

ПРОБЛЕМА БАКТЕРИОЗОВ РАСТЕНИЙ И ПОДХОДЫ К ЕЕ РЕШЕНИЮ

И.М. ГОРОБЕЙ, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией,
Г.М. ОСИПОВА, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН

630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: gorobey_i@mail.ru, osip@ngs.ru

На основе данных литературы проанализировано состояние проблемы бактериальных болезней сельскохозяйственных культур в России. В настоящее время в России отмечают усиление вредоносности известных и появление новых агрессивных штаммов фитопатогенных бактерий на сельскохозяйственных культурах, а проявление бактериозов часто носит характер эпифитотий. Потери урожая могут достигать до 100 %, снижаются технологические и кормовые качества растениеводческой продукции. Показаны причины появления новых бактериальных болезней и их распространения: изменение климатических условий, расширение зоны возделывания сельскохозяйственных культур, выращивание их в новых регионах. Рассмотрены методы защиты, которые включают комплекс агротехнических мероприятий, подбор устойчивых сортов, применение малоопасных селективных пестицидов и биологических препаратов. Акцентируется внимание на проблеме резистентности возбудителей бактериозов к средствам защиты, крайне небольшом ассортименте средств защиты растений и актуальности усовершенствования методов диагностики, проведения молекулярных или иммунологических исследований для определения видов бактерий, поиске эффективных приемов защиты от бактериальных инфекций.

Ключевые слова: бактериозы растений, урожай, средства защиты, антибиотики, биопрепараты.

В настоящее время известно около 400 видов фитопатогенных бактерий, которые паразитируют на растениях [1–4]. Фитопатогенные бактерии обладают огромным арсеналом факторов вирулентности: ферменты, разрушающие клетки и ткани растений-хозяев, фитотоксины, блокаторы сигнальных систем макроорганизмов и др. Для многих бактерий природа факторов вирулентности не установлена [5]. Наиболее распространенными и вредоносными возбудителями болезней на сельскохозяйственных культурах являются бактерии из родов *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Erwinia* и *Corynebacterium* [3, 5]. Несмотря на то что число наиболее распространенных бактериозов на важнейших сельскохозяйственных культурах ограничивается несколькими десятками, их вредоносность очень велика.

Проблеме бактериозов растений посвящен ряд крупных работ отечественных ученых. Это широко известные монографии В.П. Израильского: «Бактериальные болезни растений» (1960 г.), «Руководство для изучения бактериальных болезней растений. Об-

щие вопросы» (1968 г.) и М.В. Горленко «Бактериальные болезни растений (основы учения о бактериозах растений)» (1966 г.) [1–3]. В 1977 г. в издательстве МГУ опубликована монография М.А. Чумаевской, посвященная бактериальным болезням кормовых злаков [6], в 1986 г. – Т.М. Рыбалко и А.Б. Гукасян «Бактериозы хвойных в Сибири» [7]. Новейшая работа по бактериозам – монография В.В. Котлярова «Бактериальные болезни культурных растений» (2008 г.). Достаточно глубоко изучены исследователями наиболее вредоносные возбудители бактериозов овощных и технических культур, картофеля, сои, плодовых [8–12].

В настоящее время в России отмечают усиление вредоносности известных и появление новых агрессивных штаммов фитопатогенных бактерий на сельскохозяйственных культурах, а проявление бактериозов часто носит характер эпифитотий [12–15]. Эпифитотийное распространение бактериозов выявлено на посевах зерновых колосовых на юге России (до 70–100 %), Украине, в Липецкой, Курской, Орловской и других областях. В географию поражения бактериаль-

ными болезнями зерновых колосовых входят некоторые области Зауралья, районы зернопроизводства Сибири. С учетом развития эпифитотий прогнозы ущерба на будущее от прогрессирующего развития бактериозов достаточно серьезные, они могут привести к падению производства зерновых культур в мире на 30–70 % и снижению качества зерна [16].

На первом месте по экономическому ущербу остаются бактериозы овощных культур и картофеля, затем бактериозы технических культур, зернобобовых и зерновых. Широко распространены и вредоносны: сосудистый бактериоз капусты – возбудитель *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *X. arboricola*, черная бактериальная пятнистость томата и озимого рапса (*X. vesicatoria*), бактериальный рак томатов (*Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*) и сердцевинный некроз (*P. corrugata*), кольцевая гниль (*C. michiganensis* sbsp. *sepedonicus*), а также черная ножка картофеля – одно из наиболее вредоносных заболеваний картофеля, которое вызывает ряд бактерий из семейства Enterobacteriaceae, и др. [9, 15].

На зернобобовых культурах и особенно горохе заметный ущерб наносит *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*, на кормовых бобах возбудители красно-коричневой, черной и бурой пятнистостей – *Ps. syringae*, *Ps. s. vigna* var. *leguminophila*, *Bacillus mesentericus vulgatus* (бурая пятнистость) [3, 17]. Соя поражается несколькими бактериальными болезнями, наиболее вредоносными из которых являются бактериальный ожог (возбудитель – *Ps. syringae* pv. *glycinea*) и пустульный бактериоз (возбудитель – *Xanthomonas phaseoli*) var. *sojense* [18, 19].

Потери урожайности в зависимости от вида возбудителя бактериоза могут достигать до 100 %, при этом существенно ухудшаются технологические и кормовые качества продукции. Бактериозы снижают урожайность зерновых культур в 2 раза и более за счет уменьшения кустистости, длины колоса, его озерненности, массы 1000 семян. Использование инфицированного зерна на корм скоту приводит к падению продуктивности животноводства, а у человека – к проблеме ухудшения здоровья [5]. Кроме того, вредо-

носность бактериозов выражается в снижении транспирации, нарушении фотосинтетической деятельности, углеводного и азотистого обмена, изменении интенсивности дыхания растений [20]. Бактериозы сои вызывают снижение урожайности семян на 10,0–34,8 %, гороха до 70 % [18]. Все это свидетельствует о том, что бактериозы в настоящее время являются одной из серьезнейших проблем.

Причины широкого распространения, усиления вредоносности и появления новых бактериальных болезней разные: климатические, экономические факторы, а также недостаток профессиональной подготовки специалистов по защите растений, особенно в области современной диагностики и технологии защитных мероприятий [5, 16]. Большую роль в распространении бактериозов в последние годы играет изменение климатических условий, расширение зоны возделывания ряда сельскохозяйственных культур, выращивание их в новых регионах [21–25].

Новые виды фитопатогенов проникают и распространяются по территории России с посевным и посадочным материалом. Бактериозы в семействе крестоцветных (капустовых) культур были завезены на семенах рапса из Германии, Франции и других европейских и азиатских стран. В 2011 г. с картофелем, импортированным из Египта и Китая, была завезена карантинная бактерия *Ralstonia solanacearum* (бурая гниль). В течение последнего десятилетия в России обнаружено 4 новых возбудителя бактериозов картофеля, диагностика которых пока затруднена и меры борьбы не разработаны [8, 9].

Вредоносность бактериозов растений возрастает из-за нарушения агротехники, отсутствия своевременной диагностики фитопатогенных бактерий на семенах и посадочном материале, неправильно разработанной системы земледелия и мер защиты, например как использование малоэффективных против бактериозов фунгицидов. Переход к минимальной и нулевой обработке почвы вызвал массовое появление *Pseudomonas syringae*, аэробной бактерии – возбудите-

ля бактериоза зерновых культур [15]. Экологических ниш для сохранения возбудителей бактериозов растений при неблагоприятных или экстремальных условиях среды, как выявили результаты последних исследований, достаточно много: около 40 % бактерий популяции *Pseudomonas syringae* находится в мировом океане, представители этого вида бактерий обнаружены в органах пищеварения человека, часто бактерии сохраняются на многолетних сорняках [26–28].

Причиной появления новых бактериозов является и смена генетического состава популяции возбудителя. В последние годы появились данные о латеральном переносе генов и обмене генетическим материалом среди микробных сообществ [29, 30]. Так, капустовые поражаются многими фитопатогенами, и один из наиболее вредоносных организмов – бактерия *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, вызывающая сосудистый бактериоз. Установлено, что в последние годы структура популяции возбудителя изменилась в сторону высокой вирулентности, что способствует повышению адаптационной способности этих бактерий к новому кругу растений-хозяев и условиям существования [10, 31]. Геном растения-хозяина достаточно консервативен и изменения идут в нем медленно, в то время как геном микроорганизма динамичен, быстро реагирует на изменения внешней среды [32–34].

По мнению исследователей, традиционные лабораторные методы не могут дать объективную информацию о видах фитопатогенных бактерий, необходимы молекулярные или иммунологические методы диагностики [12]. Новые методы диагностики бактериозов приводят к пересмотру систематики родов, представители которых вызывают особо вредоносные болезни. Так, было изменено название патогенов, вызывающих «черную ножку» на картофеле. По последним данным, виды *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, *Er. carotovora* subsp. *carotovora*, *Er. chrysanthemi* pv. *dianthicola*, *Er. chrysanthemi* pv. *dadantii*, *Er. carotovora* subsp. *wasabiae*, *Er. carotovora* subsp. *brasiliensis* получили современное название *Pectobacterium atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *Carotovo-*

rum, *Dickeya dianthicola*, *D. dadantii*, *D. solani* sp. No, *Pect. wasabiae*, *Pect. subsp. Brasiliensis* соответственно [9].

Большую опасность для растениеводства представляет появление смешанных инфекций, которые более сложны в диагностике и требуют применения препаратов комплексного действия. По мнению В.В. Котлярова, в России пик развития новых бактериальных болезней еще не достигнут, а основной проблемой в настоящее время является не столько распространение бактериозов, сколько отсутствие эффективных средств борьбы с ними [14].

В рамках современной стратегии защиты растений от болезней, в том числе бактериальных, исключительно важным является использование устойчивых сортов, агротехнических методов, малоопасных селективных пестицидов и применение биологических препаратов.

По мнению М.В. Горленко, развитие и конечный итог заболевания определяются характером взаимоотношений микроорганизма – возбудителя болезни; растения-хозяина; внешней среды, в которой протекает инфекционный процесс [3]. Современные методы борьбы с бактериозами должны учитывать особенности развития растений-хозяев, патогенных бактерий и их взаимодействие.

Одним из эффективных методов решения проблемы бактериозов является создание сортов, обладающих иммунитетом к бактериальным фитопатогенам. Н.И. Вавилов считал, что иммунитет связан с генетическими особенностями растений и является одним из решающих факторов устойчивости растений к паразитам [35]. Примером может служить создание озимой пшеницы «Юбилейная», которая устойчива к черному бактериозу. Создание таких сортов – сложная задача. Изменчивость бактерий может принимать опережающий характер и не позволяет селекционному материалу или уже созданному сорту быть постоянно устойчивым к патогену.

Важную роль в предотвращении заражения растения патогенами играет врожденный иммунитет. Он включает в себя три барьера:

структурный иммунитет, иммунитет, основанный на трансмембранных рецепторах и на внутриклеточных R-белках, а также индуцируемый барьер. Третий барьер направлен против патогенов, способных преодолеть второй барьер. Фитопатогенные бактерии могут подавлять как основной, так и индуцируемый иммунитет за счет секреции факторов вирулентности внутрь растительной клетки. Механизм такого подавления до сих пор еще четко не определен [36].

В Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, практически отсутствуют химические препараты бактерицидного действия. Химические вещества с эффективным бактерицидным действием были исключены из каталога в связи с их высокой токсичностью. Достаточной эффективностью из разрешенных в настоящее время препаратов обладают тирам-содержащие вещества и некоторые биологические средства борьбы против возбудителей бактериозов [37].

Для профилактики и лечения бактериозов применяют антибиотики. В настоящее время в России запрещено использование в растениеводстве антибиотиков, применяемых в медицинской практике. Для предотвращения возникновения резистентности возбудителей болезней к антибиотикам используют смеси антибиотиков и периодическую смену препаратов. Из отечественных антибиотиков для защиты растений наиболее распространен фитобактериомицин. На его основе в настоящее время производят биопрепарат Фитолавин-300 [38]. В практике защиты сельскохозяйственных культур от бактериозов рекомендуется чередование препаратов Фитолавин и Фитоплазмин. Действующие вещества Фитоплазмидина, как и Фитолавина, легко проникают в растения и циркулируют по их тканям, взаимодействуют с рибосомами патогенных бактерий, подавляя синтез белка и нарушая правильность считывания генетического кода возбудителей бактериозов [38, 39].

В Краснодарском крае для борьбы с бактериозом зерновых применяется четырехкомпонентная биологизированная система

защиты с применением антибиотика Фитолавин-300, позволяющая максимально снизить потери урожая от этих болезней [27]. Против возбудителей ряда бактериозов растений применяли сочетание антибиотиков с препаратом серебра Зерокс. Выявлен эффект синергизма действия антибиотика и препарата Зерокс в отношении штаммов, устойчивых к действию антибиотиков [40].

Основной недостаток применения антибиотиков состоит в том, что у бактерий быстро развивается устойчивость к ним, а сами антибиотики попадают в организм человека и животных при употреблении в пищу обработанных ими продуктов [41, 42]. В качестве альтернативы антибиотикам рассматривается использование и фитоалексинов растений, естественных бактерицидов, которые продуцируют бактерии, грибы и вирусы.

Особый интерес в качестве стратегии подавления бактериальных болезней вызывает в последнее время механизм *quorum sensing* (QS). Он основан на действии низкомолекулярных сигнальных молекул различной природы, аутоиндукторов, которые накапливаются в культуре при высокой плотности популяции и оказывают влияние на экспрессию вирулентных факторов. Одним из аспектов стратегии их подавления является поиск ингибиторов системы QS. «Антикворумные» препараты многими исследователями рассматриваются как альтернатива антибиотикам, как новое поколение препаратов будущего. Исследования в этом направлении в основном пока проводятся в рамках *in vitro*. Существенную роль в нарушении работы механизма QS могут играть и бактериофаги. Для защиты саженцев плодовых от поражения бактериальным ожогом рекомендуется использовать бактериофаги 60фСy1-а в определенной концентрации [42, 43].

В условиях защищенного грунта для контроля бактериозов используют микробные препараты на микробах-заместителях для разложения пожнивных остатков и санации почвы с целью удаления бактериальных инфекций. В качестве биологического метода обеззараживания почв используют микробов-антагонистов, которые вносят в почву

или создают условия, благоприятные для роста, развития, накопления и активной их деятельности. Использование бактериальных антагонистов основано на механизме антибиоза, который регулирует взаимоотношение полезных и вредных микроорганизмов. В данном случае происходит ограничение развития популяции фитопатогена и снижение ее вредоносности.

В настоящее время в различных странах ведется поиск и разработка новых препаратов на основе природных антагонистов фитопатогенов, преимущественно из числа почвенной микрофлоры. Бактериальные препараты против болезней растений производятся в основном на основе родов *Pseudomonas* и *Bacillus* [37, 38].

Проблема защиты сельскохозяйственных культур от бактериозов усугубляется сравнительно небольшим ассортиментом средств защиты растений. Например, среди разрешенных в России препаратов для протравливания семян их менее десяти: ТМТД, Альбит, биопрепараты на основе *B. subtilis*: Фитоспорин М, Бактофит, Гамаир, Бисолби-Сан и антибиотик Фитолавин [44].

Проблема эффективной борьбы с бактериальными фитопатогенами в настоящее время становится все более актуальной. Это связано с появлением и развитием новых штаммов бактерий, обладающих множественной резистентностью к большинству используемых антибиотиков и пестицидов. Органические химические пестициды способны воздействовать лишь на узкий спектр клеточных мишеней **патогена**. Возбудители бактериозов, микроорганизмы с высокой фенотипической и генотипической изменчивостью имеют возможность вырабатывать механизмы ферментативной или иной дезактивации воздействующих на них молекул и в результате естественного отбора вытеснять штаммы, чувствительные к действию пестицидов. Особенно актуальна необходимость проведения молекулярных или иммунологических методов определения видов бактерий в специализированных лабораториях, усовершенствование методов диагностики и поиск эффективных приемов защиты от бактериальных инфекций, по

крайней мере на основных сельскохозяйственных культурах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Израильский В.П.** Бактериальные болезни растений. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 468 с.
2. **Израильский В.П.** Руководство для изучения бактериальных болезней растений // Общие вопросы. – М.: Колос, 1968. – 343 с.
3. **Горленко М.В.** Бактериальные болезни растений (основы учения о бактериозах растений). – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1966. – 292 с.
4. **Желдакова Р.А., Мямин В.Е.** Фитопатогенные микроорганизмы. – Минск: БГУ, 2006. – 116 с.
5. **Котляров В.В.** Бактериальные болезни культурных растений. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 325 с.
6. **Чумаевская М.А.** Бактериальные болезни кормовых злаков. – М.: изд-во МГУ, 1977. – 104 с.
7. **Рыбалко Т.М., Гукасян А.Б.** Бактериозы хвойных Сибири. – Новосибирск: Наука, 1986. – 84 с.
8. **Игнатов А.Н., Джалилов Ф.С., Карлов А.Н., Карандашов В.Е., Князькина М.С., Пехтерева Э.Ш.** Распространение возбудителей бактериозов картофеля в Российской Федерации // Защита картофеля. – 2014. – № 1. – С. 49.
9. **Ерохова М.Д.** «Черная ножка» и бактериальная мягкая гниль картофеля: факты и новейшие сведения // Защита картофеля. – 2016. – № 2. – С. 31–33.
10. **Во Тхи Нгок Ха, Джалилов Ф.С., Виноградова С.В., Кырова Е.И., Игнатов А.Н.** Генетическое разнообразие возбудителя сосудистого бактериоза в России: полиморфизм ПЦР фрагментов // Защита картофеля. – 2014. – № 2. – С. 21–25.
11. **Рожкован В.** Бактериальный ожог гороха // Сельское хозяйство Молдавии. – 1980. – № 9. – С. 24–25.
12. **Игнатов А.Н., Пунина Н.В., Матвеева Е.В., Корнев К.П., Пехтерева Э.Ш., Политько В.А.** Новые возбудители бактериозов и прогноз их распространения в России // Защита и карантин растений. – 2009. – № 4. – С. 38–41.
13. **Матвеева Е.В., Политько В.А., Пехтерева Э.Ш. и др.** Новые бактериальные болезни зерновых в Российской Федерации // Сб. тр. ВНИИФ (юбилейный) «50 лет на страже продовольственной безопасности страны». – Большие Вяземы, 2008. – С. 172–179.

14. **Котляров В.В.** Бактериальные болезни растений – глобальная проблема современности // Материалы Всерос. научн.-практ. конф. – Краснодар. 2009. – С. 75.
15. **Игнатов А.Н., Лазарева А.М.** Распространение возбудителей опасных бактериозов растений в Российской Федерации: реальность опережает прогноз // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: III Всероссийский съезд по защите растений. – СПб., 2013. – С. 240–242.
16. **Игнатов А.Н., Князев А.Н., Виноградова С.В.** Бактериозы в России: угроза реальна // Защита и карантин растений. – 2012. – № 6. – С. 16–17.
17. **Бельтюкова К.И., Королева И.Б., Мурас В.А.** Бактериальные болезни зернобобовых культур. – Киев: Наук. думка, 1974. – 340 с.
18. **Заостровных В.И., Дубовицкая Л.К.** Вредные организмы сои и система фитосанитарной оптимизации ее посевов. – Новосибирск, 2003. – 528 с.
19. **Горобей И.М., Коняева Н.М., Ашмарина Л.Ф.** Бактериальный ожог на сортах и сортообразцах сои в условиях северной лесостепи Западной Сибири // Аграрные проблемы соеяющих территорий Азиатско-Тихоокеанского региона: сб. науч. тр. / РАСХН. Дальневосточный регион. науч. центр. ГНУ ВНИИ сои. – Благовещенск: ПККИ «Зея», 2011. – С. 132–134.
20. **Рубин Б.А., Арциховская Е.В.** Биохимия и физиология иммунитета растений: изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1975. – 320 с.
21. **Полішук С.В.** Шкодочинність бактеріальних хвороб сої // Землеробство. – 2008. – Вып. 80-К. – 140 с.
22. **Campbell A.H., Harder T., Nielsen S., Kjelleberg S.** Climate change and disease: bleaching of a chemically defended seaweed // Global Change Biology. – 2011. – Vol. 17, N 9. – P. 2958–2970.
23. **Chakraborty S.** Climatic change and multitrophic interactions in soil: the primacccy of plants and functional domains // Global Change Biology. – 2012. – Vol. 18, N 7. – P. 2111–2125.
24. **Chakraborty S.** Migrate or evolve: options for plants pathogens under climate change // Global Change Biology. – 2013. – Vol. 19, N 7. – P. 1985–2000.
25. **Горобей И.М., Коняева Н.М.** Болезни зернобобовых культур и их фитосанитарный контроль в Западной Сибири. – Новосибирск, 2014. – 163 с.
26. **Amin S.A., Parker M.S., Armbrust E.V.** Interactions between diatoms and bacteria // Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 2012. – Vol. 76, N 3. – P. 667–684.
27. **Котляров Д.В.** Совершенствование способов защиты зерновых колосовых культур от бактериозов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Краснодар, 2010. – 26 с.
28. **Яковлева Л.М., Патыка В.Ф., Щербина Т.Н., Савенко Е.А.** Видовой состав возбудителей бактериозов хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) // Мікробіол. журн. – 2012. – Т. 74, № 3. – С. 29–35.
29. **Skipington E., Ragan M.A.** Lateral genetic transfer and the construction of genetic exchange communities // FEMS Microbiology Reviews. – 2011. – Vol. 35, N 5. – P. 707–735.
30. **Во Тхи Нгок Ха, Джалилов Ф.С., Мазурин Е.С., Кырова Е.И., Виноградова С.В., Шаад Н.В., Ластер Д., Игнатов А.Н.** Распространение нового генотипа *Xanthomonas campestris* pv. в России в 2012 г. // Защита картофеля. – 2014. – № 2. – С. 28–30.
31. **Zilber-Rosenberg I., Rosenberg E.** Role of microorganisms in the evolution of animals and plants: the hologenome theory of evolution // FEMS Microbiology Reviews. – 2008. – Vol. 32, N 5. – P. 723–735.
32. **Rosenberg E., Sharon G., Atad I., Zilber-Rosenberg I.** The evolution of animals and plants via symbiosis with microorganisms // Environmental Microbiology Reports. – 2010. – Vol. 2, N 4. – P. 500–506.
33. **Boon E., Meehan C.J., Whidden C.C., Wong D. H.-J., Langille M.G.I., Beiko R.G.** Interactions in the microbiome: communities of organisms and communities of genes // FEMS Microbiology Reviews. – 2014. – Vol. 38, N 1. – P. 90–118.
34. **Rosenberg E., Zilber-Rosenberg I.** Genetic variation and evolution of holobionts // Intern. Conf. on Holobionts (Paris, France April 19–21, 2017). – [Электронный ресурс]: conference-holobionts-19-21-avril-2017-paris.
35. **Вавилов Н.И.** Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. – М.: Наука, 1986. – 375 с.
36. **Мокрякова М.В.** Участие пептидил-пролил-цис/транс изомераз *Arabidopsis thaliana* во взаимодействии растения-хозяина с патогеном: атореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2013. – 23 с.

37. Штерншис М.В., Джалилов Ф.С.-У., Андреева И.В., Томилова О.Г. Биологическая защита растений. – М.: Колос, 2004. – 264 с.
38. Алексеева К.Л., Борисова И.П. Применение Фитолавина и Фитоплазмина против бактериальных болезней овощных культур // Вестн. овощевода. – 2012. – № 32. – С. 19–21.
39. Смирнова О.Н., Сметанина Л.Г., Алексеева К.Л. Эффективность Фитоплазмина против прикорневой бактериальной гнили огурца // Защита картофеля. – 2012. – № 2. – С. 108–109.
40. Ходыкина М.В., Политько В.А., Кырова Е.И., Крутяков Ю.А., Жеребин П.М., Игнатов А.Н. Антибактериальная активность антибиотиков в сочетании с препаратом серебра «Зерокс» против возбудителей ряда бактериозов растений // Защита картофеля. – 2012. – № 2. – С. 84–87.
41. Duffy B. et al. Environmental monitoring of antibiotic resistance and impact of streptomycin use on orchard bacterial communities // Acta Hort. (ISHS). – 2011. – Vol. 896. – P. 483–488.
42. Zhou Y., Choi Y., Sun M. Novel roles of *Bacillus thuringiensis* to control plant diseases // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2008. – Vol. 80. – P. 563–572.
43. Самойлова А. Применение бактериофагов *Erwinia amylovora* против бактериального ожога плодовых культур: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Казань, 2016. – 109 с.
44. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М., 2017. – Ч. 1. – 936 с.
7. Rybalko T.M., Gukasyan A.B. Bakteriozy khvoynykh Sibiri. – Novo-sibirsk. Nauka, 1986. – 84 с.
8. Ignatov A.N., Dzhililov F.S., Karlov A.N., Karandashov V.E., Knyaz'kina M.S., Pekhtereva E.Sh. Rasprostranenie vozбудitelei bakteriozov kartofelya v Rossiiskoi Federatsii // Zashchita kartofelya. – 2014. – №1. – С. 49.
9. Erokhova M.D. «Chernaya nozhka» i bakterial'naya myagkaya gnii' kartofelya: fakty i noveishie svedeniya // Zashchita kartofelya. – 2016. – № 2. – С. 31–33.
10. Vo Tkhi Ngok Kha, Dzhililov F.S., Vinogradova S.V., Kyrova E.I., Ignatov A.N. Geneticheskoe raznoobrazie vozбудitelya sosudistogo bakterioza v Rossii: polimorfizm PTsR fragmentov // Zashchita kartofelya. – 2014. – № 2. – С. 21–25.
11. Rozhkovan V. Bakterial'nyi ozhog gorokha // Sel'skoe khozyaistvo Moldavii. –1980. – №9. – С. 24–25.
12. Ignatov A.N., Punina N.V., Matveeva E.V. Kornev K.P., Pekhtereva E.Sh., Polityko V.A. Novye vozбудiteli bakteriozov i prognoz ikh rasprostraneniya v Rossii // Zashchita i karantin rastenii. – 2009. – № 4. – С. 38–41.
13. Matveeva E.V., Polityko V.A., Pekhtereva E.Sh. i dr. Novye bakterial'nye bolezni zernovykh v Rossiiskoi Federatsii. // Sb. tr. VNIIF (yubileinyi) «50 let na strazhe prodovol'stvennoi bezopasnosti strany». – Bol'shie Vyazemy. 2008. – С. 172–179.
14. Kotlyarov V.V. Bakterial'nye bolezni rastenii global'naya problema sovremennosti // Bakterial'nye bolezni rastenii — global'naya problema sovremennosti. Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Krasnodar. –2009. – С. 75.
15. Ignatov A.N., Lazareva A.M. Rasprostranenie vozбудitelei opasnykh bakteriozov rastenii v Rossiiskoi Federatsii: real'nost' operezhaet prognoz // Fitosanitarnaya optimizatsiya agroekosistem: III Vserossiiskii s"ezd po zashchite rastenii. – SPb, 2013. – С. 240 – 242.
16. Ignatov A.N., Knyazev A.N., Vinogradova S.V. Bakteriozy v Rossii: ugroza real'na // Zashchita i karantin rastenii. – 2012. – №6. – С. 16–17.
17. Bel'tyukova K.I., Koroleva I.B., Muras V.A. Bakterial'nye bolezni zernobobovykh kul'tur. – Kiev: Nauk. dumka, 1974. – 340 с
18. Zaostrovnykh V.I., Dubovitskaya L.K. Vrednye organizmy soi i sistema fitosanitarnoi optimizatsii ee posevov. – Novosibirsk. – 2003. – 528 с.
19. Gorobei I.M., Konyaeva N.M., Ashmarina L.F. Bakterial'nyi ozhog na sortakh i sortoobraztsakh soi v usloviyakh severnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri // Agrarnye problemy soeseyushchikh

REFERENCES

1. Izrail'skii V.P. Bakterial'nye bolezni rastenii. – М.: Sel'khozgiz, 1960. – 468 с. 2. Izrail'skii V.P. Rukovodstvo dlya izucheniya bakterial'nykh boleznei rastenii. Obshchie voprosy. – М.: Kolos, 1968. – 343 с.
3. Gorlenko M.V. Bakterial'nye bolezni rastenii (osnovy ucheniya o bakte-riozakh rastenii). – 3-e izd. pererab. i dop. – М.: Vyssh. shk., 1966. – 292 с.
4. Zheldakova R.A., Myamin V.E. Fitopatogennyye mikroorganizmy. – Minsk: BGU, 2006. – 116 с.
5. Kotlyarov V.V. Bakterial'nye bolezni kul'turnykh rastenii. – Krasnodar: KubGAU, 2008. – 325 с.
6. Chumaevskaya M.A. Bakterial'nye bolezni kormovykh zlakov. – М.: izd-vo Mosk. un-ta, 1977. – 104 с.

- территории Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona: sb. nauch. tr. / RASKhN. Dal'nevostochnyi region. nauch. tsentr. GNU VNII soi. – Blagoveshchensk: PKI «Zeya», 2011. – S. 132–134.
20. **Rubin B.A., Artsikhovskaya E.V.** Biokhimiya i fiziologiya immuniteta rastenii. Izd. 3-e, pererab. i dop. M.: Vysshaya shkola, 1975. – 320 s.
21. **Polishchuk S.V.** Shkodochinnist' bakterial'nykh khvorob soi // Zemlerobstvo. – 2008, vyp.80-K. – 140 s.
22. **Campbell A.H., Harder T., Nielsen S., Kjelleberg S.** Climate change and disease: bleaching of a chemically defended seaweed // Global Change Biology. – 2011. – Vol.17, №9. – P. 2958–2970.
23. **Chakraborty S.** Climatic change and multitrophic interactions in soil: the primacy of plants and functional domains // Global Change Biology. – 2012. – Vol.18, №7. – P. 2111–2125.
24. **Chakraborty S.** Migrate or evolve: options for plants pathogens under climate change // Global Change Biology. – 2013. – Vol.19, N 7. – P. 1985–2000.
25. **Gorobei I.M., Konyaeva N.M.** Bolezni zernobovyykh kul'tur i ikh fitosanitarnyi kontrol' v Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk, 2014. – 163 s.
26. **Amin S.A., Parker M.S., Armbrust E.V.** Interactions between diatoms and bacteria // Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 2012. – Vol.76, N 3. – P. 667–684.
27. **Kotlyarov D.V.** Sovershenstvovanie sposobov zashchity zernovykh kolosovykh kul'tur ot bakteriozov: avtoref. dis. ...kand. biol. nauk. – Krasnodar, 2010. – 26 s.
28. **Yakovleva L.M., Patyka V.F., Shcherbina T.N., Savenko E.A.** Vidovoi sostav vzbuditelei bakteriozov khvoshcha polevogo (Equisetum arvense L.) // Mikrobiol. zhurn. – 2012. – T. 74, № 3. – S. 29–35.
29. **Skipington E., Ragan M.A.** Lateral genetic transfer and the construction of genetic exchange communities // FEMS Microbiology Reviews. – 2011. – Vol. 35, N 5. – P. 707–735.
30. **Vo Tkhi Ngok Kha, Dzhalilov F.S., Mazurin E.S., Kyrova E.I., Vinogradova S.V., Shaad N.V., Laster D., Ignatov A.N.** Rasprostranenie novogo genotipa Xanthomonas campestris pv. v Rossii v 2012 g. // Zashchita kartofelya. – 2014. – № 2. – S. 28–30.
31. **Zlber-Rosenberg I., Rosenberg E.** Role of microorganisms in the evolution of animals and plants: the hologenome theory of evolution // FEMS Microbiology Reviews. – 2008. – Vol. 32, N 5. – P. 723–735.
32. **Rosenberg E., Sharon G., Atad I., Zlber-Rosenberg I.** The evolution of animals and plants via symbiosis with microorganisms // Environmental Microbiology Reports. – 2010. – Vol. 2, N 4. – P. 500–506.
33. **Boon E., Meehan C. J., Whidden CC., Wong D. H.-J., Langille M.G.I., Beiko R.G.** Interactions in the microbiome: communities of organisms and communities of genes // FEMS Microbiology Reviews. – 2014. – Vol. 38, N 1. – P. 90–118.
34. **Rosenberg E., Zlber-Rosenberg I.** Genetic variation and evolution of holobionts // Intern. Conf. on Holobionts (Paris, France April 19–21, 2017) – [Elektronnyi resurs]:<http://epsoweb.org/event/international-conference-holobionts-19-21-avril-2017-paris>.
35. **Vavilov N.I.** Immunitet rastenii k infektsionnym zabolevaniyam. – M.: Nauka, 1986. – 375 s.
36. **Mokryakova M.V.** Uchastie peptidil-prolil tsis/trans izomeraz Arabidopsis thaliana vo vzaimodeistvii rasteniya-khozyaina s patogenom: vtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – M., 2013. – 23 s.
37. **Shternshis M.V., Dzhalilov F.S.-U., Andreeva I.V., Tomilova O.G.** Biologicheskaya zashchita rastenii – M.: Kolos. – 2004. – 264 c.
38. **Alekseeva K.L., Borisova I.P.** Primenenie fitolavina i fitoplazmina protiv bakterial'nykh boleznei ovoshchnykh kul'tur // Vestn. ovoshchevoda. – 2012. – № 32. – S. 19–21.
39. **Smirnova O.N., Smetanina L.G., Alekseeva K.L.** Effektivnost' fitoplazmina protiv prikornevoi bakterial'noi gnili ogurtsa // Zashchita kartofelya. – 2012. – № 2. – S. 108–109.
40. **Khodykina M.V., Polityko V.A., Kyrova E.I., Krutyakov Yu.A., Zherebin P.M., Ignatov A.N.** Antibakterial'naya aktivnost' antibiotikov v sochetanii s preparatom srebra «Zerox» protiv vzbuditelei ryada bakteriozov rastenii // Zashchita kartofelya. – 2012. – №2. – S.84–87.
41. **Duffy B. et al.** Environmental monitoring of antibiotic resistance and impact of streptomycin use on orchard bacterial communities // Acta Hort. (ISHS). – 2011. – Vol.896. – P.483–488.
42. **Zhou Y., Choi Y., Sun M.** Novel roles of Bacillus thuringiensis to control plant diseases // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2008. – Vol.80. – P. 563–572.
43. **Samoilova A.** Primenenie bakteriofagov Erwinia amylovora protiv bakterial'nogo ozhoga plodovykh kul'tur: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – Kishenev, 2016. – 109 s.
44. **Gosudarstvennyi katalog pestitsidov i agrokhimikатов, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiiskoi Federatsii.** – M., 2017. – Chast' I. – 936 s.

**THE PROBLEM OF BACTERIOSES IN PLANTS
AND APPROACHES TO SOLVING IT**

**I.M. GOROBAY, Doctor of Science in Agriculture, Laboratory Head,
G.M. OSIPOVA, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher**

Siberian Research Institute of Fodder Crops, SFSCA RAS

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: gorobey_i@mail.ru, osip@ngs.ru

The condition of bacteriosis problem in agricultural crops in Russia was analysed based on the literature data. At present in Russia the harmfulness of known strains of phytopathogenic bacteria is observed to intensify, new aggressive ones emerge, and bacterioses show themselves as epiphytotic. Yield losses can reach up to 100 percent; technological and feed qualities of crop products decrease. There are shown the causes of emerging new bacterial diseases and their spreading: changing climatic conditions, expanding the cultivation area of agricultural crops, growing them in new regions. The protection methods are considered, which include a complex of agricultural methods, the selection of resistant varieties, the use of low-hazard selective pesticides and biological preparations. Particular emphasis is placed on the problem of resistance of bacterial pathogens to protective agents, a very small assortment of plant protection products, and the urgency of improving the diagnostic methods, conducting molecular and immunological examinations to determine bacteria species, and searching for effective plant protection techniques against bacterial infections.

Keywords: bacterial diseases of plants, yield, crop protection products, antibiotics, biological preparations.

Поступила в редакцию 14.06.2017
