

УДК 631.11: 579.64: 632.93

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11057

Канд. биол. наук **Л.Е. КОЛЕСНИКОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, kleon9@yandex.ru)  
Доктор биол. наук **А.А. БЕЛИМОВ**  
(ФГБНУ ВНИИСХМ, belimov@rambler.ru)  
Аспирант **П.М. ДОНЕС**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, dones1993@mail.ru)

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАММОВ АССОЦИАТИВНЫХ РИЗОБАКТЕРИЙ В ПОСЕВАХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

В современных условиях большое внимание уделяется использованию в растениеводстве ростостимулирующих ризобактерий (plant growth promoting rhizobacteria – PGPR). Однако эффективность их применения сильно варьирует в различных агроэкологических зонах страны [1]. При этом механизмы взаимодействия компонентов растительно-микробных систем, условия реализации ростостимулирующего потенциала ризобактерий и критерии отбора наиболее эффективных ассоциативных штаммов во многом еще требуют фундаментального изучения [2]. Максимальный эффект от применения ассоциативных бактерий возможно получить на основе тщательного выявления тех штаммов, которые в большей степени соответствуют биологическим свойствам исследуемых видов и сортов растений [3,4].

**Цель исследования** – определение биологической эффективности применения новых штаммов *Bacillus subtilis* 124-11, *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 и *Sphingomonas* sp. K1B для повышения продуктивности и снижения заболеваемости мягкой пшеницы.

Новизна исследования – впервые изучено комплексное влияние новых штаммов ассоциативных ризобактерий *Bacillus subtilis* 124-11, *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 и *Sphingomonas* sp. K1B на формирование морфологических признаков, повышение урожайности зерна и устойчивость пшеницы к болезням.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Растительным материалом исследования послужили сорта яровой мягкой пшеницы: Trizo (к-64981) и Сударыня (к-66407), предоставленные отделом генетических ресурсов пшениц ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР). Место проведения работы – лаборатория ризосферной микрофлоры ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ВНИИСХМ), кафедра защиты и карантина растений ФГБОУ ВО СПбГАУ.

Экспериментальные исследования были выполнены в полевых условиях 2017 г. и 2018 г. на опытном поле Пушкинских лабораторий ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова». Схема опыта включала четыре варианта – инокуляция семян и профилактическое опрыскивание растений штаммом: 1) *Bacillus subtilis* 124-11, 2) *Sphingomonas* sp. K1B, 3) *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 и 4) контрольный вариант, без обработки. Штаммы ассоциативных ризобактерий получены в ФГБНУ ВНИИСХМ и депонированы в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения (ВКСМ, Санкт-Петербург). Профилактическое опрыскивание растений заранее приготовленными суспензиями бактерий ( $10^9$  кл/мл) осуществляли в двукратной повторности: 9 и 23 июля 2017 г. и 2018 г.

Продуктивность пшеницы изучена в фазы колошения-цветения и созревания (во время уборки, осенью) по комплексу показателей, характеризующих морфологические признаки растений и структуру урожайности двух сортов пшеницы: Trizo и Сударыня.

Оценку степени поражения растений возбудителями корневой гнили, мучнистой росы, бурой и желтой ржавчины, септориоза осуществляли как по общепринятому фитопатологическому показателю – условной интенсивности развития болезни, так и с использованием дополнительных параметров. Статистический анализ данных осуществляли с использованием пакетов прикладных программ SPSS 21.0 и Statistica 6.0.

Более подробно материалы, методы и объекты исследования изложены в работе [5].

**Результаты исследования.** В 2018 г. наиболее выраженное влияние на продуктивность было установлено при обработке пшеницы сорта Сударыня штаммом *Sphingomonas* sp. K1B. Выявлен статистически достоверный рост значений 47% показателей продуктивности пшеницы по сравнению с контролем (по критерию Стьюдента,  $P < 0,05$ ): число корней увеличилось на 24%, длина корней – на 20%, длина узловых корней – на 40%, масса корней – на 65%, общая кустистость – на 61%, длина колоса – на 18%, число колосков в колосе – на 20%, масса 1000 зерен – на 22%, масса колоса с зернами – на 38%. Отмечено увеличение значений 26% показателей по сравнению с контролем при обработке растений штаммами *Pseudomonas fluorescens* SPB2137: длина узловых корней выросла на 18%, длина колоса – на 24%, число колосков в колосе – на 23%, масса 1000 зерен – на 12%, масса колоса с зернами – на 37% и *Bacillus subtilis* 124-11: общая кустистость – на 37%, длина колоса – на 12%, число колосков в колосе – на 11%, масса 1000 зерен – на 16%, масса колоса с зернами – на 21% соответственно.

В 2018 г. при обработке пшеницы сорта Trizo штамм *Sphingomonas* sp. K1B оказал статистически достоверное влияние ( $P < 0,05$ ) на рост значений 26% показателей продуктивности по сравнению с контролем: полевая всхожесть увеличилась на 8%, длина узловых корней – на 19%, продуктивная кустистость – на 19%, площадь предфлагового листа – на 26%, масса 1000 зерен – на 21%.

В варианте опыта с использованием штамма *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 отмечено увеличение значений 21% показателей: скорость развития растений по фазам онтогенеза выросла на 16%, высота растений – на 28%, площадь флагового листа – на 39%, площадь предфлагового листа – на 31%. Штамм *Bacillus subtilis* 124-11 вызывал статистически достоверное увеличение (по сравнению с контролем) только одного показателя – общей кустистости (на 25%).

Ниже представлены результаты сопоставления данных по биологической эффективности исследуемых штаммов ассоциативных ризобактерий в отношении продуктивности пшеницы по годам исследования.

Таблица 1. Биологическая эффективность штамма *Bacillus subtilis* 124-11 в отношении показателей продуктивности пшеницы (в процентах к контролю), 2017-2018 гг.

Показатели	Trizo (к-64981)		Сударыня (к-66407)	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Фаза растения	<b>-21,0*</b>	-6,9	<b>40,0</b>	-5,1
Высота растения	<b>-40,2</b>	-7,0	<b>83,5</b>	-6,2
Число корней	33,3	13,5	24,4	11,8
Длина корней	<b>-28,5</b>	6,5	13,9	0,8
Число узловых корней	13,1	-7,2	<b>122,7</b>	20,9
Длина узловых корней	<b>-22,7</b>	14,4	<b>68,8</b>	6,0
Продуктивная кустистость	-2,0	0,0	<b>236,0</b>	-3,2
Общая кустистость	86,5	<b>25,8</b>	295,3	<b>37,1</b>
Площадь флагового листа	<b>57,5</b>	10,2	6,0	-0,4
Площадь предфлагового листа	<b>61,0</b>	14,4	9,5	2,9
Масса корней	128,6	34,3	<b>300,0</b>	40,1
Масса вегетативной части	-1,3	1,9	<b>102,2</b>	34,3
Число зерен в колосе	0,4	<b>-11,3</b>	4,5	<b>12,3</b>
Число колосков в колосе	<b>-3,9</b>	<b>-12,4</b>	<b>5,7</b>	<b>11,2</b>
Число зерен в колосе	<b>21,8</b>	-13,8	4,7	-8,7
Масса 1000 зерен	-29,8	-3,3	<b>99,8</b>	6,7
Масса колоса с зернами	-4,4	-17,3	<b>20,7</b>	<b>16,0</b>

\* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента ( $P < 0,05$ )

При обработке пшеницы сорта Trizo штаммом *Bacillus subtilis* 124-11 в 2017 г. и 2018 г. (табл. 1) выявлено однонаправленное увеличение по сравнению с контролем значений 28% показателей продуктивности пшеницы: число корней (главный зародышевый корень, зародышевые и колеоптильные корни); общая кустистость; площадь флагового листа; площадь предфлагового листа; масса корней. При обработке пшеницы сорта Сударыня увеличился 61% показателей (число корней; длина корней; число узловых корней, общей кустистости, площади предфлагового листа, масса корней, масса вегетативной части, длины колоса, числа колосков в колосе, масса 1000 зерен, массы колоса с зернами).

При применении на пшенице сорта Trizo штамма *Sphingomonas sp.* K1B в 2017 г. и 2018 г. (табл. 2) наблюдалось однонаправленное увеличение значений 24% показателей продуктивности пшеницы: числа корней, площади флагового листа, площади предфлагового листа, массы корней; на сорте Сударыня отмечен рост 65% показателей: число корней, длина корней, число узловых корней, длина узловых корней, общая кустистость, масса корней, масса вегетативной части, длина колоса, число колосков в колосе, масса 1000 зерен, масса колоса с зернами.

Таблица 2. Биологическая эффективность штамма *Sphingomonas sp.* K1B в отношении показателей продуктивности пшеницы (в процентах к контролю), 2017-2018 гг.

Показатели	Trizo (к-64981)		Сударыня (к-66407)	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Фаза растения	<b>-24,9*</b>	-7,2	20,5	-5,0
Высота растения	<b>-36,2</b>	6,0	<b>54,7</b>	-9,6
Число корней	17,5	6,6	35,1	<b>23,6</b>
Длина корней	-9,7	-0,2	9,9	<b>20,1</b>
Число узловых корней	29,0	-5,6	<b>114,1</b>	16,3
Длина узловых корней	-9,6	<b>19,0</b>	25,0	40,2
Продуктивная кустистость	-14,3	<b>18,9</b>	<b>124,0</b>	0,0
Общая кустистость	40,4	-9,5	<b>295,3</b>	<b>60,9</b>
Площадь флагового листа	38,3	14,0	17,5	-10,4
Площадь предфлагового листа	<b>49,7</b>	<b>26,3</b>	-1,6	-12,0
Масса корней	113,3	13,8	<b>273,3</b>	<b>65,0</b>
Масса вегетативной части	-15,7	18,3	93,7	28,4
Длина колоса	0,5	<b>-10,6</b>	<b>6,3</b>	<b>17,8</b>
Число колосков в колосе	<b>-9,2</b>	<b>-11,6</b>	<b>6,6</b>	<b>20,2</b>
Число зерен в колосе	<b>-17,7</b>	<b>-23,2</b>	<b>-21,5</b>	3,4
Масса 1000 зерен	-26,4	<b>20,9</b>	<b>48,4</b>	<b>22,0</b>
Масса колоса с зернами	<b>-14,2</b>	-1,5	<b>70,9</b>	<b>29,8</b>

\* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента ( $P < 0,05$ )

За период 2017-2018 гг. после обработки пшеницы сорта Trizo штаммом *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 (табл. 3) было отмечено однонаправленное увеличение по сравнению с контролем 29% показателей: числа корней, числа узловых корней, длины узловых корней, площади предфлагового листа, массы корней; на сорте Сударыня возросло 59% показателей: число узловых корней, длина узловых корней, общая кустистость, масса корней, масса вегетативной части растения, длина колоса, число колосков в колосе, число зерен в колосе, масса 1000 зерен, масса колоса.

За период 2017-2018 гг. изучено влияние ассоциативных ризобактерий на интенсивность развития болезней пшеницы. В 2018 г. на посевах мягкой пшеницы было зарегистрировано развитие гельминтоспориозной корневой гнили (сорт Trizo –  $R_r = 42,3 \pm 9,0\%$ ; сорт Сударыня –  $R_r = 26,3 \pm 3,4\%$ ), бурой ржавчины пшеницы (сорт Trizo –  $R_6 = 29,8 \pm 10,5\%$ ; сорт Сударыня –  $R_6 = 6,2 \pm 2,1\%$ ) и септориоза (сорт Trizo –  $R_c = 14,8 \pm 5,2\%$ ; сорт Сударыня –  $R_c = 24,3 \pm 5,6\%$ ). Развитие возбудителя мучнистой росы за период вегетации пшеницы выявлено не было.

Таблица 3. Биологическая эффективность штамма *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 в отношении показателей продуктивности пшеницы (в процентах к контролю), 2017-2018 гг.

Показатели	Trizo (к-64981)		Сударыня (к-66407)	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Фаза растения	-6,0	<b>15,8*</b>	<b>36,4</b>	-6,2
Высота растения	-12,4	<b>28,4</b>	<b>74,2</b>	-3,3
Число корней	56,2	7,5	<b>92,0</b>	-0,1
Длина корней	-16,0	-5,4	-8,7	-14,8
Число узловых корней	72,0	20,7	<b>140,0</b>	11,9
Длина узловых корней	5,1	12,2	<b>57,2</b>	<b>17,9</b>
Продуктивная кустистость	82,9	0,0	226,7	0,0
Общая кустистость	76,8	<b>-34,5</b>	<b>435,3</b>	23,8
Площадь флагового листа	-26,8	<b>39,4</b>	-17,0	-10,5
Площадь предфлагового листа	1,8	<b>30,6</b>	-18,6	-13,9
Масса корней	202,2	10,8	<b>353,3</b>	27,4
Масса вегетативной части	-5,3	3,5	63,1	22,2
Длина колоса	<b>-7,8</b>	<b>-6,4</b>	<b>12,1</b>	<b>24,0</b>
Число колосков в колосе	<b>-8,9</b>	<b>-9,4</b>	4,7	<b>22,7</b>
Число зерен в колосе	<b>-12,0</b>	-0,5	8,3	2,9
Масса 1000 зерен	<b>-31,7</b>	2,3	<b>28,7</b>	<b>11,7</b>
Масса колоса с зернами	<b>-24,3</b>	-4,9	<b>56,2</b>	<b>33,3</b>

\* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента ( $P < 0,05$ )

В 2018 г. отмечено статистически достоверное снижение развития гельминтоспориозной корневой гнили ( $P < 0,05$ ) во всех вариантах опыта, где были использованы вышеперечисленные штаммы ризобактерий. Наиболее выраженной биологической эффективностью в отношении возбудителя обладал штамм *Sphingomonas* sp. K1B, применение которого определяло снижение развития болезни по сравнению с контролем на сорте Trizo – на 36%; на сорте Сударыня – на 26%. В остальных вариантах опыта статистически достоверное снижение развития болезни выявлено только на сорте Trizo и составило: *Bacillus subtilis* 124-11 – 23% и *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 – 22%.

Наибольшее влияние на снижение интенсивности развития бурой ржавчины пшеницы и септориоза среди изученных штаммов ассоциативных ризобактерий проявил штамм *Sphingomonas* sp. K1B. При его применении на сорте Trizo достоверно ( $P < 0,05$ ) снижалась степень поражения растений бурой ржавчиной на 26% и септориозом на 11%; число пустул бурой ржавчины уменьшилось на 90%, площадь пустулы – на 39%. Штамм *Bacillus subtilis* 124-11 оказал влияние только на один показатель патогенеза – площадь пустулы бурой ржавчины, величина которой в данном варианте опыта была меньше на 33% по сравнению с контролем. На сорте Сударыня среди использованных штаммов ризобактерий только в варианте опыта – с *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 отмечено статистически достоверное снижение развития септориоза пшеницы по сравнению с контролем (на 19%).

Влияние штаммов ассоциативных ризобактерий на интенсивность развития болезней пшеницы за весь период 2017-2018 гг. отражено на рис. 2.

В варианте опыта, где был применен штамм *Sphingomonas* sp. K1B на сорте Trizo, отмечено статистически достоверное снижение ( $P < 0,05$ ) развития бурой ржавчины пшеницы – на 22%; корневой гнили – на 34%; септориоза – на 13%. Обработка растений сорта Сударыня указанным штаммом определяла снижение развития корневой гнили (на 24%) и септориоза (на 13%). В варианте опыта с *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 на сорте Trizo выявлено снижение развития корневой гнили – на 27%, септориоза – на 11%, мучнистой росы – на 4% (по площади пятен с налетом – на 83%); на сорте Сударыня выявлено снижение развития септориоза (на 19%). При этом на сорте Сударыня обработка растений *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 вызывала снижение площади пятен с налетом мучнистой росы на 60%, *Sphingomonas* sp. K1B – на 58%, *Bacillus subtilis* 124-11 – на 64%.

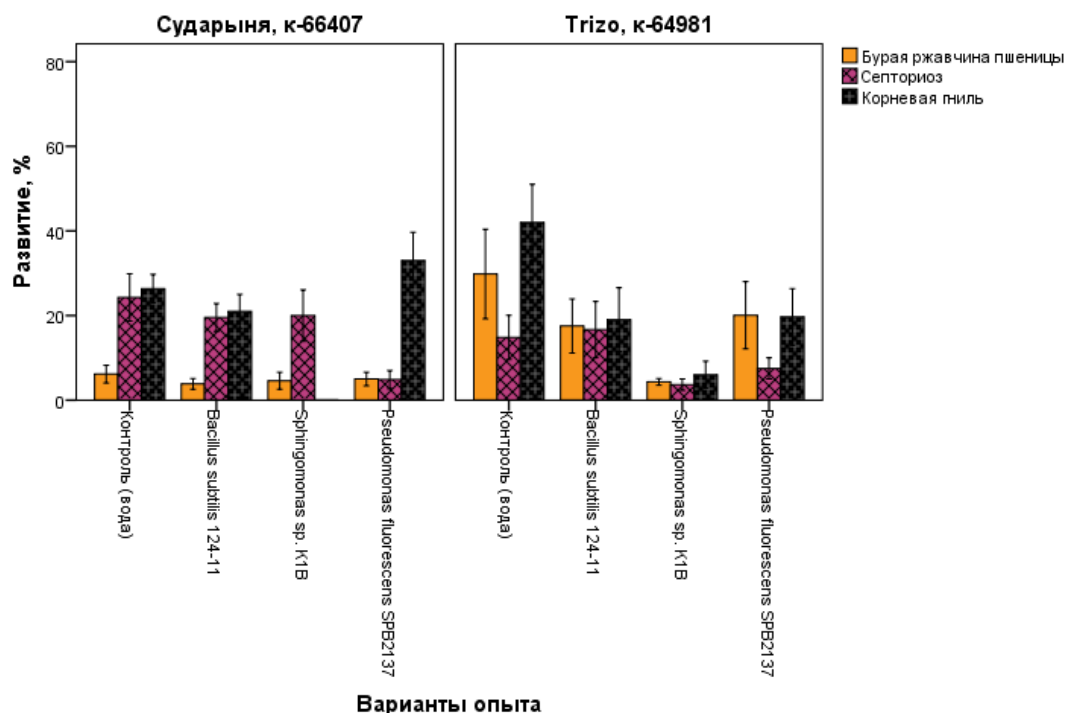


Рис. 1. Интенсивность поражения мягкой пшеницы возбудителями болезней при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем, 2018 г.

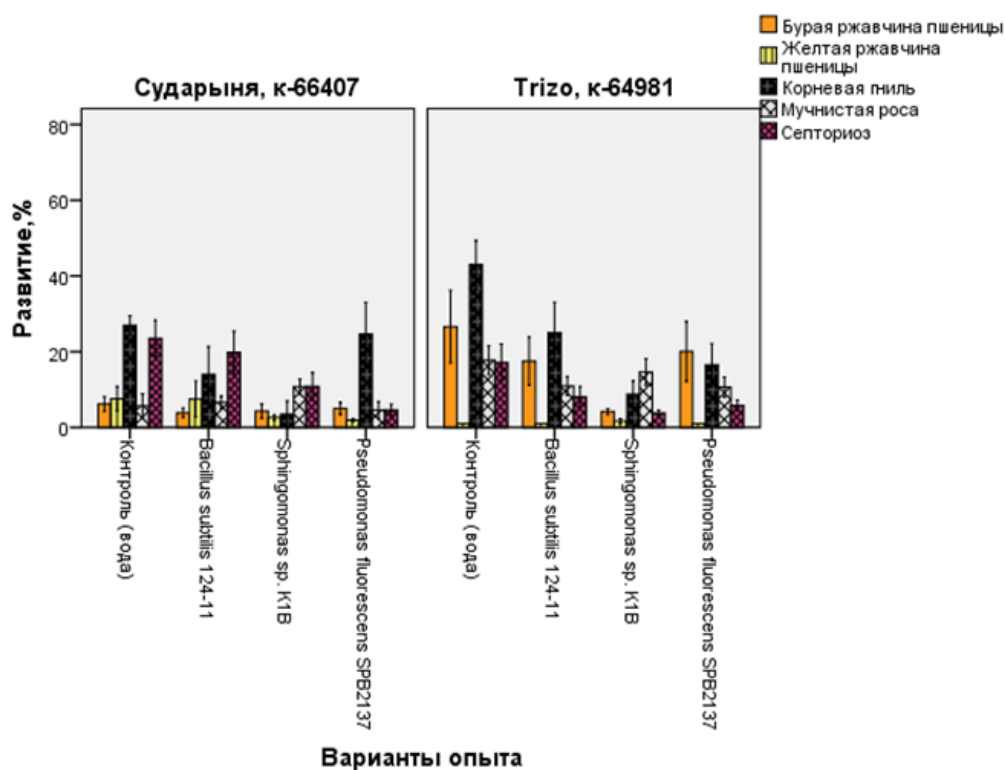


Рис. 2. Интенсивность поражения мягкой пшеницы возбудителями болезней при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем, 2017-2018 гг.

Особенности изменения значений площади пустулы возбудителей бурой и желтой ржавчины пшеницы при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем представлены на рис. 3. Во всех вариантах опыта с сортом Trizo установлено снижение значений площади пустулы бурой ржавчины после применения штаммов ассоциативных ризобактерий: *Bacillus subtilis* 124-11 – на 34%, *Sphingomonas* sp. K1B – на 41%, *Pseudomonas*

*fluorescens* SPB2137 – на 29%. Достоверного влияния указанных штаммов на интенсивность поражения бурой ржавчиной сорта Сударыня не выявлено.

Отмечали снижение значений площади пустул желтой ржавчины на сорте Trizo при применении *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 – на 62% и сорте Сударыня при обработке *Sphingomonas* sp. K1B – на 33%.

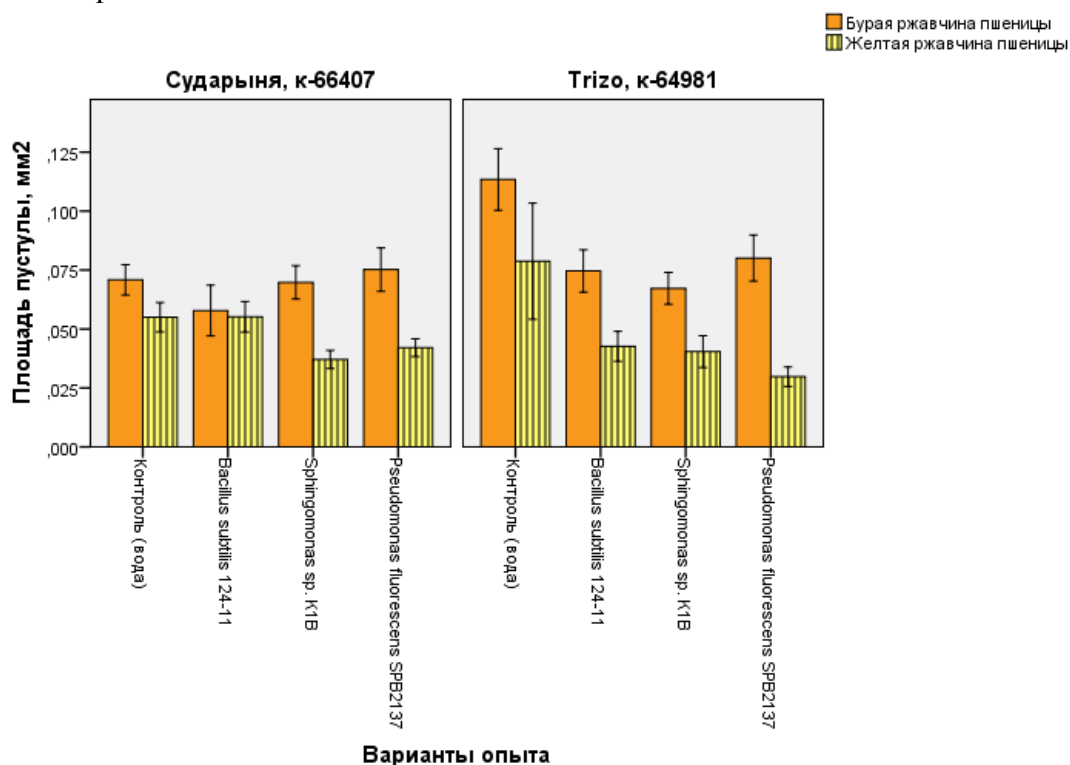


Рис. 3. Изменение значений площади пустулы возбудителей бурой и желтой ржавчины пшеницы при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем, 2017-2018 гг.

За период 2017-2018 гг. между морфологическими признаками растений, структурой урожайности и фитопатологическими характеристиками выявлены определенные взаимосвязи. С использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена отмечено, что с развитием корневой гнили на сорте Trizo наблюдалось усиление степени поражения растений септориозом ( $r=0,9$ ,  $P=0,05$ ). Число полос, формируемых возбудителем желтой ржавчины на флаговых листьях положительно коррелировало со значениями площади пятен с налетом мучнистой росы на флаговых ( $r=0,9$ ,  $P=0,03$ ); и предфлаговых листьях ( $r=0,5$ ,  $P=0,04$ ). Была отмечена положительная корреляция между значениями длины полос желтой ржавчины и числом ( $r=0,9$ ,  $P=0,04$ ), площадью ( $r=0,5$ ,  $P=0,04$ ) пятен с налетом мучнистой росы на предфлаговых листьях.

Число полос желтой ржавчины на флаговом листе положительно коррелировало с высотой растений ( $r=0,8$ ,  $P=0,01$ ), обратно коррелировало с числом ( $r=-0,7$ ,  $P=0,01$ ) и массой корней растения ( $r=-0,8$ ,  $P=0,03$ ), общей кустистостью ( $r=-0,9$ ,  $P=0,02$ ). Усиление степени поражения предфлаговых листьев септориозом способствовало уменьшению длины колоса пшеницы ( $r=-0,4$ ,  $P=0,02$ ). Значения площади пустул желтой ржавчины обратно коррелировали с потенциальной урожайностью пшеницы ( $r=-0,5$ ,  $P=0,04$ ).

Усиление развития корневой гнили сорта Сударыня определяло снижение длины узловых корней ( $r=-0,7$ ,  $P=0,01$ ), продуктивной кустистости ( $r=-0,7$ ,  $P=0,03$ ), общей кустистости ( $r=-0,6$ ,  $P=0,03$ ), длины колоса ( $r=-0,6$ ,  $P=0,04$ ), площади флагового листа ( $r=-0,5$ ,  $P=0,04$ ), массы вегетативной части растения ( $r=-0,5$ ,  $P=0,04$ ), потенциальной урожайности ( $r=-0,6$ ,  $P=0,04$ ).

Развитие желтой ржавчины на флаговых листьях сорта Сударыня усиливалось с развитием септориоза ( $r=0,6$ ,  $P=0,02$ ) и мучнистой росы на предфлаговых листьях ( $r=0,8$ ,  $P=0,02$ ).

Число корней растений сорта Сударыня росло с увеличением числа пятен с налетом мучнистой росы на флаговых листьях ( $r = 0,8$ ,  $P = 0,03$ ), а длина корней уменьшалась с увеличением интенсивности развития болезни ( $r = - 0,6$ ,  $P = 0,04$ ) и площади пятен с налетом ( $r = - 0,5$ ,  $P = 0,03$ ). Снижение продуктивной кустистости определялось ростом интенсивности площади пятен с налетом возбудителя ( $r = - 0,4$ ,  $P = 0,03$ ). При этом общая кустистость возрастала с увеличением интенсивности развития болезни ( $r = 0,5$ ,  $P = 0,008$ ) и числа пятен на предфлаговых листьях ( $r = - 0,5$ ,  $P = 0,01$ ). Усиление развития мучнистой росы на флаговых листьях приводило к снижению площади флагового листа ( $r = - 0,5$ ,  $P = 0,04$ ); площади предфлагового листа ( $r = - 0,7$ ,  $P = 0,006$ ), числа колосков в колосе ( $r = - 0,8$ ,  $P = 0,007$ ;  $r = - 0,6$ ,  $P = 0,0003$ ); массы колоса ( $r = - 0,6$ ,  $P = 0,04$ ;  $r = - 0,4$ ,  $P = 0,01$ ). Развитие мучнистой росы на предфлаговых листьях способствовало снижению числа зерен в колосе ( $r = - 0,4$ ,  $P = 0,0002$ ), массы 1000 зерен ( $r = - 0,5$ ,  $P = 0,00003$ ). Развитие септориоза определяло снижение длины колоса ( $r = - 0,4$ ,  $P = 0,001$ ), массы колоса с зернами ( $r = - 0,4$ ,  $P = 0,001$ ), числа колосков в колосе ( $r = - 0,3$ ,  $P = 0,04$ ).

Обобщая вышеизложенное, можно отметить, что в наибольшей степени интенсивность поражения пшеницы болезнями оказывала влияние на продуктивность пшеницы сорта Сударыня, несмотря на то, что сорт Trizo сильнее поражался возбудителями болезней и отличался большим числом выявленных фитопатологических взаимосвязей. Следовательно, и эффективность штаммов ассоциативных бактерий, снижающих развитие возбудителей болезней, в отношении увеличения продуктивности пшеницы была в большей степени выражена на сорте Сударыня.

**Выводы.** Максимальный эффект от штаммов ассоциативных ризобактерий на продуктивность пшеницы был выявлен на посевах сорта Сударыня. В вариантах опыта, где на сортах Trizo и Сударыня был использован штамм *Sphingomonas sp.* K1B, по сравнению с контролем (без обработки), отмечен однонаправленный рост в 2017 г. и 2018 г. максимального числа показателей продуктивности. Кроме того, при использовании штамма *Sphingomonas sp.* K1B на сорте Trizo (2018 г.) и сорте Сударыня (2017, 2018 гг.) зарегистрировано статистически достоверное увеличение массы 1000 зерен: на 21%, 48% и 22% соответственно.

В отношении возбудителей болезней растений изученные штаммы ассоциативных ризобактерий проявили избирательное действие, и их эффективность зависела от сорта пшеницы. Наибольший эффект от применения штаммов ассоциативных ризобактерий был выявлен на сорте Trizo, который сильнее поражался возбудителями болезней. Комплексным действием на развитие гельминтоспориозной корневой гнили, бурой и желтой ржавчины, мучнистой росы, септориоза обладал штамм *Pseudomonas fluorescens* SPB2137. Штамм *Bacillus subtilis* 124-11 оказывал существенное влияние на снижение развития бурой ржавчины (по площади пустулы) и желтой ржавчины (по числу полос на лист), а штамм *Sphingomonas sp.* K1B – на снижение интенсивности поражения пшеницы корневой гнилью, бурой ржавчиной (по условному развитию болезни, числу пустул, площади пустул), септориозом, но не оказывал статистически достоверного влияния на развитие мучнистой росы и желтой ржавчины. Наибольшей эффективностью в отношении болезней пшеницы сорта Сударыня проявил штамм *Sphingomonas sp.* K1B, использование которого достоверно снижало площадь пятен мучнистой росы, формируемых на предфлаговых листьях (но увеличивало их число на лист), развитие корневой гнили и септориоза, желтой ржавчины (по площади пустулы). Штамм *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 на указанном сорте достоверно влиял только на площадь пятен мучнистой росы на предфлаговых листьях и развитие септориоза, а штамм *Bacillus subtilis* 124-11 – на снижение площади пятен мучнистой росы на предфлаговых листьях.

*Культивирование и приготовление суспензий бактерий проведено при финансовой поддержке Госзадания (тема № 0664-2015-0009).*

## Литература

1. Тихонович И.А., Кравченко Л.В., Шапошников А.И. Ризосфера как наномолекулярный интерфейс растительно-микробных систем // Вестник РАСХН. – 2010. – № 4. – С. 19-21
2. Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В., Виванко Д.М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – №3. – С.16-22.
3. Воробенков Г.А., Павлова Т.К., Кондрат С.В. и др. Исследование эффективности штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах различных видов растений // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2011. – № 141. – С. 114-123.
4. Петрова С.Н., Парахин Н.В. Микробные препараты как способ формирования эффективных растительно-микробных систем // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2(6). – С. 86-91.
5. Белимов А.А., Колесников Л.Е., Донес П.М. Повышение урожайности яровой мягкой пшеницы и снижение вредоносности возбудителей болезней с помощью ассоциативных ризобактерий // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – 3 (52). – С. 26-33.

## Literatura

1. Tihonovich I.A., Kravchenko L.V., Shaposhnikov A.I. Rizosfera kak nanomolekulyarnyj interfejs rastitel'no-mikrobnih sistem // Vestnik RASKHN. – 2010. – № 4. – S. 19-21
2. Shaposhnikov A.I., Belimov A.A., Kravchenko L.V., Vivanko D.M. Vzaimodejstvie rizosfernyh bakterij s rasteniyami: mekhanizmy obrazovaniya i faktory ehffektivnosti associativnyh simbiozov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2011. – №3. – С.16-22.
3. Vorobenzov G.A., Pavlova T.K., Kondrat S.V. i dr. Issledovanie ehffektivnosti shtammov associativnyh rizobakterij v posevah razlichnyh vidov rastenij // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gercena. – 2011. – № 141. – С. 114-123.
4. Petrova S.N., Parahin N.V. Mikrobnye preparaty kak sposob formirovaniya ehffektivnyh rastitel'no-mikrobnih sistem // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2013. – №2(6). – С. 86-91.
5. Belimov A.A., Kolesnikov L.E., Dones P.M. Povyshenie urozhajnosti yarovoj myagkoj pshenicy i snizhenie vredonosnosti vobzuditelej boleznej s pomoshch'yu associativnyh rizobakterij // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – 3 (52). – С. 26-33.

УДК 632.4:582.284.21

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11064

Соискатель **Е.Л. ШАЙДАЮК**  
(ФГБНУ ВИЗР, eshaydayuk@bk.ru)

Канд. с-х. наук **В.С. ЮСОВ**  
(ФГБНУ "Омский аграрный научный центр", vs\_ysov@rambler.ru)

Канд. биол. наук **Е.И. ГУЛЬТЯЕВА**  
(ФГБНУ ВИЗР, eigulyaeva@gmail.com)

## ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ НА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЕ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Твердая пшеница (*T. durum* L.) – незаменимое сырье для макаронной, крупяной и кондитерской промышленности. В России высококачественное зерно яровой твердой пшеницы получают в Западной Сибири, Алтайском крае, Южном Урале и Поволжье. Одним из лимитирующих факторов для получения высоких урожаев зерна твердой пшеницы является поражение болезнями, среди которых одной из значимых является бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.). В последние годы отмечается усиление