

## Защита растений

УДК 633.11:632.954

DOI:10.31857/S2500262720040067

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А.М. Шпанев<sup>1,2</sup>, доктор биологических наук,  
В.В. Смуk<sup>1,2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>Агрофизический научно-исследовательский институт,  
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,  
196608, Санкт-Петербург – Пушкин, шоссе Подбельского, 3  
E-mail: ashpanev@mail.ru, vvsruk@mail.ru

*Цель исследований заключалась в сравнительной оценке эффективности дифференцированного и равномерного применения гербицидов на посевах озимой пшеницы в Северо-Западном регионе РФ. По результатам исследований выявлена устойчивая положительная корреляционная связь вегетационного индекса NDVI с проективным покрытием ( $r = 0,32-0,61$ ,  $p \leq 0,05$ ), но не с численностью сорных растений ( $r = -0,18-0,35$ ) в фазе выхода в трубку озимой пшеницы. Несмотря на это, фактические значения данного индекса не во всех случаях позволяли достоверно различать разные степени засоренности делянок в опыте. Определена более высокая биологическая и хозяйственная эффективность равномерного в сравнении с дифференцированным способа применения гербицида в посевах озимой пшеницы. В данном варианте уничтожались сорные растения, в том числе и на делянках со слабой засоренностью, которые при дифференцированном применении гербицида не обрабатывали. В то же время дифференцированная гербицидная обработка способствовала существенному снижению объемов применения препарата. При этом дифференцированная на основе измерений индекса NDVI норма расхода гербицида оказалась такой же эффективной по влиянию на численность и фитомассу сорных растений, как и полная норма.*

### EFFECTIVENESS OF DIFFERENTIATED APPLICATION OF HERBICIDES IN WINTER WHEAT CROPS

Shpanev A.M.<sup>1,2</sup>, Smuk V.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Agrophysical Research Institute, 195220, Sankt-Peterburg, Grazhdanskiy pr., 14

<sup>2</sup>All-Russian Institute of Plant Protection,  
196608, Sankt-Petersburg – Pushkin, shosse Podbelskogo, 3  
E-mail: ashpanev@mail.ru, vvsruk@mail.ru

*The aim of the study was the comparative assessment of the differential and uniform herbicide usage efficacy on the winter wheat plantations in the Northwestern region of Russia. As a result of the research, we revealed the stable positive correlation of the vegetation index NDVI with the projective coverage ( $r = 0,32-0,61$ ,  $p \leq 0,05$ ), but not with the weeds number ( $r = -0,18-0,35$ ) over the shooting phase of the winter wheat. Nevertheless, actual values of this index sometimes did not allow for the reliable discrimination of the different stages of the plot weediness in this experiment. We determined higher biological and applied efficacy of the uniform method herbicide application on the winter wheat plantations in comparison to the differential method. Uniform method led to the weeds destruction, including those on the plots with weak weediness, which were not treated during the differential method application. At the same time, differential method contributed to the higher profitability due to the significantly reduced amount of the applied chemical. Additionally, differential amount usage of the herbicide, assessed based on the NDVI index, demonstrated the same effect on the weed plants number and phytomass, as the full standard amount.*

**Ключевые слова:** озимая пшеница, дифференцированное применение гербицидов, сорные растения, биологическая эффективность, экономическая эффективность

**Key words:** winter wheat, differentiated use of herbicides, weeds, biological efficiency, economic efficiency

Из всех групп вредных организмов на первом месте по причиняемому вреду сельскому хозяйству в нашей стране находятся сорные растения, а по объему применения среди всех средств защиты растений – гербициды [1, 2]. Поэтому для решения актуальной задачи, связанной со снижением пестицидной нагрузки на агроценозы и охраной окружающей среды, особое значение имеет сокращение применения гербицидов. Опыт передовых зарубежных стран показал важность системы точного земледелия, в которой средства защиты растений применяют с учетом пространственного размещения вредных организмов в агроценозах [3-7]. По данным отечественных ученых, локально-дифференцированное применение позволяет снизить расход гербицидов на 29,4-37% и оно не сопровождается ростом засоренности полей севооборота [8].

Внедрение системы точного земледелия в нашей

стране сдерживается рядом объективных факторов, среди которых недостаток знаний об особенностях фитосанитарного состояния в пространстве возделываемых полей и эффективности дифференцированных норм применения пестицидов. Поэтому несомненную практическую значимость представляют исследования оптимизации норм расхода препаратов и рабочей жидкости при гербицидной обработке в зависимости от пространственной неоднородности засоренности посевов. В отечественной литературе данные по этому вопросу крайне малочисленны, но уже имеются положительные результаты проведения гербицидных обработок с использованием вегетационных индексов [9-12].

Целью настоящей работы была сравнительная оценка эффективности дифференцированного и равномерного применения гербицидов на посевах озимой пшеницы в Северо-Западном регионе РФ.

**Методика.** Исследования проводили в 2015-2017 гг. в микрополевоом опыте Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института на посевах озимой пшеницы сорта Московская 56. Заданную схемой опыта пространственную неоднородность засоренности (сильная – более 25%, средняя – 10-25%, слабая – менее 10% проективного покрытия) создавали ручными прополками сильно засоренного участка за несколько дней до гербицидной обработки.

В опыте было предусмотрено два варианта с разными способами применения гербицида, а также необработываемый гербицидом контроль. При равномерном способе использовали полную норму расхода гербицида независимо от засоренности посевов. При дифференцированном способе норму расхода препарата определяли с учетом степени засоренности по данным вегетационного индекса NDVI. Норму расхода рассчитывали по соотношению показателей NDVI, соответствующих деланкам средней и сильной засоренности. При этом при сильной засоренности применяли полную норму расхода гербицида, которая для препарата Секатор, водно-диспергированные гранулы – ВДГ на посевах озимой пшеницы составляет 0,200 кг/га. Размер деланки в опыте – 2 м<sup>2</sup>, общее их количество при 9 повторениях – 81.

Наземное определение индекса NDVI проводили с использованием портативного ручного датчика GreenSeeker фирмы Trimble (США) в фазе начала выхода в трубку озимой пшеницы на постоянных учетных площадках 0,1 м<sup>2</sup>, расположенных внутри деланки [13]. Количество постоянных площадок соответствовало числу деланок в опыте. В этой фазе развития культуры на постоянных учетных площадках определяли численность сорных растений отдельно по видам, их общее проективное покрытие, а при уборке урожая – общую фитомассу. Учет урожая состоял из уборки всех растений с каждой постоянной площадки в фазе полной спелости озимой пшеницы.

Биологическую эффективность гербицидной обработки определяли согласно соответствующим методическим указаниям путем сравнения численности сорных растений на постоянных учетных площадках до обработки и через 30 дней после ее проведения, а также при уборке урожая во всех вариантах [14].

Статистическая обработка данных проведена с использованием дисперсионного и корреляционного анализов в программе Statistica 6.

**Результаты и обсуждение.** Комплекс видов сорных растений на деланках был представлен обычными для ценоза озимой пшеницы на Северо-Западе России видами. Массово встречались зимующие виды – фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), незабудка полевая (*Myosotis arvensis* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.). Отсутствие многолетних видов сорных растений указывает на малолетний тип засоренности опытных деланок на протяжении всех лет исследований. При слабой засоренности в разные годы насчитывалось 183-447 экз./м<sup>2</sup>, средней – 289-655, сильной – 310-904 экз./м<sup>2</sup>, проективное покрытие поверхности почвы сорными растениями составляло соответственно 6-7; 14-17 и 23-42%.

Фактические значения индекса NDVI значительно варьировали по годам и в среднем составляли 0,45; 0,49 и 0,54 соответственно для слабой, средней и сильной степени засоренности посева. При этом степень засоренности достоверно различалась по этому индексу только в 2017 г., что указывает на ограниченное его применение

**Табл. 1. Значения индекса NDVI в вариантах с разной засоренностью посевов озимой пшеницы**

Год	Степень засоренности			НСР <sub>05</sub>
	слабая	средняя	сильная	
2015	0,63±0,08	0,66±0,09	0,70±0,10	0,028
2016	0,43±0,05	0,47±0,05	0,48±0,04	0,017
2017	0,29±0,03	0,34±0,04	0,45±0,08	0,022

при определении засоренности посевов озимой пшеницы (табл. 1). В литературе также можно обнаружить сведения о недостаточной чувствительности индекса к незначительным изменениям в засоренности посевов, в том числе пороговых значений, на основании которых принимают решение о гербицидных обработках [15, 16]. Статистическая обработка данных показала отсутствие устойчивой положительной корреляционной связи индекса NDVI с численностью сорных растений ( $r = -0,18-0,35$ ), тогда как с проективным покрытием ( $r = 0,32-0,61$ ,  $p \leq 0,05$ ) она была.

На основе значений индекса NDVI, определенного для каждой деланки, составлена карта-задание на проведение гербицидной обработки. Уменьшение нормы расхода гербицида при дифференцированной обработке на деланках со средней засоренностью в отдельных случаях достигало 28-40% (0,055-0,080 кг/га) при среднем значении по годам 14, 2 и 22% (табл. 2).

Дифференцированная и полная норма расхода гербицида Секатор, ВДГ показали практически одинаковую результативность. Снижение численности сорных растений к уборке урожая составляло соответственно 47,2 и 53,0%, фитомассы – 57,1 и 56,5%. Максимальное различие по эффективности разной нормы обработки гербицидом в 2017 г. достигало 8,8 и 13,3% соответственно по числу и массе сорных растений (табл. 3). Для данного года было характерно наибольшее уменьшение нормы применения гербицида – 22%, что не вызывало такого же снижения эффективности обработки. Это свидетельствует в пользу дифференцированного подхода при выборе нормы расхода гербицидов, которую следует определять по фактической засоренности каждого посева.

Сравнительная оценка эффективности показала преимущество равномерного проведения гербицидной обработки, а не дифференцированной, учитывающей фактическую засоренность деланок. Оно выразилось в более сильном снижении численного состава сорных растений и формируемой ими надземной массы, которые составили по годам соответственно 48,6-75,1 и 39,0-77,9% (табл. 3). При этом различия в значениях данных показателей между двумя способами применения гербицида в разные годы достигали 17,6-21,4 и 1,7-29,7%. Такая ситуация объясняется как несколько более высокой эффективностью полной нормы применения гербицида, так и уничтожением сорных рас-

**Табл. 2. Нормы расхода гербицида, определенные по индексу NDVI, для деланок со средней степенью засоренности**

Год	Средняя засоренность		Сильная засоренность		Снижение нормы расхода гербицида	
	NDVI	норма расхода, кг/га	NDVI	норма расхода, кг/га	кг/га	%
2015	0,50-0,77	0,145-0,192	0,55-0,80	0,200	0,008-0,055	4-28
2016	0,40-0,52	0,178-0,200	0,41-0,53	0,200	0,0-0,022	0-11
2017	0,29-0,42	0,120-0,200	0,29-0,55	0,200	0,0-0,080	0-40

**Табл. 3. Биологическая эффективность разных норм и способов применения гербицидов в посеве озимой пшеницы**

Норма/способ применения гербицида	Снижение численности сорняков в сравнении с контролем, %			Снижение массы сорняков в сравнении с контролем, %		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Полная	56,0	42,8	60,2	59,3	26,9	83,3
Дифференцированная	47,8	42,4	51,4	58,2	43,0	70,0
Равномерно	52,4	48,6	75,1	61,2	39,0	77,9
Дифференцированно	31,9	31,0	53,7	59,5	32,9	48,2

**Табл. 4. Хозяйственная эффективность разных способов гербицидной обработки в посеве озимой пшеницы**

Способ гербицидной обработки	Урожайность					
	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	г/м <sup>2</sup>	% к контролю	г/м <sup>2</sup>	% к контролю	г/м <sup>2</sup>	% к контролю
Без гербицида (контроль)	231,6	-	266,6	-	345,8	-
Равномерно	262,8	113	305,9	115	471,8	136
Дифференцированно	251,4	108	310,8	117	430,6	124
HCP <sub>05</sub>	14,1		46,1		31,2	

тений на делянках со слабой засоренностью, которые при дифференцированном подходе не подлежали обработке. Статистически значимое превосходство равномерной гербицидной обработки отмечено в 2017 г. В этом году во влажных условиях весенне-летней вегетации озимой пшеницы численность сорных растений на необработываемых слабо засоренных делянках по сравнению с обрабатываемыми возросла к уборке культуры в 1,8 раза, их фитомасса – в 4,4 раза.

Дифференцированное применение гербицида в сравнении с равномерным оказалось менее эффективным с хозяйственной точки зрения. Преимущество равномерного внесения гербицида по величине сохраненного урожая наблюдали в 2015 и 2017 гг., когда оно составило 1,1 (5%) и 4,1 ц/га (12%). Однако статистически значимыми эти различия были только в 2017 г. (табл. 4).

Таким образом, выявлена более высокая биологическая и хозяйственная эффективность равномерного способа применения гербицида в посевах озимой пшеницы в сравнении с дифференцированным. В данном варианте уничтожались сорные растения, в том числе и на делянках со слабой засоренностью, которые при дифференцированном применении гербицида не обрабатывали. В то же время дифференцированное проведение гербицидной обработки способствовало более высокой рентабельности, обусловленной существенным снижением объема применения препарата. При этом дифференцированная на основе измерений вегетационного индекса NDVI норма расхода гербицида была такой же результативной в снижении численности и фитомассы сорных растений, как и полная норма.

**Литература**

1. Захаренко В.А. Оценка потенциала фитосанитарии в зерновом производстве России // *Защита и карантин растений*. – 2013. – N 10. – С. 3–7.

2. Захаренко В.А. Рынок пестицидов в России и перспективы его развития // *Защита и карантин растений*. – 2014. – N 11. – С. 3–6.

3. Шнаар Д., Сорока С.В., Вартеберг Г. Возможности и проблемы дальнейшей экологизации защиты растений в рамках программы «Precision farming» на примере борьбы с сорняками // *Вестник защиты растений*. – 2001. – N 3. – С. 12–22.

4. Шнаар Д., Веттенберг Г., Даммер К., Захаренко А.В. Научные основы снижения норм гербицидов при использовании технологий дифференцированного прецизионного их внесения развитых стран Европы // *Агро XXI*. – 2003. – Вып. 1–6. – С. 40–43.

5. Nordmeyer H. Patchy weed distribution and site-specific weed control in winter cereals // *Precision Agriculture*. – 2006. – V.7. – P. 219–231.

6. Franco C., Pedersen S.M., Papaharalampos H., Ørum J.E. The value of precision for image-based decision support in weed management // *Precision Agriculture*. – 2017. – V.18. – P. 366–382.

7. Rider T.W., Vogel J.W., Dille J.A., Dhuyvetter K.C., Kastens T.L. An economic evaluation of site-specific herbicide application // *Precision Agriculture*. – 2006. – V. 7. – P. 379–392.

8. Гурьянов А.М., Артемьев А.А. Оценка засоренности агроценозов и эффективность дифференцированного применения гербицидов в севообороте // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2018. – Т. 66. – N 5. – С. 83–89. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.83-89

9. Полин В.Д., Березовский Е.В., Ларина Н.В. Использование оптических датчиков «GREENSEEKER» при применении гербицида // *Доклады ТСХА*. – 2010. – Вып. 282. – Ч. 1. – С. 310–313.

10. Полин В.Д., Березовский Е.В. Совершенствование методов борьбы с сорняками в системе точного земледелия в новых экологических условиях // *Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодноклиматическим условиям*. – М., 2011. – С. 131–136.

11. Полин В.Д., Смелкова И.А., Туляков Д.Г. Использование оптических датчиков в борьбе с сорными растениями в системе точного земледелия // *Нивы Зауралья*. – 2013. – N 9. – С. 76–79.

12. 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.

13. Шпанев А.М., Петрушин А.Ф. Методологические основы изучения оптических характеристик фитосанитарного состояния посевов // *Агрофизика*. – 2017. – N 4. – С. 48–57.

14. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2014. – 280 с.

15. Шпанев А.М. Экспериментальная база для дистанционного зондирования фитосанитарного состояния агроэкосистем на Северо-Западе РФ // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2019. – Т. 16. – N 3. – С. 61–68. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-61-68

16. Фесенко М.А., Шпанев А.М. Фотометрическая экспресс-диагностика минерального питания и фитосанитарного состояния посевов зерновых культур // *Агрофизика*. – 2019. – № 2. – С. 54–63. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.02.08

Поступила в редакцию 17.02.20  
 После доработки 05.03.20  
 Принята к публикации 10.03.20