

## Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научная статья

УДК 633.854.78:632.937

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-101-106

### Перспективные штаммы антагонисты возбудителя фомоза на подсолнечнике: оценка фитотоксичности и ростостимулирующей активности

Любовь Васильевна Маслиенко  
Евгения Алексеевна Ефимцева  
Любовь Анатольевна Дейнега

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17  
biometod@vniimk.ru

**Аннотация.** Приведены результаты оценки фитотоксичности и ростостимулирующей активности перспективных штаммов антагонистов возбудителей фомоза на проростки подсолнечника. При замачивании семян и проростков подсолнечника в суспензиях грибов и бактерий-антагонистов отмечено отсутствие угнетающего влияния на всхожесть семян и увядание проростков. Максимальное достоверное увеличение всхожести семян (на 10,0–14,0 %) отмечено у трех бактериальных штаммов антагонистов из рода *Bacillus*: 5-3, К 1-2 и 5Б-1 *Bacillus* sp., и двух – из рода *Pseudomonas*: Oif 2-1 и 14-3 *Pseudomonas* sp. (94,0–98,0 % при всхожести в контроле 84,0 %). Достоверное увеличение всхожести семян (на 6,0 %) установлено только у двух грибных штаммов антагонистов: Хк-1 *Chaetomium* sp. и А-1 *Basidiomycota* (90 %). Отмечено стимулирующее достоверное влияние антагонистов на массу корня, при этом лучшие результаты по сравнению с контролем показали бактериальные штаммы 11-1, D-10 и 5-3 *Bacillus* sp. (150,0–166,7 %) и грибные – Хк-1 *Chaetomium* sp. и Pbc-1 *Penicillium* sp. (133,3–150,0 %).

**Ключевые слова:** подсолнечник, фомоз, *Plenodomus lindquistii*, *Phoma macdonaldii*, штаммы антагонисты, лабораторные образцы микробиопрепаратов, фитотоксичность, ростостимулирующая активность

**Для цитирования:** Маслиенко Л.В., Ефимцева Е.А., Дейнега Л.А. Перспективные штаммы антагонисты возбудителя фомоза на подсолнечнике: оценка фитотоксичности и ростостимулирующей активности // Масличные культуры. 2023. Вып. 2 (194). С. 101–106.

UDC 633.854.78:632.937

### The promising strains antagonists of Phoma rot pathogen on sunflower: estimation of phytotoxicity and growth-stimulating activity

Maslienko L.V., head of the lab., chief researcher, doctor of biology

Efimtseva E.A., junior researcher

Deynega L.A., junior researcher

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia  
biometod@vniimk.ru

**Abstract.** The phytotoxicity and growth stimulating activity of promising strains antagonists of a Phoma pathogen on sunflower seedlings were estimated. Soaking of sunflower seeds and seedlings in suspensions of fungi and bacteria-antagonists did not have a depressing effect on seed germination and wilting of seedlings. Three bacterial strains antagonists from a genus *Bacillus*: 5-3, K 1-2, and 5B-1 *Bacillus* sp., and two strains from a genus *Pseudomonas*: Oif 2-1 and 14-3 *Pseudomonas* sp. showed the maximal authentic increase (by 10.0–14.0%) in seed germination (94.0–98.0% at germination in a control 84.0%). Only two fungal strains-antagonists: Хк-1 *Chaetomium* sp. and А-1 *Basidiomycota*, showed verifiable increase (by 6%) in seed germination (90%). The verifiable stimulating effect of antagonists on root weight was stated. The bacterial strains 11-1, D-10, and 5-3 *Bacillus* sp. (150.0–166.7%) and fungal ones Хк-1 *Chaetomium* sp. and Pbc-1 *Penicillium* sp. (133.3–150.0%) showed the best results comparing to the control.

**Key words:** sunflower, Phoma rot, *Plenodomus lindquistii*, *Phoma macdonaldii*, strains-antagonists, laboratory samples of microbiopreparations, phytotoxicity, growth stimulating activity

**Введение.** Актуальность применения экологически безопасных препаратов полифункционального типа действия на основе штаммов антагонистов обусловлена длительным применением химических пестицидов, вследствие чего нарушался

уровень саморегуляции агроэкосистем, который приводил к фитосанитарной дестабилизации и повышению вредоносности популяций фитопатогенов. Поэтому применение микробиологических препаратов для защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенов и восстановления видового состава микробиоты агроэкосистем является одним из наиболее перспективных методов [1].

В лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК ведутся исследования по разработке микробиологических средств защиты подсолнечника от фомоза, вызываемого грибом *Plenodomus lindquistii* Gruyter, Aveskamp & Verkley [2]. Выполнение этой работы обусловлено всё большим распространением болезни во многих странах, возделывающих подсолнечник [3; 4]. Зарегистрированных биопрепаратов против фомоза подсолнечника в России нет. В результате ступенчатого скрининга штаммов антагонистов из рабочей коллекции лаборатории к возбудителю болезни выделено 17 перспективных штаммов-продуцентов микробиопрепаратов, показавших на фоне искусственного заражения лучший защитный и колонизирующий эффект во влажной камере и в грунте [5; 6; 7].

Перспективные штаммы-продуценты микробиопрепаратов должны обладать фунгицидной и колонизирующей активностью против комплекса патогенов, не оказывать угнетающего влияния на защищаемую культуру, а, напротив, проявлять ростостимулирующие свойства. Микроорганизмы ризо- и филосферы способны синтезировать вторичные метаболиты с гормональными и сигнальными функциями (абсцизовая, жасмоновая, салициловая кислоты, цитокинины, гиббереллины и ауксины), влияющими на рост растений [8; 9; 10; 11]. Многие штаммы бактерий родов *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Bacillus* могут синтезировать ауксины, стимулирующие развитие корневой системы [8; 12; 13; 14]. Инокуляция рас-

тений продуцирующими цитокинин штаммами *B. subtilis* приводит к существенному повышению содержания хлорофилла и цитокининов в растениях, вследствие чего увеличивается биомасса корневой системы и надземной части [8; 15].

**Материалы и методы.** Определение фитотоксичности штаммов антагонистов проводили методом замачивания семян подсолнечника сорта Р-453 в водной суспензии (ВС) перспективных штаммов антагонистов на два часа. Для этого культуры 17 активных штаммов антагонистов выращивали на картофельно-сахарозном агаре (КСА) [16]: грибы – в течение десяти суток, а бактерии – пяти суток. Затем готовили грибную и бактериальную суспензию методом смыва антагонистов стерильной водой из расчета 150 мл стерильной воды и 1/4 часть поверхности газона в чашке Петри (ЧП). В приготовленной водной суспензии определяли титр жизнеспособных единиц микробиологическим способом [17]. Семена закладывали в рулоны из фильтровальной бумаги по 50 штук при температуре +25 °С, повторность трехкратная. Контроль – семена, замоченные в стерильной воде. Учет проводили на седьмые сутки. По количеству проросших семян в контроле и в вариантах судили о фитотоксичности выделенных антагонистов.

С целью установления влияния антагонистов на увядание проростков подсолнечника культуры активных штаммов также выращивали на агаризированной питательной среде. Суспензию готовили методом смыва стерильной водой. После определения титра в колбы с грибной и бактериальной суспензией помещали здоровые 7-дневные проростки подсолнечника с подрезанной корневой системой. Контроль – проростки подсолнечника с подрезанной корневой системой, помещенные в стерильную воду. Учет проводили на седьмые сутки. По количеству увядших растений в контроле и ва-

риантах судили о фитотоксичности активных штаммов антагонистов.

Для изучения ростостимулирующего влияния перспективных штаммов на проростки подсолнечника семена предварительно замачивали в суспензии грибов и бактерий антагонистов на два часа и помещали на проращивание в рулоны из фильтровальной бумаги на семь суток при температуре +25,0 °С. Параметрами для последующего анализа служили длина и масса корня и побега [18].

**Результаты и обсуждение.** Титр суспензии грибных штаммов был в пределах  $10^5$ – $10^9$  КОЕ/мл, бактериальных –  $10^9$ – $10^{11}$  КОЕ/мл. Установлено, что перспективные штаммы грибов и бактерий антагонистов не оказывали негативного влияния на всхожесть семян подсолнечника. Напротив, отмечено достоверное увеличение всхожести семян по сравнению с контролем – на 6,0–14,0 % (табл. 1).

Таблица 1

**Фитотоксичность перспективных штаммов антагонистов возбудителя фомоза к культуре подсолнечника**

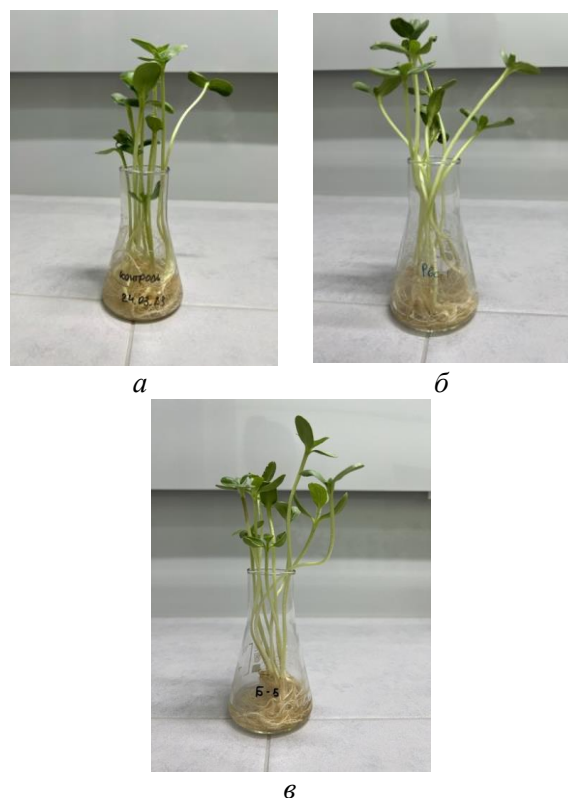
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2023 г.

Вариант	Титр, КОЕ/мл	Замачивание в суспензии	
		семян всхожесть, %	проростков увядание, %
Контроль	-	84	0
Грибные штаммы			
Xk-1 <i>Chaetomium</i> sp.	$4,8 \times 10^7$	90,0	0
A-1 <i>Basidiomycota</i>	$5,0 \times 10^5$	90,0	0
M-24 <i>Penicillium</i> sp.	$7,0 \times 10^9$	86,0	0
Pbc-1 <i>Penicillium</i> sp.	$6,2 \times 10^9$	86,0	0
Pr-1 <i>Penicillium</i> sp.	$6,5 \times 10^9$	84,0	0
Tt-1 <i>Talaromyces</i> sp.	$6,8 \times 10^7$	84,0	0
T-2 <i>Trichoderma</i> sp.	$2,2 \times 10^7$	84,0	0
Бактериальные штаммы			
5-3 <i>Bacillus</i> sp.	$2,6 \times 10^9$	98,0	0
K 1-2 <i>Bacillus</i> sp.	$1,0 \times 10^{10}$	96,0	0
5Б-1 <i>Bacillus</i> sp.	$7,2 \times 10^9$	94,0	0
Oif 2-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	$6,0 \times 10^9$	94,0	0
14-3 <i>Pseudomonas</i> sp.	$3,4 \times 10^{11}$	94,0	0
1a <i>Bacillus</i> sp.	$5,0 \times 10^9$	90,0	0
D-10 <i>Bacillus</i> sp.	$3,5 \times 10^9$	88,0	0
11-1 <i>Bacillus</i> sp.	$3,6 \times 10^{10}$	86,0	0
Sgc-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	$8,5 \times 10^{10}$	86,0	0
Б-5 <i>Bacillus</i> sp.	$3,5 \times 10^9$	86,0	0
НСП <sub>05</sub>		4,03	

Максимальное достоверное увеличение всхожести семян (на 10,0–14,0 %)

отмечено у трех бактериальных штаммов антагонистов из рода *Bacillus*: 5-3, К 1-2 и 5Б-1 *Bacillus* sp., и двух – из рода *Pseudomonas*: Oif 2-1 и 14-3 *Pseudomonas* sp. (94,0–98,0 % при всхожести в контроле 84,0 %). Из грибных антагонистов установлено достоверное увеличение всхожести семян (на 6,0 %) только у двух штаммов – Xk-1 *Chaetomium* sp. и A-1 *Basidiomycota* (90 %).

При замачивании семидневных проростков подсолнечника с подрезанной корневой системой в суспензиях всех испытанных антагонистов увядания не отмечено (рис. 1).



**Рисунок 1** – Влияние перспективных штаммов антагонистов на увядание проростков подсолнечника с подрезанной корневой системой, 2023 г. (ориг.):  
 а – контроль (проростки в стерильной воде);  
 б – проростки в грибной суспензии Pbc-1 *Penicillium* sp.;  
 в – проростки в бактериальной суспензии Б-5 *Bacillus* sp.

Установлено ростостимулирующее влияние перспективных штаммов анта-

гонистов на проростки подсолнечника. Наиболее сильное влияние штаммы оказывали на массу корня и побега проростков (табл. 2).

Таблица 2

**Ростостимулирующее влияние перспективных штаммов антагонистов на проростки подсолнечника**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2023 г.

Вариант	Длина корня		Масса корня		Длина побега		Масса побега	
	см	прибавка в % к контролю	г	прибавка в % к контролю	см	прибавка в % к контролю	г	прибавка в % к контролю
Контроль	5,82	-	0,06	-	6,49	-	0,24	-
Грибные штаммы								
Pbc-1 <i>Penicillium</i> sp.	8,56	47,1	0,15	150,0	10,07	55,2	0,42	75,0
Xk-1 <i>Chaetomium</i> sp.	7,50	28,9	0,14	133,3	9,1	40,2	0,33	37,5
A-1 <i>Basidiomycota</i>	7,54	29,6	0,13	116,7	8,73	34,5	0,39	62,5
Pr-1 <i>Penicillium</i> sp.	6,87	18,0	0,13	116,7	8,08	24,5	0,32	33,3
Tt-1 <i>Talaromyces</i> sp.	8,26	41,9	0,12	100,0	8,76	34,9	0,33	37,5
T-2 <i>Trichoderma</i> sp.	6,98	19,9	0,12	100,0	8,87	36,7	0,31	29,2
M-24 <i>Penicillium</i> sp.	6,60	13,4	0,11	83,3	8,65	33,3	0,33	37,5
Бактериальные штаммы								
5-3 <i>Bacillus</i> sp.	8,38	43,9	0,16	166,7	7,88	21,4	0,32	33,3
D-10 <i>Bacillus</i> sp.	9,18	57,7	0,15	150,0	9,97	53,6	0,38	58,3
11-1 <i>Bacillus</i> sp.	9,47	62,7	0,15	150,0	8,75	34,8	0,34	41,7
B-5 <i>Bacillus</i> sp.	7,50	28,9	0,13	116,7	8,68	33,7	0,33	37,5
14-3 <i>Pseudomonas</i> sp.	7,46	28,2	0,12	100,0	8,20	26,4	0,33	37,5
K 1-2 <i>Bacillus</i> sp.	9,77	67,9	0,11	83,3	7,82	20,5	0,29	20,8
5Б-1 <i>Bacillus</i> sp.	9,02	54,9	0,11	83,3	9,30	43,3	0,34	41,7
Sgc-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	6,38	9,6	0,11	83,3	7,04	8,5	0,28	16,7
1а <i>Bacillus</i> sp.	8,73	50,0	0,10	66,7	7,54	16,2	0,29	20,8
Oif 2-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	5,31	0	0,08	33,3	6,82	5,1	0,27	12,5
НСР <sub>05</sub>	1,12	-	0,04	-	1,17	-	0,04	-

По сравнению с контролем максимальное достоверное увеличение массы корня показали бактериальные штаммы 11-1, D-10 и 5-3 *Bacillus* sp. (150,0–166,7 %) и грибные штаммы: Xk-1 *Chaetomium* sp. и Pbc-1 *Penicillium* sp. (133,3–150,0 %). Влияние штаммов на массу побега по сравнению с контролем также выявлено, но в меньшей степени, чем на корень: для бактериальных штаммов – достоверно на 20,8–58,3 %, для грибных – на 29,2–75,0 %.

Таким образом, в результате исследований были отобраны бактериальные штаммы антагонисты 11-1, D-10 и 5-3 *Bacillus* sp. и грибные – Xk-1 *Chaetomium* sp. и Pbc-1 *Penicillium* sp., которые оказались не только не фитотоксичными, но и

обладали ростостимулирующей активностью на подсолнечнике.

**Заключение.** При оценке выделенных в результате ступенчатого скрининга перспективных грибных и бактериальных штаммов антагонистов на фитотоксичность к проросткам подсолнечника установлено отсутствие угнетающего влияния на всхожесть семян и увядание проростков. Максимальное достоверное увеличение всхожести семян (на 10,0–14,0 %) отмечено у трех бактериальных штаммов антагонистов из рода *Bacillus*: 5-3, K 1-2 и 5Б-1 *Bacillus* sp., и двух – из рода *Pseudomonas*: Oif 2-1 и 14-3 *Pseudomonas* sp. (94,0–98,0 % при всхожести в контроле 84,0 %). Из грибных антагонистов установлено достоверное увеличение всхожести семян (на 6,0 %) только у двух штаммов: Xk-1 *Chaetomium* sp. и A-1 *Basidiomycota* (90 %). Отмечено существенное влияние антагонистов на увеличение массы корня, при этом лучшие результаты по сравнению с контролем показали бактериальные штаммы 11-1, D-10 и 5-3 *Bacillus* sp. (150,0–166,7 %) и грибные – Xk-1 *Chaetomium* sp. и Pbc-1 *Penicillium* sp. (133,3–150,0 %). Влияние штаммов на массу побега по сравнению с контролем также выявлено, но в меньшей степени, чем на корень: для бактериальных штаммов – достоверно на 20,8–58,3 %, для грибных – на 29,2–75,0 %.

Список литературы

1. Новикова И.И. Полифункциональные биопрепараты для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем в биологическом земледелии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 2 (99). – С. 183–194.
2. Index Fungorum Databases: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=564757> (дата обращения: 10.04.2023).
3. Арасланова Н.М., Саукова С.Л., Антонова Т.С. К вопросу о вредоносности *Phoma macdonaldii* Воегетта на подсолнечнике // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 3 (175). – С. 117–123.

4. Roustae, Costes S., Dechamp-Guillaume G. and Barrault G. Phenotypic variability of *Leptosphaeria lindquistii* (anamorpha: *Phoma macdonaldii*), a fungal pathogen of sunflower // Plant Pathology. – 2000. – 49. – P. 227–234.

5. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х., Даценко Л.А., Ефимцева Е.А., Пуногина Д.А., Гайдукова С.Л., Казакова В.В., Ковалева С.Р. Первичный скрининг грибных штаммов антагонистов из коллекции лаборатории биометода ВНИИМК к возбудителю фомоза подсолнечника (часть 1) // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 103–111.

6. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х., Даценко Л.А., Ефимцева Е.А., Пуногина Д.А., Гайдукова С.Л., Казакова В.В., Ковалева С.Р. Первичный скрининг бактериальных штаммов антагонистов из коллекции лаборатории биометода ВНИИМК к возбудителю фомоза подсолнечника (часть 2) // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 3 (183). – С. 107–113.

7. Maslienko L., Voronkova A., Datsenko L., Efimtseva E., Punogina D. Secondary screening of strains of antagonists to a *Phoma* pathogen on sunflower // BIO Web of Conferences. XI International Scientific and Practical Conference “Biological Plant Protection is the Basis of Agroecosystems Stabilization. – 2020. – V. 21. – Art. No 00017. – 6 p. DOI: 10.1051/biocon/20202100017.

8. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55. – № 3. – С. 421–438.

9. Sivasakthi S., Kanchana D., Usharani G., Saranraj P. Production of plant growth promoting substance by *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* isolates from paddy rhizosphere soil of Cuddalore district, Tamil Nadu, India // International Journal of Microbiological Research. – 2013. – 4 (3). – P. 227–233. DOI: 10.5829/idosi.ijmr.2013.4.3.75171.

10. Bakker P.A.H.M., Pieterse C.M.J., van Loon L.C. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp. // Phytopathology. – 2007. – 97 (2). – P. 239–243. DOI: 10.1094/PHYTO-97-2-0239.

11. Van Loon L.C. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria // European Journal of Plant Pathology. – 2007. – 119. – P. 243–254. DOI: 10.1007/s10658-007-9165-1.

12. Porcel R., Zamarréño Á.M., García-Mina J.M., Aroca R. Involvement of plant endogenous ABA in *Bacillus megaterium* PGPR

activity in tomato plants // BMC Plant Biology. – 2014. – 14. – P. 36. DOI: 10.1186/1471-2229-14-36.

13. Kilian M., Steiner U., Krebs B., Junge H., Schmiedeknecht G., Hain R. FZB24® *Bacillus subtilis* – mode of action of microbial agent enhancing plant vitality // Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. – 2000. – 1/00 (1). – P. 72–93.

14. Dobbelaere S., Vanderleyden J., Okon Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2003. – 22 (2). – P. 107–149. DOI: 10.1080/713610853.

15. Belimov A.A., Dodd I.C., Safronova V.I., Dumova V.A., Shaposhnikov A.I., Ladatko A.G., Davies W.J. Abscisic acid metabolizing rhizobacteria decrease ABA concentrations in planta and alter plant growth // Plant Physiology and Biochemistry. – 2014. – 74. – P. 84–91. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.10.032.

16. Лысак В.В., Желвакова Р.А., Фомина О.В. Микробиология. Практикум: пособие. – Минск: БГУ, 2015. – 115 с.

17. Непрусов Ф.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.

18. Асатурова А.М. Перспективные штаммы бактерий – продуценты микробиопрепаратов для снижения вредоносности фузариоза на подсолнечнике: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Анжела Михайловна Асатурова. – СПб., 2009. – 23 с.

## References

1. Novikova I.I. Polifunktsional'nye biopreparaty dlya fitosanitarной optimizatsii agroekosistem v biologicheskom zemledelii // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2019. – № 2 (99). – S. 183–194.

2. Index Fungorum Databases: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=564757> (data obrashcheniya: 10.04.2023).

3. Araslanova N.M., Saukova S.L., Antonova T.S. K voprosu o vredonosnosti *Phoma macdonaldii* Boerema na podsolnechnike // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2018. – Vyp. 3 (175). – S. 117–123.

4. Roustae, Costes S., Dechamp-Guillaume G. and Barrault G. Phenotypic variability of Lep-

tosphaeria lindquistii (anamorpha: Phoma macdonaldii), a fungal pathogen of sunflower // Plant Pathology. – 2000. – 49. – P. 227–234.

5. Maslienko L.V., Voronkova A.Kh., Datsenko L.A., Efimtseva E.A., Punogina D.A., Gaydukova S.L., Kazakova V.V., Kovaleva S.R. Pervichnyy skrining gribnykh shtammov antagonistov iz kolleksii laboratorii biometoda VNIIMK k vozbuditelyu fomoza podsolnechnika (chast' 1) // Maslichnye kul'tury. – 2020. – Vyp. 2 (182). – S. 103–111.

6. Maslienko L.V., Voronkova A.Kh., Datsenko L.A., Efimtseva E.A., Punogina D.A., Gaydukova S.L., Kazakova V.V., Kovaleva S.R. Pervichnyy skrining bakterial'nykh shtammov antagonistov iz kolleksii laboratorii biometoda VNIIMK k vozbuditelyu fomoza podsolnechnika (chast' 2) // Maslichnye kul'tury. – 2020. – Vyp. 3 (183). – S. 107–113.

7. Maslienko L., Voronkova A., Datsenko L., Efimtseva E., Punogina D. Secondary screening of strains of antagonists to a Phoma pathogen on sunflower // BIO Web of Conferences. XI International Scientific and Practical Conference “Biological Plant Protection is the Basis of Agroecosystems Stabilization. – 2020. – V. 21. – Art. No 00017. – 6 p. DOI: 10.1051/biocon/20202100017.

8. Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Boykova I.V. Mikrobiologicheskaya zashchita rasteniy v tekhnologiyakh fitosanitarnoy optimizatsii agroekosistem: teoriya i praktika (obzor) // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. – 2020. – T. 55. – № 3. – S. 421–438.

9. Sivasakthi S., Kanchana D., Usharani G., Saranraj P. Production of plant growth promoting substance by Pseudomonas fluorescens and Bacillus subtilis isolates from paddy rhizosphere soil of Cuddalore district, Tamil Nadu, India // International Journal of Microbiological Research. – 2013. – 4 (3). – P. 227–233. DOI: 10.5829/idosi.ijmr.2013.4.3.75171.

10. Bakker P.A.H.M., Pieterse C.M.J., van Loon L.C. Induced systemic resistance by fluorescent Pseudomonas spp. // Phytopathology. – 2007. – 97 (2). – P. 239–243. DOI: 10.1094/PHYTO-97-2-0239.

11. Van Loon L.C. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria // European Journal of Plant Pathology. – 2007. – 119. – P. 243–254. DOI: 10.1007/s10658-007-9165-1.

12. Porcel R., Zamarreño Á.M., García-Mina J.M., Aroca R. Involvement of plant endogenous ABA in Bacillus megaterium PGPR activity in

tomato plants // BMC Plant Biology. – 2014. – 14. – P. 36. DOI: 10.1186/1471-2229-14-36.

13. Kilian M., Steiner U., Krebs B., Junge H., Schmiedeknecht G., Hain R. FZB24® Bacillus subtilis – mode of action of microbial agent enhancing plant vitality // Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. – 2000. – 1/00 (1). – P. 72–93.

14. Dobbelaere S., Vanderleyden J., Okon Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2003. – 22 (2). – P. 107–149. DOI: 10.1080/713610853.

15. Belimov A.A., Dodd I.C., Safronova V.I., Dumova V.A., Shaposhnikov A.I., Ladatko A.G., Davies W.J. Abscisic acid metabolizing rhizobacteria decrease ABA concentrations in planta and alter plant growth // Plant Physiology and Biochemistry. – 2014. – 74. – P. 84–91. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.10.032.

16. Lysak V.V., Zhelvakova R.A., Fomina O.V. Mikrobiologiya. Praktikum: posobie. – Minsk: BGU, 2015. – 115 s.

17. Netrusov F.I., Egorova M.A., Zakharchuk L.M. Praktikum po mikrobiologii. – M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2005. – 608 s.

18. Asaturova A.M. Perspektivnye shtammy bakteriy – produtsenty mikrobiopreparatov dlya snizheniya vredonosnosti fuzarioza na podsolnechnike: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk / Anzhela Mikhaylovna Asaturova. – SPb., 2009. – 23 s.

## Сведения об авторах

**Л.В. Маслиенко**, зав. лаб., гл. науч. сотр., д-р биол. наук

**Е.А. Ефимцева**, мл. науч. сотр.

**Л.А. Дейнега**, мл. науч. сотр.

*Получено/Received*

18.04.2023

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

19.04.2023

*Получено после доработки/Manuscript revised*

19.04.2023

*Принято/Accepted*

26.04.2023

*Manuscript on-line*

30.06.2023