
ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Экологически безопасные методы борьбы
с паразитическими нематодами растений**

**Иван Викторович Горбунов[✉], Светлана Николаевна Нековаль,
Арина Константиновна Чурикова**

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: giv79.79@mail.ru

Аннотация

Фитопаразитические нематоды являются наиболее распространенной группой вредных организмов, которые могут наносить большой ущерб сельскохозяйственным культурам, вызывая значительные потери урожая. В местах поражения растений нематодами нередко развивается вторичная инфекция, вызванная патогенными грибами и бактериями. Кроме того, они выступают в качестве переносчиков вирусов, что усугубляет фитосанитарное состояние агроэкосистем. Традиционные методы борьбы (термотерапия, фумигация) обладают рядом ограничений: краткосрочной эффективностью, токсичностью для человека и окружающей среды, накоплением пестицидов в почве и продукции, а также риском формирования устойчивости у патогенов. Поэтому актуальной является необходимость поиска, изучения и применения экологически безопасных методов защиты растений от фитопаразитических нематод. Цель работы – обобщение и анализ современных отечественных и зарубежных данных о фитопаразитических нематодах как одних из наиболее опасных факторов снижения урожайности сельскохозяйственных культур, а также оценка перспектив применения экологически безопасных биологических и биотехнологических методов защиты растений от них. Современные исследования демонстрируют перспективность применения нематофаговых грибов (*Arthrobotrys*, *Trichoderma*, *Purpureocillium*, *Metarhizium*, *Beauveria*), которые подавляют нематод за счет хищничества, паразитизма или выделения токсинов; бактерий-антагонистов (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*), которые синтезируют антибиотики, ферменты и токсины, активизируют защитные реакции растений, конкурируют за ресурсы. Важная роль отводится различным агротехническим приемам, с помощью которых можно снизить инвазионную нагрузку и стабилизировать фитосанитарное состояние почвы. Актуальным является также использование растений-антагонистов и фитохимических средств. Таким образом, биологические методы защиты растений от фитопаразитических нематод представляют собой перспективную альтернативу химическим нематодицидам.

Ключевые слова

биологический метод, фитопаразитические нематоды, нематодицидное действие, грибы-нематодициды, бактерии-нематодициды, растения-антагонисты, фитохимические средства

Благодарности

Работа выполнена в рамках КПНИ «Разработка экологически безопасных приемов защиты земляники садовой от основных вредных объектов в различных агроклиматических зонах РФ» и государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме научно-исследовательской работы № ФГРН-2025–0006.

Для цитирования

Горбунов И.В., Нековаль С.Н., Чурикова А.К. Экологически безопасные методы борьбы с паразитическими нематодами растений // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 82–97.

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

Environmentally safe methods for controlling plant-parasitic nematodes

Ivan V. Gorbunov✉, Svetlana N. Nekoval, Arina K. Churikova

Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

✉Corresponding author: giv79.79@mail.ru

Abstract

Plant-parasitic nematodes are the most widespread group of harmful organisms, capable of causing significant damage to agricultural crops and substantial yield losses. In areas affected by nematodes, secondary infections caused by pathogenic fungi and bacteria often develop; moreover, nematodes serve as vectors of viruses, further aggravating the phytosanitary condition of agroecosystems. Traditional control methods, such as thermotherapy and fumigation, have a number of limitations, including short-term efficacy, toxicity to humans and the environment, accumulation of pesticides in soil and agricultural produce, and the risk of pathogen resistance development. Consequently, there is an urgent need to search for, study, and implement environmentally safe methods for protecting plants against plant-parasitic nematodes. The aim of this study is to synthesize and analyze current domestic and international data on plant-parasitic nematodes as one of the most significant factors reducing crop yields, and to assess the prospects for the application of environmentally safe biological and biotechnological plant protection methods. Recent research highlights the potential of nematophagous fungi (*Arthrobotrys*, *Trichoderma*, *Purpureocillium*, *Metarhizium*, *Beauveria*), which suppress nematodes through predation, parasitism, or toxin production; antagonistic bacteria (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*), which synthesize antibiotics, enzymes, and toxins, activate plant defense responses, and compete for resources. An important role is also assigned to various agrotechnical practices that can reduce the invasive load and stabilize the phytosanitary condition of the soil. The use of antagonistic plants and phytochemical agents is also relevant. Thus, biological methods for protecting plants against plant-parasitic nematodes represent a promising alternative to chemical nematicides.

Keywords

biological method, plant-parasitic nematodes, nematicidal activity, nematophagous fungi and bacteria, antagonistic plants, phytochemical agents

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the Comprehensive Plan of Scientific Studies “Development of environmentally safe methods for protecting garden strawberries from major harmful objects in various agro-climatic zones of the Russian Federation” and the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for research project No. FGRN-2025–0006.

For citation

Gorbunov I.V., Nekoval S.N., Churikova A.K. Environmentally safe methods for controlling plant-parasitic nematodes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):82–97.

Введение Introduction

Фитопаразитические нематоды представляют собой микроскопических облигатных паразитов, адаптированных к жизни в ризосфере и обладающих способностью проникать и повреждать корневую систему растений. Их патогенное действие проявляется в нарушении физиологического состояния растений: ухудшается поступление воды и минеральных веществ, замедляется рост, снижается урожайность [1]. Поражение корневой системы фитопаразитическими нематодами сопровождается образованием механических повреждений, которые служат в качестве входных ворот для вторичных инфекционных агентов включая патогенные грибы и бактерии [2]. Дополнительную фитосанитарную угрозу представляют нематоды, способные к трансмиссии вирусных заболеваний. Так, вид *Xiphinema index* Thorne and Allen, 1950, и представители рода *Longidorus* выполняют роль специфических векторов фитопатогенных вирусов, усиливая общее инфекционное давление в агроэкосистеме. Например, нематода *X. index* паразитирует на виноградной культуре, смородине, малине, яблоне, являясь переносчиком такого вируса, как короткоузлие винограда (GFLV) [3]. Среди фитонематод наибольшую агрономическую значимость имеют представители рода *Meloidogyne*, характеризующиеся высокой плодовитостью, коротким жизненным циклом и отсутствием специализированного паразитизма. Поражая большинство видов растений в агроценозе, галловые нематоды таким образом накапливаются в почве [4].

Представителями рода *Meloidogyne* повреждаются корни различных сельскохозяйственных культур: плодово-ягодных, технических, древесных, овощных и др. Наибольший ущерб они наносят в условиях защищенного грунта [5]. Проникновение личинок в корни растений инициирует образование галлов – характерных опухолевидных структур, нарушающих функционирование проводящей системы. В результате нарушаются водообеспечение и минеральное питание, угнетаются процессы фотосинтеза и метаболизма, что приводит к задержке роста, увяданию, и в итоге – к гибели растения. Зараженные нематодами растения более чувствительны к другим неблагоприятным факторам: грибным заболеваниям, дефициту воды, холоду и пр. [6].

В практике фитосанитарного контроля корневых галловых нематод применяются различные подходы включая термическую обработку почвы (пропаривание), а также использование химических нематодицидов [7]. Однако указанные методы обладают рядом существенных ограничений: их эффективность, как правило, является кратковременной и ограничивается одним вегетационным сезоном. Кроме того, их применение повышает себестоимость продукции, а главное – они опасны для здоровья человека и окружающей среды, в частности, это касается химических средств защиты растений. При их систематическом применении наблюдается накопление остаточных количеств пестицидов в почве, водной среде и сельскохозяйственной продукции, что влечет за собой нарушение структуры агробиоценозов и снижение их способности к саморегуляции. Фитопатогенные организмы способны вырабатывать устойчивость к пестицидам, снижается эффективность их использования. Поэтому чтобы получить экологически чистую и безопасную конечную сельскохозяйственную продукцию, важно снижать химическую нагрузку на агроэкосистему. Альтернатива существует: это биологические методы защиты растений, базирующиеся на использовании антагонистических микроорганизмов (бактерий, грибов-хищников), вирусов. Эти средства способны ингибировать развитие фитонематод и одновременно обеспечивать экологическую безопасность продукции [8].

Таким образом, изучение и применение перспективных экологически безопасных методов защиты растений от фитопаразитических нематод являются актуальной проблемой.

Цель исследований: систематизировать и проанализировать отечественные и зарубежные научные источники о биологических методах защиты растений от фитопаразитических нематод с акцентом на применении микроорганизмов и перспективных подходах для экологизированного сельского хозяйства.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели были осуществлены поиск и анализ источников литературы. Отбор информации выполнялся с использованием отечественных и зарубежных научных баз данных (eLibrary, РИНЦ, CyberLeninka, Scopus, Web of Science, Google Scholar). В качестве ключевых слов при поиске применялись термины: биометод, защита растений, фитопаразитические нематоды, нематотическое действие, грибы-нематотоксины, бактерии-антагонисты и др. Критериями отбора являлись актуальность публикаций (за последние 10 лет), научная значимость и соответствие тематике исследований. В анализ включались различные типы источников: статьи в рецензируемых журналах, монографии, диссертации, материалы научных конференций, а также отдельные учебные издания для уточнения теоретических аспектов. Всего было изучено 78 источников литературы, из которых около 30% – отечественные, 70% – зарубежные.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Анализ отечественных и зарубежных научных публикаций показал, что наибольшую угрозу для сельскохозяйственных культур представляют определенные виды фитопаразитических нематод, для которых характерны разнообразные механизмы распространения и высокая адаптивность к условиям среды. Наряду с этим в научной литературе описаны различные подходы к контролю их численности включая химические, агротехнические, биологические и интегрированные методы. Установление спектра наиболее значимых видов и оценка применяемых мер борьбы создают основу для систематизации и дальнейшего анализа перспективных экологически безопасных методов защиты растений, что соответствует поставленной цели исследований [9]. В условиях Юга России, в частности, Краснодарского края, данные вопросы широко освещаются и исследуются [10].

Среди наиболее экономически значимых фитопаразитических нематод, поражающих сельскохозяйственные культуры, особое внимание уделяется следующим видам: *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857) (стеблевая нематода лука), *Ditylenchus destructor* (Thorne, 1945) (стеблевая нематода картофеля), *Aphelenchoides fragariae* (Ritzema Bos, 1891), Christie, 1942 (земляничная листовая нематода), *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949 (северная галловая нематода), и ряду других, в том числе представителям рода *Heterodera* (цистообразующие нематоды) [11]. Эти виды являются типичными облигатными эндо- и эктопаразитами растений. Их жизнедеятельность сопровождается сложными морфофизиологическими нарушениями, которые резко снижают продуктивность культур и ухудшают фитосанитарное состояние почвы [6, 8].

A. fragariae характеризуется широким спектром хозяев и способностью поражать листья, черешки и генеративные органы растений. Развиваясь

во внутриклеточном пространстве, нематода вызывает нарушения тургора, деформации листовых пластинок, морщинистость и антоциановое окрашивание. Особую угрозу этот вид представляет в питомниководстве и при вегетативном размножении культур, так как быстро распространяется через зараженный посадочный материал, не проявляя внешних симптомов на ранних этапах заражения. Для обнаружения данного вида требуется лабораторная диагностика с применением микроскопических и молекулярных методов [12].

Стеблевая нематода лука (*D. dipsaci*) паразитирует преимущественно на луковичных культурах (лук, чеснок), а также на корневищах и подземных органах ряда овощных, ягодных, декоративных и дикорастущих растений. На землянике садовой данный вид вызывает утолщение стеблей, хлороз и сморщивание листьев, деформацию генеративных органов, снижение товарных качеств продукции. *D. dipsaci* отличается высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям, способен в течение длительного времени сохраняться в почве в виде инвазионных стадий, что затрудняет борьбу с ним традиционными средствами [12].

Стеблевая нематода картофеля (*Ditylenchius destructor* Thorne) – эктопаразит, поражающий клубни картофеля, репе – морковь, свеклу, сельдерей и другие корнеплоды. Заражение происходит через трещины на поверхности клубней. Фитопаразит разрушает паренхиму, вызывая серо-бурые пятна, вдавленные некротические зоны и водянистость тканей. На поздних стадиях наблюдаются вторичные бактериальные и грибные инфекции. *D. destructor* имеет высокую адаптационную способность, переносит пониженную влажность и способен сохраняться в почве и хранилищах, что затрудняет фитосанитарный контроль [13].

Род *Heterodera* включает в себя ряд видов, поражающих злаковые, пасленовые, бобовые культуры (в том числе *Heterodera schachtii*, *H. avenae*, *H. glycines* и др.). Основная особенность представителей рода – формирование плотной цисты, сохраняющейся в почве до 10–15 лет. Инвазия сопровождается угнетением растений, нарушением формирования корневой системы, снижением урожайности и качественных характеристик продукции. Ввиду высокой устойчивости цист к химическим препаратам вид рассматривается как приоритетный объект для биологического контроля [13].

Северная галловая нематода (*Meloidogyne hapla*) – один из наиболее агрессивных видов рода *Meloidogyne*, способный развиваться в условиях как защищенного, так и открытого грунта. Данный вид способен наносить значительный экономический ущерб, снижая урожайность до 80% за счет формирования галлов на корневой системе, которые нарушают транспорт воды и питательных веществ. У пораженных растений наблюдаются симптомы дефицита элементов питания, угнетение роста и повышенная восприимчивость к фитопатогенам [14]. Кроме того, данные повреждения нематодами становятся благоприятным фактором для развития многих грибных и бактериальных заболеваний – например, фузариоза, вертицеллеза, бактериального рака [14].

В работах А.С. Титовой [15] отражены исследования по изучению видового состава комплекса вредных организмов земляники садовой в Центральном регионе РФ, а также применению термотерапии как одного из способов защиты и оздоровления сортаменты земляники садовой от комплекса вредных организмов: нематод, клещей, грибов, оомицетов.

Значительный вклад в изучение фауны фитопаразитических нематод внесли С.Б. Таболин с соавт. [16], которые провели исследования в агроэкосистемах Московского региона и Крыма. В ходе исследований в Московской области было идентифицировано 146 видов фитопаразитических нематод включая 111 облигатных корневых паразитов и 13 видов со статусом *species inquirendae*. В агроценозах Крыма, особенно на участках с заброшенными и раскорчеванными садами, доля фитонематод в общей

структуре нематодофауны составляла от 26 до 36%, что свидетельствует о высоком фитоценотическом потенциале данных территорий.

Сложность борьбы с фитонематодами обусловлена их различными биоэкологическими стратегиями. Эти организмы могут вести как эктопаразитический, так и эндопаразитический образ жизни. Так, представители рода *Pratylenchus* (мигрирующие эндопаразиты) поражают корневую систему, разрушая клетки изнутри и провоцируя образование некрозов [17].

Одним из перспективных направлений экологически безопасной борьбы с фитопаразитическими нематодами является применение бактерий и грибов-нематофагов. Эти естественные враги нематод участвуют в регуляции их численности в почвенной среде за счет хищничества, паразитизма или антагонизма [18]. Во многих странах мира, в том числе в России, учеными-исследователями подтверждено широкое распространение таких микроорганизмов, обладающих выраженной специфичностью и высокой биологической активностью. На их основе учеными создаются биопрепараты для защиты растений от нематод – бионематициды.

Известно более 700 видов грибов-нематофагов [18]. Почвенные нематофаговые грибы представляют собой неоднородную группу микроорганизмов, выступающих в качестве естественных антагонистов фитопаразитических нематод. Они используют тело нематод в качестве источника углерода, азота и других жизненно важных элементов. Среди них встречаются как облигатные паразиты, так и факультативные сапротрофы, способные к существованию вне организма хозяина. Так, гриб *Arthrobotrys oligospora* Fresen. (1850), относящийся к семейству *Orbiliaceae* (класс *Orbiliomycetes*, отдел *Ascomycota*), является широко известным представителем хищных грибов-нематофагов. *A. oligospora* способен к сапротрофному росту с использованием широкого спектра источников азота (нитрит, нитрат, аммоний) и углерода (включая высокомолекулярные соединения – такие, как пектин, целлюлоза и хитин), однако в условиях дефицита азота гриб формирует ловчие петли для захвата нематод, которые служат дополнительным источником азотного питания. Благодаря такой способности *A. oligospora* широко используется для биологического контроля фитопатогенных нематод [19].

Грибы-нематофаги применяются в качестве биологических нематицидов для подавления фитопаразитических нематод [20]. Они поражают вредителей за счет паразитирования и выделения токсичных соединений, приводящих к гибели нематод, а также активируют защитные реакции растений. Использование таких грибов как средства биоконтроля считается одним из наиболее эффективных и экологически безопасных подходов к устойчивому земледелию.

В зависимости от механизма антагонистического воздействия на фитопаразитических нематод нематофаговые грибы подразделяются на следующие группы [21]: виды, способные привлекать нематод посредством выделения аттрактантов; эндопаразиты, проникающие в организм нематод и развивающиеся внутри него; грибы, продуцирующие токсические соединения, нарушающие жизнедеятельность нематод; грибы, специализированные на паразитировании яиц; виды, активирующие у растений защитные механизмы, что приводит к снижению численности или подавлению активности галловых нематод.

Биологические препараты, содержащие грибы-нематофаги, обладают рядом преимуществ перед химическими нематицидами, что делает их более перспективными для применения в устойчивом сельском хозяйстве. Они отличаются экологической безопасностью, не оказывают негативного воздействия на почвенные микроорганизмы, не накапливаются в урожае и удобны в использовании. Важным условием является способность используемых грибов успешно развиваться в условиях конкретного

агроценоза, несмотря на влияние химических, физических и биологических свойств почвы, включая присутствие фунгистатических веществ [22].

В современных исследованиях можно выделить две основные стратегии использования грибов-нематофагов в биологической защите растений. Первая предполагает внесение высоких концентраций грибов в почву либо предварительную инокуляцию семян биопрепаратами на их основе, что обеспечивает колонизацию ризосферы и формирование защитного микробного барьера до начала нематодного заражения корневой системы растений. Вторая связана с совершенствованием составов бионематицидов путем включения грибов-нематофагов в качестве дополнительных агентов биоконтроля, что повышает их жизнеспособность, адаптивность и эффективность в рамках интегрированных стратегий защиты растений [23].

В условиях совместимости компонентов применение грибов-нематофагов в сочетании с пониженными дозами химических нематицидов или растительных средств может обеспечивать синергетический эффект [24]. Например, совместное использование гриба *Trichoderma viride* и нематицида карбофурана способствует увеличению вегетативных параметров риса (высота растений, длина корней), а также снижению численности нематод *Meloidogyne graminicola*. Аналогично введение гриба *Purpureocillium lilacinum* в композицию с нимовыми брикетами повышало заражаемость яиц *Nacobbus incognita* и стимулировало рост томата.

Дополнительные подходы включают в себя применение фитогормонов – таких, как абсцизовая кислота (АБК), которая усиливает защитные реакции растений и повышает эффективность ловчих структур у гриба *Dactylellina stenobrocha* [25]. Эффективность комплексного контроля над корневыми нематодами также была подтверждена при использовании бактерий *Pseudomonas fluorescens* и мультивидовых грибных консорциумов.

В результате множества исследований ученых по всему миру, в том числе в России, выделены штаммы бактерий-антагонистов, имеющих нематицидную активность в комплексе с высокой биологической и хозяйственной эффективностью [26]. Это, например, относящиеся к *Agrobacterium sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Azotobacter sp.*, *Clostridium sp.*, *Desulfovibrio sp.*, *Serratia sp.*, *Burkholderia sp.*, *Azospirillum sp.*, *Bacillus sp.*, *Chromobacterium sp.* и *Corynebacterium sp.*

Среди микроорганизмов, способных подавлять фитопаразитических нематод, – почвенные бактерии благодаря комплексу биологических механизмов. Ключевыми из них являются успешная конкуренция за экологические ниши, активное освоение поверхности растительных тканей и синтез соединений с нематицидными и антимикробными свойствами – таких, как антибиотики, токсины, сидерофоры и гидролитические ферменты. Действие этих микроорганизмов и их метаболитов направлено как на сами растения, так и на структуру и функционирование микробных сообществ в ризосфере [27]. Прямое подавление нематод реализуется через паразитизм, антибиоз или вытеснение в результате конкуренции за питательные ресурсы и места проникновения. Косвенные механизмы включают в себя активацию защитных реакций растения, в частности, индуцированной системной резистентности (ИСР).

Особый интерес вызывают бактерии семейств *Bacillaceae* и *Pseudomonadaceae*, эффективно действующие против представителей рода *Meloidogyne*. Эти микроорганизмы широко распространены в природных условиях и преимущественно обитают в зоне корневых систем [28].

Исследования *in vitro* подтверждают высокую нематицидную активность ряда бактериальных штаммов против фитопаразитических нематод. Наибольшую эффективность демонстрируют представители рода *Bacillus*, в том числе *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. amyloliquefaciens* и *B. firmus*, вызывая до 100% смертности личинок второго

возраста (*Meloidogyne spp.*, *Heterodera filipjevi*, *Aphelenchoides besseyi*, *Bursaphelenchus xylophilus*) и более 60% – яиц. Эффект сопоставим с действием химических нематодицидов, что подтверждается данными скрининга более 600 бактериальных изолятов [29].

Нематицидная активность отмечена также у штаммов *Serratia proteamaculans*, *Serratia plymuthica*, *Pseudomonas chlororaphis* и *P. fluorescens*, поражающих широкий спектр мигрирующих и седентарных видов нематод (*Pratylenchus coffeae*, *Xiphinema index*) [30]. Эффективность бактериальных фильтратов часто превышает результаты, получаемые при использовании живых культур, что, вероятно, связано с конкуренцией с аборигенной микробиотой в почве.

Совокупность данных указывает на перспективность использования определенных бактериальных штаммов в качестве биологических нематодицидов, однако их эффективность зависит от вида-мишени, формы применения (фильтрат или живая культура) и условий среды, что требует оптимизации для полевых технологий [31].

Наибольшее число зарегистрированных бактериальных нематодицидов приходится на США и Бразилию, где наиболее распространены штаммы *Bacillus subtilis* и *B. amyloliquefaciens*. В Европе разрешено применение *Bacillus firmus* I-1582 и *B. amyloliquefaciens* FZB42 против нематод и личинок жуков-щелкунов на овощных культурах [32].

Сведения об эффективности коммерческих бактериальных препаратов остаются ограниченными и противоречивыми, что особенно характерно для средств на основе *Pasteuria* [33]. Более высокую перспективность показывают препараты, содержащие *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Serratia*, способные сочетать подавление галловых нематод с фитостимулирующим и антагонистическим действием в отношении патогенных микроорганизмов.

Перспективными методами борьбы с фитопаразитическими нематодами являются растительные методы – использование сидератов и растений-антагонистов (бархатцы, ноготки, горчица), которые выделяют нематотоксичные соединения, угнетающие развитие нематод (например, выращивание сидератной ловчей культуры, снижающей инвазионную нагрузку). Выращивание викоовсяной смеси в виде ловчей сидератной культуры в межсезонный период позволяет снизить в 1,5 раза распространение галловой нематоды. При этом средний балл поражения корневой системы снижается в 1,1 раза, а индекс галлообразования растений увеличивается в 1,7 раза. Биологическая эффективность прямого воздействия на нематоду данного агроприема составляет 39,6% [34].

Механизм действия растений-антагонистов – таких, как бархатцы (*Tagetes spp.*), заключается в том, что они выделяют в почву вещества, обладающие нематицидной активностью [35]. Это связано с наличием в их корнях и надземной части соединений – таких, как α -тертион, метантион и тиофены, которые токсичны для нематод. Исследования показали, что высеv бархатцев в севооборот или их использование в качестве междурядья могут значительно снизить численность фитопаразитических нематод – таких, как *Meloidogyne* и *Heterodera*. Календула лекарственная (*Calendula officinalis*) обладает свойствами, схожими со свойствами бархатцев, благодаря выделению в почву веществ, угнетающих развитие нематод [36]. Несмотря на то, что данные о прямом воздействии «ноготков» на фитопаразитических нематод ограничены, их использование в севообороте может способствовать улучшению структуры почвы и снижению численности вредителей. Горчица белая (*Sinapis alba*) выделяет в почву глюкозинолаты, которые при разложении образуют синильную кислоту, обладающую токсичностью для нематод [37]. Применение горчицы в качестве сидерата может также существенно снизить численность нематод – таких, как *Meloidogyne* и *Heterodera*. Особенно эффективны эти растения при применении в сочетании с другими методами защиты.

Существуют фитохимические средства – такие, как экстракты и эфирные масла растений, которые обладают нематодицидной активностью и могут служить в качестве экологически безопасной альтернативы химическим пестицидам в борьбе с фитопаразитическими нематодами. Так, чеснок (*Allium sativum* L.) содержит активные соединения: аллицин, S-аллилцистеин и полиаллилы, обладающие антиоксидантной, антибактериальной, противогрибковой и нематодицидной активностью [38]. Эти вещества нарушают клеточные мембраны нематод, ингибируют ферменты и влияют на метаболические процессы, приводя к их гибели. Исследования показали, что экстракты чеснока и его эфирные масла обладают выраженной нематодицидной активностью против различных видов нематод включая *Meloidogyne incognita*. Использование чеснока в качестве биологического средства защиты растений может включать в себя внесение экстрактов в почву, обработку корней растений или применение в составе компостов.

Ним (*Azadirachta indica* L.) содержит азадирахтин, который воздействует на нервную систему нематод, нарушая их развитие и репродукцию [39], а также обладает антиоксидантной и противовоспалительной активностью. Применение экстрактов из нима в качестве биологического средства защиты растений показало снижение численности нематод в почве и на корнях растений. Экстракты нима можно применять в виде поливов, опрыскиваний или в составе мульчи для подавления популяций нематод.

Эфирные масла эвкалипта (*Eucalyptus spp.*) содержат цинеол (эвкалиптол), который обладает нематодицидной активностью, воздействуя на нервную систему нематод и нарушая их жизненные процессы [40]. Исследования показали, что эфирные масла эвкалипта, особенно *Eucalyptus meliodora*, обладают выраженной нематодицидной активностью против *M. incognita*.

Таким образом, все рассмотренные методы биологической защиты растений, используемые в борьбе с фитопаразитическими нематодами, на сегодняшний день в той или иной степени являются актуальными и перспективными. Кроме того, большинство из них используется в научно-исследовательских и экспериментальных работах учеными ФГБНУ ФНЦБЗР. Так, в 2023 г. на базе лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства в лабораторных условиях исследовалась нематодицидная активность двух жидких грибных культур: *Paecilomyces lilacinus* ВК-6 и *Metarhizium anisopliae* ВК-2. Она составила 100,0 и 70,2% соответственно, превысив значения биологического стандарта (Нематофагин-Микопро) на 38,4 и 8,8%. Наибольшая биологическая эффективность была отмечена в жидких культурах *P. lilacinus* ВК-6, *M. anisopliae* ВК-2 и *Arthrobotrys conoides* ВК-8 при внесении в почву перед посадкой томатов [41]. На базе данной лаборатории было также доказано, что препараты на основе *Trichoderma* (Триходермин, Трихоцин и др.) обладают большим потенциалом для применения в сельском хозяйстве как средства биоконтроля галловых нематод. Зарегистрированных и разрешенных к применению на территории РФ нематодицидов совсем немного, поэтому создание новых биопрепаратов для защиты от фитонематод является актуальным. В 2022 г. при проведении первичного скрининга нематодицидной активности аборигенных грибов рода *Trichoderma*, выделенных из ризосферы растений огурца и томата, пораженных мелойдогинозом, установлено, что наилучший результат показали изоляты *Trichoderma atroviride* ИГ09 (титр 1×10^6 , КОЕ/мл) и *Trichoderma atroviride* ИГ07 (титр 1×10^6 , КОЕ/мл). Они превышали показатели контроля на 68,3 и 76,1% соответственно. После подтверждения эффективности в условиях вегетационного опыта было рекомендовано данные изоляты использовать как потенциальные биоагенты галловых нематод.

Выводы Conclusions

Фитопаразитические нематоды широко распространены и наносят значительный ущерб сельскохозяйственным культурам различных семейств, снижая урожайность и качество продукции. Наибольшее хозяйственное значение имеют виды родов *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera* и др.

Для контроля фитопаразитических нематод применяются различные экологически безопасные методы, включающие в себя:

- биологические: грибы и бактерии-антагонисты, хищные грибы и хищные нематоды, ловчие грибы. Механизмы действия их разнообразны: паразитизм, хищничество, конкуренция, синтез биологически активных метаболитов (токсины, ферменты, антибиотики);

- растительные методы: использование сидератов и растений-антагонистов (бархатцы, календула, горчица), которые выделяют нематотоксичные соединения, угнетающие развитие нематод;

- фитохимические средства: экстракты и эфирные масла растений (чеснок, ним, эвкалипт), обладающие прямым нематотоксичным эффектом.

Эффективность отдельных методов зависит от условий применения. Так, лабораторные штаммы грибов и бактерий иногда плохо адаптируются к полевым условиям и уступают конкурентоспособности аборигенной микробиоты. Хищные нематоды и ловчие грибы ограничены сложностью массового разведения. Растительные экстракты требуют точного подбора дозировки и способа применения.

Перспективным направлением является комплексное применение экологически безопасных методов с учетом особенностей распространения нематод, биологии культур и структуры агроэкосистем. Такой подход обеспечивает снижение численности фитопаразитических нематод, сохранение здоровья почвы и экологическую безопасность сельскохозяйственного производства.

Список источников

1. Зиновьева С.В., Чижов В.Н., Приданников М.В., Субботин С.А. и др. *Фитопаразитические нематоды России*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 386 с.
2. Ахатов А.К., Ижевский С.С. *Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба)*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 307 с.
3. Зиновьева С.В., Буторина Н.Н., Удалова Ж.В., Хасанова О.С. и др. Мировые коллекции паразитических червей // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. 2015. № 6. С. 627. <https://doi.org/10.7868/S0002332915060144>
4. Karuri H.W., Olago D., Neilson R., Mararo E. et al. Survey of root knot nematodes and resistance to *Meloidogyne incognita* in sweet potato varieties from Kenyan fields. *Crop Protection*. 2017;92:114-121. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.020>
5. Nickle W.R. Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, New York. (Root-Knot Nematodes: *Meloidogyne* Species and Races. J.D. Eisenback, H.H. Triantaphyllou). 1991:191-274. <https://doi.org/10.1201/9781003066576-6>
6. Кудрин А.А., Сушук А.А. Методы исследования сообществ почвенных нематод // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2022. Т. 7, № 2. С. 44–71. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-2-5>

7. Каплин В.Г. *Прикладная нематология*. Самара: ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2012. 383 с.
8. Бухонова Ю.В. Защита томата и огурца от почвенных патогенов в теплицах // *Защита и карантин растений*. 2012. № 1. С. 48–50. EDN: OMBLTH
9. Stirling G.R. *Biological control of plant parasitic nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms*. 2011:304. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9648-8_1
10. Tian B., Yang J., Zhang K.-Q. Bacteria used in the biological control of plant – parasitic nematode: Populations, mechanisms of action and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*. 2007;61:197-213. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00349.x>
11. Migunova V.D., Tabolin S.B., Stranishvskaya E.P., Matveykina E.A. et al. Plant-parasitic nematodes associated with grapevines in Crimea. *Russian Journal of Nematology*. 2017;25:148. EDN: ZGTCKR
12. Куцев И.В. Клубневой анализ как метод защиты картофеля в Астраханской области // *Прикаспийский Международный молодежный научный форум агропротехнологий и продовольственной безопасности*. Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2022. С. 197–199. EDN: HNNPGU
13. Jain A., Li T., Huston D.C., Kaur J. et al. Insights from draft genomes of Heterodera species isolated from field soil samples. *BMC genomics*. 2025;26(1):158. <https://doi.org/10.1186/s12864-025-11351-0>
14. Хомяк А.И., Асатурова А.М., Сидоров Н.М., Дубяга В.М. Биологический контроль фитопаразитических нематод на основе микроорганизмов (обзор) // *Таврический вестник аграрной науки*. Т. 27, № 3. 2021. С. 191–219. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-3-27-191-219>
15. Титова А.С. Экологически безопасные способы защиты растений земляники садовой от комплекса вредных организмов // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2010. Т. 24, № 2. С. 235–241. EDN: MSNADD
16. Таболин С.Б. К вопросу о фауне корневых фитопаразитических нематод Московского региона // *Russian Agricultural Science Review*. 2015. Т. 6, № 6-2. С. 8–9. EDN: UBZYVD
17. Метлицкий О.З. *Основы водного термического обеззараживания растений: метод. указания*. М.: ВСТИСП, 2002. 90 с.
18. De Freitas Soares F.E., Sufiate B.L., de Queiroz J.H. Nematophagous fungi: far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. *Agriculture and Natural Resources*. 2018;52(1):1-8. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.05.010>
19. Hastuti L.D.S., Faull J. Wheat bran soil inoculant of sumateran nematode-trapping fungi as biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on deli tobacco (*Nicotiana tabaccum* L.). *Earth and Environmental Science*. 2018;130:1-12. <https://doi.org/article/10.1088/1755-1315/130/1/012009/pdf>
20. Kim Y.H. Predatory nematodes as biocontrol agents of phytonematodes. In *Biocontrol Agents of Phytonematodes*, eds T.K. Askary, P.R.P. Martinelly (CABI). 2015:393-420. <https://doi.org/10.1079/9781780643755.0393>
21. Swe A., Li J., Zhang K.Q. Nematode-trapping fungi. *Curr. Res. Environ. Appl. Mycol*. 2011;1:1-26
22. Yang C.-T., Ulzurrun G.V.-D., Goncalves A.P., Lin H.-C. et al. Natural diversity in the predatory behavior facilitates the establishment of a new robust model strain for nematode-trapping fungi. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020;117:6762-6770. <https://doi.org/10.1073/pnas.1919726117>

23. Seong J., Shin J., Kim K., Cho B.-K. Microbial production of nematicidal agents for controlling plant-parasitic nematodes. *Process Biochem.* 2021;108:69-79. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.06.006>
24. Pankaj H.S., Singh K., Lal J. Management of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* in rice (*Oryza sativa*). *Indian J. Agric. Sci.* 2015;85:701-704.
25. Xu L.L., Lai Y.L., Wang L., Liu X.Z. Effects of abscisic acid and nitric oxide on trap formation and trapping of nematodes by the fungus *Drechslerella stenobrocha* AS6.1. *Fungal Biol.* 2011;115:97-101. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2010.10.006>
26. Gao H., Qi G., Yin R., Zhang H. et al. *Bacillus cereus* strain S2 shows high nematicidal activity against *Meloidogyne incognita* by producing sphingosine. *Scientific Reports.* 2016;6(24):28756. <https://doi.org/10.1038/srep28756>
27. Ayaz M., Ali Q., Farzand A., Khan A.R. et al. Nematicidal volatiles from *Bacillus atrophaeus* GBSC56 promote growth and stimulate induced systemic resistance in tomato against *Meloidogyne incognita*. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22:5049. <https://doi.org/10.3390/ijms22095049>
28. Dehghanian S.Z., Abdollahi M., Charehgani H., Niazi A. Combined of salicylic acid and *Pseudomonas fluorescens* CHA0 on the expression of PR1 gene and control of *Meloidogyne javanica* in tomato. *Biol. Control.* 2020;141:104134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104134>
29. Zhang J., Li Y., Yuan H., Sun B. et al. Biological control of the cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) by *Achromobacter xylosoxidans* isolate 09X01 and *Bacillus cereus* isolate 09B18. *Biol. Control.* 2016;92:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.004>
30. Halimah D., Munif A. *Giyanto* Effectiveness of endophytic bacterial consortium of coffee plant on mortality of *Pratylenchus coffeae* in vitro. *Pelita Perkebunan, a Coffee Cocoa. Res. J.* 2015;31:175-185. <https://doi.org/10.22302/iccir.jur.pelitaperkebunan.v31i3.205>
31. Aballay E., Prodan S., Zamorano A., Castaneda-Alvarez C. Nematicidal effect of rhizobacteria on plant-parasitic nematodes associated with vineyards. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2017;33:131. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2303-9>
32. Liang L.M., Zou C.G., Xu J., Zhang K.Q. Signal pathways involved in microbe–nematode interactions provide new insights into the biocontrol of plant-parasitic nematodes. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2019;374:20180317. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0317>
33. Xiang N., Lawrence K.S., Kloepper J.W., Donald P.A. Biological control of *Rotylenchulus reniformis* on soybean by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nematropica.* 2018;48:116-125
34. Котельникова О.Б., Кононова О.М. Приемы борьбы с мелойдогинозом при выращивании огурца в зимних блочных теплицах на грунтах // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* 2023. № 6. С. 35–44. EDN: HXZFFG
35. Huang Y., Zhang Y., Zhang J. Allelopathic potential of African marigold (*Tagetes erecta*) for nematode suppression. *Scientific Reports.* 2022;12(1):1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23517-x>
36. Karakas M., Bolukbasi E.A. Using marigolds (*Tagetes* spp.) as an alternative to chemical nematicides for nematode management. *International Journal of Advanced Engineering. Management and Science.* 2019;5(9):556-561. <https://doi.org/10.22161/ijaems.59.3>
37. Abdel-Baset S.H. Nematicidal activity of white mustard seeds as promising biofumigant. *ACS Agricultural Science & Technology.* 2015;5(4):1023-1029. <https://doi.org/10.1021/acsagstech.5c00465>

38. Thapa S., Shrestha R., Kayastha S., Fialová L. et al. Nematicidal activity of garlic (*Allium sativum*) extract against *Meloidogyne incognita* on tomato. *Plants*. 2021;10(3):499. <https://doi.org/10.3390/plants10030499>
39. Nile A.S., Nile S.H., Keum Y.S. Nematicidal potential and specific enzyme activity enhancement potential of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) aerial parts. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2018;25(5):4204-4213. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0821-5>
40. Ntalli N.G., Ferrari F., Giannakou I., Menkissoglu-Spiroudi U. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants in digenousto Greece. *Pest Management Science*. 2011;67(4):341-351. <https://doi.org/10.1002/ps.2070>
41. Nekoval S.V., Churikova A.K., Chernyakov M.N., Pridannikov M.V. Primary Screening of Microorganisms against *Meloidogyne* hapla (Chitwood, 1949) under the Conditions of Laboratory and Vegetative Tests on Tomato. *Plants*. 2023;12(18):3323. <https://doi.org/10.3390/plants12183323>

References

1. Zinovieva S.V., Chizhov V.N., Pridannikov M.V., Subbotin S.A. et al. *Plant-parasitic nematodes of Russia*. Moscow, Russia: KMK Scientific Press Ltd., 2012:386. (In Russ.)
2. Akhatov A.K., Izhevskiy S.S. *Pests of greenhouse and hothouse plants (morphology, lifestyle, harmfulness, control)*. Moscow, Russia: KMK Scientific Press Ltd., 2004:307. (In Russ.)
3. Zinovieva S.V., Butorina N.N., Udalova Zh.V., Khasanova O.S. et al. World collections of parasitic worms. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*. 2015;(6):627. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S0002332915060144>
4. Karuri H.W., Olago D., Neilson R., Mararo E. et al. Survey of root knot nematodes and resistance to *Meloidogyne incognita* in sweet potato varieties from Kenyan fields. *Crop Protection*. 2017;92:114-121. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.020>
5. Nickle W.R. Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, New York. (Root-Knot Nematodes: *Meloidogyne* Species and Races. J.D. Eisenback, H.H. Triantaphyllou). 1991:191-274. <https://doi.org/10.1201/9781003066576-6>
6. Kudrin A.A., Sushchuk A.A. Methods for studying soil nematode communities. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2022;7(2):44-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-2-5>
7. Kaplin V.G. *Applied nematology*. Samara, Russia: Samara State Agrarian University, 2012:383. (In Russ.)
8. Bukhonova Yu.V. Protection of tomatoes and cucumbers from soil pathogens in nurseries. *Plant Protection and Quarantine*. 2012;(1):48-50. (In Russ.)
9. Stirling G.R. *Biological control of plant parasitic nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms*. 2011:304. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9648-8_1
10. Tian B., Yang J., Zhang K.-Q. Bacteria used in the biological control of plant – parasitic nematode: Populations, mechanisms of action and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*. 2007;61:197-213. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00349.x>
11. Migunova V.D., Tabolin S.B., Stranishevskaya E.P., Matveykina E.A. et al. Plant-parasitic nematodes associated with grapevines in Crimea. *Russian Journal of Nematology*. 2017;25:148.
12. Kushchev I.V. Tuberous analysis as a method of potato protection in the astrakhan region. *Prikaspiyskiy mezhdunarodniy molodezhniy nauchniy*

forum agropromtekhnologii i prodovolstvennoy bezopasnosti. January 10 – December 30, 2022. Astrakhan, Russia: Astrakhan Tatishchev State University, 2022:197-199. (In Russ.)

13. Jain A., Li T., Huston D.C., Kaur J. et al. Insights from draft genomes of Heterodera species isolated from field soil samples. *BMC Genomics*. 2025;26(1):158. <https://doi.org/10.1186/s12864-025-11351-0>

14. Khomyak A.I., Asaturova A.M., Sidorov N.M., Dubyaga V.M. Biological control of phytoparasitic nematodes based on microorganisms (review). *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021;27(3):191-219. (In Russ.) <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-3-27-191-219>

15. Titova A.S. Environmentally safe methods for protecting garden strawberry plants from a complex of harmful organisms. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2010;24(2):235-241. (In Russ.)

16. Tabolin S.B. On the fauna of root phytoparasitic nematodes in the Moscow region. *Russian Agricultural Science Review*. 2015;6(6-2):8-9. (In Russ.)

17. Metlitskiy O.Z. *Fundamentals of aqueous thermal disinfection of plants: guidelines*. Moscow, Russia: All-Russia Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery, 2002:90. (In Russ.)

18. De Freitas Soares F.E., Sufiate B.L., de Queiroz J.H. Nematophagous fungi: far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. *Agriculture and Natural Resources*. 2018;52(1):1-8. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.05.010>

19. Hastuti L.D.S., Faull J. Wheat bran soil inoculant of sumateran nematode-trapping fungi as biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on deli tobacco (*Nicotiana tabaccum* L.). *Earth and Environmental Science*. 2018;130:1-12. <https://doi.org/article/10.1088/1755-1315/130/1/012009/pdf>

20. Kim Y.H. Predatory nematodes as biocontrol agents of phytonematodes. In *Biocontrol Agents of Phytonematodes*, eds T.K. Askary, P.R.P. Martinelly (CABI). 2015:393-420. <https://doi.org/10.1079/9781780643755.0393>

21. Swe A., Li J., Zhang K.Q. Nematode-trapping fungi. *Curr. Res. Environ. Appl. Mycol*. 2011;1:1-26.

22. Yang C.-T., Ulzurrun G.V.-D., Goncalves A.P., Lin H.-C. et al. Natural diversity in the predatory behavior facilitates the establishment of a new robust model strain for nematode-trapping fungi. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020;117:6762-6770. <https://doi.org/10.1073/pnas.1919726117>

23. Seong J., Shin J., Kim K., Cho B.-K. Microbial production of nematocidal agents for controlling plant-parasitic nematodes. *Process Biochem*. 2021;108:69-79. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.06.006>

24. Pankaj H.S., Singh K., Lal J. Management of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* in rice (*Oryza sativa*). *Indian J. Agric. Sci.* 2015;85:701-704.

25. Xu L.L., Lai Y.L., Wang L., Liu X.Z. Effects of abscisic acid and nitric oxide on trap formation and trapping of nematodes by the fungus *Drechslerella stenobrocha* AS6.1. *Fungal Biol*. 2011;115:97-101. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2010.10.006>

26. Gao H., Qi G., Yin R., Zhang H. et al. *Bacillus cereus* strain S2 shows high nematocidal activity against *Meloidogyne incognita* by producing sphingosine. *Scientific Reports*. 2016;6(24):28756. <https://doi.org/10.1038/srep28756>

27. Ayaz M., Ali Q., Farzand A., Khan A.R. et al. Nematicidal volatiles from *Bacillus atrophaeus* GBSC56 promote growth and stimulate induced systemic resistance in tomato against *Meloidogyne incognita*. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22:5049. <https://doi.org/10.3390/ijms22095049>

28. Dehghanian S.Z., Abdollahi M., Charehgani H., Niazi A. Combined of salicylic acid and *Pseudomonas fluorescens* CHA0 on the expression of PR1 gene and control of *Meloidogyne javanica* in tomato. *Biol. Control.* 2020;141:104134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104134>
29. Zhang J., Li Y., Yuan H., Sun B. et al. Biological control of the cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) by *Achromobacter xylosoxidans* isolate 09X01 and *Bacillus cereus* isolate 09B18. *Biol. Control.* 2016;92:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.004>
30. Halimah D., Munif A. *Giyanto* Effectiveness of endophytic bacterial consortium of coffee plant on mortality of *Pratylenchus coffeae* in vitro. *Pelita Perkebunan, a Coffee Cocoa. Res. J.* 2015;31:175-185. <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v31i3.205>
31. Aballay E., Prodan S., Zamorano A., Castaneda-Alvarez C. Nematicidal effect of rhizobacteria on plant-parasitic nematodes associated with vineyards. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2017;33:131. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2303-9>
32. Liang L.M., Zou C.G., Xu J., Zhang K.Q. Signal pathways involved in microbe–nematode interactions provide new insights into the biocontrol of plant-parasitic nematodes. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2019;374:20180317. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0317>
33. Xiang N., Lawrence K.S., Kloepper J.W., Donald P.A. Biological control of *Rotylenchulus reniformis* on soybean by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nematropica.* 2018;48:116-125.
34. Kotelnikova O.B., Kononova O.M. Methods of fighting meloidogynosis when growing cucumber in winter block greenhouses on ground. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii.* 2023;(6):35-44. (In Russ.)
35. Huang Y., Zhang Y., Zhang J. Allelopathic potential of African marigold (*Tagetes erecta*) for nematode suppression. *Scientific Reports.* 2022;12(1):1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23517-x>
36. Karakas M., Bolukbasi E.A. Using marigolds (*Tagetes* spp.) as an alternative to chemical nematicides for nematode management. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science.* 2019;5(9):556-561. <https://doi.org/10.22161/ijaems.59.3>
37. Abdel-Baset S.H. Nematicidal activity of white mustard seeds as promising biofumigant. *ACS Agricultural Science & Technology.* 2015;5(4):1023-1029. <https://doi.org/10.1021/acsagascitech.5c00465>
38. Thapa S., Shrestha R., Kayastha S., Fialová L. et al. Nematicidal activity of garlic (*Allium sativum*) extract against *Meloidogyne incognita* on tomato. *Plants.* 2021;10(3):499. <https://doi.org/10.3390/plants10030499>
39. Nile A.S., Nile S.H., Keum Y.S. Nematicidal potential and specific enzyme activity enhancement potential of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) aerial parts. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2018;25(5):4204-4213. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0821-5>
40. Ntalli N.G., Ferrari F., Giannakou I., Menkissoglu-Spiroudi U. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants in digenousto Greece. *Pest Management Science.* 2011;67(4):341-351. <https://doi.org/10.1002/ps.2070>
41. Nekoval S.V., Churikova A.K., Chernyakov M.N., Pridannikov M.V. Primary Screening of Microorganisms against *Meloidogyne hapla* (Chitwood, 1949) under the Conditions of Laboratory and Vegetative Tests on Tomato. *Plants.* 2023;12(18):3323. <https://doi.org/10.3390/plants12183323>

Сведения об авторах

Иван Викторович Горбунов, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 62; e-mail: giv79.79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4702-9148>

Светлана Николаевна Нековаль, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 62; e-mail: s.nekoval@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4217-3156>

Арина Константиновна Чурикова, научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 62; e-mail: arina.churikova98@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1429-4153>

Information about the authors

Ivan V. Gorbunov, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Biorational Plant Protection Products and Technologies for Ecologized, Resource-Saving and Organic Agriculture, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350039, Russian Federation, e-mail: giv79.79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4702-9148>

Svetlana N. Nekoval, CSc (Bio), Senior Research Associate, Head of the Laboratory of Biorational Plant Protection Products and Technologies for Ecologized, Resource-Saving and Organic Agriculture, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350039, Russian Federation, e-mail: s.nekoval@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4217-3156>

Arina K. Churikova, Research Associate at the Laboratory of Biorational Plant Protection Products and Technologies for Ecologized, Resource-Saving and Organic Agriculture, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350039, Russian Federation, e-mail: arina.churikova98@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1429-4153>