

Comunidades de Nematóides em Cerrado com Vegetação Original Preservada ou Substituída por Culturas. 1. Diversidade Trófica *

ALEXANDRE MOURA CINTRA GOULART^{1,2} &
LUIZ CARLOS CAMARGO BARBOSA FERRAZ^{1,3}

* Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

¹ Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ/USP, C.P. 9, 13418-900, Piracicaba, SP

² Bolsista da FAPESP; e-mail: amcgoulart@hotmail.com

³ Bolsista do CNPq

Recebido para publicação em 11/11/2002. Aceito em 04/11/2003

Resumo: Goulart, A.M.C. & L.C.C.B. Ferraz. 2003. Comunidades de nematóides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica.

Realizou-se estudo de comunidades de nematóides em três áreas situadas em São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil: área de vegetação nativa de cerrado, área originalmente de cerrado em que se estabeleceu cultura perene (goiabeira, *Psidium guajava* L.) e área de cerrado que há anos vem sendo cultivada com cultura anual (milho, *Zea mays* L.). Foram feitas duas amostragens (maio de 1999 e fevereiro de 2000) e em cada uma delas foram coletadas dez amostras compostas de solo + raízes em cada área. Após a extração de nematóides das amostras, foram realizadas identificações taxionômicas e contagens para determinação das densidades ou abundâncias de cada grupo trófico. Os nematóides foram classificados em fitoparasitos, micófagos, bacteriófagos, predadores e onívoros. Os dados foram analisados com base na abundância de grupos tróficos e nos índices de diversidade trófica, de diversidade de Shannon-Weaver, de equitabilidade, de maturidade, de maturidade modificada e de parasitos de plantas. A retirada da vegetação nativa de cerrado e a implantação dos cultivos de goiabeira e milho influenciaram as comunidades de nematóides nas áreas amostradas, resultando em redução na abundância relativa de nematóides predadores ou onívoros e menor diversidade trófica. Não foi possível detectar claramente predominância de nematóides colonizadores ou persistentes nas áreas estudadas.

Palavras-chave: comunidades, diversidade, nematóides, grupos tróficos, cerrado, goiabeira, *Psidium guajava*, milho, *Zea mays*.

Summary: Goulart, A.M.C. & L.C.C.B. Ferraz. 2003. Study of nematode communities in native and cultivated vegetation. 1. Trophic diversity.

A study of nematode communities was done in three areas in São Carlos, State of São Paulo, Brazil: native vegetation of "cerrado", original "cerrado" area that has been cropped with guava (perennial; *Psidium guajava* L.), and original "cerrado" area that has been cultivated with corn (annual; *Zea mays* L.). Two samplings were made (May of 1999 and February of 2000) and in each sampling ten composite samples of soil + roots were collected in each area. After nematode extraction, individuals were classified into taxonomic groups and counted for determination of densities or abundances of each trophic group. Nematodes were classified into five trophic groups: plant-parasitic, fungal feeding, bacteria feeding, predators and omnivorous. The data were analyzed taking account of the relative abundance of trophic groups and the index of trophic diversity, Shannon-Weaver's diversity index, index of maturity, modified index of maturity, and index of plant parasites. The replacement of the native vegetation of "cerrado" with guava and corn crops influenced nematode communities in the sampled areas, resulting in reduction in relative abundance of predators or omnivorous nematodes and in decreased trophic diversity. Maturity indices did not allow prevalence of "colonizer" or "persistent" nematodes to be detected in the studied areas.

Keywords: community, diversity, nematodes, trophic groups, Brazilian savannah, guava, *Psidium guajava*, corn, *Zea mays*.

Introdução

A biodiversidade ou diversidade biológica pode ser estudada do ponto de vista da diversidade trófica, que está relacionada com os hábitos alimentares dos organismos considerados (Freckman & Ettema, 1993). Os nematóides de solo podem ser classificados em diferentes grupos tróficos, como proposto por Yeates *et al.* (1993), sendo os principais: fitoparasitos (ou fitófagos), micófagos, bacteriófagos, predadores ou onívoros.

Alguns estudos de diversidade trófica de nematóides com amostragem em ecossistemas naturais e agroecossistemas já foram realizados no Brasil (Cares & Huang, 1991; Mattos, 1999), bem como e principalmente em outros países (Freckman & Ettema, 1993; Hánel, 1995; Bloemers *et al.*, 1997; Yeates & King, 1997; Valocká *et al.*, 2001).

O presente trabalho é um estudo sinecológico, sendo que as comunidades foram estudadas levando em consideração os nematóides presentes em amostras coletadas em três áreas situadas em São Carlos, Estado de São Paulo: uma de vegetação nativa de cerrado e duas originalmente de cerrado nas quais se estabeleceram cultivos de goiaba (perene) e milho (anual). O objetivo geral do trabalho foi o de contribuir ao conhecimento da diversidade trófica de nematóides em áreas de vegetação nativa e cultivada. Considerando que todas as áreas amostradas possuem mesmo tipo de solo e as culturas localizam-se sobre solo anteriormente coberto com a mesma vegetação de cerrado, o trabalho teve também o objetivo específico de estudar, comparativamente, a influência de atividades agrícolas na diversidade trófica das três comunidades de nematóides envolvidas.

Material e Métodos

Para o estudo, optou-se por três áreas no município de São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil, de latossolo vermelho-amarelo, uma com vegetação nativa de cerrado (*strictu sensu*) preservada, e as outras originalmente também de cerrado, mas na ocasião com cultura perene (goiabeira, *Psidium guajava* L.) ou anual (milho, *Zea mays* L.).

O pomar de goiabeira, da cultivar Paluma, no espaçamento 7m x 5m, tinha 10 anos, aproximadamente. Por muitos anos, após o desmatamento, a área tinha sido ocupada por pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Pennisetum purpureum* Schum.

A cultura anual era de milho (híbrido BR-201) para silagem, com irrigação (pivô central) do tipo complementar, isto é, com objetivo de suprir apenas a água suficiente ao cresci-

mento das plantas em eventuais períodos secos. O cultivo vinha sendo repetido há 10 anos, sucedendo pastagem de *B. decumbens*. Após sete anos de cultivo exclusivo de milho, nos últimos três anos, ao lado do milho como cultura principal, a área vinha sendo também cultivada com aveia (*Avena sativa* L.) no inverno e soja (*Glycine max* Merr.) ou adubos verdes (principalmente *Crotalaria juncea* L.) na entressafra.

A primeira amostragem foi realizada em 19 a 21 de maio de 1999 e a segunda em 13 a 15 de fevereiro de 2000. Cada área foi delimitada em 1ha, coletando-se 10 amostras de solo + raízes em cada amostragem. Cada amostra foi composta de três subamostras e constituída de 2000cm³ de solo da rizosfera e 20g de raízes. No caso de vegetação arbórea, as amostras foram retiradas de pontos próximos à linha de projeção da copa, onde as raízes mais jovens e ativas podem ser encontradas. Em cada ponto de coleta, foram tomadas amostras na faixa de profundidade de 0-30cm, com enxadão. Na primeira amostragem, a cultura de milho estava com 90 dias após a semeadura (fase de maturação fisiológica ou ponto de silagem) e, na segunda, com 45 dias após a semeadura (fase de crescimento vegetativo). Na área de cultivo de milho, foi realizada rotação com *Crotalaria spectabilis* L. no período entre a primeira e a segunda amostragem.

Para a extração dos nematóides, foram utilizados os métodos de Jenkins (1964) e de Coolen & D'Herde (1972) para solo ou raízes, respectivamente. Após a extração, os exemplares foram mortos por aquecimento gradual até 65°C e fixados em formalina 2% ou em glicerina (Hooper, 1986), sendo então iniciado o trabalho de identificações taxionômicas.

Foram obtidos dados quantitativos de cada táxon de nematóide, por contagem em câmara de Peters, sob microscópio óptico. Tal contagem foi realizada em alíquotas de 50% das suspensões obtidas após as extrações. Os nematóides identificados foram classificados quanto ao grupo trófico em fitoparasitos, bacteriófagos, micófagos, predadores ou onívoros (Yeates *et al.*, 1993), determinando-se as abundâncias relativas (%) dos nematóides de cada um desses grupos. Foram determinados vários outros valores de uso corrente em estudos sobre comunidades de nematóides, sumariados por Goulart (2003), a saber: índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'); índice de equitabilidade de Shannon-Weaver (J'); índice de diversidade trófica (T); índice de maturidade (IM); índice de parasitos de plantas (IPP); e o índice de maturidade modificado (IMm).

Resultados e Discussão

As abundâncias relativas (%) de nematóides de cada um dos hábitos alimentares considerados, para as três áreas estu-

dadas e duas épocas de amostragem estão apresentadas na Figura 1. Houve maior abundância relativa de nematóides predadores e onívoros na área de cerrado, em relação às áreas cultivadas, com diferenças estatisticamente significativas nas duas amostragens realizadas. Nematóides predadores e onívoros, por ocuparem níveis superiores nas cadeias alimentares do solo, têm sido associados a comunidades maduras (clímax) e considerados relativamente mais sensíveis a mudanças ambientais, inclusive aquelas devidas à implantação de cultivos agrícolas (Wasilewska, 1997; Niles & Freckman, 1998; Yeates, 1999).

As abundâncias relativas de nematóides predadores foram superiores em cerrado, em relação às áreas cultivadas, nas

duas épocas consideradas, porém com diferença estatisticamente significativa apenas entre cerrado e milho na segunda amostragem. No caso de nematóides onívoros, foram superiores em cerrado frente às áreas cultivadas, nas duas épocas consideradas, com diferenças estatisticamente significativas, exceto na comparação entre cerrado e milho na segunda amostragem. Mattos (1999), em trabalho realizado na região do Distrito Federal, obteve maiores abundâncias relativas de nematóides onívoros em áreas de vegetação nativa de cerrado em relação a áreas cultivadas; porém, no caso das abundâncias relativas de nematóides predadores, as diferenças não foram estatisticamente significativas.

No caso dos nematóides fitoparasitos, foram sempre infe-

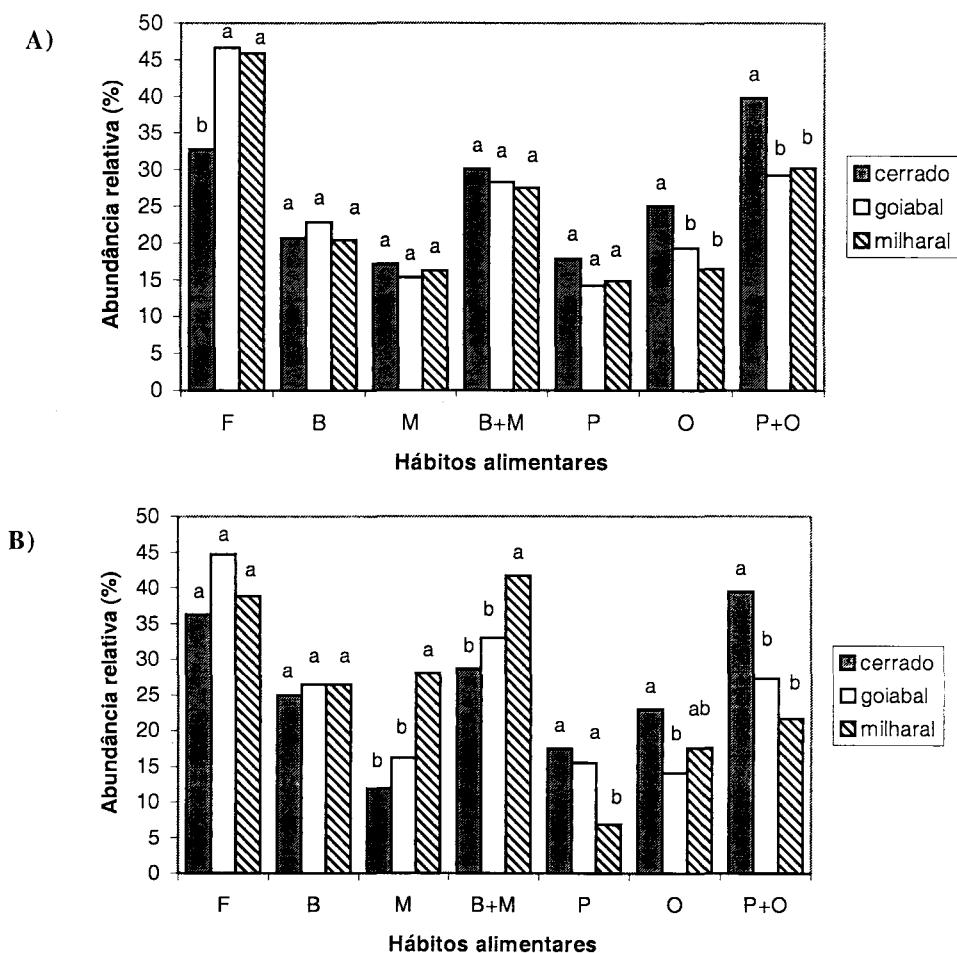


Figura 1. Abundâncias relativas (%) dos nematóides fitoparasitos (F), bacteriófagos (B), micófagos (M), bacteriófago ou micófago (B+M), predador (P), onívoro (O), predador ou onívoro (P+O), nas áreas de amostragem em São Carlos, SP (médias de 10 amostras de solo para cada área). Letras distintas em cada grupo trófico indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan a 5%, com dados transformados para $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$. A) amostragem em maio de 1999; B) amostragem em fevereiro de 2000.

riores no cerrado em relação às áreas cultivadas, mas com diferenças significativas somente na primeira amostragem. Muitos estresses ou distúrbios ambientais resultam em aumento na abundância de nematóides fitoparasitos (Niles & Freckman, 1998). Monoculturas tendem a favorecer determinados grupos de fitonematóides, que se tornam mais abundantes com a transformação de ecossistema natural para agroecossistema (Ferris & Ferris, 1974; Wasilewska, 1997; Yeates, 1999). Contudo, Mattos (1999) não obteve diferenças significativas nas abundâncias relativas de nematóides fitoparasitos entre áreas de vegetação nativa e de cultura de milho e, quando foram comparadas as áreas de vegetação nativa com áreas de café, eucalipto e tomate, as abundâncias de fitonematóides foram maiores em vegetação nativa. Há outros relatos em que se obtiveram maiores abundâncias de nematóides fitoparasitos em vegetação nativa frente a áreas cultivadas (Yeates & King, 1997; Valocká *et al.*, 2001). Hánel (1995), em trabalho realizado na República Tcheca, obteve maior abundância de fitonematóides em área de cultura de batata, em relação a uma área de floresta, mas não em relação a uma área de campina natural.

A respeito dos nematóides microbiófagos (bacteriófagos + micófagos), não houve diferenças significativas entre as abundâncias relativas na primeira amostragem. Por outro lado, na segunda, nematóides micófagos e microbiófagos, em geral, apresentaram maiores abundâncias em milharal, com diferenças estatisticamente significativas, em relação às outras áreas. Nematóides microbiófagos têm sido apontados como aqueles que em geral apresentam maiores variações sazonais em suas abundâncias relativas (Ferris & Ferris, 1974; Wasilewska, 1997). Esses nematóides ocupam níveis inferiores em cadeias alimentares no solo, podendo ter suas abundâncias elevadas sob condições de distúrbio ambiental, em especial ligados a atividades agrícolas (Wasilewska, 1997; Niles & Freckman, 1998). A maior abundância de nematóides microbiófagos, na área de milharal, na segunda amostragem, estatisticamente significativa, deveu-se, ao que tudo indica, à participação dos micófagos. Quando foi feita essa amostragem, as plantas encontravam-se em crescimento vegetativo, fase na qual são realizadas adubações de cobertura, e segundo Wasilewska (1997), aumento ocasional, mas expressivo, na abundância de nematóides micófagos pode ocorrer devido a maior acidez do solo, decorrente do uso de adubos minerais. Diferentemente, na primeira amostragem, as plantas estavam em final de ciclo, próximas à senescência.

Os índices de diversidade trófica (T) estão apresentados na Tabela 1. Os resultados mostraram maior diversidade na comunidade de vegetação nativa, em relação às áreas cultivadas. Entre estas, a maior diversidade foi observada no

milharal. Os maiores valores de T no cerrado podem ser explicados pelas características, no geral apresentadas pelas áreas de vegetação nativa, que são, principalmente, maior diversidade em relação a espécies de plantas e ambiente, maior quantidade de matéria orgânica no solo e menores níveis de intervenção humana e de mudanças ambientais. Nessas condições, as comunidades de nematóides no solo, usualmente, apresentam-se maduras (clímax) ou encontram-se em fases mais avançadas da sucessão ecológica, o que significa, entre outros aspectos, que diferentes grupos tróficos são favorecidos (Niles & Freckman, 1998). A diversidade trófica, como a diversidade taxionômica, também pode ser considerada uma medida da diversidade biológica na comunidade; portanto, a maior diversidade de nematóides que se espera encontrar em ecossistemas naturais também se aplica aos grupos tróficos e não somente aos taxionômicos (Freckman & Ettema, 1993).

Para os índices maiores determinados no milharal que no goiabal, uma possível explicação estaria nos manejos diferentes adotados nessas duas áreas, principalmente o uso de irrigação no milharal. Altas correlações positivas já foram verificadas entre precipitação pluviométrica e abundâncias de nematóides de diferentes grupos tróficos, sugerindo que maior umidade do solo, dentro de determinados limites, favorece nematóides dos mais variados hábitos alimentares e, portanto, geralmente resulta em maior diversidade trófica (McSorley, 1997).

Em outros estudos semelhantes, nos quais também foi utilizado o índice de diversidade trófica, os autores afirmaram que esse índice não foi eficiente para distinguir as diferentes áreas ou ecossistemas estudados (Freckman & Ettema, 1993; Mattos, 1999).

Na tabela 2, constam os índices de diversidade (H' e J'), de maturidade (IM e IMm) e de parasitos de plantas (IPP) determinados. Tanto para H' como J' , os valores foram ligeiramente superiores na vegetação nativa de cerrado em relação às áreas de culturas, em concordância com relatos anteriores congêneres (Freckman & Ettema, 1993; Hánel, 1995; Yeates & King, 1997; Mattos, 1999). Provavelmente, diferenças mais claras pudessem ter sido obtidas se todos os nematóides tivessem sido identificados até gênero e os índices fossem calculados com base nesse nível, e não ao de família, como realizado. Com referência a IM, IMm e IPP, verificou-se que os valores para o cerrado foram pouco maiores que os das áreas de culturas, exceto num único caso (IM, no milharal, primeira amostragem); entre as duas áreas cultivadas, não houve superioridade constante de uma sobre outra. No geral, considerando-se os valores das duas amostragens ou a média deles, para as três áreas, observou-se que os índices situaram-se bem próximos de 3. Tais índices variam de 1 a 5, sabendo-se que os próximos de 1 indicam predominância de nematóides

ditos “colonizadores”, característicos de ambientes modificados (= agroecossistemas), enquanto os mais próximos de 5 relacionam-se à prevalência de “persistentes”, típicos de ambientes estáveis, pouco sujeitos a distúrbios (ecossistemas naturais). Portanto, em vista dos resultados, não foi possível detectar clara predominância de nematóides colonizadores ou persistentes nas áreas estudadas. Mattos (1999), comparando áreas de vegetação nativa e cultivadas no Brasil Central, também não encontrou diferenças consistentes entre elas quanto aos índices de maturidade, exceto para uma cultura de tomate, que se caracterizou bem como agroecossistema, diferenciando-se das demais por índices bem mais baixos. Bloemers *et al.* (1997) avaliaram o impacto de mudanças ambientais, principalmente decorrentes de implantação de agricultura, sobre uma floresta da República dos Camarões, África. Não observaram reduções nos índices de maturidade

Tabela 1. Índices de diversidade trófica (T) das comunidades de nematóides nas áreas de amostragem em São Carlos, SP (médias de 10 amostras de solo para área e época de amostragem, com amplitudes de variação de acordo com o erro padrão da média).

| Áreas | T | |
|----------|------------------|------------------|
| | Maio/1999 | Fevereiro/2000 |
| Cerrado | 3,77 (3,42-4,12) | 3,96 (3,69-4,23) |
| Goiabal | 2,44 (2,16-2,72) | 2,94 (2,59-3,29) |
| Milharal | 3,15 (2,89-3,41) | 3,21 (2,98-3,46) |

Tabela 2. Índices de diversidade de Shannon-Weaver* (H'), índices de equitabilidade* (J'), índices de maturidade (IM), índices de parasitos de plantas (IPP) e índices de maturidade modificados (IMm) das comunidades nematológicas nas áreas estudadas (amostragens em maio de 1999 e fevereiro de 2000; médias de 10 amostras para cada área e época de amostragem).

| | H' | | J' | | IM | | IPP | | IMm | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1999 | 2000 | 1999 | 2000 | 1999 | 2000 | 1999 | 2000 | 1999 | 2000 |
| Cerrado | 0,84 | 0,85 | 0,81 | 0,77 | 3,40 | 3,53 | 2,95 | 3,11 | 3,37 | 3,36 |
| Goiabal | 0,74 | 0,81 | 0,69 | 0,77 | 3,24 | 3,00 | 3,06 | 3,23 | 3,20 | 3,15 |
| Milharal | 0,84 | 0,82 | 0,71 | 0,68 | 3,46 | 2,83 | 2,99 | 2,99 | 3,23 | 2,92 |

* : calculados com base na diversidade de famílias de nematóides.

com as crescentes modificações, o que julgaram surpreendente, comentando haver necessidade de maior número de estudos para que tais índices possam ser melhor utilizados e interpretados sob condições tropicais, uma vez que foram desenvolvidos originalmente para condições de clima temperado. Em outros trabalhos realizados sob condições de clima temperado ou subtropical, utilizando os índices de maturidade, não ocorreram diferenças consistentes entre áreas de vegetação nativa e de culturas (Freckman & Ettema, 1993; Hánel, 1995) ou índices maiores foram observados em vegetação nativa, relativamente às áreas cultivadas (Yeates & King, 1997; Valocká *et al.*, 2001).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Cássio van den Berg (Kew Garden, Reino Unido) e ao Dr. Alexander Turra (Universidade Estadual de Campinas) pela colaboração na análise de dados ecológicos.

Literatura Citada

- BLOEMERS, G.F.; M. HODDA, M.; P.J.D. LAMBSHEAD; J.H. LAWTON & F.R. WANLESS. 1997. The effects of forest disturbance on diversity of tropical soil nematodes. *Oecologia*, 111(4):575-582.
- COOLEN, W.A. & C.J. D'HERDE. 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. State Nematology and Entomology Research Station, Ghent, 77p.

- FERRIS, V.R. & J.M. FERRIS. 1974. Inter-relationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. *Agro-ecosystems*, 1(4):275-299.
- FRECKMAN, D.W. & C.H. ETTEMA 1993. Assessing nematode communities in agro-ecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 45(3-4):239-261.
- GOULART, A.M.C. 2003. Diversidade de nematóides em áreas de vegetação nativa e cultivada em São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil. Piracicaba, 150p. Tese (Doutorado) – ESALQ/ Universidade de São Paulo.
- HÁNEL, L. 1995. Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. *Nematologica*, 41(2):197-218.
- HOOPER, D.J. 1986. Handling, fixing, staining and moulting nematodes. In: SOUTHEY, J.F. (ed.) *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, p.59-80.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, 48(9):692.
- MATTOS, J.K.A. 1999. Caracterização das comunidades de nematóides em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil Central. Brasília, 113p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.
- MCSORLEY, R. 1997. Relationship of crop and rainfall to soil nematode community structure in perennial agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 6(2):147-159.
- NILES, R.K. & D.W. FRECKMAN. 1998. From the ground up: nematode ecology in bio-assessment and ecosystem health. In: BARTELS, J.M. (ed.) *Plant and nematode interactions*. ASA/CSSA/SSSA, Madison, cap.4, p.65-85.
- VALOCKÁ, B.; M. SABOVÁ & M. RENCO. 2001. Soil and plant nematode communities of two types of ecosystems. *Helminthologia*, 38(2):105-109.
- WASILEWSKA, L. 1997. Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soil-inhabiting nematodes. *Russian Journal of Nematology*, 5(2):113-126.
- YEATES, G.W. 1999. Effects of plants on nematode community structure. *Annual Review of Phytopathology*, 37:127-149.
- YEATES, G.W. & K.L. KING. 1997. Soil nematodes as indicators of the effect of management on grasslands in the New England Tablelands (NSW): comparison of native and improved grasslands. *Pedobiologia*, 41(6):526-536.
- YEATES, G.W.; T. BONGERS; R.G.M. DE GOEDE; D.W. FRECKMAN & S.S. GEORGIEVA. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25(3):315-331.