

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO RELACIONADOS À POPULAÇÃO E DANOS DO NEMATOIDE DAS LESÕES RADICULARES EM SOJA

Henrique Debiasi¹; Julio Cezar Franchini¹; Waldir Pereira Dias¹;
João Flávio Veloso Silva²;
Alexandre Moura Cintra Goulart³

¹ Pesquisador, Embrapa Soja, Rodovia Carlos J. Strass, Distrito de Warta, Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina/PR. E-mail: debiasi@cnpso.embrapa.br, franchin@cnpso.embrapa.br, wldias@cnpso.embrapa.br.

² Pesquisador, Embrapa Agrossilvipastoril, Avenida dos Jacarandás, 2639, CEP 78550-000, Sinop/MT. E-mail: chgeral.epamt@embrapa.br.

³ Pesquisador, Embrapa Cerrados, BR 020 Km 18, Caixa Postal 08223, CEP 73310-970, Planaltina/DF. E-mail: goulart@cpac.embrapa.br.

Recentemente, os nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*) têm causado danos econômicos elevados e crescentes na cultura da soja no Brasil, especialmente na região Centro-Oeste. No Brasil, há relatos de inúmeros produtores apontando reduções de até 30% na produtividade da soja em áreas com altas populações desse nematoide (Dias et al., 2010). Das 68 espécies pertencentes ao gênero *Pratylenchus* identificadas até o presente momento (Castillo e Vovlas, 2007), *P. brachyurus* é a úni-

ca que apresenta relevância para a soja (Inomoto et al., 2010). São nematoides endoparasitas migradores e polípagos, cujos danos nas raízes das plantas atacadas são resultantes de sua alimentação, movimentação no interior dos tecidos vegetais e da injeção de toxinas (Ferraz e Monteiro, 1995). Esses nematoides apresentam ampla disseminação na região Central do Brasil, estando presente em 96% das amostras de solo avaliadas por Ribeiro et al. (2008) na safra 2008/2009.

A intensidade dos danos ocasionados por nematoides e outros patógenos depende da interação entre o hospedeiro, o patógeno e o ambiente (Bergamin Filho, 1995). Fatores ambientais podem alterar a intensidade dos sintomas de *P. brachyurus* em soja, por influenciarem tanto a predisposição das plantas à doença, quanto a sobrevivência, disseminação, infecção, colonização e reprodução do patógeno (Bedendo, 1995). No caso específico de *P. brachyurus*,

sabe-se que a intensidade dos sintomas é maior em solos arenosos e em plantas sob estresse hídrico (Dias et al., 2010), comprovando a existência de uma relação entre os danos ocasionados pelo nematoide e o ambiente. Assim, é possível que a população e os danos de *P. brachyurus* em soja sejam influenciados por atributos químicos do solo, como o pH, a disponibilidade de nutrientes e os teores de alumínio e matéria orgânica. O conhecimento dessas relações é importante, servindo como subsídio para a definição de práticas de manejo que minimizem os prejuízos ocasionados pelo nematoide.

O objetivo deste trabalho foi determinar a relação entre alguns atributos químicos de solo e a população e os danos ocasionados por *P. brachyurus* à soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Na safra 2009/2010, foram selecionadas oito lavouras de soja apresentando sintomas de ataque de *P. brachyurus* localizadas no Mato Grosso, sendo três na região médio-norte [duas no município de Sinop (P1 e P2) e uma em Vera (P3)], duas na região oeste [uma no município de Campos de

Júlio (P4) e uma em Sapezal (P5)] e três na região leste, no município de Querência (P6, P7 e P8).

Em cada lavoura monitorada, foram coletadas dez amostras de solo nas camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2; e 0,0-0,2 m. Destas, cinco amostras foram coletadas em regiões dentro da lavoura onde a soja apresentava redução de altura em relação ao restante da área (reboleiras), que se constitui, em conjunto com a presença de lesões escuras nas raízes e ausência da raiz principal, nos principais sintomas do ataque de *P. brachyurus*. As outras cinco amostras foram extraídas em regiões localizadas fora das reboleiras. Cada amostra de solo foi composta por dez subamostras. Nos mesmos locais, foram coletadas ainda dez amostras de raízes de soja (cinco na reboleira e cinco fora da reboleira), cada uma constituída pelo sistema radicular de dez plantas. Para quantificar a magnitude dos danos ocasionados por *P. brachyurus*, avaliou-se, em cada lavoura amostrada, a altura das plantas de soja dentro e fora da reboleira. Para isso, mediu-se a distância do solo até o ápice da haste principal em 50 plantas de soja dentro e fora da reboleira. No momento das amostragens, a soja encon-

trava-se nos estádios R4 (vagem completamente formada) a R5 (enchimento de grãos).

As amostras de solo das camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m foram utilizadas para a determinação de alguns atributos químicos do solo (pH, a acidez potencial e teores de Al, Ca, Mg, K, P e matéria orgânica) e da textura (teores de argila, silte e areia), segundo metodologia da Embrapa (1997). Já as amostras de solo, provenientes da camada de 0,0-0,2 m, e de raízes, foram utilizadas para determinar a população de nematoides, por meio dos métodos de Jenkins (1964), para o solo, e Coolen e D'Herde (1972), para raízes. A população de nematoides no solo foi avaliada também por meio do bioensaio, que consiste na contagem do número de

nematoides presentes nas raízes das plantas de soja após 60 dias de cultivo em casa de vegetação, em vasos contendo 1 kg de solo coletado no campo. Neste trabalho, a partir de cada amostra de solo coletada na camada de 0,0-0,2 m, montou-se dois vasos, sendo um cultivado com soja cultivar TMG 115 RR e outro, com a cultivar BRSGO Chapadões, totalizando 20 vasos por lavoura de soja monitorada. A extração e contagem dos nematoides foram realizadas pelo método de Coolen e D'Herde (1972).

A comparação estatística dos valores de cada variável, obtidos dentro e fora da reboleira, foi realizada em separado para cada área, por meio do teste t de Student a 5% de probabilidade de erro. A correlação (Pearson) en-

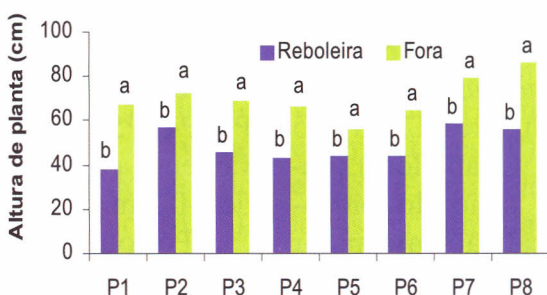


Figura 1. Altura de planta da soja, dentro e fora das reboleiras de plantas com redução de altura ocasionada por *Pratylenchus brachyurus*, em oito áreas de soja no Mato Grosso. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada área monitorada, não diferem significativamente pelo teste t ($p < 0,05$).

tre a população de nematoides e os atributos químicos também foi realizada por meio do Microsoft Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as lavouras amostradas apresentaram reboleiras de plantas caracterizadas por uma redução significativa de altura (Figura 1), evidenciando a existência de áreas onde os sintomas ocasionados por *P. brachyurus* foram mais intensos. No entanto, das oito lavouras amostradas na safra 2009/2010, em apenas uma (P1) a população de *P. brachyurus* nas raízes de soja coletadas a campo foi maior nas reboleiras (Figura 2a). Nas demais lavouras, a população do nematoide foi igual (P2, P4, P7 e P8) ou maior (P3, P5 e P6) fora das reboleiras. Da mesma forma, a população média de *P. brachyurus* em plantas de soja (cultivares TMG 115 RR e BRSGO Chapadões), determinada por meio do bioensaio, foi significativamente maior nas reboleiras somente nas áreas P1 e P7, enquanto que, na P4 e P5, ocorreu o contrário (Figura 2b). Nas demais áreas (P2, P3, P6 e P8), as regiões dentro e fora das reboleiras não diferiram entre

si no que se refere ao número de nematoides por planta de soja no bioensaio.

Os resultados apresentados nas Figuras 1 e 2 sugerem que a população não é o único fator que determina a intensidade dos sintomas ocasionados por *P. brachyurus* à soja. Assim, fatores ambientais, como os relacionados aos atributos de solo, podem estar influenciando a tolerância da soja ao ataque do nematoide. Nesse sentido, Dias et al. (2010) afirmam que os danos de *P. brachyurus* variam em função do teor de argila do solo, sendo maiores em solos arenosos. No presente estudo, a intensidade dos sintomas não pode ser relacionada ao teor de argila, uma vez que os valores deste atributo obtidos dentro e fora da reboleira foram similares, equivalendo, em média, a 175; 231; 245; 118; 104; 110; 156; e 311 g kg⁻¹ nas áreas P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8, respectivamente, considerando a camada de 0-0,2 m.

Por outro lado, os dados obtidos neste trabalho evidenciam a existência de uma relação entre os danos de *P. brachyurus* em soja e alguns atributos químicos do solo. Em primeiro lugar, nota-se que o teor de C do solo foi menor

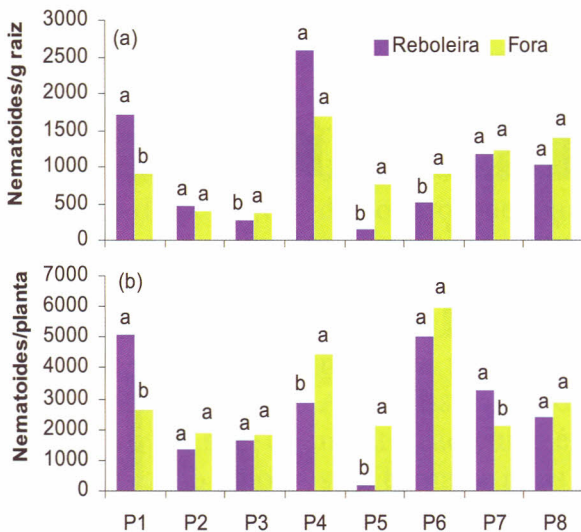


Figura 2. Número de nematoides (*Pratylenchus brachyurus*) por grama de raiz de soja no campo (a), e por planta de soja no bioensaio (b), dentro e fora das reboleiras de plantas com redução de altura ocasionada pelo nematoide, em oito áreas de soja no Mato Grosso. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada área, não diferem significativamente pelo teste t ($p < 0,05$).

nas reboleiras em quatro lavouras de soja na camada de 0,0-0,1 m e em três lavouras na camada de 0,1-0,2 m (Figura 3). Isso indica que os danos de *P. brachyurus* podem ser reduzidos mediante práticas de manejo do solo que resultem no aumento do teor de matéria orgânica do solo (MOS). Nesse contexto, a MOS contribui para a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo (Bayer e Mielniczuk, 1999), tornando as plantas de soja menos suscetíveis aos nematoides principalmente pelo melhor desenvol-

vimento radicular e pela nutrição mineral equilibrada.

De acordo com a Figura 3, cinco das oito lavouras de soja avaliadas apresentaram menores valores de pH em CaCl_2 , saturação por bases (V) e teores de Ca e Mg no solo coletado das reboleiras na camada de 0,0-0,1 m. Da mesma forma, os teores de Al na camada de 0,0-0,1 m foram maiores nas reboleiras em quatro lavouras. Resultados similares foram observados na camada de 0,1-0,2 m (Figura 3). Nessa camada, a saturação por bases, o

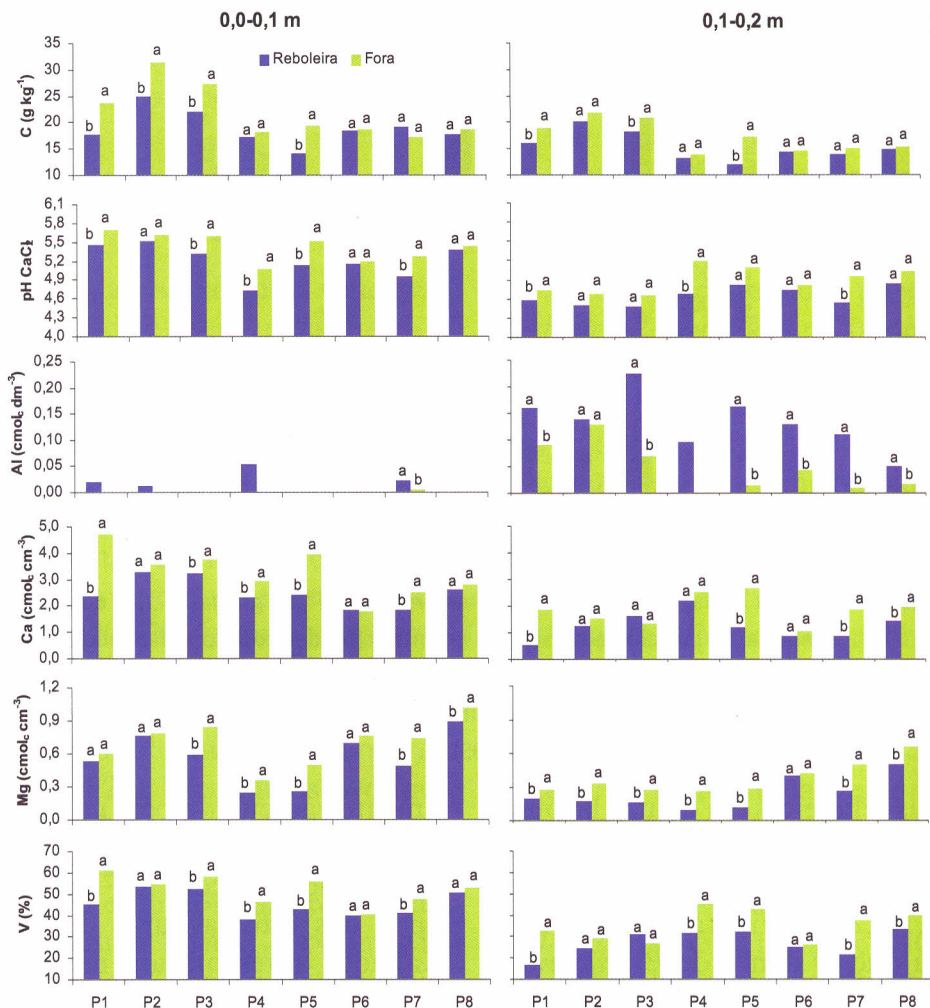


Figura 3. Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m, dentro e fora das reboleiras de plantas com redução de altura ocasionada por *Pratylenchus brachyurus*, em oito áreas de soja no Mato Grosso. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada área e camada avaliada, não diferem significativamente pelo teste t ($p < 0,05$).

pH em CaCl₂ e os teores de Ca e Mg foram significativamente maiores nas regiões localizadas fora das reboleiras em cinco, três,

quatro e sete lavouras, respectivamente. Adicionalmente, sete das oito áreas avaliadas apresentaram teores de Al na camada

de 0,1-0,2 m significativamente mais elevados nas reboleiras (Figura 3). Por outro lado, os teores de P e K, em ambas as camadas avaliadas, não variaram de forma consistente em função da posição de coleta de amostras (dados não apresentados).

Esses resultados revelam a existência de uma relação entre a intensidade dos sintomas causados por *P. brachyurus* em soja e os parâmetros de acidez do solo. O aumento da acidez do solo reduz a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade da maioria dos nutrientes (P, K, Ca, Mg, B e S, por exemplo), podendo ainda elevar a concentração de outros elementos (Al, Fe e Mn) a níveis considerados tóxicos (Malavolta, 1980). Esses efeitos podem causar desbalanços nutricionais e, assim, aumentar a suscetibilidade da soja aos danos ocasionados pelos nematoides.

A presença de Ca no ambiente de crescimento das raízes é essencial para a sua sobrevivência, um que esse nutriente não se transloca da parte aérea para as porções novas das raízes em crescimento. Já o Al pode ocasionar redução no crescimento das raízes, interferindo na absorção de água e nutrientes pelas plantas

(Silva et al., 2005). Assim, os menores teores de Ca e as maiores concentrações de Al nas reboleiras podem estar associados à redução do crescimento radicular da soja, o que, para uma mesma população de *P. brachyurus*, implica no aumento dos danos ocasionados às raízes e, conseqüentemente, à parte aérea das plantas. Além disso, quando o desenvolvimento radicular é prejudicado a soja torna-se mais sensível à seca, o que também favorece os danos de *P. brachyurus* (Dias et al., 2010). A relação desses elementos com a intensidade dos sintomas de *P. brachyurus* é mais evidente quando se considera a camada de 0,1-0,2 m, onde se observa os maiores teores de Al, particularmente nas reboleiras. Além disso, nessa camada, os teores de Ca nas reboleiras, à exceção da P4, são inferiores ao considerado crítico à soja (Tecnologias..., 2011). É importante destacar ainda que a saturação da CTC por Ca na camada de 0,1-0,2 m (dados não apresentados), em média, equivaleu a 19,7% e 27,8% dentro e fora das reboleiras, respectivamente. Esses valores se enquadram nos níveis “Baixo” e “Médio” de interpretação, respectivamente (Tecnologias..., 2011).

Além de compor a molécula da clorofila, o Mg atua como cofator de várias enzimas, particularmente as envolvidas nas reações de fosforilação, de modo que o nutriente é fundamental para a fotossíntese, respiração, síntese de compostos orgânicos, absorção iônica e trabalho mecânico executado pela planta (Malavolta, 1980). Embora seja um nutriente móvel na planta (Malavolta, 1980), a presença de Mg no ambiente radicular também tem sido relacionada ao aumento na elongação das raízes, tanto na presença quanto na ausência de Al tóxico (Silva et al., 2005). Portanto, a menor disponibilidade de Mg nas reboleiras pode estar associada a plantas debilitadas e com menor desenvolvimento radicular, tornando-as mais suscetíveis aos danos de *P. brachyurus*. A possível relação entre o Mg e a intensidade dos sintomas de *P. brachyurus* é respaldada pelo fato de os teores deste nutriente em todas as lavouras e camadas amostradas (Figuras 3), com exceção da área P8 na camada de 0,0-0,1 m, terem sido inferiores a 0,8 cmol_c dm⁻³, valor considerado crítico à soja (Tecnologias, 2011). Da mesma forma, a saturação da

CTC por Mg (dados não apresentados) foi, na média das lavouras amostradas, de 7,2 e 3,8% nas reboleiras e 8,3 e 5,7% fora das reboleiras nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m, respectivamente. Esses valores se enquadram no nível “Baixo” de interpretação para a soja (Tecnologias..., 2011).

Em todas as áreas monitoradas, a saturação por bases na camada de 0,1-0,2 m, tanto dentro quanto fora das reboleiras, foi inferior a 50% (Figura 3), valor considerado ideal para os solos predominantes na região central do Brasil (Tecnologias, 2011). A situação é mais preocupante no caso das reboleiras, onde os valores de saturação por base foram inferiores a 35% em todas as lavouras de soja avaliadas. Esse fato se constitui em mais um indicador de que a acidez do solo, especialmente na camada de 0,1-0,2 m, está envolvida no aumento dos danos ocasionados por *P. brachyurus* em plantas de soja.

Os resultados deste trabalho indicam que o manejo inadequado da acidez do solo, relacionado à dose incorreta e má distribuição do calcário, bem como à falta de correção da acidez subsuperficial

antes da implantação do sistema plantio direto, pode contribuir para o agravamento dos prejuízos ocasionados pelo nematoide das lesões radiculares. No entanto, é importante salientar que a população de *P. brachyurus* não se correlacionou de modo significativo com nenhum dos atributos químicos avaliados ($p < 0,05$), em ambas as camadas. Assim, aparentemente, o manejo correto da acidez do solo não diminui a população de *P. brachyurus*, mas contribui para reduzir a intensidade dos sintomas ocasionados pelo nematoide, por aumentar a tolerância das plantas de soja.

CONCLUSÕES

1. A intensidade dos sintomas de *P. brachyurus* em plantas soja é maior em solos ácidos, caracterizados pela presença de Al e níveis insuficientes de Ca e Mg.

2. A população de *P. brachyurus* não foi relacionada com os atributos químicos de solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Apoio à Cultura da Soja (FACS), pelo financiamento desta pesquisa.

A Associação dos Produtores de Soja do Mato Grosso (Aprosoja/MT), pelo auxílio na execução do trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.
- BEDENDO, I. P. Ambiente e doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agromônica Ceres, 1995. v. 1, p. 331-341.
- BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia: conceitos e benefícios. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agromônica Ceres, 1995. v. 1, p. 540-553.

- COOLEN, W. A. & D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue.** Gent: State Agricultural Research Center, 1972. 77 p.
- DIAS, W. P.; ASMUS, G. L.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematoides. In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. (Ed.) **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura.** Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 173-206.
- EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 168-201.
- INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L.; SILVA, R. A. **Importância e manejo dos nematoides da soja.** Rondonópolis: Fundação MT, 2010. p. 276-288. (Boletim de Pesquisa de Soja 2010).
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n.9, p. 692, 1964.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; SANTOS, J. M. **Distribuição de fitonematoides em regiões produtoras de soja do estado de Mato Grosso.** Rondonópolis: Fundação MT, 2010. p. 289-296. (Boletim de Pesquisa de Soja 2010).
- SILVA, I. R.; FERRUFINO, A.; SANZONOWICZ, C.; SMYTH, T. J.; ISRAEL, D. W.; CARTER JÚNIOR, T. E. Interactions between magnesium, calcium, and aluminum on soybean root elongation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.747-754, 2005.