

МИКРОБНЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНЫХ И РИЗОБАКТЕРИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

В.К.ЧЕБОТАРЬ^{1,2}, А.Н. ЗАПЛАТКИН^{1,2}, А.В. ЩЕРБАКОВ^{1,2},
А.А. СТАРЦЕВА³, Я.В. КОСТИН³

¹ФГБНУ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, 196608 г.
Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского д.3, e-mail: vladchebotar@rambler.ru

² Университет ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), ул. Ломоносова, д. 9, Санкт-Петербург, Россия, 191002

³ ФГБОУ Рязанский государственный агротехнологический университет им.П.А.Костычева, ул Костычева, д.1, Рязань, Россия, 390044

В статье представлены данные по свойствам перспективных штаммов эндофитных и ризобактерий и их эффективности в вегетационных и полевых опытах. Показано, что применение микробных препаратов на основе эндофитных и ризобактерий является перспективным элементом современных технологий выращивания ячменя, существенно снижая себестоимость производства и улучшая эффективность применения минеральных удобрений при его возделывании.

Ключевые слова: эндофитные и ризобактерии, микробные препараты, бациллы, фунгицидная активность, ростстимуляция, урожай зерна, коэффициент использования минеральных удобрений

Keywords: endophytic and rhizobacteria, microbial preparations, bacilli, fungicidal activity, plant growth promotion, grain yield, the rate of use of mineral fertilizers

Современное высокоэффективное сельскохозяйственное производство невозможно без применения удобрений и средств защиты растений. Так, широкое использование минеральных удобрений, в первую очередь азотных, позволило за последние 50 лет более чем в 5 раз поднять урожайность основных сельскохозяйственных культур в развитых странах. Однако процесс получения и применения минеральных азотных удобрений является наиболее энергоемким - на него расходуется до от 30 до 50% всей энергии, потребляемой в сельскохозяйственном производстве. Применение минеральных азотных удобрений оказывает негативное влияние на здоровье человека, биоразнообразие, выброс парниковых газов, плодородие почв и только в Европе требует компенсационных затрат от 70 до 320 млрд. евро ежегодно [1]. Альтернативным дешевым и безопасным источником азота для сельскохозяйственного производства является биологический азот. Для России это тем более актуально, так как за последние 20 лет применение минеральных удобрений снизилось в 3 – 5 раз.

В России ситуация усугубляется еще и тем, что сельхозпроизводители не способны в достаточном количестве приобретать дорогостоящие для них минеральные удобрения и вынуждены использовать запасы азота, фосфора и калия в почве без их восполнения, что ведет к потере плодородия почв. Таким образом, существует научно-обоснованная необходимость обеспечить современное земледелие высокоэффективными микробными препаратами для обработки не менее 20 млн. га посевных площадей, что определяется структурой посевных площадей и результатами многолетних испытаний эффективности микробных препаратов в РФ [2-5].

Ассоциации растений с полезными микроорганизмами привлекают внимание ученых с точки зрения не только изучения фундаментальных основ взаимодействия различных организмов, но и возможного использования данных взаимодействий в практике экологически ориентированного адаптивного растениеводства. Большинство

научных исследований направлено на изучение ризосферных микроорганизмов [6-8]. Однако имеются микроорганизмы, существующие внутри растения, включая надземную часть и семена, так называемые эндофитные бактерии. Эндофитными могут называться бактерии, которые способны колонизировать внутренние ткани растения, не вызывая при этом заболеваний и не оказывая отрицательного влияния на его развитие [9, 10]. Из существующих на земле 300 000 видов растений, каждый вид является хозяином для одного и более видов эндофитных бактерий [11]. Однако в настоящее время всего несколько видов растений достаточно полно изучены в отношении содержания в них эндофитных бактерий.

Таким образом, открываются большие перспективы по поиску, выделению и изучению новых видов эндофитных бактерий, положительно влияющих на развитие растений, с целью создания новых микробиологических препаратов для адаптивного растениеводства (12). Бактериальные эндофиты колонизируют те же экологические ниши в растении, что и фитопатогенные микроорганизмы, поэтому являются перспективным агентом биоконтроля фитопатогенов [8,12].

Таким образом, создание микробных препаратов на основе эндофитных и ризобактерий для растениеводства, позволяющих формировать самодостаточные растительно-микробные системы с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства и снижения экологической нагрузки на окружающую среду является актуальным и перспективным научным направлением.

Целью работы являлось изучение хозяйственно-ценных свойств эндофитных и ризобактерий, выделенных из корней и внутренних тканей культурных и диких растений, создание образцов микробных препаратов на основе перспективных штаммов и изучение их эффективности в вегетационных и полевых опытах.

Методика

В процессе выполнения исследований использовались методы общей и технической микробиологии [13,14]. Для выделения ризобактерий использовали корни растений томата с.Белла. Корни растений промывали в проточной воде, помещали в колбы с 300 мл стерильной воды и встряхивали в течение 2 часов на качалке (200 об/мин). Один мл из каждой колбы брали для приготовления серийных разведений (до 10^{-5}). 100 микролитров из каждого разведения высевали на триптон-соевый агар (TSA), разведенный в 20 раз. Чашки культивировали трое суток при 28°C. Для выделения эндофитных бактерий из внутренних тканей стебля борщевика использовался метод поверхностной стерилизации. Очищенный образец стебля промывали в 70% этаноле 10 мин., 10% гипохлорите натрия 5 мин. и 5 раз в стерильной водопроводной воде. Стерилизованный образец асептически разрушали, используя стерильные пестик и ступку. Для подтверждения успешности стерилизации делали смывы с поверхности тканей и высеивали данные пробы на картофельную среду. Из сока борщевика готовили ряд последовательных разведений и высевали на картофельную среду в три чашки Петри.

Протеазную активность выделенных штаммов эндофитных и ризобактерий изучали на чашках с 1/20 среды TSA, обогащенной 5% молоком. Липазную активность определяли на чашках с 1/20 среды TSA, обогащенной 2% Tween 80, глюканазную активность определяли на чашках с 1/20 среды TSA, содержащей лихенан, целлюлазную активность определяли на чашках с 1/20 среды TSA, содержащей натрий карбоксиметилцеллюлозу, хитиназную активность на чашках с хитином (Wirth and Wolf, 1990). Продукцию ауксинов определяли согласно методике Камиловой с соавт. (2005) колориметрическим методом. Исследуемые штаммы вносили в жидкую среду Кинга, содержащую триптофан (250мкг/мл) и инкубировали 4 дня при 28°C на качалке (150 об/мин). Выросшие культуры центрифугировали при 13000 об/мин 10 минут, 1 мл супернатанта добавляли в пробирку с 2 мл реактива Сальковского и 25 микролитров ортофосфорной кислоты. Смесь инкубировали при комнатной температуре в течение 30 мин и интенсивность розового окрашивания измеряли на фотоэлектроколориметре при 530 нм. Содержание ИУК определяли по градуировочной кривой со стандартом ИУК.

Для всех изучаемых штаммов эндофитных и ризобактерий были определены нуклеотидные последовательности гена 16S рРНК (позволяет характеризовать микроорганизмы как определенные таксономические единицы на видовом уровне). Это позволило идентифицировать штаммы TR 6 и HC8 как *Bacillus subtilis*.

Биотесты для мониторинга хозяйственно-ценных свойств перспективных штаммов ризобактерий проводились по стимуляции роста растений на проростках кукурузы и пшеницы и по ингибированию роста фитопатогенных грибов методом закапывания культуральной жидкости в колодцы на агаровых средах и измерения зоны ингибирования роста фитопатогенных грибов *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl), *F.solani* and *Phytilium ultimum* LBOP17.

Общий титр эндофитных и ризобактерий конкретного штамма определялся методом серийных разведений и подсчета на чашках со специализированными питательными средами.

Эффективность микробных препаратов изучалась в вегетационных и полевых опытах по общепринятой методике [15].

Для вегетационных опытов был использован среднеспелый сорт салата «Ералаш» и раннеспелый сорт редиса «Дуро». Субстрат для набивки сосудов готовился следующим образом: дерново-подзолистая супесчаная почва опытного поля ГНУ ВНИИСХМ (20%) смешивалась с торфяным грунтом марки «Терравита» (80%), куда добавляли раствор азофоски из расчета 100% NPK. Полученный субстрат тщательно перемешивали и набивали по 5 кг в сосуды объемом 3л. Затем подготовленные сосуды однократно проливали водопроводной водой объемом 700 мл. Семена редиса проращивались в течение 48 ч. при температуре 28°C. Непосредственно перед посадкой проростки замачивались на 15 мин. в бактериальной суспензии с титром 10^7 КОЕ/мл. Семена салата (без проращивания) непосредственно перед посадкой замачивались на 15 мин. в бактериальной суспензии с титром 10^7 КОЕ/мл следующих штаммов: *Bacillus subtilis* Ч-13 (стандарт, продуцент биопрепарата Экстрасол), *Bacillus subtilis* B2G (стандарт, продуцент биопрепарата Z24), *Bacillus subtilis* TR6, *Bacillus subtilis* HC8, *Azotobacter chroococcum* Az7. Семена для контроля замачивались в стерильной воде. Посадка семян проводилась в лунки на глубину 1,5 см по 2 семени в лунку. Лунки располагались конвертом по 5 лунок на сосуд. После посадки производился однократный полив сосудов водой объемом 500 мл. После появления всходов в сосуде оставлялось по 3 растения, остальные удалялись. Полив осуществляли каждые три дня по 100 мл исходя из среднего веса сосудов. Учет урожая проводился через 44 дня вегетации, надземная часть растений срезалась, помещалась в полиэтиленовый пакет, куда помещалась этикетка с данными варианта. Далее производилось взвешивание надземной части растений на электронных весах с точностью до 0,1 г.

Полевой опыт проводился в течение двух лет по общепринятой методике (15) в 4-х кратной повторности на общей площади 460,8 м² (площадь одной делянки 9,6 м²). Опыт проводился на серой лесной тяжелосуглинистой почве с высоким содержанием элементов питания. Анализ почвы осуществляли согласно ГОСТам. Схема опыта: 1-Без удобрений (контроль); 2-N₆₀P₆₀K₆₀(фон); 3-Экстрасол *Bacillus subtilis* Ч-13 (стандарт); 4-Экстрасол + N₆₀P₆₀K₆₀; 5- *Bacillus subtilis* TR6; 6- *Bacillus subtilis* TR6+N₆₀P₆₀K₆₀; 7- *Bacillus subtilis* HC8; 8- *Bacillus subtilis* HC8 + N₆₀P₆₀K₆₀. Почвенные образцы отбирались с каждой пробной площади в количестве 5 разовых проб, из которых составлялся средний образец. В данных образцах определялось: м.д.азота, %; рН – потенциометрически; P₂O₅ и K₂O методом Кирсанова (данные методы являются стандартными для Рязанской области). В опыте выращивался ячмень сорта Данута, предшественник озимая пшеница. Агротехника выращивания данной культуры общепринятая для южной части Нечернозёмной зоны РФ. Фоновые удобрения вносились весной перед посевом поверхностно вразброс (диаммофоска в дозе 23 кг д.в./га и аммиачная селитра – 37 кг д.в./га). Микробные препараты вносились согласно рекомендациям ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (замачивание семян в 10% растворе препарата Экстрасол).

Результаты

Всего из корней томатов было выделено 7 штаммов ризобактерий. При анализе фунгицидной активности штаммов на чашках (метод колодцев) было показано, что только один штамм TR6 был активен против всех тестируемых фитопатогенных грибов *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* (Forl), *Fusarium solani*, *Pythium ultimum*. (Табл.1). Зоны ингибирования составляли 17.4-48.2 мм. Изучение энзиматической активности ризобактерий показало, что из семи изучаемых штаммов 5 штаммов, кроме TR9 и TR1 обладали протеазной активностью, 2 штамма TR5 и TR6 обладали липазной активностью, 3 штамма TR10, TR7 и TR6 обладали глюканазной активностью (Табл.2). Только у двух штаммов TR7 и TR6 наблюдалась целлюлазная активность и ни одного штамма не наблюдалось хитиназной активности. Изучение способности исследуемых штаммов продуцировать ИУК в присутствии триптофана как прекурсора индолилуксусной кислоты показало, что штаммы TR9 и TR1 продуцировали 12,3 и 20,1 микрограммов на мл среды соответственно (Табл.3). На основании полученных данных для дальнейших исследований отобран штамм TR6.

Таблица 1. Фунгицидная активность штаммов ризобактерий.

Штамм	Зона ингибирования, мм		
	<i>Forl</i>	<i>F.solani</i>	<i>P. ultimum</i> LBOP17
TR 1	-	-	-
TR 4	-	-	19,5-±0,17
TR 5	-	-	-
TR 6	17,4±0,13	27,1±0,24	48,2±0,32
TR 7	-	-	-
TR 9	-	-	-
TR 10	-	-	-

Таблица 2. Энзиматическая активность ризобактерий.

Штамм	Протеаза	Липаза	Глюканаза	Целлюлаза	Хитиназа
TR 1	-	-	-	-	-
TR 4	+	-	-	-	-
TR 5	+	+	-	-	-
TR 6	+	+	+	+	-
TR 7	+	-	+	+	-
TR 9	-	-	-	-	-
TR 10	+	-	+	-	-

Таблица 3. Продуцирование ауксинов штаммами ризобактерий.

Штамм	Количество ауксинов, мкг/мл
TR 1	20,1 ±0,18
TR 4	3,3±0,02
TR 5	1,4±0,01

TR 6	1,5±0,01
TR 7	0
TR 9	12,3±0,10
TR 10	2,0±0,04

Ранее, было показано, что штамм эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* НС8, выделенный из внутренних тканей растений борщевика обладал комплексом хозяйственно-ценных свойств и представлял интерес для использования в качестве микробного препарата для увеличения продуктивности культурных растений [16-18].

Изучалось влияние на продуктивность редиса и салата 5 перспективных штаммов эндофитных и ризосферных бактерий из родов *Bacillus* и *Azotobacter*, ранее отобранных в результате изучения их хозяйственно-ценных свойств. Было показано, что на растениях редиса наибольшую достоверную прибавку 27,7 и 42,1% показали штаммы *Bacillus subtilis* Ч-13 (стандарт, продуцент препарата Экстрасол) и *Bacillus subtilis*. НС8 (эндофит борщевика) соответственно (табл.4). Штамм *Bacillus subtilis* TR6, ранее отобранный как продуцент антифунгальных и ростстимулирующих веществ достоверно на 23,9% снизил урожай корнеплодов редиса. Другие исследованные штаммы *Azotobacter chroococcum* AZ7, *Bacillus subtilis* В2G (стандарт, продуцент импортного препарата Z24) недостоверно на 15,3% и 11,9% соответственно снижали урожай корнеплодов редиса.

Таблица 4. Влияние инокуляции перспективными штаммами эндофитных и ризосферных бактерий на продуктивность овощных культур

Вариант опыта	Редис с. Дуро			Салат с. Ералаш		
	Вес корнеплодов	Прибавка урожая		Урожай биомассы	Прибавка урожая	
		г	%		г	%
Контроль	9,91	-	-	65,0	-	-
<i>Bacillus subtilis</i> Ч-13 (продуцент препарата Экстрасол)	12,66*	2,75	27,7	71,5	6,5	10,0
<i>Bacillus subtilis</i> В2G(продуцент препарата Z24)	8,73	-1,18	-11,9	75,9*	10,9	16,8
<i>Bacillus subtilis</i> TR6 (ризобактерия)	7,54	-2,37	-23,9	70,6	5,6	8,6
<i>Bacillus subtilis</i> НС8 (эндофит)	14,08*	4,17	42,1	74,9*	9,9*	15,2
<i>Azotobacter chroococcum</i> AZ7(ризосферная)	8,39	-1,52	-15,3	87,2*	22,2	34,2
НСР ₀₅	1,90			9,32		

Салат оказался более отзывчивым на инокуляцию исследуемыми перспективными штаммами эндофитных и ризобактерий. Так, три из 5 исследуемых штаммов НС8, В2G и AZ7 достоверно увеличивали на 15,2-34,2% биомассу салата. Штаммы *Bacillus subtilis* Ч-13 и *Bacillus subtilis* TR6 недостоверно увеличивали урожай салата. Среди исследуемых штаммов следует отметить штамм *Bacillus subtilis* НС8, который достоверно на 15,2-42,1% увеличивал урожай растений редиса и салата.

Таким образом, проведенные вегетационные опыты показали, что штаммы эндофитных и ризобактерий, ранее отобранные по наличию комплекса хозяйственно-ценных свойств не всегда оказывают достоверное влияние на продуктивность с/х культур. Поэтому необходимо было продолжить изучение их эффективности в полевых мелкоделяночных опытах с ячменем. Результаты двухлетних опытов с ячменем с.Данута, проведенные в Рязанской области показали, что изучаемые перспективные штаммы эндофитных и ризобактерий *Bacillus subtilis* HC8 и *Bacillus subtilis* TR6, также как и стандартный штамм *Bacillus subtilis* Ч-13 оказали достоверное влияние на урожай ячменя, увеличив его на 13,1-17,6% (табл.5). Интересно отметить, что все исследуемые штаммы оказали большее влияние на урожай ячменя, чем использованное минеральное удобрение в рекомендованной дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Анализ данных по урожайности ячменя с.Данута в вариантах с применением минеральных удобрений и перспективных штаммов эндофитных и ризобактерий, относящихся к *Bacillus subtilis* показал, что урожай зерна ячменя достоверно увеличился на 23,8-43,9% по сравнению с контролем и на 11-29% по сравнению с фоном, где вносились только минеральные удобрения. Таким образом, это подтверждает тот факт, что применение микробных препаратов для обработки семян ячменя является перспективным элементом современных технологий его выращивания, особенно принимая во внимание стоимость применения минеральных удобрений.

Таблица 5 – Урожайность ячменя с. Данута в полевом мелкоделяночном опыте, Рязань, РГАТУ (среднее за два года)

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Прибавка к фону, т/га
1.Без удобрений (контроль).	2,44	-	-
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (фон).	2,72	0,28	-
3. <i>Bacillus subtilis</i> Ч-13, микробный препарат Экстрасол (стандарт)	2,76	0,32	0,04
4. <i>Bacillus subtilis</i> Ч-13 + $N_{60}P_{60}K_{60}$	3,51	1,07	0,79
5. <i>Bacillus subtilis</i> TR6 (ризобактерия)	2,87	0,43	0,15
6. <i>Bacillus subtilis</i> TR6 + $N_{60}P_{60}K_{60}$	3,28	0,84	0,56
7. <i>Bacillus subtilis</i> HC8 (эндофит)	2,80	0,36	0,08
18. <i>Bacillus subtilis</i> HC8 + $N_{60}P_{60}K_{60}$	3,02	0,58	0,30
HCP_{05}	0,26		

Естественно возникает вопрос о механизмах действия перспективных штаммов эндофитных и ризобактерий на растения ячменя. Ранее, нами было показано, что исследуемые штаммы эндофитных и ризобактерий способны продуцировать ряд фитогормонов [16,19], которые способны стимулировать развитие корневой системы растений, и особенно корневых волосков. Развитие корневой системы инокулированных

растений и их корневых волосков, способствует существенному улучшению поглотительной способности растений ячменя и соответственно к улучшению использования применяемых минеральных удобрений. Это было подтверждено в наших полевых мелкоделяночных опытах при подсчете коэффициента использования минеральных удобрений, проведенное разностным методом (табл.б). Так, было показано, что эффективность использования азота из минерального удобрения при инокуляции семян ячменя перспективными штаммами эндофитных и ризобактерий увеличивалась на 11,7-22,1%, фосфора на 5,1-10,3%, калия на 10,2-19,4%. Таким образом, становится понятно, за счет чего достоверно увеличился урожай зерна ячменя в полевом опыте.

Таблица б – Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, %

Варианты опыта	Коэффициент использования питательных веществ из удобрений, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	12,9	5,7	11,4
<i>Bacillus subtilis</i> Ч-13 + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	35,0	15,4	30,8
<i>Bacillus subtilis</i> TR6 + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27,9	12,3	24,6
<i>Bacillus subtilis</i> HC8 + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,6	10,8	21,6

Заключение

В результате проведенных вегетационных и полевых опытов было показано, что применение микробных препаратов на основе эндофитных и ризобактерий является перспективным элементом современных технологий выращивания ячменя, существенно снижая себестоимость производства и улучшая эффективность применения минеральных удобрений при его возделывании.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №14-16-00146) и государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-У01).

1. Литература

- Sutton M.A., Oenema O., Erisman J.W., Leip A., van Grinsven H., Winiwarter W. Too much of a good thing - Curbing nitrogen emissions is a central environmental challenge for the twenty-first century. *Nature*, 2011, 472: 159-161.
- Берестецкий О.А., Доросинский Л.М., Кожемяков А.П. Эффективность препаратов клубеньковых бактерий в Географической сети опытов. *Известия АН СССР, серия биол.* 1987, 5: 670-679.
- Биопрепараты в сельском хозяйстве (методология и практика использования микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве)/ Под ред. И.А. Тихоновича, Ю.В. Круглова. М., 2005.
- Кожемяков А.П., Белоброва С.Н., Орлова А.Г. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных биопрепаратов комплексного действия. *Сельскохозяйственная биология*, 2011, 3: 112-115.
- Чеботарь В.К., Завалин А.А., Кипрушкина Е.И. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол. М. 2007.
- Lindow S.E., Brandl M.T. *Microbiology of the phyllosphere*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2003, 69: 1875-1883.
- Kuiper I., Lagendijk E.L., Bloemberg G.V., Lugtenberg B.J. Rhizoremediation: a beneficial plant-microbe interaction. *Mol. Plant Microbe Interact.*, 2004, 17: 6-15.

9. Berg G., Eberl L., Hartmann A. The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environ. Microbiol.*, 2005, 7: 1673–1685.
10. Holliday P. *A Dictionary of Plant Pathology*. Cambridge University Press, Cambridge. 1989.
11. Schulz B., Boyle C. What are endophytes?. In: *Microbial Root Endophytes*/Schulz B.J.E., Boyle C.J.C., Sieber T.N. (eds). Springer-Verlag, Berlin. 2006:1–13.
12. Strobel G., Daisy B., Castillo U., Harper J. Natural products from endophytic microorganisms. *J. Nat. Prod.*, 2004, 67:257–268.
13. Ryan R.P., Germaine K., Franks A., Ryan D.J., Dowling D.N. Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2008, 278:1–9.
14. Иожеф Сэги. *Методы почвенной микробиологии*. М. 1983.
15. *Методы общей бактериологии*. /Под ред. Ф.Герхарда и др., М., 1983.
16. Доспехов Б.А. 1985. *Методика полевого опыта*, Москва, «Колос».
17. Malfanova N., Kamilova F., Validov S., Shcherbakov A., Chebotar V., Tikhonovich I., Lugtenberg B. Characterization of *Bacillus subtilis* HC8, a novel plant-beneficial endophytic strain from giant hogweed. *Microbial Biotechnology*, 2011, 4:523–532.
18. Malfanova N., L.Franzil, B.Lugtenberg, V. Chebotar, M.Ongena. Cyclic lipopeptide profile of the plant-beneficial endophytic bacterium *Bacillus subtilis* HC8. *Arch Microbiol.*, 2012, 194: 893–899.
19. Malfanova N., F. Kamilova, S. Validov, V. Chebotar, B.Lugtenberg. Is L-arabinose important for the endophytic lifestyle of *Pseudomonas* spp.? *Arch Microbiol.*, 2013, 195: 9–17.
20. В.К.Чеботарь, Н.М.Макарова, А.И.Шапошников, Л.В.Кравченко. Антифунгальные и фитостимулирующие свойства ризосферного штамма *Bacillus subtilis* Ч-13-продуцента биопрепаратов. *Прикладная биохимия и микробиология*, 2009, 45(4):465–469.