



Respuesta de once genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) a poblaciones crecientes de *Meloidogyne incognita*

Response of Eleven Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Genotypes to Increasing Populations of *Meloidogyne incognita*

Daine Hernandez-Ochandía * <https://orcid.org/0000-0001-8936-6022>
Roberto Enrique Regalado <https://orcid.org/0000-0001-6721-9873>
Ileana Miranda Cabrera <https://orcid.org/0000-0001-6533-3277>
Mayra G. Rodríguez Hernández <https://orcid.org/0000-0003-3394-6874>

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Cuba
* Autor de correspondencia: daineho@gmail.com

Recibido: 14 de noviembre de 2023
Aceptado: 17 de febrero de 2024
Publicado: 15 de marzo de 2024

Resumen

Objetivo. Establecer la capacidad como hospedante de once cultivares de frijol negro más extendidos en la provincia Mayabeque y determinar su límite de tolerancia. **Materiales y métodos.** Para la preparación del inóculo se utilizaron raíces de tomate (*Solanum lycopersicum* L., var Cambell-28) infestadas con *Meloidogyne incognita*, en macetas de 1 kg de capacidad con una mezcla de suelo ferrasol éutrico y estiércol vacuno como abono orgánico (en proporción 1:1). Se establecieron siete tratamientos y un testigo (sin inocular), los niveles poblacionales fueron 0.125; 0.25; 1; 4; 16 y 64 J₂/gramo de suelo. Se calcularon los factores de reproducción (FR) e índice de reproducción (IR) de cada

Abstract

Objective. Establish the host capacity of eleven most widespread black bean cultivars in the Mayabeque province and determine their tolerance limit. **Materials and methods.** For the preparation of the inoculum, tomato roots (*Solanum lycopersicum* L., var Cambell-28) infested with *Meloidogyne incognita* were used. Pots with a capacity of 1 kg were used with a mixture of eutric ferrasol soil and cow manure as organic fertilizer (in a 1:1 ratio). Seven treatments and one control (without inoculation) were established; the population levels were 0.125; 0.25; 1; 4; 16 and 64 J₂ per gram of soil. The reproduction factors (FR) and reproduction index (RI) of each genotype were calculated, evaluating

genotipo, evaluando la resistencia y el efecto de densidades poblacionales del nematodo sobre la masa foliar de cada genotipo evaluado. Los datos se procesaron a través del paquete estadístico R y se graficaron. **Resultados.** Se verificó que los cultivares BAT-304, BAT-306, CUFIG-48, CUL-156, Tomeguin-93, PL-8, P-248-1, Caujeri-2170, Milagro Villareño y Güira-89, fueron susceptibles a *M. incognita* ($FR \geq 1$), mientras que Triunfo-70 fue resistente. BAT-306, tuvo menor límite de tolerancia (LT) ($0,002 J_2 /g$ de suelo y Triunfo-70 el más alto (0.75). La mayor pérdida de masa foliar (85%) la alcanzo BAT-306 y la menor Triunfo-70 (20%). **Conclusión.** Los cultivares CUFIG-48, CUL-156, Tomeguin-93, PL-8, P-248-1, Caujeri-2170, Milagro Villareño y Güira-89 fueron susceptibles a *M. incognita*.

Palabras clave

Meloidogyne, comportamiento, tolerancia, susceptible, resistente y Factor de Reproducción (FR).

the resistance and the effect of population densities of the nematode on the leaf mass of each genotype evaluated. The data were processed through the R statistical package and graphed. **Results.** It was verified that the cultivars BAT-304, BAT-306, CUFIG-48, CUL-156, Tomeguin-93, PL-8, P-248-1, Caujeri-2170, Milagro Villareño and Güira-89, were susceptible to *M. incognita* ($FR \geq 1$), while Triunfo-70 was resistant. BAT-306, had the lowest Tolerance Limit (LT) ($0.002 J_2 /g$ of soil and Triunfo-70 the highest (0.75). The greatest loss of leaf mass (85%) was achieved by BAT-306 and the lowest Triunfo-70 (20%). **Conclusion.** The cultivars CUFIG-48, CUL-156, Tomeguin-93, PL-8, P-248-1, Caujeri-2170, Milagro Villareño and Güira-89 were susceptible to *M. incognita*.

Keywords

Meloidogyne, behavior, tolerance, susceptible, resistant and Reproduction Factor (RF).

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) es la leguminosa de mayor consumo en América Latina por ser fuente principal de proteínas, carbohidratos y minerales. Con su consumo se cubren requerimientos básicos de la dieta diaria (Geps *et al.*, 2005). En Cuba, la producción de frijol se incrementó en los últimos años, destinándose en 2022, unas 27 485 ha para su cultivo (FAOSTAT, 2022); sin embargo, las producciones no satisfacen la demanda nacional, pues se caracteriza por sus rendimientos bajos debido a la sensibilidad a factores bióticos y abióticos. Entre los factores bióticos que inciden en sus bajos rendimientos se encuentran las plagas como insectos, hongos, bacterias, virus y nematodos fitoparásitos.

Los fitonematodos representan plagas importantes de las leguminosas a escala internacional (Sikora *et al.*, 2005), en especial del frijol. Sin embargo, el daño de los nematodos a los cultivos, frecuentemente, no resulta obvio y es necesario realizar estudios de la biología, ecología e interacciones de estos con otros organismos para determinar el impacto de la plaga sobre las plantas y establecer su manejo (Ferris y Noling, 1987). Estos estudios deben realizarse para poder establecer el daño y la relevancia o no de los nematodos como plaga del frijol, con el objetivo de hacer uso racional de los recursos materiales y humanos.

Los nematodos agalleros (*Meloidogyne* spp.) reducen las producciones de frijol en campo entre 50 y 90%. En este género, sobresale la especie, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, que posee una gama de hospedantes potenciales de más de 3 000 especies de plantas y que afectan al frijol en numerosas partes del mundo (Sikora *et al.*, 2005). En Cuba, *M. incognita* es la especie más distribuida (Fernández *et al.*, 1998) y aunque, se informó en varias leguminosas (Martínez *et al.*, 2006), no se poseen datos recientes acerca de la capacidad como hospedantes de cultivares que se utilizan en Cuba y de los daños que provoca en estos. El uso de cultivares resistentes representa una opción deseable de manejo de plagas; sin embargo, no siempre se posee información acerca del comportamiento de los cultivares de uso habitual frente a nematodos agalleros. Fernández *et al.* (1998) informaron que los cultivares BAT (53; 58VR; 304; 482; 518), Bolita 11; Cuba C-25-9-N, Cuba C-25-9-R, Guamá 23VR, Güira 89, ICA Pijao, Hatuey y Velasco largo se comportaron como susceptibles o muy susceptibles a *Meloidogyne incognita* (razas 1, 2 y 3), *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood (raza 2), *Meloidogyne javanica* (Trueb) y *Meloidogyne hapla* Chitwood.

Los estudios para establecer el límite de tolerancia y la reacción de cultivares de un hospedante ante niveles poblacionales del nematodo son elementos básicos para establecer adecuadas medidas de manejo desde el punto de vista biológico y económicamente racionales. Este tipo de estudio resulta escaso en Cuba y, en el caso del frijol, sólo se cuenta con un informe aislado de la capacidad como hospedante de cultivares seleccionados (Hernández-Ochandía *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue establecer la capacidad como hospedante de once genotipos de frijol negro, determinar su límite de tolerancia y establecer las categorías de susceptible, tolerante o resistente a *Meloidogyne incognita* de cada genotipo evaluado.

Materiales y métodos

Preparación del inóculo

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Nematología Agrícola del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), provincia Mayabeque; para la preparación del inóculo se tomaron raíces de tomate (*Solanum lycopersicum* L., var *Cambell-28*), que se utiliza como planta hospedante de una población pura de *M. incognita* proveniente de frijol negro cv Cuba-cueto, identificada morfológicamente y molecularmente, y que se mantiene de forma permanente como parte de la colección de poblaciones puras de nematodos agalleros.

Se utilizaron macetas de 1 kg de capacidad donde se colocó una mezcla de suelo ferrasol éutrico y estiércol vacuno como abono orgánico (en proporción 1:1), previamente esterilizado al vapor a 121 °C (dos horas). Se evaluaron once genotipos de frijol negro (BAT-304, Tomeguín -93, CUL-156, CUFIG-48, Güira-89, PL-8, Caujeri 2 170, Milagro Villareño, P-248-1, BAT-306 y Triunfo -70), los cuales se inocularon, previo a la siembra, con *Rizobium* sp. Se colocó una semilla por maceta y se esperó un período de 15 días para que las plantas estuvieran listas para ser inoculadas. El inóculo (juveniles

de segundo estadio (J_2) se obtuvo utilizando el método de Bandejas de Hemming y Whitehead modificadas y se introdujo en el suelo a través de cuatro orificios practicados sobre el sistema radical y en la zona cercana al tallo, siguiendo la metodología de Coyne *et al.* (2014). Se establecieron siete tratamientos por cultivar testigo (sin nematodos) y seis niveles poblacionales: 0.125; 0.25; 1; 4; 16 y 64 J_2 /gramo de suelo (equivalentes a 125; 250; 1 000; 4 000; 16 000; 64 000 juveniles por maceta).

Diseño experimental

Las macetas se dispusieron siguiendo un diseño completamente aleatorizado, donde los cultivos inoculados con cada nivel constituyeron los tratamientos, con siete repeticiones (macetas) cada uno. Las plantas se mantuvieron 60 días en los aisladores biológicos, y recibieron riego en días alternos, con evaluaciones semanales del estado sanitario de los experimentos. Concluido el período, las plantas se extrajeron y se trasladaron al laboratorio para ser procesadas.

La población final (Pf) se estableció mediante la suma de la población extraída de las raíces, utilizando el método de Hussey y Barker (1973) y los especímenes obtenidos del suelo. Estos últimos se extrajeron de tres submuestras (100 gramos cada una) del suelo de cada réplica, que se procesaron por el método Bandejas de Hemming y Whitehead modificadas (Coyne *et al.*, 2014). Las soluciones se cuantificaron a través del conteo directo de los J_2 (juveniles infestivos) en un microscopio estereoscopio Zeiss® con 160 aumentos.

Parámetros evaluados

- Factor de reproducción (FR): parámetro que establece la cantidad de veces que se reprodujo la población inicial (P_i), donde $FR = \text{Población final (Pf)} / P_i$.
- Categorización de capacidad como hospedante: para ello se emplearon las categorías establecidas por Ferris *et al.* (1993): hospedante excelente ($FR \geq 10$), buen hospedante ($1 < FR < 10$), hospedante de mantenimiento ($FR = 1$) y pobre o no hospedante ($0 < FR < 1$).
- Se determinó el índice de reproducción (IR), según la formula:

$$IR = \frac{\text{Número de huevos y } J_2 \text{ producidos en cultivar susceptible}}{\text{de huevos y juveniles producidos en el cultivar resistente (a evaluar)}} \times 100$$

y para su clasificación se consideró el valor del IR, asignándoles las categorías establecidas por Taylor (1967) y que fueran validados posteriormente por Triantaphyllou (1975) y Hadisoeganda y Sasser (1982), donde las plantas cuyo IR fue mayor de 50% son catalogadas como susceptibles; $25 \leq IR \leq 50\%$ ligeramente resistentes (LR); $10 \leq IR \leq 25\%$ son moderadamente resistentes (MR) y $1 \leq IR \leq 10\%$ son muy resistentes (R); y donde el $IR < 1\%$, las plantas se comportan como altamente resistentes o inmunes (AR) al nematodo.

- Para establecer la relación entre densidades poblacionales iniciales (P_i) de *M. incognita* y el crecimiento de once genotipos de frijol negro se utilizó la Función de

Daño, con el Modelo Exponencial de Seinhorst (1965; 1970): $y = m + (1 - m)z^{P_i \cdot T}$; donde y es la masa fresca relativa ($y = 1$ para $P_i < T$); m es la producción mínima relativa y corresponde al valor de y cuando las poblaciones del nematodo son muy elevadas; P_i es la población del nematodo al momento de la siembra, expresada en huevos o ejemplares/cm³ de suelo; T es el límite de tolerancia o población máxima que soporta una planta sin que su rendimiento o variable agronómica evaluada (en este caso masa fresca aérea) sean reducidas; z es una constante menor a 1, generalmente $z \cdot T$ es medianamente igual a 1.05. Estos parámetros se determinaron empleando el paquete estadístico SAS, versión 9.0.

- Se determinaron las relaciones de las densidades poblacionales iniciales (P_i) y finales (P_f) de la especie dominante de *M. incognita* en once cultivares de frijol negro, utilizando el modelo de Seinhorst (1966): $P_f = \frac{aEP_i}{(a-1)^{P_i+E}}$, donde E = densidad de equilibrio y a = tasa máxima de multiplicación. Los parámetros del modelo se estimaron en el paquete estadístico R 3.0.5

Resultados

Todos los genotipos evaluados (BAT-304, Tomeguín -93, CUL-156, CUFIG-48, Güira-89, PL-8, Caujeri 2170, P-248-1, BAT-306, Milagro Villareño) resultaron hospedantes de *M. incognita* y se comportaron como susceptibles ante el nematodo (cuadro 1), permitiendo la reproducción del nematodo, excepto el genotipo Triunfo-70 que resultó resistente, solamente se comportó como susceptible en el último nivel poblacional. Aunque no se produjeron diferencias significativas entre los cultivares en cuanto al valor del parámetro FR en presencia de diferentes niveles P_i , se pudo constatar que los mayores valores de este parámetro obtuvieron el cultivar BAT-304, y los menores el Triunfo-70.

El FR de los cultivares, en presencia de diferentes densidades poblacionales iniciales (P_i), fue variable y se confirmó que los mayores valores de este parámetro los obtuvieron los cultivares BAT-304 y BAT-306; mientras que los menores se produjeron en Triunfo-70 (cuadro 1), sin embargo, todos los cultivares, excepto Triunfo-70 exhibieron valores del IR superiores de 50% a partir de la densidad P_i de 1 J_2 de *M. incognita* x g/de sustrato, ratificando la categoría de susceptibles (cuadro 1)

El límite de tolerancia estimado (T) fue diferente para los cultivares evaluados (figura 1), el menor valor del T fue el de BAT-306; mientras que, el mayor lo presentó Triunfo-70 (cuadro 2). Los valores del T para los cultivares de frijol negro estuvieron entre 0.12 y 0.59 juveniles x g de sustrato (cuadro 2) para los susceptibles y fue mayor para Triunfo-70 (2.85). El valor menor de m lo exhibió CUFIG-48, seguido de Triunfo-70; mientras que la mayor pérdida fue en BAT-306 (cuadro 1). Todos los cultivares, excepto Triunfo-70 exhibieron valores del IR superiores a 50% a partir de la densidad P_i de 1 J_2 de *M. incognita* x g de sustrato, ratificando la categoría de susceptibles.

En presencia de densidades poblacionales iniciales (P_i de 0.125 J_2 huevos x g de sustrato.1), todos los cultivares se comportaron como Ligeramente Resistentes, excepto Milagro Villareño, que se comportó así hasta la densidad de $P_i \leq 1 J_2$ huevos x g de

sustrato.1. Los cultivares Guira-89 y BAT-306 fueron susceptibles cuando crecieron en todas las densidades poblacionales; mientras que Triunfo-70 se ratificó como cultivar resistente a *M. incognita*.

Cuadro 1

Factor de reproducción (FR) alcanzado por *Meloidogyne incognita* en cada genotipo, en presencia de niveles poblacionales crecientes del nematodo y categoría alcanzada por cada genotipo a través de índice de reproducción (IR)

Cultivares	Densidad poblacional inicial (J_2 -huevos x g/suelo)*						IR	Cat
	0.125	0.25	1	4	16	64		
	Factor de reproducción (FR)							
BAT-306	6.1 ^a	6.1 ^a	6.2 ^a	7.1 ^a	7.8 ^b	8.0 ^a	75.4	S
BAT-304	7.1 ^a	7.1 ^a	7.2 ^a	7.1 ^a	7.5 ^a	8.0 ^a	75.0	LR-S
Caujeri 2170	1.5 ^c	2.0 ^c	2.3 ^a	2.5 ^a	3.0 ^b	3.5 ^b	74.3	LR-S
Guira-89	3.5 ^b	3.8 ^b	4.0 ^a	4.2 ^a	4.5 ^b	4.9 ^b	72.0	LR-S
P-248-1	2.5 ^c	2.6 ^c	3.2 ^a	3.5 ^a	4.0 ^b	4.1 ^b	70.3	LR-S
Tomeguín-93	3.1 ^b	3.2 ^b	4.0 ^b	4.5 ^a	5.0 ^b	5.1 ^b	61.5	LR-S
PL-8	3.2 ^b	3.4 ^b	3.2 ^b	4.0 ^a	4.5 ^a	4.8 ^b	62.0	LR-S
CUFIG-48	3.1 ^b	3.4 ^b	4.5 ^b	5.1 ^b	5.8 ^b	6.0 ^a	60.0	LR-S
CUL-156	2.3 ^b	2.4 ^b	2.8 ^c	3.0 ^a	3.2 ^a	3.8 ^b	58.5	LR-S
Milagro Villareño	2.36 ^b	2.38 ^b	3.0 ^a	3.25 ^a	4.0 ^b	4.1 ^b	-	LR
Triunfo-70	0.23 ^c	0.5 ^c	0.7 ^a	0.8 ^a	0.9 ^b	1.2 ^c	2.5	R
E.E.	2.05	2.81	0.91	0.29	0.66	0.22		
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004		

* J_2 -huevos/gramo de suelo. LR: ligeramente resistente; S: susceptible; R: resistente; Cat: Categoría de cultivares cubanos de frijol a *M. incognita*.

El límite de tolerancia estimado (T) fue diferente en todos los cultivares evaluados (cuadro 2), el menor valor de T fue el del cultivar BAT-306, mientras que el mayor lo presentó Triunfo-70. Los valores mayores de (T) se registraron en los cultivares CUFIG-48, seguidos de Tomeguín-93 y CUL-156, cuando su P_i fue menor de $5 J_2$ x g de sustrato. (figura 1). Los valores de P_f en los cultivares BAT-304, PL-8, Caujeri-2170, Guira-89, P-248-1 y Milagro Villareño, fueron de entre 60 y 80 J_2 /g de suelo (figura 1); mientras que, en Triunfo-70 se produjeron los menores valores. Los valores de T para todos los cultivares de frijol negro estuvieron entre 0.12 y 0.59 juveniles x gramo/suelo, donde Triunfo-70 alcanzó el mayor valor; sin embargo, todos los valores de T obtenidos se encontraron en bajas densidades poblacionales en suelo; siendo un punto a tener en cuenta por los agricultores, quienes deberán extremar las medidas para disminuir las poblaciones de *M. incognita* en los suelos antes de sembrar estos cultivares de frijol negro.

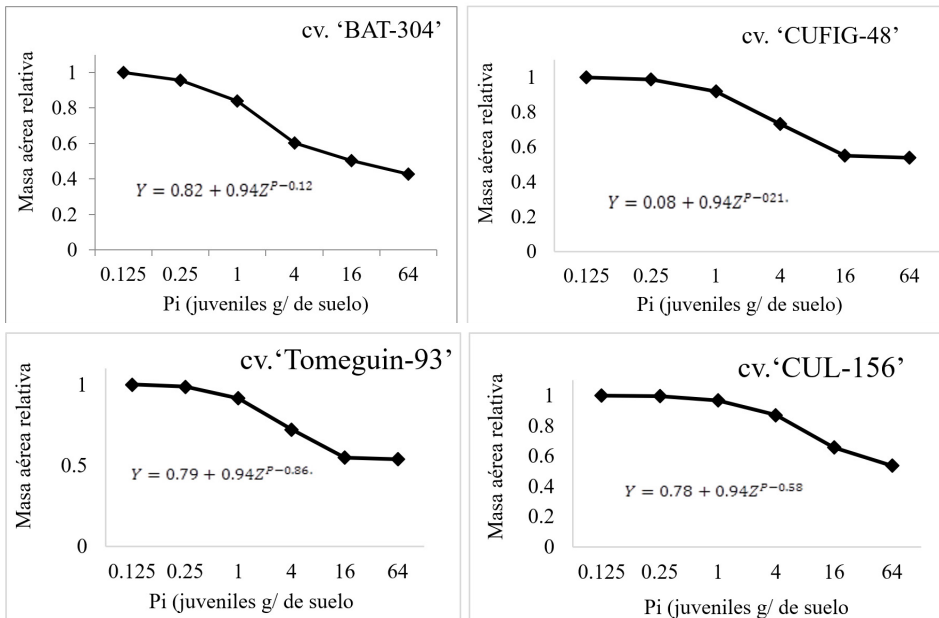
Cuadro 2

Valores de T (tolerancia) calculado a través de la primera ecuación de Seinhorst para once cultivares de frijol negro

Cultivar	T (tolerancia) expresado en número de juveniles por gramo de sustrato en Pi
BAT-306	0.02
Triunfo-70	2.85
CUL-156	0.58
CUFI-48	0.21
BAT-304	0.12
Milagro Villareño	0.18
Tomeguín-93	0.86
PL-8	0.46
P-248-1	0.59
Guira-89	0.22
Caujeri 2170	0.21

Figura 1

Relación entre la masa fresca relativa de once cultivares de frijol y densidades poblacionales iniciales (Pi) crecientes de *M. incognita*



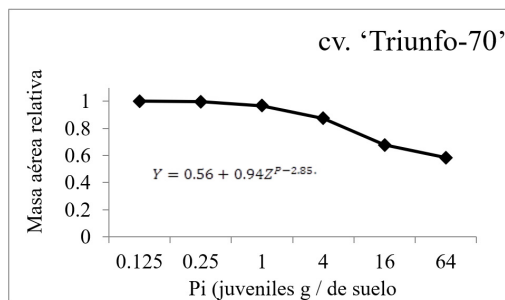
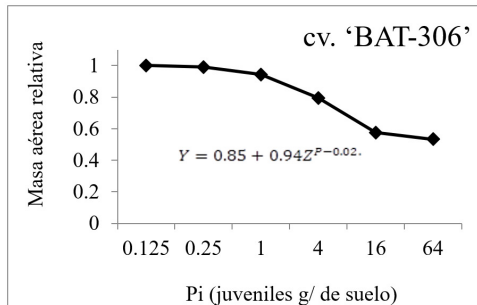
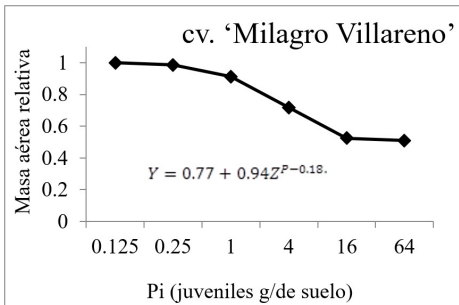
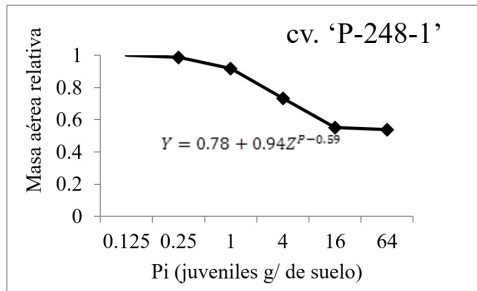
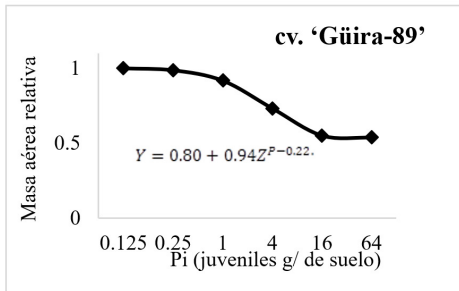
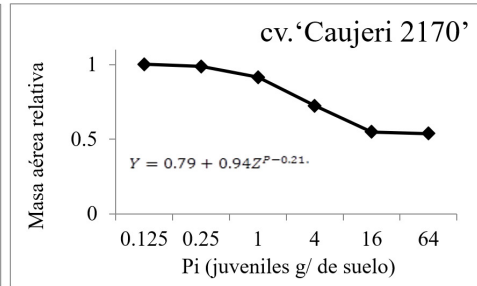
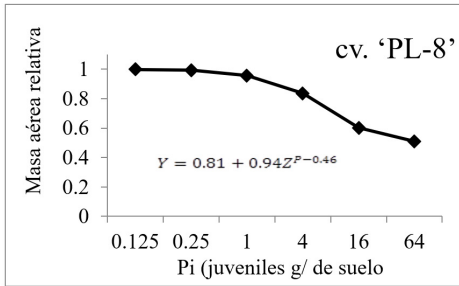
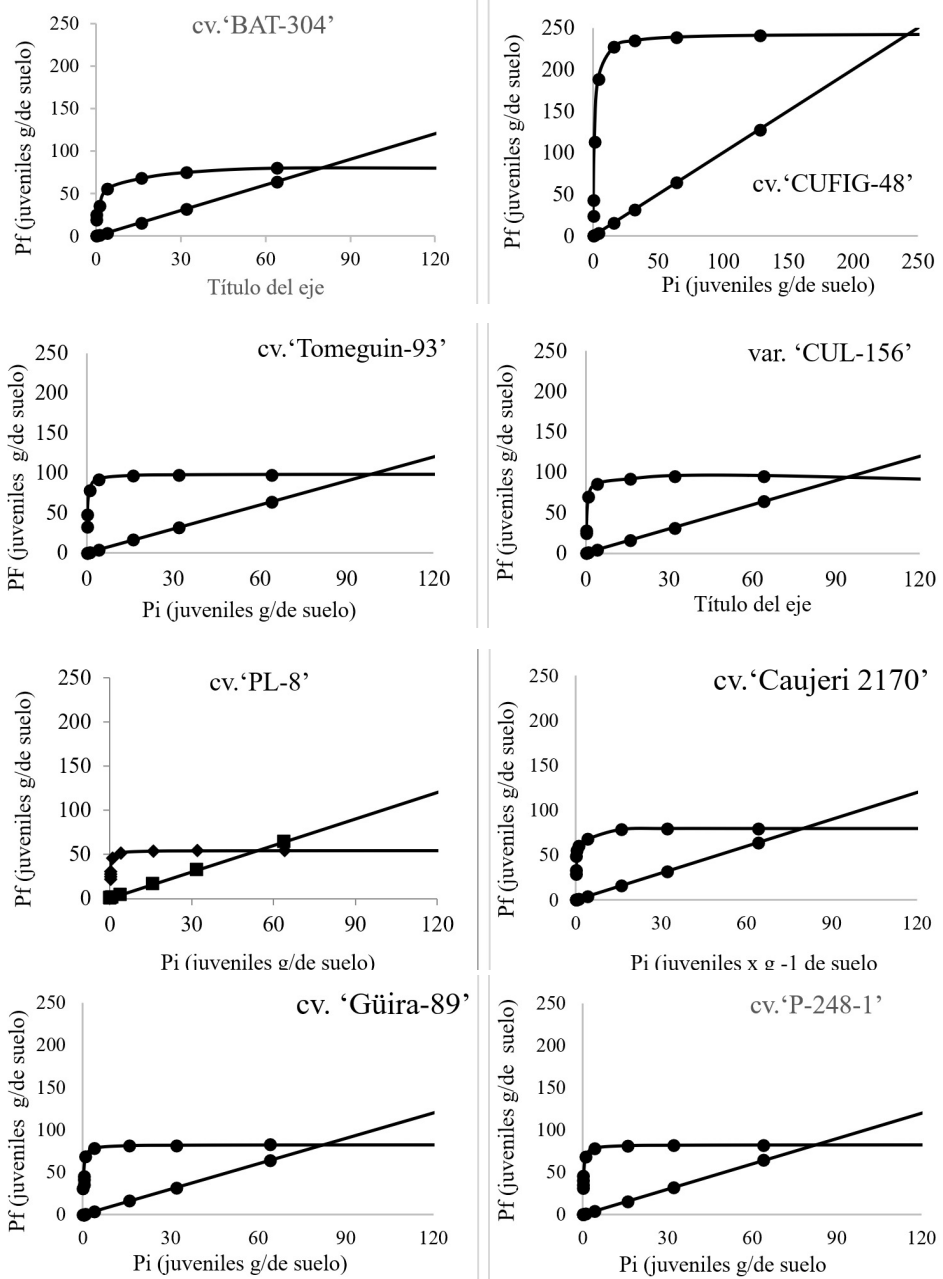
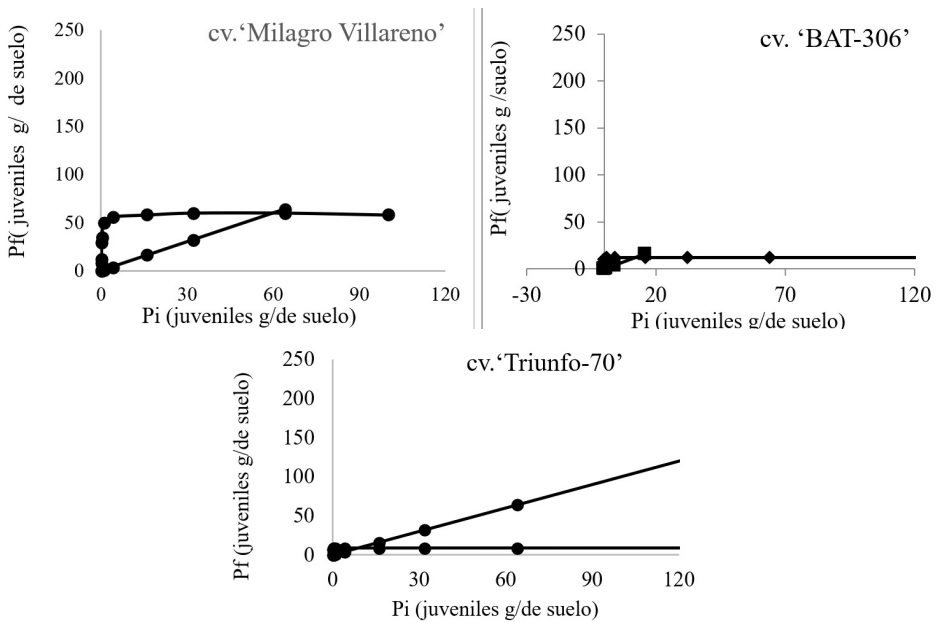


Figura 2

Modelo de la dinámica poblacional de *M. incognita* en los cultivares de frijol negro evaluados





Discusión

La susceptibilidad del cultivar BAT-304 a poblaciones cubanas de *M. incognita* fue informada previamente por Fernández *et al.* (1998), no siendo así con respecto a los otros cultivares analizados; sin embargo, estos autores no expresaron los valores de FR, tal como se hace en este estudio, donde se constató que, en presencia de este cultivar, las densidades P_i pueden crecer más de cinco veces en sólo 60 días. Este elemento es muy importante a tener en consideración, si este cultivar se usa como cultivo de rotación en suelos infestados con *M. incognita* y donde los cultivos sucesores sean susceptibles a esta especie. Seinhorst (1970) acotó que el nivel de tolerancia (T) varía de un genotipo a otro, con la especie/raza de nematodo y las condiciones ambientales, entre otros factores; por su parte, Crozzoli (2014) señaló que el valor de T varía poco entre cultivares de una misma especie botánica y frente a una misma especie de nematodo, acotando que lo que varía generalmente de un cultivar a otro es el valor de m .

En Cuba, otros cultivares de frijol como BAT-482 (Chévere); BAT-58 (Tazumal); Bolita 11; Cuba C-25-9-N; Cuba C-25-9-R; Guamá 23; ICA Pijao y Velasco largo se comportaron como susceptibles a *M. incognita* (razas 1, 2 y 3), *M. arenaria* (raza 2), *M. javanica* y *M. hapla* (Fernández *et al.*, 1998). En un estudio reciente en Cuba, Hernández-Ochandía *et al.* (2016) informaron que el cultivar Triunfo-70 fue resistente en presencia de $P_i < 64$ huevos - J_2 por g/sustrato, con $FR = 0.23-0.9$; sin embargo, BAT-306 permitió la reproducción del nematodo con FR entre 6.1 y 8.

En nuestro país, de las 38 variedades registradas, menos de 30% fueron evaluadas en cuanto a resistencia a *M. incognita*, de ahí que los resultados de este estudio representan

un aporte al conocimiento, donde el estudio de esos genotipos frente a nematodos aportará información valiosa, tanto para agricultores como para investigadores vinculados a los programas de mejoramiento. Este estudio también permitió evidenciar que la respuesta de los cultivares está igualmente relacionada con la densidad poblacional inicial a la que se someten, y este elemento posee importancia práctica, no sólo para las recomendaciones en aspectos de manejo, también resulta útil para demostrar a los productores la importancia de determinar las poblaciones de nematodos en los suelos antes de las siembras, para *preservar* la resistencia en aquellos cultivares que la poseen.

De manera general, las plantas parasitadas por los nematodos mostraron, en este experimento, la sintomatología aérea típica relacionada con el ataque del nematodo como achaparramiento, disminución del área foliar, raquitismo y presencia de hojas cloróticas. Las sintomatologías ocasionadas por *Meloidogyne* spp. en las raíces del frijol consisten, generalmente, en la formación de agallas en raíces primarias y secundarias de diferente diámetro, acortamiento del sistema radicular, engrosamiento de raíces y reducción del número de raíces laterales (Cardona *et al.*, 1982; Hagedorn e Inglis, 1986); sin embargo, en el caso de este estudio no se produjo agallamiento profuso de las raíces.

Crozzoli (2014) señaló que las sintomatologías ocasionadas por *Meloidogyne* spp. en las raíces del frijol consisten, generalmente, en la formación de agallas en raíces primarias y secundarias de diferentes diámetros; sin embargo, en el caso de este estudio, no se produjo agallamiento profuso de las raíces. Esto podría estar relacionado porque los nematodos provocan en las plantas lesiones mecánicas localizadas, microscópicas y superficiales, provocadas por el estilete de los nematodos al alimentarse y no siempre la creación de la célula madre de las cuales ellos se alimentan provocan extensos daños visibles en las raíces y el desarrollo de las plantas hospedantes (Manzanilla-López, 2012). Demostrar el impacto negativo de *M. incognita* sobre el desarrollo de cultivares de frijol negro reviste importancia teórica y práctica para la sensibilización de agricultores respecto al efecto provocado por los nematodos agalleros; pues este cultivo está relacionado con la seguridad alimentaria y es utilizado en los sistemas de rotación cubanos para mejorar la calidad de los suelos.

De manera general, el efecto perjudicial de los nematodos sobre el desarrollo de las leguminosas se encuentra bien documentado (Sikora *et al.*, 2005), de ahí que, al sufrir disminuciones en los parámetros de crecimiento y desarrollo en los cultivares, se podrán esperar afectaciones en los rendimientos de los cultivares evaluados.

En el caso del frijol, el escaso agallamiento que se produjo en este experimento, aún en presencia del nivel poblacional más alto, es un factor a tener en cuenta, pues la sintomatología más reconocida del género *Meloidogyne* es la formación de agallas, de ahí que los resultados de las evaluaciones de impacto de poblaciones crecientes de la especie de nematodo sobre el desarrollo de los cultivares de frijol reviste importancia.

Resulta necesario desarrollar estudios futuros en el país que permitan establecer los daños en campo, ya que el rendimiento es una variable dependiente e influenciada por factores relacionados con suelo, clima y cultivar, entre otros; los que permitirán demostrar a los agricultores que los nematodos representan una plaga importante de estas leguminosas

en Cuba. Con relación al efecto de estos nematodos sobre sus hospedantes, Korayem (2016) señaló que las afectaciones que se muestran en los parámetros de desarrollo deben estar relacionadas con las alteraciones fisiológicas y anatómicas de las raíces, que implican disminuciones de la absorción del agua y nutrientes. Los resultados evidencian que *M. incognita* afecta negativamente el desarrollo del frijol, aun cuando los agricultores y técnicos no la reconozcan en campo por presentar síntomas inespecíficos.

Límite de tolerancia

Los cultivares evidenciaron diferentes porcentajes de pérdida de masa foliar, Tomeguín (43%), CUFIG (35%), CUL (22%), BAT-304 (65%), PL-8 (75%), P2-48-1 (68%), Caujeri (45%), Guira-89 (56%), BAT-306 (66%) y Triunfo-70 (48%). Di Vito *et al.* (2007) estudiaron la relación entre una serie geométrica de 16 densidades P_i de *Meloidogyne javanica*, que oscilaron entre 0 y 1 024 huevos y J_2/cm^3 de suelo, y el crecimiento de frijol (*P. vulgaris*) en invernadero y encontraron que los límites de tolerancia al nematodo para altura, peso aéreo y peso de raíces estuvieron enmarcados por la existencia de 0.6 huevos y juveniles/ cm^3 de suelo, lo que se traduce en que, a partir de esos niveles poblacionales, había daño en los cultivares evaluados.

Di Vittoril (2017) encontró que los mayores P_f en cultivares de frijol se produjeron en la densidad de 16 J_2/g de suelo, donde se produjo el mayor IA en cada genotipo evaluado; también informó que los límites de tolerancia al nematodo para los valores de altura de las plantas, biomasa aérea y de raíces se produjeron a partir de la existencia de 0.6 huevos y juveniles/g de suelo, lo que se traduce en que, a partir de esas densidades poblacionales, se producía daño en los cultivares evaluados. Por ello los agricultores deben extremar las medidas para lograr disminuciones de las poblaciones de *M. incognita* en los suelos antes de sembrar estos cultivares de frijol negro.

Conocer el valor de T resulta imprescindible para el manejo de *Meloidogyne* spp. en los cultivos, aspecto no estudiado antes en Cuba. Al respecto, Schomaker y Been (2006) señalaron que el propósito fundamental de las investigaciones nematológicas cuantitativas es lograr la óptima protección económica contra los nematodos fitoparásitos. Estos expertos señalaron que los costos de las medidas de control o manejo deben ser ajustados a las pérdidas vinculadas a la reducción del rendimiento esperado, en comparación con el rendimiento en una situación donde no se necesiten medidas de control y su ajuste requiere de conocer varios elementos cuantitativos, como la relación entre la medida de la actividad de los nematodos (en la práctica la densidad de la población en el momento de la plantación) y la respuesta de la planta. Por tanto, la predicción de la reducción de cultivos por estos nematodos puede hacerse, en general, sobre la base de modelos de la relación entre la densidad de nematodos en la siembra (P_i) y la masa de las plantas individuales (y) en la cosecha, sin hablar de rendimiento en sentido agronómico, sino de parámetros agronómicos o de desarrollo, que es lo que se evalúan en experimentos en condiciones semicontroladas, como las de este estudio.

Schomaker y Been (2006), señalaron los valores de T de cultivos como *Beta vulgaris*, *Brassica oleracea*, *Capsicum annum*, *Coffea arabica*, *Cucumis melo*, entre otros, para

M. incognita, donde los rangos variaron de 0.1 a 1.4 nematodos/g suelo; reafirmando que son nematodos que aún en bajas poblaciones en suelo, al momento de la siembra, causarán daño económico a los cultivos hospedantes como el frijol.

Los resultados de este estudio corroboran el efecto nocivo de *M. incognita* sobre cultivares del frijol común y sugieren la necesidad de ejecutar nuevas investigaciones para establecer el límite T en todos los cultivares de frijol que se siembran en Cuba, brindando elementos para el manejo racional de los nematodos fitoparásitos en campo. Determinar el límite de tolerancia de estos 11 cultivares permite ofrecer a los productores los valores de densidades poblacionales máximos permisibles en los suelos al momento de la siembra, para evitar pérdidas relacionadas con este nematodo. El conjunto de resultados posee importancia científico-práctica, de utilidad como marco metodológico referencial para el desarrollo de este tipo de estudios en otros cultivos de interés agrícola.

Conclusiones

Se demostró que la especie de nematodos formadores de agallas *Meloidogyne incognita* se reproduce y afecta el desarrollo del cultivo de frijol negro.

De los once cultivares de frijoles negros evaluados, sólo Triunfo-70 resultó resistente a *M. incognita*.

La determinación del límite de tolerancia de los once cultivares permite ofrecer a los productores los valores de densidades poblacionales máximos permisibles en los suelos al momento de la siembra, para evitar pérdidas relacionadas con *Meloidogyne incognita*.

El conjunto de resultados obtenidos en relación al incremento de la población final (Pf) en el estudio, poseen importancia científico-práctica y son de utilidad para el desarrollo de este tipo de estudio en otros cultivos de interés agrícola.

Agradecimientos

Al productor José Manuel Portela de la UBPC “Olo Pantoja”, por la oportunidad de realizar las investigaciones en su propiedad y su apoyo en los resultados obtenidos en el presente ensayo.

Literatura citada

- Cardona, C.; Flor C.A.; Morales F.J.; Pastor M.A. (1982). *Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina*. Serie CIAT No 07SB-1 (2da Ed.). Bolivia 194 p. ISBN 84-89206-13-9
- Coba de la Peña, T. y Pueyo, J.J. (2012). Legumes in the reclamation of marginal soils, from cultivar and inoculant selection to transgenic approaches. *Agro. Sustai. Develop.* 32: 65-91.
- Coyne, D.L. y Ross, J.L. (2014). Protocol for Nematode Resistance Screening: Root Knot Nematodes, *Meloidogyne* spp. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 27 p.
- Crozzoli, R.; Greco, N.; Suarez, A.; Rivas, D. (1997). Patogenicidad del nematodo agallador, *Meloidogyne incognita*, en cultivares de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*. *NEMATROPICA*. 27(1): 61-67.
- Crozzoli, R. (2014). *La nematología agrícola en Venezuela*. Ediciones de la Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 536 p.
- Di Vito, M.; Parisi, B.; Catalano, F. (2007). Patogenicidad de *Meloidogyne javanica* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *NEMATROPICA*. 37: 339-344.

- Di Vittoril, M. (2017). Domestication and Crop History. En Springer International Publishing A.G M. Pérez de la Vega et al. (eds.), *The Common Bean Genome, Compendium of Plant Genomes*. CABI, Londres, Inglaterra. Pp. 21-55.
- FAOSTAT. (2022). Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome, Italy. In: <http://faostat.fao.org> (Consultado 9 de febrero de 2022).
- Ferris, H. y Noling, J.W. (1987). Analysis and prediction as basis for management decision. En *Principles and practice on nematode control in crops*. R. H. Brown & B.R. Kerry (Eds.) Academic Press. Pp. 49-86.
- Ferris, H.; Carlson, L.; Viglierchio R.; Westerdahl B.; Wu, W.; Anderson C.E.; Juurma A.; Kirby D.W. (1993). Host Status of Selected Crops to *Meloidogyne chitwoodi*. *Supplement to Journal of Nematology*. 25(4): 849-857.
- Gepts, P.; William, D.; Beavis, E.; Brummer, C. y Shoemaker, R. (2005). Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. *Plant Physiology*. 137: 1228-1235.
- Hernández-Ochandía, D.; Rodríguez, M.; Miranda, I.; Hernández, E. y Holgado R. (2016). Reacción de los genotipos BAT-306 y Triunfo-70 de *Phaseolus vulgaris* L. a *Meloidogyne incognita* (KOFOID Y WHITE) CHITWOOD. *Rev. Protección Veg.* 31: 3-5.
- Hussey, R.S. y Barker, K.B. (1973). A comparison of methods of collecting inoculum of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Dis Report*. 57: 1025- 1028.
- Hadisoeganda, W. y Sasser, J.N. (1982). Resistance of tomato, bean, southern pea, and garden pea cultivars to root knot nematodes based on host suitability'. *Plant Disease*. 66: 145-150.
- Korayem, A.M. (2016). Interrelationships of root- knot nematodes with root- rot fungi and their effect on common bean grown in natural infestation'. *International Journal of PharmTech Research*. 9(10): 25-32.
- Lindemann, W.C. y Glover, C.R. (2015). *Nitrogen Fixation by Legumes. Revision by Flynn Robert and John Idowu*. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University. Disponible en http://aces.nmsu.edu/pubs/_a/A129/ (Consulta 12 de mayo, 2023).
- Manzanilla-López, R. (2012). Methodology and symptomatology. En Practical Plant Nematology. Rosa H. Manzanilla-López y N. Marbán-Mendoza (Eds). *Biblioteca Básica Agraria*, México. Pp. 89-129.
- Martínez, E.; Barrios-Sanromá, G.; Rovesti, L. y Santos-Palma, R. (2006). *Manejo integrado de plagas. Manual práctico*. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), Cuba. Entre pueblos, España. Grupo di Voluntariado Civile (GVC), Italia. La Habana, Cuba. 48 p.
- Noling, J.W. (1999). Nematode Management in Beans and Peas (Bush Beans, Pole Beans, Lima Beans, Southern Peas, English Peas, Chinese or Snow Peas). ENY-020 (NG020). Entomology & Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 7 p.
- Novo, R. (2007). *Microbiología. Apuntes sobre biología del suelo*. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de la Habana. "Fructuoso Rodríguez Pérez". La Habana, Cuba. 175 p.
- Pereira, P.R.; Rodrigo-Ribeiro F.; Mota-dos Santos, M. y Rodriguez-dos Santos, G. (2013). Tolerância de cultivares de feijoeiro comum a *Meloidogyne incognita* raça 2 em condições de temperatura elevada. *Revista Verde* (Mossoró - RN - Brasil). 8(4): 202-207.
- Schomaker, C. y Been, T.H. (2006). Plant Growth and Population Dynamics. En *Plant Nematology* (Eds. R.N. Perry and M. Moens). CAB International. Londres, Inglaterra. Pp. 275-345.
- Seinhorst, J.W. (1965). The relation between nematode density and damage to plant. *Nematologica*. 11: 137-154.
- Seinhorst, J.W. (1970). Dynamics of populations of plant parasitic nematodes. *Ann. Rev. Phytopatol.* 8: 131-156.
- Sharmal, R.K. y Tiagi, B. (1990). Effect of *Meloidogyne incognita* on nodulation and symbiotic nitrogen fixation in pea. *Nematol. Medito*. 18: 15-17.
- Sikora, R.A.; Greco, N.; Velosa Silva J.F. (2005). *Nematodes parasites of food legumes*. CAB International 2005. Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture, 2nd Edition. M. Luc, R.A. Sikora, J. Bridge (Eds). Oxon, UK. Pp. 259-466.
- Trianthaphyllou, A.C. (1975). Genetic structure of races of *Heterodera glycines* and inheritance of ability to reproduce on resistant soybeans. *Jour. Nematol.* 7: 356-364.
- Taylor, A.L. (1967). *Introduction to research on plant nematology*. An FAO guide to the study and control of Plant – Parasitic Nematode'. PL: CP/5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italia. 133 p.