

НОВЫЕ МИКРОБНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И УДОБРЕНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ РОССИИ

В.К.Чеботарь, А.Е.Казаков

Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин 8,
шоссе Подбельского 3,

Введение

Одним из приоритетных направлений развития человечества, как было определено на **Всемирном Саммите** в Йоханнесбурге в 2002 году, стала концепция **Устойчивого Развития**, формирование которой было вызвано серьезной обеспокоенностью состояния окружающей среды и перспективами развития цивилизации в условиях продолжающегося роста населения планеты. На Саммите было определено пять ключевых сфер, на которые должно быть обращено особое внимание: вода и канализация, энергетика, здравоохранение, сельское хозяйство, биоразнообразие. Агрэкосистемы в настоящее время занимают 30% всей земной поверхности и включают наиболее продуктивные почвы [Altieri,1991, Coleman, Hendrix,1988]. Поэтому эффективное управление агрэкосистемами является наиболее важным средством сохранения и улучшения нашей биосферы. Сельское хозяйство оказывает значительное влияние на окружающую среду. Негативный эффект сельского хозяйства заключается в том, что уменьшение почвенного плодородия приводит к водной и ветровой эрозии почв, потере органического вещества, водоудерживающей способности почв и их биологической активности. Сельское хозяйство является самым большим источником загрязнения воды, включая засоление, удобрения (нитратные, фосфорные), пестициды и органические удобрения. Низкое качество грунтовых вод оказывает значительное влияние на сельскохозяйственное производство, качество питьевой воды, производство рыбы. Другой серьезной экологической проблемой является то, что в настоящее время около 400 видов вредных насекомых и около 70 видов фитопатогенных грибов приобрели устойчивость к одному или нескольким видам пестицидов [Gold,1999].

Таким образом, возникает необходимость пересмотра современных подходов к землепользованию, развитию экологически безопасных агротехнологий, обеспечивающих устойчивое развитие сельского хозяйства. В настоящее время в мире преобладает система интенсивного сельскохозяйственного производства, которую еще иногда называют традиционной. Использование этой системы позволило промышленно развитым странам полностью обеспечить свою потребность в продуктах питания. Так, Мировой Банк оценивает, что от 70 до 90% увеличения сельскохозяйственного производства приходится на использование системы интенсивного с/х производства, нежели на увеличение площади возделываемых культур. У систем интенсивного с/х производства в каждой стране есть свои особенности, однако у нее есть и общие характеристики:

- быстрые технологические инновации
- большие капиталовложения для применения современных агротехнологий и методов управления
- крупные хозяйства для с/х производства
- профильная монокультура, выращиваемая в течение многих лет
- высокоурожайные гибриды
- интенсивное использование пестицидов, удобрений и энергоносителей
- высокая эффективность рабочей силы
- зависимость от агробизнеса

[Gold,1999]

Однако, в последнее время эта практика сельскохозяйственного производства пересматривается во многих развитых странах мира. В первую очередь, это связано с растущей озабоченностью потребителей, ученых-экологов, законодателей и сельхозпроизводителей о том, что современное с/х производство должно резко сократить применение пестицидов в с/х производстве (Кирюшин, Иванов, 2005).

Обзор литературы

Интерес к практическому использованию микроорганизмов для увеличения урожая растений и накоплению азота в почве возник с самого начала развития микробиологии как науки. Уже в конце 19 века полезный эффект от применения клубеньковых бактерий при

выращивании бобовых культур был хорошо известен и исследователей волновал вопрос, можно ли найти похожие системы у не бобовых растений, составляющих подавляющее большинство культурных растений, с другими почвообитающими микроорганизмами. Первые работы по бактеризации семян не бобовых растений бактериями родов *Bacillus* и *Azotobacter* были начаты в конце 19, начале 20 века в России [Мишустин, 1972]. Начиная с 1930 года, ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии рекомендовал для широкого применения микробиологические препараты на основе *Bacillus megaterium* и *Azotobacter chroococcum* [Мишустин, 1972, Mishustin, Naumova, 1962]. В середине 60-х годов прошлого столетия масштабы применения микробиологических препаратов в СССР достигали 35 млн.га [Cooper, 1959, Mishustin, Naumova, 1962]. Изучение результатов многочисленных полевых экспериментов, проведенных в СССР, показали, что в среднем прибавка урожая зерновых культур составляла 10 %, а урожай овощных культур увеличивался на 15–50 %.

В последние годы во Всероссийском НИИ сельскохозяйственной микробиологии была разработана технология получения биопрепаратов на основе споровых бактерий, которые соответственно получили наименование **Экстрасол**, **Бисолбифит** и **БисолбиСан**.

Это результат работы института за последние годы при использовании самых современных методов биотехнологии и микробиологии. Российским ученым удалось совместить в этом препарате лучшие качества биологических и химических препаратов и создать уникальный продукт (Chebotar et al., 2000, Кожемяков, Чеботарь, 2005). Действующее начало Бисолбифита и БисолбиСана составляют различные штаммы споровых бактерий, относящихся к роду *Bacillus*, обитающие на корнях и в ризосфере здоровых растений. Ризосфера и ризоплана растений являются тем местом, где происходят сложные и многообразные растительно-бактериальные взаимодействия. Микроорганизмы ризосферы, способствующие росту и развитию растений, выделены в отдельную группу почвенных микроорганизмов – PGPR (от англ. plant growth-promoting rhizobacteria). Термин «PGPR» впервые предложил

Клёппер с соавторами [Kloepper et al., 1980] для обозначения почвенных бактерий, способных активно заселять ризосферу и ризоплану растений, используя питательные вещества, продуцируемые растениями в виде корневых экзометаболитов. Ризобактерии обладают способностью к быстрому росту, эффективно колонизируют корни растений и способны утилизировать корневые выделения растений. Ризобии, псевдомонады, бациллы и микоризные грибы являются наиболее известными колонизаторами ризосферы, которые способствуют росту растений [Schippers, 1992]. Однако их эффективность следует рассматривать как результат взаимодействия между растением, фитопатогеном, антагонистом и факторами окружающей среды [Schippers, 1992].

Хотя штаммы *Bacillus subtilis* не считаются такими активными колонизаторами корней, как, например псевдомонады, тем не менее, активная колонизация корней растений бациллами отмечалась целым рядом исследователей [Curl, Truelove, 1986, Leyns et al., 1990, Berger et al., 1996, Hallmann et al., 1998]. Подобно другим колонизаторам корней, штаммам *Bacillus subtilis* для активной колонизации и роста на поверхности корней необходимо наличие тонкой водяной пленки [Bowen, Rovira, 1976, Liddel, Parke, 1989]. Поэтому способность активно колонизировать корни растений и обладать при этом высокой конкурентной способностью является одним из критериев селекции бактерий антагонистов [Parke, 1991]. В процессе колонизации корней прорастающего семени растения, внесенные бактерии антагонисты вступают в конкурентные отношения с почвообитающими микроорганизмами как за места обитания на поверхности корня, имеющие сайты прикрепления, так и за источники питания. Это связано с тем, что корни растений имеют ограниченную поверхность корней, пригодную для заселения бактериями-колонизаторами определенных видов [Handelsmann, Stabb, 1996].

Бактерия *Bacillus subtilis* издавна хорошо известна как сенная палочка и штаммы этих бактерий широко используются в практике для самых различных целей. Они достаточно широко распространены в почвах и ризосфере растений [Abdel Wahab, 1975, Nelson et al., 1976, Neal, Larson, 1976, Jordan et al., 1978]. В 80-х годах

прошлого столетия рядом исследователей было показано, что во внутренних тканях большинства «здоровых» растений (хлопчатник, горох, картофель, томат, табак и др.) содержатся бактерии рода *Bacillus* [Менликиев и др., 1987]. По мнению авторов, массовое заселение растений этими бактериями происходит в фазе 4–5 настоящих листьев. Колонизация внутренних тканей растений может происходить через корень, через устьица и механические повреждения. По мере заселения и распространения их во внутренних тканях растений отмечалось снижение пораженности корней растений грибными болезнями (фузариозное увядание, вертициллезный вилт). За последние 10 лет представители рода *Bacillus* выделены из стеблей и корней различных трав и деревьев [Rosado et al., 1998; Ryder et al., 1999]. Кроме того, сообщалось о наличии бацилл в клубеньках бобовых растений. Так, Штурц с соавторами [Sturz et al., 1997] выделили 32 штамма бактерий, включая 6 штаммов бацилл, 4 из которых были обнаружены внутри корневых клубеньков. В опытах по совместной инокуляции бацилл с клубеньковыми бактериями отмечалось увеличение количества образовавшихся клубеньков. Представители рода *Bacillus* были обнаружены также в семенах, в том числе в семенах бобовых растений. Например, Оэрли с соавторами [Oehrle et al., 2000] показали, что бациллы, колонизирующие семена сои оказывали негативное влияние на прорастание семян, а также ингибировали колонизацию *Bradyrhizobium japonicum* корней молодых проростков растений. В то же время, бациллы, выделенные из клубеньков, а не семян растений, оказывали стимулирующее воздействие на рост растений сои [Bai et al., 2003].

Проникая в растение, бациллы не образуют специфические структуры, как это характерно, например для симбиотических diaзотрофов, и способны локализоваться предположительно в месте проникновения, либо распространяться по всем внутренним частям растения. Штурц с соавторами [Sturz et al., 1997] предположили, что источником бацилл, живущих во внутренних тканях растений, является ризосферная микрофлора, то есть многие почвенные бактерии, и бациллы в частности, могут проникать и колонизировать ткани корня, попадая в корневую

ксилему. По сосудам они могут транспортироваться по всему телу растения, заселяя его. Сообщается также, что бациллы попадают во внутренние ткани через зародышевые корешки, корневые волоски или поврежденные стебли и листья [Di Fiore, Del Gallo, 1995]. Эти микроорганизмы могут локализоваться в клетках сосудистой системы растения и/или в межклеточном пространстве [Shishido et al, 1999].

Большинство микроорганизмов способны синтезировать все важнейшие фитогормоны – ауксины (индолил-3-уксусная кислота ИУК), гибберелины, цитокинины, этилен и др., оказывая положительное влияние на рост растения [Frankenberger, Arshad, 1995].

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что ведущим фактором ростстимулирующего влияния бацилл является их способность продуцировать цитокинины [Timmusk et al., 1999]. Цитокинины играют важную регуляторную роль в росте и развитии растения. Они ускоряют прорастание семян, способствуют формированию почек *de novo*, стимулируют прорастание листовой пластинки и развитие генеративных органов, затормаживают старение. Некоторые из этих эффектов наблюдались при инокуляции растений пшеницы бактерией *Bacillus polytuxa* [Timmusk et al., 1999] Тиммаск с соавторами установили, что *Bacillus polytuxa* продуцирует цитокинины и цитокининподобные вещества, которые представляют собой вторичные метаболиты бактерий. Пик синтеза и выхода цитокинина во внешнюю среду приходится на стационарную фазу роста бацилл. Это справедливо не только для данных микроорганизмов, но и для широкого спектра ризобактерий, синтезирующих фитогормоны и биологически активные вещества.

Bacillus subtilis – первый микроорганизм, у которого обнаружена способность лизировать не только собственные клетки, но и клетки других бактерий и грибов [Смирнов и др., 1982]. Литические ферменты бацилл представляют собой сложный комплекс, состоящий из ферментов с различной субстратной специфичностью. К таким ферментам относят протеазы, маннозы, целлюлазы, глюканазы, хитиназы. Прикрепляясь к грибным гифам, некоторые из них способны воздействовать на фитопатогены,

вызывая лизис клеточной стенки и приводя к высвобождению содержимого ги́ф, которое служит дополнительным источником питания и энергии для бацилл. Нильсен и Соренсен [Nielsen, Sorensen, 1997] при изучении взаимодействия ассоциативных микроорганизмов с растением выделили изоляты бацилл, обладающих антагонистической активностью к широкому кругу фитопатогенов: *Aphanomyces cochleoides*, *Pythium ultimum* и *Rhizoctonia solani*. Отобранные штаммы были идентифицированы как *Bacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis* и *Bacillus* spp. Все они продуцировали и выделяли во внешнюю среду гидролитические ферменты, лизирующие стенки фитопатогенных грибов (cell-wall-degrading enzymes).

Антибиотики – специфические продукты жизнедеятельности организмов или их модификации, обладающие высокой физиологической активностью по отношению к определённым группам микроорганизмов (бактериям, грибам, водорослям, вирусам), задерживая их рост или полностью подавляя развитие [Егоров, Ландау, 1989]. По данным Воробейкова [1998] ежегодно описывается около 300 новых антибиотиков. Антибиотики, выделяемые микроорганизмами, обладают способностью контролировать рост и развитие фитопатогенных микроорганизмов, возбудителей болезней культурных растений.

Среди ризосферных микроорганизмов наиболее активными продуцентами антибиотиков являются бациллы. Синтез пептидных антибиотиков у них приходится на начало стационарной стадии роста. Этот факт объясняется тем, что одним из механизмов контроля биосинтеза антибиотиков является зависимость биосинтеза от плотности популяции. Такой механизм контроля известен как «чувство кворума» и в настоящее время описан у многих микроорганизмов [Haas et al., 2002].

За последние годы у бацилл было обнаружено около 30 новых антибиотиков, включая бактериоцины и нерибосомальные пептиды [Martin et al., 2003]. К последней группе принадлежат, в частности полимиксины. В 1954 году был описан штамм *Bacillus polymyxa* Ross, образующий полимиксин М [Смирнов и др., 1982]. Мартин с соавторами [Martin et al., 2003] обнаружили нерибосомальный антибиотик маттацин, выделенный из

Paenibacillus kobensis. Оказалось, что маттацин идентичен полимиксину М по химической структуре и физиологической активности. Он способен ингибировать рост широкого круга грамотрицательных бактерий, включая патогенов растений.

Приведенные литературные данные показали, что бактерии рода *Bacillus* являются одной из основных групп микробного сообщества почвы и ризосферы растений. Более того, они достаточно часто выделяются из внутренних частей растений (корней, стеблей, семян, клубеньков), что свидетельствует об их тесных взаимоотношениях с растениями. Многие выделенные штаммы бацилл обладали рядом хозяйственно-ценных свойств. Они были способны продуцировать биоконтрольные вещества (антибиотики, сидерофоры, литические ферменты, токсины), фитогормоны и витамины, способностью фиксировать азот атмосферы. Важной особенностью бацилл, обитающих в ризосфере, на корнях и внутри растений, была их высокая конкурентоспособность при колонизации соответствующих частей растений и образовании бактериально-растительных ассоциаций. Все перечисленные свойства бацилл делают их одними из самых перспективных кандидатов на создание микробиологических препаратов и удобрений, обладающих комплексом хозяйственно-ценных свойств.

Это в полной мере было показано при изучении антифунгальных и ростстимулирующих свойств штамма *Bacillus subtilis* Ч-13 продуцента микробиологического препарата Экстрасол (Бисолбифит, БисолбиСан).

Штамм *Bacillus subtilis* Ч-13 продуцент микробиологического препарата Экстрасол (Бисолбифит, БисолбиСан).

Проведенные эксперименты по изучению антифунгальных и ростстимулирующих свойств штамма *Bacillus subtilis* Ч-13 показали, что штамм продуцирует ряд метаболитов, один из которых (вещество с временем удержания (Rt) 41.81 мин.) обладает четкой антифунгальной активностью против тест-гриба *Fusarium graminearum*. Антифунгальная активность, определяемая содержащимися в культуральной жидкости водорастворимыми

метаболитами, составляла примерно 50% от суммарной антифунгальной активности живой культуры в тестах на чашках Петри, а концентрированный этилацетатный экстракт был активен даже при разведении в 1000 раз. Исследуемый штамм был способен синтезировать при росте на минеральной среде с L-триптофаном (10 мг/л) четыре ауксина: ИУК, индолил-3-молочную кислоту, индолил-3-карбоновую кислоту и индолил-альдегид. Следовательно, штамм Ч-13 имеет потенциальную способность к фитостимуляции, которая может проявляться при благоприятных условиях роста бациллы, как в ризосфере, так и за счет накопления фитогормонов в питательной среде при производстве биопрепаратов. Полученные результаты позволяют предположить, что варьированием условий культивирования штамма можно изменять как уровень продукции пула фитогормонов, так и соотношение между различными производными, усиливая, таким образом, ростстимулирующий эффект.

Эти свойства штамма-продуцента оказывали комплексный эффект на растения при применении Экстрасола и Бисолбисана для бактеризации семян растений или для обработок по вегетирующим растениям, увеличивая урожай и улучшая качество с/х продукции.

Агрономическая эффективность Экстрасола (Бисолбифит, БисолбиСан).

Многочисленные полевые опыты и широкие производственные испытания в России и за рубежом, как в северных, так и южных регионах, показали высокую эффективность микробиологических препаратов БисолбиСан и Бисолбифит на различных сельскохозяйственных культурах.

Увеличение урожая зерна озимой и яровой пшеницы при применении препаратов составляло в среднем на 15-33%, при увеличении клейковины на 4-6%, ярового ячменя на 15-24%, сорго, проса на 31-45%, кукурузы на 13-22%, сои, гороха, фасоли, нута на 12-64%.

Особенно отзывчивы на обработку овощные культуры и картофель, прибавка урожая при применении препаратов БисолбиСан и Бисолбифит составляла в среднем 15-40%.

Очень эффективен ЭКСТРАСОЛ при выращивании рассады табака и овощных культур. На табаке применение ЭКСТРАСОЛА увеличивало урожай листа на 100–150 кг с гектара и на 10% увеличивало получение высококачественной продукции. Применение ЭКСТРАСОЛА на винограде увеличило урожай ягод на 1,4–2,5 тонны с гектара в зависимости от сорта. При этом, на 2–4% увеличивалось содержание сахара. На подсолнечнике урожай увеличивался на 12–20%, а масличность на 1–3%.

Некоторые результаты производственных испытаний приведены ниже (Табл. 1– 4).

Таблица 1. Биологическая эффективность различных препаратов, используемых в качестве протравителей семян яровой пшеницы с. Приокская. (Данные Республиканской станции защиты растений Татарстана)

Препараты протравителей и семян	Доза препарата л/т, кг/т	Корневые гнили		Биологическая эффективность %
		% распространения	% развития	
Контроль	–	43,5	10,9	–
Премис 200	0,2	4,9	1,2	89,0
Феразим	1,2	8,3	2,1	80,7
Колфуго дуплет	2,5	10	2,5	77,1
Экстрасол (БисолбиСан)	1,0	9,1	2,3	78,9

Таблица 2. Урожайность озимой пшеницы с. Лира при обработке ЭКСТРАСОЛОМ (БисолбиСан) в полевых опытах в Краснодарском крае (данные КНИИСХ), ц/га

Вариант	Семена без обработки и	Обработка семян Экстрасолом	Обработка семян Экстрасолом+обработка в фазу трубкования	Обработка семян Витаваксом
Без удобрений	47,9	50,5	49,9	50,0
N ₃₀ P ₃₀ +N ₃₀	53,8	55,7	64,7	53,1

рано весной				
N ₃₀ P ₆₀ +N ₆₀ рано весной	62,0	66,8	66,2	60,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +N ₃₀ рано весной+N ₂₀ в колошение	61,2	66,0	64,5	58,9
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₆₀ рано весной+N ₄₀ в трубковани е +N ₄₀ в колошение	67,2	67,6	67,0	62,4
НСР ₀₅	1,8			

Таблица 3. Эффективность ЭКСТРАСОЛА (БисолбиСан) в производственных опытах с яровыми зерновыми культурами в Ленинградской области.

Хозяйство	Культура, сорт	Площадь опыта, га	Урожай зерна, ц/га		Прибавка	
			Экстрасо л	Контрол ь	ц/га	%
ЗАО «Агробалт»	яровой ячмень, с.Суздалец	52	49,8	47,8	2,0	4,2
ЗАО «Агробалт»	овес, с.Боррус	50	39,0	35,2	3,8	10,8
ЗАО «Торосово»	яровая пшеница, с.Иргина	50	28,0	21,0	7,0	33,3
ЗАО «Сумино»	яровой ячмень, с.Криничный	80	28,0	23,0	5,0	21,7
ЗАО «Котельско е»	яровой ячмень, с.Суздалец	65	41,4	35,0	6,4	18,3
ЗАО	овес,	22	42,0	30,0	12,0	40,0

«Котельское»	с.Аргамак					
ЗАО «Ополье»	яровой ячмень, с.Суздалец	84	38,8	34,4	4,4	12,8
ЗАО «Сельцо»	яровая пшеница, с.Крепыш	32	25,0	18,0	7,0	38,9
ЗАО «Гомонтово»	яровой ячмень, с.Ипари	64	29,0	22,0	7,0	31,8
ГУ ОПХ «Суйда»	яровой ячмень, с.Суздалец	23	33,4	29,8	3,6	12,1
Среднее по области			35,4	29,6	5,8	19,6

Таблица 4. Эффективность ЭКСТРАСОЛА (БисолбиСан) в производственных опытах с картофелем в Ленинградской области.

Хозяйство	Сорт	Площадь опыта, га	Урожай клубней, ц/га		Прибавка	
			Экстрасол	Контроль	ц/га	%
ЗАО «Торосово»	Невский	28	241	211	30	14,2
ЗАО «Сельцо»	Невский	30	250	190	60	31,6
ЗАО «Гомонтово»	Невский	53	252	205	47	22,9
Среднее по области			247,7	202,0	45,7	22,6

. Как видно, при обработке семян яровой пшеницы препарат БисолбиСан показал такую же биологическую эффективность как протравители Колфуго дуплет, Феразим, Премис 200, но стоимость его была в 4-6 раз меньше (Табл. 1).

При обработке семян озимой пшеницы сорта Лира в Краснодарском крае на различных фонах азотного питания растений, эффективность Экстрасола (БисолбиСан) всегда была выше, чем в контроле и в варианте с применением химического протравителя

семян Витавакс (табл. 2). Прибавка урожая зерна при применении ЭКСТРАСОЛА составляла 1,9–4,8 ц/га.

В производственных опытах с зерновыми культурами в Ленинградской области прибавка урожая зерна от применения препаратов в среднем составляла 5,8 ц/га или 19,6% по сравнению с контролем (Табл. 3), а в опытах с картофелем урожай клубней возрастал в среднем на 45,7 ц/га или 22,6%. (Табл. 4).

Учитывая все вышесказанное, можно с уверенностью утверждать, что использование Бисолбифита и БисолбиСана является весьма эффективным приемом, обеспечивающим повышение продуктивности растениеводства и получения высококачественной сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время ЭКСТРАСОЛ с успехом применяют сельхозпроизводители в Ленинградской, Московской, Саратовской, Волгоградской, Новгородской Нижегородской, Вологодской, Амурской областях, в Республиках Татарстан и Северная Осетия – Алания на площади более 100 тыс.га. Препарат прошел государственные испытания и зарегистрирован в России, Казахстане и Молдове.

Экономическая эффективность применения Экстрасола в зависимости от сельскохозяйственной культуры и климатических условий составляет 2–12 тыс. руб./га или 3–18 рублей на 1 рубль затрат.

Литература

1. Воробейков Г.А. Микроорганизмы, урожай и биологизация земледелия // СПб. 1998. 120 с.
2. Егоров Н.С., Ландау Н.С. Биосинтез биологически активных соединений смешанными культурами микроорганизмов // Прикладная биохимия и микробиология. 1989. Т.18. №6. С. 78–81.
3. Агрэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно- ландшафтных систем земледелия и агротехнологий // Методическое руководство по ред. Кирюшина В.И и Иванова А.Л. М.Росинформагротех.2005.784с.
4. Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. Биопрепараты для земледелия// В кн: «Биопрепараты в сельском хозяйстве» (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). 2005.М.С.18–54.
5. Менликиев М.Я., Султанова М.Х., Шарипова Н.У. Возможности биологической иммунизации хлопчатника эндофитными бактериями// В сб.

«Проблемы генетики, селекции и интенсивной технологии сельскохозяйственных культур». Душанбе.1987. С. 76-77.

6. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия//М.Наука. 1972. 343 с.
7. Смирнов В.В., Резник С.Р., Василевская И.А. Спорообразующие аэробные бактерии - продуценты биологически активных веществ// Киев. Наукова Думка. 1982. 279 с.
8. Abdel Wahab A.M. Nitrogen fixation by *Bacillus* strains isolated from the rhizosphere of *Ammophila arenaria*// Plant Soil. 1975.Vol.42. P.703-708.
9. Altieri M.A. How best can we use biodiversity in agroecosystems?// Outlook Agric. 1991.Vol.20. P.15-23.
10. Bai Y., Zhou X., Smith D.S. Enhanced soybean plant growth resulting from coinoculation of *Bacillus* strains with *Bradyrhizobium japonicum* //Crop Sci. 2003. Vol. 43. P. 1774-1781.
11. Berger F., Hong Li, White D., Schulz U.M., Werner D. Konstruktion von RAPD-Sonden fur die quantifizierung von *Bazillus subtilis* FZB C und dessen antagonistische wirksamkeit im system *Cucumis sativus* *Pythium ultimum*// Z.Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz. 1996. Vol.105. P.168-180.
12. Bowen G.D., Rovira A.D. Microbial colonization of plant roots// Annu.Rev.Phytopathol. 1976.Vol.14. P.121-144
13. Chebotar V., Khotyanovich A., Cazacov A. EXTRASOL - A New Multifunctional Biopreparation for Ecologically Safe Agriculture // In: Practice Oriented Results on Use and Production of Neem Ingredients and Pheromones IX. H.Kleeberg&C.P.W.Zebitz (eds). 2000. Druck&Graphic, Giessen, P.127-134.
14. Coleman D.C., Hendrix P.F. Agroecosystem process// In:Ecological studies. Ed.L.R.Pomeory and J.J.Alberts.Springer Verlag,New York,NY. 1988.
15. Cooper R. Bacterial fertilizers in the Soviet Union.Soils// Soils Fertilizers.1959.Vol.22.P.327.
16. Curl E.A.,Truelove B. The rhizosphere//Berlin,New York. Springer Verlag. 1986. 288p.
17. Di Fiore S., Del Gallo M. Endophytic bacteria: their possible role in the host plant// In: Azospirillum and Related Microorganisms. Ed. I. Fendrik. Berlin Heidelberg. Springer. 1995.P. - 169-187.
18. Frankenberger W.T., Arshad M. Phytohormones in soil: microbial production and function//New York.Marcel Dekker. 1995.

19. Gold M. V. Sustainable agriculture : definitions and terms// (Special reference briefs ; 99-02) 1. Sustainable agriculture. Terminology. I. Title aS21.D27S64 no. 99-02. ISSN 1052-5368.1990.
20. Haas W., Shepard B.D., Gilmore M.S.. Two-component regulator of *Enterococcus faecalis* cytolysin responds to quorum-sensing autoinduction// Nature. 2002. Vol. 415. P.84-87.
21. Hallmann J., Rodriguez-Kabana R., Kloepper J.W.Chain mediated changes in bacterial communities of the soil, rhizosphere and internal roots of cotton in relation to nematode control //Soil Biol.Biochem. 1998.Vol.31.P.551-560.
22. Handelsmann J,Stabb E.V. Biocontrol of soilborne pathogens//The plant cell. 1996.Vol.8. P.1855-1869.
23. Jordan D.C., McNicol P.J., Marshall M.R. Biological nitrogen fixation in the terrestrial environment of a high Arctic ecosystem (Truelove Lowland, Devon Island, N.W.T.)// Can.J.Microbiol. 1978.Vol.24. P.643-649.
24. Kloepper J.W., Leong J., Teintz M., Schroth M.N. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria// Nature.1980. Vol.286.P.665.
25. Leyns F., Lambert B., Joos H., Swings J. Antifungal bacteria from different crops//British Library Cataloguing in Publication Data. 1990.P.437-443.
26. Liddel C.M.,Parke J.L. Enhanced colonization of pea taproots by fluorescent pseudomonad biocontrol agent by water infiltration into soil//Phytopathology. 1989.Vol.79.P.1327-1332.
27. Martin N.I., Haijing Hu H., Matthew M. Isolation, structural characterization, and properties of mattacin (polymyxin M), a cyclic peptide antibiotic produced by *Paenibacillus kobensis* M // J. Biol. Chem. 2003. Vol. 278. № 15. P. 13124-13132.
28. Mishustin E.N., Naumova A.N. Bacterial fertilizers, their effectiveness and mode of action// Microbiology.1962. Vol.31. P.442.
29. Neal J.L., Larson R.I. Acetylene reduction by bacteria isolated from the rhizosphere of wheat// Soil Biol.Biochem. 1976.Vol.8.P.151-155.
30. Nelson A.D., Barber L.E., Tjepkema J., Russel S.A., Powelson R., Evans H.J., Siedler R.J. Nitrogen fixation associated with grasses in Oregon// Can.J.Microbiol. 1976.Vol.22.P.523-530.

31. Nielsen P., Sorensen J. Multi-target and medium-independent fungal antagonism by hydrolytic enzymes in *Paenibacillus polymyxa* and *Bacillus pumilus* strains from barley rhizosphere// FEMS Microbiol.Ecol. 1997.Vol.22. P.183-192.
32. Oehrle, N.W., Karr D.B., Kremer R.J. Enhanced attachment of *Bradyrhizobium japonicum* to soybean through reduced root colonization of internally seedborne microorganisms//Can. J. Microbiol. 2000.Vol. 46.P. 600-606.
33. Parke J.L. Root colonization by indigenous and introduced microorganisms//In: The rhizosphere and plant growth. Keister D.L. and Cregan P.B. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991.P.33-42.
34. Rosado A.S., de Azevedo F.S., da Cruz D.W., van Elsas J.D., Seldin L. Phenotypic and genetic diversity of *Paenibacillus azotofixans* strains isolated from the rhizosphere or rhizoplane of different grasses//Appl.Environ.Microbiol. 1998.Vol.84.P. 216-226.
35. Ryder M.H., Yan Z., Terrace T.E. et al. Use of strains of *Bacillus* isolated in China to suppress take-all and rhizoctonia root rot, and promote seedling growth of glasshouse-grown wheat in Australian soils//Soil.Biol.Biochem. 1999.Vol. 31.P. 19-29.
36. Schippers B. Prospects for management of natural suppressiveness to control soilborne pathogens// In: Biological control of plant diseases, progress and challenges for the future. NATO ASI Series A:Life Sciences. Tjamos E.C., Papavizas G.C., Cook R.J. (eds.). Plenum Press, New York. 1992.Vol.230.P.21-34.
37. Shishido M., Breuil C., Chanway C. Endophytic colonisation of spruce by plant growth promoting rhizobacteria//FEMS Microbiol. Ecol. 1999.Vol. 29.P. 191-196.
38. Sturz, A.V., Christie B.R., Matheson B.G. Biodiversity of endophytic bacteria which colonize red clover nodules, roots, stems and foliage and their influence on host growth // Biol. Fertil. Soil. - 1997. - V. 25. - P. 13-19.
39. Timmusk S., Nicander B., Granhall U., Tillberg E. Cytokinin production by *Paenibacillus polymyxa*// Soil.Biol.Biochem. 1999. Vol. 31. P. 847-1852.