

Влияние бактерий *Bacillus* spp. на возбудителя серой гнили земляники и устойчивость растения к болезни

М. В. ШТЕРНШИС, А. А. БЕЛЯЕВ, Т. В. ШПАТОВА, А. А. ЛЕЛЯК

Новосибирский государственный аграрный университет
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160
E-mail: shternshis@mail.ru

Статья поступила 26.09.2014

Принята к печати 07.10.2014

АННОТАЦИЯ

Изучено влияние сибирских штаммов бактерий *Bacillus* spp. на возбудителя серой гнили земляники садовой и устойчивость растения к болезни в условиях трех сезонов, различных по погодным условиям. Бактериальные штаммы *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* и *B. licheniformis* подавляли развитие фитопатогенного гриба *B. cinerea* *in vitro* и *in vivo*. Помимо антифунгального действия бактериальные штаммы оказывали положительное влияние на рост и развитие растений земляники, что указывает на проявление полифункциональных свойств сибирских штаммов *Bacillus* spp.

Ключевые слова: растения земляники, фитопатогенный гриб, серая гниль, биологический контроль, бактериальные штаммы, полифункциональные свойства.

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) – одна из наиболее распространенных ягодных культур в разных географических ареалах и, в частности, в Сибири. Продуктивность культуры в большой степени зависит от экологических связей растений с фитопатогенными микроорганизмами, обитающими в агроценозе, из которых наиболее значим возбудитель серой гнили *Botrytis cinerea* Pers ex Fr. [Ильин, 2007; Williamson et al., 2007; Donmez et al., 2011]. Естественными регуляторами численности этого гриба служат природные микробы-антагонисты грибной или бактериальной природы родов *Trichoderma*, *Pseudomonas* и *Bacillus* [Helbig,

Vochow, 2001; Freeman et al., 2004; Храбрых и др., 2007; Essghaier et al., 2009; Nag-gag, Soud, 2012]. Биологические препараты на основе таких природных штаммов являются экологически безопасной альтернативой использованию химических фунгицидов, применение которых ведет к загрязнению почвы и водоемов и накоплению токсичных остатков в плодах [Rabolle et al., 2006; Myresiotis et al., 2007; Штерншис, 2012]. Исследованиями российских и зарубежных ученых показано, что некоторые штаммы бактерий-антагонистов рода *Bacillus* могут не только осуществлять ограничение численности возбудителей болезней растений, но также ока-

зывать положительное влияние на рост и развитие растения-хозяина фитопатогена, в том числе земляники [Новикова, 2005; Adesemoye et al., 2008; Pirlak, Köse, 2009; Santoyo et al., 2012; Sarhan, Shahato, 2014]. Возможность проявления полифункционального действия местных штаммов-антагонистов возбудителей болезней растений как потенциальной основы экологически безопасных препаратов требует изучения взаимодействий в системе триотрофа в конкретных географических условиях. Изучение взаимодействий в системе триотрофа “растения земляники – возбудитель серой гнили – микробный антагонист” особенно важно в Сибири в связи с коротким вегетационным периодом, не позволяющим растениям полностью восстановиться после химического стресса. Проявление одновременного супрессивного влияния антагонистических штаммов на фитопатогенный гриб и на стимуляцию роста и развития его растения-хозяина усиливает роль аборигенных штаммов антагонистов в повышении устойчивости растения к неблагоприятным факторам среды.

Цель исследования – изучить влияние сибирских штаммов бактерий *Bacillus* spp. на возбудителя серой гнили (гриб *B. cinerea*) и на растение-хозяина (земляника садовая) для выявления возможных полифункциональных свойств местных штаммов бацилл.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследовали растения земляники садовой сорта Юния Смайдс, возбудителя серой гнили *B. cinerea*, выделенного из инфицированных растений, а также три штамма *Bacillus* spp. Бактериальные штаммы *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10 641, *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10 642 и *Bacillus licheniformis* ВКПМ В-10 562 изолированы из лесных почв Новосибирской обл. и зарегистрированы во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ). Оценку антагонистической активности бактериальных штаммов *in vitro* проводили модифицированным методом агаровых блоков и выражали в виде ингибирующей активности [Соколова, 1995]. Три бактериальных штамма выращивали на картофельно-декстрозном агаре (КДА) 48 ч при

25 °С в чашках Петри. В центр чашек, инокулированных бактериальными штаммами, помещали блок с *B. cinerea* (диаметром 10 мм). Предварительно *B. cinerea* выращивали на КДА. Чашки инкубировали при 25 °С 7–14 дней, регистрируя диаметр колоний гриба. Контролем служили чашки Петри без инокуляции бактериальными штаммами. Наблюдения вели через 3, 5 и 7 дней. Каждая бактериальная суспензия испытывалась в трех концентрациях – 10⁴, 10⁵ и 10⁶ КОЕ/мл. Ингибирующую активность (ИА, %) вычисляли по формуле:

$$ИА = \frac{D_k - D_o}{D_k} \times 100,$$

где D_k – диаметр колоний *B. cinerea* в контроле, D_o – диаметр колоний *B. cinerea* в опыте (см).

Полевые наблюдения и опыты проводили на экспериментальных участках земляники, расположенных в Новосибирском районе Новосибирской обл. (55°1' с. ш., 82°55' в. д.) в 2011–2013 гг. В 2011–2012 гг. средняя температура воздуха составила 21,5 °С с относительной влажностью воздуха 40–45 %, а в 2013 г. соответствующие величины составляли 19,2 °С и 85–90 %. Эксперименты по опрыскиванию растений второго года жизни бактериальными штаммами осуществляли в четырех повторностях. Площадь каждой повторности составляла 4 м², включая 20 растений. Концентрация суспензии каждого штамма – 10⁵ КОЕ/мл. Обработку проводили за 3–5 дней до первого сбора ягод ручным опрыскивателем из расчета 50 мл/м². Количество ягод на растениях подсчитывали через две недели после опрыскивания. Биологическую эффективность влияния штаммов рассчитывали по формуле:

$$БЭ (\%) = \frac{P_k - P_o}{P_k} \cdot 100,$$

где P_k – распространенность болезни в контроле, %, P_o – распространенность болезни в опыте.

Эксперименты по обработке корневой системы саженцев земляники первого года жизни бактериальными штаммами проводили перед посадкой растений. Корневую систему рассады замачивали в бактериальной суспензии той же концентрации в течение 2 ч. Рас-

саду высаживали в начале июня, а измерения параметров роста и развития растений проводили в конце сентября каждого года. Опыт повторяли 4 раза, площадь каждой повторности 4,5 м², где располагалось по 25 растений. Ростостимулирующий эффект трех бактериальных штаммов оценивали по параметрам высоты растений, массы и длины корневой системы и количеству усов земляники (столонов).

Статистическую обработку данных лабораторных и полевых экспериментов проводили стандартными методами с использованием MS Excel и программы SNEDECOR для Windows. Данные сравнивали путем расчета НСР₀₅.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В лабораторных условиях тестируемые штаммы *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* и *B. licheniformis* подавляли рост фитопатогенного гриба *B. cinerea* при использовании концентраций от 10⁴ до 10⁶ КОЕ/мл (табл. 1, рис. 1–4). Для *B. licheniformis* значительная ингибирующая активность (до 70 %) наблюдалась только при наивысшей концентрации (10⁶ КОЕ/мл) (см. рис. 3). Два других штамма продемонстрировали достаточный уровень ингибирования роста *B. cinerea* при взаимодействии с фитопатогенным грибом во всех

используемых концентрациях. Наиболее высокий уровень ингибирования наблюдали при использовании *B. subtilis*. Подавление роста гриба *B. cinerea* бактериальным штаммом *B. subtilis* показано на рис. 4. Максимальная концентрация суспензии из трех используемых полностью подавляла рост фитопатогена. Эти результаты находятся в соответствии с результатами других авторов, показавших *in vitro* подавление роста гриба *B. cinerea* при взаимодействии с бактериями рода *Bacillus*, выделенными в других географических ареалах [Hang et al., 2005; Wang et al., 2012; Ji et al., 2013].

Данные лабораторных опытов подтверждены результатами полевых экспериментов в 2011–2013 гг. по опрыскиванию растений земляники бактериальной суспензией *Bacillus* spp. на естественном фоне их инфицирования грибом *B. cinerea* (табл. 2, рис. 5). В 2011 и 2012 гг. температура и относительная влажность воздуха оставались одинаковыми. Относительно низкая влажность воздуха (менее 50 %) не стимулировала развития грибной инфекции, поэтому наблюдаемая величина распространенности болезни в контрольном варианте достигала лишь 5,7–6,2 %. Тем не менее опрыскивание растений земляники бактериальной суспензией штаммов в целом приводило к значительному снижению развития болезни. В 2013 г. произошло

Т а б л и ц а 1

Влияние бактериальных штаммов рода *Bacillus* на рост фитопатогенного гриба *B. cinerea in vitro*

| Вариант | Концентрация, КОЕ/мл | Диаметр колонии, см | | |
|---|----------------------|---------------------|---------|---------|
| | | 3-и сут | 5-е сут | 7-е сут |
| Контроль | | 2,8 | 9,0 | 9,0 |
| <i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10 641 | 10 ⁴ | 1,6 | 2,0 | 2,0 |
| <i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10 641 | 10 ⁵ | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| <i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10 641 | 10 ⁶ | 1,1 | 1,3 | 1,3 |
| <i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10 642 | 10 ⁴ | 1,8 | 4,1 | 2,9 |
| <i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10 642 | 10 ⁵ | 1,6 | 3,4 | 2,5 |
| <i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10 642 | 10 ⁶ | 1,7 | 3,6 | 2,5 |
| <i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10 562 | 10 ⁴ | 2,8 | 6,9 | 8,1 |
| <i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10 562 | 10 ⁵ | 3,0 | 7,3 | 7,5 |
| <i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10 562 | 10 ⁶ | 2,7 | 2,9 | 2,8 |
| НСР ₀₅ по вариантам | | | 0,1 | |
| НСР ₀₅ по концентрации | | | 0,1 | |
| НСР ₀₅ по срокам | | | 0,1 | |

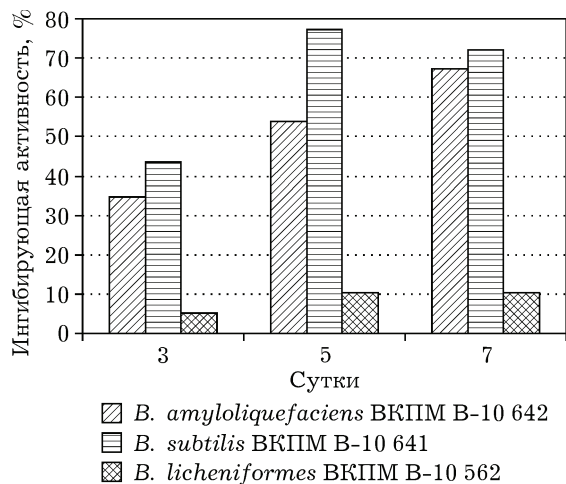


Рис. 1. Влияние штаммов *Bacillus* (10^4 КОЕ/мл) на рост *V. cinerea* в чашках Петри

существенное увеличение относительной влажности воздуха (более 80 %). Это привело к развитию болезни на необработанных растениях (выше 30 %). В результате взаимодействия возбудителя заболевания с применяемыми бактериальными штаммами распространенность болезни значительно снизилась (см. табл. 2), а биологическая эффективность использования антагонистов составила более 50 % для штамма *B. licheniformis* и более 60 % для двух других штаммов (см. рис. 5). Следует отметить, что штамм *B. subtilis*, показавший наибольшую антагонистическую активность в лабораторных условиях, обнаружил самую высокую степень подавления

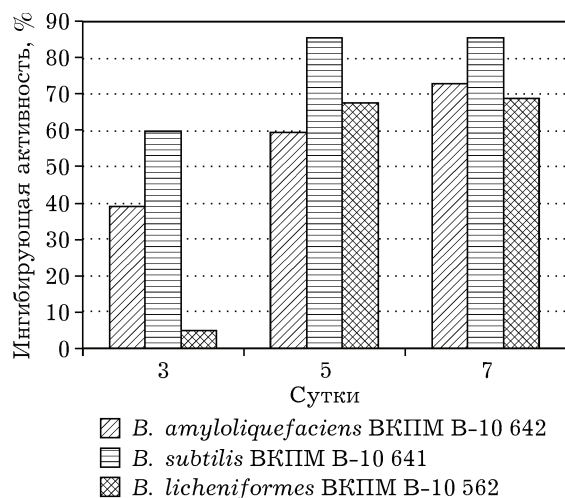


Рис. 3. Влияние штаммов *Bacillus* (10^6 КОЕ/мл) на рост *V. cinerea* в чашках Петри

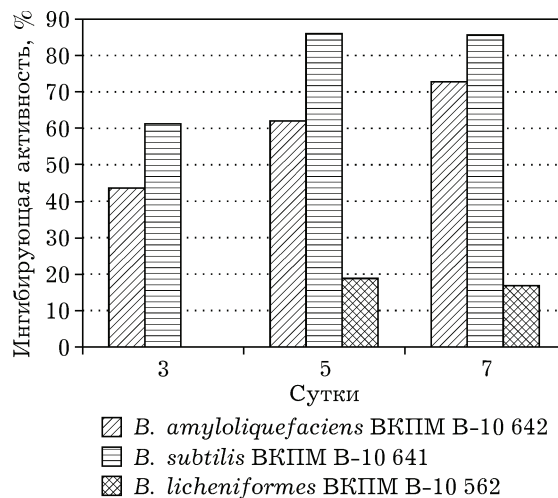


Рис. 2. Влияние штаммов *Bacillus* (10^5 КОЕ/мл) на рост *V. cinerea* в чашках Петри

серой гнили земляники по сравнению с двумя другими только в условиях достаточного увлажнения в 2013 г. (относительная влажность более 85 %). Это свидетельствует об усилении взаимодействия гриба *V. cinerea* с антагонистическими бактериальными штаммами с увеличением относительной влажности воздуха как абиотического фактора.

Как отмечено выше, бактерии рода *Bacillus* известны своей способностью стимулиро-

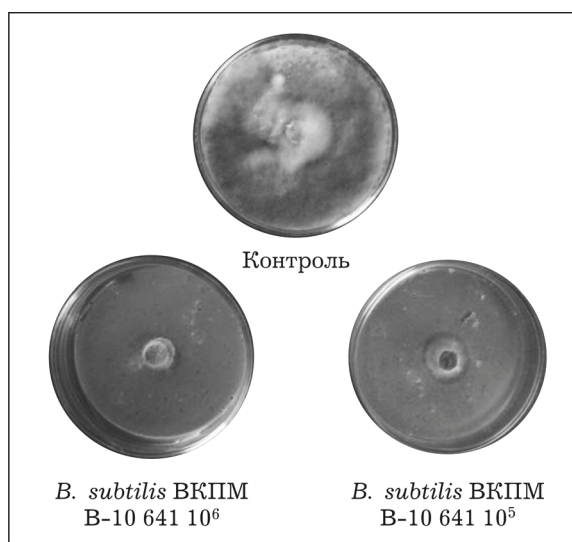


Рис. 4. Антифунгальная активность *B. subtilis* ВКПМ В10641 в отношении *V. cinerea*. Сверху – контрольный вариант с *V. cinerea* без добавления бактерий. Справа – с добавлением бактериальной суспензии (10^5 КОЕ/мл), слева – с добавлением бактериальной суспензии (10^6 КОЕ/мл)

Влияние обработки растений земляники бактериальными штаммами на распространность серой гнили в полевых условиях

| Вариант | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. | Средние |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Контроль | 6,2 | 5,7 | 8,0 | 6,6 |
| <i>B. amyloliquefaciens</i> | 2,9* | 3,0* | 3,1* | 3,0 |
| <i>B. subtilis</i> | 4,2* | 3,7 | 2,7* | 3,5 |
| <i>B. licheniformis</i> | 3,0* | 3,3* | 3,7* | 3,3 |
| НСР ₀₅ | 1,4 | 2,3 | 2,7 | |

* Различия с контролем достоверны.

вать рост растений. В нашем исследовании все три местных штамма *Bacillus* spp. проявили способность усиливать рост и развитие растений земляники, помимо их одновременного супрессивного влияния на рост возбудителя серой гнили. Взаимодействие этих бактериальных штаммов с растениями земляники привело к улучшению показателей их роста и развития (табл. 3).

Высота надземной части несколько увеличилась под влиянием обработки бактериальными штаммами корневой системы растений. Между контрольными и опытными вариантами показаны значимые различия ($p < 0,05$) для всех тестируемых штаммов, между опытными вариантами различия недостоверны. Обработка корневой системы рассады перед посадкой привела также к увеличению массы корней, при этом достоверные разли-

чия в сравнении с контролем наблюдали под влиянием *B. subtilis* и *B. licheniformis* (в среднем за 3 года на 25 %). Для этих же штаммов показано достоверное увеличение длины корневой системы в конце вегетации по сравнению с контролем ($p < 0,05$). Для третьего бактериального штамма наблюдали тенденцию увеличения длины и массы корней. Количество усов (столонов) на одно растение земляники при обработке всеми бактериальными штаммами оказалось выше, чем на необработанных растениях. В целом, наилучший результат по увеличению параметров роста и развития растений земляники наблюдался для *B. subtilis*. Полученные данные свидетельствуют о ростостимулирующем эффекте сибирских штаммов *Bacillus* spp. при их взаимодействии с растениями земляники садовой в условиях Западной Сибири. Следует отметить, что обработка корневой системы в первый год жизни растения оказывает влияние на поражение ягод серой гнилью и продуктивность тех же растений во второй год жизни (табл. 4).

Растения, корневая система которых перед посадкой подверглась обработке бактериальными штаммами, оказались более устойчивыми к возбудителю серой гнили, с одной стороны, и имели более высокую продуктивность (увеличение массы ягод), с другой (см. табл. 4). Пораженность ягод грибом *B. cinerea* уменьшалась, если корневая система растений земляники первого года жизни обрабатывалась каждым из изучаемых штаммов *Bacillus* ($p < 0,05$). Наиболее эффективным оказался штамм *B. subtilis* (снижение поражения ягод серой гнилью более чем в 3 раза). Этот же штамм в большей степени повлиял на продуктивность растений земля-

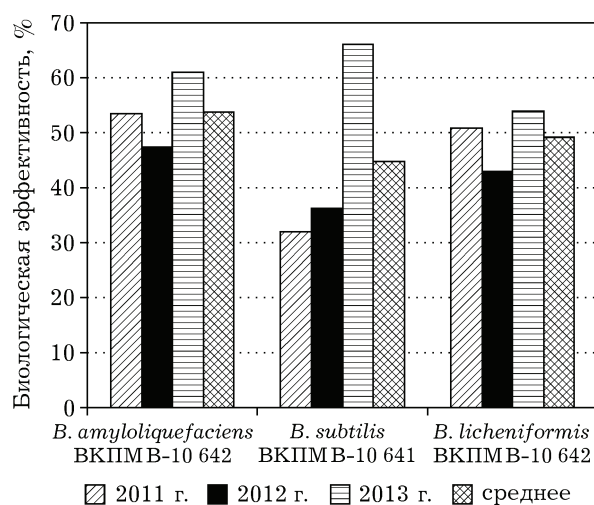


Рис. 5. Биологическая эффективность *Bacillus* spp. в отношении фитопатогенного гриба через 2 нед. после опрыскивания растений бактериальной суспензией

Т а б л и ц а 3

Влияние бактериальных штаммов на показатели роста и развития растений земляники в среднем за 2011–2013 гг.

| Вариант | Высота надземной части, см | Масса корневой системы, г | Длина корней, см | Число усов (столонов)/растение |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------|
| Контроль | 21,5 | 6,0 | 16,6 | 1,9 |
| <i>B. amyloliquefaciens</i> | 26,3* | 6,7 | 18,2 | 2,5* |
| <i>B. subtilis</i> | 24,9* | 7,5* | 19,5* | 2,9* |
| <i>B. licheniformis</i> | 24,6* | 7,5* | 18,8* | 2,7* |
| НСР ₀₅ | 2,0 | 1,4 | 1,7 | 0,6 |

* Различия с контролем достоверны.

Т а б л и ц а 4

Влияние обработки корневой системы растений первого года жизни (2012 г.) на поражение ягод серой гнилью и продуктивность земляники (2013 г.)

| Вариант | Пораженные ягоды, % | Общая масса ягод/ растение, г | Увеличение массы ягод по сравнению с контролем, г/ % |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|--|
| Контроль | 9,7 | 213,0 | |
| <i>B. amyloliquefaciens</i> | 7,4* | 239,6* | 26,6/12,5 |
| <i>B. subtilis</i> | 3,2* | 255,5* | 42,5/20,0 |
| <i>B. licheniformis</i> | 3,9* | 243,8* | 30,8/14,5 |
| НСР ₀₅ | 2,0 | 16,7 | |

* Различия с контролем достоверны.

ники (увеличение массы ягод на 20 %). Интересно отметить, что при относительно высокой влажности воздуха в 2013 г. вычисленная по данным табл. 4 биологическая эффективность штамма *B. subtilis* (более 60 %) примерно одинакова с соответствующей величиной, представленной для этого штамма на рис. 5. При этом конечный результат достигнут разными путями. Если при обработке надземной части растений бактериальной суспензией основной вклад происходил за счет антагонизма бактерий и их ростостимулирующего действия, то обработка корневой системы рассады земляники первого года жизни подразумевает помимо этого сохранение активности бацилл в ризоплане и ризосфере растений земляники, а также возможность индуцирования системной устойчивости. Такое предположение подтверждается публикациями по механизму действия сапротрофных бактерий (в том числе рода *Bacillus*) на инфицированные растения [Шкаликов и др., 2005]. Показана важная роль биологически активных веществ, главным образом липопептидов, продуцируемых этими бактериями, в

индуцировании устойчивости растения к болезням [Toure et al., 2004; Klopper et al., 2004; Haggag, 2008; Raajimakers et al., 2010]. Такие липопептиды, как сурфактин, фенгицин, лихенизин и другие, выделены и идентифицированы из *B. subtilis* [Ongena et al., 2007], *B. amyloliquefaciens* [Koumoutsi et al., 2004] и *B. licheniformis* [Ongena, Jacques, 2007]. Доказано, что именно липопептиды являются элиситорами индуцированной устойчивости растений [Ongena et al., 2007]. В связи с тем, что в наших исследованиях недостаток влаги в летние месяцы 2011–2012 гг. приводил к физиологическому ослаблению растений земляники, положительное влияние *Bacillus* spp. выражалось также в способности формирования индуцированной устойчивости растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сибирские штаммы бактерий *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens* и *B. licheniformis* проявили антифунгальную активность *in vitro* в отношении гриба *Botrytis cinerea*, возбудителя серой гнили земляники. В полевых ус-

ловиях 2011–2013 гг. обработка надземной части растений земляники второго года жизни суспензией каждого штамма приводила к подавлению развития болезни, более всего это проявилось в 2013 г. при высокой относительной влажности воздуха. Кроме того, обработка корневой системы рассады перед высадкой обеспечивала адаптацию и стимулирование роста и развития растений земляники. Наблюдаемое в последующем году увеличение продуктивности земляники при уменьшении поражения ягод серой гнилью свидетельствует о вкладе бактерий *Bacillus* spp. в индуцирование неспецифической и специфической устойчивости растения к фитопатогенному грибу *Botrytis cinerea*. Полученные результаты показали, что три сибирских штамма *Bacillus* spp. обладают полифункциональными свойствами и перспективны для биологического контроля серой гнили и в целом для управления продуктивным потенциалом земляники садовой в условиях Западной Сибири.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-16-00101).

ЛИТЕРАТУРА

- Ильин В. С. Земляника, малина и ежевика. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2007. 344 с.
- Новикова И. И. Полифункциональные биопрепараты для защиты растений от болезней // Защита и карантин растений. 2005. № 2. С. 22–26.
- Соколова М. В. Хитиноподобная и антигрибная активность трех штаммов бактерий рода *Serratia* // Современная биотехнология в решении проблем защиты растений. СПб., 1995. С. 214–224.
- Храбрый О. Л., Барайшук Г. В., Kollar A., Jelkmann W. Бактерии рода *Pseudomonas* и *Bacillus* антагонисты возбудителя заболевания серая гниль *Botrytis cinerea* // Ом. науч. вестн. 2007. № 1. С. 16–21.
- Шкалик В. А., Дьяков Ю. Т., Смирнов А. Н., Джалилов Ф. С.-У., Стройков Ю. М., Коновалов Ю. Б., Гриценко В. В. Иммунитет растений. М., 2005. 190 с.
- Штерншис М. В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестн. Том. гос. ун-та. № 2. С. 92–100.
- Adesemoye A. O., Obini M., Ugoji E. O. Comparison of plant growth-promotion with *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in three vegetables // Brazilian Journ. Microbiol. 2008. Vol. 39, N 3. P. 423–426.
- Donmez M. F., Esitken A., Yildiz H., Ercisli S. Biocontrol of *Botrytis cinerea* on strawberry fruit by plant growth promoting bacteria // The Journ. of Animal and Plant Sci. 2011. Vol. 21, N 4. P. 758–763.
- Essghaier B., Fardeau M. L., Cayol J. L., Hajlaoui M. R., Boudabous A., Jijakli H. Biological control of grey mould in strawberry fruits by halophilic bacteria // J. Appl. Microbiol. 2009. Vol. 106, N 3. P. 833–846.
- Freeman S., Minz D., Kolesnik I., Barbul O., Zveibi A., Maymon M., Nitzani Y., Kirshner B., Rav-David D., Bilu A., Dag A., Shafir S., Elad Y. Trichoderma biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinerea* and survival in strawberry // Europ. Journ. of Plant Pathol. 2004. Vol. 110, N 4. P. 361–370.
- Haggag W. M. Isolation of bioactive antibiotic peptides from *Bacillus brevis* and *Bacillus polymyxa* against *Botrytis* grey mould in strawberry // Arch. Phytopathol. and Plant Protection. 2008. Vol. 41, N 7. P. 477–491.
- Haggag W. H., Soud M. A. E. Production and optimization of *Pseudomonas fluorescens* biomass and metabolites for biocontrol of strawberry grey mold // Am. Journ. of Plant Sci. 2012. Vol. 3, N.7. P. 836–845.
- Hang N. T. T., Oh S.-O., Kim G. H. *Bacillus subtilis* S-10210 as a biocontrol agent against *Botrytis cinerea* in strawberries // Plant Pathol. Journ. 2005. Vol. 21, N 1. P. 59–63.
- Helbig J., Bochow H. Effectiveness of *Bacillus subtilis* (isolate 25021) in controlling *Botrytis cinerea* in strawberry // Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 2001. Vol. 108, N 6. P. 545–549.
- Ji S. H., Paul N. C., Deng J. X., Kim Y. S., Yun B.-S., Yu S. H. Biocontrol activity of *Bacillus amyloliquefaciens* CNU114001 against fungal plant diseases // Mycobiology. 2013. Vol. 41, N 4. P. 234–242.
- Kloepper J. W., Ryu C. M., Zhang S. A. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. // Phytopathology. 2004. Vol. 94, N 11. P. 1259–1266.
- Koumoutsil A., Chen X.-H., Henne A., Liesegang H., Hitzeroth G., Franke P., Vater J., Borriss R. Structural and functional characterization of gene clusters directing nonribosomal synthesis of bioactive cyclic lipopeptides in *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB42 // J. Bacteriol. 2004. Vol. 186, N 4. P. 1084–1096.
- Myresiotis C. K., Karaoglanidis G. S., Tzavella-Monari K. Resistance of *Botrytis cinerea* isolates from vegetable crops to anilinopyrimidine, phenylpyrrole, hydroxyanilide, benzimidazole, and dicarboximide fungicides // Plant Disease. 2007. Vol. 91, N10. P. 407–413.
- Ongena M., Jourdan E., Adam A., Paquot M., Brans A., Joris B., Arpigny J.-L., Thonart P. Surfactin and fengycin lipopeptides of *Bacillus subtilis* as elicitors of induced systemic resistance in plants // Environ. Microbiol. 2007. Vol. 9, N 4. P. 1084–1090.
- Ongena M., Jacques P. *Bacillus* lipopeptide: versatile weapons for plant disease biocontrol // Trends in Microbiol. 2007. Vol. 16, N 3. P. 119–125.
- Pirlak L., Köse M. Effect of plant growth promoting bacteria on yield and some fruit properties of strawberry // J. Plant Nutrition. 2009. Vol. 32, N 7. P. 1173–1184.
- Raajimakers J. M., De Bruijn I., Nybroe O., Ongena M. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics // FEMS Microbiol. Rev. 2010. Vol. 34, N 6. P. 1037–1062.
- Rabolle M., Spliid N. H., Kristensen K., Kudsk P. Determination of fungicide residues in field-grown strawberries following different fungicide strategies against gray mold (*Botrytis cinerea*) // J. of Agricultural and Food Chemistry. 2006. Vol. 54, N 3. P. 900–908.

- Santoyo G., Ozorco-Mosqueda Ma del Ca., Govindappa M. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review // *Biocontrol Sci. and Technol.* 2012. Vol. 22, N 8. P. 855–872.
- Sarhan E. A. D., Shahato H. Sh. Potential plant growth promoting activity of *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* spp. as biocontrol agents against damping-off in alfalfa // *Plant Pathol. Journ.* 2014. Vol. 13, N 1. P. 8–17.
- Toure Y., Ongena M., Jacques P., Guiro A., Thonart P. Role of LP products of *Bacillus subtilis* GA1 in the reduction of grey mold disease caused by *Botrytis cinerea* on apple // *J. of Appl. Microbiol.* 2004. Vol. 96, N 5. P. 1151–1160.
- Wang J., Zong Z., Shang W., Qi W., Wang H. Activity against *Botrytis cinerea* of *Bacillus amyloliquefaciens* IMAUB1034 isolated from naturally congee // *Food, Agriculture and Environment.* 2012. Vol. 10, N 1. P. 534–542.
- Williamson B., Tudzinski B., Tudzynski P., van Kan J. A. L. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mold disease // *Molecular Plant Pathology.* 2007. Vol. 8, N 8. P. 561–580.

The Influence of *Bacillus* spp. Bacteria on the Causing Agent of Grey Mold of Strawberry and the Host Plant's Resistance to the Disease

M. V. SHTERNISHIS, A. A. BELYAEV, T. V. SHPATOVA, A. A. LELYAK

Novosibirsk State Agrarian University
630039, Novosibirsk, Dobrolubova str., 160
E-mail: shternshis@mail.ru

The influence of Siberian strains of *Bacillus* spp. on the causing agent of grey mold of strawberry (the fungus *Botrytis cinerea* Pers ex Fr.) and the host plant's resistance to the disease were studied during three seasons with different weather conditions. The bacterial strains *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* and *B. licheniformis* suppressed the *B. cinerea* fungus *in vitro* and *in vivo*. In addition to the antifungal action, the bacterial strains positively influenced the strawberry plant growth. These results showed that the Siberian strains of *Bacillus* spp. revealed polyfunctional properties towards strawberry plants infected with *B. cinerea*.

Key words: strawberry plant, phytopathogenic fungus, grey mold, biological control, bacterial strains, polyfunctional properties.