

NEWS**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN****SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL**

ISSN 2224-5308

Volume 5, Number 311 (2015), 71 – 77

USE OF ENDOPHYTIC BACTERIA TO PROTECT AND INCREASE THE PRODUCTIVITY OF WHEAT (review)

M. G. Saubenova, T. V. Kuznetsova

Republic State Enterprise «Institute of Microbiology and Virology» Science Committee,
Ministry of Sci. and Ed., Almaty, Kazakhstan.
E-mail: raduga.30@mail.ru

Keywords: endophytic bacteria, symbiosis, wheat, soil, plant protection, phytopathogens, microbiological preparations, food security, competitiveness, biofertilizers.

Abstract. To date, the literature has accumulated extensive material on the bacteria associated with higher plants and able to stimulate their growth and development through the synthesis required for the plant phytohormones and vitamins, fixation of molecular nitrogen, as well as inhibit the development of fungal and bacterial diseases. The examples of the successful use of the biological potential of micro-organisms that inhabit the roots of legumes and internal tissues and non-leguminous plants, allowing to create high- microbial agents and fertilizers. It is shown that endophytes colonizing the same ecological niche as phytopathogens and on this basis could be considered as potential "biocontrol" agents. Once in the plant tissue endophytic microorganisms obtained substantial advantages over the microorganisms living in the rhizosphere and phyllosphere, due to the stable pH, humidity, nutrient flow, and the absence of competition from the large number of other microorganisms. The cost of production of a biological product based on them at the same time fully compensated by improving the physiological state of the host plant and increase its productivity. In this regard, search endophytes capable of protecting plants from diseases and other adverse environmental factors, the study of the properties of microorganisms and development on their basis of effective biologics are urgent problem of plant protection.

УДК 579.64:632.937

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ И ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПШЕНИЦЫ (обзор)

М. Г. Саубенова, Т. В. Кузнецова

РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: эндофитные микроорганизмы, симбиоз, пшеница, почва, защита растений, фитопатогены, микробиологические препараты, продовольственная безопасность, конкурентоспособность, биоудобрения.

Аннотация. К настоящему времени в литературе накоплен достаточно обширный материал о бактериях, ассоциированных с высшими растениями и способных стимулировать их рост и развитие за счет синтеза необходимых для растения фитогормонов и витаминов, фиксации молекулярного азота, а также подавлять развитие бактериальных и грибных заболеваний. Приводятся примеры успешного использования биологического потенциала микроорганизмов, населяющих корни и внутренние ткани бобовых и небобовых растений, позволяющие создавать высокоэффективные микробные препараты и удобрения. Показано, что эндофиты колонизируют те же экологические ниши, что и фитопатогены и на этом основании могут рассматриваться как потенциальные «биоконтрольные» агенты. Попадая в ткани растений, эндофитные

микроорганизмы получают существенные преимущества перед микроорганизмами, обитающими в ризосфере и филлосфере, за счет стабильного pH среды, влажности, потока питательных веществ и отсутствия конкуренции со стороны большого числа других микроорганизмов. Затраты на производство биопрепарата на их основе при этом полностью компенсируются за счет улучшения физиологического состояния растения-хозяина и повышения его продуктивности. В связи с этим, поиск эндофитов, способных защищать растения от болезней и других неблагоприятных факторов среды, изучение свойств таких микроорганизмов и разработка на их основе эффективных биопрепараторов являются актуальной проблемой защиты растений.

Для обеспечения продовольственной безопасности необходима разработка новых способов повышения продуктивности сельскохозяйственных растений, не требующих больших затрат энергии и ресурсов. В целях экологической безопасности при этом наиболее перспективным представляется широкое внедрение в сельскохозяйственное производство биологических методов, уже показавших свою высокую эффективность. Одним из наиболее обоснованных подходов к формированию устойчивого и продуктивного растениеводства является восстановление симбиотических связей между главными компонентами агрокосистемы – растениями и микроорганизмами, утраченными в результате искусственного отбора и длительного окультуривания почв. Существует мнение, что данная область знания может быть выделена в самостоятельную биологическую науку – симбиологию, в которой уже сформировалось отдельное направление – симбиогенетика [1]. С другой стороны необходимо выявление новых возможностей стимуляции роста и развития сельскохозяйственных растений и защиты их от фитопатогенов с использованием биохимической деятельности микроорганизмов.

Известно, что генетический потенциал культурных растений реализуется далеко не полностью. Для многих регионов основным фактором, ограничивающим получение качественного зерна, являются неблагоприятные климатические условия. Это вызывает необходимость выяснения роли различных факторов, действующих в определенных почвенно-климатических условиях, на формирование продуктивности культуры и качество продукции, а также разработка приемов их регулирования.

К одному из основных биотических факторов, отрицательно влияющих на урожайность и качество продукции, относится вредное воздействие микроорганизмов. В результате инфекционных заболеваний злаковых культур потери зерна могут составлять до 25% от уровня потенциального урожая. Только среди грибов – возбудителей болезней растений насчитывается около 50 000 видов. Токсичные пестициды, используемые в защите от почвенных и семенных инфекций, включаются в трофические и другие взаимосвязи в биоценозах, что увеличивает риск поражения человека и других организмов. Поэтому решение безопасности защиты растений для окружающей среды является наиболее актуальной задачей в современном растениеводстве, основным направлением которого в настоящее время считается биологизация [2].

Явление антагонизма между фитопатогенами и другими микроорганизмами, используемое для биоконтроля инфекций, является в этом плане наиболее экологически безопасным.

В последние годы в России был зарегистрирован в Госхимкомиссии РФ ряд микробиологических препаратов на основе живых микробов такие как Планриз, Экстрасол, Фосфобактерин, Азотовит, Алирин-Б, Елена и др. (полезные ризосферные бактерии), Фитолавин (актиномицеты), Ризоторфин (клубеньковые бактерии), обладающих хозяйственно-ценными свойствами для культурных растений: способностью фиксировать молекулярный азот, производить фунгицидные вещества, подавляющие рост и развитие фитопатогенных микроорганизмов – возбудителей болезней растений, производящие вещества, стимулирующие рост и развитие культурных растений. В США: Nitragin S, NitraStick, Cell-Tech, (клубеньковые бактерии) (Lipha-Tech Inc, Milwaukee), BioYield (клубеньковые бактерии), (Auburn University), Prosper Thrive (фосфат-мобилизирующие бактерии), (Circle One Int., Brooksville); Чехии: Vambac (полезные ризосферные бактерии и микоризные грибы) (Mende IUniversity of Agriculture and Forestry, Brno); Канаде: Jump Start, Taq Team, N-Prove (клубеньковые бактерии с фосфат-мобилизирующими грибами) (Philom Bios Inc., Saskatoon) [3].

Значительный интерес при этом привлекли так называемые эндофитные микроорганизмы, живущие в растительных тканях, не нанося им вреда, и формирующие с растениями своеобразные «внутренние» сообщества. Об их несомненной пользе может свидетельствовать тот факт, что они в

силу своей способности к азотфиксации могут покрывать до 80% потребности растения в азоте [4]. Эндофиты способны придавать растениям устойчивость к вредным насекомым [5], нематодам [6, 7], а также к возбудителям грибных и бактериальных болезней [8-14]. Попадая в ткани растений, эндофитные микроорганизмы получают существенные преимущества перед микроорганизмами, обитающими в ризосфере и филлосфере, за счет стабильного pH среды, влажности, потока питательных веществ и отсутствия конкуренции со стороны большого числа других микроорганизмов. Эндофиты колонизируют те же экологические ниши, что и фитопатогены и на этом основании могут рассматриваться как потенциальные «биоконтрольные» агенты [15-18]. Затраты на производство биопрепарата при этом полностью компенсируются за счет улучшения физиологического состояния растения-хозяина и повышения его продуктивности. Поэтому поиск эндофитов, способных защищать растения от болезней и других неблагоприятных факторов среды, изучение свойств таких микроорганизмов и разработка на их основе эффективных биопрепараторов являются актуальной проблемой защиты растений.

Среди фитопатогенов пшеницы, вызывающих одно из наиболее вредоносных заболеваний, наиболее широко известен возбудитель твердой головни - гриб *Tilletia caries* (DC) Tul, при поражении которым зерно полностью превращается в черную споровую массу [19]. Патогенное начало в виде хламидоспор грибов сохраняется на поверхности семян. Заражение растений происходит в период прорастания семян при одновременном прорастании хламидоспор. Как объект антагонистического действия эндофитов этот гриб привлекает особое внимание. К числу весьма вредоносных заболеваний хлебных злаков относятся также корневые гнили, возбудителями которых являются широко распространенные виды грибов (*Bipolaris* sp., *Fusarium* sp. и другие), живущие на оболочках и внутри семян, в почве и внутри отмерших растений [20-22].

Одним из наиболее часто используемых объектов в исследованиях эндофитных микроорганизмов является *Bacillus subtilis*. Щербаков А.В. с соавт. [23] из коллекции семян пшеницы, насчитывающей 39 районированных сортов, выделили ряд штаммов эндофитных бактерий. Из них был отобран наиболее перспективный – *Bacillus subtilis* 8A, демонстрирующий потенциал хозяйствственно-ценных признаков не только в экспериментах *in vivo*, но также и в условиях биоконтрольного эксперимента *in planta*. Штамм был рекомендован как перспективный для производства экспериментальных партий высокоеффективного микробного препарата защитного действия для зерновых культур. Хайруллиным Р.М. с соавт. [24] выделены новые штаммы этих бактерий с хозяйственно-полезными признаками. Показано, что применение биопрепараторов на их основе для обработки семян пшеницы способствует увеличению урожайности за счет улучшения показателей структуры урожая, повышает устойчивость растений к корневым гнилям и твердой головне. К препаратам на основе эндофитов относятся также фитоспорин М (ООО НВП «БашИнком», штамм *B. subtilis* 26D) и интеграл (ЗАО «Элита Комплекс», штамм *B. subtilis* 24Д). Бактериальные штаммы, входящие в основу этих препаратов, подавляют рост грибных возбудителей корневых гнилей пшеницы, плесневения семян, а также и другой инфекции [25].

Проникая в растительные ткани, эндофиты попадают в олиготрофные условия и, кроме того, подвергаются воздействию защитных систем растения-хозяина. В настоящее время крайне мало сведений о физиолого-биохимических реакциях растений, происходящих при становлении взаимоотношений с эндофитными бактериями, а также механизмах их регуляции, в том числе с участием фитогормонов. Многие из обитателей этой ниши, заселяющие внутренние ткани растений, способны стимулировать рост растений, что дало основание называть их в соответствии с англоязычной терминологией PGPB (plant growth promoting bacteria) [26-28]. Среди известных механизмов стимуляции роста растений такими бактериями одним из наиболее действенных представляется изменение содержания фитогормонов в растительном организме. Показано, что различные представители PGPB могут синтезировать *in vitro* ауксины, цитокинины, гиббереллины, АБК, жасмоновую кислоту и этилен [29]. Выявлен положительный эффект бактериальных ауксинов на инициацию и удлинение корней, развитие боковых корней и боковых волосков, что может иметь значение для ускорения роста, потребления питательных элементов и установление резистентности к стрессам [30]. Егоршина А.А. с соавт. изучали стимуляцию роста проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L., сорт Казахстанская 10) эндофитным штаммом 11ВМ бактерии *Bacillus subtilis* Cohn и участие фитогормонов в этом процессе [31]. Сделан вывод, что выявленные

изменения гормонального статуса растений пшеницы под влиянием эндофитного штамма бактерии могут быть одним из механизмов стимуляции им роста проростков.

Пул фитогормонов в различных органах растений при инокуляции эндофитом может повышаться за счет стимуляции их синтеза растительными клетками. Повышение уровня АБК в инокулированных эндофитом растениях можно рассматривать не только как проявление их защитной реакции на внедрение чужеродного агента, но и как следствие индукции этого процесса ауксинами [32]. Принято считать, что повышение уровня АБК в растениях является одной из причин торможения их роста, однако проростки, инокулированные эндофитом, росли быстрее, чем контрольные.

Такой путь регуляции взаимоотношений растения с бактериями, несмотря на колонизацию ими растения, позволяет, вероятно, сохранять за эндофитом статус PGPB.

Внимание многих исследователей привлекает способность бактерий, стимулирующих рост растений, повышать доступность труднорастворимых фосфатов, что считается одним из основополагающих факторов их использования для создания так называемых биоудобрений [33, 34]. Наиболее активными мобилизаторами фосфатов считаются представители родов *Pseudomonas* и *Bacillus* [35]. Бактерии рода *Bacillus* считаются более перспективными в качестве компонентов биоудобрений, поскольку образуют споры, длительно сохраняющие жизнеспособность и устойчивые к повреждающим воздействиям. Особый интерес при этом представляют виды, способные к тому же подавлять развитие патогенных грибов [36, 37]. Кроме того отмечено, что эндофитные штаммы *Bacillus subtilis*, в частности, штамм, лежащий в основе биопрепарата фитоспорин, повышает продуктивность пшеницы, не только обеспечивая ее устойчивость к корневым гнилям, но и к абиогенным стресс-факторам, таким как засоление и дефицит влаги [38].

Разработка биопрепарата, используемого для создания высокоэффективных растительно-бактериальных систем с активной микробиологической составляющей (эндофитных бактерий с комплексом полезных свойств) для использования в производстве пшеницы позволила бы расширить наши представления о взаимоотношениях растений и эндофитных микроорганизмов, способных эффективно колонизировать сельскохозяйственные культуры. Поскольку для разных почв характерны различные ассоциации доминирующих почвенных микроорганизмов [39], в качестве объекта микробиологической географии целесообразно использовать не биологический вид, а микробное сообщество, сформировавшееся в процессе эволюции в данных конкретных почвенно-климатических условиях и особенностей антропологического воздействия. Поэтому в составе композиций для разработки биопрепараторов наиболее перспективно использовать аборигенные штаммы микроорганизмов [40]. Применение подобных систем будет способствовать более гармоничной интродукции их в микробиоценозы и повышению потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур. В результате этого улучшится качество и экологическая безопасность продуктов питания, снизится хемогенная нагрузка на окружающую среду в процессе производства продукции растениеводства, повысится и будет поддерживаться биоразнообразие полезной почвенной микрофлоры. В целом, применение новых растительно-бактериальных систем приведет к значительному увеличению плодородия сельскохозяйственных угодий. При этом будут снижены затраты сельскохозяйственного производства, что является крайне важным на современном этапе развития агропромышленного комплекса.

Источник финансирования. Данное исследование было проведено по проекту «Разработка комплексного многокомпонентного бактериального препарата широкого действия для стимуляции роста и защиты различных сельскохозяйственных культур» в рамках грантового финансирования научных исследований Комитета Науки Министерства Образования и Науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тихонович И.А., Проворов Н.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего. СПб.: Изд-во СПбУ, 2009, 209с.
- [2] Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) М.: ООО «Изд-во Агрорус», 2004, 110 с.
- [3] Аюпов Д.Э., Рыбалкин М.С., Тойгельдин А.Л. Изучение фундаментальных основ взаимодействия микроорганизмов, фитопатогенов и сельскохозяйственных растений с целью создания эффективных комплексных фунгицидных и бактерицидных микробных препаратов // Молод. инновац. форум Приволжского федер. округа. Конкурс н.-техн. Творчества молодежи (НТТМ). Интернет-сайт: <http://ifylulsturu.Ульяновск, 2015. 24.08.15>.

- [4] Злотников А.К. Эндофит – друг растения / Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология»<http://www.cbio.ru> материалам агентства «Информнаука» 2015, 22.08.15.
- [5] Hoitink H. New approaches to plant disease and pest management: Alternatives to pesticides // <http://www.plpa.agri.umn.edu/plpagrads/abstracts.htm>, 20.08.15.
- [6] Gwinn D.K., Blank C.A., Cole A.M., Pless D.C. Resistance of endophyte tall fescue seedlings to pathogens and pest <http://ohld.ag.utk.edu/pss/fescue/fesart9.html>, 1998.
- [7] Hallmann J., Rodriguez-Kabana R., Kloepfer J.W. Chitin-mediated changes in bacterial communities of the soil rhizosphere and within roots of cotton in relation to nematode control // Soil Biol. Biochem, 1999, Vol.31, №10, pp.551-560.
- [8] Менликиев М.Я., Султанова М.Х., Шарипова Н.У. Возможности биологической иммунизации хлопчатника эндофитными бактериями // Проблемы генетики, селекции и интенсивной технологии сельскохозяйственных культур. Душанбе, 1987, С.76-77.
- [9] Менликиев М.Я., Байгузина Ф.А., Пусенкова Л.И., Сорокулова И.Б. Биологическая иммунизация растений эндофитными бактериями // Проблемы селекции и интенсификации земледелия в Башкортостане. Уфа, БНИИЗС, 1997. С. 75-76.
- [10] Менликиев М.Я., Недорезков В.Д., Ваньянц Г.М. Как эндофитные бактерии защищают растения // АгроФАКСИ. 2001, №2, С. 14-15
- [11] Понятов А.Т. Грибы-эндофиты // Защита и карантин растений, 1999, №9, С. 32-35.
- [12] Chen C., Bauske E.M., Musson G. et al. Biological control of Fusarium wilt on cotton by use of endophytic bacteria // Biological Control. 1995, Vol. 5, №1, pp.83-91.
- [13] Hannaway D., Fransen S. Cropper perennial ryegrass (Lolium perenne L.) <http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/edmat/html/pnw/pnw503/complete.html>, 23.08.15.
- [14] Hockenhull J. The use of antagonistic endophytic bacteria to control black rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) of Brassica spp. in Zimbabwe <http://www.plbio.kvl.dk/annual/1999/patologi.htm>. 1999, 23.08.15.
- [15] Ramamoorthy V., Viswanathan R., Raguchandera T. et al. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases // Crop Protec. 2001, Vol.20, №1, pp. 1-11.
- [16] Berg G., Eberl L., Hartmann A. The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria // Environ. Microbiol, 2005, Vol.7, pp. 1673-1685.
- [17] Lima A.C.F., Pizauro J.M. Macari M., Malheiros E.B. Efeito do uso de probioticos sobre o desempenho e a atividade de enzimas digestivas de frangos de corte // Revista Brasileira de Zootecnia, 2003, Vol.32, pp. 200-207.
- [18] Koumoutsi A., Chen X-H., Henne A. et al. Structural and functional characterization of gene clusters directing nonribosomal synthesis of bioactive cyclic lipopeptides in *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB42 // J. Bacteriol, 2004, Vol.186, №4, pp. 1084-1096.
- [19] Пересыпкин В.Ф. Болезни зерновых культур. – М.: Колос, 1979, 384 с.
- [20] Коршунова А.Ф., Чумаков А.С., Щекочихина Р.И. Защита пшеницы от корневых гнилей, Л.: ВИЗР, 1976, 34 с.
- [21] Кузьмина Л.Ю. Логинов О.Н., Бойко Т.Ф. и др. Эффективность бактериальных препаратов при защите растений яровой пшеницы от твердой головни // Сельскохоз. биология. Сер. Биология растений, 2003, №5, С. 69-73.
- [22] Чулкина В.А. Корневые гнили злаков. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1985, 189 с.
- [23] Щербаков А.В., Заплаткин А.Н., Чеботарь В.К. Энфильтные бактерии, населяющие семена пшеницы, перспективные продукты микробных препаратов для сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК, 2003, вып.№7, С.35-38.
- [24] Хайруллин Р.М., Минина Т.С., Иргалина Р.Ш. и др. Эффективность новых эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* в повышении устойчивости пшеницы к болезням // Вестник Оренбург. Гос. Ун-та, 2009, в.2, С.133-137.
- [25] Хайруллин Р.М., Недорезков В.Д., Уразбахтина Н.А. и др. Пути повышения устойчивости пшеницы к болезням эндофитными штаммами *Bacillus subtilis* // Индуцированный иммунитет сельскохозяйственных культур – важное направление в защите растений (материалы Всероссийского научно-практической конференции. – Большие Вяземы – С.Пб.: 2006, С.58-62.
- [26] Sturz A.V., Nowak J. Endophytic Communities of Rhizobacteria and the Strategies Required to Create Yield Enhancing Associations with Crops // Appl. Soil Ecol. 2000, Vol.15, pp.183-190.
- [27] Antoun H., Prévost D. Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria // PGPR: Biocontrol and Biofertilization / Ed. Siddiqui Z.A. Dordrecht: Kluwer, 2005, pp. 1-38.
- [28] Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Д.М., Виванко Д.М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов (обзор) // Сельскохоз. Биология, 2011, №3, С.16-22.
- [29] Baca B.E., Elmerich C. Microbial Production of Plant Hormones // Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations / Eds Elmerich C., Newton W.E. Berlin: Springer-Verlag, 2007, pp. 113-143.
- [30] Белимов А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов / Автореф. дисс...докт. сельхоз. наук. СПб. 2008, 46с.
- [31] А. А. Егоршина, Р. М. Хайруллин, А. Р. Сахабутдинова, М. А. Лукьянцев. Участие фитогормонов в формировании взаимоотношений проростков пшеницы с эндофитным штаммом *Bacillus subtilis* 11BM // Физиология растений 2012, Т.59, № 1, С.148-155.
- [32] Веселов Д.С., Веселов С.Ю., Высоцкая Л.Б. и др. Гормоны растений: регуляция концентрации, связь с ростом и водным обменом. М.: Наука, 2007, 158 с.
- [33] Thakuria D., Talukdar N.C., Goswami C. et al. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. // Curr. Sci. 2004, Vol.86, pp. 978-685.

- [34] Pérez-García A., Romero D., de Vicente A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological application of Bacilli in agriculture // Curr. Opin.Biotechnol.2011, Vol.22, pp. 1-7.
- [35] Rodriguez J.B., Self J.R., Soltanpour P.N. Optimal conditions for phosphorus analysis by the ascorbic acid-molybdenum blue method. // Soil Sci. Soc. Am. J. 1999, Vol.58, pp. 866-870.
- [36] Selosse M.-A., Baudoin E., Vandenkoornhuyse P. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants.// C. R. Biologies.2004, Vol. 327, pp. 639–648.
- [37] Недорезков В.Д. Биологическое обоснование применения эндофитных бактерий в защите пшеницы от болезней на Южном Урале. // Уфа: Дис...докт. сельхоз. наук. - СПб: ВИЗР, 2003, 284 с.
- [38] Хайруллин Р.М., Недорезков В.Д., Мубинов И.Г., Захарова Р.Ш. Повышение устойчивости пшеницы к абиотическим стрессам эндофитным штаммом *Bacillus subtilis* // Вестник Оренбург. Гос. Ун-та, 2007, в. №2, С.129-134.
- [39] Добровольская Т.Т. Структура почвенных бактериальных ассоциаций. М.: Академкнига, 2002, 281c.
- [40] Муродова С.С., Давранов К.Д. Комплексные микробные препараты, применяемые в сельскохозяйственной практике // Biotechnology Acta, 2014, вып.7, № 6, С. 92-102.

REFERENCES

- [1] Tihonovich I.A., Provorov N.A. Simbiozy rastenij i mikroorganizmov: molekulyarnaya genetika agrosistem budushchego. SPb.: Izd-vo SPbU, **2009**, 209 s. (in Russ.).
- [2] Zhuchenko A.A. Resursnyj potencial proizvodstva zerna v Rossii (teoriya i praktika) M.: OOO «Izd-vo Agrorus», **2004**, 110 s. (in Russ.).
- [3] Ayupov D.Eh., Rybalkin M.S., Tojgel'din A.L. Izuchenie fundamental'nyh osnov vzaimodejstviya mikroorganizmov, fitopatogenov i sel'skohozyajstvennyh rastenij s cel'yu sozdaniya ehffektivnyh kompleksnyh fungicidnyh i bakteriocidnyh mikrobnyh preparatov. Molod. innovac. forum Privalzhskogo feder. okruga. Konkurs n.-tekhn. tvorchestva molodezhi (NTTM). Internet sajt: <http://ifyulsturu.Ul'yanovsk, 2015, 08.24.15>. (in Russ.).
- [4] Zlotnikov A.K. EHndofit – drug rasteniya. Internet-zhurnal «Kommercheskaya biotekhnologiya» <http://www.cbio.ru/materialam agentstva «Informnauka», 2015, 08.22.15>. (in Russ.).
- [5] Hoitink H. New approaches to plant disease and pest management: *Alternatives to pesticides*. <http://www.plpa.agri.umn.edu/plpagrads.abstracts.htm, 20.08.15>. (in Eng.).
- [6] Gwinn D.K., Blank C.A., Cole A.M., Pless D.C. Resistance of endophyte tall fescue seedlings to pathogens and pest. <http://ohld.ag.utk.edu.pss.fescue.fesart 9. Html, 1998>. (in Eng.).
- [7] Hallmann J., Rodriguez-Kabana R., Kloepper J.W. Chitin-mediated changes in bacterial communities of the soil rhizosphere and within roots of cotton in relation to nematode control. *Soil Biol. Biochem*, **1999**, Vol.31, №10, pp. 551-560. (in Eng.).
- [8] Menlikiev M.Ya., Sultanova M.H., Sharipova N.U. Vozmozhnosti biologicheskoy immunizacii hlopcchatnika ehndofitnymi bakteriyami. *Problemy genetiki, selekcii i intensivnoj tekhnologii sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Dushanbe*, **1987**, S.76-77. (in Russ.).
- [9] Menlikev M.Ya., Bajguzina F.A., Pusenkova L.I., Sorokulova I.B. Biologicheskaya immunizaciya rastenij ehndofitnymi bakteriyami. *Problemy selekcii i intensifikacii zemledeliya v Bashkortostane. Ufa, BNIZS*, **1997**. S. 75-76. (in Russ.).
- [10] Menlikiev M.Ya., Nedorezkov V.D., Van'yanc G.M. Kak ehndofitnye bakterii zashchishchayut rasteniya. *Agro XXI. 2001, №2*, S. 14-15. (in Russ.).
- [11] Ponyataev A.T. Griby-ehndofity. *Zashchita i karantin rastenij*, **1999**, №9, S. 32-35. (in Russ.).
- [12] Chen C., Bauske E.M., Musson G. et al. Biological control of Fusarium wilt on cotton by use of endophytic bacteria. *Biological Control*, **1995**, Vol. 5, №1, pp. 83-91. (in Eng.).
- [13] Hannaway D., Fransen S. Cropper perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) <http://eesc.Orst.Edu, agcomwebfile,edmat. Html. Pnw. Pnw 503. Complete.html, 23.08.15>. (in Eng.).
- [14] Hockenhull J. The use of antagonistic endophytic bacteria to control black rot (*Xanthomonas campestris* sp. *Campestris*) of *Brassica* spp. In Zimbabwe, <http://www.plbio.kvl.Dk, annual patologi.htm, 23.08.15>. (in Eng.).
- [15] Ramamoorthy V., Viswanathanb R., Raguchandera T. et al. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *Crop Protec.* **2001**, Vol.20, №1, pp. 1-11. (in Eng.).
- [16] Berg G., Eberl L., Hartmann A. The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environ. Microbiol.*, **2005**, Vol.7, pp. 1673-1685. (in Eng.).
- [17] Lima A.C.F., Pizauro J.M. Macari M., Malheiros E.B. Efeito do uso de probioticosorbe o desempenho e a atividade de enzimasdigestivas de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **2003**, Vol.32, pp. 200-207. (in Eng.).
- [18] Koumoutsi A., Chen X-H., Henne A. et al. Structural and functional characterization of gene clusters directing nonribosomal synthesis of bioactive cyclic lipopeptides in *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB42. *J. Bacteriol.*, **2004**, Vol.186, №4, pp. 1084-1096. (in Eng.).
- [19] Peresypkin V.F. Bolezni zernovyh kul'tur. M.: Kolos, **1979**, 384 s. (in Russ.).
- [20] Korshunova A.F., Chumakov A.S., SHCHekochihina R.I. Zashchita pshenicy ot kornevyh gnilej, L.: VIZR, **1976**, 34 s. (in Russ.).
- [21] Kuz'mina L.Yu. Loginov O.N., Bojko T.F. i dr. Effektivnost' bakterial'nyh preparatov pri zashchite rastenij yarovojo pshenicy ot tverdoj golovni. *Sel'skohoz. biologiya. Ser. Biologiya rastenij*, **2003**, №5, S. 69-73. (in Russ.).
- [22] Chulkina V.A. Kornevye gnili zlakov. *Novosibirsk: Nauka, Sibirske otdelenie*, **1985**, 189 s. (in Russ.).
- [23] Sherbakov A.V., Zaplatkin A.N., Chebotar' V.K. Ehpfifitnye bakterii, naselyayushchie semena pshenicy, perspektivnye producenty mikrobnyh preparatov dlya sel'skogo hozyajstva. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, **2003**, №7, S.35-38. (in Russ.).
- [24] Hajrullin R.M., Minina T.S., Irgalina R.SH. i dr. Effektivnost' novyh ehndofitnyh shtammov *Bacillus subtilis* v povyshenii ustojchivosti pshenicy k boleznyam. *Vestnik Orenburg. Gos. Un-ta*, **2009**, v.2, S.133-137. (in Russ.).

- [25] Hajrullin R.M., Nedorezkov V.D., Urazbahtina N.A. i dr. Puti povysheniya ustojchivosti pshenicy k boleznyam ehndofitnymi shtammami Vacillus subtilis. Inducirovannyj immunitet sel'skohozyajstvennyh kul'tur – vazhnoe napravlenie v zashchite rastenij (materialy Vserossijskogo nauchno-prakticheskoy konferencii. *Bol'shie Vyazemy. S.Pb.*: 2006, S.58-62. (in Russ.).
- [26] Sturz A.V., Nowak J. Endophytic Communities of Rhizobacteria and the Strategies Required to Create Yield Enhancing Associations with Crops. *Appl. Soil Ecol.* **2000**, Vol. 15, pp. 183-190. (in Eng.).
- [27] Antoun H., Prévost D. Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Ed. Siddiqui Z.A. Dordrecht: Kluwer*, 2005, pp. 1-38. (in Eng.).
- [28] Shaposhnikov A.I., Belimov A.A., Kravchenko D.M., Vivanko D.M. Vzaimodejstvie rizosfernnyh bakterij s rasteniyami: mekhanizmy obrazovaniya i faktory ehffektivnosti associativnyh simbiozov (obzor). *Sel'skohoz. Biologiya*, 2011, №3, S.16-22. (in Russ.).
- [29] Baca B.E., Elmerich C. Microbial Production of Plant Hormones. Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations. *EdsElmerich C., Newton W.E. Berlin: Springer-Verlag*, 2007, pp. 113-143. (in Eng.).
- [30] Belimov A.A. Vzaimodejstvie associativnyh bakterij i rastenij v zavisimosti ot bioticheskikh i abioticheskikh faktorov. *Avtoref. diss... dokt. sel'hoz.nauk. SPb.* 2008, 46s. (in Russ.).
- [31] A. A. Egorshina, R. M. Hajrullin, A. R. Sahabutdinova, M. A. Luk'yancev. Uchastie fitogormonov v formirovaniy vzaimootnoshenij prorostkov pshenicy s ehndofitnym shtammom Bacillus subtilis 11VM. *Fiziologiya rastenij*, 2012, T.59, № 1, S.148-155. (in Russ.).
- [32] Veselov D.S., Veselov S.YU., Vysockaya L.B. i dr. Gormony rastenij: reguljaciya koncentracii, svyaz' s rostom i vodnym obmenom. *M.: Nauka*, 2007, 158 s. (in Russ.).
- [33] Thakuria D., Talukdar1 N.C., Goswami1 C. et al. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grownin acidic soils of Assam. *Curr. Sci.* **2004**, Vol.86, pp. 978-685. (in Eng.).
- [34] Pérez-García A., Romero D., de Vicente A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological application of Bacilli in agriculture. *Curr. Opin. Biotechnol.* **2011**, Vol.22, pp. 1-7. (in Eng.).
- [35] Rodriguez J.B., Self J.R., Soltanpour P.N. Optimal conditions for phosphorus analysis by the ascorbic acid-molybdenum blue method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **1999**, Vol.58, pp. 866-870. (in Eng.).
- [36] Selosse M.-A., Baudoine E., Vandenkoornhuyse P. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *C. R. Biologies.* **2004**, Vol. 327, pp. 639–648. (in Eng.).
- [37] Veselov D.S., Veselov S.YU., Vysockaya L.B. i dr. Gormony rastenij: reguljaciya koncentracii, svyaz' s rostom i vodnym obmenom. *M.: Nauka*, 2007, 158 s. (in Russ.).
- [38] Hajrullin R.M., Nedorezkov V.D., Mubinov I.G., Zaharova R.SH. Povyshenie ustojchivosti pshenicy k abioticheskim stressam ehndofitnym shtammom Bacillus subtilis. *Vestnik Orenburg. Gos. Un-ta*, 2007, №2, S.129-134. (in Russ.).
- [39] Dobrovolskaya T.T. Struktura pochvennyh bakterial'nyh associacij. *M.: Akademkniga*, 2002, 281s. (in Russ.).
- [40] Murodova S.S., Davranov K.D. Kompleksnye mikrobiyne preparaty, primeanyaemye v sel'skohozyajstvennoj praktike. *Biotechnology Acta*, 2014, vyp.7, № 6, S. 92-102. (in Russ.).

ЭДОФИТТЫ БАКТЕРИЯЛАРДЫ БИДАЙДЫ ҚОРҒАУ МЕН ӨНІМДІЛІГІН АРТТАРУ ҮШИН ҚОЛДАНУ (жалпы шолу)

М. Г. Саубенова, Т. В. Кузнецова

PMK «Микробиология және вирусология институты» ҚР БФМ ФК, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: эндофитті микроорганизмдер, симбиоз, бидай, топырақ, өсімдікті қорғау, фитопатогендер, микробиологиялық препараттар, азық-түлік қауіпсіздігі, бәсекеге кабілеттілік, биотыңайтыш.

Аннотация. Қазіргі кезде әдебиеттерде жоғары сатылы өсімдіктермен біріктірілген және өсімдік фитогормондары мен дәрумендері, молекулалық азот фиксациясы үшін қажетті синтез негізінде олардың есуін және дамуын стимулдейтін, сонымен қатар бактериялық және саңырауқұлақ ауруын тежейтін бактериялар туралы кен ауқымды мәліметтер айтарлықтай жинақталған. Жоғары тиімділікті микробтық препараттар мен тыңайтқышты жасап шығаруға мүмкіндік туғызатын, бұршақты және бұршақты емес өсімдіктердің ішкі тіні және тамыры орналастырылатын биологиялық микроорганизмдерді тиімді колдану мысалдары келтіріледі. Фитопатоген секілді эндофиттер сол экологиялық құыстар шоғырланады деп көрсетіледі және осы негізде потенциалды "биобакылау" агенттері ретінде қарастырылуы мүмкін. Эндофитті микроорганизмдер өсімдік тіндеріне түсे отырып, тұракты pH ортасы, ылғалдылық, коректік заттар және басқа микроорганизмдер саны жағынан бәсекелестіктің жоғы есебінен ризосфера және филлосфера мекендейтін микроорганизмдер алдында айтартылған артықшылығы болады. Олардың негізінде өндірілетін биопрепараттар өндірісі үшін шығындар өсімдік – кожайынының физиологиялық жағдайының жақсаруы және оның өнімділігінің жоғарылауы есебінен толығымен жабылады. Осыған байланысты өсімдіктерді аурулардан және қолайсыз орта факторлардан сақтауга қабілетті эндофиттерді іздеу, осындай микроорганизмдердің қасиетін зерттеу және олардың негізінде тиімді биопрепараттар өндіру өсімдікті қорғаудың өзекті мәселесі болып табылады.

Поступила 31.07.2015 г.