

АНТИФУНГАЛЬНАЯ И РОСТОСТИМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ

Г.Х. Шаймуллина

ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ», г. Казань, РФ, e-mail: gulnazshajmullina@yandex.ru

Аннотация. Изучалось влияние бактерий рода *Bacillus* на рост фитопатогенных грибов и яровой пшеницы. Исследования показали антагонизм бактерий в отношении *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum* и стимулирование роста проростков пшеницы. Оценка фузариозных корневых гнилей на посевах пшеницы и урожайности зерна в 2022 году выявила эффективность обработки эндофитами семенного материала.

Ключевые слова: яровая пшеница, эндофитные бактерии, фитопатогенные грибы, антагонизм, защита растений, урожайность зерна.

Введение. Фитопатогенные грибы, являясь основными возбудителями болезней на посевах сельскохозяйственных культур, уничтожают от 10% до 30% потенциального урожая [1]. Кроме этого, патогенные грибы ухудшают потребительские качества зерна, выделяя микотоксины [2]. Применение агрохимикатов для борьбы с ними представляет серьезную угрозу для здоровья человека и экологического состояния агроценозов. Поэтому решить проблему защиты растений от фитопатогенов можно путем поиска и внедрения микроорганизмов-антагонистов грибов в производство биологических препаратов. В этом плане большой интерес представляют эндофитные бактерии, населяющие различные части растений и приносящие им определенную пользу благодаря продуцированию гормонов, витаминов и улучшению снабжения питательными веществами [3]. А поскольку эндофитные бактерии занимают те же экологические ниши, что и фитопатогены, они могут участвовать в биоконтроле численности болезнетворных микроорганизмов [4]. На данный момент исследования в этом направлении продолжаются и углубляются в сторону скрининга штаммов с широким спектром антифунгального действия или создания консорциума бактерий. В связи с вышесказанным, поиск высокоактивных штаммов бактерий с широким спектром антагонистического действия к возбудителям грибных болезней сельскохозяйственных культур и обладающих ростостимулирующей способностью по отношению к растениям является актуальной темой исследований.

Материалы и методы. С целью проверки эффективности применения эндофитных бактерий на семенном материале, из коллекции микроорганизмов центра агроэкологических исследований Казанского ГАУ, были выбраны штаммы эндофитных бактерий, выделенные из семян и корней пшеницы и ячменя (*Bacillus velezensis* KS25-AU, *Bacillus velezensis* KS31-AU, *Bacillus subtilis* KS38-AU и *Bacillus subtilis* KS54-AU). Для выявления антагонизма у отобранных эндофитов по отношению к фитопатогенным грибам (*Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum*), на чашках Петри со средой Sabouraud dextrose агар проводили культивирование грибов до появления воздушного мицелия со зрелыми спорами, после чего в чашки подсаживали бактерии и инкубировали 5 суток при $t=28^{\circ}\text{C}$. Проявление у эндофитов антифунгальной активности оценивали визуально, а при наличии зоны ингибирования роста гриба – проводили измерения. Далее, согласно рекомендациям ГОСТа 12044-93 п.10.3, проверяли уровень зараженности семян яровой пшеницы сорта Йолдыз болезнями до и после обработки суспензией клеток бактерий в растворе 10mM PBS (оптической плотность суспензии 0,5D). Параллельно, для оценки биометрических параметров пшеницы, закладывали вегетационные опыты на стерильном речном песке, увлажненном до 60% от полной влагоемкости раствором PNS. Семена контрольного варианта обрабатывали стерильной водопроводной водой, а стандартом биологического

препарата служил эндофит *Bacillus mojavensis* штамм PS17 [5] в тех же нормах, что и опытные варианты (результаты испытаний в таблицах представлены в виде среднеарифметических значений со стандартными отклонениями). Полевые испытания эндофитных бактерий были заложены на учебно-испытательном поле «Нармонка» Лаишевского района Республики Татарстан. Согласно картограммам в почве опытного участка было высокое содержание гумуса (> 3,0 %), подвижного фосфора (>250 мг/кг) и обменного калия (121-170 мг/кг). Объектом полевых испытаний также были выбраны семена яровой пшеницы сорта Йолдыз (норма обработки семян 0,5 л/т и 1,0 л/т). Метеорологические условия вегетационного периода яровой пшеницы в 2022 году были благоприятными (осадков в мае выпало 205%, а в июне - 34% от средней многолетней нормы; средняя температура воздуха в мае была ниже на 3,3 °С, а в августе выше на 4 °С многолетних значений).

Результаты и их обсуждение. Согласно полученным результатам, при совместном культивировании эндофитных бактерий и патогенных грибов, на пятые сутки наблюдается небольшое ограничение роста патогенов. При этом наибольшая зона антагонистической активности отмечена для штаммов KS31-AU и KS54-AU (таблица 1).

Таблица 1. Зона ингибирования роста грибов эндофитными бактериями, в см.

Вариант	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium graminearum</i>
KS25-AU	0,2±0,1	0,3±0,1	0,5±0,1
KS31-AU	0,7±0,2	0,6±0,1	0,6±0,1
KS38-AU	0,5±0,1	0,5±0,2	0,5±0,2
KS54-AU	0,6±0,1	0,6±0,1	0,7±0,2
PS17	0,5±0,1	0,6±0,2	0,6±0,1

При определении зараженности семян пшеницы болезнями на рулонах фильтровальной бумаги установлено наличие грибных возбудителей (*Alternaria sp.*, *F. oxysporum* и *F. oxysporum*) и плесени во всех вариантах обработки (таблица 2). Однако необходимо отметить, что с протравливанием семян наблюдалась пониженная степень зараженности, а со штаммами KS31-AU, KS38-AU и KS54-AU и вовсе отсутствовали признаки фузариоза.

Таблица 2. Степень зараженности семян яровой пшеницы сорта Йолдыз болезнями

Вариант	Альтернариоз, % (<i>Alternaria sp.</i>)	Корневая гниль, % (<i>F. oxysporum</i>)	Фузариоз, % (<i>F. graminearum</i>)	Плесени, %
Контроль	68	24	2	28
KS25-AU	30	15	1	2
KS31-AU	55	17	0	11
KS38-AU	44	17	0	12
KS54-AU	38	19	0	2
PS17	27	14	0	14

Как видно из таблицы 3, у обработанных эндофитами проростков пшеницы на 7-е сутки росток во всех вариантах стал заметно длиннее, чем в контрольном варианте. Положительного влияния на корневую систему отмечено не было.

Таблица 3. Длина 7-суточных проростков яровой пшеницы сорта Йолдыз

Вариант	Длина ростка, см	Длина корня, см
Контроль	11,9±1,4	16,5±1,3
KS25-AU	15,6±0,9	16,5±3,0
KS31-AU	13,6±3,0	14,0±1,9
KS38-AU	15,4±1,3	13,7±2,1
KS54-AU	13,7±2,4	14,4±2,1
PS17	15,5±1,7	16,2±1,6

Анализ полевых образцов яровой пшеницы на развитие корневых гнилей и процент их распространения (таблица 4) в фазу всходов и в фазу кущения свидетельствовал о том, что протравливание семян штаммами эндофитных бактерий KS31-AU, KS38-AU и KS54-AU в нормах 0,5 л/т и 1,0 л/т достаточно хорошо уменьшает развитие возбудителей гнили.

Таблица 4. Корневые гнили на посевах яровой пшеницы сорта Йолдыз, 2022 г.

Вариант	Корневые гнили в фазу всходов, %		Корневые гнили в фазу кущения, %	
	развитие болезни	распространение	развитие болезни	распространение
Контроль	10	40	10	40
KS25-AU 0,5 л/т	10	40	0	0
KS25-AU 1,0 л/т	10	40	10	40
KS31-AU 0,5 л/т	10	40	10	40
KS31-AU 1,0 л/т	0	0	5	20
KS38-AU 0,5 л/т	5	20	5	20
KS38-AU 1,0 л/т	0	0	5	20
KS54-AU 0,5 л/т	0	0	0	0
KS54-AU 1,0 л/т	5	20	0	0
PS-17 1,0 л/т	0	0	0	0

Как показали результаты урожайности зерна яровой пшеницы за 2022 год (таблица 5), с каждого опытного варианта было собрано зерна больше, чем с контрольного варианта (исключение штамм KS38-AU в норме 0,5 л/т). Наибольшая прибавка зерна отмечена при обработке штаммами KS25-AU, KS31-AU и KS54-AU в норме 1,0 л/т.

Таблица 5. Урожайность зерна яровой пшеницы сорта Йолдыз, 2022 г.

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Средняя	Прибавка	
	I	II	III	IV		т/га	%
Контроль	4,02	4,13	3,89	4,04	4,02	-	-
KS25-AU 0,5 л/т	4,27	4,32	4,29	4,19	4,27	0,25	6,2
KS25-AU 1,0 л/т	4,34	4,42	4,22	4,36	4,34	0,32	8,0
KS31-AU 0,5 л/т	4,20	4,28	4,13	4,21	4,21	0,19	4,7
KS31-AU 1,0 л/т	4,31	4,37	4,41	4,15	4,31	0,29	7,2
KS38-AU 0,5 л/т	4,02	4,14	3,86	4,06	4,02	-	-
KS38-AU 1,0 л/т	4,19	4,29	4,04	4,22	4,19	0,17	4,2
KS54-AU 0,5 л/т	4,12	4,12	4,01	4,05	4,08	0,06	1,5
KS54-AU 1,0 л/т	4,28	4,28	4,11	4,51	4,30	0,28	7,0
PS-17 1,0 л/т	4,17	4,13	4,07	4,14	4,13	0,11	2,7
НСР _{0,05} , т/га	0,11						

Заключение. Таким образом, суммируя полученные результаты можно сказать, что бактерии рода *Bacillus*, в частности *Bacillus velezensis* KS31-AU и *Bacillus subtilis* KS54-AU, проявляют хорошие антифунгальные свойства по отношению к грибам рода *Fusarium* и *Alternaria* как в чашках с агаризованной средой, так и *in planta*, и поэтому могут служить перспективными биологическими агентами для борьбы с фитопатогенами. Также, стимулирование роста надземной части растений и прибавка в урожайности зерна подтверждают эффективность использования эндофитных бактерий на яровой пшенице в условиях полевых испытаний.

Библиографический список

1. Лемеза Н. А., Гирилович И. С., Дасько Я. С. Фитопатогенные микромицеты на территории г. Калинковичи // Журнал Белорусского государственного университета. 2020. № 1. С. 55-60.
2. Жевнова Н.А. Биоэкологическое обоснование применения новых штаммов бактерий *Bacillus subtilis* перспективных для создания микробиопрепаратов для защиты озимой

пшеницы от возбудителей фузариозной корневой гнили и желтой пятнистости листьев: Дис.канд.биол.наук. Краснодар, 2022. 133 с.

3. Васильева Е.Н., Ахтемова Г.А., Жуков В.А., Тихонович И.А. Эндوفитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве // Экологическая генетика. 2019. Т17. №1. С. 19-32.

4. Щербаков А.В., Заплаткин А.Н., Чеботарь В.К. Эндوفитные бактерии, населяющие семена пшеницы, перспективные продуценты микробных препаратов для сельского хозяйства //Достижения науки и техники АПК. 2013. №. 7. С. 35-38.

5. Сафин Р.И., Каримова Л.З., Валидов Ш.З., Комиссаров Э.Н, Диабанкана Р.Ж.К. Штамм бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 для повышения урожайности и защиты сельскохозяйственных растений от фитопатогенных грибов: пат. RU 2737208 С1. № 2019141759; заявл. 13.12.2019; опубл. 26.11.2020, Бюл. №33, (Россия). 14 с.