

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДВУХ ШТАММОВ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* НА СОСТАВ ВНУТРЕННЕЙ МИКРОФЛОРЫ ФИТОФАГОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**А. А. Абрамова, Р. И. Сафин**

Реферат. В работе изложены материалы исследований по оценке влияния обработки семян и растений яровой пшеницы биопрепаратами на основе двух эндофитных бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 на видовой состав и количество внутренней микрофлоры таких фитофагов как пшеничный трипс (*Haplothrips tritici*) и полосатая хлебная блошка (*Phyllotreta vittula*). Яровая пшеница возделывалась в Лаишевском районе Республики Татарстан в течение трех вегетационных сезонов с 2020 по 2022 года. Схема стационарного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: контроль (без обработки); обработка семян PS17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS17 0,5 л/га; обработка семян PS17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS17 1,0 л/га; обработка семян PS17 дозой 1,5 л/т + опрыскивание растений PS17 1,5 л/га; обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га; обработка семян и опрыскивание растений химическими фунгицидами. Объектом исследований служили насекомые-фитофаги (полосатая хлебная блошка и пшеничный трипс), обитающие на яровой пшенице сорта Ульяновская 105. Пшеница возделывалась в серой лесной почве со следующими агрохимическими показателями: исходное содержание гумуса 3,2% (по Тюрину), подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 233-240 мг/кг почвы, и 176-189 мг/кг почвы pH сол. – 5,7. Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок последовательное, площадь каждой делянки 110 м². Система основной и предпосевной подготовки почвы включала лущение стерни, вспашку, предпосевное и послепосевное боронование, предпосевное внесение азотоса 150 кг/га. В ходе исследований было отмечено снижение количества микроорганизмов в организме полосатой хлебной блошки с 14,50 – 18,40 КОЕ×10⁴ (в необработанном контрольном варианте) при применении штамма PS17 до 0,10 – 0,20 КОЕ×10⁴ (в дозе 1,0 л/т) и до 4,73 КОЕ×10⁴ при применении штамма RECB-95; в организме пшеничного трипса было отмечено увеличение количества микроорганизмов с 1,94 КОЕ×10⁴ (в необработанном контрольном варианте) до 3,20 – 7,20 КОЕ×10⁴ при применении штамма RECB-95. Так же было отмечено изменение видового состава микроорганизмов, как блошек, так и трипсов при применении обоих биопрепаратов.

Ключевые слова: возделывание яровой пшеницы, биопрепараты, защита от вредителей, микрофлора кишечника насекомых-фитофагов.

Для цитирования: Абрамова А. А., Сафин Р. И. Оценка влияния двух штаммов эндофитных бактерий рода *Bacillus* на состав внутренней микрофлоры фитофагов яровой пшеницы// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 6-15.

Введение. Многие современные исследования затрагивают вопрос о том, насколько важна регуляция численности вредных насекомых при современном интенсивном земледелии [1, 2]. В настоящий момент широко распространена борьба с вредителями посредством химических инсектицидных средств, являющихся токсичными веществами, загрязняющими окружающую среду [3]. Для снижения применения химических агентов защиты растений от вредителей ведется поиск альтернативных средств [4, 5].

Такие насекомые как пшеничный трипс (*Haplothrips tritici*) и полосатая хлебная блошка (*Phyllotreta vittula*) являются одними из наиболее распространенных вредителей яровой пшеницы и наносят значительный ущерб ее урожаю [6,7]. Данные вредители несколько различны по строению ротового аппарата, а, следовательно, по способам питания, из-за чего, оказывают различное влияние на организм растений. Пшеничный трипс имеет колюще-сосущий ротовой аппарат, во взрослом состоянии питается клеточным соком листьев и колосковых чешуй растений, снижая, таким образом, эффективность их фотосинтеза [8].

В свою очередь, личинки трипса, поражают колоски и, питаясь зерновками, снижают качество зерна напрямую [9]. Полосатая хлебная блошка имеет грызущий ротовой аппарат, взрослые особи соскабливают мякоть с поверхности листьев. Поскольку появляются имаго полосатой блошки достаточно рано, они сильно вредят растениям на стадию всходов – в то время, когда в растении закладываются все основные процессы развития его организма [10].

Благодаря совместной эволюции микроорганизмов, растений и насекомых-вредителей, представители всех групп успешно приспособились к совместному существованию [11, 12]. Любой элемент системы растение-фитофаг-микробиом оказывает свое влияние на все остальные элементы системы [13]. Показано, что микробиом растений напрямую влияет на микробиом насекомых, поедающих эти растения, и, в свою очередь, микробиом, в организме вредных насекомых оказывает влияние на снижение естественного иммунитета растений к этим вредителям [14].

Кроме того, показано, что микрофлора кишечника насекомых влияет на их устойчивость к стрессовым факторам. В особенности,

такой устойчивости способствуют представители рода *Pantoea*, которые часто встречаются в кишечнике фитофагов, в том числе блошек и трипсов [15, 16, 17]. Есть исследования, которые показывают, что изменение соотношения микробионтов кишечника насекомых в сторону преобладания представителей рода *Bacillus* снижают устойчивость насекомых к болезням и действию химических инсектицидов [18]. Таким образом, есть большая вероятность того, что использование биологических препаратов, основанных на живых бактериях, способных изменять микрофлору организма вредных насекомых может положительно повлиять на их сдерживание [19].

Учитывая все сказанное выше, можно прийти к выводам о том, что изучение микробиома вредных насекомых и его изменение при помощи биологических препаратов может способствовать регуляции их численности и вредоносности, а применение таких препаратов на растениях может способствовать повышению устойчивости последних к вредителям.

Целью данных исследований являлось изучение кишечной микрофлоры пшеничного трипса и полосатой хлебной блошки, обитающих на растениях яровой пшеницы, при ее обработке биологическими препаратами на основе бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95.

Условия, материалы и методы. Мягкая яровая пшеница сорта Ульяновская-105 возделывалась в течение трех вегетационных сезонов с 2020 по 2022 года в Лаишевском районе республики Татарстан. Пшеница возделывалась в серой лесной почве со следующим агрохимическими показателями: исходное содержание гумуса 3,2% (по Тюрину), подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 233-240 мг/кг почвы, и 176-189 мг/кг почвы pH сол. – 5,7. Три сезона возделывания отличались между собой по погодным условиям. Период вегетации в 2020 году был достаточно влажным и прохладным. Период вегетации в 2021 году был жарким и экстремально засушливым. В период вегетации 2022 года в начале развития растений наблюдалась умеренная влажность и комфортные температуры воздуха, но в конце вегетационного сезона периодически наблюдались засушливые явления с жаркими температурами.

В качестве средств защиты на растениях применялись биологические препараты на основе бактерий в различных нормах применения, а также для сравнения в отдельном варианте использовались химические средства защиты. Схема стационарного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: контроль (без обработки); обработка семян PS17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS17 0,5 л/га; обработка семян PS17 1,0 л/т + опрыскивание

растений PS17 1,0 л/га; обработка семян PS17 дозой 1,5 л/т + опрыскивание растений PS17 1,5 л/га; обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га; обработка семян и опрыскивание растений химическими фунгицидами. Химическая обработка заключалась в протравливании семян перед посевом фунгицидом «Ламадор» (протиокназол, тебуконазол) дозой 0,15 л/т и опрыскивание растений препаратом Пропишанс» (пропиконазол) дозой 0,5 л/га. Химическая обработка проводилась только в два сезона возделывания: 2021-2022 года, и не проводилась в сезон 2020 года, в то время как все остальные варианты обработки, а так же необработанный контрольный вариант присутствовали на протяжении всех рассматриваемых сезонов.

Штаммы *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 являются факультативными эндофитами сельскохозяйственных культур. Штамм PS17 был выделен из семян пшеницы, штамм RECB-95 – из стеблей и корней томатов.

Учет и сбор для анализа особей полосатой хлебной блошки производился на стадиях всходов и выхода в трубку. Отлов особей производился при помощи ловушек [20]. Отбор и учет особей пшеничного трипса производился в стадии выхода в трубку, колошения и цветения [21]. Насекомых в лаборатории измеряли, перед посевом на питательную среду поверхностно стерилизовали при помощи этилового спирта и высевали на питательный агар целиком, или готовили гомогенат из их тел [22]. При посеве на питательные среды гомогената готовили последовательные разведения.

Материал высевали на чашки с питательным агаром: Lysogeni Broth (LB) [23, 24] и мясо-пептонный агар (МПА). Чашки с материалом инкубировали в течение 2 суток при температуре 28°C. Затем, проводили морфологический анализ полученных колоний микроорганизмов и их количественный учет. Подсчет количества (КОЕ) микроорганизмов производили согласно стандартным методикам [25], при статистической обработке использовали стандартное отклонение.

Для видовой идентификации выделенных микроорганизмов проводили ПЦР участка гена 16S рРНК [26, 27] с последующим секвенированием по Сэнгеру.

Результаты и обсуждения. В ходе изучения кишечной микрофлоры вредителей были получены данные по общему количеству микроорганизмов в кишечниках этих насекомых, а также, видовой состав этих микроорганизмов.

Общее количество микроорганизмов в кишечнике полосатой хлебной блошки приведено в таблице 1.

АГРОНОМИЯ

Таблица 1 – Количество микроорганизмов в кишечнике полосатой хлебной блошки в зависимости от обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами в 2020-2022 года

Вариант	2020 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2021 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2022 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала
Контроль (без обработки)	18,40±0,30	14,50±0,80	18,15±0,17
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	4,10±0,30	5,40±0,10	1,40±0,19
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	0,10±0,04	0,20±0,05	0,20±0,05
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	1,00±0,02	1,20±0,04	1,35±0,04
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	7,20±0,50	3,20±0,10	3,80±0,40
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропишанс» 0,5 л/га)	_*	не обнаружены	4,00±0,50
НСР ₀₅	0,10	0,20	0,20

Примечание: *_ – вариант обработки не применялся в 2020 году

В кишечнике полосатой хлебной блошки наиболее обильная микрофлора отмечена в контрольном варианте, во всех обработанных вариантах количество микроорганизмов в кишечнике заметно снижено, в особенности это характерно для

блошек, обитавших на растениях, обработанных химическим препаратом и PS 17 в норме 1,0 л/т.

В таблице 2 представлены данные по видовому составу микроорганизмов в кишечнике полосатой хлебной блошки.

Таблица 2 – Влияние обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами на микроорганизмы в кишечнике полосатой хлебной блошки в 2020-2022 года

Вариант	2020 год		2021 год		2022 год	
	виды бактерий	кол-во, КОЕ x10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ x10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ x10 ⁴ /100 мг материала
1	2	3	4	5	6	7
Контроль (без обработки)	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,74±0,22	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,58±0,02	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,72±0,04
	<i>Pantoea spp</i>	17,66±2,77	<i>Pantoea spp</i>	13,92±0,45	<i>Pantoea spp</i>	17,42±0,25
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,45±0,08	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,80±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,14±0,36
	<i>Bacillus toyonensis</i>	3,40±0,08	<i>Bacillus toyonensis</i>	4,40±0,18	<i>Bacillus toyonensis</i>	0,14±0,03
	<i>Pantoea spp</i>	0,25±0,08	<i>Pantoea spp</i>	0,20±0,05	<i>Pantoea spp</i>	0,12±0,05

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,08±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,17±0,02	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,17±0,04
	<i>Pseudomonas syringae</i>	<0,01	<i>Pseudomonas syringae</i>	0,02±0,01	<i>Pseudomonas syringae</i>	0,02±0,01
	<i>Pantoea spp</i>	<0,01	<i>Pantoea spp</i>	0,01±0,01	<i>Pantoea spp</i>	0,01±0,01
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,00±0,02	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,20±0,04	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,06±0,19
					<i>Pseudomonas syringae</i>	0,16±0,01
					<i>Pantoea spp</i>	0,13±0,01
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,50±0,18	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,60±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,53±0,13
	<i>Bacillus toyonensis</i>	3,70±0,21	<i>Bacillus toyonensis</i>	1,60±0,01	<i>Bacillus toyonensis</i>	0,27±0,04
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропишанс» 0,5 л/га)	_*	_*	не обнаружены	-	<i>Pantoea spp.</i>	3,96±0,22

Примечание: * – вариант обработки не применялся в 2020 году

Видовой состав кишечной микрофлоры полосатой хлебной блошки не слишком разнообразен, представлен двумя видами рода *Bacillus*, некоторыми представителями рода *Pantoea*, и редко – представителями рода *Pseudomonas*. Вид *Pseudomonas syringae* отмечается только в одном варианте – при обработке растений PS 17 в норме 1,0 л/га в сезоны 2021 и 2022 года. Данный вид достаточно обычен для кишечной микрофлоры насекомых, но может являться патогенным для растений [28].

Можно отметить, что видовой состав микроорганизмов в кишечнике хлебной блошки не сильно отличается в разные сезоны, за исключением некоторых вариантов (обработка растений RECB-95), где в 2022 году видовой состав несколько более разнообразен, чем в предыдущие сезоны. Во все сезоны в контрольных вариантах отмечается один

представитель рода *Bacillus* и один представитель рода *Pantoea*, последний из которых заметно преобладает над другим. При обработке пшеницы биопрепаратами данная картина меняется – становится больше видов рода *Bacillus* и их количество становится значительно больше, чем *Pantoea spp*, вплоть до исчезновения данного рода в вариантах обработки пшеницы RECB-95. Что касается насекомых, обитавших на растениях, обработанных химическим препаратом, то в их кишечнике наблюдается обратная картина – исчезают представители рода *Bacillus* и остается лишь несколько неопределенных видов рода *Pantoea*, при довольно низком общем количестве микроорганизмов.

В таблице 3 представлены данные по общему количеству микроорганизмов в кишечнике пшеничного трипса.

АГРОНОМИЯ

Таблица 3 – Общее количество микроорганизмов в кишечнике пшеничного трипса в зависимости от обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами в 2020-2022 года

Вариант	2020 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2021 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2022 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала
Контроль (без обработки)	1,80±0,17	2,00±0,04	2,03±0,17
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	0,90±0,07	1,10±0,10	2,15±0,26
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	2,50±0,22	0,80±0,04	0,67±0,04
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	3,70±0,20	1,70±0,10	1,15±0,12
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	5,00±0,34	6,10±0,10	1,00±0,09
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропианс» 0,5 л/га)	_*	1,50±0,20	1,00±0,11
НСР ₀₅	0,20	0,30	0,30

Примечание: *_ – вариант обработки не применялся в 2020 году

В кишечнике пшеничных трипсов количество микроорганизмов заметно меньше, чем в кишечнике полосатых хлебных блошек, что может быть связано с характером их питания – потребление жидкой пищи через колюще-сосущий ротовой аппарат [29]. Наибольшее количество бактерий, в среднем, наблюдается в кишечнике трипсов, обитавших на растениях, обработанных RECB-95. В некоторых вариантах обработки, наблюдается изменение количества

микроорганизмов в кишечнике трипсов в разные сезоны. Так, например, при обработке растений штаммом PS 17 в норме 1,0 л/т и 1,5 л/т в 2020 году это количество больше, чем в 2021 и 2022 года. Так же достаточно заметно снижение количества микроорганизмов в кишечнике трипсов при применении химических препаратов.

В таблице 4 представлены данные по видовому составу микрофлоры кишечника пшеничного трипса.

Таблица 4 – Влияние обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами на микроорганизмы в кишечнике пшеничного трипса в 2020-2022 года

Вариант	2020 год		2021 год		2022 год	
	виды бактерий	кол-во, КОЕ ×10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ ×10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ ×10 ⁴ /100 мг материала
1	2	2	4	4	6	6
Контроль (без обработки)	<i>Enterobacter sp</i>	0,08±0,02	<i>Enterobacter sp</i>	0,08±0,01	<i>Enterobacter sp</i>	<0,01
	<i>Pantoea sp.</i>	1,72±0,41	<i>Pantoea sp.</i>	1,92±0,12	<i>Pantoea sp.</i>	0,52±0,02
	<i>Klebsiella sp</i>	<0,01	<i>Klebsiella sp</i>	<0,01	<i>Klebsiella sp</i>	1,25±0,50
					<i>Bacillus toyonensis</i>	0,26±0,02

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	<i>Bacillus sp</i>	0,54±0,02	<i>Bacillus sp</i>	0,60±0,04	<i>Bacillus sp</i>	0,30±0,01
					<i>Clostridium sp</i>	0,25±0,05
	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,36±0,09	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,50±0,03	<i>Pantoea agglomerans</i>	1,56±0,05
					<i>Citrobacter sp.</i>	0,02±0,01
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	<i>Bacillus sp</i>	2,30±0,11	<i>Bacillus sp</i>	0,70±0,04	<i>Bacillus sp</i>	0,11±0,01
					<i>Streptomyces sp</i>	0,03±0,01
	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,20±0,01	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,10±0,01	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,45±0,04
					<i>Clostridium sp</i>	0,06±0,01
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	<i>Bacillus sp</i>	2,96±0,11	<i>Bacillus sp</i>	1,10±0,28	<i>Bacillus sp</i>	0,25±0,09
	<i>Pantoea sp</i>	0,74±0,05	<i>Pantoea sp</i>	0,60±0,03	<i>Pantoea sp</i>	0,72±0,20
					<i>Streptomyces sp</i>	0,17±0,07
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,00±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,20±0,21	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,67±0,02
	<i>Bacillus toyonensis</i>	2,00±0,01	<i>Bacillus toyonensis</i>	2,90±0,22	<i>Bacillus toyonensis</i>	0,31±0,01
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропишанс» 0,5 л/га)	-*	-*	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,69±0,11	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,46±0,01
			<i>Pseudomonas syringae</i>	0,42±0,07	<i>Pseudomonas syringae</i>	0,28±0,02
			<i>Pantoea stewartii</i>	0,39±0,11	<i>Pantoea stewartii</i>	0,26±0,07

Примечание: * – вариант обработки не применялся в 2020 году

Видовой состав кишечной микрофлоры трипсов несколько разнообразнее, чем у блошек. Кроме *Bacillus spp.*, *Pantoea spp.* и представителей рода *Pseudomonas*, здесь также отмечены представители родов *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Clostridium* и *Citrobacter*, часто входящие в состав кишечной микрофлоры насекомых, а также, представители рода *Streptomyces*.

Представители рода *Pantoea* являются преобладающими в контрольном варианте. При применении препаратов их численность снижается, в особенности в случае применения штамма RECB-95. В этом варианте, *Pantoea spp.* отсутствуют, а вся микрофлора представлена лишь родом *Bacillus*.

Выводы. Из всех полученных результатов можно сделать ряд выводов об изменениях в кишечной микрофлоре насекомых вредителей в зависимости от обработки растений пшеницы, на которых они обитают. Применение как биологических, так и химических препаратов при обработке растений пшеницы по-разному влияет на кишечную микрофлору насекомых с разным типом питания.

При применении биопрепаратов в организме хлебной блошки снижалось общее количество микроорганизмов: с $14,50 - 18,40 \text{ КОЕ} \times 10^4$ (в необработанном контрольном варианте) до $0,10 - 0,20 \text{ КОЕ} \times 10^4$, в случае обработки штаммом PS17 (в дозе 1,0 л/т и до $3,20 - 7,20 \text{ КОЕ} \times 10^4$ при применении штамма RECB-95; в организме пшеничного трипса было отмечено увеличение количества микроорганизмов с $1,80 - 2,03 \text{ КОЕ} \times 10^4$ (в необработанном контрольном варианте)

до $1,00 - 6,10 \text{ КОЕ} \times 10^4$ при применении штамма RECB-95.

Применение биопрепаратов, в целом изменяет видовой состав в кишечнике и тех и других насекомых. В случае с блошками, оба биологических препаратов снижают в их кишечнике количество энтеробактерий рода *Pantoea* ($13,92 - 17,66 \text{ КОЕ} \times 10^4$ в контрольном необработанном варианте). При применении PS17 в дозе 0,5 л/т (и 0,5 л/га) количество представителей рода *Pantoea* составляет $0,12 - 0,25 \text{ КОЕ} \times 10^4$, при применении PS17 в дозе 1,0 л/т (и 1,0 л/га) составляет $0,01 \text{ КОЕ} \times 10^4$ и меньше, при применении PS17 в дозе 1,5 л/т (и 1,5 л/га) – $0,13 \text{ КОЕ} \times 10^4$ (2020 г.), или не обнаруживается (2021-2022 гг.), при применении штамма RECB-95 представители рода *Pantoea* не обнаружены. В кишечнике пшеничного трипса такое изменение происходит только при применении штамма RECB-95: в необработанном контрольном варианте количество представителей рода *Pantoea* составляет $0,52 - 1,92 \text{ КОЕ} \times 10^4$, а при применении штамма RECB-95 они не обнаруживаются. Данный штамм в наибольшей степени повлиял на кишечную микрофлору, как хлебных блошек, так и пшеничных трипсов, так как при его применении кишечная микрофлора обоих видов насекомых представлена только микроорганизмами рода *Bacillus*.

Также можно отметить, что среди представителей рода *Bacillus* в кишечнике блошек и трипсов, при обработке пшеницы штаммом RECB-95 отмечен вид *Bacillus amyloliquefaciens*, которым и является применяемый штамм.

Литература

- 1.Абрамова А. А. Влияние применения биопрепаратов на фитофагов яровой пшеницы // Актуальные вопросы рационального использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаховича. Казань: Казанский ГАУ, 2024. С. 86-92.
- 2.Замотайлов А. С., Белый А. И., Бедловская И. В. Актуальные проблемы интегрированной экологизированной и биологической защиты растений от вредителей. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. 115 с. ISBN 978-5-00097-955-6.
- 3.Богданов Н. А., Тойгильдин А. Л., Тойгильдина И. А. Динамика плотности почвы и урожайность яровой пшеницы в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно-теоретический журнал. 2024. № 3(67). С. 36-42.
- 4.Орлин Н. А. Преимущества и недостатки использования смесей инсектицидов // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 11-1. С. 126-127.
- 5.Wallace J., Hammermeister A., Geldart E. Biological pest control // Organic Agriculture Centre of Canada, 2021. URL: <http://www.cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/faculty/agriculture/oacc/en/2021/FINAL-Biocontrol-JanetWallace.pdf> (дата обращения 25.02.2025).
- 6.Abdillayev M., Bababekov Q. Wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd.) damage on grain crops in Uzbekistan // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 421. doi: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202342104001>
- 7.Вредители растений и сельскохозяйственной продукции / А. И. Белый, А. С. Замотайлов, И. Б. Попов и др. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2024. 392 с.
- 8.Пшеничный трипс (Haplothrips tritici) и хлебная жужелица (Zabrus tenebrioides) на посевах озимой пшеницы в условиях Кубани, их биология, вредоносность и меры борьбы / С. В. Иванов, К. М. Горшукова, В. А. Бояркина и др. // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 12-4(68). С. 30-33.
- 9.Вредоносность пшеничного трипса (Haplothrips tritici Kurd) на озимой и яровой пшенице при повреждении генеративных органов растений/ Н.А. Емельянов, Е. Е. Критская, И. Д. Еськов и др. // Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 19-25.
- 10.Wheat insect management // Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. 2018. URL: http://www.southeast.k-state.edu/program_areas/crop_production/wheat/WheatInsectManagement_MF745.pdf (дата обращения 25.02.2025).
- 11.Polanczyk R. A., Pratissoli D. Biological control of agricultural pests: principles and field applications //

Revista Ceres. 2009. Vol. 56(4). pp. 410-419.

12. Изменение видового состава основных вредителей растений Лазаревского района города Сочи / Е. В. Кашутина, Л. Н. Бугасва, Т. Н. Игнатова и др. // Земледелие. 2024. № 6. С. 42-48.

13. Экологическая роль микросимбионтов во взаимоотношениях растений и насекомых-фитофагов / А. В. Сорокань, С. Д. Румянцев, Г. В. Беньковская и др. // Успехи современной биологии. 2017. Т. 137, № 2. С. 135-149.

14. Trophic interactions: microbe-mediated plant effects on insect herbivores / I. Shikano, C. Rosa, C. W. Tan, et al. // Annu. Rev. Phytopathol. 2017. pp. 313-331.

15. Characterization of a novel *Pantoea* symbiont allows inference of a pattern of convergent genome reduction in bacteria associated with Pentatomidae / M. Kashkouli, M. Castelli, A. M. Floriano, et al. // Environ Microbiol. 2021. № 23(1). pp. 36-50.

16. Shukla S. P., Beran F. Gut microbiota degrades toxic isothiocyanates in a flea beetle pest // Mol. Ecology. 2020. Vol. 29-23. pp. 4692-4705.

17. Jin G., Kim Y. *Pantoea* bacteria isolated from three thrips (*Frankliniella occidentalis*, *Frankliniella intonsa*, and *Thrips tabaci*) in Korea and their symbiotic roles in host insect development // J. Microbiol. Biotechnol. 2023. № 33(6). pp. 745-752.

18. Пушня М. В. Скрининг эффективных биологических средств защиты от нового адвентивного вредителя сельскохозяйственных культур – восточно-азиатского мраморного клопа // Виноградарство и виноделие. 2018. Т. 20, №3(105). С. 37-39.

19. Bale J. S., van Lenteren J. C., Bigler F. Biological control and sustainable food production // Philosophical Transactions of the Royal Society. 2008. pp. 761-776.

20. El-Wakeil N., Volkmar C. Monitoring of wheat insects and their natural enemies using sticky traps in wheat // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2013. Vol. 46. pp. 1523-1532.

21. Особенности учета вредителей и экономические пороги вредоносности // Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур / М. Койшыбаев, Х. Муминджанов. Анкара: ФАО, 2016. С. 25-26.

22. Jaffar S., Ahmad S., Lu Y. Contribution of insect gut microbiota and their associated enzymes in insect physiology and biodegradation of pesticides // Front. Microbiol. 2022. Vol. 13. doi: <http://fmicb.2022.979383>

23. Microbiome shifts in sprouts (alfalfa, radish, and rapeseed) during production from seed to sprout using 16S rRNA microbiome sequencing / S. Y. Kim, G. Ban, Y. W. Hong, et al. // Food research international. 2022. Vol. 152. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110896>

24. Валидов Ш. З., Комиссаров Э. Н. Бактериальный консорциум на основе ризосферных бактерий ярового ячменя // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. № 4(76). С. 12-17.

25. Методика посева и расчета количества клеток микроорганизмов // Современные методы оценки микробиологических свойств и экологического статуса почвы / под общ. ред. Н. Н. Терещенко, Е. Е. Акимовой, О. М. Минаевой. Томск: Издательский дом ТГУ, 2017. С. 40-43.

26. Identification of Bacterial Endophytes by 16S rRNA / V. Ambikapathy, S. Babu, R. Shanmugapriya, et al. // Endophytic Microbes: Isolation, Identification, and Bioactive Potentials. Springer Protocols Handbooks. 2022. pp. 85-87.

27. Исламов Б. Р., Шульга Е. Ю. Получение перспективных штаммов из дикорастущих растений для применения в сельском хозяйстве // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. № 4(76). С. 41-48.

28. Xin X. F., Kvitko B., He S. Y. *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen // Nature Reviews Microbiology. 2018. Vol. 16. pp. 316-328.

29. Role of insect gut microbiota in pesticide degradation: a review / J. A. Siddiqui, M. M. Khan, B. S. Bamsile, et al. // Front. Microbiol. 2022. Vol. 13. doi: <http://doi.org/10.3389/fmicb.2022.870462>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Абрамова Арина Алексеевна – соискатель, e-mail: abramova92a@yandex.ru

Сафин Радик Ильясевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, член-корр. АН РТ, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728> Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

ASSESSING THE EFFECT OF TWO STRAINS OF ENDOPHYTIC *BACILLUS* BACTERIA ON THE COMPOSITION OF THE INTERNAL MICROFLORA OF SPRING WHEAT PHYTOPHAGES A. A. Abramova, R. I. Safin

Abstract. The article presents research materials on assessing the effect of treating spring wheat seeds and plants with biopreparations based on two endophytic bacteria *Bacillus mojavensis* PS17 and *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 on the species composition and quantity of the internal microflora of such phytophages as wheat thrips (*Haplothrips tritici*) and striped grain flea beetle (*Phyllotreta vittula*). Spring wheat was cultivated in Laishevskiy district of the Republic of Tatarstan during three growing seasons from 2020 to 2022. The stationary field experiment design included the study of the following options: control (no treatment); seed treatment with PS17 at a dose of 0.5 l/t + plant spraying with PS17 at a dose of 0.5 l/ha; seed treatment with PS17 at a dose of 1.0 l/t + plant spraying with PS17 at a dose of 1.0 l/ha; seed treatment with PS17 at a dose of 1.5 l/t + plant spraying with PS17 at a dose of 1.5 l/ha; seed treatment with RECB-95 at a dose of 1.0 l/t + plant spraying with RECB-95 at a dose of 1.0 l/ha; seed treatment and plant spraying with chemical fungicides. The objects of the research were phytophagous insects (striped flea beetle and wheat thrips) living on spring wheat of Ulyanovskaya 105 variety. Wheat was cultivated in gray forest soil with the following agrochemical parameters: initial humus content of 3.2% (according to Tyurin), mobile phosphorus and potassium (according to Kirsanov) – 233-240 mg/kg of soil, and 176-

189 mg/kg of soil, pH of salt - 5.7. The experiment was repeated three times, the plots were placed sequentially, the area of each plot was 110 m². The system of primary and pre-sowing soil preparation included stubble cultivation, plowing, pre-sowing and post-sowing harrowing, pre-sowing application of azophoska at a dose of 150 kg/ha. During the studies, a decrease in the number of microorganisms in the body of the striped grain flea beetle was noted from 14.50 - 18.40 CFU×10⁴ (in the untreated control variant) when using the PS17 strain to 0.10 - 0.20 CFU×10⁴ (at a dose of 1.0 l/t) and to 4.73 CFU×10⁴ when using the RECB-95 strain; in the body of the wheat thrips, an increase in the number of microorganisms was noted from 1.94 CFU×10⁴ (in the untreated control variant) to 3.20 - 7.20 CFU×10⁴ when using the RECB-95 strain. A change in the species composition of microorganisms, both fleas and thrips, was also noted when using both biological products.

Key words: spring wheat cultivation, biopreparations, pest control, intestinal microflora of phytophagous insects.

For citation: Abramova A. A., Safin R. I. Assessing the effect of two strains of endophytic *bacillus* bacteria on the composition of the internal microflora of spring wheat phytophages // Agrobiotechnologies and digital farming. 2025. 1 (13). 6-15 p.

References

1. Abramova AA. [Effect of the use of biopreparations on phytophages of spring wheat. Actual issues of rational use of land resources, geodesy and nature management]. Sbornik trudov vserossiiskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati professora kafedry zemleustroystva i kadastr Kazanskogo GAU Shakirova Azata Shaekhovicha. Kazan: Kazanskiy GAU. 2024; 86-92 p.
2. Zamotaylov AS, Belyy AI, Bedlovskaya IV. Aktualnye problemy integrirovannoy ekologizirovannoy i biologicheskoy zashchity rasteniy ot vrediteley. Actual problems of integrated ecologically friendly and biological protection of plants from pests. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina. 2019; 115 p. ISBN 978-5-00097-955-6.
3. Bogdanov NA, Toygildin AL, Toygildina IA. [Dynamics of soil density and spring wheat productivity depending on cultivation methods in the forest-steppe zone of the Middle Volga region]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii: nauchno-teoreticheskyy zhurnal. 2024; 3(67). 36-42 p.
4. Orlin NA. [Advantages and disadvantages of using insecticide mixtures]. Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. 2015; 11-1. 126-127 p.
5. Wallace J, Hammermeister A, Geldart E. Biological pest control. [Internet]. Organic Agriculture Centre of Canada. 2021; [cited 2025, February 25]. Available from: <http://www.cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/faculty/agriculture/oacc/en/2021/FINAL-Biocontrol-JanetWallace.pdf>.
6. Abdillaev M, Bababekov Q. Wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd.) damage on grain crops in Uzbekistan. E3S Web of Conferences. 2023. Vol.421. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342104001>
7. Belyy AI, Zamotaylov AS, Popov IB. Vrediteli rasteniy i selskokhozyaystvennoy produktsii. [Pests of plants and agricultural products]. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina. 2024; 392 p.
8. Ivanov SV, Gorshukova KM, Boyarkina VA. [Wheat thrips (Haplothrips tritici) and grain ground beetle (Zabrus tenebrioides) on winter wheat crops in Kuban, their biology, harmfulness and control measures]. Aktualnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. 2020; 12-4(68). 30-33 p.
9. Emelyanov NA, Kritskaya EE, Eskov ID. [Harmfulness of wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd) on winter and spring wheat with damage to the generative organs of plants]. Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2018; 5. 19-25 p.
10. Wheat insect management. [Internet]. Kansas State University Agricultural experiment station and cooperative extension service. 2018; [cited 2025, February 25]. Available from: http://www.southeast.k-state.edu/program_areas/crop_production/wheat/WheatInsectManagement_MF745.pdf.
11. Polanczyk RA, Pratissoli D. Biological control of agricultural pests: principles and field applications. Revista Ceres. 2009; Vol.56(4). 410-419 p.
12. Kashutina EV, Bugaeva LN, Ignateva TN. [Changes in the species composition of the main plant pests of Lazarevskiy district of Sochi]. Zemledelie. 2024; 6. 42-48 p.
13. Sorokan AV, Rummyantsev SD, Benkovskaya GV. [Ecological role of microsymbionts in the relationship between plants and phytophagous insects]. Uspekhi sovremennoy biologii. 2017; Vol.137. 2. 135-149 p.
14. Shikano I, Rosa C, Tan CW. Tritrophic interactions: microbe-mediated plant effects on insect herbivores. Annu. Rev. Phytopathol. 2017; 313-331 p.
15. Kashkouli M, Castelli M, Floriano AM. Characterization of a novel Pantoea symbiont allows inference of a pattern of convergent genome reduction in bacteria associated with Pentatomidae. Environ Microbiol. 2021; 23(1). 36-50 p.
16. Shukla SP, Beran F. Gut microbiota degrades toxic isothiocyanates in a flea beetle pest. Mol. Ecology. 2020; Vol.29-23. 4692-4705 p.
17. Jin G, Kim Y. Pantoea bacteria isolated from three thrips (Frankliniella occidentalis, Frankliniella intonsa, and Thrips tabaci) in Korea and their symbiotic roles in host insect development. J. Microbiol. Biotechnol. 2023; 33(6). 745-752 p.
18. Pushnya MV. [Screening of effective biological control agents against a new adventitious pest of agricultural crops – the East Asian marmorated stink bug]. Vinogradstvo i vinodelie. 2018; Vol.20. 3(105). 37-39 p.
19. Bale JS, van Lenteren JC, Bigler F. Biological control and sustainable food production. Philosophical Transactions of the Royal Society. 2008; 761-776 p.
20. El-Wakeil N, Volkmar C. Monitoring of wheat insects and their natural enemies using sticky traps in wheat. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2013; Vol.46. 1523-1532 p.
21. Koyshybaev M, Mumindzhanov Kh. [Features of pest accounting and economic thresholds of harmfulness. Methodological guidelines for monitoring diseases, pests and weeds in grain crops]. Ankara: FAO. 2016; 25-26 p.
22. Jaffar S, Ahmad S, Lu Y. Contribution of insect gut microbiota and their associated enzymes in insect physiology and biodegradation of pesticides. Front. Microbiol. 2022; Vol.13. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.979383>
23. Kim SY, Ban G, Hong YW. Microbiome shifts in sprouts (alfalfa, radish, and rapeseed) during production

from seed to sprout using 16S rRNA microbiome sequencing. Food research international. 2022; Vol.152. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110896>

24. Validov ShZ, Komissarov EN. [Bacterial consortium based on rhizosphere bacteria of spring barley]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; 4(76). 12-17 p.

25. Tereshchenko NN, Akimova EE, Minaeva OM. Metodika poseva i rascheta kolichstva kletok mikroorganizmov. Sovremennye metody otsenki mikrobiologicheskikh svoystv i ekologicheskogo statusa pochvy. [Methodology for sowing and calculating the number of microorganism cells. Modern methods for assessing the microbiological properties and ecological status of the soil]. Tomsk: Izdatelskiy dom TGU. 2017; 40-43 p.

26. Ambikapathy V, Babu S, Shanmugapriya R. Identification of Bacterial Endophytes by 16S rRNA. Endophytic Microbes: isolation, identification, and bioactive potentials. Springer Protocols Handbooks. 2022; 85-87 p.

27. Islamov BR, Shulga EYu. [Obtaining promising strains from wild plants for use in agriculture]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; 4(76). 41-48 p.

28. Xin XF, Kvitko B, He SY. Pseudomonas syringae: what it takes to be a pathogen. Nature Reviews Microbiology. 2018; Vol.16. 316-328 p.

29. Siddiqui JA, Khan MM, Bamsile BS. Role of insect gut microbiota in pesticide degradation: a review. Front. Microbiol. 2022; Vol.13. doi: <http://doi.org/10.3389/fmicb.2022.870462>

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Abramova Arina Alekseevna – an applicant, e-mail: abramova92a@yandex.ru

Safin Radik Ilyasovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, Corresponding Member Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.