

RESEARCH/INVESTIGACIÓN

SUSCETIBILIDADE DE CULTURAS DE INVERNO A *PRATYLENCHUS BRACHYURUS* E ATIVIDADE SOBRE A POPULAÇÃO DO NEMATOIDE NA CULTURA DO MILHO

Fernando M. Chiamolera^{1*}, Cláudia R. Dias-Arieira¹, Eliezer R. de Souto², Fábio Biela¹, Tatiana Pagan L. da Cunha³, Simone de Melo Santana¹ and Heriksen H. Puerari¹

¹State University of Maringá, Umuarama Regional Câmpus, Department of Agriculture, Umuarama, PR, Brazil; ²State University of Maringá, Department of Agriculture, Maringá, PR, Brazil; ³State University Paulista, Department Plant Production, Jaboticabal, SP, Brazil; *Corresponding author: chiamolera@hotmail.com

ABSTRACT

Chiamolera, F. M., C. R. Dias-Arieira, E. R. Souto, F. Biela, T. P. L. Cunha, S. M. Santana, and H. H. Puerari. 2012. Susceptibility of winter crops to *Pratylenchus brachyurus* and effect on the nematode population in the maize crop. *Nematologica* 42:267-275.

The aim of this study was to evaluate the susceptibility of winter crops to *Pratylenchus brachyurus* and their effect on the population of phytonematodes in the maize. To study the effect of the plants on nematodes, an experiment was set up in sandy, naturally-infested soil. The area was divided into strips, consisting of six blocks of 16 treatments, with eight winter treatments, subdivided on the basis of the fertilizer used (organic: bird litter, and synthetic: NPK). The initial nematode population was determined by sampling the soil (100 cm³) and weeds (10 g of root). The winter treatments put in place (bristle oats, chickpea, vetch bean, common bean, oilseed radish, wheat, intercropped bristle oats + oilseed radish and fallow), and the nematode population determined 100 days after sowing. Subsequently, two maize crops (summer and short season) were planted, and the nematode population in the soil and roots determined during crop full bloom. To evaluate the susceptibility of winter crops to nematodes, an experiment was conducted under controlled conditions, determining the nematode reproduction factor (RF) in the treatments described above. Both in the field and under controlled conditions, it was observed that the bristle oats, oilseed radish and intercropped oats + oilseed radish exhibited lower reproduction rates for *P. brachyurus*. In the field, lower population of nematodes was observed with the application of bird litter. Under controlled conditions, the highest RF were observed in the fallow plot and under common bean and chickpea, in that order.

Key words: bristle oats, chickpea, vetch bean, bean, oilseed radish, wheat, management, root-lesion nematode.

RESUMEN

Chiamolera, F. M., C. R. Dias-Arieira, E. R. Souto, F. Biela, T. P. L. Cunha, S. M. Santana e H. H. Puerari. 2012. Suscetibilidade de culturas de inverno a *Pratylenchus brachyurus* e atividade sobre a população do nematoide na cultura do milho. *Nematologica* 42:267-275.

O trabalho teve como objetivos avaliar a suscetibilidade de culturas de inverno a *Pratylenchus brachyurus* e atividade das mesmas sobre a população do nematoide no milho. Um experimento foi instalado em área com solo arenoso e naturalmente infestado, sendo conduzido em faixas, constituído de seis blocos, composto por 16 tratamentos, sendo oito tratamentos de inverno, subdivididos por duas fontes de adubação (orgânica: cama de frango, e sintética: NPK). A população inicial de nematoides foi determinada pela amostragem do solo (100 cm³) e de plantas daninhas (10 g de raiz). Em seguida, foram implantados os tratamentos de inverno (aveia-preta, chícharo, ervilhaca, feijoeiro comum, nabo forrageiro, trigo, consórcio aveia-preta + nabo forrageiro e pousio), nos quais a população de nematoides foi determinada 100 dias após a semeadura. Posteriormente, foram realizados dois cultivos de milho (safra verão e safrinha), sendo a população e o fator de reprodução (FR) de nematoides no solo e nas raízes determinados durante o florescimento da cultura. Para avaliar a suscetibilidade das espécies de inverno ao nematoide, foi realizado um experimento em condições controladas, determinando-se o FR do nematoide nos mesmos tratamentos citados anteriormente. No campo, menores populações de fitonematoides foram observadas com aplicação de cama de frango. Em condições de campo e controladas, aveia-preta, nabo forrageiro e o consórcio aveia-preta + nabo forrageiro possibilitaram a menor reprodução de *P. brachyurus*. Em condições controladas, os maiores FR ocorreram em pousio, feijoeiro e chícharo, e a campo, em pousio, trigo e ervilhaca.

Palabras clave: aveia-preta, chícharo, ervilhaca, feijoeiro, nabo forrageiro, trigo, manejo, nematoide das lesões radiculares.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho (*Zea mays* L.) ocupou na safra 2010/2011 uma área de 13,81 milhões de hectares, alcançando produção de 57,41 milhões de toneladas de grãos (Conab, 2012). A expansão e a tecnificação da cultura tem revelado que os nematoides são responsáveis por prejuízos antes atribuídos a outras causas, quando recebiam pouca atenção por parte dos produtores (Lordello e Lordello, 2012).

O milho é a principal espécie utilizada em programas de rotação de culturas, especialmente com a soja [*Glycine max* (L.) Merril.], com o objetivo de reduzir o nível populacional dos nematoides das galhas (*Meloidogyne Goeldi*) (Asmus *et al.*, 2000), e do nematoide do cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) (Casela *et al.*, 2006). Entretanto, diversos trabalhos têm demonstrado que esta estratégia de manejo possibilitou o aumento de *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev e Sch. Stekhoven, 1941 em diversas áreas (Dickson e McSorley, 1990; Gallaher *et al.*, 1991; McSorley e Gallaher, 1992; Inomoto, 2010; Inomoto *et al.*, 2011), figurando atualmente entre os nematoides de maior importância econômica na agricultura. Perdas de produção causadas por nematoides do gênero *Pratylenchus* no milho foram estimadas entre 12 a 38% nos Estados Unidos (Tarté e Martinez, 1971; Barker, 1978), 28,5% na Nigéria (Egunjobi, 1974) e 50% no Quênia (Kimenju *et al.*, 1998).

O controle desse fitonematoide é complexo e requer a adoção de práticas integradas. O uso de cultivares resistentes é visto como uma das principais estratégias para o manejo, no entanto, ainda há carência no mercado de materiais com esta característica genética (Dias-Arieira e Chiamolera, 2011). Outra importante estratégia para o manejo integrado de nematoides é o tratamento de sementes, porém, os trabalhos com este enfoque ainda são preliminares em relação ao milho. Assim, a rotação de culturas com plantas não hospedeiras ou antagonistas deve ser vista como uma das principais alternativas para este fim, pois, além de promover a redução nas populações destes organismos, contribui para a melhoria das características gerais do solo (Anselmi, 2009).

Diversos autores apontam algumas leguminosas tropicais como altamente eficientes no controle de fitonematoides, como as crotalárias, mucunas, feijão de porco e guandu (Rodríguez-Kábana *et al.*, 1992; Silveira e Rava, 2004; Obici *et al.*, 2011; Santana *et al.*, 2012). Porém, no Brasil, os adubos verdes, por serem cultivados principalmente na primavera e no verão, dificultam o cultivo subsequente de culturas anuais de interesse comercial no mesmo ano (Inomoto *et al.*, 2006a). Como alternativa, pode-se empregar culturas de inverno no manejo de fitonematoides, contudo, há uma lacuna de pesquisas avaliando o potencial dessas plantas, especialmente em condições de campo. Assim, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a suscetibilidade de culturas de inverno a *P. brachyurus* e

o efeito dessas plantas sobre a população do nematoide em solo arenoso naturalmente infestado.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento no campo

O experimento foi conduzido no período de abril de 2010 a julho de 2011, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, em Umuarama (23°47'25"S; 53°15'32"W; 405 m de altitude), região noroeste do Estado do Paraná. O solo é do tipo ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, com textura arenosa e as condições térmicas durante o período experimental foram de 21,5°C (média absoluta), com 27,7°C de média máxima e 16,8°C de média mínima, tendo precipitação total de 2.089 mm.

A área experimental apresentava-se naturalmente infestada com *P. brachyurus*. O experimento foi instalado em 1.404 m² (65,00 × 21,60 m), conduzido em faixas (Split-Block), constituído de seis blocos, sendo cada bloco composto por 16 tratamentos: seis culturas de inverno, consórcio e pousio, subdividas por duas fontes de adubação, totalizando 96 unidades experimentais de 13,50 m² cada.

Antes da implantação do experimento, em abril de 2010, determinou-se a população inicial (Pi) de fitonematoides, por meio da coleta de solo na camada 5-30 cm de profundidade. Cada amostra foi composta por quatro subamostras, provenientes de cada unidade experimental. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Maringá, Câmpus Regional de Umuarama, onde os fitonematoides foram extraídos de 100 cm³ de solo, por meio da metodologia proposta por Jenkins (1964), bem como do sistema radicular de plantas daninhas ocorrentes na área [*Euphorbia heterophylla* L., *Brachiaria decumbens* Stapf, *Cenchrus echinatus* L., *Digitaria horizontalis* Willd., *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubb., *Setaria geniculata* P. Beauv., *Bidens pilosa* L. e *Phyllanthus tenellus* Roxb.], de acordo com a metodologia de Coolen e D'Herde (1972). Após as extrações, o material obtido foi avaliado sob microscópio óptico, em lâmina de Peters, determinando-se os gêneros e o número médio de espécimes presentes em cada amostra.

Posteriormente, procedeu-se o manejo das plantas daninhas da área experimental por meio de capina manual e realizou-se a semeadura das culturas de inverno: aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb.) cv. IAPAR 61 Ibiporã, chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. IPR 139, nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) cv. IPR 116 e trigo (*Triticum aestivum* L.) cv. CD 117. Completaram os oito tratamentos o consórcio aveia-preta + nabo forrageiro e pousio.

Na semeadura adotaram-se dois sistemas de adubação: cama de frango [(aveia-preta, nabo forrageiro,

consórcio aveia-preta + nabo forrageiro e trigo = 5.500 kg ha⁻¹); (feijoeiro comum e pousio = 5.200 kg ha⁻¹); (chícharo e ervilhaca = 5.000 kg ha⁻¹) e formulado comercial 04-28-16 (N-P₂O₅-K₂O) [(aveia-preta, nabo forrageiro, consórcio aveia-preta + nabo forrageiro e trigo = 750 kg ha⁻¹); (feijoeiro comum e pousio = 700 kg ha⁻¹); (chícharo e ervilhaca = 600 kg ha⁻¹)], com base na interpretação da análise química da fertilidade do solo. Durante o período de permanência das espécies no campo, foram efetuadas duas capinas mecânicas manuais, para o controle de plantas daninhas, exceto no tratamento pousio.

Após 100 dias da sementeira, realizou-se a segunda avaliação da população de nematoides, por meio da coleta de quatro amostras compostas por quatro subamostras de solo e raízes retiradas ao acaso dentro de cada unidade experimental. Os nematoides foram extraídos de 100 cm³ de solo e 10 g de raiz e foram avaliados conforme metodologias descritas anteriormente.

Subseqüentes ao cultivo das espécies de inverno foram realizados dois cultivos sucessivos de milho. A sementeira da primeira e segunda safra ocorreu em outubro de 2010 e fevereiro de 2011, respectivamente, uma semana após o manejo das plantas daninhas da área, realizado por meio de roçada tratorizada. O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390PRO, espaçado 0,90 m entre fileiras e densidade esperada de 65 mil plantas ha⁻¹.

A adubação de base para as duas safras foi realizada seguindo os mesmos critérios adotados no cultivo das espécies de inverno, baseadas na análise química da fertilidade do solo, com a aplicação individual de 4.000 kg ha⁻¹ de cama de frango e 650 kg ha⁻¹ do formulado comercial 04-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), em seus respectivos tratamentos. As subparcelas em que foi aplicado o formulado comercial receberam a aplicação de nitrogênio (110 kg ha⁻¹) na forma de uréia, em cobertura com três parcelamentos, quando as plantas encontravam-se nos estádios fenológicos V₃, V₇ e V₁₁, de acordo com a escala proposta por Ritchie *et al.* (1993), aos 15; 34 e 50 dias após a emergência, respectivamente. Após cada aplicação de uréia, a área experimental foi irrigada.

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com duas capinas mecânicas manuais, aos 18 e 39 dias após a emergência. Não se realizou o controle de inseto-praga e doenças durante os dois ciclos de cultivo do milho. Durante o período de execução do experimento, as plantas foram irrigadas por sistema de aspersão nos períodos de déficit hídrico.

No período do florescimento pleno, nos dois ciclos (safra e safrinha), foram coletadas quatro amostras compostas por quatro subamostras de solo e raiz, para extração dos nematoides, seguindo as metodologias já citadas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância por teste F e as médias dos tratamentos comparadas por teste Tukey a 5%, por meio do programa estatístico Agroestat (Barbosa e

Maldonado, 2011). Para as populações do nematoide oriundas de cada avaliação, foi determinado o fator de reprodução (FR= Pf/Pi) (Oostenbrink, 1966), sendo Pf (população final) o número de nematoides obtido nas avaliações das culturas de inverno, milho safra e safrinha, e a população inicial (Pi) a mesma determinada no início do experimento.

Experimento em casa de vegetação

Para o experimento em casa de vegetação utilizou-se solo naturalmente infestado com *P. brachyurus* obtido de área de cultivo de soja, no município de Umuarama, PR. Inicialmente o solo foi depositado em vasos com 1 L de capacidade e procedeu-se a sementeira do milho, que, após a emergência, foi mantido por 60 dias, possibilitando a multiplicação dos nematoides. Posteriormente, todo o solo e as raízes (previamente cortadas em pedaços de 2-3 cm) foram homogeneizados e oito amostras de solo e raízes, compostas por quatro subamostras, foram coletadas para determinar a população inicial. Em seguida, o solo foi novamente depositado nos vasos e realizou-se a sementeira das culturas de inverno citadas anteriormente, além do consórcio aveia-preta + nabo forrageiro, milho híbrido DKB 390PRO e pousio. Sessenta dias após a emergência, a parte aérea foi descartada e retirou-se, de cada vaso, 100 cm³ de solo, bem como o sistema radicular, os quais foram submetidos às metodologias já mencionadas, para determinar a população final dos fitonematoides e os fatores de reprodução.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância por teste F e as médias dos tratamentos comparadas por teste Tukey a 5%, por meio do programa estatístico Agroestat (Barbosa e Maldonado Junior, 2011).

RESULTADOS

Experimento de campo

A população inicial de *P. brachyurus* no solo não estava distribuída homogeneamente na área, visto que houve diferença significativa entre fontes de adubação e interação culturas de inverno × fontes de adubação (Tabela 1). Mesmo havendo interação entre os fatores estudados, não se procedeu ao desdobramento da mesma, por este ser o levantamento inicial da população do nematoide, não havendo efeito das culturas de inverno ou das fontes de adubação, já que estes fatores não estavam presentes.

Na avaliação realizada no florescimento das culturas de inverno, notou-se que a população do referido parasito, apresentou o mesmo comportamento observado junto à população inicial, enquanto que, no milho safra verão, não foi observado efeito em nenhum dos fatores analisados. Os resultados obtidos durante o cultivo do milho safrinha pronunciaram o efeito das culturas de inverno sobre a população de *P. brachyurus*

Tabela 1. População inicial (Pi) de *Pratylenchus brachyurus* em 100 cm³ de solo; população e fator de reprodução (FR) do nematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) em Umuarama-PR, ano agrícola 2010/2011.

Culturas de inverno (CI)	Pi ^(w)	Ci ^(w)	FR ^(x)	Mv ^(w)	FR ^(y)	Ms ^(w)	FR ^(z)
Aveia + nabo forrageiro	715 a	32 a	0,07	12 a	0,09	246 bc	0,80
Aveia-preta	617 a	9 a	0,06	12 a	0,05	177 bc	0,47
Chícharo	473 a	58 a	0,16	17 a	0,15	296 bc	1,95
Ervilhaca	255 a	39 a	0,08	18 a	0,09	262 bc	3,19
Feijoeiro	513 a	48 a	0,09	20 a	0,12	292 abc	1,51
Nabo forrageiro	370 a	36 a	0,14	28 a	0,06	108 c	0,82
Pousio	713 a	9 a	0,05	24 a	0,18	532 ab	2,81
Trigo	765 a	52 a	0,23	21 a	0,11	931 a	2,10
Teste F	0,64 ^{ns}	1,21 ^{ns}		1,66 ^{ns}		6,42 ^{**}	
C. V. (%)	39,24	55,86		25,69		14,17	
Fontes de adubação (FA)							
Orgânica	525 b	34 b	0,11	22 a	0,10	364 a	1,61
Química	581 a	37 a	0,12	15 a	0,12	347 a	1,80
Teste F	706,52 ^{**}	39,02 ^{**}		1,72 ^{ns}		0,34 ^{ns}	
C. V. (%)	0,30	1,25		42,89		16,85	
Teste F (CI × FA)	132,64 ^{**}	9,45 ^{**}		0,56 ^{ns}		0,84 ^{ns}	
C. V. (%)	0,28	1,28		32,17		11,69	

^(w)Dados originais; para análise, os dados foram transformados para log (x+5). Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si por teste Tukey a 5%. C. V.: coeficiente de variação (%); ** e n.s. = significativo a 1% e não significativo a 5%, respectivamente. ^(x)FR = Ci/Pi; ^(y)FR = Mv/Pi; ^(z)FR = Ms/Pi (Oostenbrink, 1966).

Tabela 2. Desdobramento da interação culturas de inverno × fontes de adubação referente à população de *Pratylenchus brachyurus* em 100 cm³ de solo no florescimento pleno das culturas de inverno em Umuarama-PR, ano agrícola 2010/2011.

Culturas de inverno	Fontes de adubação		Teste F
	Orgânica ^(x)	Química ^(x)	
Aveia + nabo forrageiro	34 a A	31 a B	10,31 ^{**}
Aveia-preta	8 a A	9 a A	2,73 ^{ns}
Chícharo	56 a B	60 a A	4,83*
Ervilhaca	38 a B	40 a A	4,23*
Feijoeiro	46 a B	50 a A	5,45*
Nabo forrageiro	34 a B	39 a A	7,16*
Pousio	8 a A	10 a A	1,95 ^{ns}
Trigo	52 a B	58 a A	67,30 ^{**}
Teste F	1,16 ^{ns}	1,27 ^{ns}	

^(x)Dados originais; para análise, os dados foram transformados para log (x+5). Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si por teste Tukey a 5%. **, * e n.s. = significativo 1%, 5% e não significativo a 5%, respectivamente.

no solo, com destaque para o tratamento antecedido por nabo forrageiro, que apresentou a menor população do nematoide (não diferiu do consórcio aveia-preta + nabo forrageiro, aveia-preta, chícharo, ervilhaca e feijoeiro), enquanto que as sucessões com pousio ou trigo apresentaram as populações mais elevadas (Tabela 1).

Quando a população final de *P. brachyurus* no solo no milho safrinha foi comparada à inicial, observou-se que os maiores FR foram para o milho cultivado após ervilhaca, pousio, trigo, chícharo e feijoeiro comum, todos superiores a um. Por outro lado, os menores FR foram obtidos no milho precedido de aveia-preta, nabo forrageiro e o consórcio entre estas culturas (Tabela 1).

Após o cultivo das espécies de inverno, verificou-se diferença significativa apenas para fontes de adubação dentro das culturas de inverno, exceto aveia-preta e pousio, quando realizado o desdobramento da interação culturas de inverno × fontes de adubação. A adubação orgânica mostrou-se mais eficiente do que a química em quatro das sete culturas estudadas e menos eficiente em uma (aveia + nabo forrageiro) (Tabela 2).

A análise da população inicial de *P. brachyurus* no sistema radicular de plantas daninhas presentes na área experimental confirmou a heterogeneidade da população do patógeno, fato observado por meio da diferença entre fontes de adubação e pela interação entre os fatores ter sido significativa (Tabela 3). Porém, não se procedeu ao desdobramento da interação culturas de inverno × fontes de adubação, pois os tratamentos não haviam sido aplicados em suas respectivas unidades experimentais, não havendo efeito destes.

Durante o cultivo das espécies de inverno não foi observada diferença entre os tratamentos. O milho safra verão antecedido por chícharo apresentou a menor população em relação à sucessão com ervilhaca (aproximadamente 1.500 espécimes), mas não diferiu de nenhum outro tratamento. No milho safrinha foi observado efeito somente entre as fontes de adubação frente à população do nematoide, tendo a fonte orgânica, apresentado a população 43,56% menor em relação à adubação química. Quando a população final de *P. brachyurus* nas raízes foi comparada à inicial, os resultados foram semelhantes ao observado no solo, com FR > 1 no milho antecedido por pousio, ervilhaca, trigo e chícharo. Os menores FR também foram obtidos na sucessão com aveia-preta, nabo forrageiro e o consórcio entre ambas as espécies (Tabela 3).

O nematoide *Helicotylenchus* spp. também foi encontrado na área experimental, contudo, durante o período em que o trabalho foi conduzido, não se observou efeito significativo das culturas de inverno e das fontes de adubação sobre a população do mesmo no solo em nenhuma das avaliações realizadas (dados não apresentados). A população inicial de *Meloidogyne* spp. encontrava-se baixa na área e declinou durante o período experimental, chegando a zero nas últimas análises, mas não houve efeito significativo dos fatores estudados dentro de cada época de avaliação.

Experimento em casa de vegetação

No experimento conduzido em casa de vegetação, todas as culturas avaliadas mostraram-se suscetíveis à *P. brachyurus*, porém, os tratamentos aveia + nabo forrageiro, nabo forrageiro e aveia preta, apresentaram os menores fatores de reprodução, entre 1,04 e 1,11, enquanto que no milho (tratamento controle) o fator de reprodução foi 6,33. Dos tratamentos utilizados no inverno, maiores fatores de reprodução do nematoide foram no chícharo, feijoeiro comum e pousio, com valores entre 3,95 e 5,29 (Tabela 4).

DISCUSSÃO

A diferença na população inicial de *P. brachyurus* no solo (Tabela 1) demonstrou que o nematoide não estava distribuído homogênea na área, característica deste patógeno observada a campo por meio da ocorrência de reboleiras (Inomoto, 2010; Santos, 2011).

Nas culturas de inverno, a população de *P. brachyurus* no solo (Tabela 1) e no sistema radicular (Tabela 3) apresentaram resultado estatístico semelhante ao observado na população inicial. Mesmo que os resultados obtidos no experimento conduzido em casa de vegetação (Tabela 4) tenham mostrado que as culturas estudadas foram suscetíveis ao parasito, concordando com os estudos de Inomoto *et al.* (2006b), Goulart (2008) e Borges *et al.* (2010), deve-se ressaltar que o cultivo de aveia-preta, nabo forrageiro e o consórcio entre ambas as espécies, proporcionaram os menores fatores de reprodução de *P. brachyurus*. O trabalho realizado por Inomoto *et al.* (2006b) também mostrou que o nabo forrageiro e a aveia-preta apresentaram baixos fatores de reprodução quando comparados ao milho. Por outro lado, chícharo e pousio apresentaram as maiores populações do nematoide, tendo este panorama seguido até o milho safrinha. Tal resultado é importante, pois mostra que, mesmo em condições desfavoráveis ao nematoide (baixas temperaturas), algumas espécies cultivadas propiciam a manutenção da população do nematoide, com efeito nas culturas subsequentes.

No desdobramento da interação culturas de inverno × fontes de adubação referente à população de *P. brachyurus* no solo no florescimento das espécies de inverno (Tabela 2), houve significância para fontes de adubação, mas não entre culturas de inverno, fato atribuído à elevada variância dos valores absolutos das repetições em cada tratamento. A aplicação da cama de frango contribuiu para a redução da população de *P. brachyurus*, principalmente no solo, conforme observado por outros pesquisadores (Campos e Campos, 1996; Riegel *et al.*, 1996). O mecanismo de ação da matéria orgânica na supressão de fitonematoides tem sido atribuído, na maioria das vezes, à melhoria da estrutura dos solos, que inclui mudanças no pH, umidade e em propriedades químicas e físicas do

Tabela 3. População inicial (Pi) de *Pratylenchus brachyurus* em 10 g de raízes de plantas daninhas; população e fator de reprodução (FR) do nematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) em Umuarama-PR, ano agrícola 2010/2011.

Culturas de inverno (CI)	Pi ^(w)	Ci ^(w)	FR ^(x)	Mv ^(w)	FR ^(y)	Ms ^(w)	FR ^(z)
Aveia + nabo forrageiro	9.173 a	498 a	0,07	2.070 ab	0,48	5.059 a	0,50
Aveia-preta	11.546 a	717 a	0,10	1.100 ab	0,21	5.077 a	0,24
Chícharo	19.079 a	6.600 a	0,51	688 b	0,04	7.651 a	1,20
Ervilhaca	23.520 a	3.960 a	0,79	2.219 a	0,61	6.410 a	1,62
Feijoeiro	16.000 a	3.024 a	0,31	1.356 ab	0,19	6.760 a	0,60
Nabo forrageiro	5.412 a	427 a	0,09	1.765 ab	0,35	5.017 a	0,45
Pousio	40.445 a	7.525 a	0,83	1.631 ab	0,15	9.282 a	2,06
Trigo	16.875 a	1.391 a	0,08	2.200 ab	0,13	6.697 a	1,46
Teste F	1,09 ^{ns}	1,49 ^{ns}		2,44 ^{**}		0,83 ^{ns}	
C. V. (%)	15,92	64,63		16,37		9,82	
Fontes de adubação (FA)							
Orgânica	16.568 b	2.955 a	0,47	1.712 a	0,27	4.578 b	0,79
Química	18.945 a	2.960 a	0,52	1.546 a	0,28	8.111 a	1,31
Teste F	77x10 ^{6**}	3,22 ^{ns}		0,00 ^{ns}		8,68*	
C. V. (%)	0,001	1,66		14,02		10,44	
Teste F (CI × FA)	29x10 ^{5**}	0,75 ^{ns}		0,84 ^{ns}		0,28 ^{ns}	
C. V. (%)	0,001	1,97		11,87		5,86	

^(w) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para log (x+5); Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, por teste Tukey a 5%. C. V.: coeficiente de variação (%); **, * e n.s. = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5%, respectivamente. ^(x) FR = Ci/Pi; ^(y) FR = Mv/Pi; ^(z) FR = Ms/Pi (Oostenbrink, 1966).

Tabela 4. População inicial (Pi) (solo e raiz) de *Pratylenchus brachyurus* em milho cultivado por 60 dias; população após 60 dias de cultivo das espécies de inverno (Pf) (solo e raiz) e fator de reprodução (FR) do nematoide, em solo arenoso, naturalmente infestado. Umuarama, Estado do Paraná, 2011.

Culturas de inverno	Pi	Pf ^(y)	FR ^(x)
Milho DKB 390PRO	12.890	81.594 a	6,33
Aveia + nabo forrageiro	12.890	13.406 g	1,11
Aveia-preta	12.890	14.308 g	1,04
Chícharo	12.890	50.915 d	3,95
Ervilhaca	12.890	37.123 e	2,88
Feijoeiro	12.890	53.880 c	4,18
Nabo forrageiro	12.890	13.792 g	1,07
Pousio	12.890	68.188 b	5,29
Trigo	12.890	29.131 f	2,26

^(y) Teste F = 1.990^{**} (significativo a 1%); DMS = 2.679; C. V. (%) = 2,79; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, por teste Tukey a 5%; ^(x) FR = Pf/Pi (Oostenbrink, 1966).

solo, resultando em maior aeração, capacidade de retenção de água, melhoria na nutrição das plantas ou no desenvolvimento de microrganismos que competem com os nematoides fitoparasitas, por meio da liberação de nutrientes à planta, aumento da população de predadores ou de microrganismos parasitas existentes no solo, ou por meio da liberação de metabólitos tóxicos, como compostos fenólicos, devido à sua decomposição (Ritzinger e Fancelli, 2006). Dessa forma, a cultura pode tolerar a presença dos fitoparasitas sem apresentar queda acentuada de produção (McSorley e Gallaher, 1995; McSorley, 1998; Bridge, 2000).

Além do efeito das culturas de inverno e da adubação orgânica, possivelmente a temperatura mais amena ocorrida entre os meses de maio e agosto [19,0 °C (média absoluta); 25,2°C (média máxima); 14,1°C (média mínima)], pode ter contribuído para a redução da população do patógeno. Temperaturas entre 17 e 19°C são pouco favoráveis aos fitonematoides, sendo que em temperaturas extremas, próximas a 10°C ocorre decréscimo da população do patógeno (Inomoto, 2008). Em condições de baixa temperatura, o nematoide pode formar cristais de gelo e ter suas membranas ou organelas destruídas (Ritzinger *et al.*, 2010). Além disso, diante de condições ambientais desfavoráveis, os fitonematoides podem prolongar sua sobrevivência por meio de mecanismos como dormência e diapausa, ou sobreviver em estado de quiescência temporária (Ritzinger *et al.*, 2010). Em função da elevação da temperatura, a partir de setembro, associada ao cultivo de milho, o qual se mostrou suscetível a *P. brachyurus* (Tabela 4), houve aumento da população do nematoide, pois se trata de uma espécie característica de culturas de clima tropical (McSorley, 1992).

Os baixos fatores de reprodução, menores que um, de aveia-preta e nabo forrageiro (Tabelas 1 e 3) reforçam os resultados de Inomoto *et al.* (2006b) e Borges *et al.* (2010), sendo classificadas como hospedeiras desfavoráveis a *P. brachyurus*, porém ocasionalmente podem causar pequeno aumento populacional do nematoide (Tabela 4). As demais espécies avaliadas neste trabalho são relatadas quanto à reação frente a *P. brachyurus*, mas carecem de informações quanto ao FR (McSorley e Dickson, 1989; Mani *et al.*, 1997).

A população de *Meloidogyne* spp., que já era baixa no início do experimento, chegou a zero durante o período de cultivo do milho safrinha. Um dos fatores que pode ter contribuído para isto é a competição entre populações de nematoides, visto que, quando a população inicial de *Pratylenchus* spp. é maior do que a de *Meloidogyne* spp., pode ocorrer a inibição desta (Herman *et al.*, 1988; Ferraz, 1995; Dias-Arieira *et al.*, 2010).

O trabalho permitiu concluir que aveia-preta, nabo forrageiro e consórcio aveia + nabo forrageiro promoveram menor reprodução de *P. brachyurus* em condições controladas. Menores populações de

nematoides também foram observadas nas culturas que receberam adubação orgânica, por meio da aplicação de cama de frango.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o CNPq pelo auxílio financeiro para a execução do projeto e a CAPES, pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor. Ao Engenheiro Agrônomo José Junior Severino pelo auxílio na condução e avaliação dos experimentos. Aos professores, Dr. José Carlos Barbosa e Dra. Juliana Parisotto Poletine pelo auxílio na análise estatística e interpretação dos resultados.

LITERATURA CITADA

- Anselmi, R. 2009. Palha, rotação e adubos verdes integram manejo sustentável. *Jornal Cana* 33-42.
- Asmus, G. L., L. C. C. B. Ferraz, and B. Appezzato-da-Glória. 2000. Alterações anatômicas em raízes de milho (*Zea mays* L.) parasitadas por *Meloidogyne javanica*. *Nematropica* 30:33-39.
- Barbosa, J. C., and W. Maldonado Junior. 2011. AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Versão 1.1.0.694.
- Barker, K. R. 1978. How we learned to find and fight corn nematodes in the South. In *Midwest Corn Nematodes Conference*, Springfield. Proceedings. Springfield, FMC Corporation, 67-69.
- Borges, D. C., A. C. Z. Machado, and M. M. Inomoto. 2010. Reação de aveias a *Pratylenchus brachyurus*. *Tropical Plant Pathology* 35:178-181.
- Bridge, J. 2000. Keynote: Nematodes of bananas and plantains in Africa: research trends and management strategies relating to the small scale farmer. *Acta Horticulturae* 540:391-408.
- Campos, H. D., and V. P. Campos. 1996. Efeito do tipo de matéria orgânica e da época e forma de aplicação dos fungos *Arthrobotrys conoides*, *Arthrobotrys musiformis*, *Paecilomyces lilacinus* e *Verticillium chlamyosporium* no controle de *Meloidogyne incognita* raça 2 no feijoeiro. *Summa Phytopatologica* 22:168-171.
- Casela, C. R., A. S. Ferreira, and N. F. J. A. Pinto. 2006. Doenças na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 14 p. (Circular Técnica, 83).
- Conab. 2012. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho/2011. Brasília: Conab. 20-22.
- Coolen, W. A., and C. J. D'Herde. 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. *State Agriculture Research Center: Ghent, Belgium*. 77 p.

- Dias-Arieira, C. R., and F. M. Chiamolera. 2011. Cresce a incidência de nematoides em milho e soja. *Revista Campo & Negócios* 97:18-21.
- Dias-Arieira, C. R., S. M. Santana, J. O. Arieira, R. C. F. Ribeiro, and L. B. S. Volk. 2010. Efeito do carbofurano na população de nematoides e no rendimento da cana-de-açúcar em solos arenosos do Paraná. *Nematologia Brasileira* 34:118-122.
- Dickson, D. W., and R. McSorley. 1990. Interaction of three plant-parasitic nematodes on corn and soybean. *Journal of Nematology* 22:783-791.
- Egunjobi, O. A. 1974. Nematodes and maize growth in Nigeria. I. Population dynamics of *Pratylenchus brachyurus* in and about the roots of maize and its effects on maize production at Ibadan. *Nematologica* 20:181-186.
- Ferraz, L. C. C. B. 1995. Interação entre *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne javanica* em soja. *Scientia Agricola* 52:306-309.
- Gallaher, R. N., R. McSorley, and D. W. Dickson. 1991. Nematode densities associated with corn and sorghum cropping systems in Florida. *Journal of Nematology* 23:668-672.
- Goulart, A. M. C. 2008. Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*). Planaltina: Embrapa Cerrados. 30 p. (Documentos, 219).
- Herman, M., R. S. Hussey, and H. R. Boerma. 1988. Interactions between *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus* on soybean. *Journal of Nematology* 20:79-85.
- Inomoto, M. M. 2008. Nematoides na sucessão milho: cultivo deve ser planejado com cuidado. *Batata Show* 21:36-39.
- Inomoto, M. M. 2010. Nematoides da soja. *Boletim Passarela da Soja*. 2:11.
- Inomoto, M. M., K. M. S. Siqueira, and A. C. Z. Machado. 2011. Sucessão de cultura sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. *Tropical Plant Pathology* 36:178-185.
- Inomoto, M. M., L. C. C. Motta, A. C. Z. Machado, and C. S. S. Sasaki. 2006b. Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. *Nematologia Brasileira* 30:151-157.
- Inomoto, M. M., L. C. C. Motta, D. B. Beluti, and A. C. Z. Machado. 2006a. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. *Nematologia Brasileira* 30:39-44.
- Jenkins, W. R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692.
- Kimenju, J. W., S. W. Waudu, A. W. Mwang-Ombe, R. A. Sikora, and R. P. Schuster. 1998. Distribution of lesion nematodes associated with maize in Kenya and susceptibility of maize cultivars to *Pratylenchus zae*. *African Crop Science Journal* 6:367-375.
- Lordello, A. I. L., and Lordello, R. R. A. 2012. Nematoides. Disponível em: <<http://www.zeamays.com.br/nematoides/index.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2012.
- Mani, A., M. S. Al Hinai, and Z. A. Handoo. 1997. Occurrence, population density, and distribution of root-lesion nematodes, *Pratylenchus* spp., in the Sultanate of Oman. *Nematropica* 27:209-219.
- McSorley, R. 1992. Nematological problems in tropical and subtropical fruit tree crops. *Nematropica* 22:103-116.
- McSorley, R. 1998. Alternative practices for managing plant-parasitic nematodes. *American Journal of Alternative Agriculture* 13:98-104.
- McSorley, R., and D. W. Dickson. 1989. Nematode population density increase on cover crops of rye and vetch. *Nematropica* 19:39-51.
- McSorley, R., and R. N. Gallaher. 1992. Comparison of nematode population densities on six summer crops at seven sites in North Florida. *Journal of Nematology* 24:699-706.
- McSorley, R., and R. N. Gallaher. 1995. Cultural practices improve crop tolerance to nematodes. *Nematropica* 25:53-60.
- Obici, L. V., C. R. Dias-Arieira, E. S. Klosowski, L. F. Fontana, T. P. L. Cunha, S. M. Santana, F. Biela. 2011. Efeito de plantas leguminosas sobre *Pratylenchus zae* e *Helicotylenchus dihystera* em solos naturalmente infestados. *Nematropica* 41:215-222.
- Oostenbrink, R. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededeelingen der Landbouw-Hoogeschool. Wageningen* 66:1-46.
- Riegel, C., F. A. Fernandez, and J. P. Noe. 1996. *Meloidogyne incognita* infested soil amended with chicken litter. *Journal of Nematology* 28:369-378.
- Ritchie, S. W., J. J. Hanway, and G. O. Benson. 1993. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 26 p. (Special Report, 48).
- Ritzinger, C. H. S. P., and M. Fancelli. 2006. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28:331-338.
- Ritzinger, C. H. S. P., M. Fancelli, and R. Ritzinger. 2010. Nematoides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32:1289-1296.
- Rodríguez-Kábana, R., J. Pinochet, D. G. Robertson, and L. Wells. 1992. Crop rotation studies with velvet bean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. *Journal of Nematology* 24:662-668.
- Santana, S. M., C. R. Dias-Arieira, F. Biela, T. P. L.

- Cunha, F. M., Chiamolera, H. H., Puerari, and L. F. Fontana. 2012. Manejo de *Pratylenchus zae* por plantas antagonistas, em solos de áreas de cultivo de cana-de-açúcar. *Nematropica* 42:63-71.
- Santos, J. M. 2011. O manejo de nematoides em soja na agricultura sustentável. *Boletim Passarela da Soja*. 3:8.
- Silveira, P. M., and C. A. Rava. 2004. Utilização de crotalária no controle de nematoides da raiz do feijoeiro. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2 p. (Comunicado Técnico, 74).
- Tarté, R., and R. Martinez. 1971. Determinación de perdidas ocasionadas por el nemátodo *Pratylenchus zae* em los rendimientos del maíz. Panamá, Facultad de Agronomía de La Universidad de Panamá, p. 35-44. (Boletim 1).

Received:

23/III/2012

Accepted for publication:

19/VII/2012

Recibido:

Aceptado para publicación: