

Distribuição espacial de *Pratylenchus brachyurus* em área de soja no Leste do Maranhão

José Roberto Brito Freitas¹, Daniel De Bortoli Teixeira², Mara Regina Moitinho³, João Fernandes da Silva Júnior⁴, Diego Silva Siqueira⁵, Bruno Flávio Figueiredo Barbosa⁵, Pedro Luiz Martins Soares⁵, Gener Tadeu Pereira⁵

¹ Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA, Brasil. E-mail: joserobertobrito@freitas@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0003-0513-4211)

² Universidade de Marília, Centro de Ciências Agrárias, Marília, SP, Brasil. E-mail: danielteixeira@unimar.br (ORCID: 0000-0001-8172-7911)

³ Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol, Campinas, SP, Brasil. E-mail: maramoitinho@gmail.com (ORCID: 0000-0002-9401-6294)

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, PA, Brasil. E-mail: joajrjsilva@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0002-1531-3486)

⁵ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: diego_silvasiqueira@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0003-3339-1143); bruno.ff.barbosa@gmail.com (ORCID: 0000-0002-5829-2750); pedrolms@fcav.unesp.br (ORCID: 0000-0001-7336-5025); genertp@fcav.unesp.br (ORCID: 0000-0002-3057-4115)

RESUMO: O nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, é autóctone da região dos cerrados do Brasil. As plantas de soja são excelentes hospedeiras desse nematoide e o avanço desta sobre áreas do Cerrado, fez com que esse fitoparasita se tornasse o mais frequente. Neste estudo, objetivou-se avaliar a distribuição espacial de *P. brachyurus* e sua influência na produtividade da cultura da soja no Leste do Maranhão. Para tal, foi conduzida uma amostragem em 142 pontos georreferenciados distribuídos em uma área de 180 × 180 m. Foram coletadas amostras de planta e solo, sendo os nematoides extraídos e contados. Os padrões espaciais foram estimados utilizando análises geoestatísticas. Modelos exponenciais anisotrópicos foram ajustados para todas as variáveis estudadas com alcances maiores na direção do preparo do solo e plantio (135°). O aumento da população de nematoides, bem como seu padrão espacial, relacionou-se com a presença de raízes da planta hospedeira no solo. A direção do preparo do solo e plantio da cultura influenciaram na distribuição dos nematoides na área, sendo o principal fator controlador do padrão espacial dos mesmos.

Palavras-chave: anisotropia; geoestatística; nematoides

Spatial distribution of *Pratylenchus brachyurus* in a soybean area of eastern Maranhão, Brazil

ABSTRACT: The root-lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, is native to the Brazilian Cerrado region. Although soybean is not a natural host of this nematode, its advance on Cerrado areas has made this species become an important pathogen for the crop. This study aimed to assess the spatial distribution of *P. brachyurus* and its influence on soybean crop productivity in eastern Maranhão. For this, a sampling was conducted in 142 georeferenced points distributed in an area of 180 × 180 m. Plant and soil samples were collected, being the nematodes extracted and counted. Spatial patterns were estimated using geostatistical analysis. Anisotropic exponential models were adjusted for all studied variables with higher ranges in the direction of soil tillage and planting (135°). The increase in nematode population, as well as its spatial pattern, was related to the presence of roots of the host plant in the soil. The direction of soil tillage and planting influenced the distribution of nematodes in the area, being the main controlling factor of their spatial patterns.

Key words: anisotropy; geostatistics; nematodes

Introdução

O nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev e Sch. Stekhoven, ocasiona necrose nas raízes, principalmente nas radículas, reduzindo a absorção de água e nutrientes pela planta (Castillo & Vovlas, 2007). O mau desenvolvimento radicular é refletido no baixo desenvolvimento da parte aérea da planta, resultando em redução na produtividade da cultura. A sintomatologia visual do ataque é feita por meio de observações à campo de “manchas” ou “reboleiras” de plantas com porte reduzido, sendo posteriormente, nestas regiões, identificados os danos nas raízes das plantas (Freitas et al., 2017).

Os danos econômicos do organismo supracitado para a soja brasileira têm aumentado nos últimos anos (Franchini et al., 2014), fato este associado à expansão da área de produção desta cultura para locais com solos arenosos, bem como à utilização de cultivares muito suscetíveis ao nematoide, aliadas à práticas culturais equivocadas (Debiasi et al., 2016). Ainda, de acordo com estes autores, ao longo do tempo, o patógeno foi beneficiado, também, por mudanças no sistema de produção, com destaque para a implantação do plantio direto e incorporação de áreas degradadas de pastagem ao sistema produtivo.

O estado do Maranhão apresentou cerca de 951,5 mil ha cultivado com soja na safra de 2017/2018. Embora não seja o estado brasileiro com maior área plantada com a cultura, destaca-se por apresentar a segunda maior taxa de crescimento anual (15,8%) de áreas de plantio de soja (CONAB, 2018). Na região leste do estado, área de franca expansão da sojicultura,

os cultivos já apresentam fortes sintomas de infestação de *P. brachyurus* e perdas significativas de produtividade.

O conhecimento da distribuição espacial do nematoide na área agrícola permite identificar os principais fatores atuantes em sua disseminação, o que pode auxiliar no controle do contínuo avanço sobre a cultura, bem como possibilitar a realização de intervenções em locais específicos (Franchini et al., 2018). Segundo Freitas et al. (2017), o mapeamento possibilita a visualização espacial das reboleiras nas áreas infestadas, constituindo aspecto de inquestionável importância como ferramenta de apoio às decisões para o manejo de populações desses patógenos. Neste sentido, as análises geoestatísticas destacam-se como ferramenta fundamental para o conhecimento da distribuição espacial de patógenos na lavoura (Vicente et al., 2015; Das, 2015).

Diante do exposto, objetivou-se modelar a distribuição espacial de *P. brachyurus* em área de cultivo de soja, no leste do estado do Maranhão, bem como determinar sua relação com a produtividade da cultura.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido em maio de 2013, na Fazenda Condor, situada no município de Brejo, região Leste do estado do Maranhão (Figura 1), com coordenadas geográficas centrais de -73.2734° longitude e -95.93378° latitude. O solo no local foi caracterizado como Argissolo Amarelo distrocoeso típico, textura arenosa (Dantas et al., 2014), apresentando sequência de horizontes A1-AB-BA-Bt2 e Bt3, com profundidades superiores a 1,40 m. A granulometria

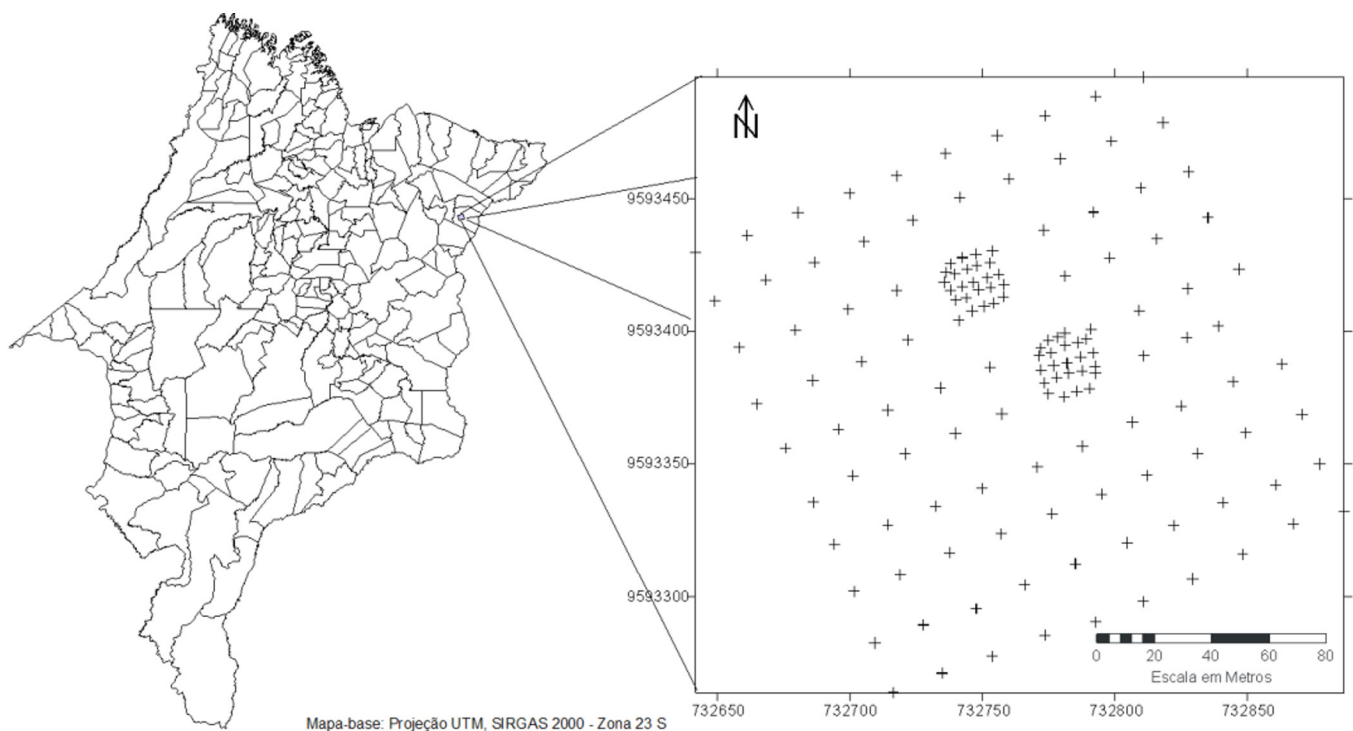


Figura 1. Localização da área e malha amostral utilizada no estudo.

da camada superficial é de 350 g kg⁻¹ de areia fina, 450 g kg⁻¹ de areia grossa, 40 g kg⁻¹ de silte e 160 g kg⁻¹ de argila.

A área selecionada apresentava extensas reboleiras de plantas com nanismo e, também, raízes de soja com sintomas de lesões, características do parasitismo do nematoide. Posteriormente, para a confirmação da espécie responsável pelos danos, foram montadas lâminas temporárias, sendo os nematoides observados e comparados com as características contidas na chave, proposta por Castillo & Vovlas (2007). A espécie *P. brachyurus* foi confirmada devido à observação das seguintes características-chave: dois anéis na região labial, nódulos basais do estilete arredondados, cauda semi-hemisférica e lisa, vulva mais posterior em relação ao comprimento do corpo, espermateca atrofiada (não funcional) e ausência de machos.

Em 01 de maio de 2013, quando a soja (cultivar BRS Tracajá) se encontrava no estágio R7.3 (mais de 76% de folhas e vagens amarelas), foram marcados e georreferenciados 142 pontos amostrais com distâncias variando de 5 a 20 m em uma área de 180 × 180 m, totalizando 3,2 ha. Estes pontos foram selecionados considerando uma malha amostral inicial com pontos distanciados em 20 m. Posteriormente, foram selecionados, aleatoriamente, dois quadrantes de 20 × 20 m nos quais foram feitos adensamentos de 5 × 5 m (Figura 1), com a finalidade de captar melhor a estrutura de dependência espacial em pequenas escalas. Em cada ponto foram coletadas amostras de plantas e solo. Cada amostra foi obtida a partir de seis amostras simples de solo e raízes, tomadas ao redor do respectivo ponto georreferenciado. As amostras simples foram misturadas homogeneamente para obtenção de cada amostra composta, para identificação e quantificação dos nematoides. No mesmo dia, foram colhidas as vagens de 1 m² de cada ponto da malha para determinação da produtividade no ponto amostral.

A fração do solo de cada amostra foi processada pela técnica da flotação centrífuga em solução de sacarose, conforme descrito por Jenkins (1964). As suspensões de nematoides foram acondicionadas em tubos de plástico do tipo Falcon de 20 mL e mantidos em refrigerador, em torno de 4 °C.

A extração dos nematoides e ovos presentes nas raízes de soja foi realizada pelo método de Coolen & D'Herde (1972). O número de nematoides no solo e nas raízes foi estimado com auxílio da câmara de contagem de Peters, sob microscópio fotônico.

Inicialmente, a variação da população de nematoides e a produtividade da soja foram estimadas por meio da estatística descritiva, calculando-se média, mediana, desvio padrão, valores mínimos e máximos e coeficientes de variação, assimetria e curtose. Posteriormente, a dependência espacial foi analisada por meio de técnicas geoestatísticas, com estimativas de variogramas experimentais e ajustes de modelos permissíveis.

Sob a pressuposição da hipótese intrínseca, o variograma foi estimado pela equação (Oliver & Webster, 2014):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

em que, $N(h)$ é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$, separados por uma distância h . O variograma é representado pelo gráfico de $\gamma(h)$ versus h .

A partir do ajuste de um modelo matemático aos valores de $\gamma(h)$, foram estimados os parâmetros do modelo teórico do variograma (efeito pepita, C_0 ; patamar, $C_0 + C_1$; e alcance, a). O índice de dependência espacial foi estimado e classificado segundo Seidel & Oliveira (2016).

Variogramas isotrópicos e anisotrópicos foram considerados neste estudo, com a seleção de direções dos vetores h associada aos pares $Z(x_i) - Z(x_i+h)$. A escolha do melhor ajuste ao variograma experimental baseou-se na menor soma do quadrado do resíduo (SQR), maior coeficiente de determinação (R^2) e na validação cruzada. O processo de validação cruzada consiste na remoção de cada observação pertencente ao conjunto de dados com subsequente estimativa do seu valor por meio do método de interpolação da krigagem ordinária (Oliver & Webster, 2014).

Resultados e Discussão

A média para número de nematoides no solo (NNS) (499 indivíduos) encontrada na pesquisa (Tabela 1) é semelhante àquela detectada por Lima et al. (2015) em Porto Nacional, Tocantins, dentro das regiões de reboleiras de *P. brachyurus*. No presente trabalho, a amostragem foi realizada no final do ciclo da cultura, fase em que comumente há redução do nematoide nas raízes, devido à competição entre diferentes espécimes de nematoide, sendo que desta forma muitos morrem por inanição (Barbosa et al., 2013).

As análises de raízes revelaram maior média populacional de *P. brachyurus* (23.121 nematoides em 10 g raízes) em relação a média das análises de solo. Por se tratar de um endoparasita migrador, havendo hospedeiro em crescimento no solo, a densidade da população do patógeno nas raízes será mais alta que no solo (Carvalho et al., 2013; Lima et al., 2015).

A área em que a amostragem foi realizada está inserida numa região de domínio do bioma cerrado, local em que o nematoide *P. brachyurus* ocorre naturalmente, porém muitas vezes em níveis populacionais baixos ou até mesmo

Tabela 1. Estatística descritiva da população de *Pratylenchus brachyurus* e produtividade de soja.

	10 g de raízes				PROD (kg ha ⁻¹)
	NNS	NNR	NOR	SNOR	
Média	499	23121	11892	33449	2400
Mediana	360	15840	9040	23960	2434
DP	511,80	23773,00	11377,00	32003,00	793,90
CV	102,49	102,82	95,67	95,68	33,08
Mínimo	0	0	0	0	398
Máximo	2560	111680	57120	145440	3950
Assimetria	1,91	1,43	1,58	1,36	-0,26
Curtose	4,56	1,77	2,91	1,74	-0,29

(N=142); DP: desvio padrão; CV: Coeficiente de variação; NNS: Número de Nematoides no Solo; NNR: Número de Nematoides nas Raízes; NOR: Número de Ovos nas Raízes; SNOR: Soma do Número de Nematoides nos Ovos e Raízes; PROD: Produtividade da Soja (kg ha⁻¹).

não detectáveis (Goulart & Ferraz, 2003). Entretanto, com a implantação da monocultura da soja na região Leste do estado do Maranhão, a população de *P. brachyurus* vem aumentando muito no solo e causando perdas significativas de produtividade na cultura.

As características físicas do solo são importantes fatores que influenciam a distribuição de nematoides (Ortiz et al., 2010; Vicente et al., 2015). Dantas et al. (2014), avaliando a relação solo-paisagem na mesma região e tipo de solo, concluíram que pedofomas convexas, semelhante a forma da área estudada neste trabalho, apresentam alta macroporosidade e baixa densidade e resistência do solo à penetração, características que facilitam a migração do *P. brachyurus* no solo (Vicente et al., 2015) e potencializam o efeito de disseminação causado pelo preparo mecanizado do solo.

Os altos valores da média de NOR e SNOR (Tabela 1) indicam o potencial desse organismo em atingir altas populações ao final do ciclo da cultura e do elevado número de ovos que ficam latentes no solo, tornando-se fonte de inóculo para a próxima safra (Barbosa et al., 2013).

A produtividade da soja na área experimental (Tabela 1) variou de 398 a 3.950 kg ha⁻¹, com valor médio de 2.400 kg ha⁻¹, influenciada pela flutuação populacional dos nematoides dentro da área em estudo durante o ciclo da cultura. Verificou-se a presença de correlação linear significativa ($r = 0,32$; $P < 0,05$) entre a produtividade e a população de nematoides no final do ciclo da cultura, indicando maior multiplicação nos locais com melhor desenvolvimento das raízes.

A produtividade média da soja do norte/nordeste na safra 2012/2013, época de execução do experimento, segundo a CONAB (2013), foi de 3.200 kg ha⁻¹. Assim, comparando a produção média com a produção da área estudada, verificou-se uma perda de 24%, aproximadamente. Na cultura da soja, foram registradas perdas de até 30% na produção devido à ocorrência de *Pratylenchus* spp. em condições experimentais de campo nos Estados Unidos (Schmitt & Barker 1981).

No Brasil, Lima et al. (2015) constataram redução média de 33% na produtividade de soja em áreas infestadas com *P. brachyurus*, contendo em média 3278 indivíduos em 10 g de raiz. Os efeitos de *Pratylenchus* spp. sobre o crescimento e, consequentemente, a produção vegetal, são resultantes de

desordem e mal funcionamento dos processos de crescimento de raízes e exploração do solo para obtenção de água e nutrientes (Freitas et al., 2017).

Os valores da média e da mediana das variáveis analisadas não foram próximos, indicando distribuição assimétrica positiva da população de *P. brachyurus* na área (Tabela 1). Isso ocorre em virtude da alta variação dos dados ($CV > 95\%$), e da distribuição desuniforme, em forma de reboleiras, desses organismos no solo (Carvalho et al., 2013). Os valores elevados de CV, principalmente com relação à população de *P. brachyurus*, indicam a heterogeneidade dos dados, o que reforça a importância da análise espacial dos mesmos (Freitas et al., 2017).

O modelo exponencial foi utilizado para descrever a distribuição espacial de todas as variáveis estudadas (Tabela 2). Este mesmo modelo também foi utilizado por Franchini et al. (2018), para a descrição do padrão espacial da densidade de população de *P. brachyurus* na cultura da soja.

Em alguns conjuntos de dados os valores são mais contínuos em determinadas direções (Bahia et al., 2014), sendo que para atributos relacionados ao solo estas direções normalmente estão relacionadas a fatores como o relevo e mecanização. Neste estudo foi verificada a presença de anisotropia, indicando que a continuidade espacial difere em função da direção avaliada, apresentando seu maior valor na direção de 135° (Tabela 2). Os maiores alcances nessa direção coincidem com a aquela em que ocorrem as operações de preparo do solo e plantio, sendo nesta a disposição das linhas de plantio da soja. O nematoide, embora possua a capacidade de se movimentar próximo da rizosfera da planta que coloniza, dissemina-se principalmente as operações agrícolas que envolvem trânsito de máquinas e veículos, contribuindo para a dispersão acentuada no campo (Goulart, 2008).

Os valores do alcance máximo (a_{max}) indicaram a maior continuidade do NNS, NNR, NOR, SNOR e PROD (direção de 135°). Assim, multiplicando-se o a_{max} pelo fator de anisotropia (fa) encontrou-se o valor do alcance na menor continuidade (45°), perpendicular à direção de maior continuidade. Os parâmetros relacionados ao nematoide que apresentaram anisotropia mais acentuada foram NNS e NNR, com fa de 0,34 e 0,45, respectivamente, indicando que para cada metro

Tabela 2. Parâmetros dos variogramas anisotrópicos experimentais obtidos para as variáveis analisadas em área de soja infestada com o *Pratylenchus brachyurus*.

	NNS	NNR	NO	SNRO	PROD
Modelo	Exponencial	Exponencial	Exponencial	Exponencial	Exponencial
C_0	60286	162764014	16862275	178889423	301114
C_1	620384	565886328	80649857	1,076E+09	412764
a_{max}	99	104	47	81	56
Fa	0,34	0,45	0,68	0,66	0,42
θ	135°	135°	135°	135°	135°
R^2	0,56	0,52	0,70	0,68	0,21
SQR	1,04E+12	9,89E+17	3,07E+16	1,90E+18	9,07E-11
VC	135+0,778x	762+0,98x	2660 + 0,778x	339 + 0,999x	-186 + 1,067x

NNS: Número de Nematoides no Solo; NNR: Número de Nematoides nas Raízes; NOR: Número de Ovos nas Raízes; SNOR: Soma do Número de Nematoides e Ovos nas Raízes; PROD: Produtividade da Soja; C_0 : efeito pepita; C_1 : contribuição; a_{max} : alcance de maior continuidade (m); fa : fator de anisotropia; θ : ângulo de maior continuidade; R^2 : coeficiente de determinação do ajuste; SQR: soma dos quadrados dos resíduos; VC: Parâmetros da validação cruzada.

na direção de 135°, percorre-se 0,34 e 0,45 m na direção de 45°. De forma semelhante, Chen & Bird (1992) avaliaram a distribuição espacial de *Pratylenchus penetrans* na cultura da batata e observaram presença de anisotropia na direção do preparo do solo.

Ao avaliar o índice de dependência espacial, segundo Seidel & Oliveira (2016), verificou-se que apenas SNRO apresentou forte dependência espacial em ambas as direções avaliadas (135° e 45°). Enquanto NNS e NNR apresentaram forte dependência apenas na direção de maior continuidade espacial. Por outro lado, apenas a produção na direção de 45° apresentou fraca dependência espacial.

A modelagem espacial, considerando os variogramas anisotrópicos, possibilita a obtenção de maior peso para os pontos que estejam na direção de maior continuidade durante o procedimento de krigagem (Oliver & Webster, 2014). Assim, observou-se presença de manchas mais alongadas na direção de 135° nos padrões espaciais estimados pela krigagem (Figura 2).

O mapa obtido para representar a distribuição espacial de *P. brachyurus* no solo no estádio R7 da soja (Figura 2A) mostrou a presença de um agrupamento principal, com população acima 3.200 nematoides em 100 cm³ de solo, localizado mais ao norte, acompanhando as linhas de plantio, e onde ainda se encontrava a maior parte das plantas que conseguiram terminar o ciclo, sendo portanto, a região que apresentou a maior produtividade da área experimental (Figura 2E). Isto se deve ao fato deste local apresentar menor população

no momento do plantio, possibilitando aos nematoides multiplicarem-se, nessas raízes.

Avaliando níveis populacionais em cana-de-açúcar, Barbosa et al. (2013) observaram que a partir do nível com 10.000 espécimes por planta, até a alta infestação de 100.000 nematoides planta⁻¹, ocorre acirrada competição entre os espécimes de *P. zae* por raízes. Consequentemente, nestas situações há a morte de maior número de raízes, o que reflete na morte de nematoides por inanição, com redução da infestação nos primeiros 60 dias. A situação relatada se assemelha a encontrada neste estudo. Assim, devido a uma alta infestação de nematoides nas raízes no início do plantio, as plantas atacadas inicialmente morreram, sendo que no final do ciclo (época de avaliação) estes locais apresentavam baixa infestação de nematoides. Enquanto que, nos locais com baixa infestação inicial, a população de nematoides na época de avaliação do experimento era alta, corroborando com Freitas et al. (2017). Almeida et al. (2011), estudando o efeito de níveis crescentes de *Meloidogyne enterolobii* (Young & Eisenback) em goiabeira, verificaram que no maior nível inicial utilizado (10.000 ovos e juvenis planta⁻¹), houve competição entre os espécimes, reduzindo-se a população dos nematoides no solo e raízes.

A área em estudo apresentou alto nível de infestação em vários focos (reboleiras), verificado pelo NNR (Figura 2B) superior a 60.000 nematoides em 10 g raiz. Foi possível verificar elevada população deste nematoide distribuída em uma maior extensão da área, o que não foi detectado com os mapas de NNS (Figura 2A), demonstrando assim que as amostras de raízes são a forma mais eficiente na avaliação desse nematoide. Castillo & Vovlas (2007) observaram que, sob cultivo de milho, a população de *P. brachyurus* no solo exibe flutuação populacional com declínio durante o período de crescimento da cultura, provavelmente causado pela migração dos nematoides do solo para as raízes. Em relação ao número de ovos na raiz (NOR) (Figura 2C), também se verificou maiores valores nos locais onde as plantas se desenvolveram melhor e, portanto, onde a população no momento do plantio era menor.

O padrão espacial da produtividade da soja (Figura 2e) confirma os resultados descritos anteriormente, sendo que as maiores produtividades ocorreram justamente nos locais com maior população de *P. brachyurus* no solo e nas raízes, indicando que estes locais apresentavam população menor no momento do plantio.

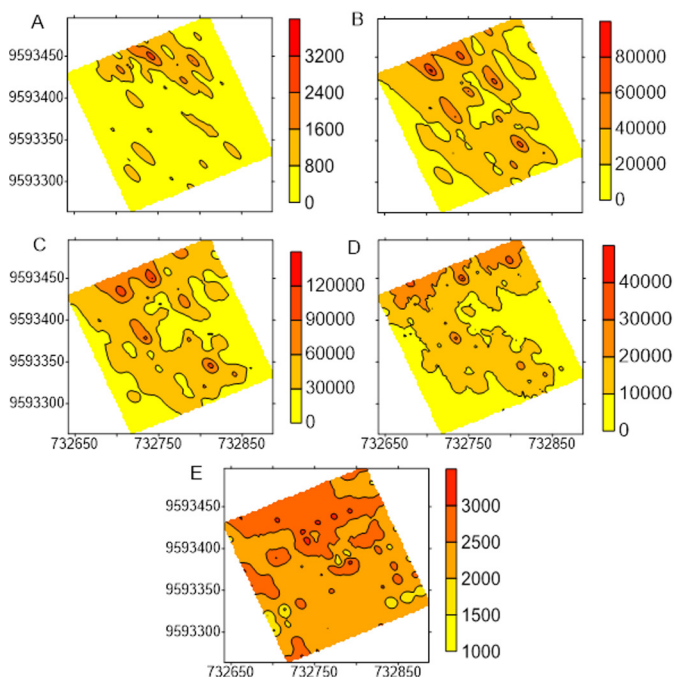


Figura 2. Mapas da distribuição espacial da população de *Pratylenchus brachyurus* em cultivo de soja e produtividade da cultura: A – Número de Nematoides no Solo (100 cm³); B – Número de Nematoides na Raiz (10 g raízes); C – Número de Ovos na Raiz (10 g raízes); D – Soma do Número de Nematoides na Raiz e Ovos (10 g raízes); E – Produtividade de Soja em (kg ha⁻¹).

Conclusões

O aumento da população de nematoides está relacionado com a presença de raízes da planta hospedeira no solo.

Na escala de estudo a Soma do Número de Nematoides e Ovos nas Raízes apresentaram forte dependência espacial nas direções avaliadas (135° e 45°). O Número de Nematoides no Solo e o Número de Nematoides na Raiz apresentaram forte dependência apenas na direção de maior continuidade espacial.

A direção do preparo do solo e plantio da cultura influenciaram na distribuição espacial dos nematoides na área.

Literatura Citada

- Almeida, E.J. de; Alves, G.C.S.; Santos, J.M.; Ruas, A.R. Patogenicidade de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira 'Paluma' em condições de microparcels. Revista Brasileira de Fruticultura, v.33, n.3, p.774-783, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000300011>.
- Bahia, A.S.R.S.; Marques Junior, J.; Panosso, A.R.; Camargo, L.A.; Siqueira, D.S.; La Scala, N. Iron oxides as proxies for characterizing anisotropy in soil CO₂ emission in sugarcane areas under green harvest. Agriculture, Ecosystems & Environment, v.192, p.152-162, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.04.017>.
- Barbosa, B.F.F.; Santos, J.M.; Barbosa, J.C.; Soares, P.L.M. Aggressiveness of *Pratylenchus brachyurus* to the sugarcane, compared with key nematode *P. zaei*. Nematropica, v.43, n.1, p.119-130, 2013. <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/82441>. 12 Jul. 2018.
- Carvalho, C. de; Fernandes, C.D.; Santos, J.M.; Macedo, M.C.M. Densidade populacional de *Pratylenchus* spp. em pastagens de *Brachiaria* spp. e sua influência na disponibilidade e na qualidade da forragem. Revista Ceres, v.60, n.1, p.30-37, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100005>.
- Castillo, P.; Vovlas, N. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. Leiden: Brill, 2007. 529p.
- Chen, J.; Bird, G.W. Geostatistical studies of a geo-referenced *Pratylenchus penetrans* - *Solanum tuberosum* continuum. Journal of Nematology, v.24, n.4, p.586, 1992. <http://journals.fcla.edu/jon/article/view/66440/64108>. 22 Jun. 2018.
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2013/2014, terceiro levantamento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 1 - Safra 2013/14, n.10, p.1-86, 2013. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=50>. 12 Jul. 2018.
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2017/2018, décimo levantamento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 5 - Safra 2017/18, v.5, n.10, p.1-178, 2018. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/9323-10-levantamento-safra-2017-18>. 11 Jul. 2018.
- Coolen, W.A.; D'Herde, C.J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent: State Agricultural Research Center, 1972. 77p.
- Dantas, J.S.; Marques Junior, J.; Martins Filho, M.V.; Resende, J.M.A.; Camargo, L.A.; Barbosa, R.S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.38, n.4, p.1039-1050, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000400001>.
- Das, S.K. Integrated nematode management in chickpea Against *Meloidogyne incognita* - a view point. Universal Journal of Agricultural Research, v.5, n.5, p.145-149, 2015. <https://doi.org/10.13189/ujar.2015.030501>.
- Debiasi, H.; Franchini, J.C.; Dias, W.P.; Ramos Junior, E.U.; Balbinot Junior, A.A. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, n.10, p.1720-1728, 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001000003>.
- Franchini, J.C.; Debiasi, H.; Dias, W.P.; Ramos Junior, E.U.; Silva, J.F.V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. In: Bernardi, A.C. de C.; Naime, J. de M.; Resende, A.V. de; Basso, L.H.; Inamasu, R.Y. (Orgs.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. p. 274-278.
- Franchini, J.C.; Debiasi, H.; Dias, W.P.; Ribas, L.N.; Silva, J.F.V.; Balbinot Junior, A.A. Relationship among soil properties, root-lesion nematode population, and soybean growth. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.17, n.1, p.30-35, 2018. <https://doi.org/10.5965/223811711712018030>.
- Freitas, J.R.B.; Moitinho, M.R.; Teixeira, D.D.B.; Bicalho, E.S.; Silva, J.F.; Siqueira, D.S.; Barbosa, B.F.F.; Soares, P.L.M.; Pereira, G.T. Soil Factors Influencing Nematode Spatial Variability in Soybean. Agronomy Journal, v. 109, n. 2, p. 1-10, 2017. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.03.0160>.
- Goulart, A.M.C. Aspectos gerais sobre nematóides-das-lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*). Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 30p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 219). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571924/1/doc219.pdf>. 10 Jun. 2018.
- Goulart, A.M.C.; Ferraz, L.C.C.B. Comunidades de nematóides em Cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. Nematologia, v.27, n.2, p.123-128, 2003. <http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20272/123-128%20pb.pdf>. 22 Jun. 2018.
- Jenkins, W.R. A rapid centrifugal - flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter, v.48, n.9, p.692, 1964.
- Lima, F.S.D.O.; Santos, G.R.D.; Nogueira, S.R.; Santos, P.R.R.D.; Correa, V.R. Population dynamics of the root lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, in soybean fields in Tocantins State and its effect to soybean yield. Nematropica, v. 45, n.2, p.170-177, 2015. <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/86878/83781>. 12 Jul. 2018.
- Oliver, M.A.; Webster, A.R. A tutorial guide to geostatistics: computing and modelling variograms and kriging. Catena, v.113, p.56-69, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.09.006>.
- Ortiz, B.V.; Perry, C.; Goovaerts, P.; Vellidis, G.; Sullivan, D. Geostatistical modeling of the spatial variability and risk areas of southern root-knot nematodes in relation to soil properties. Geoderma, v.156, n.3-4, p.243-252, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.024>.
- Schmitt, D.P.; Barker, K.R. Damage and reproductive potentials of *Pratylenchus brachyurus* and *P. penetrans* on soybean. Journal of Nematology, v.13, n.3, p.327-332, 1981. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618090>. 12 Jul. 2018.
- Seidel, E.J.; Oliveira, M.S. A Classification for a Geostatistical Index of Spatial Dependence. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.40, e0160007, 2016. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160007>.
- Vicente, T.F.S.; Montenegro, A.A.A.; Pedrosa, E.M.R.; Fontes Júnior, R.V.P.; Silva, J.S.; Tavares, U.E. Community structure and spatial variability of soil nematodes in an alluvial soil in a semiarid region of Pernambuco state, Brazil. Nematoda, v.2, e082015, 2015. <https://doi.org/10.4322/nematoda.08015>.