

COMPORTAMIENTO DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* SOBRE TOMATE Y PIMIENTO RESISTENTE EN URUGUAY

A. Piedra Buena¹, M. A. Díez-Rojo¹, A. Bello¹, L. Robertson¹,
J. A. López-Pérez¹, M. Escuer¹, y L. de León²

¹Dpto Agroecología, CCMA, CSIC. Serrano, 115 dpdo, 28006 Madrid, España; ²Dpto Agroecología, UITA. Wilson Ferreira Aldunate 1229/201, 11100 Montevideo, Uruguay.

RESUMEN

Piedra Buena, A., M. A. Díez-Rojo, A. Bello, L. Robertson, J. A. López-Pérez, M. Escuer, L. de León. 2005. Comportamiento de *Meloidogyne incognita* sobre tomate y pimiento resistente en Uruguay. *Nematropica* 35:111-120.

Para evaluar la influencia del sistema de cultivo en la selección de biotipos virulentos de *Meloidogyne incognita* en Uruguay, se estudió la virulencia de 33 poblaciones de este nematodo procedentes de invernaderos, tanto en monocultivo como en rotación, mediante bioensayos con cultivares de tomate y pimiento resistentes a *M. incognita*. Se encontraron 36,4% de las poblaciones virulentas a tomate y pimiento resistentes; 33,3% virulentas a tomate resistente, pero no a pimiento; 24,2% avirulentas a tomate y pimiento resistentes y el 6,1% restante presentó virulencia sólo a pimientos portadores de genes de resistencia. Se encontró una asociación positiva entre los monocultivos de tomate o pimiento con cultivares resistentes y la presencia de virulencia en las poblaciones de *M. incognita*.

Palabras clave: invernadero, manejo de cultivos, monocultivo, nematodos formadores de nódulos, resistencia, rotación.

ABSTRACT

Piedra-Buena, A., M. A. Díez-Rojo, A. Bello, L. Robertson, J. A. López-Pérez, M. Escuer, L. de León. 2005. Behaviour of *Meloidogyne incognita* on resistant tomato and pepper in Uruguay. *Nematropica* 35:111-120.

The virulence of 33 populations of *Meloidogyne incognita* collected from greenhouses under monoculture and crop rotation was studied to evaluate the influence of the cropping system on the selection of virulent biotypes in Uruguay, using bioassays including cultivars of tomato and pepper, resistant to *M. incognita*. Over thirty six percent of the populations were virulent on resistant tomato and pepper; 33.3% were virulent on resistant tomato, but not on pepper; 24.2% were avirulent on resistant cultivars of tomato and pepper and 6.1% were virulent only on peppers carrying resistance genes. There was a positive association between monoculture of resistant tomato or pepper and the presence of virulent populations of *M. incognita*.

Key words: crop management, greenhouse, monoculture, resistance, root-knot nematode, rotation.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay el desarrollo de la horticultura es relativamente reciente, experimentándose un incremento de la superficie dedicada a esta actividad así como una importante incorporación de tecnología. Se destaca la horticultura bajo

invernadero que, a pesar de representar sólo un 2% de la superficie dedicada a esta actividad, aporta el 67% del valor de producción bruto del sector hortícola (DIEA, 2002). Los cultivos en invernadero son, en orden de importancia, tomate, pimiento, pepino, lechuga, calabacín, melón, judía verde, acelga, apio y fresa (Aldabe, 2000).

Los problemas sanitarios más comunes son ocasionados por patógenos foliares (hongos y bacterias) debido a la elevada humedad ambiental, así como por insectos fitófagos. Sin embargo, la práctica del monocultivo y el manejo inadecuado de pesticidas han ocasionado un incremento de patógenos edáficos, entre los cuales se encuentran los nematodos del género *Meloidogyne* (De León *et al.*, 2001).

Los problemas ocasionados por *Meloidogyne* son especialmente graves en la zona Norte de Uruguay, que es la región de mayor insolación y temperatura. En esta región se concentra la mayor parte de la horticultura bajo cubierta del país, realizándose monocultivos de tomate y pimiento. En estos cultivos se han presentado problemas graves de *Meloidogyne*, incluso cuando se utilizan cultivares comerciales con genes de resistencia (De León, 2002), lo cual sugiere que se ha producido un fenómeno de rotura de la resistencia debido a la selección de poblaciones virulentas del nematodo. Hasta el momento, esta posible rotura de resistencia no ha sido citada en otras zonas productoras de hortalizas del país (zonas Sur y Noreste). Las dos hipótesis principales que se proponen para explicar la pérdida de efectividad de los cultivares resistentes son: 1) que la rotura de resistencia se debería a las altas temperaturas, como sugieren Trudgill (1991), Castagnone-Sereno (1999) y De León (2002), y 2) que el uso reiterado de cultivares resistentes estaría ejerciendo presión de selección sobre las poblaciones de *Meloidogyne*, haciendo prevalecer los genotipos virulentos, como proponen Kaloshian *et al.* (1996), Verdejo-Lucas *et al.* (1997), Tzortzakakis *et al.* (1998, 1999) y Castagnone-Sereno (2002).

El estudio de la virulencia en poblaciones de *M. incognita* provenientes de invernaderos de zonas de monocultivo y rotación de Uruguay podría aportar infor-

mación sobre la influencia del sistema de cultivo en la selección de poblaciones virulentas del nematodo, con el objetivo de implementar medidas de manejo que permitan mantener la efectividad de los genes de resistencia a largo plazo. Para ello se ha utilizado un bioensayo basado en el Ensayo de Hospedantes Diferenciales de Carolina del Norte (Hartman y Sasser, 1985), que permite distinguir las cuatro especies más importantes de *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*) y determinar sus razas, pero presenta la limitación de que no permite establecer la virulencia de las poblaciones sobre tomate y pimiento con genes de resistencia, puesto que sólo incluye cultivares susceptibles de estas plantas hospedantes. Por ello, el bioensayo utilizado (Robertson *et al.*, en prensa) introduce el tomate cv. Nikita y los pimientos cvs. Charleston Belle, Carolina Wonder y Atlante, portadores de genes de resistencia a *M. incognita*, manteniendo el tabaco cv. NC 95 y el algodón cv. DP61, que permiten distinguir las cuatro razas de *M. incognita*, e incluyendo los pimientos susceptibles cvs. Sonar y Capino, el tomate susceptible cv. Marmande y la fresa cv. Camarosa. En este estudio no se incluyeron la sandía cv. Charleston Grey y el cacahuete cv. Florunner, puesto que la primera es susceptible a todas las especies y sus razas excepto *M. hapla*, y el segundo sólo permite separar las dos razas de *M. arenaria*, especies que no han sido estudiadas en este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron 11 muestras representativas de suelo en invernaderos donde se habían detectado problemas de *M. incognita*, en las zonas hortícolas de mayor importancia en Uruguay (Fig. 1): Bella Unión (2 muestras) y Salto (2 muestras) en la zona Norte, Tacuarembó (4 mues-



Fig. 1. Mapa de Uruguay donde se muestran las localidades estudiadas y los grupos de virulencia encontrados: ● Tomate, ■ Tomate-Mi, ▲ Pimiento, X Pimiento-Mi. Se indican entre paréntesis los grupos de virulencia que están iniciando su proceso de selección (Cuadro 1).

tras) en el Noreste, Libertad (1 muestra), Montevideo (1 muestra) y San Jacinto (1 muestra) en la zona Sur. Las localidades de la zona Norte se dedican principalmente al monocultivo de tomate y pimiento, predominando el pimiento en Bella Unión y el tomate en Salto, mientras que en las zonas restantes se suele realizar rotación de cultivos. La especie de *Meloidogyne* fue

confirmada a través del estudio de la morfometría del patrón perineal de la hembra y del estudio del ADN con técnicas moleculares (PCR) (Ziljstra *et al.*, 2000).

Las muestras de suelo se homogeneizaron y se incorporaron a macetas de 250 cm³ de volumen, donde se trasplantaron plantas de tomate cv. Marmande (susceptible a *Meloidogyne*) de 15 días de

edad con dos hojas verdaderas. Estas plantas se mantuvieron durante 45 días en cámara de crecimiento a $25 (\pm 1)^\circ\text{C}$ y 16 hr de luz, con riego diario, con el doble objetivo de incrementar las poblaciones de *Meloidogyne* y coleccionar las masas de huevos de las raíces del tomate para la obtención de poblaciones "puras". Cada masa de huevos se utilizó para inocular una maceta con arena estéril para dar lugar a una población pura, que se multiplicó sobre tomate cv. Marmande en las condiciones descritas anteriormente (45 días, $25 (\pm 1)^\circ\text{C}$, 16 hr de luz, riego diario). Una vez multiplicadas las poblaciones se procedió a su caracterización, utilizando el bioensayo de Robertson *et al.* (en prensa).

El estudio se realizó sobre 6 poblaciones de campo: una de Bella Unión, una de Libertad, una de San Jacinto y tres de Tacuarembó, y 27 poblaciones seleccionadas a partir de una sola masa de huevos: 4 de una muestra de Bella Unión, 16 de una muestra de Salto, 4 de una muestra de Montevideo y 2 de una muestra de Tacuarembó. Las plantas del bioensayo se cultivaron en las macetas inoculadas y se mantuvieron en cámara de crecimiento durante 45 días a $25 (\pm 1)^\circ\text{C}$ y 16 hr de luz, con riego diario. Transcurrido este período se realizó la evaluación de las raíces de las plantas hospedadoras utilizando el índice de nodulación de Bridge y Page (1980), una escala visual que va desde 0 = no se observan nódulos en las raíces a 10 = sistema radicular destruido y planta generalmente muerta. Se estableció como umbral de susceptibilidad el índice 3 (raíces principales sin nódulos y las secundarias presentan algún nódulo grande), teniendo en cuenta el índice medio observado y la desviación estándar, considerando que las plantas con índice > 3 son susceptibles a *M. incognita*, las plantas con índice 0 son resistentes y las plantas con valores entre 0 y 3 podrían estar ini-

ciando la selección de virulencia o ser tolerantes. Conjuntamente con el índice de nodulación se tuvo en cuenta la presencia/ausencia de masas de huevos maduras, de color marrón, sobre la superficie de las raíces. Se realizaron al menos cuatro repeticiones de cada planta hospedadora frente a cada una de las 33 poblaciones de *M. incognita*.

El tratamiento estadístico de los datos consistió en la aplicación de una prueba de chi-cuadrado ($P \leq 0,05$, significación exacta de dos caras) sobre las frecuencias de los grupos de virulencia en cada sistema de cultivo, así como la comparación de la frecuencia de cada biotipo con los restantes, por pares, utilizando la prueba exacta de Fisher ($P \leq 0,05$, significación exacta de dos caras).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los índices medios de nodulación observados en los hospedadores diferenciales, que definen el grupo de virulencia y la raza de cada población. Las poblaciones de *M. incognita* se clasificaron en cuatro grupos de virulencia según la respuesta obtenida sobre los hospedadores con genes de resistencia: A. grupo Tomate: poblaciones que no muestran virulencia en tomate ni pimientos con genes de resistencia (8 poblaciones, 24,2%); B. grupo Tomate-*Mi*: poblaciones virulentas en tomate con gen *Mi*, pero no a pimientos con genes de resistencia (11 poblaciones, 33,3%); C. grupo Pimiento: poblaciones no virulentas en tomate con gen *Mi*, pero virulentas en pimientos con genes de resistencia (2 poblaciones, 6,1%) y D. grupo Pimiento-*Mi*: poblaciones virulentas en tomate y pimientos con genes de resistencia (12 poblaciones, 36,4%).

El análisis estadístico con la prueba de χ^2 mostró que las frecuencias de aparición de los grupos de virulencia de *M. incognita*

Cuadro 1. Índices de nodulación promedio y desviación estándar de razas y grupos de virulencia encontrados en *Meloidogyne incognita* de Uruguay.

Sistema de cultivo y localidad	Población	Pimiento ^x		Tomate ^y			Tabaco cv. NC95	Algodón cv. DP61	Fresa cv. Camarosa	Razas y grupos de virulencia
		S	R	S	R	R				
Monocultivo										
Bella Unión	BU1-I	2,5 ± 3,5	4,0 ± 4,6	8,1 ± 1,5	5,5 ± 3,0	0	3,0 ± 2,1	2,0 ± 0,0		Pimiento 3-Mi
"	BU1-II	3,0 ± 1,4	4,0 ± 0,0	6,3 ± 1,9	6,0 ± 3,5	0	4,0 ± 2,3	0		Pimiento 3-Mi
"	BU1-III	5,0 ± 2,8	4,3 ± 3,8	8,7 ± 1,5	9,0 ± 1,0	0	2,5 ± 3,1	0		Pimiento 3-Mi
"	BU1-IV	5,0 ± 0,0	6,0 ± 0,0	7,5 ± 2,7	9,5 ± 0,7	0	5,0 ± 4,2	1,0 ± 0,0		Pimiento 3-Mi
"	BU2	4,0 ± 1,4	0	3,9 ± 3,4	(0,7 ± 1,3) ^z	6,0 ± 0,0	3,0 ± 2,8	0		Tomate 4
Salto	Salto1-I	3,3 ± 2,1	0	5,0 ± 3,2	5,5 ± 4,2	0	3,5 ± 1,3	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-I(1)	6,0 ± 0,0	0	7,8 ± 1,8	8,0 ± 1,9	0	5,5 ± 1,3	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-I(2)	3,0 ± 1,4	(0,7 ± 1,6) ^z	6,3 ± 2,1	7,1 ± 2,7	0	4,8 ± 1,5	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-I(3)	6,5 ± 0,7	0	7,7 ± 3,0	7,8 ± 2,1	0	5,8 ± 1,7	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-II(1)	4,3 ± 2,1	1,4 ± 2,0	7,3 ± 2,0	6,7 ± 2,2	0	4,8 ± 2,9	0		Pimiento 3-Mi
"	Salto2-II(2)	2,5 ± 2,1	0	5,6 ± 4,0	6,6 ± 3,8	0	3,3 ± 2,5	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-II(3)	5,0 ± 1,4	0	7,1 ± 2,6	6,0 ± 3,1	0	5,5 ± 1,3	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-III(1)	7,5 ± 0,7	1,6 ± 1,8	8,0 ± 1,6	6,3 ± 2,4	(0,5 ± 0,7) ^z	6,0 ± 0,0	0		Pimiento 3-Mi
"	Salto2-III(2)	4,0 ± 2,8	0	7,7 ± 2,3	5,9 ± 4,0	0	4,8 ± 2,4	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-III(3)	6,5 ± 0,7	0	7,7 ± 1,7	7,9 ± 1,2	0	3,5 ± 1,7	1,0 ± 1,4		Tomate 3-Mi
"	Salto2-IV(1)	3,7 ± 3,5	2,3 ± 2,6	9,0 ± 0,9	8,2 ± 1,5	0	5,0 ± 1,0	0		Pimiento 3-Mi
"	Salto2-IV(2)	8,0 ± 0,0	3,4 ± 3,3	9,3 ± 0,8	8,0 ± 1,7	0	4,3 ± 1,7	1,5 ± 2,1		Pimiento 3-Mi
"	Salto2-IV(3)	6,0 ± 2,8	0	9,2 ± 0,8	8,7 ± 1,3	(1,0 ± 0,0) ^z	3,5 ± 3,5	0		Tomate 3-Mi
"	Salto2-II(1)IV	6,0 ± 1,0	4,6 ± 3,1	8,0 ± 1,2	8,5 ± 1,3	(0,5 ± 0,7) ^z	6,3 ± 1,1	0		Pimiento 3-Mi
"	Salto2-III(1)V	7,7 ± 0,6	3,8 ± 3,6	8,2 ± 1,3	6,0 ± 3,1	0	5,7 ± 0,6	0		Pimiento 3-Mi

^xPimientos susceptibles (S); Cvs. Capino y Sonar; resistentes (R); Cvs. Charleston Belle, Carolina Wonder y Atlante.^yTomate susceptible (S); cv. Marmande; resistente (R); cv. Nikita.^zPoblaciones con índices de nodulación + desviación estándar entre 0 y 3, consideradas como avirulentas.

Cuadro 1. (Continued) Índices de nodulación promedio y desviación estándar de razas y grupos de virulencia encontrados en *Meloidogyne incognita* de Uruguay.

Sistema de cultivo y localidad	Población	Pimiento ^x		Tomate ^y		Tabaco cv. NC95	Algodón cv. DP61	Fresa cv. Camarosa	Razas y grupos de virulencia
		S	R	S	R				
"	Salto2-IV(1)V	7,0 ± 0,0	4,8 ± 3,5	8,9 ± 0,9	8,9 ± 1,2	0	6,0 ± 0,0	0	Pimiento 3-Mi
"	Salto2-IV(2)V	6,0 ± 2,8	4,4 ± 3,2	9,1 ± 1,2	8,5 ± 1,4	0	3,3 ± 1,5	1,3 ± 1,5	Pimiento 3-Mi
Rotación de cultivos									
Montevideo	Mvd-I	6,7 ± 4,0	0	6,7 ± 3,5	0	(1,0 ± 1,4) ^z	0	0	Tomate 1
"	Mvd-II	7,0 ± 3,5	0	8,0 ± 1,6	0	(0,7 ± 1,2) ^z	0	0	Tomate 1
"	Mvd-III	7,0 ± 2,7	0	3,5 ± 2,1	0	0	0	0	Tomate 1
"	Mvd-IV	4,0 ± 4,0	0	7,7 ± 1,6	0	(0,7 ± 1,2) ^z	0	0	Tomate 1
Canelones	S. Jacinto	1,6 ± 2,2	0	9,0 ± 1,4	6,0 ± 0,0	5,0 ± 4,2	4,0 ± 0,0	0	Tomate 4-Mi
San José	Libertad	1,2 ± 2,4	0	1,3 ± 1,5	0	7,0 ± 4,2	0	0	Tomate 2
Tacuarembó	Tbo-I	2,7 ± 3,0	0	8,0 ± 3,3	2,3 ± 2,4	5,0 ± 2,8	2,4 ± 2,3	1,0 ± 0,0	Tomate 4-Mi
"	Tbo-I-II	2,0 ± 0,0	3,2 ± 4,0	7,7 ± 2,5	(1,3 ± 1,2) ^z	2,0 ± 2,7	1,7 ± 2,9	0	Pimiento 4
"	Tbo2	6,0 ± 2,0	0	8,3 ± 1,9	(1,0 ± 1,3) ^z	3,8 ± 2,9	0	0	Tomate 2
"	Tbo3	3,7 ± 2,7	2,8 ± 2,6	6,1 ± 2,1	(0,8 ± 1,5) ^z	3,3 ± 1,5	3,5 ± 2,9	0	Pimiento 4
"	Tbo4	7,3 ± 2,3	0	7,6 ± 1,8	(0,8 ± 1,3) ^z	(0,3 ± 1,6) ^z	0	0	Tomate 1

^xPimientos susceptibles (S): Cvs. Capino y Sonar; resistentes (R): Cvs. Charleston Belle, Carolina Wonder y Atlante.

^yTomate susceptible (S): cv. Marmande; resistente (R): cv. Nikita.

^zPoblaciones con índices de nodulación + desviación estándar entre 0 y 3, consideradas como avirulentas.

fueron significativamente diferentes entre el monocultivo y la rotación de cultivos ($\chi^2 = 0,000$, $P \leq 0,05$, significación exacta de dos caras). Se encontró que el 87,5% de las poblaciones avirulentas proviene de zonas de rotación de cultivo (Fig. 2), contrastando con las poblaciones Tomate-*Mi* y Pimiento-*Mi*, que eran en su mayor parte originarias de zonas donde se produce tomate y pimiento en régimen de monocultivo (81,8% y 100%, respectivamente). Las poblaciones del grupo Pimiento se encontraron sólo en Tacuarembó, donde se realizan rotaciones, considerando la posibilidad de su introducción a través del material de propagación procedente de otras zonas hortícolas. Algo similar podría haber ocurrido con la población Tomate 4-*Mi* de San Jacinto, lo cual permite sugerir la necesidad de un mayor control de la sanidad del material de propagación.

El análisis estadístico pareado utilizando la prueba de Fisher confirmó las diferencias y similitudes entre las frecuencias de los biotipos (Cuadro 2). El biotipo Pimiento mostró una frecuencia muy similar a la del biotipo Tomate (valor de Fisher = 1,000, $P \leq 0,05$), diferente a la del biotipo Pimiento-*Mi* (valor de Fisher = 0,011, $P \leq 0,05$) y similar a la del biotipo Tomate-*Mi* (valor de Fisher = 0,077, $P \leq 0,05$). Este último valor de Fisher, muy bajo, cercano al límite de confianza, pero que no llega a detectar diferencias estadísticas entre las frecuencias de los biotipos, indica que la baja frecuencia de aparición del biotipo Pimiento en el ensayo (2/33 poblaciones) afecta los resultados. Además, en dicha comparación ambos biotipos presentan dos poblaciones provenientes de zonas de rotación, por lo cual el análisis no detecta diferencias entre ellos para dicho sistema

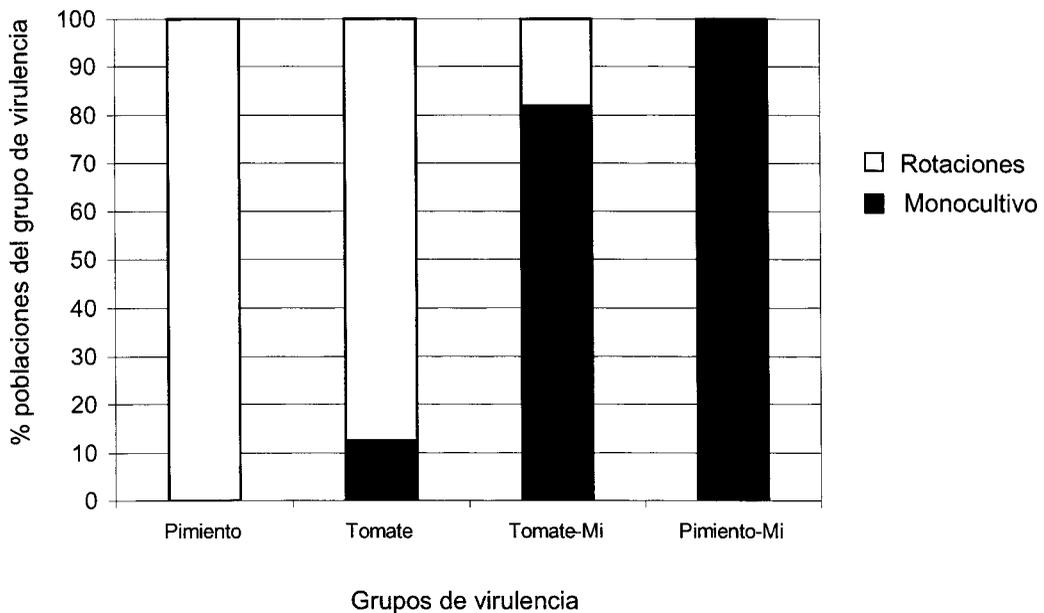


Fig. 2. Frecuencias de los grupos de virulencia: Tomate, poblaciones que no muestran virulencia en tomate ni pimientos con genes de resistencia; Tomate-*Mi*, poblaciones virulentas en tomate con gen *Mi*, pero no a pimientos con genes de resistencia; Pimiento, poblaciones no virulentas en tomate con gen *Mi*, pero virulentas en pimientos con genes de resistencia; Pimiento-*Mi*, poblaciones virulentas en tomate y pimientos con genes de resistencia, según el sistema de cultivo: rotación de cultivos vs. monocultivo.

Cuadro 2. Análisis estadístico pareado de las frecuencias de los biotipos de *Meloidogyne incognita*.

Biotipos analizados	Valor exacto de Fisher ^a
Pimiento × Tomate	1,000
Pimiento × Tomate- <i>Mi</i>	0,077
Pimiento × Pimiento- <i>Mi</i>	0,011
Tomate × Tomate- <i>Mi</i>	0,005
Tomate × Pimiento- <i>Mi</i>	0,000
Tomate- <i>Mi</i> × Pimiento- <i>Mi</i>	0,217

^aValor exacto de dos caras, $P \leq 0,05$.

de cultivo, aunque las poblaciones provenientes de zonas de monocultivo muestren diferencias notables entre sí (biotipo Pimiento: 0 poblaciones, biotipo Tomate-*Mi*: 9 poblaciones). Por su parte, los biotipos virulentos Tomate-*Mi* y Pimiento-*Mi* fueron estadísticamente similares entre sí (valor de Fisher = 0,217, $P \leq 0,05$) y diferentes al biotipo Tomate (valor de Fisher = 0,005 para Tomate × Tomate-*Mi* y valor de Fisher = 0,000 para Tomate × Pimiento-*Mi*, $P \leq 0,05$).

El análisis de las 33 poblaciones por localidades (Cuadro 1) muestra que en Salto, zona de monocultivo de tomate y pimiento, donde el primer cultivo suele ser el más importante, las 17 poblaciones mostraron virulencia a tomate resistente, y ocho de ellas (47,1%) además fueron virulentas a los cultivares de pimiento con genes de resistencia, no encontrándose poblaciones avirulentas. En Bella Unión, donde el cultivo principal es pimiento en régimen de monocultivo, seguido de tomate, cuatro de las cinco poblaciones estudiadas mostraron virulencia en tomate y pimientos resistentes (80,0%), encontrándose sólo una población avirulenta. La mayor variabilidad en el comportamiento de las poblaciones estudiadas se encontró en Tacuarembó, donde se realiza rotación

de cultivos, con una población virulenta a tomate con genes de resistencia, pero no a pimiento resistente, dos poblaciones virulentas a los cultivares de pimiento resistentes pero no al tomate resistente, y dos poblaciones avirulentas sobre ambos cultivos. En la zona Sur del país, las poblaciones de Libertad y Montevideo se mostraron avirulentas a tomate y pimiento con genes de resistencia, mientras que la población proveniente de San Jacinto fue virulenta al tomate resistente. En relación con la fresa cv. Camarosa, se destaca que sólo seis poblaciones (18,2%) presentaron nódulos en raíces, con índice medio de nodulación ≤ 2 , sin llegar a desarrollar masas de huevos. Este cultivo podría ser de gran interés en la planificación de rotaciones de cultivos para el control de nematodos.

La utilización de tabaco cv. NC95 y algodón cv. DP61 como hospedantes diferenciales permitió identificar las cuatro razas de *M. incognita* en las poblaciones estudiadas (Hartman y Sasser, 1985). La raza 3, que es capaz de parasitar algodón pero no a tabaco, aparece como predominante (21 poblaciones, 63,6%), seguida de la raza 1, que no parasita tabaco ni algodón (5 poblaciones, 15,2%) y la raza 4, que parasita a ambos cultivos (5 poblaciones, 15,2%). Se encontró en menor proporción la raza 2 (2 poblaciones, 6,1%), que parasita tabaco pero no algodón.

El estudio de las razas según la localidad parece indicar que existe una asociación con el cultivo de algodón y tabaco realizado en años anteriores. Esto es especialmente notorio en el caso de las 26 poblaciones que parasitan algodón, razas 3 y 4, de las cuales el 84,6% (22 poblaciones) provienen de Salto y Bella Unión, donde este cultivo se realizaba de forma habitual varios años antes. En el caso de las siete poblaciones capaces de parasitar tabaco, razas 2 y 4, el 57,1% (4 poblaciones) se encontró en Tacuarembó, la zona tabaca-

lera del país. Esto parece confirmar la hipótesis de que la realización de dichos cultivos puede haber seleccionado estas razas y que la capacidad de parasitar tabaco y algodón se mantiene en el tiempo, incorporada en la información genética, en lo que algunos autores denominan “memoria del suelo” (Tello y Bello, 1995). Las otras tres poblaciones capaces de parasitar tabaco provenían de Bella Unión, Libertad y San Jacinto. Además, tres poblaciones de Montevideo, una de Tacuarembó y tres de Salto presentaban índices entre 0 y 3 en tabaco cv. NC95, lo que sugiere que comienzan a seleccionarse poblaciones capaces de parasitar este cultivo. En el caso de las zonas del Sur, que no son tradicionalmente tabacaleras, sería de interés investigar las posibles causas de que estas poblaciones presenten capacidad de parasitar al tabaco, planteándose como hipótesis que podría deberse al movimiento de material de propagación desde la región donde se realizaba el cultivo de tabaco a otras zonas del país.

En resumen, se encuentra una clara asociación entre el monocultivo de tomate y pimiento y la presencia de poblaciones virulentas de *M. incognita*, lo cual está de acuerdo con lo sugerido por Kaloshian *et al.* (1996), Verdejo-Lucas *et al.* (1997), Tzortzakakis *et al.* (1998, 1999) y Castagnone-Sereno (2002), de que el monocultivo con plantas resistentes actúa sobre las poblaciones de nematodos ejerciendo una presión de selección que hace prevalecer a los genotipos virulentos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra María Arias y Dr. Antoon Ploeg por la revisión del manuscrito. Al Dr. Julio César Tello, Dr. Alfredo Lacasa, Dr. Fery y Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA por su colaboración. A Casimiro Martínez, por su apoyo técnico. A la Lic.

Laura Barrios por su orientación para el análisis estadístico de los datos. Este trabajo forma parte de los proyectos INIA OT 03-006-C7-6 y AGL2002-04040-C05-01 AGR-FOR. Ana Piedra Buena es becaria de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI-MAEC).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALDABE, L. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. Ed. Epsilon, Montevideo, 269 pp.
- BRIDGE, J. and S. L.J. PAGE. 1980. Estimation of root-knot nematode infestation levels using a rating chart. *Tropical Pest Management* 26:296-298.
- CASTAGNONE-SERENO, P. 1999. Limites de l'utilisation de la résistance aux nématodes à gales chez la tomate. Des risques nouveaux liés au développement de populations virulentes du parasite. *Phytoma* 522:61-63.
- CASTAGNONE-SERENO, P. 2002. Genetic variability in parthenogenetic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., and their ability to overcome plant resistance genes. *Nematology* 4:605-608.
- DE LEÓN, L. 2002. Non chemical alternatives to methyl bromide in Uruguay. Proceedings of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. Sevilla, Spain, 5-8 March, 365-369.
- DE LEÓN, L., J. A. LÓPEZ-PÉREZ, A. RODRÍGUEZ, D. CASANOVA, M. ARIAS, y A. BELLO. 2001. Manejo de *Meloidogyne arenaria* en cultivo de acelga bajo cubierta en Uruguay. *Nematropica* 31:103-108.
- DIEA. 2002. Censo General Agropecuario 2000. Versión electrónica. http://www.mgap.gub.uy/Diea/CENSO2000/censo_general_agropecuario_2000.htm
- HARTMAN, K. M. and J. N. SASSER. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology. Pp. 69-77 in K. R. Barker, C. C. Carter and J. N. Sasser, eds. An advanced treatise on Meloidogyne, Vol. II. North Carolina State University Graphics, Raleigh, USA.
- KALOSHIAN, I., V. M. WILLIAMSON, G. MIYAO, D. A. LAWN, and B. B. WESTERDAHL. 1996. Identification of “resistance breaking” field populations of root-knot nematodes on tomato in California. *California Agriculture* 50:18-20.
- ROBERTSON, L., J. A. LÓPEZ-PÉREZ, A. BELLO, M. ESCUER, M. A. DÍEZ-ROJO, A. PIEDRA BUENA, and C. MARTÍNEZ. Characterization of *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and *M. hapla* populations from Spain and Uruguay parasitiz-

- ing pepper (*Capsicum annuum* L.). Crop Protection (in press).
- TELLO, J. and A. BELLO. 1995. El suelo como ente vivo. La rizosfera, los hongos y los nematodos fitopatógenos en la "memoria" del suelo. Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad. Actas del 1er Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Toledo, España, Septiembre 1994, 506-516.
- TRUDGILL, D. L. 1991. Resistance and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. Annual Review of Phytopathology 29:167-192.
- TZORTZAKAKIS, E. A., V. C. BLOK, M. S. PHILLIPS, and D. L. TRUDGILL. 1999. Variation in root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in Crete in relation to control with resistant tomato and pepper. Nematology 1:409-506.
- TZORTZAKAKIS, E. A., D. L. TRUDGILL, and M. S. PHILLIPS. 1998. Evidence for a dosage effect of the *Mi* gene on partially virulent isolates of *Meloidogyne javanica*. Journal of Nematology 30:76-80.
- VERDEJO-LUCAS, S., C. ORNAT, and F. J. SORRIBAS. 1997. Management of root-knot nematodes in protected crops in North-east Spain. Bulletin OILS/SROP 20:94-98.
- ZILJSTRA, C., D. H. T. M. DONKERS-VENNE, and M. FARGETTE. 2000. Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterised amplified region (SCAR) based PCR assays. Nematology 2:847-853.

Received

15.IV.2005

Accepted for publication

30.IX.2005

Recibido

Aceptado para publicación