

БИОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК 631. 51. 445. 4

РОЛЬ НЕМАТОД В ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ.

Е. В. Савкина

*КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова,
050060, Алматы, пр. Аль-Фараби, 75в.*

Обзорная статья посвящена вопросам роли почвенных нематод в экосистемах почвы, а также их роли как биоиндикаторов нарушения экосистем. В статье приводится современная экологическая классификация нематод. Пропорции между трофическими группами сообщества почвенных нематод различаются по экосистемам и сезонам. На них влияют различные факторы, включающие урожай и агротехнику.

ВВЕДЕНИЕ

Различные функции почв, их экология подвергаются разным формам разрушения под влиянием антропогенных факторов. Устойчивость почвенных экосистем к разрушениям зависит от их многофункциональности. Показателем разрушения почвенных экосистем является почвенная флора и фауна, отражающая повреждения экосистем. Такие нарушения, как предпосевная обработка, химические обработки, удобрения, пар и другие вызывают изменения в структуре мезо- и микрофауны почвы. Нематоды являются повсеместно распространенной многочисленной и разнообразной почвенной фауной от Арктики до песков пустынь. Даже в почвах, где редкая макрофауна, нематоды достаточно представлены и могут присутствовать в образце почвы во все сезоны в большом количестве видов, даже в замерзшем или обезвоженном состоянии. Нематоды – это микроскопические червеобразные организмы, которые обитают в плёнке воды между частичками почвы. Нематоды обычно многочисленны в верхних слоях почвы, где много органики и корней растений. Обилие нематод в почве составляет от 1 до 10 млн. особей на м² [1]. Почва является прекрасной средой обитания нематод. В 100 см³ почвы может содержаться сотни и тысячи нематод. Потому они так важны для сельского

хозяйства. Более изучены нематоды, паразитирующие в растениях, чем свободно живущие. Однако многие виды не паразитируют в растениях, а участвуют в разложении органического вещества почвы. Они относятся к свободно живущим нематодам и играют благоприятную роль в формировании почвенной среды. Их место обитания – увлажненная оболочка вокруг частиц почвы. Особенно много нематод обитает в ризосфере – почве вокруг корней растений. Они могут быть полезными как индикаторы почвенных условий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Почвенные нематоды являются круглыми червями типа *Nematodes*. Только 10 их отрядов встречаются в почве. Четыре отряда (*Rhabditida*, *Tylenchida*, *Aphelenchida*, и *Dorylaimida*) обычно многочисленны. До середины 1980 годов было описано более 15000 видов и 2200 родов нематод. Группа свободно - живущих нематод менее изучена, так как их идентификация затруднительна. Поэтому многие идентифицируют почвенных нематод до семейства или рода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Трофические группы нематод

В отечественной литературе фитонематологами часто используется классификация А.А. Парамонова [2], в которой он выделяет 5 трофических групп нематод в зависимости от характера потреб-

ляемого субстрата: эузапробионты, паразитобионты, деvisaпробионты, микогельминты, фитогельминты специфического и неспецифического патогенного эффекта. В последнее время в зарубежной литературе и литературе стран СНГ используется трофическая классификация Етеса [3], на которой основано определение индексов, характеризующих сообщество нематод. В этой классифика-

ции также выделены нематоды, питающиеся бактериями, грибами, паразиты растений и всеядные. Нематоды классифицированы по различию питания, а также структуре их глотки и пищевода (рисунок 1). В последних работах ряда ученых СНГ принято деление на следующие группы: бактериотрофы, микотрофы, ассоциированные с растениями, паразиты растений, политрофы [4].

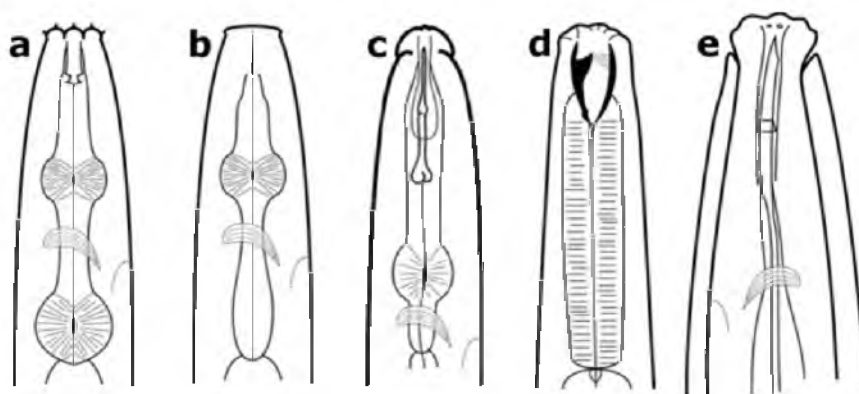


Рисунок 1 - (а) бактериотрофы, (b) микотрофы, (с) фитотрофы, (d) хищники, (е) политрофы.

Потребители растений, фитотрофы. Это хорошо изученные растительноядные паразиты. Они питаются на корнях растений, прокалывая ткани корня, и высасывают содержимое клеток. Ротовая полость имеет стилет, который используется для прокалывания клеток во время питания (рисунок 1с). Эндопаразиты проникают в корни и могут жить и питаться внутри них. Эктопаразиты остаются в почве и питаются на поверхности корней. Эта группа включает много видов отряда Tylenchida, некоторые роды отрядов Aphelenchida и Dorylaimida. Незначительное количество нематод фитотрофов приносят огромный вред урожаям растений по всему миру. Вредоносность нематод паразитов растений зависит от многих факторов, таких как вида и устойчивости растений, типа почвы, севооборотов, плотности

нематод и других. Например, севообороты могут значительно уменьшить плотность и вредоносность популяций растительноядных нематод.

Потребители бактерий, бактериотрофы. Многие виды свободноживущих нематод питаются только бактериями, которые всегда обильны в почве. У этих нематод «рот» или стома похожа на широкую трубу для заглатывания бактерий (рисунок 1а). Эта группа включает отряд Rhabditida, реже – другие отряды. Эти нематоды участвуют в разложении органики.

Потребители грибов, микотрофы. Эта группа питается грибами и использует свой стилет для прокалывания гифы гриба (рисунок 1b). К ним относятся многие представители отряда Aphelenchida. Они играют важную роль в разложении органического вещества. Наряду с бакте-

риофагами они участвуют в минерализации почвы, в круговоротах веществ, возвращая питание растениям.

Хищники. Эти нематоды питаются почвенными нематодами и другими животными меньшего размера. Они поедают растительноядных и свободноживущих нематод, мелких простейших. Имеют крупную стому со склеротизированными онхами (рисунок 1d). Отряд *Mononchida* является преимущественно хищниками, хотя некоторые хищники встречаются в отряде *Dorylaimida* и других отрядах. По сравнению с другими группами нематод хищники немногочисленны, но встречаются в большинстве почв. Хищные нематоды представляют интерес как регуляторы популяций бактериотрофов, микотрофов и паразитов растений.

Политрофы. Пищевые особенности большинства нематод в почве специфичны: они питаются только бактериями, грибами или корнями растений. Имеют копьё для прокалывания клеток растений (рисунок 1e). Некоторые виды нематод могут питаться более чем одним видом пищи. Некоторые всеядные могут быть хищниками при отсутствии их характерного питания. Представители отряда *Dorylaimida* могут питаться грибами, водорослями и другими животными. Некоторые нематоды мало изучены, пищевые особенности некоторых из них неизвестны.

Значение нематод в почвенных экосистемах.

Нематоды выполняют множество различных функций в почвенных экосистемах, являются звеньями пищевых цепей и участвуют в минерализации почвы. Они участвуют в переводе органических веществ в неорганические, которые растения могут усваивать. Например, бактериотрофы употребляют азот в форме

протеинов и азот, содержащийся в тканях бактерий, и переводят излишки азота в форму аммония, который усваивается растениями. Косвенно нематоды участвуют в циклах разложения органики на пастбищах [5].

Почвенные нематоды, в особенности бактериотрофы и микотрофы, могут способствовать поддержке необходимого уровня усваиваемого растениями азота в агроценозах при внесении органических удобрений [6]. Бактериотрофы потребляют азот в форме протеинов, содержащихся в тканях бактерий, и превращают его в форму аммония, который усваивается растениями. Косвенно нематоды усиливают разложение в пастбищных цепях питания, способствуют омоложению старых бактериальных и грибных колоний. При отсутствии такого звена в цепи питания, как нематоды и простейшие, вещества могут оставаться в неусвоенной для растений форме бактериальной и грибной биомасс. Нематоды составляют до 88 % микрофауны. А на их долю приходится 10-15 % дыхания почвенных организмов [7]. Увеличение количества углерода в почве способствует активизации почвенных нематод, потребляющих углерод.

Бактериотрофы являются наиболее обильной группой в агроценозах. Их обилие зависит от популяции бактерий, которая изменяется в зависимости от нарушений почвы таких, как её обработки, способствующие разложению органического вещества и удобрения. Состав фауны нематод связан с составом микробного сообщества почвы. Уровень минерализации азота в почве выше, когда в ней присутствуют нематоды бактериотрофы. Таксоны *Rhabditis*, *Acroboloides* могут быть экологическими доминантами при высокой концентрации нитратов в почве [8], [9]. Способ-

ность бактериотрофов к минерализации азота в свою очередь, зависит от качества и количества органического вещества в почве. Например, минерализация с разложением органики происходит если отношение С : N ниже (20 частей С и 1 часть N), а когда соотношение С : N больше 30 уровень минерализации уменьшается, так как азот поглощается для питания микробов и переходит в их биомассу. А соотношение С : N от 10 до 18 может стимулировать рост бактерий и обилие нематод бактериотрофов и увеличение количества азота в почве, усвояемого растениями [5]. Нематоды, питающиеся грибами обильны в малонарушенных (notill) и естественных экосистемах с подходящими условиями для роста грибов. Микотрофы так же как и бактериотрофы способствуют накоплению азота и его усвоению растениями.

Нематоды как агенты биологического контроля

Одним из важных направлений является изучение почвенных нематод как биоиндикаторов почвенных экосистем. Наблюдается ряд изменений комплекса нематод в ответ на загрязнения и другие нарушения среды почвы [10]. Особенно чувствительны к нарушениям в экосистемах дорилаймиды, которые принадлежат к к-стратегам и относятся к подклассу Adenophorea [11]. Другие нематоды, такие как цефалобиды, рабдитиды, монхистериды, обладающие высокой репродуктивной способностью, относящиеся к подклассу Secernentia, обычно нечувствительны или мало чувствительны к загрязнениям, толерантны к ксенобиотикам. При изучении фауны водных и почвенных нематод при загрязнении целесообразно их разделить на Secernentia и Adenophorea. Показателем также процент всеядных нематод [12]. Изучение фаунистического состава

нематод, преобладания тех или иных таксономических групп может выявить такие нарушения почвенных экосистем, как применение минеральных и органических удобрений, обработка химическими препаратами, различные виды обработки почвы [13].

Индекс зрелости (MI) как показатель состояния экосистемы почвы

Индексы, характеризующие фауну нематод, отражают реальные изменения в сообществах при вариациях условий среды. Эколого-трофическое группирование нематод позволяет определить пути разложения органического вещества по активности участия бактериотрофов и микотрофов. Анализ нематод, связанных с растениями (фитотрофы), способствует лучшему пониманию взаимоотношений между почвенным растительным покровом и процессами, происходящими в почве. Более разнообразный растительный покров способствует качественному и количественному обогащению фауны нематод. Поэтому нематоды рассматриваются в настоящее время как биоиндикаторы почвенной экосистемы.

Показателем стабильности и продуктивности экосистем является биологический потенциал почвы, который показывает интенсивность и длительность деструкционных процессов [14]. Структура фауны почвенных животных и их биомасса могут использоваться и при изучении антропогенных воздействий на почвенные экосистемы [15], [16]. Показателем условий почвенной экосистемы, базирующимся на фаунистическом и количественном составе нематод является индекс зрелости (MI), предложенный Бонгерсом [17]. Он вычисляется на основе состава нематодных сообществ, включающих организмы с различными жизненными циклами и типами пита-

ния. Лесные почвы, имеющие наиболее разнообразный растительный покров имеют более высокое значение MI [4]. Почвенные нематоды имеют тесные пищевые связи с почвенными микроорганизмами, поэтому скорость минерализации и продуктивность микроорганизмов зависит от фауны нематод [12]. Почвенные нематоды и простейшие являются регуляторами микробных и грибных ассоциаций, изменяют круговорот питательных веществ и могут влиять на структуру почвы, так как они являются важным компонентом почвенной биоты [15], [9].

При его определении важным является соотношение между «колонизаторами» (с) и «сохраняющимися» (р). К «колонизаторам» (с) относятся нематоды, которые часто доминируют в образцах, имеют высокие плотности популяций, объёмные гонады, короткий жизненный цикл, и откладывают большое количество яиц. Они живут в разнообразных местообитаниях. Это характерно для г-стратегии, представителями которой являются виды семейств: *Rhabditidae*, *Cephalobidae*, *Plectidae*, *Panogrolaimidae*, *Diplogasteridae* [18].

С другой стороны - «сохраняющиеся» (р) имеют длинный жизненный цикл, маленькие гонады, мало потомства, низкие захватывающие способности. В основном, живут в местообитаниях с стабильными условиями и чувствительны к нарушениям. Они имеют незначительные колебания численности популяций в течение года и никогда не принадлежат к доминирующим видам в образце. К ним относятся виды семейств *Nycolaimidae*,

Discolaimidae и другие. Многие виды и семейства имеют средние характеристики. Для определения индекса зрелости предлагается шкала с – р для разных семейств и формула для определения индекса, включающая значения плотности таксонов [19]. Индекс зрелости своим наибольшим значением показывает более устойчивую экосистему [20]. Поэтому нематоды в настоящее время рассматриваются как биоиндикаторы почвенной экосистемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвообитающие нематоды могут классифицироваться согласно их пищевым особенностям. Эта классификация используется экологами для определения места нематод в почвенных пищевых сетях. В большинстве почв встречается несколько важных пищевых групп. Пищевые группы нематод называются многими авторами трофическими.

Нематоды выполняют множество разных функций в почвенных экосистемах, являются звеньями пищевых цепей и участвуют в минерализации почвы. Бактериотрофы являются наиболее обильной группой в агроценозах. Их обилие зависит от популяции бактерий, которая изменяется в зависимости от нарушений почвы таких, как её обработки, способствующие разложению органического вещества и удобрения.

Одним из важных направлений является изучение почвенных нематод как биоиндикаторов почвенных экосистем. Индексы, характеризующие фауну нематод, отражают реальные изменения в сообществах при вариациях условий среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peterson, H., and M. Luxton. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39: 1982. P. 287–388.
2. Парамонов А. А. Основы фитогельминтологии. Т. I. М.: 1962. 480 с.
3. Yeates GW, Bongers T, de Goede RGM, Freckman DW, Georgieva SS. Feeding habits in soil nematode families and genera- an outline for soil ecologists. *J. Nematol.* 25:1993. P. 315-331.
4. Груздева Л.И., Матвеева Е., М., Коваленко Т.Е. Фауна почвенных нематод различных типов леса заповедника «Кивач». //Тр. Карельского научного центра РАН вып. 10. Петрозаводск. 2006. С. 14-21.
5. McSorley R, Frederick JJ. Short-term effects of cattle grazing on nematode communities in Florida pastures. *Nematropica* 30. 2000. P. 211-221.
6. Ferris, H., R.C. Venette, H.R. van der Meulen, and S.S. Lau. Nitrogen mineralization by bacterial-feeding nematodes: Verification and measurement. *Plant and Soil* 203. 1998. P. 159–171.
7. Sohlenius B. A carbon budget for nematodes rotifers and tardigrades in a Swedish coniferous forest soil. *Holarctic Ecology*. Vol 2. 1980. P. 30-40.
8. Ettema C. H. Coleman D. C., Vellidis G, . Spatio temporal distributions of bacterivorous nematodes and soil resources in a restored riparian wetland// *Ecology*. Vol. 79. 1998. P. 2721-2734.
9. Sohlenius B., Bostrom AS, . Effects of global warming of nematode diversity in a Swedish tundra soil – a soil transplantation experiment. // *Nematology*. Vol. 1. № 7-8. 1999. P. 695-709.
10. Neher, D.A. Soil community composition and ecosystem processes: Comparing agricultural systems with natural ecosystems. *Agroforestry Systems* 45. 1999. P. 159–185.
11. Ferris, H., T. Bongers, and R. G. M. de Goede. . A framework for soil food web diagnostics: Extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18. 2001. P. 13–29.
12. Wasilewska, . Soil invertebrates as a bioindicators, with special referents to soil inhabiting nematodes // *Russian Journal of Nematology*. Vol. 5. 1997. P. 113-126.
13. Nahar, M.S., P.S. Grewal, S.A. Miller, D. Stinner, B.R. Stinner, M.D. Kleinhenz, A. Wszelaki, and D. Doohan. Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties. *Applied Soil Ecology* 34. 2006. P. 140–151.
14. Загуральская Л.М., Клейн Л. А., 1994. Некоторые параметры биологической активности почв и деструкции органического вещества в лесных экосистемах Карелии // Структурно-функциональная организация лесных почв среднетаёжной подзоны Карелии. Петрозаводск. Карельский НЦ. РАН. С. 75-91.
15. Griffiths, B.S., K. Ritz, and R.E. Wheatley. Nematodes as indicators of enhanced microbiological activity in a Scottish organic farming system. *Soil Use and Management*. 10. 1994. P. 20–24.
16. Криволицкий Д. А., Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука. 1994. 270 с.
17. Yeates GW, Bongers T, de Goede RGM, Freckman DW, Georgieva SS. Feeding habits in soil nematode families and genera- an outline for soil ecologists. *J. Nematol.* 25. 1993. P. 315-331.
18. Zullini, Peretty, Nematodes as indicators of river pollution. *Nematod Medit* 4.

1976. P. 13-22.

19. Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. // *Oecologia* 1990. 83 14-19.

20. Freckman, D.W., and C.H. Ettema. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 45. 1993. P. 239–261.

ТҮЙІН

Осы жалпы шолу мақаласы топырақ нематодтарының топырақ экожүйесіндегі қызметіне арналған. Мақалада нематодтардың осы таңдағы экологиялық жіктемесі келтірілген. Топырақ нематодтарының трофикалық топтар бірлестігінің ара қатынастары экожүйе мен жыл маусымдары бойынша ажыратылады. Бұларға әртүрлі факторлар солардың ішінде агротехника мен өнімділік әсер етеді.

SUMMARY

The review is devoted to the problem of the nematodes role in soil ecosystems and their role as indicators of disturbance. The ecological classification of soil nematodes are given in the article. The proportions of the different feeding groups in the soil nematode community vary between systems and seasons, and they are influenced by a variety of factors, including crop and soil management practices.