

М.В. ПРИДАННИКОВ

# ФИТОПАТОГЕННЫЕ НЕМАТОДЫ

## урожай под угрозой

Нематоды, или круглые черви, – одни из самых многочисленных и широко распространенных многоклеточных животных на нашей планете: на их долю приходится около 4/5 биоразнообразия всего животного мира! Представители около половины видов нематод обитают в почве или в водной среде, однако остальные ведут паразитический образ жизни, представляя большую проблему для сельского хозяйства и медицины

Еще в 1914 г. известный биолог, «отец» американской нематологии Н. Кобб написал: «... если бы вся материя во вселенной, кроме нематод, исчезла бы в один миг, наш мир все равно был бы смутно опознаваем: мы могли бы предположить, где были горы, холмы, долины, реки, озера и океаны лишь по тонкой пленке нематод. Можно было бы определить и расположение городов, так как каждому сообществу людей соответствовало бы скопление определенных нематод. Вдоль несуществующих улиц и аллей все так же, призрачными тенями, стояли бы деревья. Растения и животные оставались бы различимы, и, будь у нас довольно знаний, мы смогли бы во многих случаях даже точно определить их вид, изучив когда-то населявших их паразитических нематод» (Cobb, 1914, с. 472).

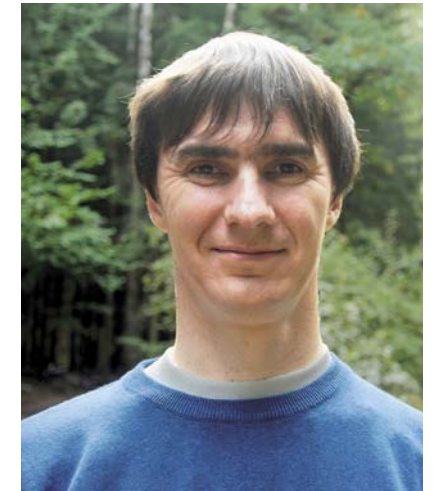
Действительно, биоразнообразие нематод просто поражает: в этом смысле среди всех животных их превосходят только насекомые. При своих малых размерах нематоды заняли практически все экологические ниши, где имеется хоть небольшое количество воды: от горных склонов Гималаев до донных отложений Марианской впадины; от жарких африканских пустынь до холодных почв Арктики и Антарктики; от покровов мелких насекомых до внутренностей кашалотов.

Из более 24 тыс. описанных видов нематод примерно 40 % ведут свободный образ жизни и питаются бактериями, грибами, простейшими или даже другими нематодами. Однако около 44 % нематод паразитируют на животных, в том числе и на человеке, а оставшиеся в той или иной степени являются связаны с растениями. Практически все известные нам высшие растения могут быть хозяевами одного или более видов паразитических нематод (Lambert & Bekal, 2002).

### Мишень – растение

Паразитические нематоды растений (так называемые *фитопаразитические* или *фитопатогенные*) принадлежат к числу наиболее опасных и экономически значимых патогенов сельскохозяйственных культур во всем мире. Среди растений-хозяев этих нематод – многие важные пищевые и кормовые культуры, в том числе зерновые, овощные и бобовые, а также декоративные и цветочные. По некоторым оценкам, общемировые потери урожая сельскохозяйственных культур от паразитирования нематод на растениях оцениваются свыше 77 млрд долл. США в год (Sasser & Freckman, 1987)!

В России известны около 150 видов паразитических нематод, поражающих вегетативные (побег и корень) и генеративные (семена и плоды) органы растений из разных семейств. Кроме того, часть этих нематод является одновременно и переносчиками грибковых, бактериальных и вирусных заболеваний, которые усиливают их негативное влияние на зараженные растения.



ПРИДАННИКОВ Михаил Викторович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитопаразитологии Центра паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН (Москва), заведующий лабораторией диагностики фитопатогенных организмов Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии Россельхозакадемии (Москва). Автор и соавтор 53 научных работ и 3 патентов

**Ключевые слова:** паразитические нематоды растений, защита растений.  
**Key words:** plant parasitic nematodes, plant protection

Слева – мигрирующие нематоды *Xiphinema diversicaudatum*, переносчики высокопатогенных вирусов растений картофеля, винограда, персиков, ягодных культур и т. д.; в центре – корнеплод моркови, пораженный галловой паразитической нематодой *Meloidogyne hapla*

© М.В. Приданников, 2014



Паразитические нематоды способны поражать все вегетативные части растения (стебель, лист, корень). Слева – листья папоротника орляка обыкновенного, пораженные листовой нематодой *Aphelenchoides fragariae*; внизу – корни томата, пораженные галловой паразитической нематодой *Meloidogyne incognita*. Фото В. Чижова



К сожалению, методы контролирования численности и вредоносности фитопаразитических нематод в настоящее время не отличаются многообразием. Высокоэффективные химические препараты-нематотициды из-за своей токсичности оказывают вредное влияние на окружающую среду, в том числе и на здоровье человека, поэтому их применение в сельском хозяйстве ограничено. Применение же биологических препаратов на основе патогенных для нематод бактерий и грибов, а также специализированных хищников, не всегда оправдано экономически.

Наиболее доступным методом на сегодня все еще является профилактика фитогельминтозов путем применения мер по ограничению распространения нематод из очага заражения (карантинные мероприятия), а также такие агротехнические приемы, как возделывание устойчивых сортов и научно-обоснованные системы севооборота.



Нематоды являются второй по видовому разнообразию группой царства животных после насекомых. Паразитические нематоды растений морфологически мало чем отличаются друг от друга, разве что размерами (от 0,5 до 5,0 мм). Червеобразное тело личинок нематод специально приспособлено для продвижения по почвенным капиллярам или межклеточному пространству растительной ткани. Основные же различия относятся к проявлениям изменений растительных органов (симптомов поражения), видимых невооруженным глазом. Галловые нематоды вызывают образование узелков (галлов); листовые нематоды зачастую образуют мозаику на листьях, вызванную гибелью части клеток между жилками листа; мигрирующие корневые паразиты могут стимулировать «бородатость» корней, т. е. образование большого числа маленьких боковых корневых ветвлений; нематоды-переносчики вирусов заражают растения специфическими вирусами, которые, в свою очередь, вызывают хлорозы листьев, выражающиеся в виде их причудливого пожелтения

Паразитические нематоды представляют угрозу и для генеративных частей (плодов и семян) растений. На фото – семена риса, пораженные нематодой *Aphelenchoides besseyi* (а), значительно отличающиеся по размеру от здоровых (б)

### Врага – знай в лицо!

Одним из важных моментов в защите растений от вредоносных нематод является их правильная и своевременная диагностика. Лишь точно определив представителя нематод в каждом конкретном случае, можно рекомендовать те или иные защитные мероприятия, которые позволят снизить потери урожая.

На сегодня имеется три основных метода диагностики нематод. При первом (классическом) методе идентификации используется ряд морфологических признаков и морфометрических показателей. По внешнему виду можно различать представителей разных семейств, родов или групп нематод. Для идентификации нематод на уровне вида применяются такие количественные



Эти яркие «шарики» на корнях картофеля – защитные цисты золотистой нематоды *Globodera rostochiensis*, образующиеся из покровов самок после завершения их развития. В цистах успешно зимуют яйца и подвижные инвазионные личинки паразита. Фото В. Чижова

признаки, как длина и ширина тела, длина стилета, пищевода, половой системы и т.д. Основным инструментом классического метода идентификации нематод являются микроскопы и специальные справочники (*диагностические ключи*).

Современный *молекулярный метод идентификации* нематод основан на исследовании строения отдельных участков их генома. Нужно отметить, что именно свободноживущая нематода *Caenorhabditis elegans* оказалась первым многоклеточным животным, чей геном был полностью «прочитан» (Genome sequence of the nematode *C. elegans*..., 1998).

С каждым годом информации о нуклеотидных последовательностях различных генов паразитических и свободноживущих нематод становится все больше

и больше. Сегодня, проведя ряд достаточно рутинных процедур, таких как выделение ДНК, полимеразная цепная реакция с визуализацией результатов в агарозном геле, можно с уверенностью судить о принадлежности исследуемой особи к конкретному виду.

Третий, так называемый *биоиндикаторный метод*, служит в основном для разделения одного вида паразитических нематод на патотипы, т.е. на отдельные внутривидовые группы, отличающиеся разной патогенностью по отношению к разным видам или сортам растений. К примеру, у картофельной нематоды *Globodera rostochiensis* известно пять патотипов, а у близкородственного вида *Globodera pallida* – три. Все эти патотипы отличаются их способностью размножаться на различных генетических линиях картофеля.

Определение патотипа нематод является очень важным моментом в селекционной работе по созданию культурных сортов растений, устойчивых к нематодам. Создание сорта, устойчивого лишь к одному патотипу паразита, бесперспективно, поскольку он может быть атакован другим, более агрессивным патотипом.

## НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ ФРОНТЕ

Еще почти полвека назад известный советский фитогельминтолог А. А. Парамонов (1968 писал: «Изучение секретов необычайного успеха нематод – этих большей частью мелких животных – одна из важных проблем современной зоологии и всего народного хозяйства».

Именно Парамонов основал в 1952 г. первую в стране Гельминтологическую лабораторию АН СССР, целью которой являлось изучение различных аспектов жизни паразитических нематод растений. В наши дни эту научную «эстафету» приняли лаборатория фитогельминтологии Центра паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН и лаборатория диагностики фитопатогенных организмов Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (ВНИИФ) Россельхозакадемии.

Работа по изучению паразитических нематод растений ведется здесь по трем основным направлениям: изучение биоразнообразия нематод на территории России и мониторинг распространения основных видов фитопаразитических нематод; создание систем молекулярной идентификации нематод с использованием родо- и видоспецифических праймеров для ПЦР; изучение биологии нематод и механизмов устойчивости растений к нематодам (Приданников и др., 2009).

Итогом кропотливой многолетней работы стала монография «Фитопаразитические нематоды России» под редакцией д.б.н. С. В. Зиновьевой, в которой представлен огромный объем информации по биоразнообразию паразитических

нематод растений на территории нашей страны, накопленный в течение последних сорока лет.

На базе ВНИИФ была создана коллекция живых культур фитопаразитических нематод, которая используется, как основа для фундаментальных исследований по филогении нематод и прикладных исследований по устойчивости сельскохозяйственных культур к нематодам.

Для унификации методов идентификации нематод были разработаны диагностические наборы для молекулярно-генетического определения методом ПЦР таких важных для сельского хозяйства видов паразитов, как картофельные цистообразующие нематоды (*Globodera rostochiensis* и *G. pallida*), злаковые цистообразующие нематоды (*Heterodera avenae*, *H. filipjevi* и др.), галловые нематоды (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* и др.) и многих других видов.

Изучение биологии фитопаразитических нематод невозможно без изучения их хозяев – растений, а также их взаимоотношений. Огромный материал по механизмам устойчивости растений к нематодам и использованию этих механизмов в защите растений от нематод позволили разработать ряд перспективных биопрепаратов для защиты сельскохозяйственных растений от этих паразитов, такие как иммуноцитифит (на основе арахидоновой кислоты) и агрохит (на основе хитозана).

Кроме того, были созданы трансгенные сорта картофеля, сахарной свеклы и рапса, в которые был встроен ген, ответственный за устойчивость растений к цистообразующим нематодам (Dzhavakhiya *et al.*, 2007).

**В**заимная эволюция паразитических нематод и их растений-хозяев в течение миллионов лет напоминает гонку вооружений: растения вырабатывают все более совершенные механизмы защиты (например, утолщают покровные ткани или увеличивают синтез «антибиотиков»-фитоалексинов), нематода же, соответственно, – системы нападения (крепкий стилет или непроницаемые для фитонцидов покровы тела).

Мир этих удивительных созданий очень сложен и интересен сам по себе, при этом изучение секретов необычайного эволюционного успеха фитопаразитических нематод важно не только для фундаментальной науки, но и для практических целей – сохранения мирового урожая сельскохозяйственных культур.

В публикации использованы фото автора

## Литература

Приданников М. В., Шумилина Д. В., Кромина К. А. Изучение взаимоотношений между нематодами и растениями хозяевами/не хозяевами с использованием модельной системы суспензионной культуры растительных клеток: *Материалы III Межрегиональной науч. конф. паразитологов Сибири и Дальнего востока. Новосибирск, 2009.* С. 226–228.

*Фитопаразитические нематоды России* / Под ред. С. В. Зиновьевой и В. Н. Чижовой. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012.

Cobb N. A. *Nematodes and their relationships.* // *Yearbook United States Department of Agriculture. United States Department of Agriculture.* 1914. P. 457–490.

Lambert K., Bekal S. *Introduction to Plant-Parasitic Nematodes.* // *The Plant Health Instructor.* DOI: 10.1094/PHI-I-2002-1218-01.

Sasser J. N., Freckman D. W. *A world perspective on nematology: the role of the society.* // *Vistas on nematology: A commemoration of the twenty-fifth anniversary of the Society of Nematologists* / eds. Veech J. A., Dickson D. W. Hyattsville, MD: Society of Nematologists, 1987. P. 7–14.