 2 раза

Таблица 2

Влияние гербицидной нагрузки на фитотоксичность выщелоченного чернозема

Вариант	Культура рапс		Культура овес	
	Параметры роста кресс-салата, см			
	длина корней	длина ростков	длина корней	длина ростков
Контроль	3,3	1,7	3,5	1,6
Рекомендуемая норма	3,8	1,5	3,3	1,7
Превышение нормы в 2 раза	2,9	1,4	3,0	1,5
НСР ₀₅	0,40	0,13	0,20	0,12
Степень влияния по Снедекору, %	67,7	62,0	71,4	12,9

Анализ, выполненный нами через месяц после химической прополки, показал отсутствие в почве опытных вариантов как водорастворимых токсических соединений, так и токсинов, растворимых в других растворителях (такой анализ выполнен методом почвенных пластинок).

Заключение

Фиксацию очагов повышенного техногенного воздействия в механизированных технологиях рационально проводить заблаговременной компьютерной имитацией проходов рабочих проходов полевых агрегатов на карте поля. Как правило, участки взаимного наложения соседних проходов располагаются вблизи искусственных и естественных препятствий.

Минимизация зон повышенного техногенного воздействия – научно обоснованный способ соблюдения технико-экологических требований к механизированным технологиям в современном растениеводстве. Такой подход позволяет снизить негативное влияние химических средств защиты растений на воспроизводство почвенного плодородия, который напрямую связан с микробиологическим состоянием почвы. Доказано, что рационализация маршрутов опрыскивающего агрегата с учетом ширины его захвата, возможных радиусов поворотов, конфигурации поля и рельефа уменьшает экологический риск для почвенной микрофлоры круговорота азота

под такими культурами, как овес и рапс. В зонах повторной обработки посевов гербицидами на 28,5-60,3% снижается протеолитическая активность выщелоченного чернозема, замедляется активность микробиологического высвобождения аммиака и возникает фитотоксический эффект на уровне 15-17%, который исчезает по истечении месяца со дня химической прополки. Предложен алгоритм оптимизации маршрутов опрыскивателей для снижения техногенной нагрузки, сохранения биологической активности почвы и ослабления ее фитотоксичности.

Библиографический список

1. Воронков В.Н., Шишов С.А. Технологии, оборудование и опыт использования навигационных и компьютерных систем в растениеводстве. – М.: Росинформагротех, 2010. – 80 с.
2. Альт В.В., Нечаев А.И. Минимизация энергоресурсных затрат при управлении сельскохозяйственными агрегатами на поле в точном земледелии // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф. «АГРО-ИНФО-2012» (Новосибирск, 10-11 октября 2012 г.). – Новосибирск, 2012. – Ч. 2. – С. 11-15.
3. Литвин Д.Б., Бондарев В.Г., Сербин Е.М. Навигация сельскохозяйственных машин системы точного земледелия //

Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 4 (16). – С. 22-26.

4. Соколов М.С., Дородных Ю.Л., Марченко А.И. Здоровая почва как необходимое условие жизни человека // Почвоведение. – 2010. – № 7. – С. 858-866.

5. Аристовская Т.В. Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142-147.

6. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. – М., 1983. – 295 с.

7. Коробова Л.Н., Шинделов А.В. Состояние агроценоза яровой пшеницы при применении повышенных доз гербицидов // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 2. – № 23-2. – С. 12-16.

8. Gigliotti C., Allievi L. Differential effects of the herbicides bensulfuron and cinosulfuron on soil microorganisms // J. Environ. Sci. Health, Part B. – 2011. – Vol. 36 (6). – P. 775-782.

9. Lupwayi N.Z., Harker K.N., Clayton G.W. et al. Soil microbial bio-mass and diversity after herbicide application // Canad. J. Plant Sci. – 2004. – Vol. 84 (2). – P. 677-685.

References

1. Voronkov V.N., Shishov S.A. Tekhnologii, oborudovanie i opyt' ispol'zovaniya navigatsionnykh i komp'yuternykh sistem v rastenievodstve. – М.: Rosinformagrotekh, 2010. – 80 s.

2. Al't V.V., Nechaev A.I. Minimizatsiya energoresursnykh zatrat pri upravlenii sel'skokho-

zyaistvennymi agregatami na pole v tochnom zemledelii // Informatsionnye tekhnologii, sistemy i pribory v APK. Ch. 2: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «AGROINFO-2012» (Novosibirsk, 10-11 oktyabrya 2012 g.). – Novosibirsk, 2012. – S. 11-15.

3. Litvin D.B., Bondarev V.G., Serbin E.M. Navigatsiya sel'skokhozyaistvennykh mashin sistemy tochnogo zemledeliya // Vestnik APK Stavropol'ya. – 2014. – № 4 (16). – S. 22-26.

4. Sokolov M.S., Dorodnykh Yu.L., Marchenko A.I. Zdorovaya pochva kak neobkhodimoe uslovie zhizni cheloveka // Pochvovedenie. – 2010. – № 7. – S. 858-866.

5. Aristovskaya T.V. Chugunova M.V. Ekspress-metod opredeleniya biologicheskoi aktivnosti pochvy // Pochvovedenie. – 1989. – № 11. – S. 142-147.

6. Segi I. Metody pochvennoi mikrobiologii. – М., 1983. – 295 s.

7. Korobova L.N., Shindelov A.V. Sostoyanie agrotsenoza yarovoi pshenitsy pri primenenii povyshennykh doz gerbitsidov // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – Т. 2. – № 23-2. – С. 12-16.

8. Gigliotti C., Allievi L. Differential effects of the herbicides bensulfuron and cinosulfuron on soil microorganisms // J. Environ. Sci. Health, Part B. – 2011. – Vol. 36 (6). – P. 775-782.

9. Lupwayi N.Z., Harker K.N., Clayton G.W. et al. Soil microbial bio-mass and diversity after herbicide application // Canad. J. Plant Sci. – 2004. – Vol. 84 (2). – P. 677-685.



УДК 632.911.2

В.П. Шаманин, Е.И. Гульятеева, Е.Л. Шайдаюк, С.Л. Петуховский, И.В. Потоцкая, С.И. Левина
V.P. Shamanin, Ye.I. Gulyayeva, Ye.L. Shaydayuk, S.L. Petukhovskiy, I.V. Pototskaya, S.I. Levina

МОНИТОРИНГ ВИРУЛЕНТНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ГРИБА *P. TRITICINA* НА ОПЫТНОМ ПОЛЕ ОМГАУ

MONITORING OF PUCCINIA TRITICINA FUNGUS POPULATION VIRULENCE ON THE TRIAL FIELD OF THE OMSK STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY

Ключевые слова: яровая пшеница, сорта, селекционные линии, изоляты, бурая ржавчина, устойчивость, вирулентность.

В процессе мониторинга вирулентности популяций гриба *P. tritricina* на сортах пшеницы, выращиваемых в опытном поле ОмГАУ в 2014 г., выявлены эффективные *Lr*-гены и охарактеризован фенотипический состав. Как и в 2013 г., высокой эффективностью характеризовались гены *Lr19*, *Lr24*,

Lr28, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr43*, *Lr45* и *Lr47*, которые рекомендованы для использования в селекции в Западной Сибири. В анализе использованы новые линии с генами *Lr51*, *Lr53*, *Lr57*, *Lr64*, *Lr65* и *Lr67*, ранее не изучаемые в России. Показана эффективность к омской популяции генов *Lr51*, *Lr53*, *Lr57*, *Lr64* и *Lr65*. Установлено, что Омские популяции 2014 г. характеризовались более высоким полиморфизмом, по сравнению с 2013 г., где варьирование по частотам вирулентности выявлено