

Испытание эндофитного штамма *Bacillus subtilis* 11 PH против фузариоза колоса яровой пшеницы

© 2010. Д. Р. Кутлубердина, аспирант, Р. М. Хайруллин, д.б.н., зав. лабораторией, Научно-образовательный центр Башкирского государственного аграрного университета, e-mail: di2412@yandex.ru

Изучена антифузариозная активность препарата на основе высокоантагонистичного штамма *Bacillus subtilis* 11PH в полевых условиях. Показано, что эндофитный антагонист *B. subtilis* 11PH более эффективен в снижении распространённости фузариоза зерна, нежели известные системные фунгициды. Установлено, что эффективность защиты колоса яровой пшеницы от фузариозной инфекции повышается при совокупной обработке семян и колоса. Выявлено, что при обработке фунгицидом и биопрепаратами зерна, значительно зараженного фузариозом, наблюдается тенденция к преобладанию видов, преимущественно встречающихся в исследуемой природно-сельскохозяйственной зоне.

The effect of the preparation on bases of *Bacillus subtilis* 11PH strain with high antagonistic activity against *Fusarium fungi* has been researched in field conditions. It has been shown that endophytic antagonist *B. subtilis* 11PH is more effective in decreasing grain head blight prevalence than well-known systemic fungicides. It has been established that efficacy of *Fusarium* infection protection of spring wheat ear increases when seeds and ears are treated in an aggregate. It has been revealed while treating grain with fungicides and biopreparations that there is a tendency to predominance of the species the most representative in the searching natural agricultural zone.

Ключевые слова: фузариоз, эндофит, фузариевые грибы, токсинообразующие виды, токсичность, фитопатоген, фузариозная инфекция

Key words: fusariosis, endophyte, *Fusarium* fungi, toxin producing species, toxicity, phytopathogen, *Fusarium* infection

Для получения экологически безопасной продукции растениеводства следует обращать особое внимание на видовое разнообразие и распространённость микроорганизмов, влияющих на здоровье человека. Интерес к изучению токсиногенных видов рода *Fusarium* связан, в первую очередь, с тем, что многие виды этого рода распространены повсюду и занимают различные экологические ниши. Обладая изменчивостью и высокой адаптивностью, фузариин трудноискоренимы, несмотря на применение химических средств борьбы с ними. В частности, фузариоз колоса – заболевание, распространённое во всем мире, где выращиваются зерновые культуры. Его негативные последствия оцениваются как в форме прямых потерь урожая («трухлявость» и щуплость зёрен), так и косвенных – снижение продуктивности, развитие корневых гнилей, белоколосость и другие патологии роста и развития растений. Кроме того, фузариоз зерна, как известно, не только ухудшает хлебопекарные свойства, но и приводит к загрязнению зерна вторичными метаболитами – микотоксинами, которые в свою очередь вызывают тяжёлые заболевания и сельскохозяйственных животных, и человека.

В 1990-х годах заражённость семян пшеницы фузариозом в Республике Башкортостан колебалась от 0,4% до 6,0% [1]. По нашим данным [2], в последние годы существенно увеличилась (в 2 и более раза) заражённость семян яровой пшеницы фузариевыми грибами. В целом среди патогенов преобладали *F. sporotrichioides* и *F. poae* [2], которые относятся к особо опасным токсинообразующим грибам и вызывают скрытую форму заражения семян [3]. Вторую по частоте встречаемости группу возбудителей фузариоза составили *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, вызывающие явную форму проявления болезни колоса. Встречались также виды *F. oxysporum*, *F. tricinctum*, *F. acuminatum*, *F. equiseti*. Так, по сравнению с данными, полученными в 1990-х годах, где явная заражённость фузариозом не превышала 1–2% [4], наметилась тенденция к возрастанию типичных форм проявления болезни на колосе, так же, как и смена видового доминирования грибов этого рода, поражающих семена яровой пшеницы.

В настоящее время протравливание рассматривается как обязательный технологический приём [5]. Показана необходимость

предпосевной обработки семян для активизации борьбы с фузариозом колоса [6]. Протравливание семян снижало обилие фузариевых грибов как в ризосфере, так и в ризоплане. Такая тенденция сохранялась в течение всего вегетационного периода. Многие исследователи также отмечают эффективность предпосевной обработки семян в борьбе с патогенными микроорганизмами, в том числе и с грибами рода *Fusarium*.

Но, к сожалению, снижение развития фузариоза зерна пока не может достаточно эффективно обеспечиваться использованием фунгицидов в силу побочного действия препаратов на возбудителей фузариоза колоса [7 – 9]. Кроме того, подавление химическими методами фузариозов, как и других вызываемых грибами заболеваний, имеет ряд ограничений, связанных с появлением суперустойчивых штаммов, а также с неблагоприятными экологическими последствиями применения пестицидов в посевах. Поэтому актуальна разработка биологических методов защиты растений и повышение супрессивности почв в отношении грибных фитопатогенов [10, 11]. Особо перспективны в качестве потенциального биологического агента спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, не токсичные для теплокровных и обладающие широким спектром фитозащитного и ростстимулирующего действия [12, 13]. Показано [14], что массовое заселение растений этими бактериями происходит с фазы всходов. По мере установления в растении высокого уровня эндобактерий снижается распространенность различных заболеваний.

В задачу нашей работы входило изучение антифузариозной активности препарата на основе высокоантагонистичного штамма *Bacillus subtilis* 11PH в полевых условиях, который может быть применён для контроля популяций фитопатогенных грибов р. *Fusarium*.

Материалы и методы исследований

При проведении исследований использованы семена яровой пшеницы с высокой степенью заражения фузариозом. Фитоэкспертиза семян на фузариозную инфекцию проводилась согласно методу Дж. Темпе [15]. Видовая принадлежность грибов устанавливалась в соответствии с таксономической системой В. Герлаха [16].

Так, в экспериментах 2008 г. семена сортов Казахстанская 10 и Башкирская 26 обрабатывали химическим фунгицидом

раксил (Bayer, Германия) – одним из самых известных системных фунгицидов [5], из расчёта 0,4 л/т, биопрепаратом бинорам (Алсико-Агропром, Россия), содержащим клетки *Pseudomonas fluorescens* 7Г, 7Г2К, 17-2 (75 мл/т). Их действие на развитие фузариоза и состав фитопатогенного комплекса сравнивали с действием опытного образца биофунгицида на основе штамма *B. subtilis* 11PH, высокоантагонистичного против грибов рода *Fusarium*. Экспериментальный образец препарата нарабатывали с помощью лабораторного газо-вихревого биореактора «БИОК» (ЗАО «Саяны», Новосибирск). Получали аналог препарата фитоспорин с титром спор 1 млрд. колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл. Обработку семян проводили вручную за неделю до посева по рекомендациям фирм изготовителей. В случае экспериментального препарата его расход составил 1 л и рабочей жидкости 10 л на тонну семян. Контрольные семена обрабатывали водой. Пшеницу высевали в трёх природно-климатических зонах (Северная, Южная лесостепи, Предуральская степь).

В 2009 г. предпосевную обработку семян сортов Омская 35 и Омская 36 проводили химическим фунгицидом террасил (Bayer) – аналог раксилы, а также биофунгицидом *B. subtilis* 11PH. Контрольные семена обрабатывали водой. В фазу колошения одну часть посевов опрыскивали химическим препаратом фоликур – фунгицидом, используемым для защиты колоса [17], другую часть – биофунгицидом, оставшуюся – водой. Опыты проводили в двух природно-климатических зонах (Северная лесостепь и Предуральская степь) Республики Башкортостан.

Опыты закладывали в апреле 2008 и 2009 гг. Посев одной повторности (всего 3) каждого варианта проводили на делянках площадью 1 м² вручную.

Результаты и обсуждение

Эндофитный штамм *Bacillus subtilis* 11PH был выбран нами из 22 других штаммов коллекции Башкирского ГАУ в качестве основы экспериментального биофунгицида в связи с его высокой антагонистической активностью (табл. 1). По площади полного подавления зоны роста мицелия гриба он превосходил штамм-прототип *Bacillus subtilis* 26D (основа препарата фитоспорин) примерно в 2 раза.

При анализе полученных образцов семян с сортоиспытательных участков заражённость фузариозной инфекцией сортов Казахстан-

Таблица 1

Антагонистическая активность штаммов *B. subtilis* против грибов *Fusarium*

Штаммы	Зона подавления роста культур фитопатогенных грибов, мм				Среднее значение
	<i>F. sporotrichioides</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>F. avenaceum</i>	
26D	18x18	13x14	17x18	25x27	18x19
11PH	23x24	18x18	22x24	40x40	26x27

ская 10 и Башкирская 26 в 2007 г. составляла 18% и 16% соответственно. В 2008 г. эти семена были инфицированы в среднем на 12% (табл. 2), что, вероятно, связано с климатическими условиями 2008-го года, более сухого, нежели 2007-й. Общеизвестно, что для развития грибов р. *Fusarium* на зерне пшеницы наиболее благоприятны условия повышенной влажности.

Заражённость фузариозной инфекцией зерна сортов Омская 35 и Омская 36 в 2008 г. составляла 26%. В условиях же 2009 г. этот показатель снизился в среднем в 2 раза (табл. 3).

По данным 2008 и 2009 гг. наибольшая заражённость фузариозом наблюдалась в более прохладной и влажной зоне Северной лесостепи. По мере продвижения на юг республики к зоне с засушливым климатом (Предуральская степь) общая заражённость семян фузариозом заметно уменьшалась.

Обработка семян препаратом раксил в среднем снижала распространение фузарио-

за зерна (табл. 2), существеннее в Предуральской зоне (в 2 раза). Эффективность применения фунгицидов была показана и в опытах следующего года. Так, из табл. 3 видно, что обработка семян препаратом террасил снижала распространение фузариоза зерна в обеих природно-сельскохозяйственных зонах.

Кроме того, по суммарным данным обоих сортов существенной разницы между предпосевной обработкой семян и опрыскиванием колосьев (табл. 3) не наблюдалось, что, в свою очередь, подтверждает значимость протравливания семенного материала перед посевом данными системными фунгицидами.

Многие исследователи в опытах с использованием тебуконазола – основы фунгицидов раксил и террасил выявляли снижение распространённости фузариозной болезни на семенах яровой пшеницы [18, 19]. Этот препарат оказался наиболее эффективным и в борьбе с фузариозом колоса ячменя в условиях Чехии [20].

Таблица 2

Среднее значение зараженности фузариозом семян исследованных сортов (%) в 2008 г.

Зоны	Контроль	Препарат для обработки семян			В среднем
		Раксил	Бинорам	<i>B. subtilis</i> 11PH	
Северная лесостепь	12	9	16	7	12
Южная лесостепь	14	11	8	7	10
Предуральская степь	10	5	12	7	9
В среднем	12	8	12	7	–

Таблица 3

Среднее значение зараженности фузариозом семян исследованных сортов (%) в 2009 г.

Зоны	Контроль		Препарат для обработки семян				В среднем
	Вода	Вода+вода (колос)	Террасил	Террасил+фоликур (колос)	<i>B. subtilis</i> 11PH	<i>B. subtilis</i> 1PH+ <i>B. subtilis</i> 11PH (колос)	
Северная лесостепь	20	21	15	14	11	10	15
Предуральская степь	5,5	7	4	3,5	4	3,5	4,6
В среднем	13	14	9,5	9	7,5	7	–

Обработка бинорамом снижала распространение фузариоза в Южной лесостепной зоне (табл. 2). Однако в среднем по суммарным данным опытов в трёх зонах была не эффективной. Следовательно, в опытах 2009 г. необходимости обработки семян данным биофунгицидом не возникло.

Обработка семян спорами штамма *B. subtilis* 11РН снижала заражённость яровой пшеницы обоих сортов во всех зонах в 1,7 раза (табл. 2). Эндоефитный антагонист *B. subtilis* 11РН оказался наиболее активным в снижении распространённости фузариоза зерна в сравнении с химическим фунгицидом и био-препаратом бинорам. В опытах 2009 г. данный биофунгицид также эффективно снижал заражённость пшеницы в обеих зонах примерно в одинаковой степени. При фитоэкспертизе семян на фузариозную инфекцию в образцах выделялось в 2 раза меньше грибов *Fusarium*, чем в контроле (табл. 3). Из этого можно сделать вывод о перспективности применения данного биопрепарата для контроля популяций фитопатогенных фузариевых грибов.

Многими авторами [13, 14, 21, 22] также было показано, что именно эндоефитные бактерии рода *Bacillus* эффективны в способности подавлять микофлору фитопатогенных грибов рода *Fusarium*.

В имеющихся литературных источниках на сегодняшний день нет единого мнения о мерах борьбы с фузариозом колоса. Многие считают, что именно протравливание семян

обуславливает надёжную защиту растению в период роста и созревания, другие – придерживаются мнения о необходимости защиты посевов путём опрыскивания колосьев в период активного формирования колоса.

Согласно нашим исследованиям (табл. 4), при обработке посевов в фазу колошения препаратом фоликур не во всех образцах наблюдался спад заражённости фузариевыми грибами по сравнению с образцами протравленных семян. Но по суммарным значениям в обеих природно-сельскохозяйственных зонах эффективность опрыскивания растений у сорта Омская 35 достигала 31%, а у сорта Омская 36 – до 47%, в то время как при протравливании семян эта эффективность составляла 28% и 23% соответственно. Так, наши данные согласуются с данными других авторов [6, 18] о том, что эффективность защиты пшеницы от фузариоза повышается при опрыскивании колоса противофузариозными фунгицидами.

Как было показано выше, обработка семян спорами *B. subtilis* 11РН снижала заражённость колоса фузариевыми грибами в среднем в 2 раза. При обработке колоса этим же биофунгицидом число фитопатогенных грибов р. *Fusarium* закономерно снижается (табл. 4) на семенах обоих сортов.

Так, средняя эффективность составляла 55%, что почти в 2 раза превышает среднее значение эффективности отдельного протравливания семян и в 1,5 раза – при опрыскивании препаратом фоликур. Вследствие

Таблица 4

Эффективность действия предпосевной и посевной обработок против фузариозной семенной инфекции

Зоны	Сорт	Препарат, способ обработки							
		Террасил		Террасил+фоликур		<i>B. subtilis</i> 11РН		<i>B. subtilis</i> 11РН+ <i>B. subtilis</i> 11РН	
		Заражённость, %	Эффективность, %	Заражённость, %	Эффективность, %	Заражённость, %	Эффективность, %	Заражённость, %	Эффективность, %
Северная лесостепь	Омская 36	71	29	80	20	60	40	43	57
	Омская 35	83	17	55	45	83	17	36	64
Предуральская степь	Омская 36	83	17	25	75	83	17	50	50
	Омская 35	60	40	83	17	60	40	50	50
Среднее		74	26	61	39	71	29	45	55

Таблица 5

Влияние обработки семян на встречаемость видов р. *Fusarium* в зерновках пшеницы (%)

Виды	Контроль		Препарат для обработки семян							
			Раксил		Бинорам		<i>B. subtilis</i> 11PH		Среднее значение	
	Б-26*	К-10**	Б-26	К-10	Б-26	К-10	Б-26	К-10	Б-26	К-10
Доминирующие	58	51	67	50	75	84	70	73	70	69
Другие	42	49	33	50	25	16	30	27	30	31

Примечание: * – Башкирская 26, ** – Казахстанская 10.

этого мы можем сделать вывод о том, что препарат на основе эндофитного антагониста *B. subtilis* 11PH более эффективен в снижении распространённости фузариоза зерна, нежели исследованные системные фунгициды.

Выявленные в зерновках пшеницы виды грибов *Fusarium* мы разделили на две группы: доминирующие (*F. roae* и *F. sporotrichioides*), наиболее стабильные по частоте встречаемости и доминированию в структуре патогенных комплексов на территории Республики Башкортостан, и другие виды (реже встречающиеся – *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. tricinctum*).

Как видно, в контрольных образцах зерна пшеницы исследуемых сортов соотношение двух условно разделенных групп грибов было примерно 1:1 (табл. 5). В образцах зерна, полученного из семян, обработанных препаратами, численность грибов *F. roae* и *F. sporotrichioides* заметно увеличивалась, за исключением семян пшеницы сорта Казахстанская 10, обработанных фунгицидом раксил. Количество видов, условно отнесённых нами в группу «другие», после обработки семян закономерно уменьшалось в сравнении с контрольными образцами семян.

По данным опытов 2009 г. установлено, что в семенах обоих сортов пшеницы, убранных с контрольных делянок, частота встречаемости доминирующих видов составляла в среднем 55%. При обработке семян фунгицидами (химическим или на основе спор эндофитного штамма) она увеличилась до 85%. Число же других видов фузариевых грибов также уменьшалось. При обработке семян и колоса встречаемость доминирующих видов достигала у обоих сортов 100%, тогда как у контрольных зерновок составляла 71%.

На рисунке приведены данные анализа образцов семян сорта Омская 36, репродуцированных в Северной лесостепи, где отчетливо видно увеличение количества грибов *F. sporotrichioides* и *F. roae* на колосе при обработке последнего фунгицидами.

Исходя из результатов, воспроизводимых в течение двух лет, мы полагаем, что при обработке фунгицидом и биопрепаратами зерна, значительно заражённого фузариозом, наблюдается тенденция к преобладанию видов, преимущественно встречающихся в данной природно-сельскохозяйственной зоне (*F. roae* и *F. sporotrichioides*). Другие виды после обработок обнаруживаются в ми-

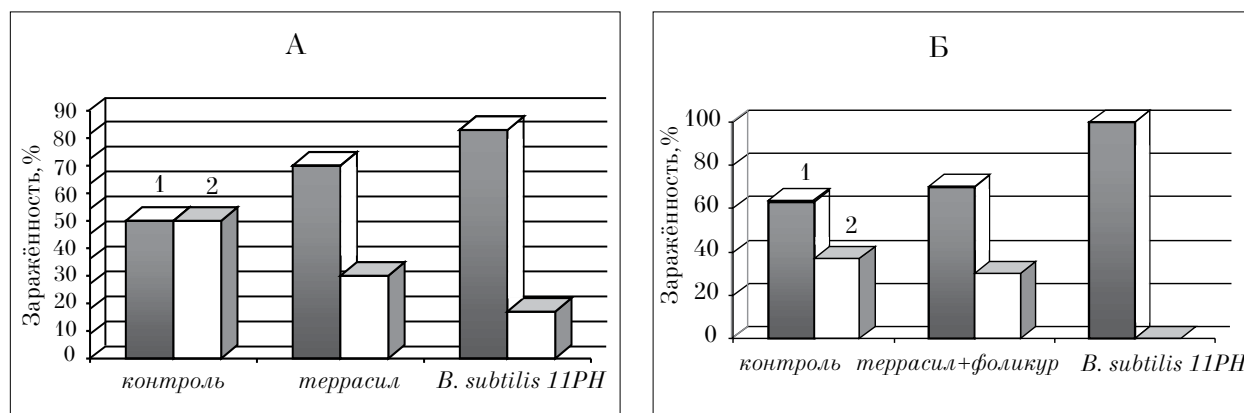


Рисунок. Влияние фунгицидов на встречаемость видов р. *Fusarium* в семенах пшеницы сорта Омская 36, репродуцированных в Северной лесостепи (%): А – предпосевная обработка семян, Б – то же + опрыскивание колосьев.

Примечание: 1 – доминирующие виды; 2 – другие виды.

нимальном количестве, что, в свою очередь, приводит к нарушению определённого баланса между видами. Такая особенность этих фитопатогенов может позволить им при обработке семян фунгицидами активно колонизировать вегетирующие растения, в том числе и колос, что вновь усилит доминирующими видами фон семенной инфекции.

По данным литературы известно, что *F. sporotrichioides* и *F. poae* образуют микро- и макроконидии, в отличие от грибов *F. graminearum* и *F. avenaceum*, формирующих только макроконидии и вызывающих явное проявление болезни [16, 23]. Микроконидии отличаются более высокой скоростью продуцирования, а также большим количеством. Вероятно, к моменту проявления эндофитными фунгистатических свойств к патогенам вышеуказанные грибы за счёт быстрого и в большом объёме распространения микроконидий успевают заселить значительную часть всего растения, в отличие от других видов р. *Fusarium*, макроконидии которых продуцируются позже и в меньшем объёме.

С другой стороны, в природе при конидиальном спороношении происходит дифференциация фитопатогена на клоны с различным характером биохимических взаимодействий с окружающей средой. Это приводит к появлению целого спектра возможных приспособительных механизмов для противостояния неблагоприятным условиям, например, воздействию фунгицидов. Какой из этих механизмов окажется доминирующим и будет определять в конечном итоге поражённость растений и уровень загрязнения зерна микотоксинами, зависит как от соотношения характерных биотипов в популяции, так и от конкретных условий развития патогена. Подобная многофакторная вариабельность биохимического «поведения» фитопатогена объясняет, вероятно, некоторую долю пессимизма, присутствующую при оценке перспектив использования фунгицидов для борьбы с фузариозом колоса [24]. Кроме того, по результатам исследований [25] показано, что применение фунгицидов не освобождает от необходимости контроля за наличием фузариотоксинов в зерне, даже в случае значительного снижения поражённости растений.

Не исключено, что изначальные различия в токсичности фунгицидов для разных видов грибов также приводят к различию в распространении последних. Кроме того, известно, что многие фунгициды, как правило, высокотоксичны для определённых видов грибов, что

приводит к возникновению селектирующего эффекта в популяциях.

Этими причинами можно объяснить снижение разнообразия видов фузариев при использовании химических и биологических препаратов.

Эти, а также, возможно, и другие факторы заставляют всё больше обращать внимание на разработку средств и способов не борьбы, а эффективной регуляции численности и видового состава фузариозных грибов, поражающих зерно пшеницы.

Заключение

Таким образом, эндофитный антагонист *B. subtilis* 11РН оказался наиболее активным в снижении распространённости фузариоза зерна и может быть рекомендован в качестве основы для создания экологически чистого препарата для контроля популяций фитопатогенных грибов р. *Fusarium*.

Для борьбы с фузариозом колоса наиболее оптимальна комплексная обработка, включающая обязательное предпосевное протравливание семян, а в фазу активного формирования колоса (сразу после окончания цветения) – дополнительное опрыскивание посевов.

Все исследуемые фунгициды при обработке ими семян и колосьев приводят к нарушению определённого баланса между видами.

Учитывая возможность массового прорастания фузариев из семян в проростки в послевсходовый период, предполагается создание препаратов системного действия с продолжительным периодом защитного эффекта. Возможность обеспечения защиты в период между становлением проростка и развитием взрослого растения позволила бы предотвратить (или уменьшить) частоту возникновения патологий роста и развития.

Литература

1. Иващенко В.Г., Шипилова Н.П. Грибы рода *Fusarium* на семенах хлебных злаков в основных зерновых регионах России. С.-Пб. Пушкин: ВИЗР, 2004. 20 с.
2. Кутлубердина Д.Р., Хайруллин Р.М. Видовой состав и заражённость разных фракций зерна пшеницы грибами рода *Fusarium* в Южной лесостепи Республики Башкортостан // Вестник КГУ. 2008. № 4 (10) С. 90–95.
3. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М. Современное состояние таксономии грибов рода *Fusarium* секции *Sporotrichiella* // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42. С. 201–216.

4. Пирязева Е.А. Санитарно-микотоксикологическая характеристика зернофуража Уральского и Западно-Сибирского регионов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 2001. 18 с.
5. Тютюрев С.Л. Обработка семян фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений. С.-Пб. 2006. 248 с.
6. Шешегова Т.К., Широких И.Г. Для активизации борьбы с фузариозом колоса // Защита и карантин растений. 2004. № 4. С. 22–23.
7. Kukedi E. A bura agrotechnica es a *Fusarium korti* karsolatrol (Irodalmi összefoglaló) // Novenytermeles. 1977. V. 26. P. 207–212.
8. Zwatz B. Ahrenfusariose an Weisen- Bumerkungen und untersuchungen // Forderungsolienst. V. 35. № 11. 1987. P. 331–333.
9. Иващенко В.Г., Шипилова Н.П., Назаровская Л.А. Фузариоз колоса хлебных злаков. С.-Пб. Пушкин: ВИЗР, 2004. 164 с.
10. Cook R.J., Thomashow L.S., Weller D.M., Fujimoto D., Mazzola M., Bangera G., Kim D.S. Molecular mechanism of defense by rhizobacteria against root disease // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1995. V. 92. P. 4197–4201.
11. Han J.S., Cheng J.H., Yoon T.M., Song J., Rajkarnikar A., Kim W.G., Yoo I.D. Biological control agent of common scab disease by antagonistic strain *Bacillus* sp. sunhua // J. Appl. Microbiol. 2005. V. 99. P. 213–221.
12. Stockwell C.A., Luz W.C. da Bergstrom G.C. Biocontrol of wheat scab with microbial antagonists // Phytopathology. 1997. № 87. P. 94.
13. Коломиец Э.И., Романовская Т.В., Здор Н.А. Биологические препараты – на смену химическим // Защита и карантин растений. 2006. №10. С. 18–20.
14. Сахибгареев А.А., Менликиев М.Я. Эндофитные бактерии // Вестник РАСХН. 2008. № 3. С. 60–62.
15. De Tempe J. International Seed-testing Association. Handbook of seed health-testing. Wagenengen, 1961. S1.
16. Gerlach W., Nirenberg H. The Genus *Fusarium* – a pictorial atlas-mitteilungen aus der biologischen bundesanstalt f r land- und forstwirtschaft. Berlin: Springer-Velag, 1982. Heft 209. 406 s.
17. Рекомендации по комплексной защите сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорной растительности в Краснодарском крае на 1994–1999 гг. // Департамент сельского хозяйства и продовольствия администрации Краснодарского края. Краснодар. 1994. 132 с.
18. McMullen M.P., Schatz B., Stover R., Gregoire T. Studies of fungicide efficacy, application timing and application technologies to reduce *Fusarium* head blight and deoxynivalenol // 5-th European Fusarium Seminar. Szeged, Hungary. 1997. Cereal Res. Comm. 25. 3/2. 1999. P. 779–780
19. Jones R.K. Assesments of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment // Plant Dis. 2000. V. 84. № 9. P. 1021–1030.
20. Hysek J., Vanova M., Hajslova J., Radova Z., Koutecka J., Tvaruzek L.: Fusarioses of barley with emphasis on the content of tri-chothecenes // Plant Protection 1999. V. 35. P. 96
21. Leifert C., Li H., Chidburee S., Hampson S., Workman S., Sigeo D., Epton H.A., Harbour A. Antibiotic production and biocontrol activity by *Bacillus subtilis* CL27 and *Bacillus pumilus* CL45 // Appl. Bacteriol. 1995. V. 78. P. 97–108.
22. Whipps J.M. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere // J. Exp. Bot. 2001. V. 52. P. 487–511.
23. Шипилова Н.П., Иващенко В.Г. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах. С.-Пб. 2008. 84 с.
24. Milus E.A., Parsons C.E. Evaluation of foliar fungicides for controlling *Fusarium* head blight of wheat // Plant Dis. 1994. V. 78. № 7. P. 697–699.
25. Соколова Г.Д., Девяткина Г.А., Павлова В.В., Дорофеева Л.Л., Кожуховская В.А. Гетерогенность изолятов *Fusarium graminearum* по характеру токсиногенных реакций на воздействие фунгицидов // Микология и фитопатология. Т. 35. Вып. 2. 2008. С. 53–57.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых предприятий в научно-технической сфере (программа «Старт-07», проект №7290, программа «УМНИК», проект №7971).