

RESPUESTA DE CLONES AVANZADOS DE PAPA AL NEMATODO QUISTE, GLOBODERA ROSTOCHIENSIS, Y COMPORTAMIENTO EN MICROPARCELAS DE UN CLON RESISTENTE AL NEMATODO

G. B. Anaya C.¹, N. Jiménez Pérez¹, D. Rodríguez¹, R. Crozzoli² y N. Greco³

¹Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Posgrado de Agronomía, Apdo. 400, Barquisimeto, Venezuela, ²Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Zoología Agrícola, Apdo. 4579, Maracay, Venezuela, ³Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Protezione delle Piante, Sezione di Bari, Via Amendola 165, 70126 Bari, Italia.

RESUMEN

Anaya, G. B., N. Jiménez-Pérez, D. Rodríguez, R. Crozzoli, y N. Greco. 2005. Respuesta de clones avanzados de papa al nematodo quiste, *Globodera rostochiensis*, y comportamiento en microparcelas de un clon resistente al nematodo. *Nematropica* 35:145-154.

Se evaluó, en macetas, el comportamiento de 15 clones avanzados de papa resistentes a *Phytophthora infestans* a una población venezolana de *G. rostochiensis* patotipo Ro2. Cada clon fue inoculado con un inóculo inicial de 20 huevos/cm³ de suelo. Se contaron las hembras inmaduras sobre las raíces de cada planta 70 días después y, 120 días más tarde, se determinó la tasa de multiplicación del nematodo. En los clones 393465-38 y 392634-21 se observó resistencia al alcanzar el nematodo un bajo número de hembras inmaduras y una tasa de multiplicación de 0,02 y 0,08, respectivamente; los clones 393558-44, 392636-9 y 393073-15 fueron moderadamente resistentes con tasa de multiplicación de 5,06; 6,53 y 4,86, respectivamente; los restantes clones resultaron susceptibles a *G. rostochiensis*. En otro experimento se estudió también la relación entre una serie geométrica de diez densidades iniciales (P_i) del nematodo, las cuales oscilaron entre 0 y 256 huevos/cm³ de suelo, y el crecimiento y rendimiento de plantas de papa clon 393465-38 en microparcelas de 30 dm³ de volumen. Interpolando los datos con la ecuación de Seinhorst, $y = m + (1 - m)z^{b \cdot T}$, se estableció, para el clon 393465-38, un límite de tolerancia de 0,5 huevos/cm³ de suelo y pérdidas de producción de 20% y máxima de 66% en suelo inoculado con 8 y ≥ 64 huevos/cm³ de suelo, respectivamente. Los valores de población final de *G. rostochiensis* Ro2 determinados a la cosecha fueron menores con respecto a los de la población inicial, lo cual confirma la resistencia del clon 393465-38 en microparcelas encontrada en el primer ensayo. Sin embargo, las pérdidas de rendimiento observadas con elevadas poblaciones iniciales señalan una intolerancia del cultivar al nematodo.

Palabras clave: *Globodera rostochiensis*, nematodo quiste de la papa, papa, resistencia.

ABSTRACT

Anaya, G. B., N. Jiménez-Pérez, D. Rodríguez, R. Crozzoli, and N. Greco. 2005. Response of genetically improved potato clones to the cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, and response of a resistant clone to the nematode in microplots. *Nematropica* 35:145-154.

The response of 15 genetically improved potato clones, resistant to *Phytophthora infestans*, to a Venezuelan population of *G. rostochiensis* pathotype Ro2, was evaluated in pots outdoors. Potato plants were grown in pots containing soil infested with 20 eggs of nematode/cm³ soil. The response of the potato clones to the nematode was evaluated on the basis of numbers of females on the roots and multiplication rates recorded 70 and 120 days after inoculation, respectively. The clones 393465-38 and 392634-21 were resistant because of the low numbers of females and multiplication rates of the nematode of 0.02 and 0.08, respectively. The clones 393558-44, 392636-9 and 393073-15 were considered moderately resistant as the multiplication rates of the nematode were 5.06, 6.53 and 4.83, respectively. The remaining clones were susceptible. In a separate experiment, the relationship between a geometric series of ten initial densities of the nematode, ranging from 0 to 256 eggs/cm³

soil, and growth and yield of the potato clone 393465-38 was investigated in 30 dm³ microplots. Fitting the Seinhorst model, $y = m + (1 - m)z^{p-T}$, to average yield, the tolerance limit of the clone 393469-38 to the nematode was estimated 0.5 eggs/cm³ soil. Yield reductions of 20% and maximum of 66% occurred in soil infested with 8 and ≥ 64 eggs/cm³ soil, respectively. At the end of the experiment, the final populations of *G. rostochiensis* were lower than those at the beginning, confirming the resistance of this clone to the nematode. However, the plant damage observed at high nematode densities suggests an intolerant response of clone 393465-38 to the nematode.

Key words: *Globodera rostochiensis*, potato, potato cyst nematode, resistance.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la presencia del nematodo dorado, *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens, es un factor que limita la producción del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) (Crozzoli, 1990; Greco y Crozzoli, 1995). El uso continuo de variedades susceptibles y la práctica del monocultivo han provocado un aumento de las poblaciones de *G. rostochiensis*, lo cual está reduciendo la producción nacional de papa (Cordero, 2001). Durante los años 1991-2002, se evidenció un incremento de la superficie afectada por el nematodo, principalmente en los estados Lara, Trujillo y Mérida, siendo también alta la incidencia en el estado Táchira (Greco y Crozzoli, 1995; Cordero, 2001; Jiménez-Pérez, 2002).

Las restricciones en el uso de los productos químicos y su elevado costo, han llevado a considerar el uso de la resistencia genética de la planta huésped como medida alternativa de control de nematodos (Whitehead y Turner, 1998; Williamson, 1999). En Venezuela, los programas de mejoramiento de la papa se han orientado principalmente a la identificación y liberación de materiales genéticos con resistencia a enfermedades provocadas por hongos y virus, mientras que, las evaluaciones y búsqueda de materiales genéticos con resistencia a nematodos han sido escasas. Por lo anterior, surge la necesidad de realizar investigaciones con el fin de evaluar el comportamiento diferencial de clones avanzados de papa al ataque de *G. rostochiensis* Ro2, que es el patotipo

más ampliamente difundido en Venezuela (Crozzoli *et al.*, 2003).

Normalmente, el efecto de la resistencia a *G. rostochiensis* se manifiesta por una reducción de las poblaciones del nematodo (Trudgill y Cotes, 1983a, b); sin embargo, cultivares parcialmente resistentes, derivados de *Solanum vernei*, pueden ser en algunos casos extremadamente intolerantes y sufrir pérdidas de producción (Trudgill y Coates, 1983a). Aunado a esto, el comportamiento que un cultivar manifiesta en pruebas en macetas, puede diferir del comportamiento que manifiesta en microparcelas o en campo. Asimismo, la respuesta agronómica del cultivar, además de los componentes agroclimáticos y edáficos, depende de la población inicial y de la tasa de reproducción del nematodo (Seinhorst, 1965, 1970; La Mondia y Brodie, 1986). En Venezuela, el efecto del nematodo sobre el rendimiento del cultivo se ha determinado solamente en materiales susceptibles (Jiménez *et al.*, 2000; Jiménez-Pérez, 2002). Es por ello que se planteó, además de detectar posibles cultivares resistentes, evaluar el comportamiento de un clon resistente de papa al ataque de *G. rostochiensis* Ro2 en microparcelas.

MATERIALES Y METODOS

Evaluación de Materiales

El ensayo se estableció en noviembre de 2001 y finalizó en marzo de 2002 en la localidad Agua Negra, municipio Jiménez,

estado Lara (1400 msnm, temperatura máxima promedio del aire y del suelo durante el ensayo de 22 y 21°C, respectivamente). Se evaluaron 15 clones avanzados de papa provenientes del Centro Internacional de la Papa (CIP), Perú, con resistencia horizontal a la enfermedad conocida como Tizón tardío causada por *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. La denominación de los clones se indica en el cuadro 1.

El inóculo, constituido por suelo naturalmente infestado con *G. rostochiensis* Ro2 (Crozzoli *et al.*, 2003), fue colectado de un

campo cultivado con papa recién cosechado e infestado con el nematodo, ubicado en Cubiro, municipio Jiménez, estado Lara. Para conocer el nivel poblacional del inóculo, se procesaron 10 submuestras de 50 cm³ del total de suelo colectado y mezclado con el aparato de Fenwich (s'Jacob y van Bezooijen, 1971). Los quistes se secaron a temperatura ambiente y posteriormente se limpiaron con acetona; los quistes obtenidos se trituraron según el método modificado de Bijloo's (ICA, 1986; Seinhorst y Den

Cuadro 1. Número de hembras, huevos y tasa de multiplicación (*Pf/Pi*) de *Globodera rostochiensis* Ro2, en 15 clones avanzados de papa 70 y 120 días después de la siembra en suelo infestado con 20 huevos del nematodo/cm³ de suelo.

Material	Evaluaciones 70 días después de la siembra		Evaluaciones 120 días después de la siembra		
	Número de hembras/ masa radical	Respuesta	<i>Pf</i> (Huevos/cm ³ de suelo)	<i>Pf/Pi</i>	Respuesta
393134-10	81	S [*]	250,25	12,51	S [*]
Andinita [*]	54	S	170,65	8,53	S
393193-16	43	MR	246,10	12,30	S
393565-1	138	S	182,70	9,13	S
393465-38	0	R	0,35	0,02	R
393258-44	94	S	101,20	5,06	MR
392639-17	178	S	337,80	16,89	S
392634-21	3	PR	1,50	0,08	R
392636-9	165	S	130,60	6,53	MR
393073-15	168	S	97,20	4,86	MR
393180-32	103	S	294,70	14,73	S
393073-29	203	S	295,10	14,75	S
392636-50	115	S	184,50	9,22	S
392634-13	324	S	238,50	11,92	S
392639-42	190	S	210,60	10,53	S
393180-11	196	S	368,80	18,44	S

^{*}Control susceptible de referencia.

^{*}S = Susceptible (>50 hembras); PR = Parcialmente resistente (1-15); MR = Moderadamente resistente (16-50); Resistente (0).

^{*}R = <1 huevo; PR = 1-3,7; MR = 3,8-7; S > 7 (Franco *et al.*, 1993)

Ouden, 1971), obteniéndose una densidad de 100 huevos/cm³ de suelo. De esa manera se determinó la cantidad de suelo necesaria para inocular las macetas con un inóculo inicial (P_i) de 20 huevos del nematodo/cm³ de suelo el cual se señala como adecuada para este tipo de ensayos por González y Franco (1993).

Se utilizaron macetas plásticas de 400 cm³ de capacidad. Cada una contenía 320 cm³ de un suelo franco arenoso (60% arena, 30% limo y 10% arcilla, pH = 4,20 y salinidad de 0,7 ds/m) y fibra de coco en proporción 3:1, desinfectada con vapor y 80 cm³ de suelo infestado. Ambos suelos se mezclaron uniformemente en cada una de las macetas, procediendo luego a la siembra de un mini tubérculo grelado/maceta/clon. Diez macetas/clon se colocaron a 25 cm de distancia una de la otra sobre mesas y al aire libre, en un diseño completamente al azar. Durante el ensayo, se aplicó riego cuando era necesario y se aplicó endosulfan (2 cc/L) y clorotalonil (3 cc/L) a los 20 días de sembrar los tubérculos para prevenir ataques de plagas y enfermedades. Además, se aplicó 1 g/maceta de fertilizante 14-14-14 (NPK) al suelo, a la siembra y 21 días más tarde.

Con la finalidad de evaluar el índice de eficiencia de la inoculación se utilizó la variedad susceptible Andinita (Jiménez *et al.*, 2000), con igual número de repeticiones. El nivel de resistencia genética de los clones se estimó con la escala de evaluación propuesta por el Centro Internacional de la Papa (Franco *et al.*, 1993), basada en el número de hembras inmaduras y tasa de multiplicación del nematodo (TMN), la cual viene dada por la relación Población final/Población inicial (P_f/P_i).

La primera evaluación se realizó 70 días después de la siembra, seleccionando al azar tres plantas de cada material y contabilizando visualmente el número de hembras inmaduras en la totalidad de la

masa radical, utilizando un microscopio estereoscópico. La segunda evaluación se realizó 120 días después de la siembra, sobre las siete plantas restantes, determinándose la población final (P_f) del nematodo presente en el suelo. Para esto, una submuestra de 200 cm³ de suelo, por repetición, fue procesada tal como se ha descrito anteriormente.

Evaluación del Clon 393465-38 en Microparcelas

La evaluación previa permitió seleccionar el clon 393465-38 como resistente a *G. rostochiensis* Ro2, por lo que éste fue empleado para estudiar su comportamiento agronómico frente a poblaciones crecientes del nematodo. El ensayo se realizó en el mismo lugar descrito para la prueba de comportamiento de clones. Se conformaron microparcelas utilizando sacos plásticos (30 cm de diámetro × 50 cm de altura) que contenían 30 dm³ de suelo franco arcilloso (45% arena, 20% limo y 35% arcilla, pH 4,20 y 0,7 ds/m) previamente desinfectado con dazomet (50 g/0,15 m³).

Para la obtención del inóculo, aprox. 1 m³ de suelo naturalmente infestado y proveniente de un campo de papa recién cosechado ubicado en Cubiro, municipio Jiménez, estado Lara, fue procesado con el aparato de Fenwick. Quistes, materia orgánica y suelo provenientes del procesamiento fueron secados a la sombra. Para estimar la cantidad de inóculo, 10 muestras de 10 cm³, del total de material proveniente del procesamiento, se limpiaron con acetona y, los quistes obtenidos, se trituraron y contaron, determinando una densidad de 150 huevos/cm³ de suelo. Posteriormente, cantidades adecuadas del material infestado se mezclaron homogéneamente con el suelo de cada una de las bolsas para obtener las siguientes poblaciones iniciales (P_i) del nematodo: 0; 0,125; 0,25;

0,50; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128 y 256 huevos/cm³ de suelo. Cada nivel de inóculo fue repetido 7 veces y las bolsas se colocaron sobre el suelo a 50 cm de distancia una de otra a pleno campo y se distribuyeron completamente al azar. Un tubérculo de papa fue plantado en cada microparcela en junio del 2002. Como referencia de la eficiencia de la inoculación, se empleó la variedad susceptible Andinita para los tratamientos 0,50, 2, y 32 huevos/cm³ de suelo con 3 repeticiones para cada uno. Además, se incluyeron 7 bolsas con suelo inoculado con $P_i = 64$ huevos/cm³ de suelo y sin planta para estudiar la reducción de la población en ausencia del hospedante.

La altura de las plantas se midió cada 15 días, comenzando una semana después de sembrar el cultivo. Para determinar el efecto del nematodo sobre la altura de las plantas del clon resistente y construir curvas de crecimiento, los datos promedios de altura fueron transformados a valores relativos, los cuales se calculan asignando a las alturas reales valores proporcionales entre 0 y 1 (1 al mayor). Durante la cosecha, realizada en noviembre del 2002, se determinó el peso de los tubérculos producidos por planta y para cada tratamiento; también fueron transformados a rendimiento relativo.

Para estimar la población final (P_f) promedio/cm³ de suelo y la TMN, se colectaron de 1,5 a 2 kg de suelo hasta 30 cm de profundidad por cada repetición y se procesaron 5 submuestras de 200 cm³/repetición, combinando el método de Fenwick con la flotación en acetona. Los quistes recuperados se rompieron en un macerador de tejidos y se cuantificaron los huevos liberados. Para estudiar el comportamiento del clon con relación a los diferentes niveles de inóculo del nematodo, los datos de la producción de tubérculos y las poblaciones iniciales fueron analizados utilizando la ecuación de Seinhorst (1965;

1986): $y = m + (1 - m)z^{P_i/T}$, donde y , es la producción 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 a la siembra expresada en huevos/cm³ de suelo; T , es el límite de tolerancia o población máxima que soporta una planta sin que su rendimiento o variable agronómica evaluada sea reducida; z , es una constante menor a 1, generalmente z^T es medianamente igual a 1,05. para comparar la variación poblacional del nematodo, los valores de las poblaciones que se inocularon a la siembra (P_i) se compararon con las correspondientes que se determinaron al final del ensayo (P_f).

Durante el ensayo, se aplicó riego cuando era necesario y se aplicó endosulfan (2 cc/L) y clorotalonil (3 cc/L) 20 días después de la siembra para prevenir ataques de plagas y enfermedades. Además, se aplicó el fertilizante comercial PUR-O-FOL 20-20-20 (NPK) al follaje cada 15 días y 12-12-17/2-8 (NPK/MgS) al suelo, 15 g/microparcela a la siembra y 15 g, 21 días más tarde.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del Material Genético

Las condiciones ambientales se mantuvieron favorables para el desarrollo de los clones de papa y del nematodo mientras duró el ensayo. En la evaluación de resistencia, se observaron diferencias marcadas en la infección y respuesta a *G. rostochiensis* Ro2 de los clones de papa 70 días después de la siembra (Cuadro 1). El clon 393465-38 se comportó como resistente al no observarse hembras inmaduras en las raíces examinadas. Los clones 392634-21 y 393193-16 presentaron resistencia parcial y moderada, respectivamente, mostrando el

clon 392634-21 un número reducido de hembras. Los restantes clones fueron considerados susceptibles, al observarse un promedio de más de 50 hembras inmaduras sobre las raíces analizadas, valores incluso superiores a los encontrados en la var susceptible Andinita utilizada como control de referencia. Los resultados aquí obtenidos, junto con los de Phillips y Trudgill (1985) y Greco *et al.* (2002), confirman que la prueba en macetas se puede emplear para evaluar y determinar grados de resistencia en clones papa.

La evaluación del nivel poblacional del nematodo en el suelo, 120 días después de la siembra, permitió conocer la relación Pf/Pi de los clones ante *G. rostochiensis* Ro2. Los clones 393465-38 y 392634-21 se comportaron como resistentes a este patógeno, alcanzando valores de Pf/Pi de 0,02 y 0,08, respectivamente (Cuadro 1). Cabe destacar el cambio en la expresión de resistencia del clon 392634-21 al final del ciclo del cultivo, reacción genética atribuida a la presencia de genes mayores y/o menores de resistencia en la planta, los cuales influyeron negativamente en el desarrollo de los juveniles de segundo estadio. Huijsman (1961), Phillips y Trudgill (1998), señalaron que las pocas hembras que logran desarrollarse y transformarse en quistes en plantas resistentes tienen en su interior pocos huevos, debido a la degeneración del sincitio.

Los clones 393258-44, 392636-9 y 393073-15, mostraron resistencia moderada al nematodo de los quistes, con valores de Pf/Pi de 5,06; 6,53 y 4,86, respectivamente. La expresión de resistencia de estos clones al final del ciclo del cultivo indicó la posible presencia de genes de resistencia debido a las bajas poblaciones finales (Pf) alcanzadas en los mismos respecto a la obtenida en la variedad testigo susceptible. Los restantes clones permitieron una tasa de multiplicación (Pf/Pi)

Pi) del nematodo que fluctuaba entre 9,13 y 18,44, valores superiores a los obtenidos en la variedad testigo susceptible ($Pf/Pi = 8,53$), razón por la cual se clasificaron como susceptibles al nematodo. La evaluación de resistencia al final del ciclo del cultivo permitió que los clones de papa expresaran en forma definitiva su comportamiento genético ante el ataque de *G. rostochiensis* Ro2, notándose en algunos de ellos, cambios en la expresión de su resistencia entre la evaluación a 70 y 120 días post-infestación, mientras que en otros clones ésta se mantuvo. Este es el caso del clon 393465-38, el cual mostró un comportamiento de resistencia similar durante la prueba en macetas. La aplicación de ambos métodos de evaluación, permitió estimar el comportamiento genético de los clones estudiados a *G. rostochiensis* Ro2, haciendo posible la identificación de potenciales clones o fuentes de resistencia.

Evaluación del Clon 393465-38 en Microparcelas

Durante el ensayo, las condiciones ambientales se mantuvieron favorables para el desarrollo del clon de papa y del nematodo. Asimismo, la inoculación fue efectiva al observarse en la variedad Andinita, una Pf/Pi de 53, 24,8 y 7,4 a Pi de 0,50, 2 y 32 huevos/cm³ de suelo, respectivamente; resultados similares a los obtenidos por Jiménez-Pérez (2002). El efecto de *G. rostochiensis* Ro2 en la reducción de la altura de las plantas del clon 393465-38 se observó en las microparcelas inoculadas con las Pi más altas del nematodo. Las curvas de crecimiento basadas en la altura de las plantas, indicaron que esta variable fue poco afectada entre valores de Pi de 0,125 a 8 huevos/cm³ de suelo (Fig. 1). La supresión del crecimiento fue más rápida en microparcelas inoculadas con Pi altas del nematodo y ocurrió 45, 30 y 15 días después de la siembra a Pi de 16 a 32, 64 y

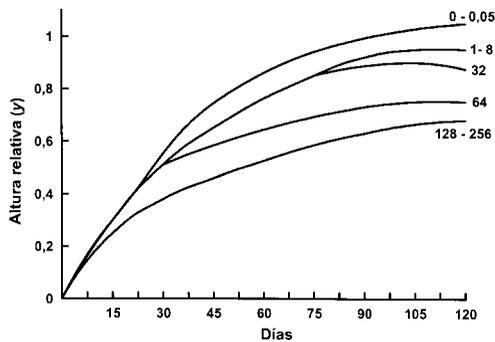


Fig. 1. Curvas de crecimiento del clon de papa 393465-38, derivadas de las alturas relativas de las plantas inculadas con poblaciones iniciales crecientes de *Globodera rostochiensis* Ro2 (expresadas como huevos/cm³ de suelo al final de cada curva), obtenidas en evaluaciones quincenales.

128 a 256 huevos/cm³ de suelo, respectivamente. Jiménez-Pérez (2002) señaló que en la variedad susceptible Andinita el efecto negativo del nematodo sobre la altura de las plantas tenía lugar veinte días después de la siembra, en plantas infestadas con $P_i \geq 32$ huevos/cm³ de suelo y esta era muy evidente 40-50 días después. Es importante señalar, sin embargo, que las reducciones de altura al final del ensayo, a partir de $P_i = 16$ huevos/cm³ de suelo son mayores en la variedad Andinita.

El nivel de tolerancia y las pérdidas de producción máximas debidas al ataque de *G. rostochiensis* Ro2 en el clon 393465-38, quedó establecida por la ecuación $y = 0,34 + (0,66)z^{0,34 - T}$, donde el límite de tolerancia (T) para el peso de los tubérculos fue de 0,50 huevos/cm³ de suelo (Fig. 2). Con densidades de población superiores a T , la reducción del rendimiento fue de 20, 34 y 63% en microparcelas infestadas con 4, 8 y 32 huevos/cm³ de suelo, respectivamente. El efecto negativo del nematodo fue más marcado en la producción de tubérculos (máxima reducción 66%) que en la altura de las plantas (reducción de 30% a $P_i = 128-256$ huevos/cm³ de suelo). El valor de

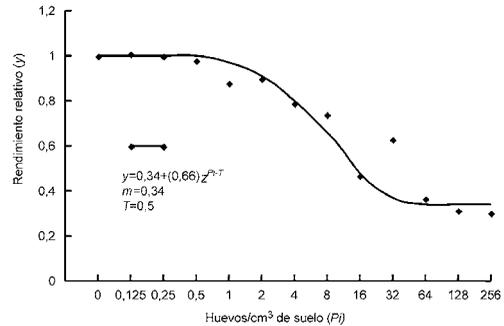


Fig. 2. Relación entre las poblaciones iniciales (P_i) de *Globodera rostochiensis* Ro2 y el rendimiento relativo (y) del clon de papa 393465-38 en microparcelas.

$T = 0,5$ para el clon resistente 393465-38 fue menor que el reportado por Jiménez-Pérez (2002) y Greco y Moreno (1992) en variedades susceptibles, el cual se ubicó entre 1 y 2,1 huevos/cm³ de suelo, respectivamente. Esto sugiere la poca tolerancia del clon 393465-38 a *G. rostochiensis* Ro2. El rendimiento mínimo relativo (m) fue 0,34 y ocurrió a $P_i \geq 64$ huevos/cm³ de suelo; un comportamiento similar fue observado por Jiménez *et al.* (2000) en la variedad susceptible Kennebec, donde m fue de 0,35 a $P_i \geq 128$ huevos/cm³ de suelo y en la variedad Andinita, donde el valor de m fue de 0,3 a esa misma población inicial (Jiménez-Pérez, 2002). Trudgill (1985), demostró que la respuesta diferencial de las plantas al ataque de nematodos quiste está relacionada con el vigor de la planta. Un mayor vigor confiere la capacidad de soportar o tolerar mayores poblaciones del nematodo. En este sentido, es importante mencionar el pobre vigor y producción comercial que mostró el clon 393465-38 durante la evaluación agronómica que realizó Escalona (2001) en el estado Lara. El escaso vigor del clon, junto con la acción del nematodo en la planta pudo haber influido en la baja producción de tubérculos en las microparcelas. Mulder y Van der Wal (1997) demostraron que en

algunos genotipos el crecimiento de las raíces cesa inmediatamente después de una invasión masiva de juveniles, donde la mayoría de las raíces mueren rápidamente, y los juveniles no se desarrollan en hembras. Tales genotipos son considerados resistentes con respecto a la multiplicación del nematodo, pero al mismo tiempo se consideran intolerantes por las pérdidas de rendimiento.

La relación Pf/Pi (Fig. 3) demuestra claramente que la población final (Pf) ha sido siempre inferior a la población de equilibrio con excepción de $Pi = 64$ huevos/cm³ de suelo. La reducción del nivel poblacional del nematodo puede considerarse como el resultado de la resistencia del clon 393465-38 y de su extrema sensibilidad al nematodo, evidente también a las Pi más bajas. Trudgill y Cotes (1983a, b) señalaron que algunos cultivares de papa parcialmente resistentes derivados de *Solanum vernei* son extremadamente intolerantes al nematodo de los quistes. Analizando el pedigree del clon 393465-38 se observó que éste es el resultado del cruce de Serrana INTA con el clon 387170.9, siendo éste último, producto de cruces sucesivos de tetraploides *S. andigena*, *S. tuberosum* y especies silvestres, susceptibles a *G. rostochiensis* Ro2. Ante esto, es probable que la resistencia del clon 393465-

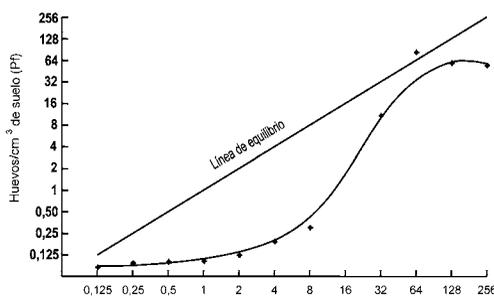


Fig. 3. Relación entre las poblaciones iniciales (P_i) a la siembra y las poblaciones finales (P_f) a la cosecha de *Globodera rostochiensis* Ro2 en el clon de papa 393465-38 en microparcels.

38 a *G. rostochiensis* Ro2 derive del cultivar Serrana INTA, cuyo progenitor femenino es producto de la combinación de especies silvestres (*S. demissum*, *S. vernei* y *S. spagazzinii*) las cuales poseerían entradas portadoras de genes mayores y/o menores de resistencia al nematodo de los quistes (comunicación personal del Dr. Marcelo Huarte, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina y del Dr. Juan Landeo, CIP, Perú, 2003). Si bien es cierto que la TMN sobre una planta huésped depende de la densidad de población inicial del nematodo, la constitución genética de la planta influye significativamente en la reproducción del patógeno. Debido a la segregación genética que ocurre durante el proceso de mejoramiento, muchos clones pueden contener diferentes niveles de resistencia al nematodo de los quistes, lo cual es relevante para el control de nematodos.

Los resultados de este estudio permitieron obtener una información más completa del comportamiento de los clones de papa al nematodo de los quistes. Basándonos en el pedigree, vigor de la planta y en los resultados obtenidos en cuanto al límite de tolerancia (T), rendimiento mínimo relativo (m) y TMN ante diferentes poblaciones iniciales del nematodo, el clon 393465-38 se considera intolerante a *G. rostochiensis* Ro2, por su efecto negativo sobre el rendimiento, pero resistente al mismo por no permitir la multiplicación del nematodo, lo cual sugiere su uso como fuente de resistencia en futuros programas de mejoramiento.

LITERATURA CITADA

- CORDERO, M. 2001. Identificación de poblaciones del nematodo quiste de la papa *Globodera* spp. (Nematoda, Heteroderidae) en el Estado Táchira, Venezuela. Memorias XII Congreso Venezolano de Fitopatología. Maracay, Venezuela. Resúmenes, p. 71.

- CROZZOLI, R. 1990. Utilización de aldicarb y carbofuran para el control del nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*). *Fitopatología Venezolana* 3:9-10.
- CROZZOLI, R., N. JIMÉNEZ-PÉREZ, y N. GRECO. 2003. Identificación de *Globodera* spp. en Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 16:67.
- ESCALONA, F. 2001. Evaluación agronómica de clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum*). Trabajo de Grado. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela, 49 pp.
- FRANCO, J., A. GONZÁLEZ, y A. MATOS. 1993. Manejo integrado del nematodo quiste de la papa *Globodera* spp. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú, 172 pp.
- GONZÁLEZ, A., y J. FRANCO, J. 1993. Manual de técnicas y métodos para estudios del nematodo quiste de la papa *Globodera* spp. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Peru, 100 pp.
- GRECO, N., and I. MORENO. 1992. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring sown potato in Chile. *Nematropica* 22:165-173.
- GRECO, N., y R. CROZZOLI. 1995. Nematodos del quiste de la papa, *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*: Aspectos generales. *Fitopatología Venezolana* 8:26-33.
- GRECO, N., L. FRUSCIANTE, D. CARPUTO, D. ROCCA, and A. BRANDONISIO. 2002. Resistance to the potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) of tetraploid potato clones with different genetic backgrounds. *Nematologia Mediterranea* 30:111-114.
- HUIJSMAN, C. 1961. The influence of resistant potato varieties on the soil population of *Heterodera rostochiensis* Woll. *Nematologica* 6:177-180.
- ICA (INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO). 1986. Técnicas nematológicas para trabajos con el nematodo quiste de la papa. Colombia, 75 pp.
- S'JACOB, J. J., and J. VAN BEZOOIJEN. 1971. A manual for practical work in nematology. Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 105 pp.
- JIMÉNEZ-PÉREZ, N. 2002. Nematodos fitoparasíticos asociados con el cultivo de la papa en el estado Lara y estudio de la patogenicidad, emergencia y ciclo biológico de una población larense de *Globodera rostochiensis* (Nematoda: Tylenchida). Tesis de Doctorado. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela, 169 pp.
- JIMÉNEZ, N., R. CROZZOLI, and N. GRECO. 2000. Effect of *Globodera rostochiensis* on potato in Venezuela. *Nematologia Mediterranea* 28:295-299.
- LA MONDIA, J., and B. BRODIE. 1986. Effects of initial density on population dynamics of *G. rostochiensis* on resistant and susceptible potatoes. *Journal of Nematology* 18:159-165.
- MULDER, A., and A. VAN DER WAL. 1997. Relationship between potato cyst nematodes and their principal host. I. A Literature review. *Potato Research* 40:317-326.
- PHILLIPS, M., and D. TRUDGILL. 1985. Pot and field assessment of partial resistance of potato clones to different populations and densities of *Globodera pallida*. *Nematologica* 31:433-442.
- PHILLIPS, M., and D. TRUDGILL. 1998. Population modelling and integrated control options for potato cyst nematodes. Pp. 153-163 in *Potato Cyst Nematodes. Biology, Distribution and Control* (R. Marks and B. Brodie, eds.). CAB International, Wallingford, UK.
- SEINHORST, J. W. 1965. The relationship between nematode density and damage to plants. *Nematologica*, 11:137-154.
- SEINHORST, J. W. 1970. Dynamics of populations of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 8:131-156.
- SEINHORST, J. W. 1986. Effect of nematode attack on the growth and yield of crop plants. Pp. 191-209 in *Cyst Nematodes* (F. Lamberti and C. E. Taylor, eds.). Plenum Press. New York and London.
- SEINHORST, J., and H. DEN OUDEN. 1971. The relation between density of *Heterodera rostochiensis* and growth and yield of two potato varieties. *Nematologica* 17:347-369.
- TRUDGILL, D. 1985. Concepts of resistance, tolerance and susceptibility in relation to cyst nematode. Pp. 179-189 in *Cyst Nematodes* (F. Lamberti and C. E. Taylor, eds.). Plenum Press. New York and London.
- TRUDGILL, D. L., and M. COTES. 1983a. Difference in the tolerance of potato cultivars to potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) in field trials with and without nematicides. *Annals of Applied Biology* 102:363-384.
- TRUDGILL, D., and M. COTES. 1983b. Tolerance of potato to potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*) in relation to the growth and efficiency of the root system. *Annals of Applied Biology* 102: 385-397.
- WILLIAMSON, V. 1999. Plant nematode resistance genes. *Current Opinion in Plant Biology* 2:327-331.

WHITEHEAD, A. G., and S. J. TURNER. 1998. Management and regulatory control strategies for potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*). Pp. 135-152 in *Potato Cyst*

Nematode, Biology, Distribution and Control (R. J. Marks and B. B. Brodie, eds.). CAB International, Wallingford, U.K.

Received:

14.IV.2005

Accepted for publication:

30.IX.2005

Recibido:

Aceptado para publicación: