

NOTA TÉCNICA

REACCIÓN DE SEIS GENOTIPOS DE CARAOTA (*Phaseolus vulgaris* L.) AL NEMATODO AGALLADOR *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood

Gabriela Berroterán¹, Guillermo Perichi¹ e Yndira Aguirre¹

RESUMEN

En Venezuela existen muy pocos trabajos relacionados con la búsqueda de cultivares que expresen resistencia al ataque de nematodos. En este estudio se evaluaron seis genotipos de caraota ('Anadelina', 'Bicentenario', 'Carmelinia', 'Media Rama', 'Silvinera' y 'Tacarigua') para determinar su reacción al nematodo agallador *M. javanica*. Todos los genotipos permitieron la infección y reproducción del nematodo. La máxima tasa de multiplicación fue observada en los cultivares Carmelinia (12,49) y Tacarigua (12,28). La infección del nematodo redujo significativamente ($P \leq 0,05$) el peso total fresco, peso aéreo fresco y peso aéreo seco de todos los genotipos evaluados con excepción de 'Tacarigua', que mostró tolerancia al nematodo. La ausencia de materiales resistentes a los genotipos evaluados no permite su uso como fuente de resistencia en programas de mejoramiento genético.

Palabras clave adicionales: Patogenicidad, resistencia, susceptibilidad

ABSTRACT

Response of six common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to the *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood

In Venezuela there are very few studies related to the search for crops that express resistance to nematodes attack. Six common bean genotypes ('Anadelina', 'Bicentenario', 'Carmelinia', 'Media Rama', 'Silvinera', and 'Tacarigua') were evaluated for their reaction to the root-knot nematode *M. javanica*. All the genotypes allowed nematode infection and reproduction. The maximum rate of nematode reproduction was observed on the cultivars Carmelinia (12.49) and Tacarigua (12.28). Nematode infection suppressed ($P \leq 0.05$) total fresh weight, top fresh weight and top dry weight compared to the uninoculated controls of all common bean genotypes except those of 'Tacarigua', which showed tolerance to the nematode. The absence of resistant materials in the genotypes evaluated prevents their use as a source of resistance in breeding programs.

Additional keywords: Pathogenicity, resistance, susceptibility

INTRODUCCIÓN

La caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas alimenticias más importante en Venezuela (Mujica et al., 2011) ya que constituye por sí sola una de las principales fuentes de proteínas dentro de la dieta diaria del venezolano (Duran et al., 2014).

En el país, para el año 2015, existía una superficie sembrada cercana a 12 mil hectáreas con un rendimiento promedio de 708 kg·ha⁻¹ (FEDEAGRO, 2018). De los factores que limitan

el rendimiento se pueden mencionar insectos, virus, bacterias, hongos y nematodos (Crozzoli, 2014).

Entre los nematodos, las especies de *Meloidogyne* Göeldi, 1889, constituyen uno de los principales problemas fitosanitarios en la mayoría de los cultivos, tanto en Venezuela como en otras partes del mundo (Crozzoli, 2002). De las especies señaladas como patogénicas a la caraota se mencionan a *M. incognita*, *M. javanica* y *M. enterolobi* (Singh y Schwartz, 2011; Crozzoli y Jiménez, 2015). Las plantas afectadas muestran

Recibido: Diciembre 10, 2018

Aceptado: Agosto 30, 2019

¹ Laboratorio de Nematología Agrícola, Inst. de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Apto. 4579. Maracay, Venezuela. e-mail: eli.berroterran@ucv.ve; guillermo.perichi@ucv.ve; perichig@hotmail.com (autor de correspondencia); yndiraaguirreutera@gmail.com

reducciones del crecimiento, clorosis temprana y deterioro del sistema radical, lo cual disminuye notablemente la fijación bacteriana de nitrógeno atmosférico (Crozzoli et al., 1997; Santos et al., 2012).

El uso de materiales tolerantes o resistentes es la alternativa más práctica y económica para limitar los daños ocasionados por nematodos agalladores en este cultivo (Alves et al., 2011). Sin embargo, en la búsqueda de materiales resistentes es necesario realizar una serie de pruebas de respuestas y/o reacción de un cultivar ante una especie y raza de nematodo en particular (Crozzoli, 2014). Lamentablemente, en Venezuela existen muy pocos trabajos relacionados con la búsqueda de materiales que expresen resistencia a este grupo de organismos.

Crozzoli et al. (1997; 2011), al evaluar la respuesta de diferentes leguminosas ante *M. incognita* y *M. enterolobii* señalan que los cultivares de caraota ‘Colombiana’, ‘Montalbán’, ‘Tacarigua’, ‘Tenerife’ y ‘UCV’ son susceptibles a ambas especies de nematodos, mientras que ‘Alabama 1’ es resistente.

Por lo expuesto, esta investigación tuvo como finalidad evaluar la reacción de seis genotipos de caraota ante *M. javanica* para ampliar lo que se conoce sobre la respuesta de diferentes materiales frente a nematodos agalladores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un umbráculo del Instituto de Zoología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV) en Maracay. Para ello se evaluó la respuesta ante *M. javanica* de los siguientes materiales de caraota: ‘Anadelina’, ‘Bicentenario’, ‘Carmelinia’, ‘Media Rama’, ‘Silvinera’ y ‘Tacarigua’.

Posteriormente, 12 semillas de cada cultivar fueron sembradas individualmente en recipientes plásticos (una semilla/ recipiente) que contenían 500 cm³ de suelo arenoso previamente esterilizado en estufa. Quince días después seis plantas fueron inoculadas con *M. javanica* con una densidad de 10 huevos (hvs)+juveniles de segundo estadio (J2)·cm⁻³ de suelo. Seis plantas más se dejaron como testigo (no inoculadas). El inóculo se obtuvo de raíces de plantas de tomate que habían sido infestadas para tal fin.

Para la extracción de los huevos y J2, las raíces con el nematodo se lavaron y cortaron en segmentos de aproximadamente 0,5 cm y se trituraron en una licuadora a velocidad baja por 1 min en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5 % con la finalidad de disolver las masas de huevos. Posteriormente, el inóculo se colocó en contacto con las raíces, abriendo cuatro pequeños orificios en el suelo alrededor de la planta. Después de aplicar la suspensión, cada orificio fue cerrado. Los recipientes se colocaron en forma completamente aleatorizada sobre mesones (Perichi et al., 2019).

A los 45 días después de la inoculación se realizaron determinaciones de peso total fresco (PTF), peso aéreo fresco (PAF), peso aéreo seco (PAS), peso radical fresco (PRF) y población final (Pf) del nematodo. Los nematodos móviles (J2) fueron extraídos de una muestra de 100 cm³ de suelo proveniente de los recipientes individuales por el método de Cobb modificado por Crozzoli y Rivas (1987). Para extraer los huevos y J2 de las raíces se procedió de la misma forma empleada para la extracción del inóculo.

Adicionalmente, se calculó la tasa de multiplicación (TM) del nematodo, que viene dada por la relación población final/población inicial (Pf/Pi), donde valores mayores de uno indican reproducción del nematodo. Se utilizó como genotipo de referencia (control) aquél que presentó la mayor TM.

Para determinar la respuesta de los materiales de caraota se utilizó el esquema propuesto por Cook (1974) que involucra dos variables: la eficiencia del hospedante medida por el grado de reproducción del nematodo (TM) el cual considera a $TM < 1$ como resistente y $TM > 1$ como susceptible, y la sensibilidad del hospedante medida por la pérdida en rendimiento a través del efecto del nematodo sobre las variables PTF, PAF y PAS (Suárez et al., 2004). Se consideró “no tolerante” aquel cultivar que tuviera afectada al menos una de dichas variables; en caso contrario, se consideró “tolerante”.

Para calcular el porcentaje de reducción de la TM de cada genotipo se utilizó la fórmula siguiente (Moura y Régis, 1987):

$$\text{Reducción TM (\%)} = \left[1 - \left(\frac{TM_{\text{genotipo a evaluar}}}{TM_{\text{genotipo referencia}}} \right) \right] \times 100$$

Los datos de PTF, PAF y PAS fueron procesados estadísticamente mediante la prueba t

de Student para muestras independientes usando el programa BioEstat-versión 5.3 de Ayres (2007). Los datos de PRF fueron analizados mediante la prueba t de Welch por no presentar homogeneidad de varianzas (homocedasticidad) usando el mismo programa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo observar la presencia de pequeñas y pocas agallas en las raíces de las plantas inoculadas. Sin embargo, el número de masas de huevos (indicador de la eficiencia reproductiva del nematodo) fue muy abundante. Esto coincide con

lo reportado por Hernández et al. (2018), quienes señalan que en caraota el tamaño de las agallas es variable y en algunos casos difícil de ser observadas. Mientras que la presencia de numerosas masas de huevos indica que los J2 provenientes de la suspensión de inóculo penetraron las raíces de las plantas logrando establecer sus sitios de alimentación y reproducción. La sintomatología asociada con el ataque del nematodo y observada en los diferentes genotipos de caraota en las plantas inoculadas estuvo relacionada con reducción del tamaño de la parte aérea (Cuadro 1), así como con la presencia de tallos delgados y clorosis.

Cuadro 1. Variables reproductivas del nematodo agallador *Meloidogyne javanica* y su efecto sobre variables agronómicas de seis cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris*)

Genotipo	Variables reproductivas de <i>M. javanica</i>			Variables agronómicas en materiales genéticos de <i>P. vulgaris</i>								Reacción Cook (1974)
	Pf (hv+J2/planta/ recipiente)	TM (Pf/Pi)	(%) Reducción	PTF (g)		PAF (g)		PAS (g)		PRF (g)		
			TM	No inoculada	Inoculada	No inoculada	Inoculada	No inoculada	Inoculada	No inoculada	Inoculada	
'Bicentenario'	36.486	7,30	41,6	10,90*	6,40	10,40*	4,40	0,1843*	0,0743	0,51*	2,00	S-nT
'Silvinera'	42.500	8,50	31,9	13,80*	5,30	13,00*	3,80	0,2486*	0,0800	0,78*	1,46	S-nT
'Anadelina'	35.764	7,15	42,8	9,90	9,20	9,60*	6,90	0,1371*	0,1071	0,30*	2,30	S-nT
'Tacarigua'	61.407	12,28	1,7	6,00	5,90	5,62	5,46	0,1029	0,1200	0,38	0,44	S-T
'Media Rama'	44.294	8,86	29,1	14,39*	5,16	13,87*	4,09	0,2400*	0,0729	0,52	1,20	S-nT
'Carmelinia'	62.457	12,49	0	8,80*	6,56	8,47*	4,70	0,1214*	0,0771	0,33*	1,86	S-nT

Los asteriscos indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre genotipos no inoculados e inoculados, según la prueba t de Student. Los datos de PRF fueron analizados según la prueba t de Welch por no presentar homocedasticidad. TM: tasa de multiplicación; Pf: población final; Pi: población inicial; PTF: peso total fresco; PAF: peso aéreo fresco; PAS: peso aéreo seco; PRF: peso radical fresco (PRF). S: susceptible; R: resistente; nT: no tolerante; T: tolerante.

La población alcanzada por *M. javanica* en el cultivar de caraota 'Carmelinia' fue la más elevada con 62.457 hv+J2 por planta con relación a los niveles poblacionales alcanzados por el nematodo en los demás genotipos (Cuadro 1).

Los seis genotipos permitieron la reproducción de *M. javanica* al observarse valores de tasa de multiplicación (TM) superiores a uno. Las mayores TM fueron alcanzadas por el nematodo en los cultivares 'Carmelinia' y 'Tacarigua' con valores de 12,49 y 12,28, respectivamente. Además, se pudo observar una mínima reducción de la TM (1,7%) en este último con relación a 'Carmelinia', el genotipo que fue usado como referencia.

Moura y Régis (1987) señalan que aquellos genotipos de caraota que presentan una reducción de la TM igual o mayor al 25 % con relación al

genotipo de referencia son altamente susceptibles a la acción parasitaria de nematodos agalladores.

Se pudo determinar que el PTF, PAF y PAS de 'Bicentenario', 'Silvinera', 'Media Rama' y 'Carmelinia' fue afectado de manera significativa ($P \leq 0,05$) por *M. javanica*, lo cual corrobora que la acción parasitaria del nematodo sobre la raíz se traduce en una disminución de la biomasa en la parte aérea. A partir de los resultados obtenidos y siguiendo el criterio de interacción planta-nematodo propuesto por Cook (1974), estos materiales de caraota se consideran susceptibles-no tolerantes (S-nT).

El genotipo 'Anadelina' no presentó diferencias estadísticas en PTF entre plantas no inoculadas e inoculadas. Sin embargo, los PAF y PAS en plantas inoculadas fueron afectados por el nematodo. En este cultivar, el valor de TM fue

7,15 (TM>1) por lo que se considera también S-nT.

El cultivar comercial ‘Tacarigua’ alcanzó los pesos más bajos de todos los genotipos evaluados. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas en PTF, PAF y PAS. Dado que este material permitió la reproducción del nematodo (TM>1) se considera susceptible, y tolerante (S-T) por no verse afectadas ninguna de las variables agronómicas estudiadas.

Además de haberse determinado la existencia o no de tolerancia siguiendo el criterio de interacción planta-nematodo, sería recomendable realizar estimaciones del nivel o límite de tolerancia a nematodos mediante el modelado con la ecuación de Seinhorst (1965) para conocer la población inicial que una planta es capaz de soportar sin verse afectada alguna variable de importancia agronómica. Las estimaciones deberían incluir las especies *M. javanica* y *M. enterolobii* porque los genotipos comerciales de caraota ‘Manaure’, ‘Montalbán’ y ‘Tenerife’ presentan muy baja tolerancia (0,03 hvs+J2·cm⁻³ de suelo) a nematodos agalladores y ninguno es resistente, incluyendo a ‘Tacarigua’ (Crozzoli et al., 1997; Crozzoli et al., 2011).

Con relación al PRF, éste fue superior ($P \leq 0,05$) en las plantas de ‘Anadelina’, ‘Bicentenario’, ‘Carmelina’ y ‘Silvinera’ que habían sido inoculadas, lo cual se atribuye al peso de las agallas y las masas de huevos del nematodo. En los genotipos ‘Media Rama’ y ‘Tacarigua’ no hubo diferencias estadísticas entre plantas inoculadas y no inoculadas (Cuadro 1).

Se encontraron mayores valores de biomasa radical (fresca) en las plantas inoculadas en comparación con las no inoculadas (Cuadro 1). Este tipo de respuesta en plantas inoculadas con nematodos agalladores ha sido observada en frijol [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], café (*Coffea arabica* L.) y pimentón (*Capsicum annuum* L.). Las deformaciones causadas por el nematodo y la presencia de numerosas agallas en el sistema radical son las responsables de este incremento de biomasa (Crozzoli et al., 1995; Rojas y Salazar, 2013; García y Palomo, 2016). En los genotipos de caraota evaluados en el presente trabajo no se observaron deformaciones drásticas de la raíz (sólo algunas agallas), pero sí numerosas masas de huevos que muy probablemente incidieron en el incremento de la masa radical.

La ausencia de materiales resistentes dentro de los genotipos evaluados los imposibilita para ser usados en trabajos de mejoramiento genético con el fin de incorporar la resistencia a nematodos agalladores en materiales de caraota.

CONCLUSIÓN

Los genotipos de caraota ‘Anadelina’, ‘Bicentenario’, ‘Carmelina’, ‘Media Rama’, ‘Silvinera’ y ‘Tacarigua’ son susceptibles a la acción parasitaria de *M. javanica*.

AGRADECIMIENTO

A las investigadoras del INIA-CENIAP: Nohelia Rodríguez y Anyuris Vegas por el suministro de los seis genotipos de caraota evaluados.

LITERATURA CITADA

- Alves, F., L. dos Santos, W. Moraes, F. Cosmi, P. Cabral, S. Martins et al. 2011. Reaction of common bean genotypes to *Meloidogyne incognita* Race 1. *Idesia* 29: 95-98.
- Ayres, M. 2007. BioEstat. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Versión 5.3. Belém, Brasil (Programa estadístico).
- Cook, R. 1974. Nature and inheritance of nematodes resistance in cereals. *Journal of Nematology* 6: 165-174.
- Crozzoli, R. 2002. Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia* 27: 354-354.
- Crozzoli, R. 2014. La Nematología Agrícola en Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 534 p.
- Crozzoli, R. y D. Rivas. 1987. Uso de toallas faciales de producción nacional como alternativa al filtro de algodón en la limpieza de muestras nematológicas. *Fitopatología Venezolana* 1: 32-33.
- Crozzoli, R. y N. Jiménez. 2015. Una revisión de las especies de nematodos fitoparásitos en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 41: 117-126.

8. Crozzoli, R., A. Higuera y A. Casassa. 1995. Respuesta de algunos materiales de frijol al nematodo *Meloidogyne spp.* Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 12: 485-490.
9. Crozzoli, R., M. Seguro, G. Perichi y D. Pérez. 2011. Respuesta de selecciones de leguminosas a *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne enterolobii* (Nematoda: Meloidogynidae). Fitopatología Venezolana 24: 56-57.
10. Crozzoli, R., N. Greco, A. Suárez y D. Rivas. 1997. Patogenicidad del nematodo agallador, *Meloidogyne incognita*, en cultivares de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*. Nematropica 27: 61-67.
11. Duran, A., T. Lambert y F. Velázquez. 2014. Evaluación de genotipos mejorados de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) en Barinas y Monagas, Venezuela. Revista de Ciencias Agrícolas 31: 63-75.
12. FEDEAGRO. 2018. Superficie sembrada, rendimiento y volumen de producción de algunas leguminosas en Venezuela. <http://www.fedeagro.org> (consulta del 02/07/2018).
13. García, F. y A. Palomo. 2016. Reacción de siete cultivares de *Capsicum* a diferentes densidades del nematodo del nódulo, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949. Anales Científicos 77: 193-203.
14. Hernández-Ochandía, D., M. Rodríguez, I. Miranda, L. Moreno, I. Castro, B. Delgado y R. Holgado. 2018. Reproducción y efecto nocivo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en *Phaseolus vulgaris* L. 'Cuba-Cueto-25-9'. Revista de Protección Vegetal 33: 1-7.
15. Moura, R. y E. Régis. 1987. Reações de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). Nematologia Brasileira 11: 215-255.
16. Mujica, M., M. Granito y N. Soto. 2011. Propiedades físicas y calidad de cocción de leguminosas cultivadas en Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 28: 104-122.
17. Perichi, G., Y. Aguirre, A. Vegas y D. Jáuregui. 2019. Patogenicidad del nematodo *Meloidogyne incognita* en plantas de pimentón cv. Río Tocuyo. Bioagro 31: 67-72.
18. Rojas, M. y L. Salazar. 2013. Densidad crítica de *Meloidogyne exigua* en plantas de almácigo de café variedad Caturra. Agronomía Costarricense 37: 115-123.
19. Santos, L., F. Alves, L. Belan, P. Cabral, F. Matta, W. Junior and W. Moraes. 2012. Damage quantification and reaction of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Meloidogyne incognita* race 3 and *M. javanica*. Summa Phytopathologica 38: 24-29.
20. Seinhorst, J.W. 1965. The relation between nematode density and damage to plants. Nematologica 11: 137-154.
21. Singh, S. and H. Schwartz. 2011. Review: Breeding common bean for resistance to insect pests and nematodes. Canadian Journal of Plant Science 91: 239-250.
22. Suárez, Z., M. Gómez y L. Rosales. 2004. Reacción de nueve accesiones de *Passiflora* al ataque del nematodo arriñonado *Rotylenchulus reniformis*. Fitopatología Venezolana 17: 9-11.