

УДК 632.93

<https://doi.org/10.31016/978-5-6050437-8-2.2024.25.412-417>

НЕМАТИЦИДЫ, СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Удалова Ж. В.^{1,2},

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
лаборатории фитопаразитологии

Малютин Т. А.¹,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
лаборатории фауны и экологии паразитов

Аннотация

Представлен анализ современного состояния проблем в области защиты растений от фитопаразитических нематод с помощью химических нематодицидов. Показано, что нематодициды, разрешенные к использованию, имеют относительно невысокий класс опасности для окружающей среды и биоразнообразия почвы. Однако, выбор таких препаратов крайне узок, поскольку нематоды, труднодоступны для химического воздействия, в силу особенностей жизненного цикла, исключая пероральное попадание нематодицида в организм паразита, и строения кутикулы. Поскольку воздействие фитопаразитических нематод часто не очевидно, недооценивается ущерб, причиняемый ими, в связи с чем, создание нематодицидов носит вторичный характер и, в основном, ограничивается скринингом веществ, проявивших нематодицидные свойства в отношении млекопитающих и человека. В настоящее время поиск нематодицидов строится на двух подходах: на поиске веществ, воздействующих на уже известные сигнальные молекулы нервной системы нематод, и на поиске молекулярных мишеней-рецепторов. Благодаря развитию современной химии, наметился прогресс в создании не просто соединений с широким спектром действия, появилась возможность действовать на конкретные белки и другие, жизненно важные, соединения конкретного паразита.

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук (119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 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)

Ключевые слова: нематоды растений, нематициды, биологически активные вещества

NEMATOCIDES, CURRENT TRENDS IN PLANT PROTECTION

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

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
of the Laboratory of Plant Parasitology

Malyutina T. A.¹,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
of the Laboratory of Parasite Fauna and Ecology

Abstract

An analysis is presented for the current status of problems in plant protection from plant-parasitic nematodes using chemical nematicides. It was shown that nematicides approved for use had a relatively low hazard class for the environment and soil biodiversity. However, the choice of such drugs is extremely narrow since nematodes are difficult to reach by chemical action due to peculiarities of their life cycle which excludes oral entry of the nematicide into the parasite, and of the cuticle structure. Since the impact of plant-parasitic nematodes is not often obvious, damage caused by them is underestimated, and therefore, the nematicide development is secondary and is mainly limited to the screening of substances that demonstrated nematocidal properties for mammals and humans. Currently, the search for nematicides is based on two approaches: the search for substances affecting the already known signaling molecules of the nematode's nervous system; and the search for molecular target receptors. Thanks to the development of modern chemistry, there is visible progress in the creation of not merely compounds with a broad spectrum of action, but it has become possible to act upon specific proteins and other vital compounds of a particular parasite.

Keywords: plant nematodes, nematicides, biologically active substances

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)

Введение. Среди средств борьбы с фитонематодами химические нематотициды занимают основное место, наряду с созданием устойчивых гибридов растений. Современные нематотициды, разрешенные к использованию, имеют относительно невысокий класс опасности, однако, выбор таких препаратов крайне узок. В этой области защиты растений наблюдается недостаточный интерес к разработке новых нематотицидов, во-первых, слишком небольшой объем рынка по сравнению с инсектицидами и гербицидами, во-вторых, неочевидностью или недооценкой ущерба, причиняемого нематодами [4], хотя, в среднем ущерб от этих паразитических организмов составляет около 12,3% урожая, а по отдельным культурам может превышать 75% [3]. Известно, что фитопаразитические нематоды труднодоступны для химического воздействия, поскольку обитают в почве и корнях растений, имеют хорошо зачищенную кутикулу, сложный цикл развития, включающий непитающуюся стадию, что исключает пероральное попадание нематотицида в организм паразита. В связи с этим, используются соединения, обладающие широким спектром действия и способные проникать сквозь толщу почвы. Первыми нематотицидами были фумиганты – высоко летучие соединения, затем были разработаны карбаматные и органофосфатные контактные нематотициды, а также имеются вещества с системной нематотицидной активностью [3]. Механизм действия многих нематотицидов до сих пор остается мало изученным. Обладая широким спектром действия, они влияют на разные звенья жизнедеятельности нематод. Например, фумиганты – галогенированные углеводороды алкилируют белки, нарушая их функции в организме нематоды, в частности, блокируя дыхание. Карбаматы и фосфаты являются ингибиторами фермента ацетилхолинэстеразы, гидролизующего ацетилхолин, одного из основных медиаторов нервной системы нематод, который модулирует двигательную активность соматической мускулатуры фитонематод. Сложный механизм действия у другого класса соединений – авермектинов, которые помимо ингибирования фермента ацетилхолинэстеразы, нарушают АТФазную активность, действуя как нейротоксины и вызывая нарушения дыхательной функции [3–5]. Полагают, что авермектины, в отличие от фосфорорганических соединений, блокируют передачу электрического импульса между нервной клеткой и мышцей, не влияя на мышечное возбуждение нематод, а способствуют постоянному открытию хлорных каналов клеточных мембран паразитов.

Материалы и методы. В работе обобщены ранее опубликованные данные [1-5].

Результаты исследований. Необходимо отметить, что создание эффективных нематодицидов носит чаще всего случайный характер, включающий рутинный метод перебора известных веществ с предполагаемой нематодицидной активностью в ожидании успеха. Для этих целей проводится скрининг фармацевтических препаратов, пестицидов, фунгицидов и других подобных соединений. В случае обнаружения у исследуемой молекулы искомой активности, осуществляют ее всесторонний анализ для выявления структуры, с возможной модификацией для улучшения нематодицидных характеристик [4]. Однако, применяемые для позвоночных животных препараты малоэффективны в отношении фитонематод из-за слабой мобильности в почве [3]. Ранее нами были проведены лабораторные и производственные исследования трех известных азольных препаратов широкого спектра действия, в том числе, обладающих нематодицидной активностью. Препараты фенбендазол, тиабендазол и левамизол (нилверм), используемые в ветеринарной и медицинской терапии, были использованы в качестве предполагаемых нематодицидов на растениях огурца зараженных *Meloidogine incognita* [2]. Была обнаружена нематодицидная активность и предложены способы модификации и обработки для более эффективного внесения. Однако данные препараты уступали коммерческим нематодицидам, применяемым против фитогельминтов. С накоплением знаний в области химии, физиологии нематод и, в частности, физиологии их нервной системы, поиск нематодицидов приобрел более рациональные формы. Стало развиваться направление синтеза молекул с использованием комбинаторной химии, а также функционально-ориентированного дизайна, когда соединения соответствуют некоей заранее заданной гипотезе [4]. Например, прогресс в области протеомных исследований создает возможность для целевых открытий и синтеза специфических молекул, которые связываются с конкретными белками [4]. Однако, биологическая активность соединений — трудно программируемая функция, поскольку зависит от большого числа факторов. В настоящее время поиск нематодицидов строится на двух подходах: на поиске веществ, воздействующих на уже известные сигнальные молекулы нервной системы нематод, и на поиске молекулярных мишеней — рецепторов. Такими мишенями являются нейромедиаторы нервной системы нематод: ацетилхолин, γ -аминомасляная кислота, серотонин, глутамат, оксид азота (N_2O) и другие. Показано, что действие ряда нематодицидов связано с нарушением функций этих биологически активных молекул. В то же время, нейропептидергическая составляющая

нервной системы нематод остается слабо используемой в качестве мишени, хотя передача нервных сигналов посредством нейропептидов в биологии нематод составляет основу жизнедеятельности этих паразитов растений. В последнее время нейропептиды, относящиеся к группе FMRF-амидоподобных пептидов (FLP), представляют наибольший практический интерес, поскольку относятся к наиболее значительному по структурному разнообразию и изученности семейству биологически активных веществ. Установлено, что эти вещества координируют моторные и сенсорные функции [1]. В литературе высказывается предположение, что эндогенные FLP связаны со всеми физиологическими системами растительных паразитических нематод, составляющими основу выживаемости и успешного паразитирования в организме хозяина, к которым относятся локомоции, сенсорные системы, питание и репродукция. В двух наших обзорах собраны данные по FLP касающиеся наиболее патогенных родов – галловой нематоды и картофельной цистообразующей нематоды [1].

Заключение. Химические нематициды остаются наиболее эффективным средством борьбы с нематодами, и на сегодняшний день, и в будущем будут занимать большую долю рынка. А необходимые инвестиции агропромышленных корпораций могут оказать существенное влияние на развитие исследований в области создания нематицидов, в том числе с использованием достижений в молекулярной биологии, биоинформатики и системы хемогеномного скрининга.

Список источников

1. Малютина Т. А., Удалова Ж. В. Нейропептиды галловых нематод: функциональное значение в локомоциях паразитов (краткий обзор) // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 4. С. 501-509.
2. Удалова Ж. В., Удалова В. Б., Зиновьева С. В. Применение хитина и хитозана в борьбе с фитопаразитическими нематодами // Российский паразитологический журнал. 2011. Т. 6. № 3. С. 109-115.
3. Chitwood D. J. Encyclopedia of Agrochemicals. Vol. 3. New York: John Wiley & Sons, 2003: 1104-1115.
4. Desaeger J., Wram C., Zasada I. New reduced-risk agricultural nematocides – rationale and review // Journal of Nematology. 2020; 52: e2020-91.
5. Ebone L. A., Kovalski M., Deuner C. C. Nematicides: history, mode, and mechanism action // Plant Science Today. 2019; 6(2): 91-97.

References

1. Malyutina T. A., Udalova Z. V. Neuropeptides of root-knot nematodes: functional significance in parasite locomotion (short review). *Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(4): 501-509. (In Russ.)
2. Udalova Z. V., Udalova V. B., Zinovieva S. V. Application of chitin and chitosan to control phytoparasitic nematodes. *Russian Journal of Parasitology*. 2011; 6(3): 109-115. (In Russ.)
3. Chitwood D. J. Encyclopedia of Agrochemicals. Vol. 3. New York, John Wiley & Sons, 2003: 1104-1115.
4. Desaegeer J., Wram C., Zasada I. New reduced-risk agricultural nematicides – rationale and review. *Journal of Nematology*. 2020; 52: e2020-91.
5. Ebone L. A., Kovaleski M., Deuner C. C. Nematicides: history, mode, and mechanism action. *Plant Science Today*. 2019; 6(2): 91-97.