

Subproducto de la industria vitivinícola para el control de *Meloidogyne javanica*

Driéli Aparecida-Reiner¹
Rosangela Dallemole-Giaretta^{1§}
Idalmir dos Santos¹
Paulo Afonso-Ferreira²
Felipe Luiz Chiamulera-Deifeld¹
Everaldo Antônio-Lopes³

¹Universidad Tecnológica Federal de Paraná-*Campus* Pato Branco. Camino del conocimiento s/n km 01, Fraron, Pato Branco-PR, Brasil. CP. 85503-390. (drielireiner@hotmail.com; idalmir@utfpr.edu.br; felipeidefeld@gmail.com). ²Universidad Federal de Mato Grosso-*Campus* Universitario de Araguaia. Barra do Garças, MT, Brasil. (pafonsoferreira@yahoo.com.br). ³Universidad Federal de Viçosa-*Campus* Rio Paranaíba, Rio Paranaíba, MG, Brasil. (everaldolopes@ufv.br).

§Autor para correspondencia: giaretta@utfpr.edu.br.

Resumen

El subproducto de la industria vitivinícola (SIV) es rico en compuestos bioactivos, incluidos los fenólicos. Dado que los nematodos del nudo de la raíz son suprimidos por compuestos fenólicos, la enmienda del suelo con SIV puede controlar estos patógenos. Evaluamos el efecto del subproducto de la industria vitivinícola (SIV) en el manejo de *Meloidogyne javanica* en plantas de tomate en invernadero. En el primer estudio, el suelo en macetas se enmendó con 0, 5, 10, 15, 20, 25 o 30 g de SIV por kg. Las dosis crecientes de SIV incrementaron el desarrollo de la planta. El SIV redujo la población de nematodos, especialmente a la dosis de 30 g kg⁻¹ de suelo. En el segundo estudio, se diseñó un experimento de raíces divididas para evaluar si la enmienda del suelo con SIV (30 g kg⁻¹ de suelo) induce resistencia en el tomate contra *M. javanica*. El SIV no induce resistencia en el tomate contra *M. javanica*. Este residuo controla el nematodo por contacto directo.

Palabras clave: *Vitis vinifera*, manejo del nematodo del nudo de la raíz, residuos agroindustriales.

Recibido: agosto de 2022

Aceptado: septiembre de 2022

Los subproductos de la industria vitivinícola (SIV) contienen un alto nivel de nutrientes y varias sustancias bioactivas, como compuestos fenólicos (Makris *et al.*, 2007; Reiner *et al.*, 2016). Los nematodos del nudo de la raíz son suprimidos por compuestos fenólicos (Aoudia *et al.*, 2012). Por lo tanto, la enmienda del suelo con SIV puede ser un método adicional para controlar estos patógenos. Pocos investigadores han explorado el potencial de SIV en el manejo de nematodos del nudo de la raíz (Nico *et al.*, 2004; Pasqua *et al.*, 2020).

Sin embargo, se ha observado que es necesario investigar estudios sobre el efecto dosis-respuesta de la enmienda del suelo con SIV y el mecanismo potencial de acción de este residuo contra los nematodos. Para abordar este vacío, evaluamos el efecto de la enmienda del suelo con dosis de 0 a 30 g de SIV por kg de suelo en el control de *M. javanica* en tomate y también llevamos a cabo un experimento de raíces divididas para explicar cómo el SIV puede controlar los nematodos.

El SIV se recolectó en una granja en Mariópolis, Paraná, Brasil, como un residuo fresco de fruta después de prensar la uva (*Vitis vinifera* L. variedades 'White Niagara' y 'Pink Niagara') para producir vino. Después, el residuo se secó bajo el sol hasta un peso constante, se molió en un triturador de forraje (modelo TRF 650) equipado con un tamiz de 3 mm. El análisis químico reveló que el SIV tenía 2.5% de N, 0.52% de P, 1.74% de K, 0.21% de Ca²⁺, 0.12% de Mg²⁺, 13 mg kg⁻¹ de S, 64 mg kg⁻¹ de Zn, 1 005 mg kg⁻¹ de Fe, 39 mg kg⁻¹ de Mn, 32 mg kg⁻¹ de Cu, 36.3 mg kg⁻¹ de B y relación C:N de 16.5.

Ocho kilogramos de suelo esterilizado en autoclave (120 °C durante 1 h) se enmendaron con 0, 5, 10, 15, 20, 25 o 30 g kg⁻¹ de SIV y se colocaron en bolsas de plástico de 30 L. Después de atarse, la bolsa se sacudió vigorosamente de forma manual. El suelo se infestó con una suspensión acuosa con 32 000 huevos (primer experimento) y 40 000 huevos (segundo experimento) de *M. javanica*. La humedad del suelo se ajustó agregando 1.5 L de agua en cada bolsa. Las bolsas se mantuvieron en la oscuridad a 26 °C durante 15 días, cuando el suelo se transfirió a macetas de plástico de 1.1 L. Tomate *cv* Santa Cruz Kada de tres semanas de edad se trasplantó a cada maceta.

Las plantas se fertilizaron y regaron según se requirió y se cultivaron durante 60 días. Los experimentos se evaluaron midiendo la altura de la planta, la biomasa de brotes y raíces y contando el número de agallas y huevos de nematodos en las raíces. Los experimentos se llevaron a cabo en un diseño completamente aleatorizado con ocho réplicas. Para evaluar si el SIV puede inducir resistencia en tomate al nematodo del nudo de la raíz, diseñamos un experimento en el que se utilizó una técnica de raíz dividida (Ferreira, 2012).

Las plántulas de tomate de veintidós días de edad (10 cm de altura) se trasplantaron a vasos de plástico de 250 ml llenos de compost organomineral (Tecnomax[®]) y se cultivaron durante 25 días en invernadero. Al alcanzar la altura de ~ 25 cm, las plantas se arrancaron del suelo y las raíces se eliminaron mediante un corte transversal en la base del tallo.

Posteriormente, se hizo un corte longitudinal con una sonda delgada a 8 cm del extremo inferior del tallo y las dos partes se insertaron cada una en una maceta que contenía 500 g de suelo enmendado o no con 30 g de SIV. El nematodo se inoculó 10 días después, cuando se formaron raíces en ambos lados de cada planta. Se aplicó una suspensión con 5 000 huevos en tres orificios en la base del tallo. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1. La biomasa radicular y el número de agallas y huevos se evaluaron 60 días después de la infestación del suelo. La media máxima y la mínima fueron 33 y 13 °C en el primer experimento, 34 y 21 °C en el segundo experimento.

Cuadro 1. Masa de raíz fresca, número de agallas y huevos por sistema de raíces divididas de plantas de tomate desarrolladas en suelo infestado con 5 000 huevos de *Meloidogyne javanica* y enmendado con subproducto de la industria vitivinícola (SIV).

	Tratamiento	Masa de raíz fresca (g)	Número de agallas	Número de huevos
1	Maceta A Nematodos + suelo	2.93 ns	94.67	35 147.23
	Maceta B Suelo			
2	Maceta A Suelo			
	Maceta B SIV + nematodos + suelo	2.12	25*	3 086.11*
3	Maceta A SIV	2.67	158.5	67 825.01
	Maceta B Nematodos + suelo			

* = difiere del tratamiento control (T1- maceta A= nematodo + suelo) según la prueba de Dunnett ($p < 0.05$). ns= no significativo según la prueba F ($p > 0.05$).

Los datos se sometieron a pruebas de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de los errores experimentales (prueba de Levene) y luego se sometieron a análisis de varianza ($p < 0.05$), procesados o no para $\log_{10}(x)$ o $\sqrt{(x)}$. Los datos cualitativos se analizaron mediante análisis de regresión y el efecto de la enmienda del suelo con SIV y el control no enmendado en el experimento de raíces divididas se evaluaron mediante la prueba de Dunnett ($p < 0.05$). Las dosis crecientes de SIV incrementaron la altura y la biomasa de las plantas de tomate. La enmienda del suelo con SIV a 30 g kg⁻¹ de suelo aumentó la altura de la planta, la biomasa de brotes y raíces en 16-63%, 142-246% y 76-104% en los experimentos 1 y 2, respectivamente (Figura 1).

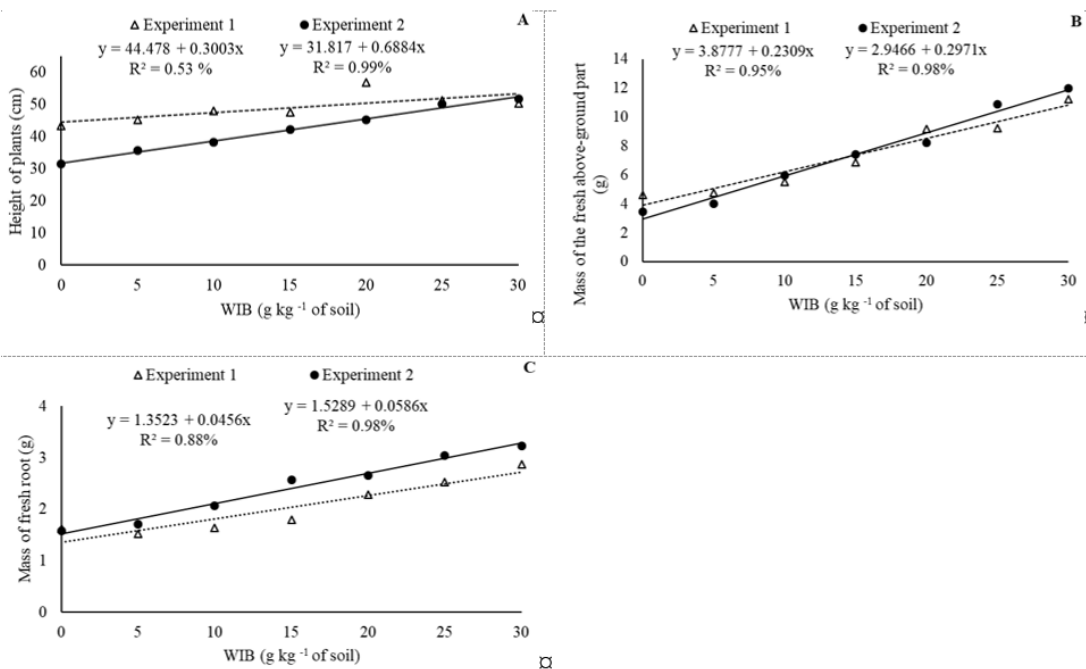


Figura 1. A) altura de las plantas; B) masa de la parte superficial fresca; C) masa de raíz fresca, de las plantas de tomate inoculadas con 4 000 (experimento 1) y 5 000 huevos de *M. javanica* (experimento 2) en suelos enmendados con subproducto de la industria vitivinícola (SIV).

El SIV redujo el número de agallas y huevos de *M. javanica* en plantas de tomate en ambos experimentos (Figura 2). En el primer experimento, la aplicación de SIV a 30 g kg⁻¹ de suelo redujo el número de agallas por sistema radical y gramos de agallas de raíz en 76 y 88% (Figura 2A, 2B), mientras que el número de huevos por sistema radical y gramos de raíz se redujo en 92-96% (Figura 2C, 2D). En el segundo experimento, la enmienda del suelo con SIV a 30 g kg⁻¹ de suelo redujo el número de agallas por gramo de raíz en 40.5% (Figura B) y huevos en raíces de tomate de 38 a 72% (Figura 2C, 2D).

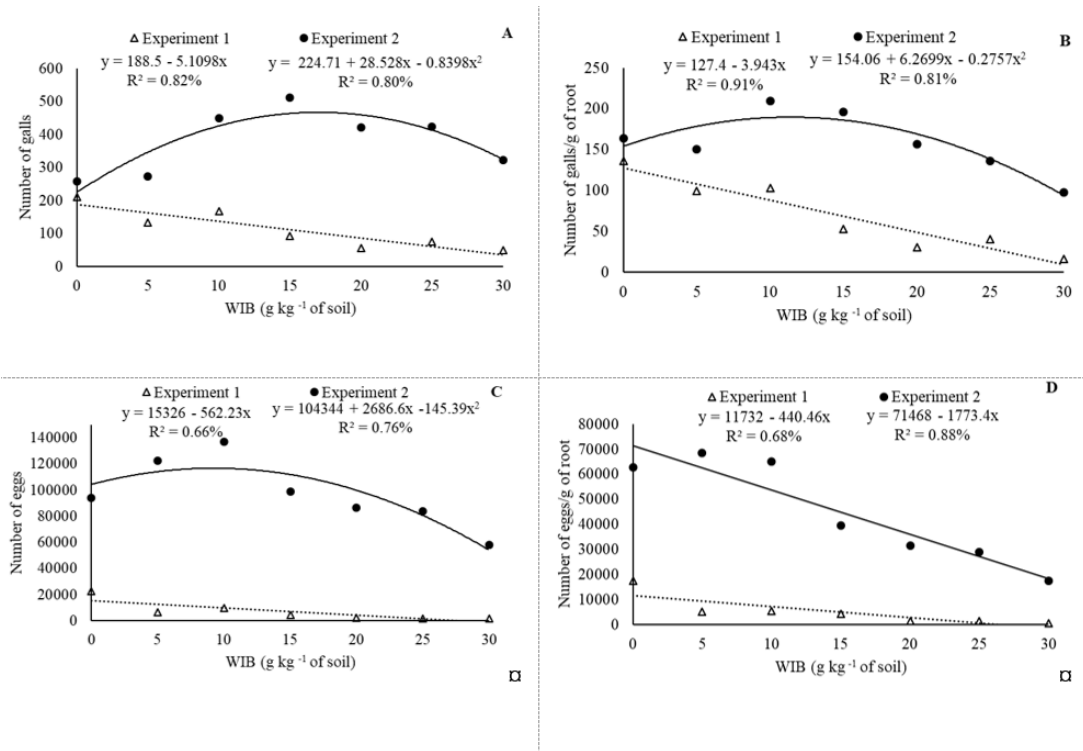


Figura 2. A) número de agallas por sistema radical; B) número de agallas por gramo de raíz; C) número de huevos por sistema radical; y D) huevos por gramo de raíz, en plantas de tomate inoculadas con 4 000 (experimento 1) y 5 000 huevos de *Meloidogyne javanica*, (experimento 2) en suelos enmendados con subproducto de la industria vitivinícola (SIV).

En el experimento del sistema de raíces divididas, la enmienda del suelo con SIV no indujo resistencia en el tomate contra *M. javanica*, ya que el efecto nematocida no se observó cuando el SIV se colocó en una maceta diferente de los huevos de nematodos (Cuadro 1).

El SIV contiene una cantidad significativa de macro y micronutrientes y la liberación de estos elementos durante la descomposición puede estimular el crecimiento de las plantas, como observamos en este estudio. El fósforo (P); por ejemplo, mejora el crecimiento de las raíces (Shaheen *et al.*, 2007), lo que aumentará la absorción de agua y otros nutrientes. Los tomates deben trasplantarse a los 15 días después de la enmienda del suelo con SIV para evitar la fitotoxicidad y favorecer la biodisponibilidad de nutrientes (Reiner, 2015). Ferreira (2012) reportó que el crecimiento del tomate es mayor cuando las plantas se trasplantan 14 días después de la enmienda del suelo con torta de aceite de ricino.

La enmienda del suelo con materiales orgánicos ricos en nutrientes mejora la tolerancia de las plantas contra los nematodos (Rodríguez-Kábana *et al.*, 1987). Además, los residuos orgánicos con proporciones de C:N que oscilan entre 14 y 20:1, como el SIV (C:N= 16.5:1), pueden controlar los nematodos fitoparásitos, debido a la liberación de amonio y otros compuestos nematicidas nitrogenados (Rodríguez-Kábana *et al.*, 1987). El SIV también es rico en fenólicos nematicidas, incluyendo ácidos fenólicos y flavonoides que se liberan durante la descomposición (Makris *et al.*, 2007; Reiner *et al.*, 2016).

En general, la dosis de 30 g de SIV por kg de suelo se asoció con una mayor supresión de *M. javanica*, a pesar de algunas diferencias entre el experimento 1 y 2, incluyendo la densidad del inóculo, la temperatura del invernadero y el comportamiento de las curvas dosis-respuesta. Probablemente se liberan grandes cantidades de sustancias nematicidas en el suelo tras la adición de SIV a 30 g kg⁻¹. Esta dosis corresponde a aproximadamente 3% del volumen del suelo o 72 Mg ha⁻¹ (densidad del suelo de 1.2 g cm⁻³ y 20 cm de profundidad). Esta cantidad puede reducirse aún más si la enmienda se incorpora a profundidades menores y para tratar pequeñas áreas infestadas de nematodos (Lopes *et al.*, 2008). Grandes cantidades de SIV se generan en la industria vitivinícola. Por lo tanto, la enmienda del suelo con SIV puede ser una alternativa amigable con el medio ambiente para manejar los nematodos del nudo de la raíz.

Conclusiones

La enmienda del suelo con SIV mejora el crecimiento del tomate y reduce la población de *M. javanica*, especialmente en tasas de 30 g kg⁻¹ de suelo. El SIV no induce resistencia del tomate contra *M. javanica*. Este residuo controla el nematodo por contacto directo.

Agradecimientos

A la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior - Brasil (CAPES) por otorgar la beca al primer autor.

Literatura citada

- Aoudia, H.; Ntalli, N.; Aissani, N.; Yahiaoui-Zaidi, R. and Caboni, P. 2012. Nematotoxic phenolic compounds from *Melia azedarach* against *Meloidogyne incognita*. J. Agric. Food Chem. 60(47):11675-11680. <https://doi.org/10.1021/jf3038874>.
- Ferreira, P. A. 2012. Avaliação de um fertilizante organomineral com atividade nematicida. Tese doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 73 p.
- Lopes, E. A.; Ferraz, S.; Freitas, L. G. and Ferreira, P. A. 2008. Controle de *Meloidogyne javanica* com diferentes quantidades de torta de nim (*Azadirachta indica*). Rev. Tróp. 2(1):17-21.
- Makris, D. P.; Boskou, G. and Andrikopoulos, N. K. 2007. Polyphenolic content and *in vitro* antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. J. Food Compos. Anal. 20(2):125-132. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.04.010>.
- Nico, A. I.; Jiménez-Díaz, R. M. and Castillo, P. 2004. Control of root-knot nematodes by composted agro-industrial wastes in potting mixtures. Crop Prot. 23(7):581-587. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.11.005>.

- Pasqua, S. D.; Dallemole-Giaretta, R.; Santos, I.; Reiner, D. A. and Lopes, E. A. 2020. Combined application of *Pochonia chlamydosporia* and solid by-product of the wine industry for the control of *Meloidogyne javanica*. *Appl. Soil Ecol.* 147(3):103397. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103397>.
- Reiner, D. A. 2015. Subproduto da indústria vinícola no controle de *Meloidogyne javanica*. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. 76 p.
- Reiner, D. A.; Dallemole-Garetta, R.; Santos, I.; Oldoni, T. L. C.; Lopes, E. A. and Chiarani, A. 2016. Efeito nematicida de um subproduto da indústria vinícola em *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood. *Ciência Téc. Vitiv.* 31(1):24-30. <https://doi.org/10.1051/ctv/20163101024>.
- Rodríguez-Kábana, R.; Morgan, J. G. and Chet, I. 1987. Biological control of nematodes: soil amendments and microbial antagonists. *Plant Soil.* 100(1-3):237-247. <https://doi.org/10.1007/BF02370944>.
- Shaheen, A. M.; Abdel, M. M. M.; Ali, A. H. and Rizk, F. A. 2007. Natural and chemical phosphorus fertilizers as affected onion, plant growth bulbs yield and its some physical and chemical properties. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.* 1(4):519-524.