



БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ
И ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ
BIOTECHNOLOGICAL ASSESSMENT OF
AGRICULTURAL RAW MATERIALS
AND PROCESSED PRODUCTS

УДК 579.26+632.937

DOI: 10.31677/2311-0651-2022-38-4-37-42

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ БИОАГЕНТОВ ПРОТИВ ГЕЛЬМИНТОЗА ЗЕМЛЯНИКИ

А.А. Беляев, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А.А. Стороженко, аспирант

Т.В. Шпатова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

Ключевые слова: земляника, штаммы биоагентов, стеблевая нематода, ростостимулирующее действие, защитное действие, вегетативное размножение.

Реферат. В трехлетних полевых модельных опытах на двух участках производственной плантации земляники: заселенном стеблевой земляничной нематодой и свободном от нематоды, установлено, что предпосадочная обработка корневой системы саженцев грибными и бактериальными штаммами биоагентов грибами *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574, а также смешевым биопрепаратом Фитоп 18.81 оказывает защитное действие против поражения растений нематодным заболеванием с биологической эффективностью 37–49 %. Длина корней достоверно увеличивалась в вариантах с обработкой штаммом *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574 и смешевым препаратом Фитоп 18.81 – соответственно на 15,7 и 11,5 %. На фоне, свободном от нематод, в вариантах с предпосадочной обработкой штаммом *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и Фитоп 18.81, доказано эффективное стимулирование количества дочерних розеток на 36,7–39,1 %. Изученные биоагенты являются перспективными в качестве профилактических противонематодных средств при закладке плодоносящих и маточных насаждений земляники.

EVALUATION OF THE ACTION OF BIOAGENTS AGAINST STRAWBERRY HELMINTHIASIS

A.A. Belyaev, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

A.A. Storozhenko, Ph.D. Student

T.V. Shpatova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University

Keywords: strawberry, strains of bioagents, stem nematode, growth-stimulating effect, protective effect, vegetative propagation.

Abstract. In 3-year field model experiments on 2 plots of a strawberry production plantation: populated with a stem strawberry nematode and free from a nematode, it was found that pre-planting treatment of the root system of seedlings with fungal and bacterial strains of bioagents by the fungi *Arthrobotrys oligospora* VKPM F-1141 and *Duddingtonia flagrans* VKM F-2574, as well as a mixed biopreparation Fitop 18.81 has

a protective effect against plant damage by a nematode disease with a biological efficiency of 37-49 %. The length of the roots significantly increased in the variants with the treatment with the strain *Duddingtonia flagrans* VKM F-2574 and the mixed preparation Fitop 18.81 - by 15.7 and 11.5 %, respectively. Against the background free from nematodes in the variants with preplant treatment with *Arthrobotrys oligospora* strain VKPM F-1141 and Fitop 18.81, effective stimulation of the number of daughter rosettes by 36.7-39.1 % was proved. The studied bioagents are promising as prophylactic anti-nematode agents when laying fruit-bearing and uterine strawberry plantations.

Одной из важных фитосанитарных проблем при выращивании садовой земляники в промышленных технологиях и любительском садоводстве является защита от фитонематодных заболеваний (фитогельминтозов). Культурной землянике наибольший ущерб наносят стеблевая нематода *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev) и земляничная нематода *Aphelenchoides fragariae* (Ritzema – Bos) Christie, широко распространенные в основных регионах возделывания земляники [1–3]. В борьбе с нематодами на землянике наиболее эффективными мероприятиями являются: применение химикатов, использование здоровой, а также термически обеззараженной рассады, соблюдение севооборотов с включением чистых и занятых паров, уничтожение растительных остатков и сорняков [4, 5]. Развитие биологических методов защиты от болезней, вредителей, абиотических стрессов для культуры земляники является приоритетным направлением [6–10] в связи со спецификой назначения ягодной продукции для свежего потребления, детского и диетического питания.

Цель исследования – оценка полифункционального действия биоагентов на основе грибных и бактериальных штаммов при выращивании садовой земляники на фоне поражения стеблевой нематодой.

Полевые модельные эксперименты проводили в течение трех лет (2016–2018 гг.) в сельскохозяйственном производственном кооперативе «Сады Барабы» (Барабинский район, Новосибирская область). Хозяйство расположено в подзоне северной лесостепи Барабинской низменности, почва опытного участка – чернозем выщелоченный.

Объектами исследования являлись растения садовой земляники сорта Солнечная полянка; стеблевая земляничная нематода (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev); штаммы хищных грибов из коллекции фирмы ООО НПФ «Исследовательский центр» (научоград Кольцово, Новосибирская область): *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141; *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574; экспериментальный препарат Фитоп 18.81 (на основе смеси штаммов нематофагов и энтомопатогенных грибов: *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141, *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574, *Beauveria bassiana* и сапротрофных бактерий: *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562, *B. licheniformis* ВКПМ В-10563, *B. licheniformis* ВКПМ В-10564, *B. siamensis*); Фитоверм П (на основе авермектинов С, производитель ООО НБЦ «Фармбиометод», г. Москва).

Сумма осадков за период вегетации с мая по август составляла в 2016 г. 197 мм (103 % от среднелетней нормы, нормальное увлажнение), в 2017 г. – 198 мм (104 % от нормы, нормальное увлажнение), в 2018 г. – 282 мм (148 % от нормы, повышенная влажность). Температура в 2016 г. превышала норму (15,7 °С) на 1,2 °С, в 2017 г. - на 0,7 °С, в 2018 г. была ниже нормы (на 1,1 °С).

Использовали саженцы сорта Солнечная полянка, свободные от заражения нематодой. В третьей декаде мая саженцы высаживали на двух участках, дублируя опытную схему. Участок 1 (заселенный нематодой) располагался на производственном квартале, где в течение трех лет выращивалась земляника на фоне поражения нематодой. Участок 2 располагался на другом квартале сада, где в течение трех лет соблюдался режим черного (один год) и сидерального пара

(озимая рожь). Перед посадкой опытных растений на участке 1 все старые растения земляники выкорчевывали и почву перекапывали. Схема опыта включала три варианта с различными штаммами биоагентов, один вариант с препаратом Фитоверм П, 0,2 % и один контрольный вариант. Повторность 10-кратная (10 растений на 1 вариант). Размещение растений – в одном ряду с расстоянием 0,1 м, междурядьем 0,9 м. Штаммы грибов *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574 вносили в концентрации $3,3 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Расход рабочей жидкости на 1 вариант – 10 л. Препарат Фитоп 18.81 вносили в концентрации $1 \cdot 10^5$ КОЕ/мл. Учет результатов проводился в конце августа каждого года. Растения оценивали по комплексу морфологических признаков, характеризующих их рост, развитие и пораженность гельминтозом. Результаты в опыте учитывали в конце вегетации по известным методикам [11].

В течение июля–августа формировалась полная симптоматическая картина в виде деформации листьев и деформации всех органов растений.

Степень поражения растений земляники на участке заселенном стеблевой нематодой (участок 1) в среднем за 3 года исследований в контроле составляла 2,01 балла (табл. 1). В течение этого периода наблюдалось постепенное снижение фоновой пораженности растений с 2,50 балла в 2016 г. до 1,88 и 1,66 балла в последующие годы. Обработка биоагентами приводила к существенному ($t > t_{05}$) снижению степени поражения растений в 1,6–2,0 раза, до уровня 1,02–1,27 балла, близкого к эффекту препарата Фитоверм. Биологическая эффективность (БЭ) биоагентов составила 37 – 49 %.

Таблица 1

Влияние обработки корневой системы саженцев биоагентами на степень поражения растений гельминтозом в год посадки (участок 1, заселенный стеблевой нематодой), баллов ($X \pm S_x$)
Effect of treatment of seedlings root system with bioagents on the degree of plant helminth infestation in the year of planting (points, plot 1, infested with bulbeelworm) ($X \pm S_x$)

Вариант	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 3 года
Контроль	2,50±0,37	1,88±0,16	1,66±0,16	2,01±0,16
<i>Arthrobotrys oligospora</i> ВКПМ F-1141	1,07±0,22	1,25±0,11	0,75±0,13	1,02±0,09
<i>Duddingtonia flagrans</i> ВКМ F-2574	1,43±0,12	1,41±0,12	0,44±0,19	1,09±0,12
Фитоп 18.81	1,45±0,26	1,25±0,19	1,13±0,16	1,27±0,12
Фитоверм	1,50±0,17	1,29±0,19	0,69±0,15	1,16±0,11

На участке 1 (заселенном нематодой) происходило стимулирование ($P < 0,05$) длины надземной части растений земляники в вариантах со штаммом *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574 и смесевым препаратом Фитоп 18.81 – соответственно на 3,2 и 2,8 см (на 13,4 и 11,8 %) при 24,1 см в контроле. На участке 2 (свободном от нематоды) штаммы не оказывали действия на рост.

Таблица 2

Влияние обработки корневой системы саженцев биоагентами на длину корней растений земляники, см, ($X \pm S_x$)
Effect of treatment of the root system of seedlings with bioagents on the root length of strawberry plants, cm ($X \pm S_x$)

Вариант	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 3 года
1	2	3	4	5
Участок 1 (заселенный стеблевой нематодой)				
Контроль	15,4±0,6	17,8±0,5	15,6±0,9	16,3±0,5
<i>Arthrobotrys oligospora</i> ВКПМ F-1141	14,4±1,4	19,0±2,0	18,3±1,0*	17,2±0,7
<i>Duddingtonia flagrans</i> ВКМ F-2574	18,0±2,6	23,3±2,2*	15,2±1,1	18,8±1,0*
Фитоп 18.81	17,8±1,9	21,8±1,9*	14,8±0,2	18,1±1,0*
Фитоверм	20,1±1,2*	17,3±1,5	14,2±1,4	17,2±1,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Участок 2 (свободный от стеблевой нематоды)				
Контроль	17,8±0,5	20,4±0,6	14,1±0,6	17,4±0,8
<i>Arthrobotrys oligospora</i> ВКПМ F-1141	21,0±2,2*	20,3±2,2	18,2±0,4*	19,8±0,9*
<i>Duddingtonia flagrans</i> ВКМ F-2574	18,6±2,1	18,0±0,7	17,5±1,1*	18,0±0,8
Фитоп 18.81	20,2±1,7*	18,1±1,3	17,1±0,4*	18,5±0,7
Фитоверм	22,4±2,8*	22,2±2,3	18,1±0,8*	20,9±0,7*

Более выраженное ростостимулирующее действие штаммы биоагентов оказывали на длину корней растений. На участке 1 (заселенном нематодой) оно доказано ($P < 0,05$) в варианте с применением штамма *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574 – на 15,7 % и препарата Фитоп 18.81 – на 11,5 % при 16,3 см в контроле (табл. 2). При этом в отдельные годы наблюдения было доказано стимулирование роста корней в некоторых вариантах опытов, однако стабильного стимулирующего действия препаратов не доказано. Стимулирование роста корней растений земляники, по-видимому, обеспечивается сапротрофными свойствами грибов и бактерий биоагентов, проявляющихся при заселении почвы, разложении органических веществ, повышении доступности пищи для растений.

На участке 2 доказано стимулирование роста корней в вариантах предпосадочной обработкой грибами *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и препаратом Фитоп 18.81 в 2016 и 2018 гг. – удлинение корней на 13–29 %, примерно на уровне действия препарата Фитоверм.

Количество розеток, формируемых растениями земляники на участке 1 (заселенном нематодой) в контроле в среднем за 3 года наблюдений составило 1,6 розетки на растение (табл. 3). В вариантах с обработкой штаммами биоагентов стимулирования количества розеток не происходило, также статистически не доказано стимулирование в варианте с препаратом Фитоверм. Контрольные растения ежегодно до конца вегетации формировали в среднем по 1,0–2,0 розетки на растение и были в значительной степени ослаблены поражением болезнью. Стимулирующие эффекты в формировании розеток от применения нематофаговых грибов отсутствовали и в отдельные годы.

На участке 2 (свободном от нематоды), штамм гриба *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и препарат Фитоп 18.18, в среднем за 3 года существенно стимулировали нарастание дочерних розеток – на 31–34 % относительно контроля при 6,8 розетки на растение в контроле, примерно, на одинаковом уровне с препаратом Фитоверм. В варианте со штаммом *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574 доказано стимулирование вегетативного размножения растений в 2018 г. – на 57 % относительно контроля, в другие годы слабая тенденция стимулирования роста розеток была недостоверна.

Таблица 3

Влияние обработки корневой системы саженцев биоагентами на количество дочерних розеток, формируемых 1 растением в год посадки ($X \pm S_x$)

Effect of treatment of transplanted plants root system with bioagents on the number of daughter rosettes formed by one plant in the year of planting ($X \pm S_x$)

Варианты	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 3 года
1	2	3	4	5
Участок 1 (заселенный стеблевой нематодой)				
Контроль	2,0±0,5	1,0±0,3	1,7±0,6	1,6±0,3
<i>Arthrobotrys oligospora</i> ВКПМ F-1141	2,1±0,3	1,1±0,4	0,9±0,4	1,4±0,2

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
<i>Duddingtonia flagrans</i> ВКМ F-2574	1,6±0,5	1,4±0,4	1,2±0,5	1,4±0,3
Фитоп 18.81	2,6±0,3	1,0±0,4	1,4±0,5	1,7±0,3
Фитоверм	3,3±0,5*	1,2±0,4	2,0±0,3	2,2±0,3
Участок 2 (свободный от стеблевой нематоды)				
Контроль	4,4±0,6	10,5±0,7	5,6±0,9	6,8±0,7
<i>Arthrobotrys oligospora</i> ВКПМ F-1141	5,4±0,4*	10,2±0,8	11,8±0,5*	9,1±0,6*
<i>Duddingtonia flagrans</i> ВКМ F-2574	4,4±0,6	9,7±0,8	8,8±0,8*	7,6±0,6
Фитоп 18.81	4,8±0,5	12,1±0,9*	10,0±0,4*	9,0±0,7*
Фитоверм	5,8±0,5*	12,5±0,9*	6,9±0,3*	8,4±0,6*

* — Различия с контролем статистически достоверны ($P < 0,05$).

Таким образом, проведенное исследование показало наличие противонематодного (защитного) действия у изучаемых биоагентов, что позволяло в 1,6–2,0 раза уменьшить степень поражения растений. Стимулирование роста и вегетативного размножения земляники также проявлялось в различных отношениях у всех испытанных биоагентов, в том числе и на свободном от нематод почвенном фоне, что показывает возможность их использования как средств профилактики и стимулирования роста при выращивании земляники.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. В модельных экспериментах 2016–2018 гг. по изучению действия штаммов нематофаговых грибов *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141, *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574 и смешанного биопрепарата Фитоп 18.81 при внесении в почву при посадке растений против земляничной стеблевой нематоды (*Ditylenchus fragariae* (Kühn) Filipjev) доказано достоверное уменьшение пораженности садовой земляники гельминтозом – в 1,6–2,0 раза (БЭ 37–49 %).

2. Внесение в почву на участке, заселенном стеблевой нематодой, штамма гриба *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574 и смешанного препарата Фитоп 18.81 стимулировало увеличение длины надземной части растений на 13,4 и 11,8 %, длины корней – на 15,7 и 11,5 %.

3. Внесение в почву на участке, свободном от стеблевой нематоды, гриба *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и препарата Фитоп 18.81 вызывало удлинение корней на 29 и 13 %, стимулировало нарастание количества дочерних розеток на 34 и 31 %.

4. Изученные в опытах биоагенты имеют практические перспективы использования в качестве средств профилактики и стимулирования роста при выращивании земляники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Tsoleva E., Koleva L., Kalcheva S. Control and management of plant-parasitic nematodes in integrated production of garden strawberries (*Fragaria × ananassa* Duchesne ex Rozier) // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural Exact and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 71(3). – P. 225–228.
2. H.Y. Samaliev Plant-parasitic nematodes associated with strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) in Bulgaria / Mohamedova M. // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2011. – Vol. 17. – P. 730–735.
3. Шаманская Л.Д. Вредители и болезни садов Сибири / ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий. – Барнаул: Новый формат, 2018. – 218 с.
4. Abd-Elgawad M.M.M. Plant-parasitic nematodes of strawberry in Egypt: a review // Bulletin of the National Research Centre, 2019. – Vol. 43. – N 7. – P. 1–13.
5. Холод Н.А. Выявление устойчивых к дитиленхозу сельскохозяйственных культур, обеспечивающих реализацию продукционного и адаптивного потенциала насаждений земляники // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 50 (2). – С. 148–168.

6. Mendoza A.R., Kiewnick S., Sikora R.A. In vitro activity of *Bacillus firmus* against the burrowing nematode *Radopholus similis*, the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* // *Biocontrol Science and Technology*. – 2008. – N 18(4). – P. 377–389.
7. Ананько Г.Г., Теплякова Т.В. Факторы, определяющие переход от сапротрофного к зоотрофному типу питания у хищного гриба *Duddingtonia flagrans* // *Микробиология*. – 2011. – Т. 80, № 2. – С. 200–206.
8. Холод Н.А. Оптимизация применения микробиологических препаратов для управления патосистемами в агроценозе земляники // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2014. – № 29 (05). – 12 с.
9. Теплякова Т.В. Научные основы эффективного использования хищных грибов-гифомицетов в борьбе с паразитическими нематодами растений // *Садоводство и виноградарство*. – 2019. – № 1. – С. 43–56.
10. Poveda J., Abril-Urias P., Escobar C. Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, *Mycorrhizal* and endophytic fungi // *Frontiers in Microbiology*. – 2020. – Vol. 11. – P. 992.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 606 с.

REFERENCES

1. Tsoleva E., Koleva L., Kalcheva S. Control and management of plant-parasitic nematodes in integrated production of garden strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne ex Rozier). *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural Exact and Applied Sciences*, 2017, vol. 71(3), pp. 225–228.
2. Samaliev H.Y., Mohamedova M. Plant-parasitic nematodes associated with strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2011, vol.17, pp. 730–735.
3. Shamanskaya L.D. Vreliteli i bolezni sadov Sibiri (Pests and diseases of Siberian gardens). Barnaul: Novyi format, 2018, 218 p. (In Russ.)
4. Abd-Elgawad M.M.M. Plant-parasitic nematodes of strawberry in Egypt. *Bulletin of the National Research Centre*, 2019, vol. 43, No.7, pp. 1–13.
5. Kholod N.A. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2018, No. 50(2), pp. 148–168. (In Russ.)
6. Mendoza A.R., Kiewnick S., Sikora R.A. In vitro activity of *Bacillus firmus* against the burrowing nematode *Radopholus similis*, the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*. *Biocontrol Science and Technology*, 2008, vol. 18(4), pp. 377–389.
7. Anan'ko G.G., Teplyakova T.V. *Mikrobiologiya*, 2011, vol. 80, No. 2, pp. 200–206. (In Russ.)
8. Kholod N.A. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2014, No. 29(05), p. 12. (In Russ.)
9. Teplyakova T.V. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2019, No 1, pp. 43–56. (In Russ.)
10. Poveda J., Abril-Urias P., Escobar C. Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, *Mycorrhizal* and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology*, 2020, vol. 11, pp. 992.
11. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur (Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops), Orel, Izd-vo VNIISPК, 1999, 606 p. (In Russ.)