

Alterações fisiológicas induzidas em goiabeiras inoculadas com *Meloidogyne enterolobii* e tratadas com *Bacillus methylotrophicus*

Souza, K.A.¹, Bonifácio, F.O.², Gondim, J.P.E.³, Megguer, C.A.⁴, Pontes, N.C.⁴, Furlanetto, C.⁵

- 1.Engenheira Agrônoma, Discente do programa de pós-graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, karolinydealmeida@gmail.com
- 2.Engenheiro Agrônomo, Discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura, Instituto Federal Goiano, bonifacioagronomo@gmail.com
- 3.Engenheiro Agrônomo, Discente do Programa de Pós-Graduação Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, joaopedro.pba@hotmail.com
- 4.Engenheiro Agrônomo, Docente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura, Instituto Federal Goiano, clarice.megguer@ifgoiano.edu.br, nadson.pontes@ifgoiano.edu.br
- 5.Engenheiro Agrônomo, Docente do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, cfurla@hotmail.com

Resumo: Desde 2001, a produtividade dos pomares de goiabeira é prejudicada pelo parasitismo de *Meloidogyne enterolobii*, o qual é o principal fator limitante da cultura. As galhas induzidas nas raízes pelo parasitismo influenciam na absorção de água e nutrientes e na translocação para a parte aérea e os sítios de alimentação formados pela deposição das fêmeas obesas próximas ao cilindro vascular inviabilizam o funcionamento do xilema e do floema e alterações a níveis de trocas gasosas na planta são observados. A pesquisa teve como objetivo estudar as trocas gasosas em goiabeira, variedade Pedro Sato, induzidas por *M. enterolobii* e tratadas com produto a base de *B. methylotrophicus*. As respostas de trocas gasosas em goiabeiras inoculadas com 5.000 ovos e tratadas com nematicida microbiológico foram quantificados quinzenalmente até aos 90 dias após o transplante, em relação ao comportamento das variáveis: a) evapotranspiração; b) fotossíntese líquida e c) condutância estomática. *M. enterolobii* reduziu os parâmetros de trocas gasosas avaliados e a rizobactéria em associação com o nematoide neutralizou os efeitos negativos do nematoide nas trocas gasosas.

Palavras chave: fisiologia, *Meloidogyne enterolobii*, nematoide das galhas, *Psidium guajava*

Physiological changes induced in guava plants inoculated with *Meloidogyne enterolobii* and treated with *Bacillus methylotrophicus*

Abstract: Since 2001, the productivity of guava orchards has been affected by the parasitism of *Meloidogyne enterolobii*, which is the main limiting factor for the crop. The root galls induced by parasitism influence the absorption of water and nutrients and translocation to the aerial part and feeding sites formed by the deposition of the obese due to the vascular cylinder, impair the functioning of the xylem and phloem and changes the levels of gas exchange in the plant are observed. The research aimed to study how gas exchange in guava, several Pedro Sato, induced by *M. enterolobii* and treated with a product based on *B. methylotrophicus*. The gas exchange responses in guava plants inoculated with 5,000 eggs and treated with microbiological nematicide

were quantified fortnightly up to 90 days after transplantation, in relation to the behavior of the variables: a) evapotranspiration; b) net photosynthesis and c) stomatal conductance. *M. enterolobii* reduced the gas exchange parameters taken and the rhizobacteria in association with the nematode neutralized the negative effects of the nematode on gas exchange.

Key Words: *physiology, Meloidogyne enterolobii, root-knot nematode, Psidium guajava*

Introdução: Desde 2001, uma espécie de nematoide das galhas, identificado como *M. enterolobii* tornou-se o principal problema da goiabeira e desde então encontra-se disseminado por quase todas as áreas produtivas do Brasil, causando perdas acentuadas, inviabilizando a produção e em muitos casos o produtor é obrigado a abandonar e erradicar o pomar porque uma vez identificado na área o controle não é eficiente (Carneiro et al., 2001; Meena et al., 2016).

O principal sintoma é a formação de galhas nas raízes, formada pela hiperplasia de células parenquimáticas do córtex e do cilindro vascular, que leva ao desenvolvimento de uma protuberância e externamente são observadas raízes com aumento de diâmetro. As galhas interferem nas trocas gasosas das plantas pela deficiência na assimilação de água, nutrientes e hormônios pelas raízes, assim como na inviabilização desses compostos para a parte aérea. O conteúdo transportado pelo xilema é reduzido em raízes com intensa formação de galhas por causa da ruptura das células que compõe os vasos condutores. Esses processos são regidos por uma cascata de sinalização que também são alterados devido ao parasitismo (Domiciano et al., 2009; Strajnar et al., 2012; Collett et al., 2021).

Pesquisas com o controle alternativo de nematoides, principalmente com produtos a base de microrganismos com capacidade nematicida vem crescendo no mundo. A principal importância das rizobactérias no controle de doenças é devido a capacidade de despertar na planta mecanismos de defesa seja pela produção e liberação de enzimas antioxidantes, toxinas, antibióticos e fitohormônios que agem contra fitopatógenos (Dong et al., 2016; Machado et al., 2012; Bernardes, et al. 2010). Pesquisas que buscam entender a capacidade do nematoide de interferir nas trocas gasosas de frutíferas, quando tratadas com nematicida microbiológico são ausentes. Essa pesquisa objetivou-se estudar alterações nas trocas gasosas induzidas por *M. enterolobii* em mudas de goiabeiras, Pedro Sato, tratadas com nematicida microbiológico a base de *Bacillus methylotrophicus*.

Material e Métodos: Os experimentos foram instalados em casa de vegetação no Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos-GO e conduzido durante os meses de janeiro a agosto de 2021. Foi avaliada a cultivar Pedro Sato em esquema fatorial 2x2 (inoculada e não inoculada com *M. enterolobii*; tratada e não tratada com *Bacillus methylotrophicus*). Os tratamentos foram distribuídos ao acaso, com cinco repetições sendo a unidade experimental representada por uma planta por vaso, com duas repetições. As mudas de goiaba foram obtidas de viveiro credenciado junto ao MAPA e foram transplantadas para sacos de polietileno com solo autoclavado na proporção 2:1 (areia:terra).

Uma semana após o transplante foi realizada a primeira aplicação com produto a base de *B. methylotrophicus*. Foram feitas quatro aplicações na dosagem de 3mL/L de água com auxílio de um regador. As aplicações subsequentes foram realizadas em intervalos de 15 dias. Entre a segunda e a terceira aplicação foi realizada a inoculação com 5.000 ovos e eventuais J2 de *M. enterolobii* com intervalo de uma semana após e antes as aplicações.

Dois dias após a última aplicação foram realizadas avaliações quinzenais com analisador de gás infravermelho dos parâmetros: A = fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); E = evapotranspiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e g_{sw} = condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), em uma folha

totalmente expandida localizada no terço superior da planta posicionadas entre o 3° e o 5° par de folhas a partir do ápice. Todas as avaliações foram realizadas entre as 7h30 e 10h30 da manhã até aos 90 dias após o transplântio (DAT). Os dados foram tratados como experimento fatorial, submetidos ao teste ANOVA e analisados no programa SAS.

Resultados e Discussão: *B. methylophilicus* isolado e em associação com *M. enterolobii* influenciaram na evapotranspiração das goiabeiras aos 45 e 60 DAT. Aos 75 DAT a interação entre *B. methylophilicus* e *M. enterolobii* foi responsável pela alteração da evapotranspiração. Em tomate e tabaco inoculados com *M. incognita* e *M. hapla* a evapotranspiração foi maior que em plantas não inoculadas, entretanto *M. javanica* não interferiu na evapotranspiração em plantas de tomate (Elkins et al., 1979). *M. enterolobii* isolado foi responsável pela diferença entre os tratamentos na taxa fotossintética observada aos 45 DAT. Aos 60 e 90 DAT, a interação de *B. methylophilicus* e *M. enterolobii* causaram diferença entre os tratamentos. Atia et al. (2020), encontraram em pepino inoculado com *M. incognita* redução na fotossíntese, porém houve aumento na evapotranspiração. Segundo Barón et al. (2012) as reduções na taxa fotossintética durante o parasitismo são ocasionados pela deficiência de absorção e translocação de nutrientes para a parte aérea. A escassez de água na planta e a deficiência de nutrientes alteram o processo fotossintético pela redução dos pigmentos fotossintetizantes e desencadeiam prejuízos ao funcionamento eficiente do Fotossistema II.

A aplicação de *B. methylophilicus* isolado e em interação com *M. enterolobii* foram responsáveis pela alteração na condutância estomática aos 45, 60 e 75 DAT. O nematoide reduziu a condutância estomática e em interação com a rizobactéria houve o aumento da condutância estomática. Resultados semelhantes foram encontrado por Maqsood et al. (2020) no patossistema tomateiro - *M. incognita*. Em porta-enxerto de pimentão, *M. incognita* reduziu a absorção de água que refletiu na redução da condutância estomática e na redução da fotossíntese (Gálvez et al., 2019). As galhas dificultam a absorção de água pelas raízes e diminui o potencial hídrico, uma vez que a translocação para a parte aérea é afetada. À medida que o potencial de água nas folhas diminui os estômatos ficam mais sensíveis e ocorre a redução na condutância estomática pelo fechamento dos estômatos. Deficiência de assimilação de hormônios por plantas infestadas por nematoides também interferem nos processos de abertura e fechamento estomático (Gomes et al., 2004; Mioranza et al., 2018).

M. enterolobii reduziu as taxas de evapotranspiração, fotossíntese e condutância estomática nas goiabeiras devido uma suposta condição de deficiência hídrica ocasionada pelas galhas nas raízes, que induziu ao fechamento estomático e conseqüentemente a diminuição evapotranspiração e da fotossíntese. Resultados semelhantes foram encontrados por Goulart et al. (2019) em mudas de café inoculadas com *M. paranaensis* e *M. exigua* onde observou-se redução da condutância estomática e da evapotranspiração. Porém, somente *M. paranaensis* reduziu a fotossíntese. Esses resultados contestam o que foi verificado em plantas suscetíveis a nematoide, em que ocorre o incremento na taxa fotossintética devido ao aumento na demanda de fotoassimilados para suprir as fêmeas durante o parasitismo através das células gigantes (Strajnar et al., 2012). Em todos os casos *B. methylophilicus* em associação com o nematoide foi capaz de neutralizar os efeitos nocivos do nematoide a frutífera.

Conclusões: *M. enterolobii* reduziu a evapotranspiração, a fotossíntese e a condutância estomática em mudas de goiabeira, Pedro Sato. *B. methylophilicus* em associação com *M. enterolobii* neutralizou os efeitos nocivos do nematoide nas trocas gasosas da frutífera.

Referências Bibliográficas:

- ATIA, M. et al. Piriformospora indica promotes cucumber tolerance against Root-knot nematode by modulating photosynthesis and innate responsive genes. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 27, n. 1, 2020.
- BARÓN, M. et al. Photosynthetic responses to biotic stress. **Terrestrial Photosynthesis in a Changing Environment: A Molecular, Physiological and Ecological Approach**. 2012.
- BERNARDES, F.S. et al. Indução de resistência sistêmica por rizobactérias em cultivos hidropônicos. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 36, n. 2, 2010.
- CARNEIRO, R.M.D.G. et al. Primeiro Registro de *Meloidogyne mayaguensis* em Goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 25, 2001.
- COLLETT, R.L. *Meloidogyne enterolobii*, a threat to crop production with particular reference to sub-Saharan Africa: an extensive, critical and updated review. **Nematology**, 2021.
- DOS GOULART, R.R. et al. *Meloidogyne paranaensis* and *M. exigua* alter coffee physiology. **Nematology**, v. 21, 2019.
- DOMICIANO, G.P. et al. Alterações na fotossíntese de plantas infectadas por patógenos. **Revis. Anu. Patol. Plantas**, 2009.
- DONG, L., ZHANG, K. Microbial control of plant-parasitic nematodes: A five-party interaction. **Plant and Soil**, v. 288, n. 1-2, 2016.
- ELKINS, C. et al. Plant-Parasitic Nematode Effects on Water Use and Nutrient Uptake of a Small- and a Large-rooted Tall Fescue Genotype. **Agronomy Journal**, v. 71, n. 3, 1979.
- GÁLVEZ, A. et al. New traits to identify physiological responses induced by different rootstocks after root-knot nematode inoculation (*Meloidogyne incognita*) in sweet pepper. **Crop protection**, v. 119, p. 126-133, 2019.
- GOMES, M. et al. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 3, 2004.
- MACHADO, V. et al. Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematóides. **Oecologia Australis**, v. 16, 2012.
- MAQSOOD, A. et al. Variations in Growth, Physiology, and Antioxidative Defense Responses of Two Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivars after Co-Infection of *Fusarium oxysporum* and *Meloidogyne incognita*. **Agronomy**, v. 10, n. 159, 2020.
- MEENA, K.S. et al. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* in carnation and physiological changes induced in plants due to the interaction, **SAARC J. Agri.**, v. 14, n. 1, 2016.
- MIORANZA, T. et al. Gas exchange and photosynthetic light response curves in nematode-infected tomato plants treated with *Thuya occidentalis*. **AJCS**, v. 12, n. 4, 2018.
- STRAJNAR, P. et al. Effect of *Meloidogyne ethiopica* parasitism on water management and physiological stress in tomato. **European Journal of Plant Pathology**, v. 132, 2012.

