

RESEARCH/INVESTIGACIÓN

OCORRÊNCIA DE NEMATOIDES E PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO E MILHO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE CULTIVO SOB PLANTIO DIRETO

Tatiana Pagan Loeiro da Cunha^{1*}, Fábio Luiz Checchio Mingotte¹, Fernando Marcelo Chiamolera¹, Antonio Carlos de Almeida Carmeis Filho², Pedro Luiz Martins Soares³, Leandro Borges Lemos¹ e Alaiane Regina Vendramini⁴

¹ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Univ. Estadual Paulista, *Campus* de Jaboticabal, Depto. de Produção Vegetal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal/SP, 14884-900, Brasil; ² Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP - Univ. Estadual Paulista, *Campus* de Botucatu, Depto. de Agricultura, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu/SP, 18610-307, Brasil; ³ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Univ. Estadual Paulista, *Campus* de Jaboticabal, Depto. de Fitossanidade, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal/SP, 14884-900, Brasil; ⁴ Faculdade de Tecnologia - FATEC, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal/SP, 14884-900, Brasil. *Autor para correspondência: tatiana.pagan@hotmail.com

ABSTRACT

Cunha, T. P. L., F. L. C. Mingotte, F. M. Chiamolera, A. C. A. Carmeis Filho, P. L. M. Soares, L. B. Lemos, and A. R. Vendramini. 2015. Occurrence of nematodes and yield of common bean and maize as a function of cropping systems under no-tillage. *Nematropica* 45:34-42.

Nematodes are responsible for significant damage and yield suppression to common bean and maize. A possible strategy for more efficient management of these pathogens is crop rotation with non-host or nematode-antagonistic plants. The choice of plants to be used in the management of nematodes depends on knowledge of the nematode species that are present in a field and their level of infestation. The aim of this research was to evaluate the occurrence and population density of nematodes and common bean and maize yield in cultivation systems that also included *Urochloa ruziziensis*. The experiment was installed in a site that was naturally infested with nematodes and conducted for three years under no-tillage. The treatments consisted of cropping systems for production of straw, with maize alone, maize intercropped with *U. ruziziensis*, and *U. ruziziensis* alone (summer 2011/2012), alternating with two harvests of common bean (spring 2011 and 2012). The population of nematodes was determined from soil and roots about 80 d after sowing common bean (first and second harvests), and 104 days after sowing maize and *U. ruziziensis*. Common bean and maize yields were determined by threshing pods and ears contained in the entire plots. The cropping systems that included maize tended to favor population increase of *Pratylenchus brachyurus* and *Meloidogyne incognita* and lower yield of common bean. Cultivation of *U. ruziziensis* alone lowered the population density of *P. brachyurus* and *M. incognita*, maintaining higher common bean yield. The cultivation of maize alone or intercropping of maize and *U. ruziziensis* reduced the population of *R. reniformis*. Therefore, the inclusion of antagonistic and (or) poor host plants was necessary in these cropping systems to reduce populations of nematodes and maximize the common bean and maize yield.

Key words: *Meloidogyne incognita*, *Phaseolus vulgaris*, *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*.

RESUMO

Cunha, T. P. L., F. L. C. Mingotte, F. M. Chiamolera, A. C. A. Carmeis Filho, P. L. M. Soares, L. B. Lemos e A. R. Vendramini. 2015. Ocorrência de nematoides e produtividade de feijoeiro e milho em função de sistemas de cultivo sob plantio direto. *Nematropica* 45:34-42.

Os nematoides são responsáveis por danos significativos à produtividade de feijoeiro e milho, e, entre as estratégias de manejo mais eficientes desses patógenos, está a rotação de culturas com plantas má hospedeiras e, ou antagonistas. A escolha das plantas a serem utilizadas no manejo de nematoides depende do conhecimento das espécies presentes e do nível de infestação da área. O objetivo, neste trabalho, foi avaliar a ocorrência de nematoides e a produtividade de feijoeiro e milho, em função dos sistemas de cultivo para produção de palha sob plantio direto, e a sustentabilidade desses sistemas de sucessão de culturas. O experimento foi instalado em solo naturalmente infestado com nematoides, cultivado há três anos sob o sistema plantio direto. Os tratamentos

foram constituídos por sistemas de cultivo para produção de palha, com ‘milho exclusivo’, consórcio ‘milho + *U. ruziziensis*’ e ‘*U. ruziziensis* exclusiva’ (verão 2011/2012), intercalando duas safras de feijoeiro (primavera 2011 e 2012). A população de nematoides foi determinada cerca de 80 dias após a semeadura do feijoeiro (primeira e segunda safras) e aos 104 dias após a semeadura do milho e de *U. ruziziensis*, pela amostragem de solo e raízes. As produtividades do feijoeiro e do milho foram determinadas na colheita das plantas, com a debulha das vagens e espigas contidas na área útil de cada parcela. Os sistemas de cultivo com milho tendem à insuficiência para o manejo sustentável de *P. brachyurus* e *M. incognita*. O milho favoreceu o aumento populacional *P. brachyurus* e *M. incognita*, culminando na queda da produtividade de feijoeiro. O cultivo exclusivo de *U. ruziziensis* reduziu a infestação de *P. brachyurus* e *M. incognita*, mantendo a produtividade de feijoeiro semelhante. O cultivo exclusivo ou consorciado de milho e *U. ruziziensis* reduziu a população de *R. reniformis*. Portanto, a inclusão de plantas antagonistas e, ou má hospedeiras, nesses sistemas de cultivo, é necessária para reduzir as populações de nematoides e maximizar as produtividades de feijoeiro e de milho.

Palavras-chave: *Meloidogyne incognita*, *Phaseolus vulgaris*, *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

Ações voltadas para a agricultura visando o uso e manejo sustentáveis dos recursos naturais, como práticas conservacionistas do solo, aumentaram nas últimas décadas. O sistema plantio direto e a rotação de culturas são manejos que mantêm os resíduos vegetais na superfície, elevam os teores de matéria orgânica, melhorando as condições químicas, físicas e biológicas do solo (Oka, 2010; Karlen *et al.*, 2013). Outro benefício, envolvendo a associação entre plantio direto e rotação de culturas é o incremento na produtividade de espécies de importância econômica, como o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), o milho (*Zea mays* L.), a soja [*Glycine max* (L.) Merr.] e o trigo (*Triticum aestivum* L.), quando incluídas plantas para adubação verde nos sistemas de rotação (Thierfelder *et al.*, 2012; Thompson *et al.*, 2012; Zotarelli *et al.*, 2012).

A adoção dessas estratégias contribui para reduzir o potencial de infecção de fitopatógenos, como os nematoides, por causa da decomposição dos resíduos culturais e da mineralização da matéria orgânica, com alterações qualitativas na microflora do solo, que favorecem o desenvolvimento de micro-organismos antagonísticos (Dong *et al.*, 2013). A rotação de culturas com plantas má hospedeiras e, ou antagonistas é uma das práticas mais eficientes para o manejo de nematoides fitoparasitas, pois promovem a redução das populações e podem ser utilizadas como adubos verdes (Carneiro *et al.*, 2006; Dias-Arieira *et al.*, 2009; Obici *et al.*, 2011; Chiamolera *et al.*, 2012; Santana *et al.*, 2012; Gardiano *et al.*, 2014).

Algumas das espécies com dupla aptidão são as braquiárias [gênero *Urochloa*; sinonímia *Brachiaria* (Trin.) Griseb.], em que, sua resistência a *Meloidogyne* spp. pode ocorrer pela inibição da

penetração, envolvendo, aparentemente, o efeito tóxico dos exsudados sobre os J2 (juvenis de segundo estágio) na rizosfera, além do hospedeiro não reconhecer o elicitador, introduzido em seus tecidos pelo nematoide (Campos *et al.*, 2006). Além do manejo de *Meloidogyne* spp., em áreas que adotam o sistema integração lavoura-pecuária, alguns atributos encontrados em *Urochloa ruziziensis* (German & Evrard) Crins podem ser destacados, como, a tolerância a elevadas temperaturas, seu fácil estabelecimento, elevada produção de fitomassa e formação de poucas touceiras, facilitando seu manejo (Pacheco *et al.*, 2011).

No entanto, apesar da rotação de culturas ser eficaz no manejo de nematoides, é necessário conhecer as populações, os níveis de infestação e a reação das plantas a serem utilizadas. Isso decorre, principalmente, de que, o uso de uma determinada planta para reduzir a população de uma espécie de nematoide pode favorecer outra espécie presente na área (Santana *et al.*, 2012; Gardiano *et al.*, 2014).

Entre as plantas de importância econômica, o milho é a principal espécie utilizada em sucessão e, ou rotação de culturas, especialmente com a soja e com o feijoeiro. Além de gerar renda para a manutenção dos custos da propriedade, tem como objetivo a redução do nível populacional do nematoide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinoe) e do nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira). Porém, esta estratégia de manejo possibilitou o aumento populacional de *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Schuurmans Stekhoven em diversas áreas, figurando, atualmente, entre os nematoides de maior importância econômica na agricultura (Singh *et al.*, 2013). No Brasil, os danos causados por *Pratylenchus* spp. à produtividade de milho foram estimados em cerca de 20% (Inomoto *et al.*, 2011).

Outro agravante ao uso do milho é que, em geral, a maioria dos híbridos multiplica *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood. Na África, por exemplo, áreas infestadas por *M. incognita*, cultivadas com milho, sofreram perdas de 12% na produtividade (Adegbite, 2011). Em feijoeiro, os nematoides das galhas podem responder por danos de até 90% da produtividade, dependendo do nível populacional, da cultivar e das condições ambientais, como solos de baixa fertilidade (pobres em matéria orgânica), que aumentam o estresse das plantas e favorecem o desenvolvimento desses patógenos (Baida *et al.*, 2011).

Em cultivos de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), o nematoide reniforme é um dos principais problemas fitossanitários, e a incidência desse patógeno em feijoeiro tem aumentado (Soares *et al.*, 2003). De fato, já foi constatado que *R. reniformis* tem causado prejuízos em várias regiões produtoras de feijão em países sul-americanos, inclusive no teor de proteína dos grãos (Sikora *et al.*, 2007). Para o manejo do nematoide reniforme, principalmente em algodoeiro, as estratégias mais utilizadas são o uso de nematicidas e a rotação de culturas (Asmus *et al.*, 2008; Xavier *et al.*, 2014).

Assim, o uso de cultivares tolerantes, resistentes ou imunes é visto como um dos principais métodos para o manejo de nematoides, pois não onera diretamente o custo de produção. Porém, há carência no mercado de materiais com esta característica genética, pois são poucos os experimentos que encontraram fontes de resistência do feijoeiro às espécies de *Meloidogyne* mais importantes para a cultura (Baida *et al.*, 2011). Os híbridos de milho apresentam resultados controversos quanto à resistência a *P. brachyurus*. Além disso, apenas uma fração do material genético comercial atualmente disponível já foi avaliada, e, em geral, os híbridos mais produtivos multiplicam esse nematoide (Inomoto, 2011). Situação semelhante é observada com cultivares de algodoeiro, para as quais, pouco se conhece sobre a resistência a *R. reniformis* (Lingaraju *et al.*, 2012).

Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar a ocorrência de nematoides, a produtividade de feijoeiro e milho, em função dos sistemas de cultivo para produção de palha sob plantio direto ('milho exclusivo', 'milho + *U. ruziziensis*' e '*U. ruziziensis* exclusiva'), e a sustentabilidade desses sistemas de sucessão de culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de 19 de agosto de 2011 a 06 de novembro de 2012, na Universidade

Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), em Jaboticabal/SP, Brasil (21°14'33"S; 48°17'10"W; 566 m de altitude). O clima da região é subtropical, do tipo Aw (classificação climática de Köppen), com verões quentes e úmidos, e invernos frios e secos. Durante o período experimental, as condições térmicas foram de 22,4°C (média absoluta), 29,2°C (média máxima), 16,9°C (média mínima). Durante a condução do experimento, a precipitação acumulada foi de 925 mm.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico, com textura argilosa, cuja análise química, na camada de 0 a 20 cm, apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 5,1; matéria orgânica = 22,0 g/dm³; P_(resina) = 68 mg/dm³; K = 5,4 mmol/dm³; Ca = 22,0 mmol/dm³; Mg = 9,0 mmol/dm³; H+Al = 31,0 mmol/dm³; Sb = 35,9 mmol/dm³; CTC = 67,4 mmol/dm³ e V = 54%.

A área experimental estava no terceiro ano agrícola, em sistema plantio direto, com o cultivo do feijoeiro na primavera, e a sucessão com milho e *U. ruziziensis*, no verão. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três tratamentos ('milho exclusivo', consórcio 'milho + *U. ruziziensis*' e '*U. ruziziensis* exclusiva') e 15 repetições. O feijoeiro foi semeado (primavera de 2011), em área total, e após sua colheita, foram instalados os três sistemas de cultivo para produção de palha (verão de 2011/2012). Após a colheita do milho e o manejo da *U. ruziziensis*, a área total voltou a ser semeada com feijoeiro (primavera de 2012), constituindo o sistema de plantio direto.

A semeadura do feijoeiro 'IAC Formoso' (ciclo semiprecoce com cerca de 90 dias), que constituiu a primeira safra, foi realizada em 19 de agosto de 2011 e a semeadura, para a segunda safra, ocorreu em 03 de agosto de 2012, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e 12 sementes por metro (266.000 plantas/ha), com aplicação de 300 kg/ha de adubo químico formulado à base de nitrogênio, fósforo e potássio (05-15-15: N-P₂O₅-K₂O). A adubação de cobertura foi realizada com ureia, no estágio fenológico V₄₋₄, e as plantas foram mantidas sob irrigação, por meio de um sistema de aspersão convencional. O controle de plantas daninhas e demais tratamentos fitossanitários seguiram as recomendações do Compêndio de Defensivos Agrícolas (2009).

Em 11 de novembro de 2011 (primeira safra) e 22 de outubro de 2012 (segunda safra), cerca de 80 dias após a semeadura, foram coletadas amostras compostas de solo e raízes de feijoeiro. Cada amostra foi constituída por seis subamostras, coletadas ao acaso, por unidade experimental. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Nematologia da

UNESP/FCAV, onde os nematoides foram extraídos de 100 cm³ de solo (Jenkins, 1964) e de 20 g de raízes (Coolen e D'Herde, 1972). Após as extrações, o material obtido foi avaliado sob microscópio óptico, em lâminas de Peters, estimando-se as populações das espécies nas amostras. Lâminas temporárias, quando necessário, foram preparadas para facilitar o processo de identificação dos nematoides.

Uma população de *M. incognita* foi identificada com base nos caracteres morfológicos da região perineal (Taylor e Netscher, 1974), da região labial dos machos (Eisenback *et al.*, 1981) e no fenótipo isoenzimático para esterase (Esbenshade e Triantaphyllou, 1990). Uma população de nematoide-das-lesões-radiculares (*P. brachyurus*) foi identificada com base na morfologia de fêmeas (Santos *et al.*, 2005). A população do nematoide reniforme foi identificada comparando-se os caracteres morfológicos de fêmeas jovens com os descritos na chave dicotômica proposta por Robinson *et al.* (1997).

A colheita do feijoeiro foi realizada com arranquio manual, quando as plantas estavam com as hastes desfolhadas e 90% das vagens secas, seguida de trilha mecânica em 18 de novembro de 2011 (primeira safra) e 06 de novembro de 2012 (segunda safra), utilizando colhedora automotriz. A produtividade de grãos (kg/ha) foi estimada por meio da extrapolação da produção colhida na área útil, à base úmida de 13%.

Nos sistemas milho exclusivo e milho + *U. ruziziensis*, o híbrido simples de milho 'DKB 390PRO2', de ciclo precoce, foi utilizado. A semeadura foi realizada em 21 de janeiro de 2012, no espaçamento entre linhas de 0,80 m e aplicação de 336 kg/ha do formulado comercial 04-14-08 (N-P₂O₅-K₂O). A adubação de cobertura foi realizada aos 25 dias após a emergência, com 80 kg/ha de nitrogênio (formulado 20-00-20: N-P₂O₅-K₂O; estágio fenológico V₆) e, após 12 dias, a segunda aplicação com 112,5 kg/ha de nitrogênio via ureia (estádio fenológico V₁₀). No consórcio, *U. ruziziensis* foi semeada em linhas duplas entre as fileiras do milho e, quando exclusiva, a forrageira foi semeada no espaçamento entre linhas de 0,17 m. Tanto em consórcio como em sistema exclusivo, a *U. ruziziensis* foi semeada no mesmo dia que o milho.

Após 104 dias da semeadura, foram coletadas amostras compostas de solo e raízes, a partir de seis subamostras coletadas ao acaso, em cada unidade experimental, contendo milho em cultivo isolado, consorciado com *U. ruziziensis* ou esta em cultivo isolado. Os nematoides foram extraídos de 100 cm³ de solo, 20 g de raízes, e as populações foram identificadas e estimadas conforme descrito

anteriormente. No consórcio milho + *U. ruziziensis*, a extração dos nematoides foi realizada a partir de 10 g de raízes de milho e de 10 g de raízes de *U. ruziziensis*.

A colheita do milho foi realizada manualmente em 04 de junho de 2012. A produtividade de grãos foi determinada à base úmida de 13%, com debulha manual das espigas contidas na área útil, incluindo as espigas das plantas utilizadas para a contagem da população de nematoides, em cada unidade experimental. Entre a colheita do milho e manejo da *U. ruziziensis*, a área permaneceu em pousio até a semeadura da segunda safra de feijoeiro.

Os valores das variáveis avaliadas foram transformados em $\log(x+5)$, submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Durante a primeira safra do feijoeiro (2011), no solo, as populações de *M. incognita* e de *R. reniformis* estavam homogêneas, diferentemente da população de *P. brachyurus*. Já nas raízes, as populações das três espécies de nematoides não eram homogêneas. Durante o cultivo do milho e da *U. ruziziensis* para produção de palha (safra verão 2011/2012), as menores populações foram observadas nos tratamentos com a forrageira em cultivo exclusivo. Ainda, no cultivo exclusivo de *U. ruziziensis*, a população de *R. reniformis* diminuiu em relação àquela registrada na primeira safra de feijão. Porém, tanto no milho exclusivo quanto consorciado com *U. ruziziensis*, as três populações aumentaram em relação à primeira safra do feijoeiro. Na segunda safra do feijoeiro (2012), as populações dos nematoides foram reduzidas a valores menores que aqueles observados na primeira safra (Tabelas 1 a 3).

A população de *M. incognita*, no solo, foi até 50 vezes maior, após o primeiro cultivo de feijoeiro, em comparação à população quantificada, nas mesmas parcelas, após o cultivo de milho exclusivo ou consorciado com *U. ruziziensis*. Nas raízes, o milho exclusivo foi o único sistema de cultivo que favoreceu o aumento populacional de *M. incognita*, pois a presença de *U. ruziziensis* manteve a população minimizada (Tabela 1).

A população de *P. brachyurus*, no solo e nas raízes, foi maior nos sistemas de cultivo que incluíram o milho (milho exclusivo e milho + *U. ruziziensis*), em relação aos dois cultivos de feijoeiro. No cultivo exclusivo de *U. ruziziensis*, em comparação com a primeira safra de feijoeiro, a população de *P.*

brachyurus teve pequeno aumento no solo e foi reduzida nas raízes. Já na segunda safra de feijoeiro, a população de *P. brachyurus* foi reduzida a níveis inferiores aos que foram observados na primeira safra (Tabela 2).

Durante o cultivo das espécies para produção de palha (milho e *U. ruziziensis*), a população de *R. reniformis*, no solo, foi reduzida no sistema exclusivo com *U. ruziziensis*, em comparação a primeira safra do feijoeiro. No entanto, no milho exclusivo, a população de *R. reniformis* manteve-se estável, enquanto que, no cultivo consorciado de milho + *U. ruziziensis*, a população triplicou. Na segunda safra de feijoeiro, quando este foi cultivado sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis*, foi observada a maior redução da população do nematoide reniforme. Nas raízes, a população de *R. reniformis* teve significativa redução durante o cultivo das gramíneas (poáceas), principalmente quando cultivado milho (tanto no sistema exclusivo quanto consorciado com *U. ruziziensis*), em relação à primeira safra

do feijoeiro. Já na segunda safra, a população do nematoide reniforme sofreu nova redução, quando o feijoeiro foi cultivado sobre a palhada exclusiva de *U. ruziziensis* (Tabela 3).

O número de ovos de todas as espécies encontradas, uma vez que é difícil realizar essa separação, foi menor no sistema de cultivo com *U. ruziziensis* exclusiva durante todo o período experimental (Tabela 4). As produtividades do feijoeiro, na primeira safra, e do milho, não diferiram entre os sistemas de cultivo, mas foram elevadas, considerando as espécies e níveis populacionais dos nematoides encontrados na área. Na segunda safra de cultivo do feijoeiro, a maior produtividade (semelhante à que foi registrada na primeira safra) foi obtida nas parcelas anteriormente submetidas ao cultivo exclusivo de *U. ruziziensis* (Tabela 5).

DISCUSSÃO

O uso de gramíneas forrageiras, tais como

Tabela 1. População de *Meloidogyne incognita* na sucessão feijoeiro (F 1ª safra) / milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva (M e/ou Ur) / feijoeiro (F 2ª safra), no solo e nas raízes, em função dos sistemas de cultivo para produção de palha.

Sistemas de cultivo para produção de palha	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra
	----- solo ^(w) -----			----- raízes ^(w) -----		
Milho	10	395 c	49 b	222 b	363 c	27
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	4	201 b	4 a	86 b	66 b	13
<i>U. ruziziensis</i>	0	0 a	3 a	0 a	3 a	2
Teste F	1,67 ^{ns}	85,77**	10,47**	9,56**	18,94**	3,49 ^{ns}
CV (%)	35,70	21,59	38,98	50,24	38,21	40,45

^(w) Valores originais; para análise, os valores foram transformados em $\log(x+5)$. Médias seguidas por letra diferente, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$). CV: coeficiente de variação; **: significativo a 1%; ^{ns}: não significativo a 5%.

Tabela 2. População de *Pratylenchus brachyurus* na sucessão feijoeiro (F 1ª safra) / milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva (M e/ou Ur) / feijoeiro (F 2ª safra), no solo e nas raízes, em função dos sistemas de cultivo para produção de palha.

Sistemas de cultivo para produção de palha	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra
	----- solo ^(w) -----			----- raízes ^(w) -----		
Milho	33 b	1.187 b	33 b	1.258 b	5.276 b	148
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	21 ab	766 b	10 a	1.345 b	3.778 b	177
<i>U. ruziziensis</i>	16 a	30 a	7 a	314 a	193 a	160
Teste F	3,37*	59,37**	10,29**	5,89**	48,63**	0,75 ^{ns}
CV (%)	22,11	16,74	26,48	17,43	16,31	10,87

^(w) Valores originais; para análise, os valores foram transformados em $\log(x+5)$. Médias seguidas por letra diferente, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$). CV: coeficiente de variação; **: significativo a 1%; ^{ns}: não significativo a 5%.

Tabela 3. População de *Rotylenchulus reniformis* na sucessão feijoeiro (F 1ª safra) / milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva (M e/ou Ur) / feijoeiro (F 2ª safra), no solo e nas raízes, em função dos sistemas de cultivo para produção de palha.

Sistemas de cultivo para produção de palha	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra
	----- solo ^(w) -----			----- raízes ^(w) -----		
Milho	681	694 b	623	72 a	0 a	4 a
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	519	1.761 c	413	197 b	9 a	6 a
<i>U. ruziziensis</i>	694	125 a	372	141 b	61 b	17 b
Teste F	2,37 ^{ns}	20,04**	0,94 ^{ns}	4,85*	7,33**	8,23**
CV (%)	20,84	22,65	17,69	31,99	45,87	25,09

^(w) Valores originais; para análise, os valores foram transformados em $\log(x+5)$. Médias seguidas por letra diferente, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$ e $p < 0,01$). CV: coeficiente de variação; **: significativo a 1%; *: significativo a 5%; ^{ns}: não significativo a 5%.

Tabela 4. Ovos de *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis* encontrados nas raízes do feijoeiro (F 1ª safra) / milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva (M e/ou Ur) / feijoeiro (F 2ª safra) em função dos sistemas de cultivo para produção de palha.

Sistemas de cultivo para produção de palha	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra
	----- ovos ^(w) -----		
Milho	314 b	2.731 b	1.820 b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	150 ab	3.229 b	345 a
<i>U. ruziziensis</i>	41 a	42 a	30 a
Teste F	8,32**	28,65**	11,76**
CV (%)	25,96	26,34	31,62

^(w) Valores originais; para análise, os valores foram transformados em $\log(x+5)$. Médias seguidas por letra diferente, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$). CV: coeficiente de variação; **: significativo a 1%.

Tabela 5. Produtividade do feijoeiro (1ª e 2ª safras) e do milho em função dos sistemas de cultivo para produção de palha.

Sistemas de cultivo para produção de palha	F 1ª safra	M e/ou Ur	F 2ª safra
	----- kg/ha ^(w) -----		
Milho	2.855	6.878	1.932 c
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	3.136	6.865	2.333 b
<i>U. ruziziensis</i>	3.193	-----	2.975 a
Teste F	0,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	89,28**
CV (%)	12,50	11,39	8,93

^(w) Médias seguidas por letra diferente, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$). CV: coeficiente de variação; **: significativo a 1%; ^{ns}: não significativo a 5%.

aveias (*Avena strigosa* Schreb.; *Avena sativa* L.), braquiárias, capim colônia (*Panicum maximum* Jacq.), milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown] e sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], contribui para reduzir as principais espécies de nematoides das galhas (*M. incognita* e *M. javanica*), *R. reniformis*, *H. glycines*, entre outras espécies, pois são consideradas plantas não hospedeiras ou má hospedeiras (Carneiro

et al., 2006; Asmus *et al.*, 2008; Gardiano *et al.*, 2014). Nesta pesquisa, o sistema de cultivo com *U. ruziziensis* exclusiva foi o que mais reduziu as populações de *M. incognita* e *R. reniformis* na área. Todavia, essas forrageiras são hospedeiras de *P. brachyurus*, sendo que algumas espécies são mais e outras menos favoráveis a multiplicação deste nematoide (Dias-Arieira *et al.*, 2009; Chiamolera *et*

al., 2012).

Foi constatado que apenas o sistema de cultivo com *U. ruziziensis* exclusiva diminuiu a população de *P. brachyurus*, enquanto que os demais (milho exclusivo e milho + *U. ruziziensis*) favoreceram o aumento do nematoide na área. No Brasil, alguns autores relatam haver indícios de variação de agressividade de populações de *P. brachyurus* em relação à *Urochloa* spp. (Inomoto *et al.*, 2007; Dias-Arieira *et al.*, 2009). Assim, apesar da eficiência de *Urochloa* spp. em controlar *M. incognita*, *M. javanica* e *R. reniformis*, é necessário considerar o risco da forrageira elevar, excessivamente, a densidade populacional de *P. brachyurus*, comprometendo a sustentabilidade das culturas exploradas sob o sistema plantio direto (Inomoto *et al.*, 2007).

Em *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster, a eclosão de J2 de *M. javanica*, na presença de exsudados radiculares, é reduzida a menos de 10% do total de ovos, e a exposição de J2 a estes exsudados provoca sua imobilização temporária, refletindo negativamente na infectividade, pois ao chegar à rizosfera, os J2 entram em quiescência temporária. A redução na penetração de J2 e, conseqüentemente, na formação de fêmeas de *M. javanica*, indica a presença de substâncias com efeito antagônico nos exsudados de *U. decumbens*. Acredita-se que estas substâncias afetem os órgãos sensoriais dos J2 ou que as substâncias atrativas para o local de penetração não sejam reconhecidas (Campos *et al.*, 2006).

Com o sistema de cultivo para produção de palha implantado há três anos, o teor de matéria orgânica no solo está entre médio e bom (22 g/dm³), o que favorece o desenvolvimento de agentes de controle natural de nematoides, como observado por Dong *et al.* (2013). Com a adição de palha de milho e de *U. ruziziensis* (em média, superior a 11 t/ha), essas fontes de carbono contribuem para o controle de nematoides, possivelmente, por estimular a atividade biológica de agentes parasitas e/ou predadores, além de ocorrer a competição por espaço e alimento destes agentes com os nematoides, dificultando o parasitismo dos mesmos (Oka, 2010).

Em geral, o mecanismo de ação da matéria orgânica na supressão de nematoides tem sido atribuído à melhoria da estrutura física e das propriedades químicas dos solos. Como resultado da decomposição de resíduos culturais e mineralização da matéria orgânica no solo, há melhorias na aeração, na capacidade de retenção de água e na nutrição das plantas em função do maior desenvolvimento do sistema radicular. Além disso, observam-se aumento da população de micro-organismos parasitas ou predadores de nematoides e exsudação de metabólitos tóxicos, como compostos fenólicos

(Oka, 2010). Assim, a cultura pode tolerar a presença de nematoides sem apresentar queda acentuada de produtividade (Oka *et al.*, 2007).

Tem sido relatado que em áreas com duas ou mais espécies de nematoides, como observado neste trabalho, pode haver inibição de uma pela outra, como ocorre com *Pratylenchus* sp. em relação a *Meloidogyne* sp. (Okada e Harada, 2007; Pang *et al.*, 2009; Dias-Arieira *et al.*, 2010). Os nematoides-das-lesões-radiculares são endoparasitos migradores e têm como característica destruir as radículas/raízes, que são locais onde são encontradas as fêmeas de *Meloidogyne* spp. se alimentando. Como são endoparasitas sedentárias, as fêmeas de *Meloidogyne* spp. acabam morrendo, uma vez que os nematoides são parasitos obrigatórios e dependem das radículas/raízes vivas e sadias. Tal fato foi observado, uma vez que, houve predomínio de diferentes estádios de desenvolvimento de *P. brachyurus* em relação a *M. incognita* nas análises realizadas neste trabalho.

Mesmo com o aumento da densidade populacional de *P. brachyurus* e *M. incognita*, a elevada produtividade do feijoeiro e do milho, em relação à média brasileira (feijão = 913 kg/ha; milho = 5.149 kg/ha), pode ser atribuída à adequada nutrição das plantas que apresentaram maior tolerância às populações mais elevadas e ao parasitismo de nematoides. Além disso, há de se considerar os benefícios proporcionados pela rotação de culturas. Estes argumentos ajudaram a explicar a redução dos danos à produtividade de trigo, causados por *Pratylenchus thornei* Sher e Allen, quando empregado o manejo integrado, incluindo rotação com sorgo, pousio e cultivares de trigo tolerantes, além de adequada fertilização à base de nitrogênio, fósforo e zinco (Thompson *et al.*, 2012).

Em relação a *R. reniformis*, as poáceas, em geral, não são hospedeiras deste nematoide e reduzem a sua população em áreas de cultivo. Porém, podem ser encontrados alguns indivíduos nas raízes, como observado no milho e na *U. ruziziensis*, visto que a população deste nematoide predomina no solo (Asmus *et al.*, 2008). Quando a infestação da área é elevada, são necessários de dois a quatro ciclos de culturas não hospedeiras para reduzir a população, minimizando os danos na cultura suscetível de interesse econômico a ser cultivada na área.

Com o estudo aqui apresentado, foi possível observar que os sistemas de cultivo com milho tendem à insuficiência para o manejo sustentável de *P. brachyurus* e *M. incognita*. O milho favoreceu o aumento populacional *P. brachyurus* e *M. incognita* na área de cultivo, que culminou na queda significativa na produtividade de feijoeiro que sucedeu os sistemas para produção de palha. O cultivo exclusivo de *U.*

ruzizensis reduziu a infestação de *P. brachyurus* e *M. incognita* da área, mantendo a produtividade de feijoeiro semelhante nas duas safras. O cultivo exclusivo ou consorciado de milho e *U. ruzizensis* reduziu a população de *R. reniformis*.

Portanto, a inclusão de plantas antagonistas e, ou má hospedeiras nesses sistemas de cultivo é necessária para reduzir as populações de nematoides (Obici *et al.*, 2011; Chiamolera *et al.*, 2012; Santana *et al.*, 2012; Gardiano *et al.*, 2014), e maximizar as produtividades de feijoeiro e de milho (Thierfelder *et al.*, 2012; Zotarelli *et al.*, 2012).

LITERATURA CITADA

- Adegbite, A. A. 2011. Reaction of some maize (*Zea mays* L.) varieties to infestation with root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* under field conditions. African Journal of Plant Science 5:162–167.
- Asmus, G. L., M. M. Inomoto, and R. A. Cargnin. 2008. Cover crops for reniform nematode suppression in cotton: greenhouse and field evaluations. Tropical Plant Pathology 33:85–89.
- Baida, F. C., D. C. Santiago, L. S. A. Takahashi, J. C. Athanázio, M. C. Cadioli, and R. M. Levy. 2011. Reação de linhagens de feijão-vagem ao *Meloidogyne javanica* e *M. paranaensis* em casa-de-vegetação. Acta Scientiarum. Agronomy 33:237–241.
- Campos, H. D., V. P. Campos, and J. L. Coimbra. 2006. Efeito de exsudato radicular de *Brachiaria decumbens* e do sorgolone de *Sorghum bicolor* no desenvolvimento de *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira 30:59–65.
- Carneiro, R. G., A. P. A. Mônico, A. C. C. Lima, K. C. Nakamura, M. P. Moritz, A. Scherer, and D. C. Santiago. 2006. Reação de gramíneas a *Meloidogyne incognita*, a *M. paranaensis* e a *M. javanica*. Nematologia Brasileira 30:287–291.
- Chiamolera, F. M., C. R. Dias-Arieira, E. R. Souto, F. Biela, T. P. L. Cunha, S. M. Santana, and H. H. Puerari. 2012. Suscetibilidade de culturas de inverno a *Pratylenchus brachyurus* e atividade sobre a população do nematoide na cultura do milho. Nematropica 42:267–275.
- Compêndio de Defensivos Agrícolas. 2009. 8ª Edição. Andrei Editora: São Paulo. 1380 p.
- Coolen, W. A., and C. J. D'Herde. 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. State Agriculture Research Center, 77, Ghent, Belgium.
- Dias-Arieira, C. R., S. Ferraz, and R. C. F. Ribeiro. 2009. Reação de gramíneas forrageiras a *Pratylenchus brachyurus*. Nematologia Brasileira 33:90–93.
- 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.
- Dong, Z., R. Hou, Q. Chen, Z. Ouyang, and F. Ge. 2013. Response of soil nematodes to elevated temperature in conventional and no-tillage cropland systems. Plant Soil 373:907–918.
- Eisenback, J. D., H. Hirschmann, J. N. Sasser, and A. C. Triantaphyllou. 1981. A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) with a pictorial key. The Departments of Plant Pathology and Genetics of North Carolina State University and United States Agency for International Development. 48, Raleigh.
- Esbenshade, P. R., and A. C. Triantaphyllou. 1990. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. Journal of Nematology 22:10–15.
- Gardiano, C. G., A. A. Krzyzanowski and O. J. G. A. Saab. 2014. Eficiência de espécies de adubos verdes sobre a população do nematoide reniforme. Semina: Ciências Agrárias 35:719–726.
- Inomoto, M. M. 2011. Avaliação da resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. Tropical Plant Pathology 36:308–312.
- Inomoto, M. M., A. C. Z. Machado, and S. R. Antedomênico. 2007. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. Fitopatologia Brasileira 32:341–344.
- 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.
- Jenkins, W. R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report 48:692.
- Karlen, D. L., J. L. Kovar, C. A. Cambardella, and T. S. Colvin. 2013. Thirty-year tillage effects on crop yield and soil fertility indicators. Soil & Tillage Research 130:24–41.
- Lingaraju, S., P. Sonavane, M. M. Jamadar, S. I. Harlapur, R. S. Bhat, and S. S. Udikeri. 2012. Plant parasitic nematodes associated with Bt cotton. Current Science 103:926–932.
- Obici, L. V., C. R. Dias-Arieira, E. S. Klosowski, L. F. Fontana, T. P. L. Cunha, S. M. Santana, and F. Biela. 2011. Efeito de plantas leguminosas sobre *Pratylenchus zae* e *Helicotylenchus dihystera* em solos naturalmente infestados. Nematropica

- 41:215–222.
- Oka, Y. 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments - A review. *Applied Soil Ecology* 44:101–115.
- Oka, Y., N. Shapira, and P. Fine. 2007. Control of root-knot nematodes in organic farming systems by organic amendments and soil solarization. *Crop Protection* 26:1556–1565.
- Okada, H., and H. Harada. 2007. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Applied Soil Ecology* 35:582–598.
- Pacheco, L. P., W. M. Leandro, P. L. O. A. Machado, R. L. Assis, T. Cobucci, B. E. Madari and F. A. Pettes. 2011. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46:17–25.
- Pang, W., S. L. Hafez, and P. Sundararaj. 2009. Concomitant interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne hapla* on onion. *Nematropica* 39:297–303.
- Robinson, A. F., R. N. Inserra, E. P. Caswell-Chen, N. Vovlas, and A. Troccoli. 1997. *Rotylenchulus* species: identification, distribution, host ranges, and crop plant resistance. *Nematropica* 27:127–180.
- Santana, S. M., C. R. Dias-Arieira, F. Biela, T. P. L. Cunha, F. M. Chiamolera, M. Roldi, and V. H. F. Abe. 2012. Plantas antagonistas no manejo de *Meloidogyne incognita*, em solo arenoso de área de cultivo de olerícolas. *Nematropica* 42:287–294.
- Santos, J. M., A. S. Campos, and C. I. Aguilar-Vildoso. 2005. Nematoides dos citros. Pp. 607–628 in D. Mattos Junior, J. D. Negri, R. M. Pio, and J. Pompeu Junior. Citros. Campinas, SP: Instituto Agrônômico e Fundag.
- Sikora, R. A., N. Greco, and J. F. V. Silva. 2007. Nematode parasites of food legumes. pp. 259–318 in M. Luc, R. A. Sikora, and J. Bridge (eds.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. London: CABI.
- Singh, S. K., M. Hodda, and G. J. Ash. 2013. Plant-parasitic nematodes of potential phytosanitary importance their main hosts and reported yield losses. *EPPO Bulletin* 43:334–374.
- Soares, P. L. M., J. M. Santos and P. S. Lehman. 2003. Estudo morfológico comparativo de populações de *Rotylenchulus reniformis* (Nemata: Rotylenchulinae) do Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 28:292–297.
- Taylor, D. P., and C. Netscher. 1974. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. *Nematologica* 20:268–269.
- Thierfelder, C., S. Cheesman, L. Rusinamhodzi. 2012. A comparative analysis of conservation agriculture systems: Benefits and challenges of rotations and intercropping in Zimbabwe. *Field Crops Research* 137:237–250.
- Thompson, J. P., J. Mackenzie, and G. H. Sheedy. 2012. Root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) reduces nutrient response, biomass and yield of wheat in sorghum-fallow-wheat cropping systems in a subtropical environment. *Field Crops Research* 137:126–140.
- Xavier D. M., C. Overstreet, E. C. McGawley, M. Kularathna, and C. M. Martin. 2014. The influence of soil texture on reproduction and pathogenicity of *Rotylenchulus reniformis* on cotton. *Nematropica* 44:7–14.
- Zotarelli, L., N. P. Zatorre, R. M. Boddey, S. Urquiaga, C. P. Jantalia, J. C. Franchini, and B. J. R. Alves. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research* 132:185–195.

Received:

8/VII/2014

Accepted for publication:

10/I/2015

Recibido:

Aceptado para publicación: