

**Механизм антагонистического действия перспективного бактериального штамма-продуцента микробиопрепарата 11-3 *Bacillus* sp. на возбудителя фузариоза льна масличного *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras***

**Л.В. Маслиенко,**  
зав. лаб., гл. науч. сотр., д-р биол. наук  
**А.Х. Воронкова,**  
мл. науч. сотрудник

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК  
350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17  
Тел. (861) 275-85-19  
E-mail: biometod@yandex.ru

*Для цитирования:* Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х. Механизм антагонистического действия перспективного бактериального штамма-продуцента микробиопрепарата 11-3 *Bacillus* sp. на возбудителя фузариоза льна масличного *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras* // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 1 (185). – С. 90–94.

**Ключевые слова:** лен масличный, фузариоз, *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras*, штамм-продуцент микробиопрепарата, 11-3 *Bacillus* sp., механизм антифунгального действия.

В лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в последние годы (2018–2020 гг.) проводится работа по поиску перспективных штаммов-продуцентов для создания микробиопрепаратов против возбудителя фузариоза льна масличного. Эти исследования предполагают изучение механизмов антагонистического действия перспективных штаммов-продуцентов микробиопрепаратов на возбудителя болезни. Представлено взаимодействие выделенного в результате ступенчатого скрининга перспективного штамма антагониста 11-3 *Bacillus* sp. с возбудителем фузариоза *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras*. Видоизменения мицелия патогена отмечались уже на вторые сутки совместной инкубации, еще до срастания с колонией антагониста. Это выражалось в образовании сферопластов (шарообразных вздутых апикальных частей гиф), их

разрыве с выходом содержимого, а также в сжатии и обесцвечивании отдельных участков мицелия. После срастания колонии патогена с антагонистом отмечено еще большее сжатие, израстание, утолщение, а также разрушение субстратного, воздушного мицелия и хламидоспор возбудителя фузариоза. Гибель мицелия патогена при совместном культивировании с бациллярным штаммом-антагонистом наступала на восьмые–десятые сутки.

UDC 633.854.54:632.937

**Mode of antifungal action of a perspective bacterial strain-producer of microbiopreparations 11-3 *Bacillus* sp. on a pathogen of fusariose on oil flax *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras*.**

**L.V. Maslienko,** head of the lab., doctor of biology  
**A.Kh. Voronkova,** junior researcher

V.S. Pustovoiit All-Russian Research Institute of Oil Crops  
17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia  
Tel.: (861) 275-85-19  
E-mail: biometod@yandex.ru

**Key words:** oil flax, fusariose, *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras*, strain-producer of microbiopreparation, 11-3 *Bacillus* sp., mode of antifungal action.

The search of perspective strains-producers for microbiopreparations creation protecting oil flax of fusariose pathogen have been conducting in the laboratory of Biological methods of the V.S. Pustovoiit All-Russian Research Institute of Oil Crops in recent years (2018–2020). These researches contemplate studying of a mode of antagonistic action of the promising strains-producers of microbiopreparations on a disease pathogen. There is presented an interaction between the promising strain-antagonist 11-3 *Bacillus* sp. selected by a stage screening and the pathogen *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras*. Modifications of pathogen mycelium were stated at the second day of joint incubation, even before intergrowth with antagonist's colony. They were as following: formation of spheroplasts (ball-shaped swellings of apical parts of hyphae), their explosion and lining appearance, and compression and discoloration of the separate mycelium plots. After intergrowth of pathogen and antagonist we noted the stronger compression, proliferation, thickening and destruction of substrate airy mycelium and chlamidospores of fusariose pathogen. Pathogen's mycelium at joint cultivation with the bacillary strain-antagonist was totally destructed at the eighth-tenth day.

**Введение.** В последние годы в мире, а с принятием закона об органическом земледелии и в России, сельское хозяйство направлено на включение в систему защиты растений экологизированных приемов, в том числе и микробиологического метода [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7].

В лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, одной из немногих в России, в течение многих лет ведутся исследования по разработке микробиологических средств защиты масличных культур от болезней. В последние годы (2018–2020 гг.) проводится работа по поиску перспективных штаммов-продуцентов для создания микробиопрепаратов полифункционального типа действия с пролонгированным сроком хранения против возбудителя фузариоза льна масличного. Одним из перспективных штаммов-продуцентов микробиопрепарата, выделенных в результате ступенчатого скрининга к возбудителям фузариоза льна масличного *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Shyd. et Hans. var. *orthoceras* (App. et Wr.) Bilai и *Fusarium roae* (Peck) Wollenw., Lewis, является бактериальный штамм 11-3 *Bacillus* sp. [8].

Создание эффективных микробиологических средств защиты растений предполагает изучение механизмов антагонистического действия перспективных штаммов-продуцентов микробиопрепаратов на патогены. Настоящая работа посвящена изучению механизма антифунгального действия перспективного бактериального штамма-продуцента микробиопрепарата 11-3 *Bacillus* sp. на наиболее распространенного возбудителя фузариоза льна масличного *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras*.

**Материалы и методы.** Механизм антагонистического действия перспективного штамма-продуцента на возбудителя фузариоза льна масличного определяли по оригинальной методике с помощью светового микроскопа «Motic VA 300». Двойные культуры высевали агаровыми блоками на разлитую тонким слоем среду КСА в чашки Петри и на предметные стёкла. Предметные стекла помещали во влажные камеры и проводили ежедневные наблюде-

ния за развитием патогена и антагониста [9]. Совместное культивирование антагониста и патогена осуществляли на картофельно-сахарозном агаре (КСА) [10] в течение 10 суток при температуре 25 °С.

**Результаты и обсуждение.** На вторые сутки совместной инкубации еще до срастания с колонией антагониста 11-3 *Bacillus* sp. отмечались видоизменения мицелия *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras* (рис. 1). Установлено образование сферопластов (шарообразных вздутий апикальных частей гиф) и в некоторых случаях их разрыв с выходом содержимого (рис. 1.1 а). Наблюдалось сжатие (рис. 1.2 б) отдельных участков мицелия патогена. Негативное влияние на фитопатоген на данном этапе взаимодействия обусловлено, по всей вероятности, действием антибиотических веществ.

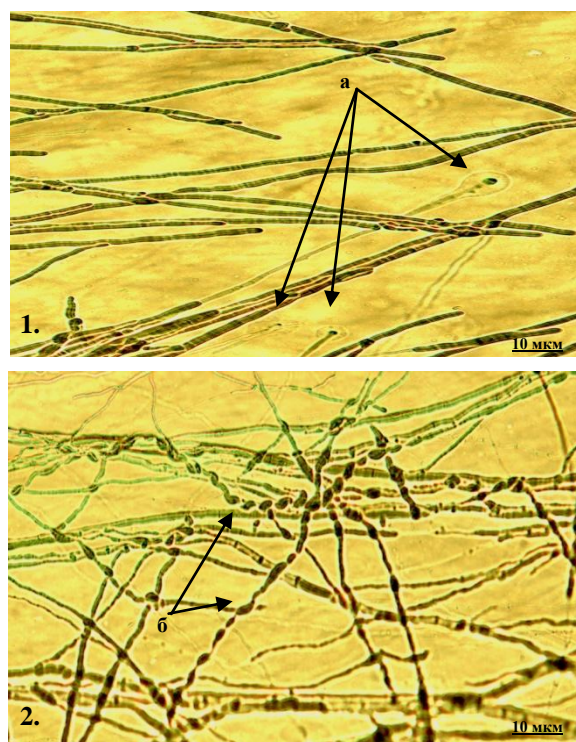


Рисунок 1 – Мицелий возбудителя фузариоза *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras* до срастания с колонией антагониста 11-3 *Bacillus* sp. на вторые сутки совместной инкубации (ориг.): 1 – образование сферопластов патогена (а); 2 – сжатие отдельных участков мицелия патогена (б)

После срастания возбудителя фузариоза с колонией антагониста за следующие восемь суток совместного культивирования дальнейшие изменения мицелия патогена усугублялись (рис. 2).

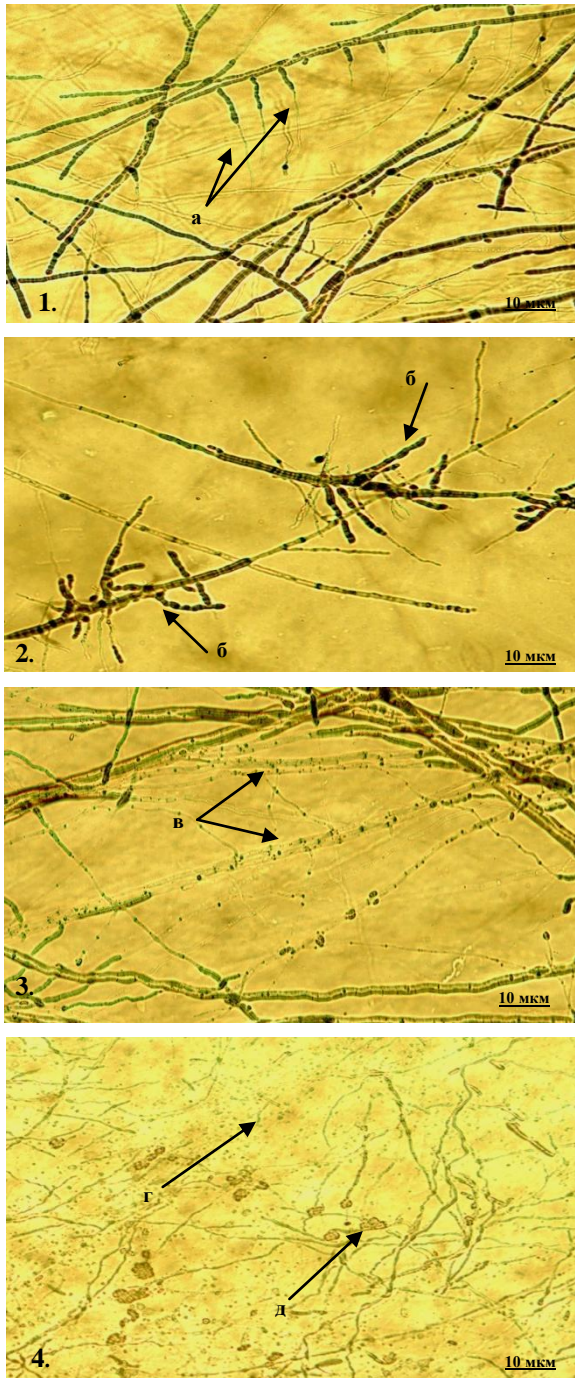


Рисунок 2 – Мицелий возбудителя фузариоза *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras* после срастания с антагонистом 11-3 *Bacillus* sp. на четвертые (1), шестые (2), восьмые (3) и десятые (4) сутки инкубации (ориг.):  
1 – сжатие и утоньшение мицелия (а);

2 – израстание утолщенного мицелия (б);  
3 – разрушение (следы) субстратного мицелия (в);  
4 – остатки воздушного мицелия (г) и хламидоспор патогена (д)

На четвертые сутки совместного культивирования изменения в мицелии возбудителя фузариоза выражались в дальнейшем сжатии и утоньшении гиф (рис. 2.1 а). На шестые сутки происходило израстание коротких утолщенных гиф патогена (рис. 2.2 б). На восьмые–десятые сутки совместного культивирования наблюдали разрушение субстратного (рис. 2.3 в), а также воздушного мицелия и хламидоспор патогена (рис. 2.4 г, д).

В контроле за все время наблюдений отмечено нормальное развитие мицелия возбудителя фузариоза, формирование микроконидий и хламидоспор (рис. 3).

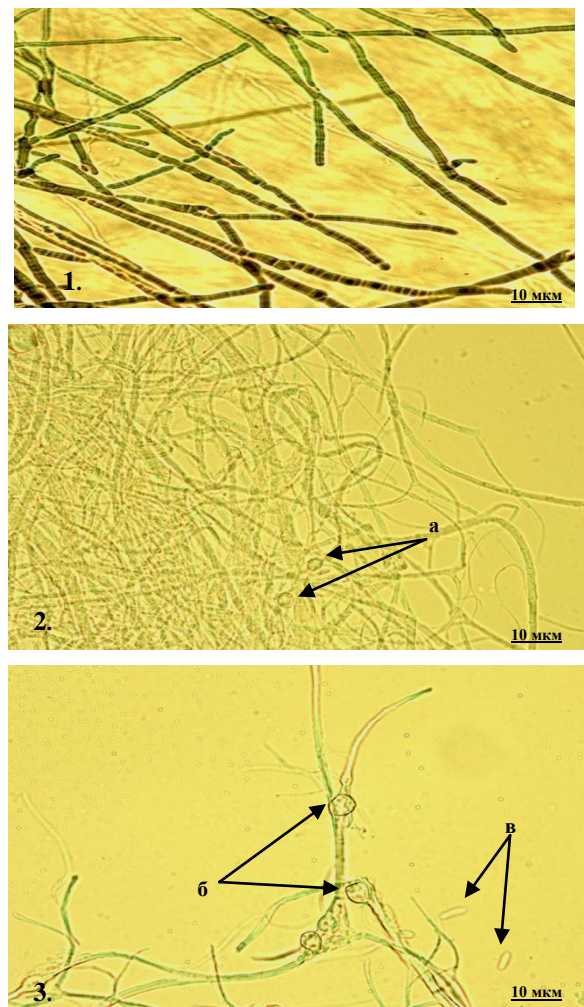


Рисунок 3 – Мицелий возбудителя

фузариоза *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras* на четвертые (1), восьмые (2) и десятые (3) сутки инкубации (контроль) (ориг.):  
1 – воздушный мицелий патогена;  
2 – начало формирования хламидоспор в субстратном мицелии (а);  
3 – хламидоспоры (б) и конидии (в) в субстратном мицелии

Таким образом, нами установлено, что исследуемый штамм-антагонист обладает фунгицидной активностью, то есть способен выделять антифунгальные вещества, под воздействием которых происходит ингибирование и разрушение мицелия возбудителя фузариоза льна масличного. Гибель мицелия патогена при совместном культивировании с бациллярным штаммом-антагонистом наступала на восьмые–десятые сутки.

**Заключение.** Установлено, что взаимодействие перспективного штамма-антагониста 11-3 *Bacillus* sp. с возбудителем фузариоза *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras* еще до срастания колонии фитопатогена с антагонистом выражалось в образовании сферопластов (шарообразных вздутий апикальных частей гиф), их разрыве с выходом содержимого, а также в сжатии и обесцвечивании отдельных участков мицелия.

После срастания колонии патогена с антагонистом отмечено еще большее сжатие, израстание, утолщение, а также разрушение субстратного, воздушного мицелия и хламидоспор возбудителя фузариоза. Гибель мицелия патогена при совместном культивировании с бациллярным штаммом-антагонистом наступала на восьмые–десятые сутки.

Исследуемый штамм-антагонист обладает фунгицидной активностью, то есть способен выделять антифунгальные вещества, под воздействием которых происходит ингибирование и разрушение мицелия возбудителя фузариоза льна масличного.

#### Список литературы

1. Goudjal Y., Zamoum M., Sabaou N., Zitouni A. Endophytic Actinobacteria from Na-

tive Plants of Algerian Sahara: Potential Agents for Biocontrol and Promotion of Plant Growth // New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering Actinobacteria: Diversity and Biotechnological Applications. – 2018. – P. 109–124: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63994-3.00007-2>.

2. Keswani Ch., Dilnashin H., Birla H., Singh Surya Pratap. Regulatory barriers to Agricultural Research commercialization: A case study of biopesticides in India // Rhizosphere. – 2019. – Vol. 11. – Art. 100155: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100155>.

3. Jaber R., Planchon A., Mathieu-Rivet E., Kiefer-Meyer M.-C., Zahid A., Plasson C., Pamlard O., Beaupierre S., Trouvé J.-P., Guillou C., Driouich A., Follet-Gueye M.-L., Mollet J.-C. Identification of two compounds able to improve flax resistance towards *Fusarium oxysporum* infection // Plant Science. – 2020. – Vol. 301. – Art. 110690: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110690>.

4. Новикова И.И. Полифункциональные биопрепараты для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем в биологическом земледелии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – Вып. 2 (99). – С. 183–194.

5. Pavlyushin V.A. Biological plant protection in greenhouse, intensive and organic farming // BIO Web of Conferences. – 2020. – V. 18 (89). – P. 00024: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201800024>.

6. Novikova I.I., Popova E.V., Kolesnikov L.E., Priyatkin N.S., Kolesnikova Y.R. Biological effectiveness of polyfunctional biopreparations in soft wheat cultivation and assessment of crop quality based on ndvi index // BIO Web of Conferences. – 2020. – V. 18 (8). – P. 00021: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201800021>.

7. Асатурова А.М., Сидорова Т.М., Томашевич Н.С., Жевнова Н.А., Хомяк А.И., Козицын А.Е., Дубяга В.М., Павлова М.Д., Сидоров Н.М., Аллахвердян В.В. Изучение антагонистических и ростостимулирующих свойств штаммов *Bacillus subtilis*, перспективных для создания эффективных биофунгицидов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. –

Т. 21. – № 3: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.3.263-272>

8. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х. Биологические особенности и условия поверхностного культивирования штамма-продуцента микробиопрепарата 11-3 *Bacillus* sp. – антагониста возбудителей фузариоза льна масличного // Масличные культуры. – 2020. – Вып. № 4 (184). – С. 58–64.

9. Маслиенко Л.В. Обоснование и разработка микробиологического метода борьбы с болезнями подсолнечника: дис. ... д-ра биол. наук / Любовь Васильевна Маслиенко. – Краснодар, 2005. – 377 с.

10. Билай В.И. Фузариин. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1977. – 440 с.

### References

1. Goudjal Y., Zamoum M., Sabaou N., Zitouni A. Endophytic Actinobacteria from Native Plants of Algerian Sahara: Potential Agents for Biocontrol and Promotion of Plant Growth // New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering Actinobacteria: Diversity and Biotechnological Applications. – 2018. – P. 109–124: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63994-3.00007-2>.

2. Keswani Ch., Dilmashin H., Birla H., Singh Surya Pratap. Regulatory barriers to Agricultural Research commercialization: A case study of biopesticides in India // Rhizosphere. – 2019. – Vol. 11. – Art. 100155: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100155>.

3. Jaber R., Planchon A., Mathieu-Rivet E., Kiefer-Meyer M.-C., Zahid A., Plasson C., Pamard O., Beaupierre S., Trouvé J.-P., Guillou C., Driouich A., Follet-Gueye M.-L., Mollet J.-C. Identification of two compounds able to improve flax resistance towards *Fusarium oxysporum* infection // Plant Science. – 2020. – Vol. 301. – Art. 110690: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110690>.

4. Novikova I.I. Polifunktsional'nye biopreparaty dlya fitosanitar'noy optimizatsii agroekosistem v biologicheskom zemledelii // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva. – 2019. – Вып. 2 (99). – С. 183–194.

5. Pavlyushin V.A. Biological plant protection in greenhouse, intensive and organic farming // BIO Web of Conferences. – 2020. – V. 18 (89). – P. 00024: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201800024>.

6. Novikova I.I., Popova E.V., Kolesnikov L.E., Priyatkin N.S., Kolesnikova Y.R. Biological effectiveness of polyfunctional biopreparations in soft wheat cultivation and assessment of crop quality based on ndvi index // BIO Web of Conferences. – 2020. – V. 18 (8). – P. 00021: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201800021>.

7. Asaturova A.M., Sidorova T.M., Tomashevich N.S., Zhevnova N.A., Khomyak A.I., Kozitsyn A.E., Dubyaga V.M., Pavlova M.D., Sidorov N.M., Allakhverdyan V.V. Izuchenie antagonisticheskikh i rostostimuliruyushchikh svoystv shtammov *Bacillus subtilis*, perspektivnykh dlya sozdaniya effektivnykh biofungitsidov // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2020. – T. 21. – № 3: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.3.263-272>.

8. Maslienko L.V., Voronkova A.Kh. Biologicheskie osobennosti i usloviya poverkhnostnogo kultivirovaniya shtamma-produtsenta mikirobiopreparata 11-3 *Bacillus* sp. – antagonista vozбудiteley fuzarioza l'na maslichnogo // Maslichnye kul'tury. – 2020. – Вып. № 4 (184). – С. 58–64.

9. Maslienko L.V. Obosnovanie i razrabotka mikirobiologicheskogo metoda bor'by s boleznyami podsolnechnika: dis. ... d-ra biol. nauk / Lyubov' Vasil'evna Maslienko. – Krasnodar, 2005. – 377 s.

10. Bilay V.I. Fuzariin. – Kiev: Izd-vo «Naukova dumka», 1977. – 440 s.

*Получено/Received*

12.03.2021

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

15.03.2021

*Получено после доработки/Manuscript revised*

16.03.2021

*Принято/Accepted*

25.03.2021

*Manuscript on-line*