

УДК 631.547:631.952:633.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНТРОЛЯ БОЛЕЗНЕЙ ЛИСТЬЕВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫМ КОМПЛЕКСОМ ТЕБУКОНАЗОЛА С АРАБИНОГАЛАКТАНОМ

¹Теплякова О.И., ¹Кулагин О.В., ²Метелева Е.С., ²Душкин А.В., ¹Власенко Н.Г.

¹Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН, Краснообск, e-mail: vlas_nata@ngs.ru;

²Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, e-mail: dushkin@solid.nsk.su

В статье представлены результаты оценки эффективности обработки посевов яровой мягкой пшеницы сортов Новосибирская 31 и Обская 2 супрамолекулярным комплексом тебуконазола с полисахаридом арабиногалактаном, выделяемым из древесины лиственниц *Larix sibirica* и *Larix gmelinii* в массовом соотношении 1:10 с нормой расхода 0,5 кг/га, приготовленным по оригинальной механохимической технологии, против основных болезней листьев. Исследования проводили в двух полевых опытах в четырехкратной повторности в условиях центрально-лесостепного Приобского агроландшафтного района Новосибирской области на черноземе выщелоченном. Отмечена различная пораженность сортов болезнями – в агроценозе Новосибирской 31 присутствовали бурая ржавчина, мучнистая роса и септориоз, развитие которых достигало 60,8, 3,3 и 21,6%, в агроценозе Обской 2 – только последнее заболевание (20,1%). Опрыскивание посевов в фазе начала колошения коммерческим препаратом – Фоликуром, КС снизило развитие бурой листовой ржавчины, септориоза и мучнистой росы на растениях Новосибирской 31 на 98, 97 и 87% соответственно. Исследуемый препарат лишь немного уступал в эффективности стандарту – 99, 86 и 70% соответственно. В посевах пшеницы Обская 2 эталонный фунгицид Фоликур подавил септориоз на 93-97%, а изучаемая композиция – на 83-92% на подфлаговом и флаговом листьях соответственно. Применение Фоликура и супрамолекулярного комплекса на 22 и 26% увеличивало площадь листьев и задерживало их старение. Рост урожайности при применении композиции был выше (0,53–0,65 т/га), чем при применении Фоликура (0,31–0,64 т/га). Таким образом, однократной обработкой посевов в начале колошения супрамолекулярным комплексом тебуконазола с полисахаридом арабиногалактаном, с нормой расхода 0,5 кг/га, можно эффективно контролировать листовые инфекции мягкой яровой пшеницы.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, супрамолекулярный комплекс, тебуконазол, арабиногалактан, эффективность, урожайность зерна

EFFICIENCY OF SPRING SOFT WHEAT LEAF DISEASES CONTROL BY SUPRAMOLECULAR COMPLEX OF TEBUCONAZOLE WITH ARABINOGALAKTAN

¹Tepliyakova O.I., ¹Kulagin O.V., ²Metelleva E.S., ²Dushkin A.V., ¹Vlasenko N.G.

¹Siberian Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture SFSCA RAS, Krasnoobsk, e-mail: vlas_nata@ngs.ru;

²Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS, Novosibirsk, e-mail: duskin@solid.nsk.su

The article presents the results of efficiency estimation of spring wheat varieties of Novosibirskaya 31 and Obskaya 2 treatment with supramolecular complex of tebuconazole with a polysaccharide arabinogalactan, isolated from larch wood *Larix sibirica* and *Larix gmelinii* in a mass ratio of 1: 10 with a flow rate of 0.5 kg / ha, prepared according to the original mechanochemical technology, against major leaf diseases. The researches were carried out fourfold in two field experiments in conditions of the central forest-steppe Priobsky agrolandscape district of the Novosibirsk region on leached chernozem. Different incidence of varieties of diseases was noted – brown leaf rust, powdery mildew and septoria were present in the Novosibirskaya 31 agroecosis, the development of which reached 60.8, 3.3 and 21.6%, in the agroecosis of the Obskaya 2 – only the last disease (20.1%). Crops spraying in the beginning of earing phase with a commercial drug – Follicure, CS has reduced the development of leaf rust, septoria and powdery mildew on plants of Novosibirskaya 31 by 98, 97 and 87%, respectively. The study drug was only slightly less effective than the standard – 99, 86 and 70%, respectively. In the wheat crops of Obskaya 2 reference fungicide Follicur suppressed septoria by 93-97%, and the studied composition – by 83-92% on the subflag and flag leaves, respectively. The use of Follicur and supramolecular complex increased leaf area by 22 and 26% and delayed their aging. Yield growth with application of composition was higher (0.53 – 0.65 t/hectare), than is was with Follicur's application (0.31 – 0.64 t/hectare). Thus, a single treatment of crops at the phase of beginning of earing with a supramolecular complex of tebuconazole with polysaccharide arabinogalactan, with a flow rate of 0.5 kg / ha, can effectively control leaf infections of soft spring wheat.

Keywords: spring soft wheat, supramolecular complex, tebuconazole, arabinogalactan, efficiency, grain yield

Большую опасность для посевов пшеницы представляют фитопатогенные грибные заболевания, среди них в Западной Сибири наиболее опасными являются листовые ин-

фекции – бурая ржавчина, септориоз и мучнистая роса. Развиваясь на листьях, эти болезни уменьшают их ассимиляционную поверхность и разрушают хлорофилл, что

приводит к снижению фотосинтеза, преждевременному старению и отмиранию листового аппарата [1].

Известно, что вклад в урожай верхних трех листьев у колосовых культур составляет около 75–80%, флагового листа – до 35%. Поэтому очень важно как можно дольше сохранить их живыми и свободными от болезней и особенно не допустить распространения инфекции на флаговый лист. Для этого необходимо проводить фитосанитарный мониторинг посевов и следить за развитием заболевания с тем, чтобы своевременно провести защитные мероприятия [2]. В арсенале средств химической защиты имеются фунгициды, обладающие высокой эффективностью против листовых инфекций зерновых культур. Однако большинство биологически активных соединений относится к классу плохо или нерастворимых в воде и физиологически активных средах, что предполагает применять завышенные дозировки действующих веществ [3]. Новые направления развития химии пестицидов реализуют это направление за счет разработки и создания пестицидов нового поколения с меньшими нормами расхода и более эффективной биодоступностью [4]. В связи с этим для увеличения растворимости действующих веществ используется метод их совместной механохимической обработки с водорастворимыми полимерами. Полученные при этом твердые дисперсии обладают повышенной растворимостью в воде, что предполагает увеличение биологической активности таких композиций [5]. С целью получения новых экономичных биодоступных фунгицидов с меньшей нормой расхода по действующему веществу применяют водные растворы сахаров [6], препаративные формы, полученные методом интенсивной механической и термохимической обработки с введением композиционных добавок [7]. В качестве активной экологической добавки в рецептуру фунгицидных препаратов эффективно вводить природный полисахарид арабиногалактан, выделенный из лиственниц сибирской (*Larix sibirica* L.) и Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen.) [8], который в модельных экспериментах показывал высокую мембранотропность [9].

Цель настоящего исследования – определить эффективность применения супрамолекулярного комплекса тебуконазола с арабиногалактаном для контроля болезней листьев яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Западной Сибири.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на опытном поле СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. Опыты размещали по паре. В опытах использовали два сорта яровой мягкой пшеницы – Обская 2 и Новосибирская 31. Посев осуществляли 21 и 22 мая сеялкой СН-16. Норма высева 6 млн. всхожих зерен /га. Опыты включали 3 варианта: 1 – контроль без обработки фунгицидами; 2 – Фоликур, КЭ (д.в. тебуконазол, 250 г/л), норма расхода 1 л/га; 3 – супрамолекулярный комплекс тебуконазола с полисахаридом арабиногалактаном 1:10 (массовое соотношение) 0,5 кг/га. Приготовление сухой композиции – комплекса тебуконазола с арабиногалактаном осуществляли по оригинальной механохимической технологии, описанной ранее [10], продолжительность обработки составляла 6 ч. При этом удалось добиться увеличения водорастворимости тебуконазола в 3 раза, а также увеличения трансмембранного переноса (эксперимент проводился на искусственных мембранах методом РАМРА, который используется для предсказания проницаемости биологически активных веществ через клеточные мембраны). Повторность опыта четырехкратная, размещение – систематическое, площадь делянки 25 м². Обработку посевов фунгицидами против комплекса болезней листьев проводили в фазе колошения ручным опрыскивателем, норма расхода рабочей жидкости 300 л/га. Семена перед посевом обрабатывали системным фунгицидом. Посевы в фазе кущения опрыскивали баковой смесью дикотицида и граминицида против комплекса сорняков. Уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием. Урожайность приводили к стандартной влажности и чистоте согласно ГОСТ 1386.5-93 и 1386-2-81. Оценку фитосанитарного состояния посевов (септориоз – *Septoria nodorum* Berk., *Septoria tritici* Rob. Et Desm. [11], бурая листовая ржавчина – *Puccinia recondita* Rob. Et Desm. (шкала Петерсона); мучнистая роса – возбудитель *Blumeria graminis* (DC) Speer. (синоним *Erysiphe graminis* DC) f. *tritici* Em. Marchal порядка *Erysiphales* [12] проводили в фазе молочной спелости культуры. Площадь флагового листа главного побега (n = 100) определяли методом промеров [13] с поправочным коэффициентом 0,67 в фазе молочной спелости зерна. Математическую обработку данных осуществляли пакетом прикладных программ «СНЕДЕКОР» [14].

Таблица 1

Эффективность контроля болезней листьев яровой пшеницы Новосибирская 31 супрамолекулярным комплексом тебуконазола с арабиногалактаном

Варианты опыта	Бурая ржавчина		Септориоз		Мучнистая роса	
	индекс развития болезни, %	распространенность болезни, %	индекс развития болезни, %	распространенность болезни, %	индекс развития болезни, %	распространенность болезни, %
Контроль без обработки фунгицидами	60,8	97,0	21,6	100,0	3,3	32,0
Фоликур, КЭ, 1 л/га	1,14	21,00	0,63	38,0	0,44	16,00
Композиция тебуконазол: арабиногалактан = 1:10, 0,5 кг/га	1,06	22,0	3,11	76	0,98	27,0

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования проводили в условиях увлажненного вегетационного периода, что способствовало развитию всех основных болезней листьев пшеницы – септориоза, бурой ржавчины и мучнистой росы, однако сорта поражались болезнями по-разному. В посевах Новосибирской 31 до фазы колошения культуры фиксировали два заболевания – септориоз и мучнистую росу. Их распространенность в нижнем ярусе растений (3-й лист сверху) составила 49 и 62, индекс развития – 2,17 и 3,21%. Листья верхнего яруса поражались возбудителями слабее: септориозная пятнистость с интенсивностью поражения в 1% обнаруживалась на 11% растений, единичные подушечки мучнистой росы – на 16%. К фазе молочной спелости зерна в верхнем ярусе растений их инфекционный фон увеличился: распространенность мучнистой росы достигла 32%; развитие болезни – 10,7%; септориоз соответственно – 100 и 21,6%, но этим заболеваниям не дала развиваться бурая ржавчина, интенсивно распространявшаяся в незащищенных посевах (табл. 1).

Новый фунгицидный комплекс тебуконазола с арабиногалактаном высокоэффективно контролировал бурую ржавчину (биологическая эффективность = 98,3%), что соответствовало эффекту, полученному от обработки посевов химическим эталоном (биологическая эффективность 98,1%) (рисунок). Скорость нарастания инфекции *Puccinia recondita* на контрольном посеве начала усиливаться в конце налива и составила 3,19% в сутки (коло-

шение – налив = 0,52% в сутки), увеличиваясь в период молочной спелости до 4,4%. Аналогичная скорость инфекционного прироста в варианте с обработкой композицией тебуконазол:арабиногалактан достигла к молочной спелости культуры лишь 0,06 и 0,07% в сутки, Фоликуром – 0,01%.

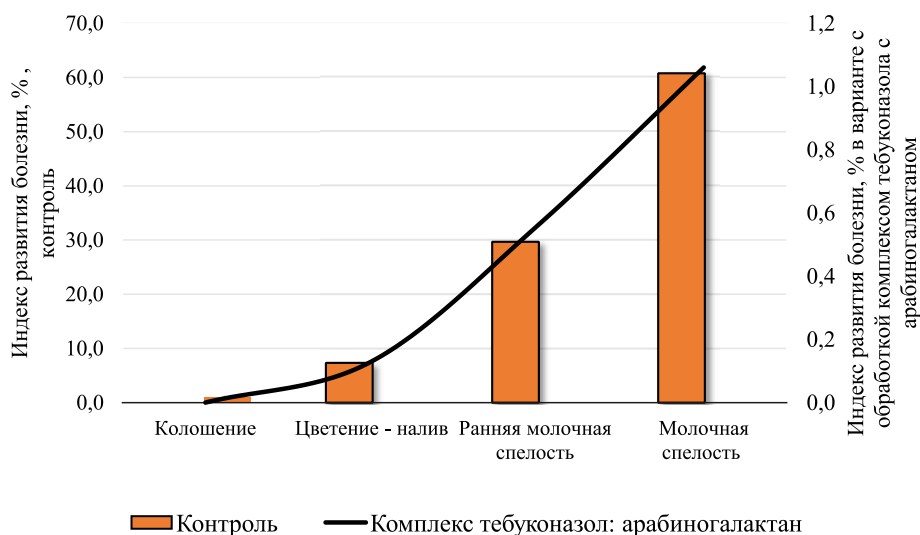
Фитосанитарный эффект нового фунгицидного комплекса по сдерживанию септориозной пятнистости на флаг-листе был ниже – 85,6%, в то время как Фоликур подавил заболевание на 97,1%.

Посевы Обской 2 поражались только септориозом, против которого была подтверждена высокая фунгицидная эффективность нового препарата (табл. 2). На этапе перехода растений к молочной спелости зерна развитие болезни, достигшее на незащищенном под флаговом листе 21,1%, контролировалось супрамолекулярным комплексом на уровне 83,1%. Эффективность химического эталона была выше – 92,8%. К концу молочной спелости зерна флаг-лист защищенных посевов оставался слабо пораженным и частота встречаемости здоровых растений в варианте с обработкой новым фунгицидным комплексом превышала таковую контроля в 4,7 раз. В эту фазу развития растений биологическая эффективность комплекса тебуконазола с арабиногалактаном была сопоставима с Фоликуром – 92,1 и 97,1% соответственно.

У защищенной новым фунгицидным комплексом пшеницы достоверно увеличивалась площадь флагового листа и задерживалось засыхание листьев. Обработка посевов супрамолекулярным комплексом тебуконазола с арабиногалактаном при-

водила к росту площади флаг-листа до 24,2 см² у пшеницы сорта Новосибирская 31 и до 23,2 см² у сорта Обская 2, что было выше на 24 и 22%, чем в контроле – 18,4 и 18,1 см² соответственно. При применении

Фоликура площадь флаг-листа возросла до 24,7 и 24,0 см², или на 25,6 и 24,5% у Новосибирской 31 и Обской 2 соответственно ($HCP_{05} = 0,16$ и $0,31$; Степень влияния по Снедекору – 99,7 и 99,5%).



Эффективность контроля бурой листовой ржавчины в посевах яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31 комплексом тебуконазола с арабиногалактаном, флаг-лист

Таблица 2

Эффективность контроля болезней листьев яровой пшеницы Обская 2 супрамолекулярным комплексом тебуконазола с арабиногалактаном

Ярус листьев	Варианты опыта	Индекс развития болезни, %	Распространенность болезни, %	Биологическая эффективность, %
Подфлаг (переход к молочной спелости)	контроль – без обработки фунгицидами	21,08	100,0	–
	Фоликур, КЭ, 1 л/га	1,51	45,0	92,8
	композиция тебуконазол: арабиногалактан = 1:10, 0,5 кг/га	3,57	80,0	83,1
Флаг-лист (конец молочной спелости)	контроль без обработки фунгицидами	4,48	80,0	–
	Фоликур, КЭ, 1 л/га	0,13	13,0	97,1
	композиция тебуконазол: арабиногалактан = 1:10, 0,5 кг/га	0,35	17,0	92,1

Таблица 3

Влияние обработки посевов супрамолекулярным комплексом тебуконазола с арабиногалактаном на урожайность пшеницы Новосибирская 31 и Обская 2

Варианты опыта	Новосибирская 31		Обская 2	
	масса 1000 зерен, г	урожайность, т/га	масса 1000 зерен, г	урожайность, т/га
Контроль без обработки фунгицидами	37,76	5,36	47,72	4,72
Фоликур, КЭ, 1 л/га	42,59	6,00	53,43	5,03
Композиция тебуконазол: арабиногалактан = 1:10, 0,5 кг/га	42,51	6,01	51,83	5,25
Коэффициент корреляции	0,99		0,76	
НСР ₀₅	0,27	0,12	0,33	0,14
Степень влияния по Снедекору	99,6	96,7	99,7	94,3

Применение комплекса тебуконазола с арабиногалактаном приводило к существенному росту урожайности зерна пшеницы, тесно связанному с ростом массы 1000 зерен (табл. 3).

Масса 1000 зерен у пшеницы сорта Новосибирская 31 увеличилась на 4,75 г, у Обской 2 – на 4,11 г при применении композиции и на 4,83 и 5,74 г – при использовании Фоликура. Опрыскивание посевов изучаемым препаратом обеспечило рост урожайности зерна яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 на 0,65 т/га, или 12,1%, сорта Обская 2 – на 0,53 т/га или 11,2%, а использование Фоликура увеличило урожайность на 0,64 т/га (11,9) и 0,31 т/га (6,6%).

Полученные результаты показывают, что в благоприятных для развития фитопатогенов и растения-хозяина условиях, однократной обработкой посевов в начале колошения супрамолекулярным комплексом тебуконазола с полисахаридом арабиногалактаном, выделяемым из древесины лиственниц *Larix sibirica* и *Larix gmelinii* в массовом соотношении 1:10 с нормой расхода 0,5 кг/га, приготовленным по оригинальной механохимической технологии, можно эффективно контролировать болезни листьев, вызываемые возбудителями *Puccinia recondita*, *Sep-toria nodorum* и *Blumeria graminis*. В случае эпифитотийного развития бурой листовой ржавчины его применение обеспечивает увеличение сбора зерна мягкой яровой пшеницы, сопоставимое с использованием фунгицида Фоликур с нормой расхода 1 л/га – 0,65 и 0,64 т/га. Иной хозяйственный эффект получен на пшенице, пораженной септориозной инфекцией. В этой фитосанитарной обстановке прибавка урожая от обработки растений новым фунгицидным комплексом составила 0,53 т/га и превысила стандарт на 0,22 т/га.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта №18-416-540007/18.

Список литературы / References

1. Санин С.С. Эпифитотии болезней зерновых культур: теория и практика. Избранные труды. М.: НИПКЦ Восход-А, 2012. 451 с.
Sanin S.S. Epiphytotics of diseases of grain crops: theory and practice. Selected works. M.: NIPKC Voskhod-A, 2012. 458 p. (in Russian).
2. Пахолкова Е.В. Скорость развития листостебельных инфекций зерновых культур // Защита и карантин растений. 2015. № 3. С. 39–40.
Pakholkova E.V. The rate of development of leaf stalk infections of grain crops // Protection and quarantine of plants. 2015. № 3. P. 39–40 (in Russian).
3. De Jong W.I., Born P.I.A. Drug delivery and nanoparticles: Applications and hazards // Inter. J. Nanomedicine. 2008. vol. 3. no 2. P. 133–149. DOI: 10.2147/IJN.S596.
4. Захаренко В.А. Проблема резистентности вредных организмов к пестицидам – мировая проблема // Вестник защиты растений. 2001. № 1. С. 3–17.
Zakharenko V.A. Pesticide resistance in pests as a major problem throughout the world // Plant Protection News. 2001. № 1. P. 3–17 (in Russian).
5. Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсеенко В.И. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–12. С. 2695–2700.
Khalikov S.S., Dushkin A.V., Davletov R.D., Evseenko V.I. The creation of innovative fungicides based on tebuconazole and mechanochemical processes // Fundamental Researches. 2013. no 10–12. P. 2695–2700 (in Russian).
6. Чикишева Г.Е., Мударисова Р.К., Коптяева Е.И., Яковлев В.Г. Земченкова Г.К., Буслаева Л.И. Влияние моносахаридов на фунгицидную активность метилового эфира 2-бензимидазолкарбаминового кислоты // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17. № 5. С. 145–148.
Chikisheva G.E., Mudarisova R.K., Koptyaeva E.I., Yakovlev V.G., Zemchenkova G.K., Buslaeva L.I. Influence of monosaccharides on fungicidal activity of methyl ether of 2-benzimidazolecarbamino acid // Bashkir Chemical Journal. 2010. Vol. 17. № 5. P. 145–148 (in Russian).
7. Массалимов И.А., Удовенко И.Ф., Киреева М.С., Вихарева И.Н. Применение водных серосодержащих композиций в качестве средств защиты растений // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 4. С. 97–100.

- Massalimov I.A., Udovenko I.F., Kireeva M.S., Vikhareva I.N. The use of aqueous sulfur-containing compositions as a means of plant protection // *Bashkir Chemical Journal*. 2006. Vol. 13. № 4. P. 97–100 (in Russian).
8. Халиков С.С., Теплякова О.И., Власенко Н.Г., Халиков М.С., Евсеенко В.И., Душкин А.В. Применение арабиногалактана для улучшения технологических и биологических свойств протравителей зерновых культур // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2015. Т. 23. № 5. С. 591–599. DOI: 10.15372/KhUR20150513.
- Khalikov S.S., Teplyakova O.I., Vlasenko N.G., Khalikov M.S., Evseenko V.I., Dushkin A.V. Application of arabinogalactan for improvement of technological and biological properties of grain crops protectants // *Chemistry for Sustainable Development*. 2015. Vol. 23. № 5. P. 591–599 (in Russian).
9. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Остроухова Л.А. Арабиногалактан листовенницы – свойства и перспективы использования (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2003. № 1. С. 27–37.
- Medvedeva E.N., Babkin V.A., Ostroukhova L.A. Larch Arabinogalactan – properties and prospects (review) // *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2003. № 1. P. 27–37 (in Russian).
10. Метелева Е.С., Евсеенко В.И., Теплякова О.И., Халиков С.С., Поляков Н.Э., Апанасенко И.Е., Душкин А.В., Власенко Н.Г. Нанопестициды на основе супрамолекулярных комплексов тебуконазола для обработки семян злаковых культур // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2018. Т. 26. № 3. С. 279–294. DOI: 10.15372/KhUR20180304.
- Metel'eva E.S., Evseenko V.I., Teplyakova O.I., Khalikov S.S., Polyakov N.E., Apanasenko I.E., Dushkin A.V., Vlasenko N.G. Nanopesticides based on supramolecular complexes of tebuconazole for the treatment of cereal seeds // *Chemistry for Sustainable Development*. 2018. Vol. 26. № 3. P. 279–294 (in Russian).
11. Санин С.С., Санина А.А., Мотовилин А.А. Пахолкова Е.В., Корнева Л.Г. Жохова Т.П. Полякова Т.М. Защита пшеницы от септориоза // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2012. № 4. С. 73.
- Sanin S.S., Sanina A.A., Motovilina A.A. Pakholkova E.V., Korneva L.G. Zhokhova T.P. Polyakova T.M. Protecting wheat from septoriosiis // Supplement to the journal «Protection and quarantine of plants». 2012. № 4. P. 73 (in Russian).
12. Санин С.С. Неклеса Н.П. Стрижекозин Ю.А. Защита пшеницы от мучнистой росы // *Защита и карантин растений*. 2008. № 1. С. 62–70.
- Sanin S.S. Neklesa N.P. Strizhokzin Yu.A. Protecting wheat from powdery mildew // *Protection and quarantine of plants*. 2008. № 1. P. 62–70 (in Russian).
13. Дмитриев Н.Н., Хуснидинов Ш.К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 7. С. 88–93.
- Dmitriev N.N., Khusnidinov Sh.K. Accelerated method determination of leaf area of crops by computer technology // *Vestnik KrasGAU*. 2016. № 7. P. 88–93 (in Russian).
14. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск: Изд-во ГУП РПО СО РАСХН, 2012. 282 с.
- Sorokin O.D. Application statistics on the computer. 2nd ed. Novosibirsk: Izd-vo GUP RPO SO RASHN, 2012. 282 p. (in Russian).