

## Литература

Андерссон Л., Алексеева Н.М., Кузнецова Е.С. Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России. Т. 2. Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. СПб., 2009. 258 с.

Большаков С.Ю., Волобуев С.В., Ежов О.Н., Паломожных Е.А., Потапов К.О. Афиллофороидные грибы европейской части России: аннотированный список видов / Отв. ред. С.Ю. Большаков, С.В. Волобуев. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2022. 578 с.

Ежов О.Н. Афиллофоровые грибы Архангельской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2013. 276 с.

Красная книга Ленинградской области: Объекты растительного мира. 2018. СПб.: 848 с.

Крутов В.И., Шубин В.И., Предтеченская О.О., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Полевой А.В., Хумала А.Э., Яковлев Е.Б. Грибы и насекомые – консорты лесообразующих древесных пород Карелии / Отв. ред. А.В. Полевой. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. 216 с.

Федорчук В.Н., Кузнецова М.Л., Андреева А.А., Моисеев Д.В. Резерват «Вепский лес». Лесоводственные исследования // СПб.: Изд-во СПбНИИЛХ. 1998. 208 с.

## СВЯЗЬ СТВОЛОВЫХ НЕМАТОД С ЭНТОМОХОРНЫМИ ГРИБАМИ В МОНИТОРИНГЕ БИОБЕЗОПАСНОСТИ

Рысс А.Ю.<sup>1</sup>, Казарцев И.А.<sup>2</sup>, Керчев И.А.<sup>3</sup>, Селиук А.О.<sup>1,4</sup>,  
Кази И.М.<sup>5</sup>, Полянина К.С.<sup>1</sup>, Селиховкин А.В.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,  
*nema@zin.ru; kristyl7@mail.ru*

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский  
институт защиты растений, Пушкин,  
*kaazartsev@inbox.ru*

<sup>3</sup>Институт мониторинга климатических  
и экологических систем СО РАН,  
*ikea86@mail.ru*

<sup>4</sup>Санкт-Петербургский государственный университет,  
*aleksey1seluk@gmail.com*

<sup>5</sup>Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет,  
*a.selikhovkin@mail.ru; ilonakazi@yandex.ru*

## INTERACTION OF XYLOBIONT NEMATODES AND ENTOMOCHORE FUNGI AS A PART OF BIOLOGICAL SECURITY MONITORING

Ryss A.Yu.<sup>1</sup>, Kazartsev I.A.<sup>2</sup>, Kerchev I.A.<sup>3</sup>, Seliuk A.O.<sup>1,4</sup>,  
Kazi I.M.<sup>5</sup>, Polyanina K.S.<sup>1</sup>, Selikhovkin A.V.<sup>5</sup>

*The xylobiont endoparasitic nematodes of the fam. Aphelenchoididae cause the wilt and dieback of the forest and park trees. The beetle vector carries microbiome of pathogenic nematode and fungus. To study the nematode and fungus interactions two series of*

tests were carried out, with the inoculum of 200 nematode individuals, 25°C, with detecting the nematode propagation parameters on 21 day after inoculation. The nematode population dynamics in culture of the *Botrytis cinerea* mycelium was used as a control. In the first test series the relationships of five *Bursaphelenchus* spp. and two fungal species were studied. In the second series the propagation of the nematode *Laimaphelenchus heidelbergi* from the ash *Fraxinus excelsior* infected by *Agrilus planipennis* was studied in cultures of four entomochore fungi. The nematode species demonstrated different propagation rates in the range of fungal cultures thus confirming the hypothesis of unequal host specificity, while the fungus *Beauveria bassiana* caused death of all nematode species.

Стволовые нематоды (Aphelenchoididae) вызывают вилт и суховершинность лесных и парковых насаждений. Они обладают сложным циклом с метаморфозом, включающим, кроме древесного растения-хозяина, также ксилобионтного жука-переносчика и энтомохорный гриб. Переносчик распространяет микробиом, включающий патогенных нематоду и гриб, а нематода после гибели дерева переходит от питания клетками проводящих сосудов растения к питанию за счет мицелия гриба в мертвой древесине (паразитическая фито-мико-трофика). Взаимоотношения «жук-гриб» и «жук-нематода» хорошо изучены, а связь «нематода-гриб» нуждается в исследовании в рамках рабочей гипотезы симбиоза, т.е. трофической избирательности, форезии и согласования жизненных циклов партнеров микробиома.

Нами было проведено две серии тестов *in vitro* (инокулом 200 нематод разных стадий онтогенеза пропативного поколения, температура 25°C, чашки Петри 6 см). В первой серии 5 видов стволовых нематод патогенного рода *Bursaphelenchus* протестированы в опытах размножения на энтомохорном грибе *Bjerkandera adusta* (BjA) из жука типографа *Ips typographus* с контролем на лабораторной линии паразитического гриба *Botrytis cinerea* (BoC) воздушно-капельной (не энтомохорной) дисперсии. Опыт показал, что тест на BjA может отличить сиблинговые виды из одной клады (размножается лишь один из двух близких видов). По соотношению коэффициента репродукции нематод  $R = Pfi\ n(BjA) / Pfi\ n(BoC)$  виды можно охарактеризовать по шкале «олигофаг–полифаг». Истинным полифагом оказался *Bursaphelenchus willibaldis* из дуба, финальная популяция которого на BjA статистически достоверно была более многочисленной, чем на BoC (контроль). Гриб *Beauveria bassiana* из *Ips typographus* вызывал гибель всех видов нематод и может быть дополнительно исследован как агент биологического контроля.

Во второй серии опытов был использован один вид ксилобионтных нематод (*Laimaphelenchus heidelbergi*, из гибнущего от златки *Agrilus planipennis* ясеня). Этот вид очень быстро размножается на контрольном грибе BoC и близко родственен видам патогенного рода *Bursaphelenchus*. Это единственный вид распространенного рода *Laimaphelenchus*, который нам впервые в мировой лабораторной практике удалось размножить на культурах грибов. Тесты с использованием 4 видов энтомохорных грибов и контрольного гриба BoC показали, что вид *L. heidelbergi* лучше всего размножается на контрольном грибе BoC ( $R \geq 500$ ), показывает средние темпы размножения на энтомохорных патогенных грибах *Alternaria tenuissima* и *Leptographium piceardum* ( $R \approx 100$ ), и слабые темпы размножения на *Trichoderma harzianum* ( $R \leq 25$ ). Хотя триходерма оказалась слабым питательным субстратом для нематоды. Такой результат ставит под сомнение рекомендации по использованию суспензий на основе *T. harzianum* как агентов биологического контроля против стволовых нематод. Более того, этот гриб устойчиво сохраняется в

популяции нематод при пересеве из культуры *T. harzianum* на контрольный гриб BoC, т.е. способен к форезии нематодами (нематохория) за счет прикрепления спор к телу нематод. Дальнейшие исследования заключаются в расширении спектра тестируемых энтомохорных грибов, форезии патогенных грибов нематодами как средства распространения грибной инфекции по стволу больного дерева, а также тесты размножения нематод совместно с патогенными грибами на черенках древесных растений.

Авторы благодарны С.А. Субботину (Pest Center, Sacramento, Ca, USA) за молекулярную идентификацию нематод. Исследование выполнено за счет Российского Научного Фонда (проект № 24-16-00092) на живом материале из Коллекции нематод ЗИН РАН (125012800903-5).

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ ТРЕХСТОРОННЕГО СИМБИОЗА В ТРАНСМИССИВНОЙ ИНФЕКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СВЯЗИ ЭНТОМОХОРНЫХ НЕМАТОД И ГРИБОВ**

Рысс А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,  
*nema@zin.ru*

## **EXPERIMENTAL TESTS OF THE TRIPARTITE SYMBIOSIS HYPOTHESIS FOR THE VECTOR-AIDED INFECTIONS OF WOODY PLANTS FOCUSED ON THE NEMATODE AND FUNGI INTERACTIONS**

Ryss A.Yu.<sup>1</sup>

*Interactions of five nematode species belonging to Bursaphelenchus and Aphelenchoides genera with three entomochore fungi were tested in vitro using two approaches: i) suitability of the cultivated fungus as the feed substrate to propagate the nematode species; ii) co-inoculation of the nematodes and fungus in cuttings of elm, ash, fir, spruce and pine. The control in the first series was the culture of the nematode species on the fungus Botrytis cinerea, and for the second test series the inoculation of nematodes without fungus. The nematode propagation indices were compared and host suitability of plants and fungi for nematode species were detected.*

Нематодозы наносят ущерб лесонасаждениям и подлежат мониторингу и мерам фитокарантина. Наиболее опасны трансмиссивные болезни, переносимые коро-едами и усачами. Жук переносит пропадаулы нематоды и гриба под надкрыльями и в трахеях. После трансмиссии жуком нематоды питаются тканями растения, а после смерти растения питаются мицелием грибов в мертвом дереве, используя колюще-сосущую стому. В зависимости от болезни и вида дерева, один из пары, нематода или гриб, служит настоящим патогеном, а второй – оппортунистом. Связи энтомохорных гриба и нематоды с переносчиком хорошо изучены (локализация,