



COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.) AO PARASITISMO DE *Pratylenchus zae*

Danielle Dutra Martinha¹, Leonardo Packer de Quadros¹, Maria Gabriela de Carlos da Rocha¹, Mayara Catherine Candido Silva¹, Lucimeris Ruaro¹, Ricardo Augusto de Oliveira¹, Henrique da Silva Silveira Duarte¹

Submitted: 22/03/2024

Accepted: 18/04/2024

¹Universidade Federal do Paraná, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Curitiba, PR 80035-050, Brasil; ORCID: 0000-0002-7212-5553, 0000-0001-7292-6492, 0000-0002-2448-0999, 0000-0001-9760-8028, 0000-0003-1936-4130, 0000-0002-7472-9238, 0000-0002-8128-5428

NOTA TÉCNICA

Email para correspondência: henriqueduarte@ufpr.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos de cana-de-açúcar ao parasitismo de *P. zae*. Dois ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com 12 tratamentos (genótipos) de cana-de-açúcar com 3 repetições. A partir de uma população pura de *P. zae* foi inoculada em cada parcela 1000 indivíduos de *P. zae* e posteriormente calculado o Fator de Reprodução (FR). Dos doze genótipos de cana-de-açúcar avaliados, 25% demonstraram comportamento suscetível (FR>1) enquanto 75% foram resistentes (FR<1) quando submetidas ao parasitismo de *P. zae*. As cultivares RB867515 e RB966928 e os genótipos RB036168, RB036059, RB036066, RB966229, RB036145, RB046209 e RB036153, se mostram genótipos promissores ao cultivo em canaviais infestados de *P. zae*. Este estudo é de grande importância para conhecer o comportamento de resistência dos genótipos de cana-de-açúcar a *P. zae*, e desse modo, auxiliar estudos posteriores visando o controle do patógeno.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., nematoide das lesões radiculares, controle genético.

Entre os principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) estão os fitonematoídeos (OLIVEIRA et al., 2019). As espécies de nematoídeos mais importantes comumente encontradas causando danos na cultura são *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *Pratylenchus zae* (FREITAS et al., 2001). Em média, *M. javanica* e *P. zae* suprimem o rendimento em até 20 e 30% respectivamente na primeira colheita em cultivares suscetíveis (FONTANA et al., 2015). Contudo, a espécie *P. zae* Graham tem sido amplamente citada como o nematoide mais importante para a cultura (SUNDARARAJ; MEHTA, 1993; SPAULL; CADET, 2003).

As plantas infectadas por *P. zae* apresentam sintomas visíveis de extensas necroses e lesões vermelhas conspícuas no córtex radicular (VALLE-LAMBOY; AYALA, 1979; KATHIRESAN; MEHTA, 2002), assim como sintomas reflexos de amarelecimento das folhas, crescimento atrofiado e caules menores (FERRAZ, 2018).

Entre as medidas de controle disponíveis para o manejo integrado do nematoide, o uso de genótipos resistentes é a estratégia preferencialmente adotada devido ser economicamente viável, acessível aos produtores e não possuir qualquer risco para a saúde humana ou ao ambiente (BELLÉ et al., 2017). Contudo, genótipos de cana-de-açúcar resistentes para as principais espécies de fitonematoide, como *P. zae*, são escassos (DINARDO-MIRANDA, 2005). Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar 12 genótipos de cana-de-açúcar da Ridesa (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético) submetidas ao parasitismo de *P. zae*.

O experimento foi composto de dois ensaios, sendo o primeiro ensaio (E1) realizado no período de novembro de 2020 a março de 2021, e o segundo (E2), de março de 2021 a julho de 2021. Foram conduzidos na câmara de crescimento de plantas (Fitotron, Instalafrio®) em condições controladas (28°C ± 2), no Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da Universidade Federal do Paraná.

Os ensaios foram conduzidos em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC), por questões operacionais, cada um com doze tratamentos composto pelos seguintes genótipos de cana-de-açúcar: RB036066, RB036068, RB036163, RB036168, RB036059, RB036066, RB966229, RB036145, RB046209, RB867515, RB036153 e RB966928. Cada tratamento teve três repetições, totalizando assim 36 parcelas. Cada parcela consistiu em uma planta por vaso com capacidade de 2 L com solo previamente autoclavado em proporção 1:1 de areia e solo. Baseado nos resultados obtidos por SANTOS et al (2012) o genótipo RB867515 foi determinado como padrão de suscetibilidade. A população do nematoide *P. zae* foi obtida via coletas de solo e raízes de cana-de-açúcar em canaviais do noroeste do estado do Paraná.

As mudas pré-brotadas foram transplantadas para os vasos a 100 dias de idade em E1 e 282 dias em E2. Após 18 dias do transplantio em E1 e 9 dias do transplantio em E2, ocorreram as inoculações da suspensão de 1000 µL calibrada com cerca de 1000 indivíduos de *P. zae*, contendo ovos, juvenis e adultos do nematoide. A partir de três orifícios equidistantes ao redor das plantas com profundidade de 4 cm feitos previamente com auxílio de tubo Falcon. As parcelas de ambos os ensaios permaneceram em Câmara Climatizada para Crescimento de Plantas, com controle de fotoperíodo de 12 horas e temperatura de 28°C, e irrigação diária até a coleta e avaliação. O mesmo ocorreu com mudas de Sorgo Sacarino BRS 506 de 30 dias de idade. Foram realizadas 3 repetições.

Após completar 171 dias após a inoculação (DAI) no E1 e 116 DAI no E2 as plantas e solo de cada parcela foram separadas. As raízes foram lavadas, segmentadas em frações de 2 a 5 cm de comprimento. Foi então destacado, de forma homogênea e aleatória



do restante das raízes, uma amostra de 5 g de fragmentos de raízes destinados a extração de nematoides. Estes foram processados durante 10 segundos em liquidificador e submetidos a extração pelo método de COOLEN E D'HERDE (1972). E quanto ao solo, durante a separação das plantas, foi coletado uma amostra de solo do vaso de cada parcela de 50 cm³, composta de frações de diferentes posições deste quando despejado em bandeja. Tal alíquota foi designada a extração de nematoides pelo método flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964).

A população de *P. zae* de cada parcela foi quantificada a partir das suspensões. Para isso foi pipetado um volume de 1 mL da suspensão extraída em Câmara de Peters e contado o número de indivíduos do fitonematoide sob um microscópio óptico de luz na ampliação de 40 x. Posteriormente a população em 5 g de raiz e 50 cm² do solo foram extrapolados para a massa seca de raiz e volume total de solo no vaso e somados, contabilizando-se a População Final (PF) de nematoides. Em seguida foi obtido o Fator de Reprodução (FR) de cada parcelas através da divisão da população final (PF) contabilizada, pela população inicial (PI), ou inoculada ($FR = PF / PI$), seguindo o modelo proposto por OOSTENBRINK (1966). Os genótipos de cana de açúcar que apresentaram $FR < 1$ foram considerados resistentes ao parasitismo de *P. zae*, enquanto os que apresentaram $FR > 1$ foram considerados suscetíveis ao fitonematoide. Para a determinação da viabilidade do inóculo, concomitantemente ao experimento, foi realizado o processo análogo para obtenção do PF e o FR em Sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) variedade BRS 506, suscetível a *P. zae*.

Os dados dos parâmetros PF foram analisados em Duplo Fatorial, sendo um fator os genótipos de cana de açúcar e outro fator o ensaio (E1) e a repetição (E2), sendo aplicado a Análise de Variâncias (ANOVA). Foi realizado o teste de Scott-Knott, em nível de 5% de significância (valor-p $\leq 0,05$). Foi utilizado o software R® versão 4.0.4 (R Core Team, 2019) junto dos pacotes ExpDes.pt, MASS e Agricolae.

Não houve interação significativa entre os fatores cultivares e experimentos (E1 e E2). Os genótipos submetidos ao parasitismo de *P. zae* apresentaram diferença estatística em relação a População final (PF), sendo agrupado em dois grupos distintos (a e b), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (TABELA 1). O inóculo de *P. zae* estava viável, apresentando Fator de reprodução (FR) em Sorgo sacarino variedade BRS 506 de 4,33.

Tabela 1 – População final (PF), fator de reprodução (FR) e reação (R) de *Pratylenchus zae* nos diferentes genótipos de cana-de-açúcar.

<i>Pratylenchus zae</i>			
Genótipo	PF ¹	FR ²	R ³
RB036065	1432,89* a	1,43**	S
RB036068	1273,80 a	1,27	S
RB036163	1011,15 a	1,01	S
RB036168	953,97 a	0,95	R
RB036059	861,74 a	0,86	R
RB036066	738,07 b	0,73	R
RB966229	720,56 b	0,72	R
RB036145	689,27 b	0,68	R
RB046209	612,80 b	0,61	R
RB867515	574,16 b	0,54	R
RB036153	277,35 b	0,25	R
RB966928	253,67 b	0,25	R
CV	70,91%		

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott's a 5%.

** Média de 3 repetições

¹PF= População Final

²FR= Fator de Reprodução= população final/ população inicial (Pi=2000)

³R= reação; S= susceptibilidade ($FR > 1$); R =Resistência ($FR < 1$)



Utilizando o método de classificação baseado no FR (OOSTENBRINK, 1966), os genótipos RB036168, RB036059, RB036066, RB966229, RB036145, RB046209, RB867515, RB036153 e RB966928 se apresentaram resistentes ao parasitismo de *P. zae*, representando 75% do total dos genótipos avaliados. Por outro lado, 25% dos genótipos, sendo eles RB036065, RB036068 e RB036163, são suscetíveis ao fitonematoide (TABELA 1).

No entanto, estudos conduzidos em ambientes controlados apresentam resultados distintos. Ao testar o comportamento de 10 genótipos de cana-de-açúcar ao parasitismo de *P. zae* em casa-de-vegetação, BELLÉ et al. (2017) descreve todas as cultivares como suscetíveis ao parasitismo do fitopatógeno, inclusive a RB966928, que apresentou o menor FR dentre as testadas. Nesse estudo, o mesmo genótipo também apresentou o menor FR dentre os testados.

Nesse estudo, a maioria dos genótipos avaliados foram resistentes a *P. zae*. O primeiro estudo relatando resistência de linhagens de cana-de-açúcar a *P. zae* identificou novas fontes de resistência em acessos de parentes de *Saccharum spontaneum* selvagens (BHUIYAN, GARLICK e PIPERIDIS, 2019). Eles evidenciaram que as hibridizações interespecíficas entre *S. officinarum* e *S. spontaneum* proporcionaram alto rendimento e as características de resistência a nematoides em *S. spontaneum*, foram mais fáceis de transferir e reter em comparação com outras espécies selvagens (BHUIYAN, GARLICK e PIPERIDIS, 2019).

Dos doze genótipos de cana-de-açúcar avaliados, 25% demonstraram comportamento suscetível (RF>1) enquanto 75% foram resistentes (FR<1) quando submetidas ao parasitismo de *P. zae* em ambiente controlado usando uma população pura obtida do Paraná. Os genótipos resistentes incluíram as cultivares mais plantadas no Brasil, RB867515 e RB966928 e os genótipos RB036168, RB036059, RB036066, RB966229, RB036145, RB046209 e RB036153. Esses resultados são essenciais para auxiliar no direcionamento de manejo de cana-de-açúcar em áreas que contém a presença de populações de *P. zae*. Além disso, pode auxiliar os programas de melhoramento genético no desenvolvimento de genótipos visando o controle deste patógeno.

Agradecimentos: O estudo foi financiado, em partes, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento Sucroalcooleiro (RIDESA/PMGCA/UFPR) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Declaração de conflito de interesse: Os autores declaram ausência de conflitos de interesse. Os patrocinadores não tiveram nenhum papel na concepção do estudo, na coleta, análise ou interpretação dos dados, nem na redação do manuscrito e na decisão de publicação dos resultados.

Referências

- BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; KUHN, P. R.; DONINI, L. P.; GOMES, C. B. *Reaction of sugarcane genotypes to parasitism of Meloidogyne javanica and Pratylenchus zae*. Revista Caatinga, v. 30, n.2, p. 530-535, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017>> Acesso em: 05 fev., 2022.
- BERRY, S. D.; RHODES, R.; FOSTER, J.; RISEDE, J-M.; ANTWERPRN, R. V. *The effect of cover crops on plant parasitic-nematodes of sugarcane*. International. Journal of Pest Management. v. 57, n. 4. 363-375. 2011 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2011.621984>> Acesso em: 27 jan., 2022.
- BHUIYAN, S. A., GARLICK, K., PIPERIDIS, G. *Saccharum spontaneum*, a Novel Source of Resistance to Root-Lesion and Root-Knot Nematodes in Sugarcane. Plant Disease. v. 103, n. 9, p. 2288-2294, 2019.
- BHUIYAN, S. A. AND GARLICK, K. Evaluation of root-lesion nematode (*Pratylenchus zae*) resistance assays for sugarcane accession lines Journal of Nematology, v. 53, n.1, pp.1-10, 2021. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2021-067>
- CARDOZO, R. B.; ARAÚJO, F. F. de. Multiplicação de *Bacillus subtilis* em vinhaça e viabilidade no controle da meloidoginose, em cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.12, p.1283–1288, 2011.
- CASTILLO, P.; VOVLAS, N. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. v. 6. 2007.
- CHAVES, A.; PEDROSA, E. M. R.; WILLADINOC, L.; CARDOSO, M. S. DE O. Activation of resistance to *Meloidogyne incognita* In sugarcane treated with pyraclostrobin. Nematoda, v. 3. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/nematoda.00516>> Acesso em: 19 jan., 2022.
- COOLEN, W. A., D'HERDE, C. J., A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. State Nematology and Entomology Research Station, Ghent, p.77, 1972.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra brasileira. Cana-de-açúcar, Safra 2021/22. Quarto levantamento, v. 8, n. 4. Abril de 2022 Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 01 abril, 2022
- CROFT, B.; BHUIYAN, S.; MAGAREY, R.; PIPERIDIS, G.; WONG, E., WICKRAMASINGHE, P., BULL, J.; COX, M.; STIRLING, G.; FOREMAN, J.; JACKSON, P. New sources of resistance to major diseases from wild relatives of sugarcane. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, v. 37, p.218–226, 2015.
- DINARDO-MIRANDA, L. L. Patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* e *Pratylenchus zae* (Nematoda, Pratylenchidae) a duas variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). M.S. dissertation, College of



- Agriculture Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1990.
- DINARDO- MIRANDA, L. L.; NOVAETTI, W. R. T.; MOELLI, J. L.; NELLI, E. J. Comportamento de variedade de cana-de-açúcar em relação a *Meloidogyne javanica* em condições de campo. *Nematologia brasileira*, v.19, p. 60-66, 1995.
- DINARDO-MIRANDA, L.L. Manejo de fitonematoides em cana-de-açúcar. **Jornal Cana**, v.5, p.64-67, 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/5Ctecnologiaagricola_000fxg3tc4b02wyiv80soht9h8ex6by1.pdf>. Acesso em: 19 jan., 2022.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; PIVETTA, J. P.; FRACASSO, J. V. Influência da época de aplicação de nematicidas em soqueiras sobre as populações de nematoides e a produtividade da cana-de-açúcar. *Bragantia*, v.67, n.1, p.179-190, 2008
- DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; MIRANDA, I. D. Damage caused by *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus zaei* to sugarcane cultivars. *Summa Phytopathologica*, v. 45, n. 2, p. 146–156. 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/0100-5405/187782>>. Acesso em: 19 jan., 2022.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; SANTANA, S. DE M.; ARIEIRA, J. de O.; RIBEIRO, R. C. F.; VOLK, L. B. S. Efeito do Carbofurano na População de Nematoides e no Rendimento da Cana-de-açúcar em Solos Arenosos do Paraná. *Nematologia Brasileira*. v 34, n.2, p. 118-122, 2010
- FERRAZ, L. C. C. B. Nematoides. In: AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; Bergamin Filho, A. *Manual de Fitopatologia- Princípios e Conceitos*. Agronomica Ceres, v.1. ed.5. Cap. 13, p.195-211. 2018.
- FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; Ferraz, S. Introdução à nematologia. **Viçosa: Universidade Federal de Viçosa**, 84 p., 2001.
- FONTANA, L. F., C. R. DIAS-ARIEIRA, D. MATTEI, J. J. SEVERINO, F. BIELA, and J. O. ARIEIRA. Competition between *Pratylenchus zaei* and *Meloidogyne incognita* on sugarcane. *Nematropica*. V. 45, n. 1, p. 1-8. 2015.
- JAYAKUMAR, J and GANAPATHY, S. Resistance of sugarcane clones against root knot nematode, *Meloidogyne incognita* and lesion nematode, *Pratylenchus zaei*. *Journal of Entomology and Zoology Studies* v. 8, n.4, 45-48. 2020.
- JENKINS, W. R. A. Rapid Centrifugal – Flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, v.48, n. 9, p. 692, 1964.
- KATHIRESAN, T.; MEHTA, U. K. Penetration, multiplication and histopathological response of lesion nematode *Pratylenchus zaei* in resistant and susceptible sugarcane clones. *International Journal of Nematology*. Vol. 12, No. 2, pp 189 – 197. 2002.
- MACEDO, N., MACEDO, D.; CAMPOS, M. B. S.; NOVARETTI, W. R. T.; FERRAZ, L. C. C. B. Manejo de Pragas e Nematoides. p. 1- 42, 2011.
- MAZZUCHELLI, R. DE C. L.; MAZZUCHELLI, E. H. L.; ARAUJO, F. F. de. Efficiency of *Bacillus subtilis* for root-knot and lesion nematodes management in sugarcane. *Biological Control* n.143, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104185>> Acesso em: 19 jan., 2022
- OLIVEIRA, R. S. de; RIOS, A. D. F.; OLIVEIRA, M. H. R. de.; TRINDADE, K. L.; SILVA, R. M. da; SILVA, G. T. da. Reação de genótipos de cana-de-açúcar ao nematoide das lesões radiculares. *Revista Agrarian*. v.12, n.44, p. 149-155, 2019. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v12i44.7075>> Acesso em: 18 jan., 2022.
- OLIVEIRA, F. S.; ROCHA, M. R.; TEIXEIRA, R. A.; FALEIRO, V. O.; SOARES, R. A. B. Efeito de sistemas de cultivo no controle de populações de *Pratylenchus* spp. na cultura da Cana-de-Açúcar. *Nematologia Brasileira*. 32: p. 117-125, 2008
- OOSTENBRINK, R. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededeelingen der Landbouw-Hoogeschool, Wageningen*, v. 66, n.4, p. 1-46, 1966.
- PAULETTI, V. (Org.); MOTTA, ANTÔNIO CARLOS VARGAS (Org.). *Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná*. 2. ed. Curitiba: Editora Cubo, v. 1. 289p, 2019.
- SANTANA-GOMES, S. M., C. R. DIAS-ARIEIRA, F. BIELA, M. RAGAZZI, S. S. BALDISERA, and R. P. SCHWENGBER. Planting different crops in succession to manage *Pratylenchus zaei* in sugarcane. *Nematropica* n. 49, p. 63-70. 2019.
- SANTOS, D. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; SOUTO, E. R.; BIELA, F.; CINHA, T. P. L.; ROGERIO, F.; SILVA, T. R. B.; MILANI, K. F. Reaction of sugarcane genotypes to *Pratylenchus brachyurus* and *P. zaei*. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v. 10, n.2, p. 585-587. 2012.
- SPAULL, V. W.; CADET, P. Impact of nematodes on sugarcane and the benefit of tolerant varieties. *Proc S Afr Sug Technol Ass.* v. 7. 2003
- SUNDARARAJ, P. & MEHTA, U. K. Patterns of interspecific associations in plant parasitic nematodes of sugarcane ecosystems. *Nematol. Medit.* V. 21, p. 275-277. 1993
- VALLE- LAMBOY, S.; AYALA, A. Pathogenicity of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus zaei*, and Their Association with *Pythium graminicola* on roots of sugarcane in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico*. 1979.