

УДК 632.937

## СОЗДАНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

*Н.Г. Захарова, З.Ю. Сираева, И.П. Демидова, С.Ю. Егоров*

### Аннотация

Изучено фитозащитное и ростстимулирующее действие микробиологических препаратов, разработанных в лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии кафедры микробиологии Казанского государственного университета. Показана эффективность их использования для биологического контроля возбудителей заболеваний различных сельскохозяйственных культур. Отмечена необходимость дифференцированного подхода к использованию биопрепаратов в качестве протравителей на основе фитопатологической экспертизы посевного материала и оценки фитосанитарной ситуации на посевах сельскохозяйственных культур.

### Введение

Ежегодно среднемировой уровень потерь урожая вследствие поражения посевов возбудителями заболеваний растений оценивается в пределах 15–20%. В Российской Федерации и Республике Татарстан суммарный ущерб от поражения достигает 27% [1].

Дестабилизации фитосанитарной обстановки в мире, Российской Федерации и Республике Татарстан способствуют увеличение пораженности семян патогенными микроорганизмами, интенсификация использования возделываемых земель, упрощение севооборотов с максимальным насыщением их основной культурой, повышением доз вносимых удобрений, введением в защиту растений все новых и новых пестицидов. Большую роль в ухудшении фитосанитарной обстановки играют изменения в биологии самих возбудителей болезней, которые выражаются в повышении их резистентности, пластичности, адаптивности и патогенности. Все указанные выше факторы создают благоприятные условия для накопления и распространения в агрофитоценозе фитопатогенных микроорганизмов.

Современная стратегия защиты растений осуществляется на основе внедрения устойчивых сортов, использования агротехнических мероприятий, химических и биологических средств защиты, т. е. комплексно. Вместе с тем некоторые агротехнические приемы, такие, как минимальная система обработки почвы с целью сохранения влаги, предотвращения эрозии и дефляции, создают благоприятные условия на посевах и посадках для развития возбудителей заболеваний растений. Не улучшает фитосанитарную ситуацию в сельском хозяйстве и введение новых высокоурожайных и высококачественных сортов растений. Это лишь на время снимает остроту проблемы, так как перманентная из-

менчивость паразита по вирулентности приводит к формированию новых популяций возбудителей заболеваний, способных поражать вновь введенные в производство сорта. Широкое применение в растениеводстве интенсивной химизации также вызывает серьезные проблемы: накопление в почвах персистентных остатков, непредсказуемое действие пестицидов на нецелевые объекты, нарушение биоценологического равновесия в популяциях микроорганизмов, обострение фитопатологической обстановки, рост числа устойчивых к химическому воздействию фитопатогенных микроорганизмов, снижение качества сырья, фуражной и пищевой продукции и т. п. [2, 3].

В связи с негативными последствиями химизации сельского хозяйства во всем мире растет интерес к экологически чистым и сравнительно безопасным в применении биологическим средствам защиты растений. Огромным преимуществом биопрепаратов является их способность поражать определенные виды возбудителей растений и вытеснять их из агрофитоценозов, а также обеспечить получение экологически чистых пищевых продуктов и кормов [4].

В ряде стран осуществляется переход от использования химических фунгицидов к микробиологическим препаратам. Текущее состояние рынка продажи биопрепаратов в мировом масштабе оценивается в 500 млн. долларов. В США, Великобритании, Швеции, Канаде, Дании, Германии и других странах Министерствами сельского хозяйства и Национальными агентствами по охране окружающей среды разработаны программы сокращения применения химических средств защиты растений в среднем на 25–90%. Современные мировые системы защиты растений включают широкий арсенал биопрепаратов, который насчитывает около 150 препаративных форм [5, 6].

Однако широкому распространению биометода препятствует недостаточная эффективность известных биопрепаратов, которая зависит от их конкурентоспособности по отношению к аборигенной микрофлоре и возбудителям заболеваний растений, почвенно-климатических и других региональных условий. С учетом этого в Республике Татарстан в лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии кафедры микробиологии Казанского государственного университета ведется разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство биопрепаратов бактериальной и грибной природы на основе местных штаммов микроорганизмов с учетом фитопатологической ситуации на посевах и фитосанитарного состояния семенного фонда.

## **1. Разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство новых биопрепаратов**

Из природных популяций филлосферы, ризосферы зерновых, овощных и бобовых культур, а также из различных типов почв Татарстана выделено 320 бактерий из родов *Erwinia*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Azotobacter* и 42 штамма грибов из рода *Trichoderma*.

**1.1. Создание на основе микромицетов рода *Trichoderma* эффективных биопрепаратов для защиты капусты от возбудителей различных заболеваний.** На основе штаммов *Trichoderma harzianum* ТА и Т26 получены биопрепараты (триходермин) для борьбы с возбудителями заболеваний капусты, опре-

делены нормы их расхода. Оценка экологических последствий применения штаммов в агроэкосистеме полузакрытого типа показывает положительное влияние триходермина на биологическую активность и плодородие почвогрунта. Интродукция *Trichoderma harzianum* ТА и Т26 сопровождается повышением активности почвенных ферментов (уреазы, протеазы, каталазы, целлюлазы), уровня нитрогеназной активности и не вызывает негативных изменений в «дыхании» почвы.

Триходермин Т26 и ТА не оказывает ингибирующего действия на рост и развитие растений, стимулирует всхожесть семян различных сортов капусты на 8–12%, рост корней – на 9–19%. Оба штамма *Trichoderma* растут в широком диапазоне температур (от 10° до 35°С) и в интервале рН от 3.5 до 8.0 (оптимум – 5.5). Способность развиваться в широком диапазоне температур и рН является одним из определяющих факторов эффективности биопрепаратов в агроэкосистеме. Использование триходермина ТА и Т26 для обработки семян капусты и тепличного грунта перед посадкой рассады снижает заболеваемость растений в 1.5–3.5 раза и способствует повышению урожайности в полевых условиях на 13.1%, при этом увеличивается содержание сахара и витамина С [7].

**1.2. Разработка биофунгицидов на основе псевдомонад и актиномицетов.** В течение ряда лет на кафедре микробиологии Казанского государственного университета проводятся экспериментальные работы по разработке и обоснованию технологии применения биопестицидов на основе бактерий из родов *Pseudomonas* и *Streptomyces*. Псевдомонады подавляют развитие фитопатогенных грибов в основном за счет образования сидерофоров. Супрессивное действие псевдомонад также связано с биосинтезом ими антибиотиков и с их конкуренцией за источники углерода. В основе антагонистического действия актиномицетов лежит образование антибиотиков.

В вегетационных и микроделяночных опытах в условиях производственных теплиц ООО «Совхоз "Казанский тепличный"» предложены и апробированы схемы биологической борьбы с возбудителями альтернариоза, серой и белой гнилей, фузариозного и вертициллезного увядания растений, септориоза злаковых, обыкновенной корневой гнили, а также черной пятнистости, бактериального рака и некроза сердцевины томата, сосудистого и слизистого бактериозов капусты. Бактериальные препараты на основе актиномицетов и флуоресцирующих псевдомонад показали выраженный стимулирующий эффект и защитное действие на растения огурца и томата, снижая распространение вредоносных заболеваний огурца в защищенном грунте на 20–30%. Биомасса корневой части растений увеличивалась в среднем на 15–18%, наземной – на 13–27%.

**1.3. Биоконтроль возбудителей заболеваний растений с использованием бактерий из рода *Bacillus*.** В последнее десятилетие перспективными агентами биологической защиты растений являются спорообразующие бактерии из рода *Bacillus*. На основе последовательного скрининга отобрано шесть штаммов бацилл с широким спектром антагонистической активности и разработаны

биопрепараты (Бацизулин, Бацифон и др.), предназначенные для обработки семян и посевов зерновых культур против возбудителей корневой гнили, трахеомикозного увядания, «черни» колоса, кладоспориоза, септориоза, парши, ризоктониоза, плесневения семян и др. Установлено, что подавление фитопатогенных микромицетов происходит за счет антибиотической активности [8].

Показана способность отобранных бактерий из рода *Bacillus* продуцировать хитиназу, РНКазу, ДНКазу, протеазу, амилазу, фосфатазу, нитрогеназу, осуществлять микробиологическую трансформацию труднодоступных органических (нуклеиновые кислоты, фитин) и неорганических ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ ) соединений в доступную для растений форму (фосфатмобилизация) и обогащать почву биологическим азотом [9, 10].

Установлено, что биопрепараты обладают ростстимулирующим эффектом. Обработка зерен различных сортов пшеницы, ячменя, гороха, кукурузы способствует увеличению всхожести на 5–10%, энергии прорастания – на 6–10%, наземной массы растений – на 11–23%, уменьшению количества деформированных проростков на 8–12% и положительно сказывается на формировании корневой системы растений, вес которой увеличивается на 14–36%.

В цитогенетических тестах на меристематических клетках пророщенных семян скерды зеленой (*Crepis capillaris*) и лука-репки (*Allium cepa*) показано отсутствие цито- и генотоксического действия биопрепаратов на растительные объекты. Проведена токсикологическая оценка возможного влияния микробиологических препаратов на основе *Bacillus* на здоровье человека и состояние окружающей среды. Результаты клинических наблюдений общей физиологической активности лабораторных животных, гематологические и биохимические анализы крови, патоморфологические и гистологические исследования показали отсутствие негативного влияния биопрепаратов на теплокровные объекты [11].

Оценка экологических последствий применения *Bacillus* в агроэкосистеме выявило положительное воздействие препаратов на биологическую активность (почвенные ферменты, скорость выделения  $\text{CO}_2$ , активность азотфиксации) и плодородие почвы [12].

Протравливание семян различных сортов яровой пшеницы и ярового ячменя, высеваемых в Российской Федерации, биопрепаратом Бацизулин показало полное обеззараживание зерна сортов Казанский Юбилейный, Казахская 10, Иргина, Рахат и Вереск и значительное снижение инфекционной нагрузки на семенах зерновых культур сортов Омская 32, Люба, Лада, Раушан, Омский голозерный 1, Челябинский 99, Нутанс-778, Зазерский-85, Московский-2 (рис. 1) [13].

Эффективность и рентабельность биологических препаратов можно повысить, если использовать их в интегрированной защите растений совместно с пестицидами. Экспериментально доказана совместимость бациллярных биопрепаратов с протравителями семян (максим, феразим, фундазол, ридомил МС, премис тотал), гербицидами (лонтрел-200, раундап) и инсектицидами (актара, моспилан, конфидор, базудин, банкол), используемыми в производственной дозе, а в случае фунгицида ТМТД и инсектицидов корато и регент – в половинной дозе. С целью увеличения экономической эффективности рассматривается

вопрос создания комбинированных смесей бациллярных препаратов-биофунгицидов и регуляторов роста растений нового поколения, действующих в малых и сверхмалых дозах (рис. 2).

## 2. Разработка полифункциональных микробных препаратов

В настоящее время проблема фосфора в земледелии является одной из самых острых, так как фосфор находится в почве в основном в водонерастворимой форме в виде разнообразных минеральных соединений, в основе которых лежат ортофосфаты кальция, железа и алюминия. Большая группа почвенных фосфатов, малодоступных растениям, представлена органическими соединениями. Кроме того, возделывание сельскохозяйственных культур сопровождается выносом из почвы 25–40 кг оксида фосфора на гектар пахотного слоя, что требует систематического внесения удобрений. Однако усвояемость сельскохозяйственными культурами фосфорных удобрений не превышает 25%, так как подавляющее его количество фиксируется почвой, превращаясь в недоступные для растений фосфаты [14, 15].

В связи с этим возросла актуальность разработки альтернативных путей для улучшения минерального питания растений. Одним из них является использование различных биопрепаратов, созданных на основе эффективных штаммов микроорганизмов, способных к мобилизации фосфора почв и удобрений.

Из различных типов почв Республики Татарстан выделены изоляты бактерий из родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, способные переводить труднодоступные органические (нуклеиновые кислоты, фитин) и неорганические ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ ) соединения в доступную для растений форму. В результате биологической деятельности разных штаммов накопление фосфора в растворе, содержащем в качестве субстрата неорганические и органические фосфаты, в пересчете на  $\text{P}_2\text{O}_5$  составляет в среднем от 250 до 320 мг/л среды. Для агроэкосистем полужакрытого типа нами создан комплексный биопрепарат на основе фосфатмобилизующих бактерий (*Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas stutzeri*). Внесение дефосфорилирующего сообщества в тепличный грунт в производственных условиях в качестве биоудобрения способствует увеличению подвижного фосфора в грунте на 44–48%. Предпосевная обработка семян комплексным препаратом в производственных условиях приводит к увеличению урожая огурца на 12–15% [16].

Биологическая фиксация азота атмосферы второе десятилетие остается проблемой, значение которой возрастает и выходит далеко за рамки биологии и сельского хозяйства. Причин тому много: производство минеральных удобрений потребляет до трети энергии, выделяемой на сельское хозяйство в развитых странах, в том числе и в России, а применение ведет к серьезному загрязнению окружающей среды, ухудшению качества сельскохозяйственной продукции, росту заболеваемости и смертности людей и животных, снижению почвенного плодородия. В связи с этим из прикорневой зоны огурцов, выращиваемых в тепличных хозяйствах Татарстана, выделен ряд азотфиксирующих бактерий. Штаммы с высокой нитрогеназной активностью, способностью развигаться в ризосфере и ризоплане растений использованы для создания био-

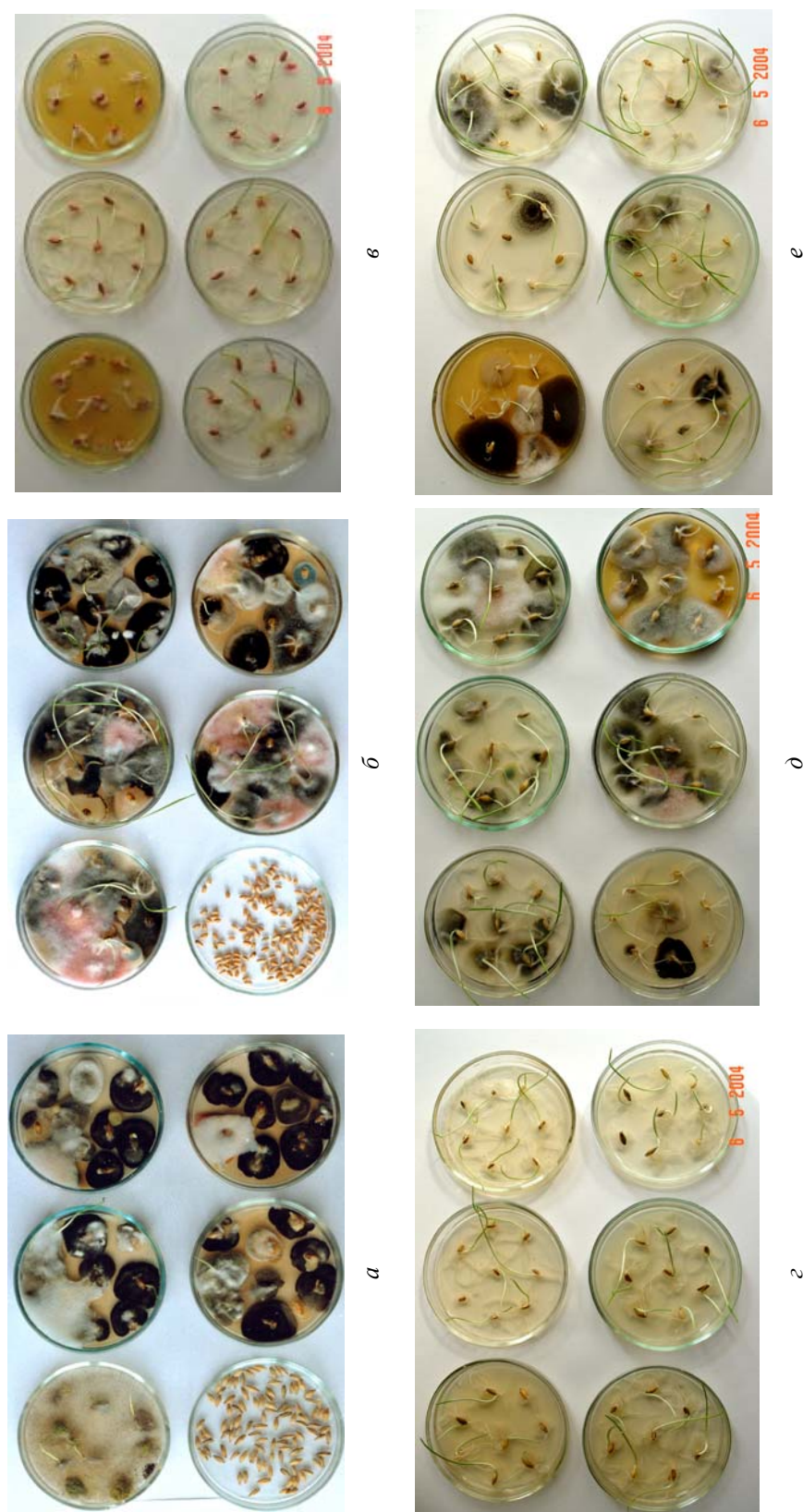


Рис. 1. Эффективность проправителей семян против возбудителей заболеваний зерновых культур: а) фитозекспертиза семян яровой пшеницы; б) фитозекспертиза семян яровой пшеницы; в) максим (25 г/л флудиоксонила); г) Бацизулин; д) биоэгалон 1 (на основе *Pseudomonas*); е) биоэгалон 2 (на основе *Bacillus*)

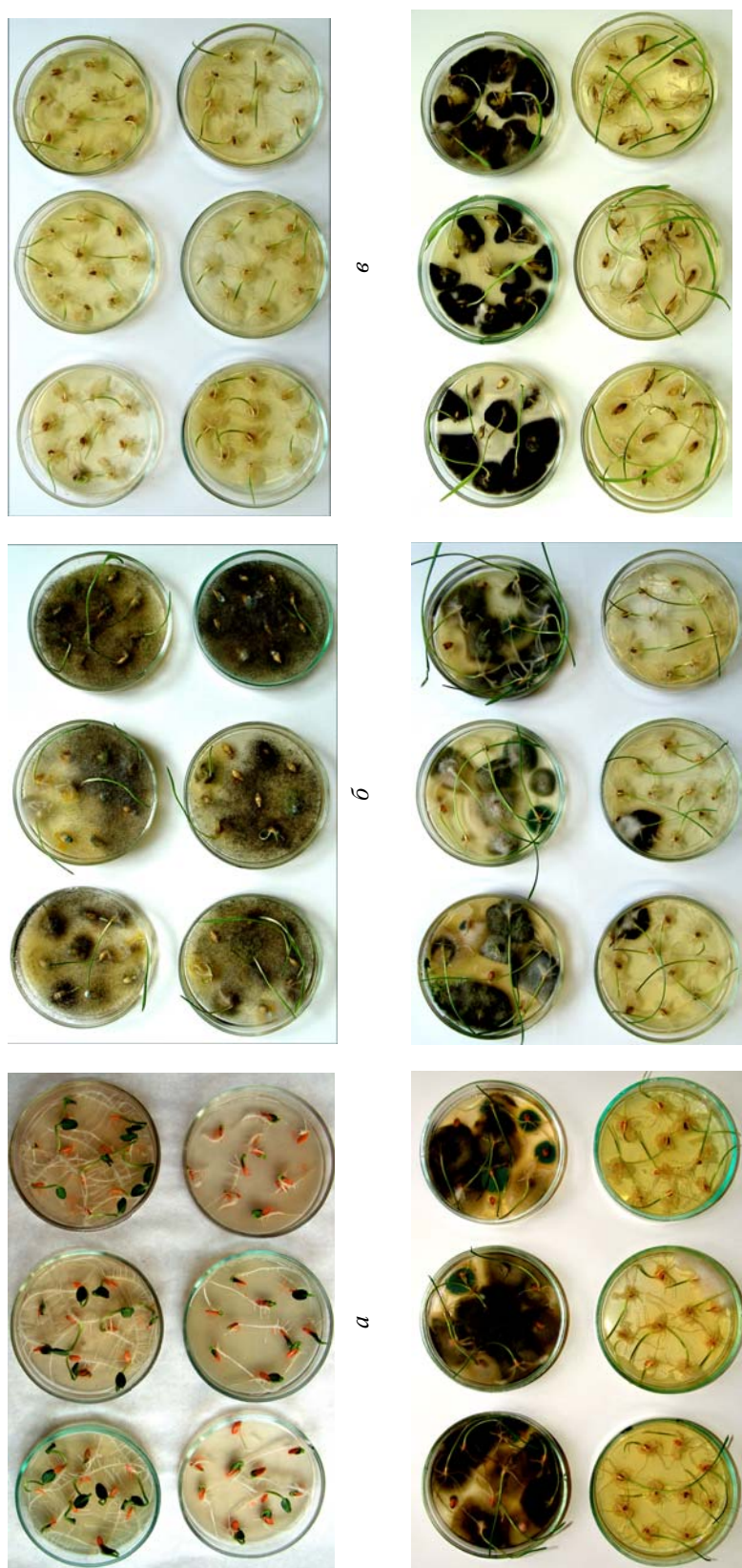


Рис. 2. Совместное применение биопрепарата бацилулин с фунгицидами (а, б, в) и регуляторами роста растений (г, д, е). а) обработка семян огурца сорта *Masha*: верхний ряд — смесь беномил+тирам+бацилулин, нижний ряд — смесь беномил+тирам; б) обработка семян яровой пшеницы фундазолом; в) совместная обработка семян яровой пшеницы фундазолом и бацилулином; г) верхний ряд — обработка семян яровой пшеницы нарциссом, нижний ряд — смесь нарцисс+бацилулин; д) верхний ряд — обработка семян яровой пшеницы новосилом, нижний ряд — смесь новосил+бацилулин; е) верхний ряд — обработка семян ячменя мелафеном, нижний ряд — смесь мелафен+бацилулин

препарата, предназначенного для предпосевной обработки семян огурцов. Комплексная обработка семян огурца в производственных условиях способствует уменьшению количества деформированных проростков, ускорению цветения растений на 5–7 дней, увеличению числа цветков и завязей, площади листа на 33–41% наземной и корневой массы. Ранний урожай огурцов повышается в среднем в 1.9–2.5 раза, а общий – на 11–14%; улучшается качество продукции в сторону снижения содержания нитратов в плодах [17].

### 3. Применение микробных сообществ в декоративном садоводстве

Большую роль в декоративном садоводстве играет вегетативное размножение растений и особенно черенкование. Лучшие сорта роз, гвоздик, хризантем и других ценных видов растений размножаются вегетативно.

В настоящее время в декоративном садоводстве для стимуляции процессов корнеобразования применяются эндогенные регуляторы роста – индолилуксусная, индолилмасляная и нафтилуксусная кислоты, некоторые феноксиуксусные кислоты. Однако в высоких концентрациях указанные соединения могут вызывать ингибирование роста почек и побегов.

Учитывая важность рассматриваемой проблемы, разработан способ применения дефосфорилирующего и азотфиксирующего сообществ для стимуляции процесса корнеобразования у черенков гвоздик и роз. В производственных условиях (совхоз «Декоративные культуры») под влиянием препаратов окореняемость черенков гвоздик и роз различных сортов повышается на 20–47%, при этом сокращаются сроки корнеобразования. Обработка биопрепаратами способствует развитию мощной корневой системы, что является залогом более высокой жизнеспособности растений при пересадке их в производственные теплицы.

Таким образом, микробиологические препараты являются эффективным средством снижения инфекционной нагрузки пахотного слоя почвы, антропогенной нагрузки и одновременно могут быть использованы в качестве биодобровей вследствие накопления подвижного фосфора, доступного для растений, и высокой активности азотфиксации.

В лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии кафедры микробиологии Казанского государственного университета ежегодно проводится фитопатологическая экспертиза семян зерновых колосовых (пшеница, ячмень, рожь, овес), овощных (капуста, огурец, томат) и зернобобовых культур из различных регионов Российской Федерации. На основе результатов фитопатологической экспертизы квалифицированными специалистами лаборатории научно обосновываются рекомендации по подготовке семенного материала к посеву. Как показывает мировой опыт возделывания сельскохозяйственных культур, протравливание семян не всегда приводит к снижению пораженности посевов сельскохозяйственных культур. Каждая партия семян имеет различную степень заспоренности и разный состав возбудителей заболеваний в соответствии с региональными условиями. Фитоэкспертиза семенного фонда обеспечивает правильный выбор протравителя из перечня пестицидов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, и тем самым сокращает затраты на 30–40%.



### Summary

*N.G. Zakharova, Z.Yu. Sirayeva, I.P. Demidova, S.Yu. Yegorov.* Perspective for agriculture biopreparations.

It was studied phytoprotectonal and growthstimulant action of microbiological preparations that were worked out in the agricultural biotechnology laboratory of microbiological chair of Kazan State University. The efficiency of their using for biological control of agents of diseases different agricultural crops was shown. It was noted necessity of differential approach of using biopreparations. The choice of biopreparations as damages of seeds of agricultural crops is depend on results of phytopathological examination of sowing material and estimation of phytosanitarical situation at crops of agricultural plants.

### Литература

1. *Ахметов Г.Д.* Доклад Министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан. – 2001.
2. *Даниленкова Г.Н.* Всероссийский форум защитников растений // Защита и карантин растений. – 2004. – № 1. – С. 4–8.
3. *Захаренко В.А.* Развитие защиты растений и ее научного обеспечения // Сельскохозяйств. биол. – 2003. – № 1. – С. 93–104.
4. *Даниленкова Г.Н.* Всероссийский форум защитников растений // Защита и карантин растений. – 2004. – № 1. – С. 4–8.
5. *Попов Ю.В., Лазукин А.В.* Комплексный подход // Защита и карантин растений. – 2004. – № 2. – С. 21–22.
6. *Zederbauer R., Besenhofer G.* Saatgutbeizung ist effizienter Pflanzenschutz // Pflanzenschutz. – 2000. – No 3. – P. 5–9.
7. *Захарова Н.Г., Илларионова И.А., Алимова Ф.К., Егоров С.Ю.* Скрининг штаммов *Trichoderma*, активных против возбудителей заболеваний капусты // Вестн. Рос. Акад. сельскохозяйств. наук. – 2002. – № 3. – С. 38–40.
8. *Сираева З.Ю.* Биологический метод борьбы с возбудителями заболеваний сельскохозяйственных культур в Республике Татарстан с использованием бактерий из рода *Bacillus* // Матер. междунар. конф. «От фундаментальной науки – к новым технологиям. Химия и биотехнология биологически активных веществ, пищевых продуктов и добавок. Экологически безопасные технологии», Тверь, 15 нояб. 2002 г. – Тверь: Русская провинция, 2002. – Вып. 2. – С. 117.
9. *Сираева З.Ю., Захарова Н.Г., Егоров С.Ю., Черемных А.В.* Пути повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур в Республике Татарстан // Тр. междунар. конф. «Роль почвы в формировании естественных и антропогенных ландшафтов», Казань, 9–12 июня 2003 г. – Казань: Изд-во ФЭН, 2003. – С. 434–436.
10. *Сираева З.Ю., Захарова Н.Г., Вершинина В.И., Юсупова Д.В., Егоров С.Ю.* Хитиная активность природных штаммов *Bacillus sp.*, перспективных для создания биопрепаратов // Матер. VII междунар. конф. «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана», II съезд Хитинового об-ва, С.Пб. – Репино, 15–18 сент. 2003 г. – С. 411–413.
11. *Сираева З.Ю., Захарова Н.Г., Егоров С.Ю.* Использование бактерий из рода *Bacillus* // Вестн. Рос. Акад. сельскохозяйств. наук. – 2004. – № 5. – С. 71–75.
12. *Сираева З.Ю., Захарова Н.Г., Егоров С.Ю.* Влияние биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* на биологическую активность почвы // Тр. междунар. биотехнол. центра МГУ: II междунар. научн. конф. «Биотехнология – охране окружаю-

- шей среды», Москва, 25–27 мая 2004 г. – М.: Спорт и культура, 2004. – Ч. II. – С. 174–177.
13. *Сираева З.Ю., Захарова Н.Г., Егоров С.Ю.* Эффективность инокуляции семян зерновых культур бактериями рода *Bacillus*, перспективными для создания биопрепаратов // Матер. междунар. науч. конф. «Экология и биология почв», Ростов н/Д, 22–23 апр. 2004 г. – Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, 2004. – С. 261–266.
  14. *Христенко А.А.* Проблема изучения фосфатного состояния почв // *Агрохимия*. – 2001. – № 6. – С. 89–95.
  15. *Минеев В.Г., Бычкова Л.А.* Состояние и перспективы применения минеральных удобрений в мировом и отечественном земледелии // *Агрохимия*. – 2003. – № 8. – С. 5–12.
  16. *Егоров С.Ю., Улахович С.В., Захарова Н.Г., Алимова Ф.К., Лецинская И.Б.* Воздействие фосфатмобилизирующих микроорганизмов на растения защищенного грунта // *Вестн. Рос. Акад. сельскохозяйств. наук*. – 1997. – № 4. – С. 41–44.
  17. *Егоров С.Ю., Захарова Н.Г., Алимова Ф.К., Наумова Э.С.* Азотфиксирующие микроорганизмы защищенного грунта // *Вестн. Рос. Акад. сельскохозяйств. наук*. – 1994. – № 6. – С. 18–20.

Поступила в редакцию  
18.01.06

---

**Захарова Наталия Георгиевна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии Казанского государственного университета.

**Сираева Зульфира Юнысовна** – аспирант кафедры микробиологии Казанского государственного университета.

E-mail: [Zulphira.Sirayeva@ksu.ru](mailto:Zulphira.Sirayeva@ksu.ru)

**Демидова Инна Петровна** – студент кафедры микробиологии Казанского государственного университета.

**Егоров Сергей Юрьевич** – доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии Казанского государственного университета.

E-mail: [egorov.sergei@mail.ru](mailto:egorov.sergei@mail.ru)