



Sucessão de cultura sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas

Mário M. Inomoto, Kércya M.S. Siqueira & Andressa C.Z. Machado

Departamento de Fitopatologia e Nematologia, ESALQ, Universidade de São Paulo, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil

Autor para correspondência: Mário M. Inomoto, e-mail: mminomot@esalq.usp.br

RESUMO

Estudo de campo realizado em três anos consecutivos, em propriedade agrícola com sucessão de cultura, irrigada por pivô central e infestada pelos nematoides *Pratylenchus brachyurus*, *P. zaeae*, *Meloidogyne incognita*, *Paratrichodorus minor*, *Helicotylenchus dihystera*, *Mesocriconema ornata* e *M. onoense*, comprovou que o controle dos nematoides polífagos é muito difícil. Dentre as culturas implantadas durante o período (algodão, milho, soja e caupi), o algodão se destacou pelas perdas causadas por *M. incognita* e a soja por *P. brachyurus*. A exclusão do milho, por ser suscetível a ambos os nematoides, porém tolerante a *M. incognita*, beneficiaria as culturas de algodão, soja e caupi. Resultados obtidos em condições controladas confirmaram a patogenicidade de *P. brachyurus* a algodoeiro. O uso da resistência genética como componente do manejo mostrou-se válido para o binômio soja/*M. incognita*, embora prejudicado pela baixa resistência da soja a *P. brachyurus*. Concluiu-se que a sucessão de cultura precisa ser cuidadosamente planejada em áreas infestadas com nematoides polífagos, principalmente naquelas em que ocorrem mais de duas espécies patogênicas às culturas utilizadas.

Palavras-chave: *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus*, algodoeiro, caupi, milho, soja.

ABSTRACT

Crop rotation in center-pivot for phytonematode control: density variation, pathogenicity and crop loss estimation

A field study conducted over three consecutive years, on a farm using crop rotation system under center-pivot and infested with the nematodes *Pratylenchus brachyurus*, *P. zaeae*, *Meloidogyne incognita*, *Paratrichodorus minor*, *Helicotylenchus dihystera*, *Mesocriconema ornata* and *M. onoense*, demonstrated that intensive crop systems provide conditions for the maintenance of high densities of polyphagous phytonematodes. Of the crops established on the farm (cotton, maize, soybean and cowpea), cotton and soybean suffered the most severe crop losses, caused respectively by *M. incognita* and *P. brachyurus*. Since maize is a good host for both nematodes, but tolerant of *M. incognita*, its exclusion from cropping system would be favorable to the performance of cotton, soybean and cowpea. Results from experiments carried out in controlled conditions confirmed the pathogenicity of *P. brachyurus* on cotton. Additional management with genetic resistance was useful in fields infested with *M. incognita*, although the soybean performance was affected by low resistance of the cultivars used for *P. brachyurus*. In conclusion, crop rotation must be carefully planned in areas infested with polyphagous nematodes, specifically in the case of occurrence of two or more major pathogenic nematodes.

Key words: *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus*, cotton, cowpea, maize, soybean.

INTRODUÇÃO

A irrigação tem sido um dos principais avanços tecnológicos da agricultura, permitindo a utilização de extensas regiões áridas e semi-áridas para a produção agrícola. Porém, no último censo agropecuário, realizado em 2006, a área irrigada no Brasil compreendia somente 4,45 milhões de ha, correspondendo a 7,4% da área total ocupada com a atividade agrícola (IBGE). No Nordeste, a irrigação é particularmente importante por permitir o cultivo em áreas que não seriam agricultáveis devido à semi-aridez (Loiola & Souza, 2001) e o sistema de irrigação por pivô central é das

técnicas mais utilizadas, representando 18% da área total irrigada segundo o censo agropecuário de 2006 (IBGE). Em função dos elevados custos para sua implementação, as áreas irrigadas com pivô central normalmente são cultivadas intensamente, com dois ou três ciclos culturais por ano, situação que várias vezes está associada ao aumento da incidência de pragas e doenças, favorecidas pela presença ininterrupta de plantas hospedeiras. Assim, a adoção da sucessão de cultura é medida altamente recomendável, com a finalidade de evitar o aumento excessivo de pragas e de agentes causadores de doenças.

De fato, as perdas de produção causadas por fitonematoides podem ser reduzidas com o adequado planejamento da sequência de culturas. Porém, segundo McSorley & Gallaher (1992), uma das principais limitações para o uso de rotação com vistas ao controle dos nematoides

Parte da Tese de Doutorado do segundo autor. Universidade de São Paulo. Piracicaba SP. 2007.

que ocorrem no sul dos Estados Unidos - *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *Pratylenchus scribneri* Steiner e *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Sch. Stekhoven - é o pequeno número de culturas adaptadas ao clima quente e úmido da região. Adicionalmente, as principais dessas culturas - milho (*Zea mays* L.), soja [*Glycine max* (L.) Merr.], amendoim (*Arachis hypogaea* L.), caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] e sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] - são suscetíveis a um ou mais dos citados nematoides. Quadro semelhante provavelmente ocorra nas áreas tropicais do Brasil.

Para comprovar a hipótese acima apresentada, foi realizado o presente estudo de campo, em área agrícola irrigada por pivô central e na qual sucessão de cultura foi estabelecida pelo proprietário em função do interesse comercial da produção auferida e da incidência de fitonematoides. Para explicar melhor o papel de *P. brachyurus* e *M. incognita* nas perdas de produtividade em algodão, foram conduzidos dois experimentos em condições controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O estudo foi realizado durante três anos consecutivos, em propriedade agrícola (Fazenda Tabuleirinho) situada no município de São Félix do Coribe, estado da Bahia, com 400 ha de área irrigada por meio de quatro pivôs centrais, cada um abrangendo área de 100 ha. Para fins de manejo agrícola, cada pivô foi dividido em dois talhões, chamados alto e baixo e com 50 ha cada (Figura 1). Durante os anos de 1998 a 2004, a área foi cultivada com milho-pipoca cv. Zélia, sempre no primeiro semestre do ano, e algodão (*Gossypium hirsutum* L. cv. Acala 90 em 1998 e 1999 e cv. Delta Opal a partir de 2000) no segundo. Em 2005, o milho-pipoca foi substituído pela soja e o algodão pelo caupi. De acordo com o proprietário, no ano de 2000 manifestaram-se os primeiros sintomas da ocorrência de fitonematoides (galhas radiculares nas raízes de algodoeiro) e no ano seguinte, os primeiros indícios de sua ação sobre a produtividade do algodoeiro, que passou de 4800 kg de algodão com caroço (não beneficiado) por ha em 2000 para 3907 kg em 2001 (3225, 4350, 4320 e 3735 kg respectivamente nos pivôs 1, 2, 3 e 4) e 3303 kg em 2002 (3132, 3856, 3432 e 2791 nos pivôs 1, 2, 3 e 4). Tais perdas foram atribuídas pelo proprietário ao aumento da incidência de fitonematoides e, de fato, coletas feitas em junho de 2001 nos pivôs 1 e 4 mostraram elevadas populações de seis espécies de fitonematoides. As populações médias no pivô 1, em espécimes por 200 cm³ de solo processado por peneiramento e centrifugação com solução de sacarose (Jenkins, 1964), foram 150 *Paratrichorous minor* (Colbran) Siddiqi, 230 *Pratylenchus* spp. (população mista de *P. brachyurus* e *P. zaei* Graham, com predomínio da primeira espécie, com 90%), 970 *Mesocriconema* spp.

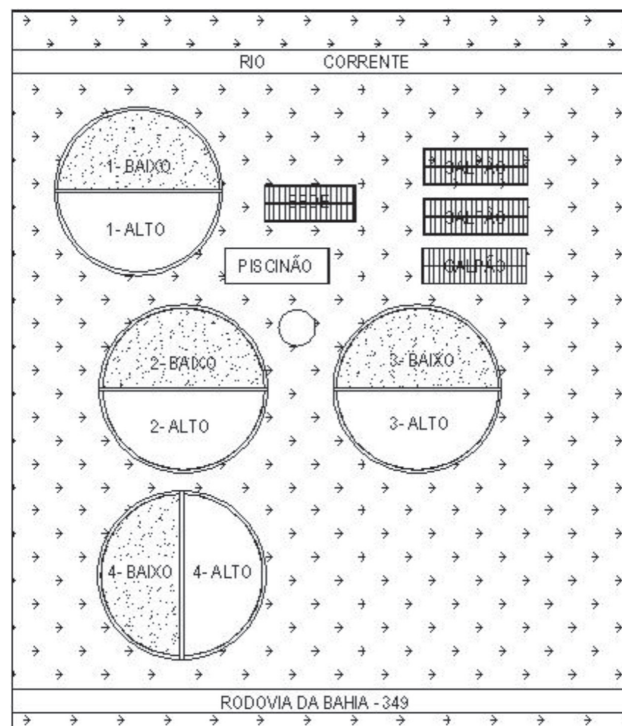


FIGURA 1 - Áreas submetidas à sucessão de cultura na Fazenda Tabuleirinho, situada no município de São Félix do Coribe, estado da Bahia. Cada pivô abrange 100 ha e é dividido (alto e baixo).

[população mista de *Mesocriconema ornata* (Raski) Loof & de Grisse e *M. onoense* (Luc) Loof & de Grisse, com proporções equivalentes das duas espécies] e 150 juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne incognita*; e no pivô 4, 170 *P. minor*, 80 *P. brachyurus*, 240 *Helicotylenchus dihystra* (Cobb) Sher, 110 *Mesocriconema* spp. e 460 J2 de *M. incognita*.

A sequência de culturas durante o período experimental nos oito talhões está registrada na Tabela 1. As culturas receberam os tratamentos culturais usuais adotados pelo proprietário. As operações de plantio, aplicação de defensivos e colheita foram mecanizadas; o manejo das ervas daninhas foi feito por meio de herbicidas durante a fase inicial de desenvolvimento das plantas e por capinas na fase final. Com o objetivo de diminuir as perdas observadas na cultura do algodão em 2002, o nematicida aldicarbe (granulado com 150 g do ingrediente ativo por kg do produto comercial) foi utilizado pela primeira vez na propriedade em 2003, na dosagem de 13,3 kg do produto comercial (1,995 kg do ingrediente ativo) por ha. A aplicação se deu por ocasião da semeadura do algodão nos talhões dos pivôs 1, 2 e 3, mas não foi realizada no pivô 4, pois o plantio de amendoim no ciclo anterior havia reduzido a população de *M. incognita* (Tabela 2).

Obtenção das densidades populacionais dos fitonematoides

Foram feitas duas coletas anuais nos oito talhões da Fazenda Tabuleirinho durante o período experimental.

TABELA 1 - Culturas implantadas durante o período do estudo (2003 a 2005), incluindo o ciclo cultural anterior (2003 - 1ª semestre)

Pivô	Setor	03/1º sem.	03/2º sem.	04/1º sem.	04/2º sem.	05/1º sem.	05/2º sem.
1	Baixo	Milho cv. Zélia	Algodão cv. Delta Opal com aldicarbe	Milho pipoca cv. Zélia	Algodão cv. Delta Opal	Soja cv. Garantia	Caupi cv. Tuiuiú
1	Alto	“	“	“	“	“	“
2	Baixo	“	“	“	“	Soja cv. Conquista	“
2	Alto	“	“	“	“	Soja cv. Garantia	“
3	Baixo	“	“	“	“	Soja cv. Garantia	“
3	Alto	“	“	“	“	Soja cv. Conquista	“
4	Baixo	Amendoim cv. Caiapó	Idem; sem aldicarbe	“	“	Soja cv. Conquista	“
4	Alto	“	“	“	“	“	“

TABELA 2 - Produtividade das culturas implantadas durante o período do estudo (2003 a 2005), incluindo o ciclo cultural anterior (2003 - 1ª semestre), e densidade populacional (nº. nematoides/200 cm³ solo) de *Meloidogyne incognita* (Mi) e *Pratylenchus brachyurus* (Pb)

Pivô	Setor	Milho pipoca 03		Algodão 03		Milho pipoca 04		Algodão 04		Soja 05		Caupi 05	
		kg/ha	Mi/Pb ¹	kg/ha	Mi/Pb ²	kg/ha	Mi/Pb ³	kg/ha	Mi/Pb ⁴	kg/ha	Mi/Pb ⁵	kg/ha	Mi/Pb ⁶
1	Baixo	2886	365/230	2262	485/17	2718	295/735	1665	270/290	41,4	0/20	756	0/0
	Alto	3654	270/255							58,1	0/0	840	0/420
2	Baixo	3450	55/80	2740	175/117	2658	65/730	1402	750/320	46,8	0/0	852	0/130
	Alto	3870	85/70							61,8	0/0	954	20/80
3	Baixo	3660	120/420	2976	175/147	3774	865/2735	2236	890/275	53,0	0/0	1092	640/230
	Alto	4230	325/125							58,7	30/10	1122	0/100
4	Baixo	4200 ⁷	0/15	2749	182/260	3756	165/1215	1923	355/255	62,6	0/0	(Alqueive)	-
	Alto		5/10							61,2	0/0	726	0/0

¹Coleta após colheita do milho nos pivôs 1, 2 e 3 e amendoim no pivô 4; ²coleta aos 95-97 dias após plantio (d.a.p.); ³coleta aos 95-97 dias após plantio (d.a.p.); ⁴coleta aos 113-119 dias após plantio (d.a.p.); ⁵coleta aos 57-70 dias após plantio (d.a.p.); ⁶coleta aos 60-65 dias após plantio (d.a.p.); ⁷produção em kg/ha de amendoim com casca.

A primeira coleta foi feita em maio de 2003, logo após a colheita do milho (pivôs 1, 2 e 3) e amendoim (pivô 4) e a semeadura do algodão. As coletas seguintes foram: 95 a 97 dias após o plantio (d.a.p.) do algodão (agosto ou setembro de 2003, dependendo do talhão); 95 a 97 d.a.p. do milho em março de 2004; 113 a 119 d.a.p. do algodão em agosto de 2004; 57 a 70 d.a.p. da soja em fevereiro de 2005; 60 a 65 d.a.p. do caupi em setembro de 2005. Cada talhão foi percorrido em ziguezague, para a retirada de 40 a 50 subamostras de solo, com auxílio de trado e enxadão e na faixa de 0-20 cm de profundidade.

Embora as raízes tenham sido coletadas, os dados obtidos não foram utilizados, pela suspeita de que os valores, expressos como espécimes por grama de raízes, sejam expressivamente influenciados e dependentes dos próprios danos causados pelos nematoides nas raízes. Um teste preliminar, realizado em 2003 em outra propriedade, mas com características semelhantes à Fazenda Tabuleirinho, ou seja, cultivo irrigado de algodão e milho, com elevada infestação por *M. incognita* e *P. brachyurus*, confirmaram a suposição. Delimitou-se quadrado de 1m² em milharal com 70 d.a.p. (cerca de metade do ciclo cultural do milho) e algodão com 90 d.a.p. (cerca de metade do ciclo cultural do algodão), para retirada das raízes de milho ou algodoeiro

até a profundidade de 20 cm. No milharal, o tamanho das plantas era uniforme, indicando tolerância aos nematoides presentes; porém no algodão havia grandes reboleiras, com plantas de porte muito reduzido, devido à ação dos fitonematoides. Foram obtidos 436 gramas de raízes de milho, 92 gramas de raízes de algodoeiros localizados fora da reboleira e 43 gramas de algodoeiros dentro da reboleira. Assim, por hipótese, se na área amostrada o número de nematoides fosse uniforme, por exemplo 100000 espécimes de *M. incognita*/m², no milharal a densidade obtida seria de 229 espécimes/g de raízes. No algodão, a densidade seria de 1087 espécimes/g fora da reboleira e 2326 espécimes/g dentro. Portanto, as densidades expressas em espécimes/g causariam interpretações equivocadas sobre a variação populacional dos nematoides. Por outro lado, as densidades expressas em espécimes/volume de solo seriam mais precisas, pois o volume não é variável.

Do total de material coletado de cada talhão, foram utilizados 500 cm³ de solo para formar a amostra composta. As amostras compostas foram levadas do local de coleta até o laboratório pelo serviço de correio e, cerca de 10 dias após a coleta, processadas para extração dos nematoides do solo (200 cm³) pelo método de Jenkins (1964). A contagem foi feita com base em duas alíquotas de 0,5 mL de cada suspensão

aquosa (10 mL) contendo os nematoides extraídos. Para identificação das espécies de fitonematoides, prepararam-se lâminas temporárias, com meio de formalina, contendo 10 a 12 exemplares de cada gênero, para a amostra de cada talhão. Porém, para *Mesocriconema* e *Pratylenchus*, por estarem em populações mistas de duas espécies, foram preparadas duas lâminas com 20 a 24 exemplares por amostra.

Estimativa das perdas causadas pelos nematoides

As produtividades agrícolas foram registradas pelo proprietário para cada talhão (1/2 pivô) ou cada pivô. Assim, o número de observações (n=4 ou 8) foi excessivamente pequeno para possibilitar a correlação entre as produtividades e as densidades populacionais dos nematoides. Por essa razão, as perdas causadas pelos nematoides foram estimadas sem rigor científico, por meio de comparação com as produtividades esperadas pelo agricultor, além de confronto com a produtividade de 2000, ano em que se iniciou o plantio do algodão Delta Opal e se observaram os primeiros sintomas de nematoses nas raízes.

Avaliação da patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* em algodoeiro

Os resultados obtidos no campo levantaram algumas questões importantes. Uma delas é o papel de *P. brachyurus* e *M. incognita* nas perdas de produtividade de algodão observadas nos anos de 2003 e 2004. Assim, foram realizados dois experimentos em condições controladas, com os objetivos de comprovar a patogenicidade de *P. brachyurus* em algodoeiro (Inomoto et al., 2001) e comparar a virulência e a habilidade reprodutiva de *P. brachyurus* em relação a *M. incognita*. Neste trabalho, patogenicidade é definida como a capacidade de o nematoide causar doença na planta; virulência, a quantidade de danos causados pelo nematoide na planta; e habilidade reprodutiva, a capacidade de o nematoide se reproduzir na planta (Shaner et al., 1992). Foram utilizados isolados de outras localidades, pois não foram obtidos isolados originários da área experimental. O isolado de *P. brachyurus* foi obtido a partir de raízes de quiabeiro coletadas no município de Seropédica RJ e multiplicado em laboratório (calos de alfafa) ou em casa de vegetação (quiabeiro). O isolado de *M. incognita* (raça 4) foi obtido de raízes de algodoeiro coletadas no município de Vargem Grande do Sul SP e multiplicadas em casa de vegetação, alternadamente em tomateiro e algodoeiro.

No primeiro experimento, realizado sob telado de sombrite, plântulas de algodoeiro cv. Acala 90 com uma folha verdadeira (15 dias após a semeadura em copos plásticos de 180 cm³ contendo 150 cm³ de solo tratado com brometo de metila; uma plântula foi mantida por copo após a germinação) foram submetidas a dois tratamentos: sem nematoide e com nematoide (inoculação de suspensão aquosa contendo 10.125 juvenis e fêmeas de *P. brachyurus* por plântula). Um mês após a inoculação, os algodoeiros foram transferidos para vasos de plástico com

2.155 cm³ de capacidade (14 cm de diâmetro e 14 cm de altura). A avaliação foi feita 86 dias após a inoculação. A patogenicidade de *P. brachyurus* ao algodoeiro foi avaliada pela obtenção da massa fresca das raízes e massa seca da parte aérea (60°C por cinco dias em estufa de secagem com ventilação forçada). Com o objetivo de comprovar a reprodução do nematoide no algodoeiro, as raízes e o solo de todas as parcelas foram processadas por Coolen & D'Herde (1972) e Jenkins (1964), respectivamente, e a população final (Pf) foi estimada pela contagem do número de nematoides extraídos, com auxílio de lâmina de Peters e sob microscópio óptico. O fator de reprodução (FR) do nematoide em cada parcela foi calculado dividindo-se a Pf pela população inicial (Pi), ou seja, 10.125. O delineamento do experimento foi inteiramente ao acaso, com dez repetições.

No segundo experimento, em casa de vegetação, plântulas de algodoeiro cv. Delta Opal com duas folhas verdadeiras (15 dias após a semeadura de sementes obtidas no comércio em copos plásticos de 480 cm³ de capacidade contendo 400 cm³ de solo tratado com brometo de metila; uma plântula foi mantida por copo) foram submetidos a três tratamentos: sem nematoide; com *P. brachyurus* (inoculação de suspensão aquosa contendo 5.300 juvenis e fêmeas por plântula); e com *M. incognita* (inoculação de suspensão aquosa contendo 5.300 ovos e juvenis de segundo estágio por plântula). Os demais passos foram executados como descrito no primeiro experimento, exceto pela maior duração (avaliação aos 88 dias após a inoculação) e pelo maior número de tratamentos (três) e menor de repetições (oito).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidades populacionais dos nematoides

As densidades de *Pratylenchus* spp., *M. incognita*, *H. dihystera* e *Mesocriconema* spp. mantiveram-se em patamares elevados, na faixa de 50 a 1400 espécimes/200 cm³ de solo, por todo o período deste estudo, exceto nos talhões com soja. A única espécie de fitonematoide que se manteve em densidades baixas durante todo o estudo foi *P. minor* (44 espécimes/200 cm³ de solo na primeira coleta – maio de 2003, 25 na primeira de algodão – agosto de 2003, 16 no milho – março de 2004, 49 na segunda de algodão – agosto de 2004, 0 na soja – fevereiro de 2005, e 4 em caupi – setembro de 2005). Como experimentos de campo e de casa de vegetação têm demonstrado que algodão, soja, milho e caupi são suscetíveis a *P. minor* (Rodríguez-Kábana & Collins, 1979; McSorley & Gallaher, 1992; Timper & Hanna, 2005), a sucessão de cultura provavelmente não teve influência expressiva sobre a densidade de *P. minor*.

Na primeira coleta (depois da colheita de milho e amendoim e antes da germinação do algodão, em maio de 2003), os nematoides-anelados *M. ornata* e *M. onoense* formaram o grupo mais abundante no solo (média de 437 espécimes/200 cm³ de solo). Sua população manteve-se

elevada (126 a 266/200 cm³) nas três coletas seguintes (algodão-milho-algodão) e diminuiu durante a soja (20/200 cm³), voltando a crescer com o caupi (222/200 cm³). Esses resultados concordam com experimentos de casa de vegetação, em que milho se mostrou suscetível a *M. ornata*, ao contrário da soja, com base no fator de reprodução (FR): o FR no milho variou entre 72,1 e 264,4, dependendo da densidade inicial, e na soja entre 0,1 e 1,1 (Barker et al., 1982). Há ainda concordância com relato de campo, no qual maiores densidades de *Mesocriconema* spp. [população mista de *M. ornata* e *M. sphaerocephalum* (Taylor) Loof & de Grisse, com predomínio da primeira espécie] foram verificadas em áreas com milho do que naquelas com soja ou caupi (McSorley & Gallaher, 1992).

As densidades do nematoide-espinalado *H. dihystra* permaneceram elevadas durante todo o período de avaliação, exceto durante a soja (média de 246 espécimes/200 cm³ de solo na primeira coleta, 149 no algodão de 2003, 469 no milho, 696 no de algodão de 2004, 25 na soja e 325 no caupi), em consonância com outros relatos em condições de campo. No estado do Alabama (Estados Unidos), um experimento de campo em que milho (cvs. Fla. 200A e Funks G 4949), algodão (cv. Auburn 56) e soja (cv. Bragg) foram utilizados em rotação como culturas de verão, mostrou que as duas primeiras propiciaram elevadas densidades de *H. dihystra* na época da colheita (2168 espécimes/200 cm³ no algodão e 3043 no milho), maiores que as verificadas na soja (Rodríguez-Kábana & Collins, 1979).

Os nematoides-das-lesões foram os que sofreram maiores flutuações durante o estudo (média de 151 espécimes/200 cm³ de solo na primeira coleta, 135 no algodão de 2003, 1354 no milho, 285 no algodão de 2004, 4 na soja e 137 no caupi). A primeira cultura (algodão de 2003) não teve efeito sobre a densidade de *Pratylenchus* spp. no solo, mas alterou a composição da população, com redução da presença relativa de *P. zae* no solo, que passou de 10 a 20% para menos de 10%, uma vez que somente *P. brachyurus* se reproduz em algodão (Endo, 1959). Em seguida, o milho promoveu notável aumento populacional de *Pratylenchus* spp. e levou ao aumento da participação de *P. zae*, comprovando que o milho permite maior reprodução dessa espécie que de *P. brachyurus* (Endo, 1959). Mesmo assim, *P. zae* não atingiu 20% do total para as duas espécies durante o milho.

Registrou-se menor densidade de *Pratylenchus* spp. na coleta feita no meio do ciclo do algodão (agosto de 2004), em parte causada pela ausência de reprodução de *P. zae* em algodoeiro. Porém, como a espécie predominante do nematoide-das-lesões foi *P. brachyurus* e essa espécie se reproduz intensamente em algodão (Inomoto et al., 2001), a redução populacional nessa coleta é indicio de que a espécie atingiu o limite para crescimento populacional durante o ciclo do milho, sofrendo natural decréscimo a partir desse ponto. De acordo com McSorley & Gallaher (1992), o FR dos fitonematoides depende tanto da planta hospedeira como da Pi; à medida que aumenta a Pi do nematoide, seu FR decresce. Em relação ao efeito da planta hospedeira, estudos de casa de

vegetação têm mostrado que o algodoeiro é tão suscetível a *P. brachyurus* quanto o milho (Timper & Hanna, 2005).

Entre agosto de 2004 (algodão) e fevereiro de 2005 (soja), ocorreu forte redução na densidade de *Pratylenchus* spp. no solo, a essa altura representada quase exclusivamente por *P. brachyurus* (> 90% do total), o que poderia indicar que a soja utilizada era resistente ao nematoide. Para esclarecer a dúvida, foram coletadas raízes de soja, verificando-se claros sintomas de infecção por *P. brachyurus*, na forma de lesões escuras ao longo das raízes de todos os talhões. Após processamento por Coolen & D'Herde (1972), contaram-se 1940 a 7730 espécimes/10 g de raiz (média de 4880/10 g). Portanto, as cultivares Garantia e Conquista são suscetíveis a *P. brachyurus*, em concordância com relato anterior, em que 76 cultivares de soja, incluindo Garantia e Conquista, foram testadas em casa de vegetação e todas foram suscetíveis ao nematoide, com FR entre 1,2 em BRSGO Chapadões e 29,3 em TMG 117RR (Dias et al., 2007).

A densidade de *Pratylenchus* spp. voltou a crescer sob caupi. Para verificar a qual espécie o caupi é suscetível, raízes foram coletadas e somente espécimes de *P. brachyurus* foram identificadas, contando-se 0 a 5200 espécimes/10 g de raiz (média de 1900/10g). Há relato de campo em que se verificou aumento de populações mistas de *P. brachyurus* e *P. scribneri* em sete cultivares de caupi (Gallaher & McSorley, 1993). Estudo em condições controladas demonstrou que todas as sete cultivares testadas (BR17–Gurgueia, BRS-Guariba, BR14–Mulato, BR7–Parnaíba, IPA–206 e Fradinho) foram suscetíveis a *P. brachyurus* (Siqueira & Inomoto, 2008).

A densidade populacional de *M. incognita* aumentou entre maio de 2003 (153 juvenis/200 cm³ de solo) e agosto de 2004 (566 J2/200 cm³), sob as culturas de algodão e milho, decrescendo sob soja (4 J2/200 cm³ – fevereiro de 2005) e voltando a crescer sob caupi (94 juvenis/200 cm³ – setembro de 2005). Esses resultados demonstraram que *M. incognita* foi capaz de se manter em altas densidades em áreas sob sucessão de cultura. A exceção foi o período com soja (4 vs 566 J2/200 cm³ no período anterior, com algodão), que, embora planta suscetível a *M. incognita* (McSorley & Gallaher, 1992), apresenta cultivares, como as utilizadas na propriedade (Conquista e Garantia), com resistência genética ao nematoide (Embrapa Soja, 2003).

O conjunto dos resultados obtidos provou que nenhuma das culturas utilizadas durante o estudo, com exceção da soja resistente a *M. incognita*, afetou negativamente a densidade populacional dos nematoides presentes na área - *Pratylenchus brachyurus*, *M. incognita*, *Paratrichodorus minor*, *Helicotylenchus dihystra*, *Mesocriconema ornata* e *M. onoense*. A variação populacional verificada durante o período foi causada principalmente pela competição intraespecífica entre os nematoides sob altas Pi. Portanto, rotações de culturas utilizando milho, algodão, soja e caupi têm reduzido potencial de sucesso no controle de espécies polífagas. O uso de genótipos resistentes é componente importante no manejo de *M. incognita* para culturas como soja. Porém, no presente caso, sua eficácia foi limitada

pela presença de *P. brachyurus*, para o qual tais cultivares provavelmente apresentam resistência baixa ou nula. Não há cultivares de caupi com elevados graus de resistência a *P. brachyurus* (Siqueira & Inomoto, 2008), mas há resultados promissores para soja (Dias et al., 2007).

O milho é cultura particularmente pouco recomendada como cultura de sucessão na presença de *M. incognita* e *P. brachyurus*, pois se comprovou seu papel na manutenção de altas densidades de ambas as espécies, em concordância com outros relatos de campo (Gallaher et al., 1991; McSorley & Gallaher, 1992). Segundo Kirkpatrick & Sasser (1984), em áreas infestadas com *M. incognita*, tanto a monocultura de algodão como a sucessão milho-algodão devem ser evitadas, pois estão associadas a elevadas densidades do nematoide. Adicionalmente, no Brasil não há cultivares ou híbridos comerciais com níveis elevados de resistência a *M. incognita* (Wilcken et al., 2006). No presente caso, portanto, o milho deveria ter sido excluído da sucessão, em benefício das culturas de algodão, soja e caupi. É sabido que amendoim é resistente a *M. incognita*, portanto deve ter contribuído para a redução populacional desse nematoide. Como o amendoim foi cultivado em período anterior ao início deste estudo, não foi possível avaliar seu efeito sobre os demais nematoides.

Estimativa das perdas causadas pelos nematoides

Ao confrontar as produtividades agrícolas obtidas com as esperadas pelo produtor, as maiores perdas prováveis causadas pelos fitonematoides se deram durante a cultura do algodão. Nas condições em que a cultura foi instalada (cv. Delta Opal e com irrigação), a produtividade esperada pelo proprietário era de 4200 a 4800 kg de algodão com caroço por ha, mas ficou entre 2262 e 2976 kg (média de 2682) em 2003 e entre 1402 e 2236 kg (média de 1806) em 2004, mantendo a tendência de queda verificada desde 2001. Perdas de produção na cultura do algodão nos Estados Unidos são causadas por densidades acima de 100 espécimes de *M. incognita*/200 cm³ de solo (Starr, 1998), e não foi possível até o momento determinar o potencial patogênico de *Mesocriconema* spp. e *P. minor* ao algodoeiro (Starr, 1998). Portanto, apesar de outros fitonematoides terem ocorrido em elevadas populações, as perdas observadas nos dois ciclos de algodão devem ser atribuídas a *M. incognita*, pois seu limite de tolerância foi ultrapassado nas duas ocasiões (254 espécimes/200 cm³ em 2003 e 566 em 2004), e foi em função dessa percepção que o proprietário da Fazenda Tabuleirinho deixou de plantar algodão em 2005 (Tabela 2).

Possível efeito dos fitonematoides sobre o milho-pipoca cv. Zélia se deu nos pivôs 1 e 2 no ano de 2004, considerando que suas produtividades foram mais baixas que as 3000 a 3600 kg/ha esperadas pelo produtor. Porém, como as produtividades nos demais pivôs foram elevadas, a média obtida (3226 kg/ha) ficou dentro da faixa considerada satisfatória. Perdas de produção na cultura do milho nos Estados Unidos são causadas por densidades acima de 200 espécimes de *Pratylenchus* spp. ou *P. minor*/200 cm³ de solo, mas em relação a *M. incognita*

são necessários valores 10 vezes maiores; o efeito de outras espécies, como *H. dihystra* e *Mesoriconema* spp., sobre o milho não foi determinado (Windham, 1998). Portanto, as possíveis perdas no milho são atribuídas aos nematoides-das-lesões, pois o limite de tolerância para *Pratylenchus* spp. foi amplamente ultrapassado durante a cultura do milho em 2004 (média de 1354 espécimes/200 cm³), mas não o limite para *M. incognita* (347 espécimes/200 cm³ de solo).

A produtividade da soja foi abaixo da esperada (3600 a 4200 kg/ha) em dois talhões (pivô 1 baixo e 2 baixo), porém a média, 3327 sacas por ha, foi considerada satisfatória pelo produtor. Entre os nematoides presentes na área, *M. incognita* e *P. brachyurus* são os mais virulentos à soja, porém, no caso dos pivôs 1 baixo e 2 baixo, as perdas devem ser atribuídas principalmente a *P. brachyurus*, pois lesões foram observadas em profusão nas raízes de soja. Por outro lado, galhas foram escassas, indicando que a reprodução de *M. incognita* foi pequena, em concordância com a expectativa inicial. De fato, as cultivares de soja utilizadas (Conquista e Garantia) foram escolhidas em função de serem resistentes a essa espécie de nematoide-das-galhas (Embrapa Soja, 2003).

Comparando a produtividade esperada para o caupi cv. Tuiuiu (= BRS-Paraguaçu), na faixa de 780 a 1500 kg/ha (média de 1080 kg) em áreas irrigadas por pivô na Bahia (Alcântara et al., 2002), com a obtida na propriedade, 726 a 1122 kg (média de 906), verificam-se indícios do efeito negativo dos fitonematoides. Embora se desconheça a resposta das cultivares brasileiras atuais de caupi em relação aos nematoides-das-galhas, acredita-se que *M. incognita* seja o nematoide potencialmente mais daninho à cultura em questão, com base em resultados da literatura norte-americana (Pinochet, 1986; Gallaher & McSorley, 1993). Porém, não se pode olvidar o papel do nematoide das lesões *P. brachyurus* nesse contexto, tendo em vista que sua patogenicidade ao caupi já foi provada em condições controladas (Siqueira & Inomoto, 2008).

Portanto, pelo menos duas espécies – *M. incognita* e *P. brachyurus* – provavelmente causaram perdas de produtividade nas culturas implantadas na área estudada. A cultura mais afetada pelos nematoides foi algodão. Como discutido no item anterior, as sucessões utilizadas foram pouco eficazes para reduzir as densidades de ambos os nematoides. A exceção foi o uso da soja resistente a *M. incognita*. A redução populacional desses nematoides poderia ser obtida pela inclusão de *Crotalaria spectabilis* e *C. breviflora*, que são adubos verdes indicados para o controle de *P. brachyurus* (Inomoto et al., 2006), e *Brachiaria ruziziensis*, *B. brizantha* e amendoim, indicados para o manejo de *M. incognita* (Dias-Arieira et al., 2003).

Avaliação da patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* em algodoeiro

Os resultados do primeiro experimento comprovaram a patogenicidade de algodoeiro a *P. brachyurus*, pois, na Pi utilizada (10125 espécimes/

plântula), o nematoide afetou negativamente o crescimento da raiz e da parte aérea (Tabela 3). Por outro lado, o experimento 2 demonstrou que *P. brachyurus* é menos virulento que *M. incognita*, pois, na Pi utilizada (5300 espécimes/plântula), somente a segunda espécie causou decréscimo no crescimento da parte aérea das plantas de algodão (Tabela 3). Uma das causas dessa diferença pode ser a menor fecundidade das fêmeas de *Pratylenchus* spp. (16 a 35 ovos/fêmea, dependendo da espécie de *Pratylenchus*

e da suscetibilidade da planta; Castillo & Vovlas, 2007) em relação às de *Meloidogyne* spp. (400 a 500 ovos/fêmea; Lordello, 1988), evidenciado pelos fatores de reprodução dessas espécies ao final do experimento 2. Na área estudada e em áreas semelhantes, portanto, tanto *M. incognita* como *P. brachyurus* deveriam ser controlados, a fim de evitar perdas na produtividade de algodão. Porém, o nematoide cujo controle é prioritário na cultura do algodão é *M. incognita*.

TABELA 3 - Efeito de *Pratylenchus brachyurus* (experimento 1 e 2) e *Meloidogyne incognita* raça 4 (experimento 2) no crescimento de algodoeiro, estimado pela massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da parte aérea (MSPA), 86 a 88 dias após a inoculação dos nematoides; e reprodução dos nematoides, estimada pelo fator de reprodução (FR = Pf/ Pi). Pi no experimento 1 = 10.125; Pi no experimento 2 = 5.300

Experimento 1 – algodão cv. Acala 90				Experimento 2 – algodão cv. Delta Opal			
Tratamento	MFR	MSPA	FR	Tratamento	MFR	MSPA	FR
Sem nematoide	13,47 a ¹	5,49 a	-	Sem nematoide	19,19 a	13,49 a	-
<i>P. brachyurus</i> 10.125	7,66 b	4,22 b	6,2	<i>P. brachyurus</i> 5.300	19,58 a	13,22 a	4,2 b
				<i>M. incognita</i> 5.300	16,52 a	7,39 b	26,4 a

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcântara JP, Monteiro ID, Vasconcelos OL, Freire Filho FR, Ribeiro VQ, Silva EP, Boaventura JR, Amorim R, Silva WP (2002) BRS Paraguaçu (Tuiuiu) – Nova Cultivar de Feijão Caupi. Ed. Teresina PI. Embrapa Meio-Norte.

Barker KR, Schmitt DP, Campos VP (1982) Response of peanut, corn, tobacco, and soybean to *Criconebella ornata*. Journal of Nematology 14:576-581.

Castillo P, Vovlas N (2007) *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. Ed. Leiden. Koninklijke Brill NV.

Coolen WA, D'Herde CJ (1972) A Method for the Quantitative Extraction of Nematodes from Plant Tissue. Ed. Ghent. State of Nematology and Entomology Research Station.

Dias WP, Ribeiro NR, Lopes ION, Garcia A., Carneiro GES, Silva JFV (2007) Manejo de nematoides na cultura da soja. XXVII Anais do Congresso Brasileiro de Nematologia 27:26-30.

Dias-Arieira CR, Ferraz S, Freitas LG, Mizobutsi EH (2003) Avaliação de gramíneas forrageiras para controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). Acta Scientiarum 25:473-477.

Embrapa Soja (2003) Tecnologia de Produção de Soja – Região Central do Brasil. Londrina PR. Embrapa Soja.

Endo BY (1959) Responses of root-lesion nematodes, *Pratylenchus brachyurus* and *P. zaeae*, to various plants and soil types. Phytopathology 49:417-421.

Gallaher RN, McSorley R (1993) Population densities of *Meloidogyne incognita* and other nematodes following seven

cultivars of cowpea. Nematropica 23:21-26.

Gallaher RN, McSorley R, Dickson DW (1991) Nematode densities associated with corn and sorghum cropping systems in Florida. Supplement Journal of Nematology 23:668-672.

IBGE. Censo agropecuário 2006. http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1464&id_pagina=1. Acesso em 26 de fevereiro de 2010.

Inomoto MM, Goulart AMC, Machado, ACZ & Monteiro AR (2001) Effect of population densities of *Pratylenchus brachyurus* on the growth of cotton plants. Fitopatologia Brasileira 26:192-196.

Inomoto MM, Motta LCC, Beluti DB, Machado ACZ (2006) Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. Nematologia Brasileira 30:39-44.

Jenkins WR (1964) A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter 48:692.

Kirkpatrick TL, Sasser JN (1984) Crop rotation and races of *Meloidogyne incognita* in cotton root-knot management. Journal of Nematology 16:323-328.

Loiola ML, Souza F (2001) Estatística sobre irrigação no Brasil segundo o censo agropecuário 1995-1996. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 5:171-180.

Lordello LGE (1988) Nematoides das Plantas Cultivadas. São Paulo SP. Editora Nobel.

McSorley R, Gallaher RN (1992) Comparison of nematode population densities on six summer crops at seven sites in North Florida. Supplement Journal of Nematology 24:699-706.

Pinochet J (1987) Management of plant parasitic nematodes in Central América – the Panama Experience. In: Veech JA, Dickson

- DW (Eds.) Vistas on nematology. Maryland USA. Society of Nematologists. pp. 105-113.
- Rodríguez-Kábana R, Collins RJ (1979) Relation of fertilizer treatments and cropping sequence to populations of two plant parasitic nematode species. *Nematropica* 9:151-166.
- Shaner G, Stromberg EL, Lacy GH, Barker KR, Pirone TP (1992) Nomenclature and concepts of pathogenicity and virulence. *Annual Review of Phytopathology* 30:47-66.
- Siqueira KMS, Inomoto MM (2008) Pathogenicity and reproductive fitness of *Pratylenchus brachyurus* on cowpea. *Nematology* 10:85-85.
- Starr JL (1998) Cotton. In: Barker KR, Pederson GA, Windham GL (Eds.) Plant and nematode interactions. Madison USA. American Society of Agronomy. pp. 359-380.
- Timper P, Hanna WW (2005) Reproduction of *Belonolaimus longicaudatus*, *Meloidogyne javanica*, *Paratrichodorus minor*, and *Pratylenchus brachyurus* on pearl millet (*Pennisetum glaucum*). *Journal of Nematology* 37:214-219.
- Wilcken SRS, Fukazawa RM, Rosa JMO, Jesus AM, Bicudo SJ (2006) Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 2 e *M. javanica* em genótipos de milho em condições de casa-de-vegetação. *Nematologia Brasileira* 30:35-38.
- Windham GL (1998) Corn. In: Barker KR, Pederson GA, Windham GL (Eds.) Plant and nematode interactions. Madison USA. American Society of Agronomy. pp. 335-358.
- Windham GL, Williams WP (1988) Resistance of maize inbreds to *M. incognita* and *M. arenaria*. *Plant Disease* 72:67-69.

TPP 10027 - Recebido 26 Fevereiro 2010 - Aceito 17 Junho 2011
Editor de Seção (convidado): Vicente P. Campos