

УДК 579.6:591.5: 632

<https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.480-486>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ИНСЕКТИЦИДНОГО
ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ *PAECILOMYCES FUMOSOROSEA*
ПРОТИВ ГАЛЛОВОЙ НЕМАТОДЫ *MELOIDOGYNE*
*ARENARIA***

Удалова Ж. В.^{1,2},
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории фитопаразитологии,
zh.udalova@gmail.com

Буторина Н. Н.¹,
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории фитопаразитологии

Зиновьева С. В.¹,
доктор биологических наук,
главный научный сотрудник лаборатории фитопаразитологии

Аннотация

Проведена оценка эффективности применения коммерческого препарата инсектицидного действия на основе *Paecilomyces fumosorosea* – Пециломицина РМ116 против галловой нематоды (*Meloidogyne arenaria*) на томатах. Сравнение проводили с биологическим (Нематофагином) и химическим (Видатом 5Г) нематоцидами. Пециломицин и Нематофагин не подавляли развития растений, их вес и размер, были на уровне здорового контроля. Анализ фотосинтетических пигментов показал, что уровень хлорофилла b, суммы хлорофиллов и каротиноидов при обработке корневой системы Пециломицином был сравним со здоровым контролем. Несмотря на то, что обработанные Пециломицином растения полностью заразились, степень их заражения была ниже контрольных в 1,27 раза и на корнях присутствовали только единичные галлы. Обработка корней Пециломицином значительно

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук» (119071, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 33)

² Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (117218, Россия, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, д. 28)

не повлияла на количество и размер галлов, самки в них были на уровне контроля, однако количество яиц в оотеках было в 1,5 раза меньше. Таким образом, Пециломицин обладает ингибирующим действием на галловую нематоду и благотворно – на растение томата. Дальнейшее исследование и поиск новых штаммов *P. fumosorosea* с высокой вирулентностью против одного или нескольких вредителей открывает возможности для создания новых бионематицидов.

Ключевые слова: *Meloidogyne arenaria*, томат, *Paecilomyces fumosorosea*, Пециломицин, Нематофагин

STUDY OF THE EFFECT OF AN INSECTICIDAL PREPARATION BASED ON *PAECILOMYCES FUMOSOROSEA* AGAINST ROOT-KNOT NEMATODE *MELOIDOGYNE ARENARIA*

Udalova Zh. V.^{1,2},

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher of the Laboratory of Phytoparasitology,
zh.udalova@gmail.com

Butorina N. N.¹,

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher of the Laboratory of Phytoparasitology

Zinovieva S. V.¹,

Doctor of Biological Sciences,
Chief Researcher of the Laboratory of Phytoparasitology

Abstract

The efficacy of a commercial insecticidal preparation based on *Paecilomyces fumosorosea*, Pecilomycin PM116, against root-knot nematode (*Meloidogyne arenaria*) was evaluated on tomatoes. A comparison was made with biological (Nematophagin) and chemical (Vydate 5G) nematicides. Pecilomycin and Nematophagin did not suppress the development of plants, their weight and size were at the level of healthy controls. The analysis of photosynthetic pigments showed that the chlorophyll b level, the sum of chlorophylls and carotenoids when the root system was treated with Pecilomycin was comparable to healthy controls. Despite the

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences (33, Leninsky pr., Moscow, 119071, Russia)

² All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia)

fact that the plants treated with *Pecilomycin* were completely infected, their infection rate was 1.27 times lower than the controls, and single galls were only present on the roots. The treatment of the roots with *Pecilomycin* did not significantly affect the number and size of galls; the females in them were at the control level; however, the number of eggs in oothecae was 1.5 times less. Thus, *Pecilomycin* has an inhibitory effect on the root-knot nematode and a beneficial effect on the tomato plant. Further research and search for new strains of *P. fumosorosea* with high virulence against one or more pests opens up opportunities for the creation of new bionematicides.

Keywords: *Meloidogyne arenaria*, tomato, *Paecilomyces fumosorosea*, *Pecilomycin*, Nematophagin

Введение. В современной защите растений значительное место отводят средствам, основанным на принципах биологической борьбы, в которых используют естественные антагонистические взаимодействия между организмами для подавления популяции вредителей, без изменений природного баланса в экосистемах. Препараты биоконтроля безвредны для нецелевых организмов, и, в отличие от химических, не представляют экологической опасности, что способствует сохранению биоразнообразия. Галловые нематоды входят в число наиболее патогенных видов нематод, приводящих к значительным потерям в сельскохозяйственном производстве, поэтому создание разнообразных биологических способов борьбы с этим организмом крайне важно. На сегодняшний день на основе грибов создано несколько биологических препаратов против нематод, с разным механизмом действия. Особенно интересными являются некоторые представители *Paecilomyces* spp., которые продуцируют большое количество вторичных метаболитов: алкалоидов, фенолов, летучих органических соединений, стероидов, флавоноидов, пептидов, хинонов, терпеноидов, которые можно использовать для разработки агрохимикатов. Заражение нематод грибом происходит механически, с помощью апрессорий или за счет мощного ферментативного аппарата, участвующего в инфекционном процессе [3]. *Paecilomyces (Isaria) fumosorosea* рассматривается как комплекс видов, и их штаммы успешно используются для биологической борьбы с несколькими насекомыми-вредителями растений, в основном с белокрылками. *P. fumosorosea* паразитируют с помощью хитиназ и протеаз [1, 2]. Среди изолятов *P. fumosoroseus* был обнаружен изолят, заражавший более 70% яиц галловой нематоды *Meloidogyne javanica* [4]. Нами было проведено исследование коммерческого препарата инсектицидного действия на основе *P. fumosorosea* с целью расширения области его применения при выявлении нематодцидных свойств.

Материалы и методы. Для исследований была использована система «томаты-галловая нематода», галловая нематода *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949. В работе был использован восприимчивый к галловой нематоды томат *Lycopersicon esculentum* (Mill.) F1 Гамаюн. Тестируемый препарат Пециломицин РМ116 (ТМ СИБ-БИОТЕХ) – мицелий и споры нескольких рас энтомопатогенных грибов, *P. fumosorosea* не менее $1,8 \cdot 10^{10}$ КОЕ/г. Стандарт – нематоды: 1) биологический Нематофагин (МИКОПРО) – мицелий и споры консорциума штаммов нематофаговых грибов рода *Arthrobotrys oligospora* и *Duddingtonia flagrans* с титром не менее $3 \cdot 10^6$ спор/г и 2) химический Видат 5Г (50 г/кг оксамил). Растения выращивали согласно методике в лабораторных условиях (температура 25 °С, влажность 70%, фотопериод 16/8 ч). Полуторамесячные растения томатов были заражены водной суспензией личинок нематод из расчета ~500 личинок/растение. За три дня до заражения под корневую систему растений были внесены препараты согласно инструкции. Через 50 суток была проведена оценка биометрических характеристик растений (высота растений, вес надземных органов и развитие корневой системы), а также проанализирован количественный состав фотосинтетических пигментов листьев томата с помощью спектрофотометра Pharmacia Biotech II, Англия. Корни оценивали по 4-х балльной шкале (Удалова, 1991), а также учтены количество галлов/г корня, средние размеры галла, самки и число яиц/оотека. Анализ проводился с помощью стереомикроскопа Carl Zeiss, Германия.

Результаты исследований. Обработка корневой системы томатов Видат 5Г в предложенной производителем концентрации угнетала развитие растений. Это отразилось на весе и соотношении массы стебля к его длине ($m_{\text{стеб}} \setminus L$) (таблица 1). Пециломицин и Нематофагин не подавляли развития растений, их вес и размер, а также соотношение $m_{\text{стеб}} \setminus L$ были на уровне контроля. Заражение томатов без обработки в некоторой степени снизило размеры растений, но практически не отразилось на весе надземных органов. Однако вес корней и соотношение веса корней к весу стебля ($m_{\text{кор}} \setminus m_{\text{стеб}}$) при заражении во всех вариантах были ниже по сравнению с контролем.

При анализе фотосинтетических пигментов было показано, что заражение необработанных растений снижало уровень содержания каротиноидов, хлорофилла а и суммы хлорофиллов (рисунок). Небольшое увеличение отмечалось для хлорофилла b, при этом, нужно учитывать, что он образуется из хлорофилла а.

Таблица 1

**Влияние обработок корневой системы томатов Пециломицином
и Нематофагином на развитие растений**

Вариант	Длина раст. L, см	Вес раст. $m_{\text{стеб}}^2$, г	$m_{\text{стеб}} \setminus L$	Вес корней, $m_{\text{кор}}^2$, г	$m_{\text{кор}} \setminus m_{\text{ст}}$	Балл зар.	% за- раж. раст.
Контроль здоровый	68,3±10,01	15,40±3,87	0,23	2,38±1,29	0,15	0	0
Контроль заражен- ный	49,6±11,14	16,18±6,06	0,33	1,83±0,79	0,11	2,1	100
Видат 5Г, 0,1 г	70,25±18,01	12,24±2,94	0,17	1,21±0,33	0,09	0,33	44
РМ116, 1 г	62,4±15,93	16,28±6,30	0,26	2,01±0,84	0,12	1,65	100
Нема- тоф., 1 г	67,8±19,95	17,22±5,42	0,25	1,82±0,57	0,11	0,5	75

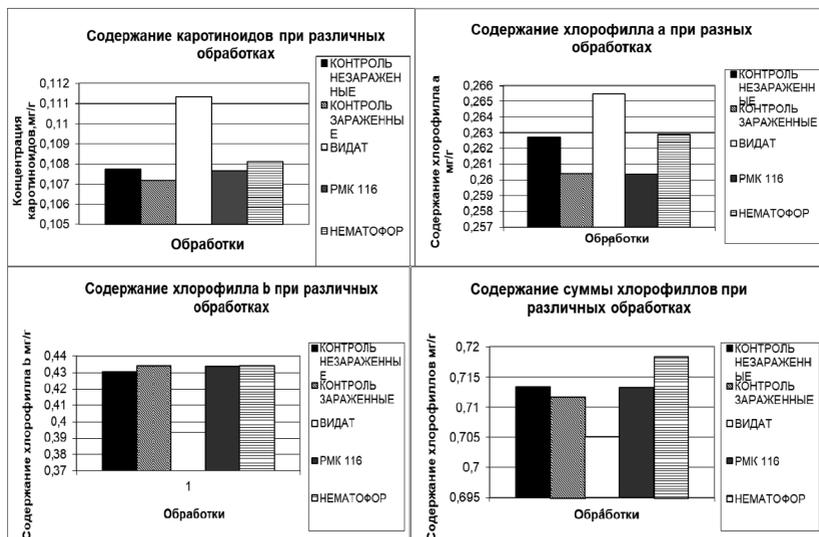


Рис. Влияние обработок нематодцидными препаратами зараженных *Meloidogyne arenaria* томатов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях

Содержание пула каротиноидов было самым высоким при обработке синтетическим нематицидом – Видатом, а также наблюдалось увеличение содержания хлорофилла а. Видат 5Г угнетал развитие растений и, возможно, данный факт связан, если не с разрушением, то с попыткой стабилизировать фотосинтетический аппарата растений томата, нарушенного токсическим влиянием препарата. С другой стороны, отмечается снижение хлорофилла а и суммы хлорофиллов. Уровень хлорофилла b, суммы хлорофиллов и каротиноидов при обработке корневой системы Пециломицином был схож со здоровым контролем, тогда как обработка Нематофагином повышала содержание всех исследованных фотосинтетических пигментов (рис.).

Таблица 2

Зараженность корней томатов *Meloidogyne arenaria* и развитие нематоды в зависимости от обработки растений

Вариант	Число галлов/г корня	Размер галла, мм ²	Размер самки, мм ²	Число яиц/оотека
Контроль	254±71,3	5,44±4,05	0,315±0,051	166±60,45
Видат 5Г, 0,1 г	28±5,0	0,32±0,085	-	-
PM116, 1 г	224±51,2	5,50±1,61	0,322±0,043	110±74,76
Нематоф., 1 г	64±32,6	1,67±0,98	0,262±0,120	14±8,25

Заражение контрольных и обработанных Пециломицином растений *M. arenaria* было 100% (все растения в разной степени заразились). Но контрольные растения были единственным вариантом, где образовались сингаллы (слившиеся галлы). При обработке растений Нематофагином и Видатом 5Г, 25 и 56% растений, соответственно, не образовали галлов вовсе, т. е. нематоды не смогли проникнуть/развиться в корнях. Несмотря на то, что обработанные Пециломицином растения полностью заразились, степень их заражения была ниже контрольных в 1,27 раза и на корнях присутствовали только единичные галлы, также как в остальных вариантах обработки (табл. 2). Развитие нематод в корнях было прямо пропорционально заражению растений. В корнях томатов, обработанных Видат 5Г, единичные галлы содержали самок и даже с оотеками, но их количество было ничтожным по сравнению с контролем. Как видно из таблицы 2, обработка корней Пециломицином значительно не повлияла на количество и размер галлов, самки в них были на уровне контроля, однако количество яиц в оотеках было в 1,5 раза меньше. Нематофагин вызвал существенное подавление развития нематод, что отразилось на количестве галлов и их размерах.

Самки нематод были существенно мельче, число яиц в оотеках также существенно отличалось от контрольных растений. Очевидно, Пециломицин обладает ингибирующим действием на галловую нематоду, что отразилось на степени зараженности нематодами и на количестве отложенных яиц самками, а также благотворно влияет на развитие растений томатов, в отличие от Видат 5Г, но проигрывает в нематодцидной активности Нематофагину.

Заключение. *P. fumosorosea* обладает мощной ферментативной системой и способен вырабатывать разнообразные вторичные метаболиты, открывая широкие возможности для отбора вирулентных штаммов. Кроме того, взаимодействие между грибами и нематодами гораздо сложнее, чем простая корреляция. Большинство представителей *Paecilomyces* для многих растений являются эндофитами, обеспечивающих растения ростостимулирующими веществами и приводящих к индуцированной системной устойчивости. Селекция лучших эндофитных штаммов с высокой вирулентностью против одного или нескольких вредителей может впоследствии облегчить разработку этих штаммов для более широкой борьбы с многочисленными вредителями растений, в том числе с нематодами.

Список источников / References

1. Castellanos-Moguel J., González-Barajas M., Mier T., et al. Virulence testing and extracellular subtilisin-like (Pr1) and trypsin-like (Pr2) activity during propagule production of *Paecilomyces fumosoroseus* isolates from whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Revista Iberoamericana de Micología*. 2007; 24(1): 62–68. DOI: 10.1016/s1130-1406(07)70016-5
2. Gortari M. C., Galarza B. C., Cazau M. C., Hours R. A. Comparison of the biological properties of two strains of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson associated to their antagonistic effect onto *Toxocara canis* eggs. *Malaysian Journal of Microbiology*. 2008; 4(2): 35–41.
3. Moreno-Gavira A., Huertas V., Diáñez F., Sánchez-Montesinos B., Santos M. *Paecilomyces* and its importance in the biological control of agricultural pests and diseases. *Plants*. 2020; 9(12): 1746. DOI: 10.3390/plants9121746
4. Tiganomilani M. S., Carneiro R. G., Defaria M. R., Frazao H. S., McCoy C. W. Isozyme characterization and pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* and *P. lilacinus* to *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Meloidogyne javanica* (Nematoda: Tylenchidae). *Biological Control*. 1995; 5(3): 378–382.