

Научная статья

УДК 633.853.494:632.937

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-3-199-46-54

## Поиск антагонистов возбудителя фомоза рапса озимого: первич- ный скрининг бактериальных штаммов из рабочей коллекции лаборатории биометода ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Любовь Васильевна Маслиенко  
Евгения Алексеевна Заверюха  
Любовь Анатольевна Дейнега  
Анастасия Владиславовна Кузнецова

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

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

**Аннотация.** В 2024 г. в лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК с целью разработки микробиологического метода снижения вредоносности наиболее опасной болезни озимого рапса – фомоза (*Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not, анаморфная стадия *Phoma lingam* (Tode) Desm.) проводили поиск перспективных штаммов-продуцентов микробиопрепаратов из рабочей коллекции лаборатории. В результате первичного скрининга бактериальных штаммов антагонистов выделено 29 перспективных штаммов с разными типами антагонистической активности против возбудителя фомоза: 21 штамм бактерий рода *Bacillus*: Fa 4-2, D-10, 11-2, D 1-1, 11-3, 5-3, 3-3, 3-2, Far 8, D 1-3, Fz 9, D 7-3, K1-2, 01kopf *Bacillus* sp., Б (2-1), Б-5, Б-12 *B. licheniformis*, 5Б-1, D 7-1, BB(C) *B. subtilis*, Б-4 *B. circulans* и восемь штаммов рода *Pseudomonas*: 12-2, 15-1, 13-2, Sgc-1, 16-2, Oif 2-1, 14-4 *Pseudomonas* sp. и 14-3 *P. chlororaphis*, для проведения вторичного скрининга на фоне искусственного заражения патогеном.

**Ключевые слова:** фомоз рапса озимого, первичный скрининг, бактериальные штаммы антагонисты

**Для цитирования:** Маслиенко Л.В., Заверюха Е.А., Дейнега Л.А., Кузнецова А.В. Поиск антагонистов возбудителя фомоза рапса озимого: первичный скрининг бактериальных штаммов из рабочей коллекции лаборатории биометода ФГБНУ ФНЦ

UDC 633.853.494:632.937

## Search of antagonists of *Phoma* rot pathogen on winter rapeseed: initial screening of bacterial strains from the working collection of the biometod laboratory of VNIIMK

Maslienko L.V., head of the lab., leading researcher, PhD in biology

Zaverukha E.A., junior researcher

Deynega L.A., junior researcher

Kuznetsova A.V., analyst

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

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

**Abstract.** In 2024, in the laboratory of biometod of the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, a search of promising strains-producers of microbiopreparations from the working collection of the laboratory was conducted. The purpose of the research was to develop a microbiological method to decrease the harmfulness of the most dangerous disease on winter rapeseed – *Phoma* rot (*Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not, anamorph stage *Phoma lingam* (Tode) Desm.). As a result of the initial screening of bacterial antagonist strains, 29 promising strains with the different types of an antagonist activity against *Phoma* pathogen were selected: 21 bacterial strains from a genus *Bacillus*: Fa 4-2, D-10, 11-2, D 1-1, 11-3, 5-3, 3-3, 3-2, Far 8, D 1-3, Fz 9, D 7-3, K 1-2, 01kopf *Bacillus* sp., Б (2-1), Б-5, Б-12 *B. licheniformis*, 5Б-1, D 7-1, BB(C) *B. subtilis*, Б-4 *B. circulans*, and eight strains from a genus *Pseudomonas*: 12-2, 15-1, 13-2, Sgc-1, 16-2, Oif 2-1, 14-4 *Pseudomonas* sp. and 14-3 *P. chlororaphis*, to conduct the secondary screening on a pathogen artificial inoculation background.

**Key words:** *Phoma* rot of winter rapeseed, primary screening, bacterial antagonist strains

**Введение.** Одной из наиболее вредоносных болезней рапса озимого (*Brassica napus* L.) является фомоз. Возбудителем в центральной зоне Краснодарского края установлен *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not, анаморфная стадия *Phoma lingam* (Tode) Desm. [1].

Поражение посевов рапса фомозом приводит к их изреживанию, уменьшению ассимиляционной поверхности растений, снижению массы 1000 семян, их посевных

качеств, технологических свойств, маслянистости, ухудшению жирно-кислотного состава и к значительным потерям урожая (до 40 %). При инфицировании растений рапса озимого фомозом в первые фазы развития возбудитель может вызывать их преждевременную гибель [2; 3; 4]. Также все чаще отмечается эпифитотийное развитие болезни на рапсе в южных областях Нечерноземья. Это объясняется резким увеличением площади посевов, минимальным сроком возврата культуры на прежнее место, значительным движением сортового материала как внутри страны, так и за ее пределами, недостаточной генетической и сортовой устойчивостью [5–7]. Основным способом защиты рапса озимого от фомоза является применение фунгицидов [8; 9]. Зарегистрированных биопрепаратов от фомоза на рапсе в России нет. Поэтому разработка микробиологического метода снижения вредоносности одной из наиболее распространенных и опасных болезней рапса – фомоза – является актуальной задачей.

В лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК многие годы ведутся исследования по разработке микробиологических средств защиты масличных культур от болезней. В основе разработанной в лаборатории концепции целенаправленного создания микробиопрепаратов для защиты подсолнечника и других сельскохозяйственных культур от болезней лежит поиск штаммов антагонистов, безопасных для человека, нефитотоксичных, проявляющих высокую активность в широко варьируемых условиях против комплекса патогенов, обладающих полифункциональным типом действия [10]. Концепция включает следующие основные этапы:

- изыскание в естественных условиях штаммов антагонистов возбудителей болезней;

- ступенчатый скрининг штаммов в лабораторных условиях *in vitro* и на фоне искусственного заражения во влажной камере и в грунте;

- селекционное улучшение перспективных штаммов, безопасных для человека и нефитотоксичных для растений;

- разработку препаративных форм, регламентов производства и хранения микробиопрепаратов;

- обоснование стратегии применения микробиопрепаратов в системе защитных мероприятий.

В результате многолетних исследований в лаборатории создана рабочая коллекция перспективных штаммов грибов и бактерий антагонистов широкого круга возбудителей болезней масличных и других сельскохозяйственных культур.

Одним из основных этапов концепции целенаправленного создания микробиопрепаратов является ступенчатый скрининг штаммов в лабораторных условиях *in vitro* и на фоне искусственного заражения во влажной камере и в грунте. Настоящая работа посвящена первому этапу ступенчатого скрининга – первичному скринингу коллекционных бактериальных штаммов к агрессивному изоляту возбудителя фомоза озимого рапса *Phoma lingam* *in vitro*.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2024 г. Объектом исследований служили: конидиальная стадия агрессивного изолята возбудителя фомоза рапса озимого *Phoma lingam*, выделенного в центральной зоне Краснодарского края; коллекционные штаммы бактериальных антагонистов возбудителей болезней масличных культур – 27 штаммов рода *Bacillus* (01kopf *Bacillus* sp., D-10 *Bacillus* sp., D 1-1 *Bacillus* sp., Fa 4-1 *B. subtilis*, Fa 4-2 *Bacillus* sp., Far 8 *Bacillus* sp., 5-3 *Bacillus* sp., D 7-1 *B. subtilis*, D 7-3 *Bacillus* sp., D 1-3 *Bacillus* sp., Fz 9 *Bacillus* sp., 3-1 *Bacillus* sp., Б-2 *B. circulans*, Б-4 *B. circulans*, Б (2-1) *B. licheniformis*, Б-5 *B. licheniformis*, Б-12 *B. licheniformis*, 11-1 *Bacillus* sp., 11-3 *Bacillus* sp., 3-2 *Bacillus* sp., 3-3 *Bacillus* sp., 1а *B. polymyxa*, P-9 *B. polymyxa*, P-8 *B. polymyxa*, K1-1 *B. subtilis*, ВВ(С) *B. subtilis*, 5Б-1 *B. subtilis*), а также девять штаммов рода *Pseudomonas* (Sgc-1 *Pseudomonas* sp., 12-2

*Pseudomonas* sp., 13-2 *Pseudomonas* sp., 15-1 *Pseudomonas* sp., Sgrc-1 *P. fluorescens*, 14-3 *P. chlororaphis*, 14-4 *P. chlororaphis*, 16-2 *Pseudomonas* sp., Oif 2-1 *Pseudomonas* sp.) и семена рапса озимого сорта Лорис.

Оценку антагонистической активности штаммов *in vitro* к агрессивному изоляту возбудителя фомоза рапса озимого проводили методом двойных или встречных культур [11]. Метод позволяет определить антагонистическую активность выделенных или коллекционных штаммов при совместном культивировании с возбудителем болезни (агрессивным изолятом) в одной чашке Петри.

Культуры бактериальных антагонистов и возбудителя болезни выращивали отдельно в течение пяти – семи суток на агаризированной питательной среде. Стерильным сверлом размером 0,7 см вырезали блоки с мицелием антагониста и патогена и помещали в одну чашку Петри на расстоянии 6,0 см. Контролем служили культуры антагонистов и патогена, посеянные порознь.

Антагонистов и патоген выращивали на картофельно-сахарозном агаре (КСА) [12] и на специализированных средах: для бактерий из рода *Bacillus* – Тайлона-3 [13], из рода *Pseudomonas* – Кинга В [14].

Учёты взаимодействия патогенов с антагонистами проводили на 20-е сутки культивирования, отмечали:

- рост патогена и антагониста в % от площади чашки Петри (конкуренция за площадь питания);

- наличие или отсутствие зон задержки роста патогена в результате синтеза антагонистами гидролитических ферментов или веществ антибиотической природы (стерильная зона);

- нарастание антагониста на колонию патогена (гиперпаразитическая зона).

**Результаты и обсуждение.** Установлена антагонистическая активность всех 36 испытанных коллекционных бактериальных штаммов *in vitro* к агрессивному изоляту возбудителя фомоза озимого рапса *Phoma lingam* на всех испытанных питательных средах. При этом выявлены три

типа антагонистической активности: двойной (конкуренция за площадь питания и антибиоз), только конкуренция за площадь питания и только антибиоз. Нарастания бактериальных антагонистов на колонию патогена (гиперпаразитическая зона) не отмечено (табл. 1–4).

На среде КСА сформировался двойной тип антагонистической активности бактерий из рода *Bacillus* у восьми штаммов, из них у пяти (Fa 4-2, D-10, 11-2 *Bacillus* sp., Б (2-1) *B. licheniformis*, D 7-1 *B. subtilis*), при средней конкуренции за площадь питания (19,4–32,9 %) установлена более высокая антибиотическая активность при стерильной зоне 14,5–23,5 мм. Тогда как у трех штаммов (Б-5, Б-12 *B. licheniformis* и D 1-1 *Bacillus* sp.) выявлена высокая конкуренция за площадь питания (61,9–82,2 %) при небольшой стерильной зоне (4,0–13,0 мм) (табл. 1, рис. 1).

У остальных 19 бактериальных штаммов из рода *Bacillus* установлена антибиотическая активность. При этом максимальная стерильная зона (26,0–37,5 мм) отмечена у восьми штаммов (11-3, 5-3, 3-3, Far 8, D 1-3, Fz 9, *Bacillus* sp., 5Б-1 *B. subtilis*, и Б-4 *B. circulans*).

На среде Тайлона-3 у бациллярных штаммов установлены три типа антибиотической активности: двойной (конкуренция за площадь питания и антибиоз), только конкуренция за площадь питания и только антибиоз (табл. 2, рис. 2).

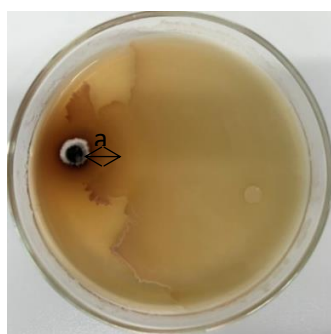
При двойном типе антагонистической активности максимальный антибиоз (23,5–25,0 мм) отмечен у четырех бациллярных штаммов (К1-2 *Bacillus* sp., 01kopf *Bacillus* sp., 5Б-1 *B. subtilis* и Б-12 *B. licheniformis*). Максимальная конкуренция за площадь питания (55,5–76,5 %) установлена у пяти штаммов (11-3, 5-3, Fa 4-2, 11-2 *Bacillus* sp. и Б-5 *B. licheniformis*). Один штамм (ВВ(С) *B. subtilis*) проявил только конкуренцию за площадь питания (72,6 %). Антибиоз сформировался у шести штаммов, при этом максимальная стерильная зона отмечена у двух бациллярных штаммов (D 7-3 и 3-2 *Bacillus* sp.).

Таблица 1

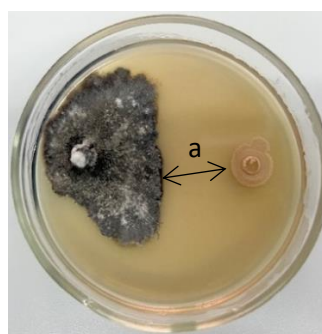
**Антагонистическая активность штаммов бактерий из рода *Bacillus* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* при температуре 25 °С на 20-е сутки культивирования на среде КСА**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.

Штамм антагонист	Площадь зарастания поверхности питательной среды,				Размер стерильной зоны, мм
	антагонистом		патогеном		
	%	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	
<i>Phoma lingam</i>	-	-	37,2	23,8	-
<b>конкуренция за площадь питания + антибиоз</b>					
Fa 4-2 <i>Bacillus</i> sp.	23,7	15,1 ± 0,3	7,4	4,8 ± 0,9	<b>23,5</b>
Б (2-1) <i>B. licheniformis</i>	32,9	20,9 ± 1,0	5,7	3,7 ± 1,5	<b>23,0</b>
D-10 <i>Bacillus</i> sp.	19,4	12,4 ± 6,0	15,2	9,7 ± 3,5	<b>19,5</b>
D 7-1 <i>B. subtilis</i>	28,1	18,0 ± 5,4	15,6	10,0 ± 0,6	<b>15,0</b>
11-2 <i>Bacillus</i> sp.	30,0	19,2 ± 3,2	10,3	6,6 ± 2,2	<b>14,5</b>
Б-5 <i>B. licheniformis</i>	<b>61,9</b>	39,5 ± 8,6	2,5	1,7 ± 1,3	13,0
Б-12 <i>B. licheniformis</i>	<b>82,2</b>	52,3 ± 3,8	1,2	0,8 ± 0,1	7,5
D 1-1 <i>Bacillus</i> sp.	<b>70,7</b>	45,0 ± 7,2	5,4	3,5 ± 2,1	4,0
<b>антибиоз</b>					
11-3 <i>Bacillus</i> sp.	3,2	2,1 ± 0,4	5,3	3,4 ± 0,8	<b>37,5</b>
5-3 <i>Bacillus</i> sp.	4,4	2,8 ± 0,1	21,0	14,6 ± 1,8	<b>32,0</b>
3-3 <i>Bacillus</i> sp.	6,7	4,3 ± 0,3	23,0	14,7 ± 1,0	<b>30,5</b>
Far 8 <i>Bacillus</i> sp.	5,9	3,8 ± 2,9	20,7	13,3 ± 2,9	<b>30,0</b>
5Б-1 <i>B. subtilis</i>	4,9	3,1 ± 0,3	14,6	9,3 ± 0,1	<b>29,5</b>
D 1-3 <i>Bacillus</i> sp.	4,8	3,1 ± 0,1	22,2	14,2 ± 4,2	<b>29,5</b>
Fz 9 <i>Bacillus</i> sp.	4,1	2,6 ± 0,3	16,8	10,8 ± 0,8	<b>27,5</b>
Б-4 <i>B. circulans</i>	11,1	7,1 ± 1,2	10,4	6,7 ± 0,9	<b>26,0</b>
3-2 <i>Bacillus</i> sp.	4,3	2,7 ± 1,9	29,8	19,0 ± 5,0	25,5
1а <i>B. polymyxa</i>	5,6	3,6 ± 0,6	14,8	9,5 ± 1,5	24,5
P-9 <i>B. polymyxa</i>	8,2	5,3 ± 2,1	26,4	16,9 ± 5,1	23,5
01kopf <i>Bacillus</i> sp.	13,3	8,5 ± 3,7	20,5	13,0 ± 0,4	23,0
11-1 <i>Bacillus</i> sp.	15,5	10,0 ± 3,0	6,7	4,3 ± 0,1	23,5
K1-2 <i>Bacillus</i> sp.	17,5	11,2 ± 0,9	21,9	14,0 ± 2,0	21,5
Fa 4-1 <i>B. subtilis</i>	13,9	8,9 ± 2,7	18,5	11,8 ± 0,8	21,0
D 7-3 <i>Bacillus</i> sp.	2,8	1,8 ± 0	33,9	21,6 ± 0	21,0
K 1-1 <i>B. subtilis</i>	9,9	6,4 ± 0,5	35,7	22,8 ± 2,8	19,5
BB(C) <i>B. subtilis</i>	19,4	12,4 ± 5,0	19,8	12,6 ± 1,0	15,0
Б-2 <i>B. circulans</i>	17,0	10,8 ± 5,5	38,3	24,4 ± 1,4	9,5



1



2

*Phoma lingam* + Б-12 *B. licheniformis*    *Phoma lingam* + Fz 9 *Bacillus* sp.

Рисунок 1 – Антагонистическая активность бактериальных штаммов из рода *Bacillus* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* через 20 суток совместного культивирования на среде КСА при температуре 25 °С:

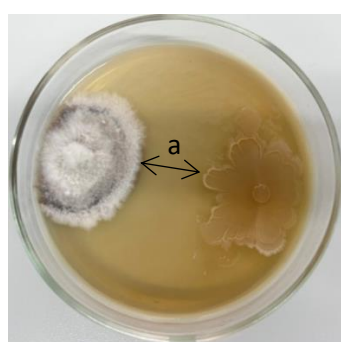
а – стерильная зона; 1 – конкуренция за площадь питания и антибиоз;  
2 – антибиоз (ориг.) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.)

Таблица 2

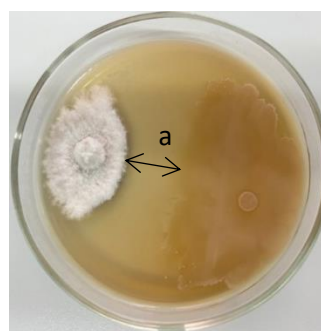
**Антагонистическая активность штаммов бактерий из рода *Bacillus* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* при температуре 25 °С на 20-е сутки культивирования на среде Тайлона-3**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.

Штамм антагонист	Площадь зарастания поверхности питательной среды				Размер стерильной зоны, мм
	антагонистом		патогеном		
	%	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	
<i>Phoma lingam</i>	-	-	16,3	10,4	-
<b>конкуренция за площадь питания + антибиоз</b>					
K1-2 <i>Bacillus</i> sp.	41,3	26,2 ± 8,6	8,9	5,8 ± 3,1	<b>25,0</b>
01kopf <i>Bacillus</i> sp.	35,7	22,7 ± 5,4	9,7	6,2 ± 2,1	<b>25,0</b>
5Б-1 <i>B. subtilis</i>	21,9	13,9 ± 0,4	17,1	10,9 ± 2,8	<b>24,0</b>
Б-12 <i>B. licheniformis</i>	41,4	26,3 ± 3,7	17,1	10,9 ± 2,6	<b>23,5</b>
Б-4 <i>B. circulans</i>	21,0	13,3 ± 0,7	15,1	9,6 ± 1,0	21,5
Far 8 <i>Bacillus</i> sp.	33,9	21,6 ± 4,2	23,1	14,7 ± 2,3	18,5
Fz 9 <i>Bacillus</i> sp.	21,9	13,9 ± 6,3	16,4	10,5 ± 5,5	18,5
3-3 <i>Bacillus</i> sp.	41,0	26,1 ± 8,0	11,0	7,0 ± 0,8	16,5
P-9 <i>B. polymyxa</i>	36,2	23,0 ± 6,0	17,7	11,2 ± 1,8	16,5
K 1-1 <i>B. subtilis</i>	35,3	22,4 ± 7,3	19,2	12,2 ± 3,5	16,5
D-10 <i>Bacillus</i> sp.	36,8	23,5 ± 1,6	16,2	10,3 ± 3,5	14,5
11-1 <i>Bacillus</i> sp.	27,5	17,5 ± 4,8	10,4	6,7 ± 1,3	14,5
D 1-1 <i>Bacillus</i> sp.	46,3	29,5 ± 10,1	10,7	6,9 ± 0,2	13,5
D 1-3 <i>Bacillus</i> sp.	47,1	29,9 ± 8,6	1,7	1,1 ± 0,3	8,5
Б(2-1) <i>B. licheniformis</i>	47,6	30,2 ± 3,6	0,8	0,5 ± 0,1	8,0
11-3 <i>Bacillus</i> sp.	<b>55,6</b>	35,4 ± 5,9	3,9	2,5 ± 2,1	11,5
5-3 <i>Bacillus</i> sp.	<b>56,5</b>	36,0 ± 8,8	10,8	6,9 ± 3,5	16,5
Fa 4-2 <i>Bacillus</i> sp.	<b>64,4</b>	41,1 ± 2,2	3,8	2,5 ± 0,9	6,5
11-2 <i>Bacillus</i> sp.	<b>71,7</b>	45,7 ± 4,0	1,1	0,7 ± 0,5	8,0
Б-5 <i>B. licheniformis</i>	<b>76,5</b>	48,6 ± 8,3	1,0	0,7 ± 0,2	8,5
<b>конкуренция за площадь питания</b>					
ВВ(С) <i>B. subtilis</i>	<b>72,6</b>	46,2 ± 6,0	23,2	14,8 ± 3,6	0
<b>антибиоз</b>					
D 7-3 <i>Bacillus</i> sp.	0,7	0,5 ± 0,1	29,1	18,6 ± 1,2	<b>32,0</b>
3-2 <i>Bacillus</i> sp.	10,7	6,8 ± 3,9	35,9	22,8 ± 5,4	<b>28,0</b>
D 7-1 <i>B. subtilis</i>	14,8	9,4 ± 0,1	36,3	23,1 ± 0,4	19,0
Fa 4-1 <i>B. subtilis</i>	27,6	17,6 ± 2,1	31,6	20,1 ± 6,0	15,5
Б-2 <i>B. circulans</i>	12,1	7,7 ± 0,4	28,2	17,9 ± 2,1	14,0
1a <i>B. polymyxa</i>	24,6	15,6 ± 7,6	28,2	18,0 ± 7,4	1,0



1

*Phoma lingam* + 5Б-1 *B. subtilis*

2

*Phoma lingam* + 5-3 *Bacillus* sp.

Рисунок 2 – Антагонистическая активность бактериальных штаммов из рода *Bacillus* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* через 20 суток совместного культивирования на среде Тайлона-3 при температуре 25 °С:

а – стерильная зона; 1, 2 – конкуренция за площадь питания и антибиоз (ориг.) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.)

Таким образом, на двух питательных средах КСА и Тайлона-3 из 27 коллекционных штаммов бактерий из рода *Bacillus* выделен 21 перспективный штамм, показавший максимальную антагонистическую активность с разными типами действия, для проведения вторичного скрининга на фоне искусственного заражения в лабораторных условиях во влажной камере: Fa 4-2, D-10, 11-2, D 1-1, 11-3, 5-3, 3-3, 3-2, Far 8, D 1-3, Fz 9, D 7-3, K 1-2, 01kopf *Bacillus* sp., Б (2-1), Б-5, Б-12 *B. licheniformis*, 5Б-1, D 7-1, ВВ(С) *B. subtilis* и Б-4 *B. circulans*.

У бактерий из рода *Pseudomonas* на среде КСА установлен двойной тип антагонистической активности только у двух штаммов, при этом у штамма 12-2 *Pseudomonas* sp. отмечена средняя конкуренция за площадь питания (26,3 %) при более высокой антибиотической активности (стерильная зона составила 12,5 мм). Тогда как у штамма 15-1 *Pseudomonas* sp. установлена высокая конкуренция за площадь питания (83,7 %) при небольшой стерильной зоне (6,0 мм) (табл. 3, рис. 3).

У семи остальных штаммов выявлен тип антагонистической активности антибиоз, при этом максимальная стерильная зона (15,0–27,5 мм) отмечена у четырех штаммов (13-2, Sgc-1, 16-2, Oif 2-1 *Pseudomonas* sp.).

На специализированной среде Кинга В двойной тип антагонистической активности установлен так же, как и на среде КСА, у двух штаммов: 13-2 и 12-2 *Pseudomonas* sp. При этом у штамма 13-2 *Pseudomonas* sp. установлена средняя конкуренция за площадь питания (26,5 %) при более высокой антибиотической активности (стерильная зона – 16,5 мм). Тогда как у штамма 12-2 *Pseudomonas* sp. установлена более высокая конкуренция за площадь питания (53,9 %) при средней стерильной зоне (13,0 мм) (табл. 4, рис. 4).

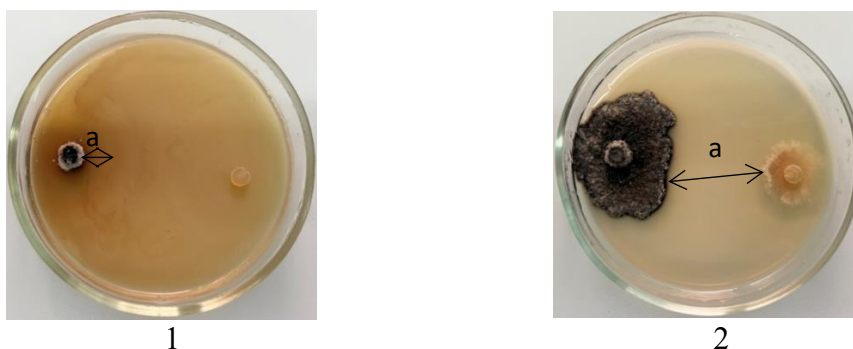
У остальных семи штаммов установлен один тип антагонистической активности – антибиоз, с максимальной стерильной зоной (21,0–26,0 мм) у четырех штаммов (14-4, 16-2, Oif 2-1 и 14-3 *Pseudomonas* sp.).

Таблица 3

**Антагонистическая активность штаммов бактерий антагонистов из рода *Pseudomonas* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* при температуре 25 °С на 20-е сутки культивирования на среде КСА**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.

Штамм антагонист	Площадь зарастания поверхности питательной среды, %				Размер стерильной зоны, мм
	антагонистом		патогеном		
	%	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	
<i>Phoma lingam</i>	-	-	37,2	23,8	-
<b>конкуренция за площадь питания + антибиоз</b>					
12-2 <i>Pseudomonas</i> sp.	<b>26,3</b>	16,8 ± 2,9	13,5	8,7 ± 6,1	12,5
15-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	<b>83,7</b>	53,3 ± 3,5	1,4	0,9 ± 0,1	6,0
<b>антибиоз</b>					
13-2 <i>Pseudomonas</i> sp.	7,8	5,0 ± 0,4	25,4	16,2 ± 2,7	<b>27,5</b>
Sgc-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	6,3	4,1 ± 0,8	24,7	15,8 ± 0,6	<b>23,5</b>
16-2 <i>Pseudomonas</i> sp.	23,6	15,1 ± 0,1	27,2	17,3 ± 6,6	<b>15,5</b>
Oif 2-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	9,1	5,8 ± 1,6	20,6	13,1 ± 2,2	<b>15,0</b>
14-4 <i>Pseudomonas</i> sp.	15,8	10,1 ± 0,1	36,9	23,5 ± 11,9	11,5
14-3 <i>P. chlororaphis</i>	13,7	8,7 ± 1,7	25,7	16,4 ± 6,4	10,5
Sgrc-1 <i>P. fluorescens</i>	10,8	6,9 ± 1,5	35,9	22,9 ± 0,2	9,0



1 *Phoma lingam* + 15-1 *Pseudomonas* sp. 2 *Phoma lingam* + 13-2 *Pseudomonas* sp.

Рисунок 3 – Антагонистическая активность бактериальных штаммов из рода *Pseudomonas* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* через 20 суток совместного культивирования на среде КСА при температуре 25 °С:

а – стерильная зона; 1 – конкуренция за площадь питания и антибиоз;  
2 – антибиоз (ориг.) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.)

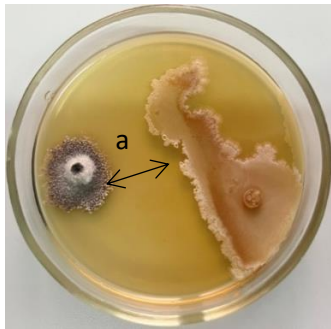
Таблица 4

**Антагонистическая активность штаммов бактерий антагонистов из рода *Pseudomonas* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* при температуре 25 °С на 20-е сутки культивирования на среде Кинга В**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.

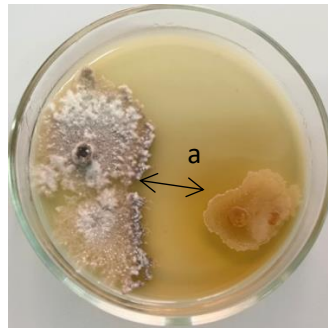
Штамм антагонист	Площадь зарастания поверхности питательной среды, %				Размер стерильной зоны, мм
	антагонистом		патогеном		
	%	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	
<i>Phoma lingam</i>	-	-	29,7	18,8 ± 0,8	-
<b>конкуренция за площадь питания + антибиоз</b>					
13-2 <i>Pseudomonas</i> sp.	<b>26,5</b>	16,9 ± 2,5	16,3	10,4 ± 6,9	<b>16,5</b>
12-2 <i>Pseudomonas</i> sp.	<b>53,9</b>	34,3 ± 5,6	4,5	2,9 ± 1,7	13,0
<b>антибиоз</b>					
14-4 <i>Pseudomonas</i> sp.	9,4	6,1 ± 1,1	27,6	17,5 ± 3,4	<b>26,0</b>
16-2 <i>Pseudomonas</i> sp.	6,4	4,2 ± 0,2	22,5	14,4 ± 2,4	<b>26,0</b>
Oif 2-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	10,1	6,5 ± 1,2	26,6	17,0 ± 0,3	<b>24,0</b>
14-3 <i>P. chlororaphis</i>	10,2	6,5 ± 1,6	30,4	19,5 ± 1,5	<b>21,0</b>
15-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	11,0	7,1 ± 1,2	28,8	18,4 ± 2,1	19,5
Sgc-1 <i>Pseudomonas</i> sp.	18,0	11,5 ± 7,2	25,0	16,0 ± 1,1	15,0
Sgrc-1 <i>P. fluorescens</i>	5,1	3,3 ± 1,3	36,1	24,6 ± 8,4	1,5





1

*Phoma lingam* + 12-2 *Pseudomonas* sp.



2

*Phoma lingam* + 14-3 *P. chlororaphis*

Рисунок 4 – Антагонистическая активность бактериальных штаммов из рода *Pseudomonas* к возбудителю фомоза рапса озимого *Phoma lingam* через 20 суток совместного культивирования на среде Кинга В при температуре 25 °С:

а – стерильная зона; 1 – конкуренция за площадь питания и антибиоз;  
2 – антибиоз (ориг.) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.)

Таким образом, на двух питательных средах КСА и Кинга В из девяти коллекционных штаммов бактерий рода *Pseudomonas* выделены восемь перспективных штаммов, показавших максимальную антагонистическую активность с разными типами действия против возбудителя фомоза: 12-2, 15-1, 13-2, Sgc-1, 16-2, Oif 2-1, 14-4 *Pseudomonas* sp. и 14-3 *P. chlororaphis*.

**Заключение.** В 2024 г. в результате первичного скрининга бактериальных штаммов антагонистов из рабочей коллекции лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК для проведения вторичного скрининга на фоне искусственного заражения возбудителем фомоза рапса озимого выделены перспективные штаммы бактерий с разными типами антагонистической активности: 21 штамм бактерий рода *Bacillus*: Fa 4-2, D-10, 11-2, D 1-1, 11-3, 5-3, 3-3, 3-2, Far 8, D 1-3, Fz 9, D 7-3, K1-2, O1kopf *Bacillus* sp., Б (2-1), Б-5, Б-12 *B. licheniformis*, 5Б-1, D 7-1, ВВ(С) *B. subtilis*, Б-4 *B. circulans* и восемь штаммов рода *Pseudomonas*: 12-2, 15-1, 13-2, Sgc-1, 16-2, Oif 2-1, 14-4 *Pseudomonas* sp. и 14-3 *P. chlororaphis*.

#### Список литературы

1. Index Fungorum Data bases: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=230154> (дата обращения: 01.10.2024).
2. Пивень В.Т., Сердюк О.А. Фитосанитарный мониторинг болезней рапса // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 2 (148–149). – С. 162–166.
3. Бочкарев Н.И., Пивень В.Т., Тишков Н.М. [и др.]. Защита рапса // Защита и карантин растений. – 2017. – № S1. – С. 37–76.
4. Сердюк О.А., Трубина В.С., Горлова Л.А. Влияние внутренней инфекции на всхожесть и масличность семян масличных культур семейства капустные // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 3 (179). – С. 119–123.
5. Гасич Е.Д. Фомоз рапса (Обзор литературы) // Вестник защиты растений. – 2004. – № 1. – С. 11–24.
6. Gomzhina M.M., Gasich E.L. *Plenodomus* species infecting oilseed rape in Russia // Plant Protection News. – 2022. – Vol. 105 (3). – P. 135–147.
7. Костин Н.К., Кузнецова А.А., Дудченко И.П. [и др.]. Видовой состав микромицетов, ассоциированных с растениями рапса озимого некоторых регионов России // Сб. мат.-лов конф. «Генетические технологии в микробиологии и микробное разнообразие», Пушкино, 06–08 декабря 2022 г. – М.: ГЕОС, 2022. – С. 56–59.
8. Сердюк О.А. Сравнительная оценка эффективности препаратов из группы триазолов против склеротиниоза и фомоза на рапсе озимом // Защита и карантин растений. – 2012. – № 5. – С. 21–22.



9. *Десяткина Т.Ф., Чигорин С.С., Силаев А.И.* [и др.]. Оценка эффективности фунгицидов в сдерживании альтернариоза и фомоза на яровом рапсе // *Аграрный научный журнал*. – 2024. – № 5. – С. 19–27.

10. *Маслиенко Л.В.* Лаборатория биологических средств защиты растений (вчера, сегодня, завтра) // *История научных исследований во ВНИИМК за 90 лет*. – Краснодар, 2002. – С. 191–197.

11. *Егоров Н.С.* Выделение микробов антагонистов и биологические методы учета их антибиотической активности. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1957. – 78 с.

12. *Лысак В.В., Желдакова Р.А., Фомина О.В.* Микробиология. Практикум: пособие. – Минск: БГУ, 2015. – 115 с.

13. *Егоров Н.С.* Основы учения об антибиотиках. – М.: Наука, 2004. – 528 с.

14. *King E.D., Ward M.K. and Raney D.E.* Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein // *Journal of laboratory and clinical medicine*. – 1954. – V. 44. – P. 301–307.

## References

1. Index Fungorum Data bases: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=230154> (data obrashcheniya: 01.10.2024).

2. *Piven' V.T., Serdyuk O.A.* Fitosanitarnyy monitoring bolezney rapsa // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK*. – 2011. – Vyp. 2 (148–149). – S. 162–166.

3. *Bochkarev N.I., Piven' V.T., Tishkov N.M.* [i dr.]. Zashchita rapsa // *Zashchita i karantin rasteniy*. – 2017. – № S1. – S. 37–76.

4. *Serdyuk O.A., Trubina V.S., Gorlova L.A.* Vliyaniye vnutrenney infektsii na vskhozhest' i maslichnost' semyan maslichnykh kul'tur semeystva kapustnye // *Maslichnye kul'tury*. – 2019. – Vyp. 3 (179). – S. 119–123.

5. *Gasich E.D.* Fomoz rapsa (Obzor literatury) // *Vestnik zashchity rasteniy*. – 2004. – № 1. – S. 11–24.

6. *Gomzhina M.M., Gasich E.L.* Plenodomus species infecting oilseed rape in Russia // *Plant Protection News*. – 2022. – Vol. 105 (3). – P. 135–147.

7. *Kostin N.K., Kuznetsova A.A., Dudchenko I.P.* [i dr.]. Vidovoy sostav mikromitsetov, assotsirovannykh s rasteniyami rapsa ozimogo nekotorykh regionov Rossii // *Sb. mat-lov konf. «Geneticheskie tekhnologii v mikrobiologii i mikrobnoye raznoobrazie»*, Pushchino, 06–08 dekabrya 2022 g. – М.: GEOS, 2022. – S. 56–59.

8. *Serdyuk O.A.* Sravnitel'naya otsenka effektivnosti preparatov iz gruppy triazolov protiv sklerotinioza i fomoza na rapse ozimom // *Zashchita i karantin rasteniy*. – 2012. – № 5. – S. 21–22.

9. *Devyatkina T.F., Chigorin S.S., Silaev A.I.* [i dr.]. Otsenka effektivnosti fungitsidov v sderzhivani al'ternarioza i fomoza na yarovom rapse // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. – 2024. – № 5. – S. 19–27.

10. *Maslienko L.V.* Laboratoriya biologicheskikh sredstv zashchity rasteniy (vchera, segodnya, zavtra) // *Istoriya nauchnykh issledovaniy vo VNIIMKe za 90 let*. – Krasnodar, 2002. – S. 191–197.

11. *Egorov N.S.* Vydeleniye mikrobov antagonistor i biologicheskie metody ucheta ikh antibioticheskoy aktivnosti. – М.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1957. – 78 s.

12. *Lysak V.V., Zheldakova R.A., Fomina O.V.* Mikrobiologiya. Praktikum: posobie. – Minsk: BGU, 2015. – 115 s.

13. *Egorov N.S.* Osnovy ucheniya ob antibiotikakh. – М.: Nauka, 2004. – 528 s.

14. *King E.D., Ward M.K. and Raney D.E.* Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein // *Journal of laboratory and clinical medicine*. – 1954. – V. 44. – P. 301–307.

## Сведения об авторах

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

**Е.А. Заверюха**, мл. науч. сотр., аспирант

**Л.А. Дейнега**, мл. науч. сотр., аспирант

**А.В. Кузнецова**, аналитик

*Получено/Received*

30.09.2024

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

03.10.2024

*Получено после доработки/Manuscript revised*

03.10.2024

*Принято/Accepted*

07.10.2024

*Manuscript on-line*

30.11.2024