

8. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii dopushchennykh k ispolzovaniyu (Tom 1) [Elektronnyi resurs] <https://gossortrf.ru/> (data obrashcheniia: 12.06.21).

9. Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve / S.S. Litvinov. – Moskva, 2012. – 648 s.



УДК 632.937.15 **А.В. Малкова, А.Н. Иркитова, Д.Е. Дудник, Е.Н. Каргашилова, И.А. Функ**
DOI: 10.53083/1996-4277-2021-205-11-40-43 **A.V. Malkova, A.N. Irkitova, D.Ye. Dudnik,**
Ye.N. Kargashilova, I.A. Funk

АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* ПО ОТНОШЕНИЮ К ФИТОПАТОГЕНУ *ALTERNARIA SP.*

ANTIFUNGAL ACTIVITY OF THE GENUS *BACILLUS* BACTERIA AS AGAINST THE PHYTOPATHOGEN *ALTERNARIA SP.*

Ключевые слова: *Bacillus*, антифунгальная активность, *Alternaria*, альтернариоз, защита растений, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis*.

Альтерналиозы, вызываемые микроскопическими грибами рода *Alternaria*, относятся к широко распространенным заболеваниям сельскохозяйственных и декоративных растений. Российские и зарубежные ученые активно разрабатывают биологические препараты на основе антагонистически активных микроорганизмов. Но ситуация по альтернариозу все еще остается неблагоприятной. Целью исследования было изучить антифунгальную активность новых штаммов рода *Bacillus* по отношению к фитопатогену *Alternaria sp.* Для определения антагонистической активности 8 ризосферных штаммов бацилл (*B. pumilus* 4, *B. pumilus* 5, *B. pumilus* 6, *B. pumilus* 7, *B. licheniformis* 8, *B. licheniformis* 9, *B. licheniformis* 10 и *B. pumilus* 16) применяли метод агаровых блоков. Все исследуемые штаммы проявили себя как антагонисты по отношению к альтернарии. На 14-е сутки эксперимента диаметр культуры *Alternaria sp.* в контроле составил $85,83 \pm 8,78$ мм. При этом в чашках с газонами бацилл были зафиксированы следующие значения диаметра мицелия фитопатогена: *B. pumilus* 4 – $10,00 \pm 0,87$ мм, *B. pumilus* 5 – $12,17 \pm 0,76$ мм, *B. pumilus* 6 – $11,33 \pm 1,26$ мм, *B. pumilus* 7 – $8,00 \pm 3,00$ мм, *B. pumilus* 16 – $7,67 \pm 0,29$ мм. Со всеми штаммами *B. licheniformis* гриб *Alternaria sp.* не вырос за пределы блока диаметром 5 мм. Бактерии вида *B. licheniformis* обладали более выраженным антифунгальным действием (100%), чем штаммы вида *B. pumilus* (91,13–96,70%). Штаммы *B. licheniformis* 8, 9, 10 и *B. pumilus* 16, 7, 4 в первую очередь рекомендованы для включе-

ния в состав биопрепарата для защиты растений от альтернариоза.

Keywords: *bacillus*, antifungal activity, *Alternaria*, *Alternaria blight*, plant protection, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis*.

Alternaria blights caused by microscopic fungi of the *Alternaria* genus are widespread diseases of crops and ornamental plants. Russian and foreign scientists take an active part in developing biological products based on antagonistically active microorganisms. However, the situation regarding *Alternaria* blight is still unfavorable. The research goal was to study the antifungal activity of the genus *Bacillus* strains against the phytopathogen *Alternaria sp.* The agar block method was used to determine the antagonistic activity of 8 rhizospheric bacilli strains (*B. pumilus* 4, *B. pumilus* 5, *B. pumilus* 6, *B. pumilus* 7, *B. licheniformis* 8, *B. licheniformis* 9, *B. licheniformis* 10, and *B. pumilus* 16). All investigated strains showed themselves as antagonists in relation to *Alternaria*. On the 14th day of the experiment, the diameter of the *Alternaria sp.* in the control was 85.83 ± 8.78 mm. The following values of the phytopathogen mycelium diameter were recorded in dishes with bacilli: *B. pumilus* 4 – 10.00 ± 0.87 mm, *B. pumilus* 5 – 12.17 ± 0.76 mm, *B. pumilus* 6 – 11.33 ± 1.26 mm, *B. pumilus* 7 – 8.00 ± 3.00 mm, *B. pumilus* 16 – 7.67 ± 0.29 mm. *Alternaria sp.* did not grow beyond the 5 mm diameter block with all *B. licheniformis* strains. Bacteria of the *B. licheniformis* species had a more pronounced antifungal effect (100%) than the *B. pumilus* strains (91.13–96.70%). *B. licheniformis* 8, 9, 10 and *B. pumilus* 16, 7, 4 strains are primarily recommended for inclusion in a biological plant protection product against *Alternaria* blight.

Малкова Ангелина Владимировна, аспирант, м.н.с., ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: gelishka96@mail.ru.

Malkova Angelina Vladimirovna, post-graduate student, Junior Staff Scientist, Altai State University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: gelishka96@mail.ru.

Ирkitova Алена Николаевна, к.б.н., доцент, вед. н.с., ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Elen171987@mail.ru.

Дудник Дина Евгеньевна, лаборант-исследователь, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: dudnik-dina@mail.ru.

Каргашилова Екатерина Николаевна, магистрант, лаборант-исследователь, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: katty22brn@gmail.com.

Функ Ирина Андреевна, м.н.с., отдел СибНИИС, ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробiotехнологий», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: funk.irishka@mail.ru.

Irkitova Alena Nikolayevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Leading Staff Scientist, Altai State University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Elen171987@mail.ru.

Dudnik Dina Yevgenyevna, Research Assistant, Altai State University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: dudnik-dina@mail.ru.

Kargashilova Yekaterina Nikolayevna, master's degree student, Research Assistant, Altai State University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: katty22brn@gmail.com.

Funk Irina Andreyevna, Junior Staff Scientist, Federal Altai Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Barnaul, Russian Federation, e-mail: funk.irishka@mail.ru.

Введение

Альтернариозы – это заболевания растений, которые могут проявляться в виде пятнистостей, гнилей и налетов. Возбудителями данной инфекции являются фитопатогенные грибы рода *Alternaria*. Всего известно около 300 видов альтернариий, и почти 20% из них вызывают экономически значимые поражения зерновых (пшеница, ячмень, овес), овощных (картофель, томаты, морковь, капуста), семечковых (яблоня, груша), ягодных (крыжовник, смородина) и других культур, в том числе декоративных растений (цинния, календула, бархатцы) [1-3].

Для снижения химической нагрузки и ведения экологического сельского хозяйства разрабатываются биологические препараты, эффективные против *Alternaria sp.* В России это, например, «Алирин Б», «Гамаир» и «Глиокладин», которые содержат бактерии *Bacillus subtilis*, или гриб *Trichoderma harzianum* [4]. Зарубежные ученые также подтвердили фунгицидную активность некоторых видов триходермы [5], бацилл и псевдомонад [6, 7] по отношению к альтернариий. Однако ситуация по альтернариозу все еще остается неблагоприятной, поэтому поиск новых микробов-антагонистов по отношению к данному микроскопическому грибу не теряет своей актуальности.

Цель исследования – оценить антифунгальную активность штаммов рода *Bacillus* по отношению к фитопатогену *Alternaria sp.*

Задачи:

- 1) изучить антагонистическое действие бацилл на альтернарию методом агаровых блоков;
- 2) сравнить антифунгальное действие штаммов видов *B. pumilus* и *B. Licheniformis*;

3) отобрать штаммы бактерий рода *Bacillus*, обладающие повышенной антагонистической активностью по отношению к *Alternaria sp.*

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись следующие природные штаммы бацилл из коллекции ИЦ «Промбиотех»: *B. pumilus* 4, *B. pumilus* 5, *B. pumilus* 6, *B. pumilus* 7, *B. pumilus* 16, *B. licheniformis* 8, *B. Licheniformis* 9 и *B. licheniformis* 10. В качестве тест-культуры использовали штамм *Alternaria sp.*, выделенный из инфицированных семян гречихи.

Для установления антагонистической активности бактерий рода *Bacillus* применяли метод агаровых блоков [8]. В чашку Петри с питательным агаром засеивали поверхностно газон бацилл, на который далее сразу же устанавливали блок (D = 0,5 см) с выросшей культурой альтернариий. В качестве контроля выступали чашки без бактерий. Эксперимент был заложен в трехкратной повторности. Опытные и контрольные чашки инкубировали при температуре 22-24°C в течение 2 недель. Результаты роста фитопатогена снимали на 3-и, 7-е, 10-е и 14-е сутки исследования.

Результаты исследования

Согласно установленным данным, все 8 исследуемых ризосферных штаммов бацилл обладают антагонистической активностью по отношению к *Alternaria sp.* Антифунгальное действие бактерий вида *B. pumilus* приведено в таблице.

Антагонистическая активность бацилл по отношению к альтернарии

Штаммы	Диаметр культуры <i>Alternaria sp.</i> (M±m, мм) по суткам эксперимента			
	3	7	10	14
Контроль	22,60±4,35	58,83±2,89	75,67±11,01	85,83±8,78
<i>B. pumilus</i> 4	6,67±1,44	7,83±0,58	7,83±0,58	10,00±0,87
<i>B. pumilus</i> 5	7,33±0,35	10,17±0,76	12,17±0,76	12,17±0,76
<i>B. pumilus</i> 6	7,10±0,72	10,17±1,53	11,33±1,15	11,33±1,26
<i>B. pumilus</i> 7	6,33±1,53	6,50±1,32	6,50±1,32	8,00±3,00
<i>B. pumilus</i> 16	5,50±0,87	6,50±0,50	6,67±0,29	7,67±0,29

Анализ полученных результатов показывает, что культура альтернарии в контроле максимально разрастается на 3-7-е сутки на 36,23 мм, а далее ее рост замедляется, в итоге увеличиваясь за 2 недели на 80,83 мм в среднем. Минимальное увеличение диаметра мицелия *Alternaria sp.*, которое составило 10,16 мм, было зафиксировано с 10-х по 14-е сутки исследования.

Штаммы вида *B. pumilus* эффективно подавляют распространение микроскопического грибка по периметру чашки на протяжении всего времени эксперимента, не позволяя фитопатогену разрастись более чем на 7,17 мм (*B. pumilus* 5) от установленного блока. Наиболее выраженной антагонистической активностью обладали штаммы под номерами 16, 7 и 4. Для них характерно подавление тест-культуры по окончании исследования на 96,70; 96,29 и 93,81% соответственно по сравнению с контролем.

В чашках Петри с газонами бацилл вида *B. licheniformis* рост альтернарии за пределами агаровых блоков за весь период опыта не отмечен, что свидетельствует об абсолютном антифунгальном действии данных 3 штаммов.

В целом, все исследуемые бактерии р. *Bacillus* подавляют рост *Alternaria sp.* более чем на 90%, что является высоким показателем. Различия в степени антигрибковой активности разных штаммов и видов бацилл могут быть обусловлены пулом фунгицидных веществ, а также степенью активности или их молекулярной массой. Высокомолекулярные соединения медленнее диффундируют в агар, чем низкомолекулярные, что может отражаться на результатах при применении данного метода определения антагонистического действия микроорганизмов.

Выводы

1. Все 8 исследуемых штаммов р. *Bacillus* обладают антагонистической активностью по отношению к *Alternaria sp.*

2. Бактерии вида *B. licheniformis* проявили более выраженное антифунгальное действие (100%), чем штаммы вида *B. pumilus* (91,13-96,70%).

3. Штаммы *B. licheniformis* 8, 9, 10 и *B. pumilus* 16, 7, 4 в первую очередь рекомендованы для включения в состав биопрепарата для защиты растений от альтернариоза.

Библиографический список

1. Ганнибал, Ф. Б. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России / Ф. Б. Ганнибал, А. С. Орина, М. М. Левитин. – Текст: непосредственный // Защита и карантин растений. – 2010. – № 5. – С. 30-32.

2. Марченко, А. Б. Альтернариоз однолетних цветочных растений / А. Б. Марченко. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2013. – № 1. – С. 98-104.

3. Антоненко, В. В. Альтернариоз семечковых культур / В. В. Антоненко, А. В. Зубков, С. Н. Кручина. – Текст: непосредственный // Известия ТСХА. – 2020. – № 3. – С. 70-80.

4. Байрамбеков, Ш. Б. Биопрепараты против альтернариоза картофеля / Ш. Б. Байрамбеков, О.Г. Корнева. – Текст: непосредственный // Защита и карантин растений. – 2009. – № 8. – С. 30-31.

5. Shafique, S., Shafique, S., Javed, A., Akhtar, N., Bibi, S. (2019). Analysis of Antagonistic Potential of Secondary Metabolites and Organic Fractions of Trichoderma Species against Alternaria Alternata. *Biocontrol Science*. 24. 81-88. DOI: 10.4265/bio.24.81.

6. Kurniawan, O., Wilson, K., Mohamed, R., Avis, T. (2018). Bacillus and Pseudomonas spp. provide antifungal activity against gray mold and Alternaria rot on blueberry fruit. *Biological Control*, 126, 136-141. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2018.08.001.

7. Zhang, D., Yu, S., Yang, Y., et al. (2020). Antifungal Effects of Volatiles Produced by Bacillus subtilis Against Alternaria solani in Potato. *Frontiers in Microbiology*. 11. 1196. DOI: 10.3389/fmicb.2020.01196.

8. Быкова, А.С. Общая микробиология / А. С. Быкова, Е. В. Ващенко. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2016. – 181 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Gannibal, F.B. Alternariozy selskokhoziaistvennykh kultur na territorii Rossii / F.B. Gannibal, A.S. Orina, M.M. Levitin. – Текст: непосредственный // Zashchita i karantin rastenii. – 2010. – No. 5. – S. 30-32.

2. Marchenko, A.B. Alternarioz odnoletnikh tsvetochnykh rastenii / A.B. Marchenko. – Текст: непосредственный // Selskokhoziaistvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov. – 2013. – No. 1. – S. 98-104.

3. Antonenko, V.V. Alternarioz semechkovykh kultur / V.V. Antonenko, A.V. Zubkov, S.N. Kruchina. – Текст: непосредственный // Izvestiia TSKhA. – 2020. – No. 3. – S. 70-80.

4. Bairambekov, Sh.B. Biopreparaty protiv alternarioza kartofelia / Sh.B. Bairambekov, O.G. Korneva. – Текст: непосредственный // Zashchita i karantin rastenii. – 2009. – No. 8. – S. 30-31.

5. Shafique, S., Shafique, S., Javed, A., Akhtar, N., Bibi, S. (2019). Analysis of Antagonistic Potential of Secondary Metabolites and Organic Fractions of Trichoderma Species against Alternaria Alternata. *Biocontrol Science*. 24. 81-88. DOI: 10.4265/bio.24.81.

6. Kurniawan, O., Wilson, K., Mohamed, R., Avis, T. (2018). Bacillus and Pseudomonas spp. provide antifungal activity against gray mold and Alternaria rot on blueberry fruit. *Biological Control*, 126, 136-141. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2018.08.001.

7. Zhang, D., Yu, S., Yang, Y., et al. (2020). Antifungal Effects of Volatiles Produced by Bacillus subtilis Against Alternaria solani in Potato. *Frontiers in Microbiology*. 11. 1196. DOI: 10.3389/fmicb.2020.01196.

8. Bykova, A.S. Obshchaia mikrobiologiya / A.S. Bykova, E.V. Vashchenko. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – 181 s. – Текст: непосредственный.

Работа выполнена в рамках реализации Программы поддержки научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», проект «Оценка эффективности микробного биопрепарата в борьбе с фитопатогенами сельскохозяйственных культур».



УДК 633.31/37;635.65

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-205-11-43-50

Г.Х. Зейналова

G.H. Zeynalova

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

SCIENTIFIC FOUNDATIONS OF SOYBEAN CULTIVATION ON IRRIGATED SOILS OF THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

Ключевые слова: соя, урожайность, элементы урожайности, белок, сроки посева, норма высева.

Развитие животноводства в Нахчыванской Автономной Республике, удовлетворение спроса населения на важнейшие продукты питания (молоко, мясо, яйца) в значительной мере зависят от обеспечения сельскохозяйственных животных высокоценными белковыми кормами. В решении этой проблемы важная роль при-

надлежит бобовым культурам и, прежде всего, сое. В семенах сои содержится до 40% белка, в составе которого имеются незаменимые аминокислоты. Это делает сою одним из самых желательных компонентов кормов для всех видов сельскохозяйственных животных. Основная задача исследования – оценка влияния абиотических факторов на морфологические и биологические особенности роста, развития и формирование урожая сои в условиях орошения. В течение 2018-2020 гг. нами