

УДК 632.9: 57.021

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОБОВ-АНТАГОНИСТОВ И ХИТОЗАНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗАЩИТЕ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ И ЛИСТОВЫХ ПЯТНИСТОСТЕЙ

Л.Е. Колесников¹, И.И. Новикова², Э.В. Попова², Н.С. Прияткин³, Ю.Р. Колесникова⁴

¹*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Пушкин;*

²*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин;*

³*Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург;*

⁴*Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург*

Несмотря на наличие широкого ассортимента химических фунгицидов, поражаемость пшеницы возбудителями болезней остается серьезной проблемой. В настоящее время особенно актуальны исследования, направленные на разработку новых альтернативных и экологически безопасных средств защиты пшеницы. В работе приведены данные по оценке влияния биопрепаратов и хитозановых составов («Гамаир, СП», «Витаплан, Ж», «Хитозан I», «Хитозан II», комплекс: «Витаплан, Ж» + «Хитозан II») на развитие корневой гнили, мучнистой росы, бурой ржавчины, септориоза пшеницы. Наиболее выраженным комплексным действием обладал хитозановый состав «Хитозан II», снижавший интенсивность развития мучнистой росы (на 60%), бурой ржавчины (на 74.3%) и септориоза (46.8%) по сравнению с контролем. Добавление к хитозановому составу «Хитозан II» биопрепарата «Витаплан, Ж» приводило к повышению

его эффективности в отношении гелиминтоспориозной корневой гнили (на 60%). В результате применения хитозановых составов («Хитозан I», «Хитозан II») отмечалось достоверное снижение развития септориоза пшеницы (на 66.9%), при этом биопрепараты «Гамаир, СП» и «Витаплан, Ж» оказались малоэффективными в отношении септориоза. При использовании биопрепарата «Гамаир, СП» на 60% снижалось развитие гелиминтоспориозной корневой гнили, однако он не оказывал достоверного влияния на развитие мучнистой росы и бурой ржавчины. Проведенные исследования показали перспективность использования в практике защиты пшеницы от болезней полифункциональных препаратов: хитозановых составов – против мучнистой росы, бурой ржавчины и септориоза, а в отношении гелиминтоспориозной корневой гнили – комплексов, объединяющих полезные свойства штаммов микроорганизмов-антагонистов фитопатогенов и хитозановых композиций.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, биопрепараты, хитозан, корневая гниль, болезни листьев, бурая ржавчина, мучнистая роса, септориоз.

Введение

Развитие ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий сельскохозяйственного производства в значительной степени зависит от рационального использования удобрений и средств защиты растений от вредителей и болезней. Несмотря на высокую эффективность подавления численности вредных организмов, химические пестициды могут негативно влиять на полезные нецелевые объекты, а также вызывать развитие резистентности у фитофагов и фитопатогенов, что приводит к нежелательному увеличению норм расхода и кратности их применения. Постепенное накопление остатков синтетических химических средств защиты растений в почве, водоемах и растительной продукции отрицательно влияет на здоровье человека и животных [Гончар и др., 2013].

Для решения проблем фитосанитарии и экологии в защите растений необходимо использовать менее токсичные для человека, флоры и фауны, избирательные и быстро разлагаемые в природе вещества. Альтернативой химическим пестицидам могут стать препараты на основе микроорганизмов и их метаболитов, а также других природных соединений [Павлюшин, 2005; Штерншис, 2012; Кузина и др., 2009; Новикова, 2016]. Однако, несмотря на эффективность и экологическую безопасность биопрепаратов, объем их применения составляет всего 1–1.5% от рынка химических пестицидов. В этой связи очевидно, что одним из наиболее перспективных и актуальных направлений научных исследований в сельскохозяйственной биотехнологии является разработка новых полифункциональных микробиологических препаратов и технологий их применения.

В качестве микробов-антагонистов возбудителей болезней растений большое внимание уделяется бактериям р. *Bacillus* [Логинов, 2007; Чеботарь, 2009; Воронкович и др., 2011; Новикова и др., 2013]. Продуктируемые ими антибиотики полипептидного и аминокликозидного ряда, такие как субтилин, субтилозин, бациллизин, микобаццилин и некоторые ферменты, лизирующие клеточные стенки грибов [Berg et al. 2001], подавляют рост и развитие возбудителей целого ряда болезней сельскохозяйственных культур. Бациллы стимулируют рост и развитие растений за счет образования веществ-иммунизаторов, усиливают фиксацию растениями атмосферного азота, растворяют труднодоступные для растений минеральные соединения почвы (в первую очередь, фосфаты), увеличивают численность микроорганизмов ризосферы, потребляющих аммонийный азот и минерализующих растительные остатки, в частности, целлюлозу. Некоторые антагонистические механизмы видов р. *Bacillus* обусловлены их эффективной

конкуренцией за питательные элементы и пространство, и индукцией болезнестойчивости растений [Соколова и др., 2011; Guerra-Cantera et al., 2005; Vanloon et al., 1998; Knox et al., 2000; Leelasuphakul et al., 2006]. Важная особенность бактерий рода *Bacillus* как основы биопестицидов – устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды за счет способности к спорообразованию [Гаврилов, Бойко, 2001; Thangavelu, Mustafa, 2012]. Например, выявлена антагонистическая активность в отношении возбудителей корневых гнилей и снежной плесени, а также способность к активизации защитных реакций в растениях пшеницы у некоторых эндофитных изолятов *B. subtilis* [Bing Liu et al., 2009; Lu-Yao et al., 2015; Moubarak, Abdel-Monaim, 2011], септориоза (*S. tritici*, *S. nodorum*), *B. sorokiniana*, *D. tritici-repentis* [Perelló, Monaco, 2007; Веселова и др., 2015], фузариоза колоса *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* [Imen et al., 2016], мучнистой росы (*Blumeriagraminis* f. sp. *tritici* (Bgt) [Xiaoning Gao et al., 2015], желтой ржавчины [Hui Li et al., 2013] и бурой ржавчины [Kalappanavar et al., 2008].

Новая тенденция в разработке технологий фитосанитарной оптимизации агроэкосистем – использование метода защиты растений, который основан на повышении иммунного потенциала растений, а не на подавлении плотности популяций фитопатогенных видов, как это происходит в случае использования пестицидов [Зимоглядова и др., 2009; Старикова, 2014]. Широко обсуждаются практические достижения и перспективы использования природного полимера хитозана для создания препаратов нового поколения – индукторов болезнестойчивости на его основе [Тютюрев, 2014, 2015]. Созданы модификации биологически активного водорастворимого синтетического комплекса хитозана с медью (CS-Cu), обладающие биоцидной и индуцирующей активностью, при введении которых в состав препарата Хитозар, МЭ существенно повышается его эффективность как индуктора болезнестойчивости. Разработан ассортимент новых фунгицидов на основе хитозана (АПВ 1, АВП4/8, АВП X, АВП XС, хитозар Ф, хитозар П1, П2, П3) и катапола (катазар) [Долженко, Захаренко, 2010]. Как показали исследования, обработка листьев пшеницы хитозаном стимулировала синтез прекурсоров лигнина, таких как п-кумаровая, феруловая и синаповая кислоты, а также фенольных кислот, обладающих антимикробной активностью, например, бензойной, п-кумаровой, кофеиновой, протокатеховой, хлорогеновой, феруловой и галловой [Bhaskara et al., 2014; Orzali et al., 2014].

Особенно перспективны для защиты от болезней композиции микробов-антагонистов возбудителей болезней

и активаторов болезнеустойчивости растений – хитозана и его производных. Высокий защитный эффект таких комплексных полифункциональных биопрепаратов обусловлен сочетанием антагонистических свойств штаммов микроорганизмов и способности хитозана совместно с биологически активными веществами повышать болезнеустойчивость растений. В ФГБНУ ВИЗР разработана технология получения ряда таких полифункциональных препаратов в виде композиций микробов-антагонистов с

хитин-хитозановыми носителями методом иммобилизации [Павлюшин и др., 2010, 2012].

Цель настоящей работы – оценка эффективности полифункциональных препаратов на основе штаммов микроорганизмов-антагонистов возбудителей болезней и активаторов болезнеустойчивости растений – хитозановых комплексов для защиты пшеницы от корневой гнили и возбудителей болезней листьев (бурой ржавчины, мучнистой росы, септориоза).

Материалы и методы

Место проведения работы – лаборатория фитотоксикологии ФГБНУ ВИЗР, кафедра защиты и карантина растений ФГБОУ ВО СПбГАУ.

Экспериментальные исследования выполнены в условиях опытного поля Пушкинских лабораторий ФГБНУ “ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова” (ВИР). Объект изучения – сорт яровой мягкой пшеницы Ленинградская 6, к-64900, предоставленный отделом генетических ресурсов ВИРА.

Посев яровой мягкой пшеницы в соответствии с приведенной ниже схемой опыта осуществлен 7 мая 2016 г. Образцы пшеницы были посеяны на делянках площадью 1.0 м² рядовым способом посева с междурядьями 15 см и расстоянием в ряду 1–2 см (400 семян/м²). Глубина заделки семян: 5–6 см. Полевой опыт по определению влияния биопрепаратов и хитозановых комплексов на продуктивность пшеницы и интенсивность развития корневой гнили выполнен в 2-кратной повторности. Схема опыта включала 6 вариантов: без обработки (контроль), «Гамаир, СП», «Витаплан, Ж» – культуральная жидкость штамма *B. subtilis* ВКМ В-2604Д и штамма *B. subtilis* ВКМ В-2605Д при соотношении 1:1 с титром живых клеток и спор/г *B. subtilis* – 10¹⁰, Хитозановый комплекс «Хитозан I», Хитозановый комплекс «Хитозан II», комплекс: «Витаплан» + «Хитозан II».

Для обработки семян пшеницы Ленинградка 6 перед посевом использовали:

1. Контроль – без обработки;
2. «Гамаир, СП» (10 г препарата на 300 л воды);
3. «Витаплан, Ж» – культуральная жидкость штаммов *B. subtilis* ВКМ В-2604Д и *B. subtilis* ВКМ В-2605Д (1:1), титр живых клеток и спор/г – 10¹⁰. Замачивание 50 г семян осуществлено в 100 мл культуральной жидкости в течение 1 часа.
4. Хитозановый комплекс «Хитозан I» – 0.1% раствор по хитозану: Хитозан мМ 100 кДа, Хитозан мМ 50кДа (1:1), янтарная кислота, глутаминовая кислота, 0.025% салициловая кислота.

5. Хитозановый комплекс «Хитозан II» – 0.1% раствор по хитозану: Хитозан мМ 50кДа, янтарная кислота, глутаминовая кислота; 0.0015% индолилуксусной кислоты.

6. Комплекс: «Витаплан, Ж» + «Хитозан II» – культуральная жидкость с титром клеток 10¹⁰ КОЕ /мл (разведение 1:10).

Обработка вегетирующих растений пшеницы препаратами проведена в 3-кратной повторности: 24 июня; 9 и 19 июля. Схема опыта предусматривала использование следующих препаратов:

1. Контроль – без обработки;
2. Стандарт «Гамаир, СП» – из расчета 10 г препарата на 300 л воды;
3. «Витаплан, Ж»: культуральная жидкость с титром клеток 10¹⁰ КОЕ/мл в разведении 1:10.

4. Хитозановый комплекс «Хитозан I» – 0.1% раствор по хитозану: Хитозан мМ 100 кДа; Хитозан мМ 50кДа (1:1); янтарная кислота, глутаминовая кислота; 0.025% салициловая кислота.

5. Хитозановый комплекс «Хитозан II» – 0.1% раствор по хитозану: Хитозан мМ 50кДа; янтарная кислота, глутаминовая кислота; 0.0015% индолилуксусной кислоты; расход жидкости 100 мл/м².

6. Комплекс: «Витаплан, Ж» + «Хитозан II».

Расход жидкости во всех вариантах опыта – 100 мл/м².

Оценка степени поражения растений корневой гнилью проведена в полевых условиях в фазу кушения пшеницы (15 июля 2016 г.) по общепринятой шкале: 1 – эпикотиль без поражения, 1 – единичные пятна на эпикотиле; 2 – сильное поражение; 3 – сильное поражение, растение погибло. В каждом варианте опыта оценивали по 20 растений в 2-кратной повторности. Развитие корневой гнили по вариантам опыта оценивали по средневзвешенной величине степени поражения растений [Попов Ю.В., 2011]

$$P_5 = \frac{\sum(a \cdot b) \cdot 10}{A \cdot K},$$

где *a* – число растений с одинаковыми признаками поражения; *b* – соответствующий балл; *A* – число растений в учете (здоровых и больных); *K* – высший балл учетной шкалы.

Интенсивность поражения пшеницы возбудителем мучнистой росы (*Blumeria graminis* Speer.) учитывали в фазы кушения пшеницы, выхода в трубку, созревания (молочной спелости зерна) по показателям: условная величина развития болезни [Геше-ле Э.Э., 1978], число и площадь пятен с налетом.

Развитие бурой ржавчины (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Erik.) на флаговых и предфлаговых листьях учитывали в фазу выхода в трубку и молочной спелости зерна как по общепринятым фитопатологическим показателям – интенсивности поражения (по шкале Р.Ф. Петерсона), так и с использованием дополнительных параметров: числа пустул, площади пустулы.

Интенсивность поражения образцов септориозом (*Stagonospora nodorum* Castell. et Germano) определяли в фазы молочной и восковой спелости зерна по условному развитию болезни на флаговой и предфлаговой листовой поверхности в соответствии со шкалой Джеймса [James W.O., 1971].

Размер инфекционных структур возбудителей бурой ржавчины и мучнистой росы определяли с помощью окулярного микрометра. Значения площади пустулы и пятен с налетом рассчитывали в предположении об их эллиптической форме с использованием выражения: $S_{п.м.} = m \cdot ab$, где *a* и *b* – значения полуосей эллипса (в линиях окулярного микрометра), *m* – масштабный коэффициент микроскопа.

Статистический анализ данных был проведен с использованием пакетов прикладных программ SPSS 21.0 и Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований нами была проведена оценка эффективности биопрепаратов и хитозановых составов, разработанных в ФГБНУ ВИЗР, в отношении

корневой гнили пшеницы в фазе выхода в трубку. Как показали исследования, основным возбудителем болезни был *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. Изменения интен-

сивности развития гелиминтоспориозной корневой гнили при использовании биопрепаратов и хитозановых комплексов по сравнению с контролем приведены на рис. 1. Максимальной эффективностью в отношении *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. обладал биопрепарат Витаплан, Ж и комплекс Витаплан, Ж + Хитозан II, использование которых снижало развитие болезни на 83.3% и 80% по сравнению с контролем, соответственно.

На втором этапе исследований была проведена оценка эффективности биопрепаратов и хитозановых составов в отношении мучнистой росы, бурой ржавчины и септориоза. В таблице 1 отражены результаты сравнительного анализа интенсивности развития (%), числа и площади пятен возбудителя мучнистой росы (мм²) на флаговых и предфлаговых листьях в вариантах опыта с применением

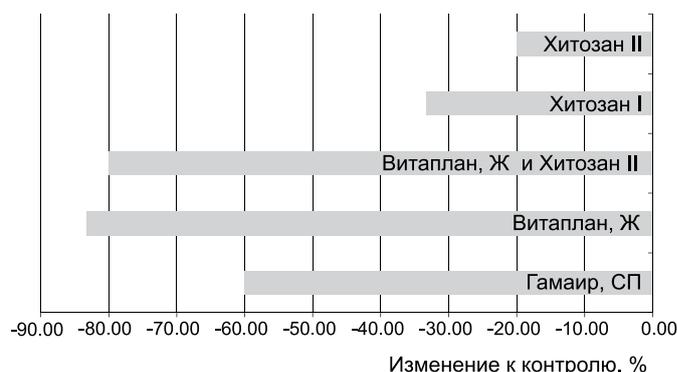


Рисунок 1. Эффективность биопрепаратов и хитозановых комплексов в отношении развития гелиминтоспориозной корневой гнили по сравнению с контролем

Таблица 1. Влияние биопрепаратов и хитозановых комплексов на показатели патогенеза пшеницы при развитии возбудителя мучнистой росы по сравнению с контролем

Варианты опыта	Флаговый лист			Предфлаговый лист		
	Развитие, %	Число пятен, шт.	Площадь пятен, мм ²	Развитие, %	Число пятен, шт.	Площадь пятен, мм ²
Гамаир, СП	-46.67	-53.74	189.84	-75.25	-67.80	141.17
Витаплан, Ж	-76.67*	-67.35	-39.24	-67.50	-20.73	-63.38
Витаплан, Ж и Хитозан II	-16.67	-12.93	34.37	-53.13	-43.29	-46.01
Хитозан I	-10.00	-37.41	-5.80	-60.63	-40.24	31.28
Хитозан II	-90.00	-78.23	-72.38	30.50	33.54	-30.42

* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента (P<0.05)

биопрепаратов и хитозановых комплексов, и без их применения (контроль). Максимальной эффективностью в отношении комплекса показателей болезни обладал биопрепарат Витаплан, Ж. Остальные препараты по эффективности могут быть ранжированы следующим образом: Витаплан, Ж+ Хитозан II =>Хитозан I =>Хитозан II =>Гамаир, СП.

Влияние биопрепаратов и хитозановых комплексов на интенсивность поражения яровой мягкой пшеницы возбудителем бурой ржавчины было изучено по показателям развития болезни (%), числу пустул и площади пустулы, учитываемых на флаговых и предфлаговых листьях пшеницы (рис. 2–4).

В таблице 2 отражены изменения комплекса показателей патогенеза, формирующегося при развитии возбудителя бурой ржавчины, в вариантах опыта с применением биопрепаратов, хитозановых комплексов и без их применения (контроль). Максимальной эффективностью в отно-

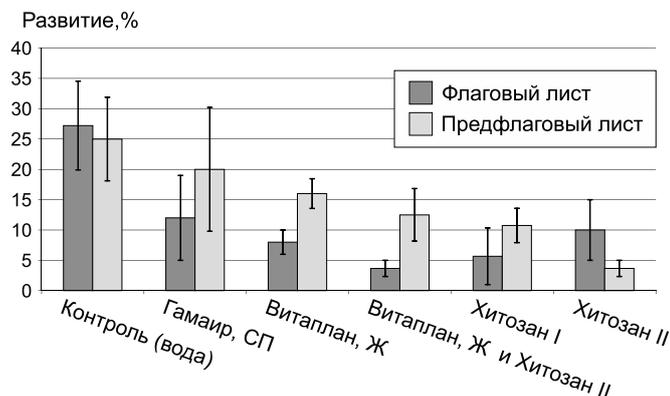


Рисунок 2. Влияние биопрепаратов и хитозановых комплексов на степень поражения флаговых и предфлаговых листьев пшеницы возбудителем бурой ржавчины

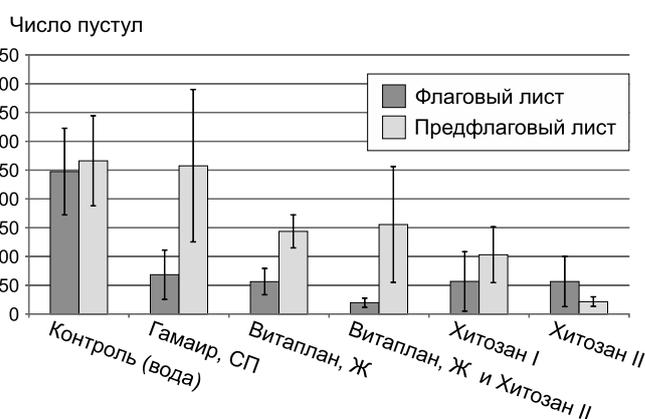


Рисунок 3. Влияние биопрепаратов и хитозановых комплексов на число пустул флаговых и предфлаговых листьев пшеницы возбудителем бурой ржавчины

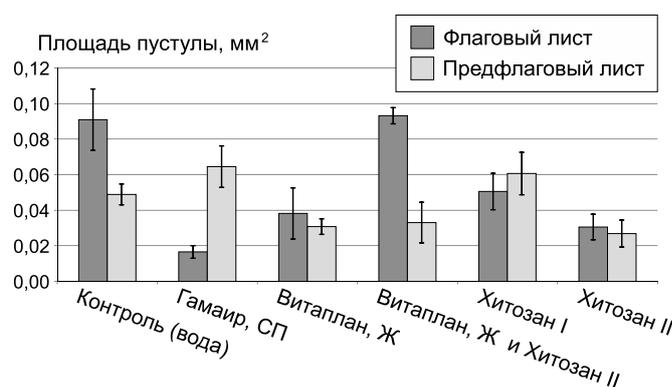


Рисунок 4. Влияние биопрепаратов и хитозановых комплексов на площадь пустулы возбудителя бурой ржавчины на флаговых и предфлаговых листьях пшеницы

Таблица 2. Влияние биопрепаратов и хитозановых комплексов на показатели патогенеза пшеницы, формирующегося при развитии возбудителя бурой ржавчины, по сравнению с контролем

Варианты опыта	Флаговый лист			Предфлаговый лист		
	Развитие, %	Число пустул, шт.	Площадь пустул, мм ²	Развитие, %	Число пустул, шт.	Площадь пустул, мм ²
Гамаир, СП	-55.92	-72.38	-81.80	-20.00	-3.24	32.07
Витаплан, Ж	-70.61*	-77.22	-58.01	-36.00	-46.07	-37.02
Витаплан, Ж и Хитозан II	-86.53	-92.05	2.45	-50.00	-41.58	-32.36
Хитозан I	-79.18	-77.09	-44.40	-57.00	-61.26	24.11
Хитозан II	-63.27	-77.16	-66.39	-85.33	-91.86	-45.01

* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента ($P < 0.05$)

шении комплекса показателей возбудителя бурой ржавчины обладал хитозановый комплекс Хитозан II. Остальные препараты по эффективности могут быть ранжированы следующим образом: Витаплан, Ж => Хитозан I => Витаплан, Ж + Хитозан II => Гамаир, СП.

Результаты оценки эффективности биопрепаратов и хитозановых комплексов относительно септориоза пшеницы представлены в таблице 3. Наибольшую эффективность в отношении болезни проявили хитозановые комплексы Хитозан I и Хитозан II. Остальные препараты по эффективности могут быть ранжированы следующим образом: Витаплан, Ж + Хитозан II => Гамаир, СП => Витаплан, Ж.

Таблица 3. Эффективность биопрепаратов и хитозановых комплексов в отношении развития возбудителя септориоза пшеницы

Варианты опыта	Стат. показатель	Флаговый лист			Предфлаговый лист		
		Развитие, %	Критерий Стьюдента	Изм. по сравнению контролем, %	Развитие, %	Критерий Стьюдента	Изм. по сравнению контролем, %
Контроль (вода)	Среднее	62.50			27.50		
	Стд. ошибка	12.50			2.50		
Гамаир, СП	Среднее	33.33	-1.94	-46.67	38.00	0.28	38.18
	Стд. ошибка	8.33			37.00		
Витаплан, Ж	Среднее	50.00	-0.45	-20.00	50.00	1.54	81.82
	Стд. ошибка	25.00			14.43		
Витаплан, Ж и Хитозан II	Среднее	69.17	0.03	10.67	2.00	-10.00	-92.73
	Стд. ошибка	16.09			0.50		
Хитозан I	Среднее	8.00	-3.80	-87.20*	3.00	-9.80	-89.09
	Стд. ошибка	7.00			0.00		
Хитозан II	Среднее	27.50	-2.75	-56.00*	17.50	-2.83	-36.36
	Стд. ошибка	2.50			2.50		

* – различия достоверны при $P < 0.05$

По числу отрицательных изменений биопрепараты и хитозановые составы по эффективности могут быть ранжированы следующим образом: Витаплан, Ж (92.9%) => Хитозан I (86.0%) => Хитозан II (85.7%) => Витаплан, Ж + Хитозан II (78.6%) => Гамаир, СП (71.4%). Распределение биопрепаратов и хитозановых составов по числу отрицательных и статистически достоверных изменений показателей патогенеза к контролю имеет следующий вид: Хитозан II (71.4%) => Витаплан, Ж (50%) => Хитозан I (21.4%) => Гамаир, СП (14.3%) => Витаплан, Ж + Хитозан II (7.14%). Таким образом, наибольшей эффективностью относительно изученного комплекса фитопатогенных микромицетов обладает хитозановый комплекс «Хитозан II».

Методом многомерного шкалирования выявлена сопряженность в изменении значений комплекса показате-

На следующих этапах работы была проведена оценка эффективности биопрепаратов и хитозановых составов в отношении комплекса возбудителей болезней листьев пшеницы. На рис. 5 обобщены данные, отражающие влияние биопрепаратов и хитозановых составов на вышеперечисленные 14 показателей патогенеза различного типа, связанного с развитием возбудителей мучнистой росы, бурой ржавчины и септориоза на флаговых и предфлаговых листьях пшеницы (по числу суммарных отрицательных изменений к контролю, по числу отрицательных и статистически достоверных изменений к контролю с использованием критерия Стьюдента при $P < 0.05$).

лей патогенеза пшеницы различного типа, формируемого при развитии возбудителей мучнистой росы, бурой ржавчины и септориоза с использованием биопрепаратов, хитозановых составов и без их применения (контроль). Результаты анализа приведены на рис.6.

В соответствии со значением стресса Краскала (0%), представляющего собой долю дисперсии, которая не учтена при многомерном шкалировании, модель полностью соответствует исходным данным. Выявлены сходства в эффективности действия биопрепаратов и хитозановых составов препаратов в вариантах опыта: Витаплан, Ж; Витаплан, Ж совместно с Хитозан II; Хитозан I. Наблюдаются четкие отличия по сравнению с выявленной группой в действии биопрепарата Гамаир, СП и хитозанового комплекса Хитозан I на интенсивность поражения пшеницы возбудителями болезней листьев.

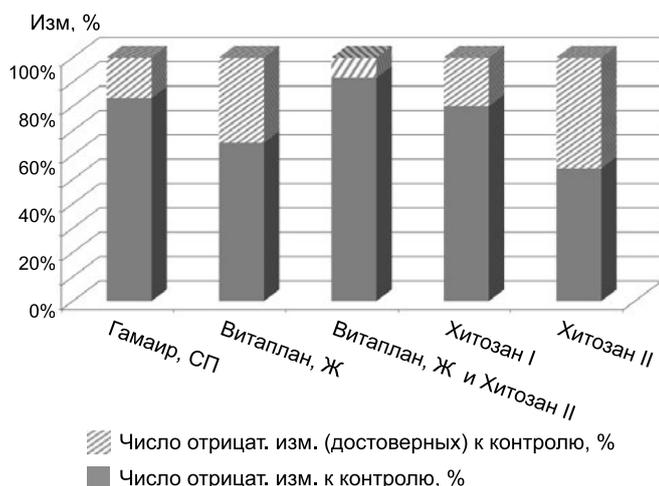


Рисунок 5. Нормированная гистограмма, отражающая влияние биопрепаратов и хитозановых составов на показатели патогенеза различного типа, связанного с развитием возбудителей болезней листьев пшеницы (мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз)

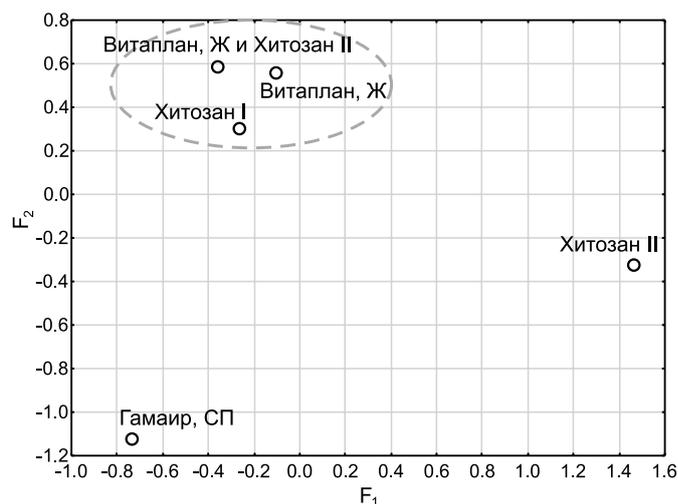


Рисунок 6. Многомерное шкалирование относительных изменений в значениях показателей интенсивности поражения пшеницы возбудителями бурой ржавчины, мучнистой росы и септориоза при использовании препаратов по отношению к контролю

Заключение

Проведенные исследования выявили высокую биологическую эффективность изученных полифункциональных препаратов на основе штаммов микроорганизмов и хитозановых комплексов в отношении болезней яровой пшеницы, и видоспецифичность их действия. Максимальная биологическая эффективность в отношении развития гельминтоспориозной корневой гнили отмечена у биопрепарата «Витаплан, Ж» и комплекса «Хитозан II» + «Витаплан, Ж» (80–83%). Выявлена тенденция снижения интенсивности поражения по большинству показателей патогенеза мучнистой росы, бурой ржавчины и септориоза при применении комплекса «Хитозан II» + «Витаплан, Ж». Максимальной эффективностью в отношении возбудителя мучнистой росы обладал биопрепарат «Витаплан, Ж», бурой ржавчины – хитозановый состав «Хитозан II», сеп-

ториоза – оба хитозановых состава («Хитозан I», «Хитозан II»). Наибольшую эффективность в отношении комплекса возбудителей болезней листьев показал хитозановый состав «Хитозан II». Добавление к хитозановому составу «Хитозан II» биопрепарата «Витаплан, Ж» усиливало его эффективность в отношении гельминтоспориозной корневой гнили. Проведенные исследования показали перспективность использования в практике защиты пшеницы от болезней полифункциональных препаратов: хитозановых составов – против мучнистой росы, бурой ржавчины и септориоза, а в отношении гельминтоспориозной корневой гнили – комплексов, объединяющих полезные свойства штаммов микроорганизмов-антагонистов фитопатогенов и хитозановых композиций.

Библиографический список (References)

- Веселова С.В. Роль эндофитной бактерии *Bacillus subtilis* 26Д и жасмоновой кислоты в регуляции транскрипционной активности генов PR-белков в инфицированных *Septoria nodorum* Berk. растениях пшеницы / С.В. Веселова, Г.Ф. Бурханова, Т.В. Нужная, И.В. Максимов // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. N1. С. 87–91.
- Воронкович Н.В. Бактерии рода *Bacillus* как агенты биологического контроля фитопатогенов картофеля / Воронкович Н. В., Ананьева И.Н., Коломиец Э.И. // Научные достижения биологии, химии, физики: сб. ст. по матер. I междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2011.
- Гаврилов А.А. Биопрепараты для защиты озимой пшеницы от болезней / А.А. Гаврилов, А.П. Бойко // Защита и карантин растений. 2001. N 1. С. 29.
- Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э.Э. Гешеле // М.: Колос. 1978. 53 с.
- Долженко В. И. Для ускорения научно-технического прогресса / В.И. Долженко, В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. 2010. N2. С. 64–68.
- Зимоглядова Т.В. Эффективность биопрепаратов на разных сортах озимой пшеницы / Т.В. Зимоглядова, В.В. Жадан, С.В. Наказной // Защита и карантин растений. 2009. N 11. С.25–26.
- Кузина Е.В. Перспективы использования сухих препаративных форм биопрепаратов «Елена» и «Азолен» для сельского хозяйства / Е.В. Кузина, Н.С. Яхина, Н.Ф. Галимзянова, Т.Ф. Бойко, Н.Н. Силищев, О.Н. Логинов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. N5(2). С. 464–467.
- Логинов О.Н. Получение сухой препаративной формы биопрепарата сельскохозяйственного назначения «Елена» / О.Н. Логинов, Н.С. Васильева, Н.Н. Силищев // Башкирский химический журнал. 2007. Т. 12. N2. С. 45–47.
- Новикова И.И. Перспективы использования биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для защиты картофеля от болезней при хранении / И.И. Новикова, И.В. Бойкова, В.А. Павлюшин, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, Р.Р. Азизбекян, Н.И. Кузнецова // Вестник защиты растений. 2013. N4. С. 12–21.
- Новикова И.И. Биологическое разнообразие микроорганизмов – основа для создания новых полифункциональных биопрепаратов для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем // Вестник защиты растений. 2016. Т.83. N3. С. 120–122.
- Павлюшин В.А. Стратегические задачи исследований по обеспечению фитосанитарного оздоровления агроэкосистем в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия // Фитосанитарное оздоровление экосистем (материалы II Всероссийского съезда по защите растений). СПб. Пушкин. 2005. Т.2. 594 с.
- Павлюшин В.А. Разработка методов совместного применения микробов-антагонистов, хитина и хитозана в защите растений огурца и томата от фузариозной инфекции и нематод / В.А. Павлюшин, С.Л. Тютюрев, Э.В. Попова, И.И. Новикова, И.В. Бойкова, Г.А. Быкова // Материалы международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина». 25–30 июня 2012г. Мурманск: РосХит. 2012. С. 398–404.

- Павлюшин В.А. Новые комплексные биопрепараты для защиты овощных культур от грибных и бактериальных болезней / В.А. Павлюшин, С.Л. Тютерева, Э.В. Попова, И.И. Новикова, Г.А. Быкова, Н.С. Домнина // Биотехнология. 2010. N 4. С. 69–80.
- Попов Ю.В. Метод оценки развития корневых гнилей зерновых культур // Защита и карантин растений. 2011. N 8. С. 45–47.
- Старикова Д.В. Влияние стимуляторов, биологических препаратов и микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой мягкой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. N 98. С. 1–13.
- Соколова М.Г. Влияние на растения фитогормонов, синтезируемых ризосферными бактериями / М.Г. Соколова, Г.П. Акимова, О.Б. Вайшла // Прикл. биохимия и микробиология. 2011. Т.47. N3. С. 373–385.
- Тютерева С.Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам // Вестник защиты растений. 2015. 1(83). С. 3–13.
- Тютерева С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням // СПб. 2014. 212 с.
- Чеботарь В.К. Антифунгальные и фитостимулирующие свойства ризосферного штамма *Bacillus subtilis* Ч-13 – продуцента биопрепаратов / В.К. Чеботарь, Н.М. Макарова, А.И. Шапошников, Л.В. Кравченко // Прикл. биохимия и м/б. 2009. Т. 45. N 4. С. 465–471.
- Штерншиш М.В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник томского государственного университета. Биология. 2012. N 2 (18). С. 92–100.
- Bhaskara Reddy MV. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality / Bhaskara Reddy MV, Arul J, Angers P, Couture L // J Agric Food Chem. 1999. Mar.47(3): 1208–16 PMID: 10552439
- Bing Liu. Biological control of take-all in wheat by endophytic *Bacillus subtilis* E1R-j and potential mode of action // Bing Liu, Lili Huang, Hongping Qiao, Yufei Gong. Biological Control 49(3): 277–285: DOI: 10.1016/j.biocontrol.2009.02.007.
- Guerra-Cantera MARV/ Utilization of a polyphasic approach in the taxonomic reassessment of antibiotic and enzyme-producing *Bacillus* spp. isolated from the Philippines // Guerra-Cantera MARV, Raymundo, A.K., World. J. Microb. Biot. 2005. 21: 635–644.
- Hui Li. Biological control of wheat stripe rust by an endophytic *Bacillus subtilis* strain E1R-j in greenhouse and field trials // Hui Li, Jie Zhao, HaoFeng, Zhensheng Kang // Crop Protection 43: 2013. 201–206: DOI: 10.1016/j.cropro.2012.09.008.
- Imen Zalila-Kolsi Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) / Zalila-Kolsilmen, Afif Ben Mahmoud, Ali Hacina, Sameh Sellami, Zina Nasfi, Slim Tounsi, Kaïs Jamoussi // Microbiological Research. 2016. 192. 148–158.
- James W.O. An illustrated series of assessment for plant diseases preparation and usage // Can. Plant Dis. Surv. 1971. V.51. N 2. P. 36–55
- Kalappanavar I. K. Management strategies of leaf rust of wheat caused by *Puccinia recondita* Sp. Tritici rob. Ex. Desm. / I. K. Kalappanavar, R. K. Patidar, K. Srikant // Karnataka J. Agric. Sci. 2008. 21 (1): P. 61–64
- Knox O.G.G. Effects of increased nitrate availability on the control of plant pathogenic fungi by the soil bacterium *Bacillus subtilis* / O.G.G. Knox, R. Killham, K. Leifert // Appl. Soil Ecol. 15.P.227–231.
- Leelasuphakul W. Purification, characterization and synergistic activity of β -1,3- glucanase and antibiotic extract from an antagonistic *Bacillus subtilis* NSRS 89–24 against rice blast and sheath blight // W. Leelasuphakul, P. Sivanunsakul, S. Phongpaichit // S. Enzym. Microb. Technol. 2006. 38. P. 990–997.
- Lu-Yao Wang. Conjunctively screening of biocontrol agents (BCAs) against fusarium root rot and fusarium head blight caused by *Fusarium graminearum* / Lu-Yao Wang, Yue-Shen Xie, Yuan-Yu Cui, Jianjun Xub, Wei He, Huai-Gu Chen, Jian-Hua // Guoa. Microbiological Research 2015. V. 177, August 2015. P.34–42 <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2015.05.005>
- Moubarak M. Y. Effect of bio-control agents on yield, yield components and root rot control in two wheat cultivars at New Valley region / M. Y. Moubarak, M. F. Abdel-Monaim. Egypt. Journal of Cereals and Oilseeds. V. 2(6). P. 77–87. November 2011. P.77–87. DOI: 10.5897/JCO11.029
- Orzali L. Effect of chitosan seed treatment as elicitor of resistance to *Fusarium graminearum* in wheat / L. Orzali, C. Forni, L. Riccioni // Seed Science and Technology. 2014. V. 42. N. 2. P. 132–149(18): DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2014.42.2.03>
- Perelló A. E. Status and progress of biological control of wheat (*Triticum aestivum* L.) foliar diseases in Argentina / A. E. Perelló, C. Mónaco // Fitosanidad. 2007. V. 11. N 2.
- Thangavelu R. Current Advances in the Fusarium Wilt Disease Management in Banana with Emphasis on Biological Control / R. Thangavelu, M.M. Mustafa // Plant Pathology. 2012. N4. P. 273–298.
- Xiaoning Gao. Endophytic *Bacillus subtilis* Strain E1R-J is a Promising Biocontrol Agent for Wheat Powdery Mildew / Xiaoning Gao, Yufei Gong, Yunxia Huo, Qingmei Han, Zhensheng Kang, Lili Huang // Bio Med Research International. V. 2015 (2015). P.1–8. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/462645>.

Translation of Russian References

- Chebota V.K., Makarova N.M., Shaposhnikov A.I., Kravchenko L.V. Antifungal and phytostimulating characteristics of *Bacillus subtilis* Ch-13 rhizospheric strain, producer of biopreparations. Prikl. biokhimiia i m/b. 2009. V. 45. N 4. P. 465–471. (In Russian).
- Dolzenko V.I., Zakharenko V.A. To contribute to the development of the scientific-and-technical progress. Zashchita i karantin rastenii. 2010. N 2. P.64–68. (In Russian).
- Gavrilov A.A., Boiko A.P. The biopreparations for winter wheat protection from diseases. Zashchita i karantin rastenii. 2001. N 1. P. 29. (In Russian).
- Geshele E.E. The basics of phytopathological evaluation in plant selection. Moscow: Kolos. 1978. 53 p. (In Russian).
- Kuzina E.V., Yakhina N.S., Galimzyanova N.F., Boyko T.F., Silishchev N.N., Loginov O.N. Prospects of use dry preparative forms of biological products «Elena» and «Azolen» for agriculture. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 2009. V. 11. N 5(2). P. 464–467. (In Russian).
- Loginov O.N., Vasilyeva N.S., Silishchev N.N. Production of the dry biological preparation «Elena» for agricultural purposes. Bashkirskii khimicheskii zhurnal. 2007. V. 12. N 2. P. 45–47. (In Russian).
- Novikova I.I. Biological diversity of microorganisms as a basis for development of new multifunctional biological products for phytosanitary optimization of agroecosystems. Vestnik zashchity rastenii. 2016. N 3(83). P. 120–122. (In Russian).
- Novikova I.I., Boikova I.V., Pavlyushin V.A., Zeiruk V.N., Vasilyeva S.V., Azizbekian R.R., Kuznetsova N.I. Prospects for the use of biopreparations based on microbial antagonists for potato protection from diseases during storage. Vestnik zashchity rastenii. 2013. N 4. P. 12–21. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Strategic objectives of the researches for the support of agroecosystem phytosanitary improvement in adaptive landscape agriculture. In: Fitosanitarnoe ozdorovlenie ekosistem (materialy II Vserossiiskogo syezda po zashchite rastenii). St. Petersburg, Pushkin. 2005. V 2. 594 P. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Tyuterev S.L., Popova E.V., Novikova I.I., Boikova I.V., Bykova G.A. Development of the methods for microbial antagonists, chitin and chitosan combined application in protection of cucumber plants and tomato against *Fusarium* infection and nematodes. In: Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Sovremennye perspektivy v issledovanii khitina». 25–30 iyunya 2012. Murmansk. RosKhit. 2012. P. 398–404. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Tyuterev S.L., Popova E.V., Novikova I.I., Bykova G.A., Domnina N.S. New combined biopreparations for the protection of vegetable cultures against fungal and bacterial diseases. Biotehnologiya. 2010. N 4. P.69–80. (In Russian).
- Popov Yu.V. Method for estimation of root rots development in cereals. Zashchita i karantin rastenii. 2011. N 8. P. 45–47. (In Russian).
- Shternshis M.V. Trends of microbial pesticides biotechnology developed for plant protection in Russia. Vestnik tomского gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2012. N 2 (18). P. 92–100. (In Russian).
- Sokolova M.G., Akimova G.P., Vaishlya O.B. The influence of phytohormones synthesized by rhizosphere bacteria on plants. In: Prikl. biokhimiia i mikrobiologiya. 2011. V. 47. N 3. P. 373–385. (In Russian).
- Starikova D.V. The influence of stimulants, biological products and microfertilizers on the yield and quality of winter soft wheat. Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. N 98. P. 1–13. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Ecologically safe inducers of plant resistance to diseases and physiological stresses. Vestnik zashchity rastenii. 2015. 1(83). P. 3–13. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Natural and synthetic inducers of plant resistance to diseases. St. Petersburg. 2014. 212 p. (In Russian).
- Veselova S.V., Burkhanova G.F., Nuzhnaya T.V., Maksimov I.V. Involvement of endophytic bacteria *Bacillus subtilis* 26d and jasmonic acid in the control of genes expression of pathogenesis related proteins in wheat plants

infected with *Septoria nodorum* Berk. Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2015. V 20. N 1. P. 8–791. (In Russian).
 Voronkovich N.V., Ananyeva I.N., Kolomiets E.I. Bacteria of the genus *Bacillus* as biological control agents of potato plant pathogens. Nauchnye

dostizheniia biologii, himii, fiziki: sb. st. po mater. I mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Novosibirsk: SibAK, 2011. (In Russian).
 Zimoglyadova T.V., Zhadan V.V., Nakaznoi S.V. Effectiveness of biopreparation use on different varieties of winter wheat. Zashchita i karantin rastenii. 2009. N 11. P. 25–26. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 2(92), p. 28–35

BIOLOGICAL GROUNDS FOR COMBINED USE OF ANTAGONISTIC MICROORGANISM AND CHITOSAN COMPOSITIONS IN PROTECTION OF SPRING SOFT WHEAT FROM ROOT ROT AND LEAF SPOTS

L.E. Kolesnikov¹, I.I. Novikova², E.V. Popova², N.S. Priyatkin³, Yu.R. Kolesnikova⁴

¹ Saint-Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia;

² All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia;

³ Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia;

⁴ N.I.Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

The wheat vulnerability to disease agents remains a serious problem despite existence of the wide range of modern fungicides. The researches directed to development of new alternative and environmental-oriented methods of wheat protection are especially actual now. The data on biological preparations and chitosan compositions («Gamair, SP», «Vitaplan, G», «Chitosan I», «Chitosan II», complex: «Vitaplan, G» + «Chitosan II») impact assessment on the development of the root rot, brown rust, powdery mildew, and wheat leaf blotch are presented in the work. The most expressed complex action was revealed for the chitosan composition «Chitosan II» reducing the development intensity of the powdery mildew (by 60%), brown rust (74.3%) and wheat leaf blotch (46.8%) in comparison with the control. Addition of the biological preparation «Vitaplan» to the chitosan composition «Chitosan II» increased its protection efficiency from the helminthosporium root rot (by 60%). The wheat leaf blotch development intensity was reliably suppressed (by 66.9%) by the chitosan compositions («Chitosan I», «Chitosan II»), while the biopreparations «Gamair, SP», and «Vitaplan, G» were ineffective in the protection from the disease. The use of the biological preparation «Gamair, SP» led to decrease of the development intensity of the helminthosporium root rot (by 60%); however it did not exert a reliable impact on the development of the powdery mildew and brown rust. Prospects for the use of multifunctional preparations, i.e. chitosan compositions, from the powdery mildew, brown rust and wheat leaf blotch, and the complexes combining useful properties of strains of microorganisms – antagonists of phytopathogenes and the chitosan compositions, from the helminthosporium root rot was shown in the practice of plant protection from diseases.

Keywords: spring soft wheat; biopreparation; chitosan; root rot; leaf disease; brown rust; powdery mildew; wheat leaf blotch.

Сведения об авторах

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, 196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 *Колесников Леонид Евгеньевич. Зав. кафедрой, кандидат биологических наук, e-mail: kleon9@yandex.ru
 Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 Новикова Ирина Игоревна. Ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: irina_novikova@inbox.ru
 Попова Эльза Викторовна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: elzavpopova@mail.ru
 Агрофизический научно-исследовательский институт, Гражданский пр., д. 14, 195220, Санкт-Петербург, Российская Федерация
 Прияткин Николай Сергеевич. Старший научный сотрудник, кандидат технических наук, e-mail: prini@mail.ru
 Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, ул. Большая Морская, д. 42–44, 190000, Санкт-Петербург, Российская Федерация
 Колесникова Юлия Рудольфовна. Научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: jusab@yandex.ru

Information about the authors

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 *Kolesnikov Leonid Evgenievich. Head of Department, PhD in Biology, e-mail: kleon9@yandex.ru
 All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 Novikova Irina Igorevna. Leading Researcher, DSc in Biology, e-mail: irina_novikova@inbox.ru
 Popova Elza Victorovna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: elzavpopova@mail.ru
 Agrophysical Research Institute, Grazhdanskii prospect, 14, 195220, St. Petersburg, Russian Federation
 Priyatkin Nicolay Sergeevich. Senior Researcher, PhD in Technics, e-mail: prini@mail.ru
 N.I.Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Bolshaya Morskaya uliza, 42–44, 190000, St. Petersburg, Russian Federation
 Kolesnikova Yulia Rudolfovna. Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: jusab@yandex.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence