

## LOBO A., M. ET AL. Resistencia del tomate "Licato" a nemátodos.

13. Singh, B. R.; Taneja, S. N. 1977. Effects of gypsum on mineral nitrogen status in alkaline soils. *Plant Soil*. 48: 315-321.
14. Stotzky, G. 1965. Microbial respiration, p. 1550-1572. In: Black, C. A. (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2*. Amer. Soc. Agron. Madison, (Agronomy Series, No. 9).
15. Wollum, A. G.; Gómez, J. E. 1970. A conductivity method for measuring microbially evolved carbon dioxide. *Ecology* 51:155-156.
16. Zapata, A.; Munévar, F. 1986; Relación entre la fertilización con azufre y el suministro de nitrógeno para trébol y ryegrass. *Revista ICA*. 21:(2)57-65.

### RESISTENCIA AL NEMATODO DEL NUDO RADICAL (*Meloidogyne incognita* Chitwood) EN EL CULTIVAR DE TOMATE 'LICATO'

Mario Lobo A.; Rafael Navarro A.; Iván E. Ochoa C.; Emile Girard O.\*

#### RESUMEN

Tres experimentos se realizaron bajo techo plástico entre 1982 y 1983 en el CRI "La Selva", ubicado en Rionegro (Antioquia) a 2.100 m.s.n.m., con el fin de determinar el tipo de resistencia al nemátodo formador de agallas, *Meloidogyne incognita* raza 2, exhibida por el cultivar de tomate 'Licato'. En un primer ensayo se valoró el efecto del nematodo sobre el rendimiento y síntomas medidos por índices de nudosidad, mediante comparaciones planeadas entre plantas inoculadas y no inoculadas en genotipos resistentes, gene *Mi*, variedades susceptibles y el cultivar 'Licato'. Los índices de nudosidad no permitieron diferenciar entre los materiales susceptibles y 'Licato', presentando este último disminuciones en rendimiento sensiblemente inferiores a aquéllas de los cultivares susceptibles y cercanas a las obtenidas con los genotipos resistentes. En un segundo trabajo se valoró el efecto de la época de inoculación sobre el cultivar resistente 'Atkinson', el susceptible 'Rutgers' y el cultivar 'Licato'; al igual que en el caso anterior, 'Licato' no reveló diferencias en los índices de nudosidad en comparación con 'Rutgers', pero sí en disminución porcentual en rendimiento, siendo ésta similar a la del material resistente 'Atkinson'. Este último cultivar, al igual que 'Licato', únicamente arrojó pérdidas en rendimiento al ser inoculado en el momento de la siembra; por el contrario, 'Rutgers' mostró descensos en producción en todas las épocas de inoculación, presentando una relación inversa entre pérdidas y período de inoculación. En un tercer ensayo se valoró el efecto del cultivar 'Licato', en comparación con el genotipo susceptible 'Rutgers', en el establecimiento y tasa reproductiva del nematodo, medidos estos factores por el número de nudos y de masas de huevos por planta, respectivamente, exhibiendo 'Licato' valores significativamente inferiores para ambos parámetros con relación a 'Rutgers'; este hecho, unido a las bajas pérdidas en rendimiento, permiten inferir que 'Licato' ofrece resistencia parcial u horizontal al nemátodo formador de agallas *Meloidogyne incognita*.

**Palabras Claves Adicionales:** Resistencia parcial, resistencia horizontal, tolerancia, rata reproductiva, índices de nudosidad.

#### ABSTRACT

Root-knot-nematode (*Meloidogyne incognita* Chitwood) Resistance in the Tomato Cultivar 'Licato'.

Three experiments were carried out, under plastic roof, from 1982 to 1983 at "La Selva" ICAS's

\* I.A., Ph.D. Coordinador Nacional Programa de Genética, I.A.; M.Sc. Sanidad Vegetal, A.A. 100 Rionegro (Antioquia), Biólogo M.Sc., CIAT, Cali, e I.A., M.Sc. Programa de Hortalizas, CRI "La Selva", Rionegro (Antioquia).

Experiment Station, located at Rionegro (Antioquia, Colombia) at 2 100 m.a.s.l. The objective was to determine the root-knot-nematode *Meloidogyne incognita* race 2 resistance type exhibited by the tomato cultivar 'Licato'. In a first trial the nematode effect on yield and symptoms, measured as nodulation indexes, was evaluated by employing planned comparisons between inoculated and noninoculated plants of resistant cultivars, (gene *Mi*), susceptible genotypes and 'Licato', exhibiting 'Licato' lower yield losses than those of the susceptible cultivars with close values to those of resistant materials. In a second experiment the effect of different plant age inoculations was evaluated in the resistant cultivar 'Atkinson' (gene *Mi*), the susceptible one 'Rutgers' and 'Licato'. Similar results to the ones of the first experiment were found for nodulation indexes, i. e. no difference could be established between 'Licato' and susceptible materials, but the yield loss was lower than that of 'Rutgers' and similar to that of 'Atkinson'. The last genotype and 'Licato' exhibited yield losses only when inoculated at planting time but not later on. On the contrary, 'Rutgers' exhibited yield losses in all of the inoculations being the decrease in yield inversely to plant age. In a third trial the effect of 'Licato' on nematode establishment and reproduction rate measured by root-knot-number and egg-mass number respectively in comparison to 'Rutgers' was evaluated. 'Licato' exhibited significant lower values for both variables. Based on all the above results it was concluded that 'Licato' tomato cultivar exhibits partial or horizontal resistance to the root-knot-nematode *Meloidogyne incognita*.

**Additional Index Words:** Partial resistance, horizontal resistance, tolerance, reproductive rate, nodulation indexes.

El nematodo formador de agallas *Meloidogyne* spp. causa pérdidas severas a los cultivos de tomate, tanto en forma directa como por su asociación con otros problemas patológicos del suelo, en especial el hongo *Fusarium oxysporum* spp. *lycopersici* (Loveys y Bird, 17; Wallace, 32). Wilson (33), en Nigeria, informó sobre pérdidas cercanas al 75%, como resultado de infestación del suelo con *Meloidogyne* spp.; por su parte Zannou y Dodego (35) encontraron disminuciones de rendimiento en tomate del 55% por efecto del nematodo; Ogunfowora (21) señaló que las pérdidas en cultivos de tomate fluctuaban entre el 10 y el 89% dependiendo del cultivar y el nivel de infestación en el suelo, y Nwazor (20) observó pérdidas totales en cultivos de esta especie, luego de un ataque del patógeno.

En tomate la resistencia genética a *Meloidogyne* spp. se encontró en la especie silvestre *Lycopersicon peruvianum*, derivándose ésta a partir de la colección PI 128657, para lo cual fue necesario realizar cultivos de embrión in vitro luego de la hibridación interespecífica por parte de Smith (26); señalan Thomson y Smith (29) que, hasta donde se sabía, todos los cultivares de tomate resistentes al nematodo formador de agallas provienen del cruzamiento interespecífico único entre 'Michigan State Forcing' (*L. esculentum*) y PI 128657 (*L. peruvianum*). La resistencia obtenida se halló condicionada por un gene dominante denominado *Mi* (Gilbert y McGuire, 12). El carácter monofactorial de esta resistencia fue confirmado por Barham y Winstead (2) y Thomson y Smith (29), atribuyéndose a una reacción de hipersensibilidad luego de la penetración del segundo estado larval del nematodo (Dropkin, 9; Dropkin *et al*, 10; Dropkin y Webb, 11). Za-

cheo *et al* (34) estudiaron el mecanismo de resistencia al nematodo formador de agallas en tomate, observando que en cultivares susceptibles el número de hembras en la raíz fue, en promedio, 27 veces superior al observado en materiales resistentes.

Los conceptos de resistencia y tolerancia han sido muy controvertidos entre genetistas y fitopatólogos. En principio se entendió por resistencia a nemátodos la habilidad de una planta para crecer en un suelo infestado, sin la formación de nudos radiculares (Barrons, 3). Wallace (31) argumentó que el criterio básico para estimar la resistencia es la tasa reproductiva del patógeno. De Targa (7) señaló que la resistencia al nematodo formador de agallas puede ser establecida por la relación entre inóculo y el número de masas de huevos, después de un ciclo de vida del parásito.

La variedad de tomate 'Licato' obtenida por Lobo y Jaramillo (16) a pesar de no poseer el gene *Mi*, prospera bien en suelos infestados por *Meloidogyne* spp., sin que se conozca el tipo de resistencia presentado por este cultivar. Por ello, el propósito de este trabajo fue aclarar el mecanismo de resistencia del material, esto es, definir si fue una resistencia total, parcial o tolerancia.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización

Los experimentos se localizaron en suelos del CRI "La Selva", ubicado en Rionegro (Antioquia) a 2.100 m.s.n.m. y perteneciente a la formación ecológica bosque húmedo montano bajo. Los trabajos se realizaron bajo techo plástico.

**Primer Experimento**

**Efecto de la Inoculación con *M. incognita* en Genotipos Susceptibles y Resistentes, en Comparación con 'Licato'**

Se inoculó un grupo de 9 genotipos resistentes (*Mi/Mi*), 5 susceptibles (*mi/mi*) y el cultivar 'Licato', con el fin de medir la disminución porcentual en rendimiento mediante comparaciones planeadas entre plantas inoculadas y no inoculadas de cada genotipo. Las plantas se sembraron en materas plásticas de 18 cm de diámetro y 15 cm de altura, las cuales contenían una mezcla de tierra vegetal, arena y gallinaza previamente esterilizada (1:1:1 vol.). De cada material se sembraron 25 plantas, de las cuales 15 se inocularon y 10 se dejaron sin inoculación. De las plantas inoculadas se emplearon 5 por genotipo para medir el llamado índice temprano de nodulación, el cual se tomó a los 43 días después de la inoculación. Más adelante se describe este parámetro. Las plantas restantes se utilizaron para medir rendimiento; una vez finalizada la cosecha, se realizó una segunda lectura de nudosidad, la cual se denominó índice tardío de nudosidad. Los materiales del presente estudio se colocaron bajo techo plástico en un diseño completamente al azar. Una vez realizado el análisis estadístico, se hicieron comparaciones planeadas por genotipos entre las plantas inoculadas y no inoculadas empleando la prueba de "Student" para pares de promedios, llamada también Método de Fisher protegido para diferencias mínimas significativas (Chew, 6). Para efecto de la presentación de los resultados, donde se incluye disminución porcentual en rendimiento, se anota cero en aquellos casos en los cuales no hubo diferencias significativas en producción entre las plantas inoculadas y las no inoculadas (95% de confianza). La inoculación se realizó en plántulas con dos pares de hojas verdaderas, aplicando dos masas de huevos de *M. incognita* raza 2 al suelo. El experimento se llevó a cabo durante el primer semestre calendario de 1982.

**Segundo Experimento**

**Efecto de Diversas Epocas de Inoculación con el Nemátodo Formador de Agallas *Meloidogyne incognita* Raza 2 en Diversos Genotipos de Tomate, en Comparación con 'Licato'**

En el trabajo se incluyeron los genotipos 'Atkinson' (resistente), 'Rutgers' (susceptible) y 'Licato'. Se realizaron inoculaciones al momento de la siembra y 30, 45 y 60 días después, dejando plantas no inoculadas de cada uno de los materiales como testigo. De cada genotipo y por tratamiento se incluyeron 10 plantas, sembradas en forma individual en materas plásticas de 18 cm de diámetro y 15 cm de altura y llenas con una mezcla de tierra vegetal, arena y gallinaza previamente esterilizada (1:1:1 vol.). Las unida-

des experimentales se colocaron bajo techo plástico en un diseño completamente al azar registrándose los datos de índices de ataque en forma individual por planta. Una vez terminada la cosecha, se obtuvo el índice tardío de nodulación y se efectuó un análisis estadístico para rendimiento, estableciendo comparaciones pareadas entre plantas inoculadas y no inoculadas en cada una de las épocas de inoculación y por genotipo, mediante el empleo del método protegido de diferencias mínimas significativas (Chew, 6). Para efecto de presentación de los resultados, se incluyeron las pérdidas porcentuales en rendimiento, anotándose, al igual que en el experimento anterior, cero en aquellos casos en los cuales no hubo diferencias significativas en rendimiento entre las plantas inoculadas y no inoculadas en cada genotipo (95% de confianza). En el presente trabajo la inoculación se realizó con 2 000 huevos de *M. incognita* raza 2 por planta. El estudio se llevó a cabo durante el primer semestre calendario de 1983.

**Tercer Experimento**

**Efecto de Diferentes Dosis de Inóculo Sobre el Establecimiento y Tasa Reproductiva de *M. incognita* en el Cultivar 'Licato', en Comparación con el Material Susceptible 'Rutgers'**

En cada uno de los genotipos incluidos se emplearon como dosis de inóculo 200, 1 000 y 2 000 huevos de *M. incognita* raza 2 por planta, realizándose muestreo de raíces a los 45, 55 y 65 días después de la inoculación. La variable registrada como indicador del establecimiento del nemátodo fue el número de nudos radicales y como valorador de la tasa reproductiva del nemátodo se anotó el número de masas de huevos y de huevos por planta e índices para masas y huevos (Hussey y Boerma, 13), incluyéndose en el presente artículo el número de nudos y masas de huevos por planta.

Los materiales se sembraron en vasos plásticos con suelo previamente esterilizado. Diez días después de la germinación se inocularon 18 plantas por cultivar y por densidad de inóculo, realizándose las lecturas en 6 plantas por época de muestreo y por variedad. Cinco días después de la inoculación, los materiales se transplantaron a materas plásticas de 18 cm de diámetro y 15 cm de altura y se colocaron bajo techo plástico en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (variables: variedad, dosis de inóculo, época de muestreo). En cada época de muestreo y por genotipo y dosis, las plantas se sacaron de las materas, las raíces se lavaron con agua corriente y luego se sumergieron en una solución de floxina-B, (0.5 g por litro), para la tinción de las masas de huevos (Hussey y Boerma, 13), lo cual facilita su observación. Para efectos del análisis de varianza, los datos tanto para número de nudos como para número de masas de huevos, se transformaron mediante la ecuación  $\sqrt{x + 0.5}$ , estimándo-

se las diferencias entre promedios mediante el empleo de la prueba de la Diferencia Honesta Significativa de Tukey, con 95% de confianza (Snedecor y Cochran, 27).

**Indices de Nudosidad Empleados**

El aquí llamado índice temprano de nudosidad corresponde a la escala propuesta por Taylor y Sasser (28), en la cual: ausencia de nudos o masas de huevos = 0; 1 a 2 nudos o masas de huevos = 1; 3-10 = 2; 11-30 = 3; 31-100 = 4; más de 100 nudos o masas de huevos = 5.

El llamado índice tardío, por su parte, corresponde a la escala propuesta por Bridge y Page (4), en la cual: ausencia de agallas = 0; 50% de raíces con nudosidad = 5; 100% de raíces con nudos = 10.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

**Efecto de la Inoculación con *M. incognita* en Genotipos Susceptibles y Resistentes, en Comparación con 'Licato'**

Como puede apreciarse en la Tabla 1, los índices de nudosidad tanto temprana como tardía no permitieron diferenciar los materiales susceptibles del culti-

var 'Licato', siendo éstos en promedio 4.8 y 5.7 para los genotipos susceptibles y 5.0 y 6.0 para 'Licato'. Por el contrario, ambos índices permitieron distinguir claramente los materiales resistentes (gene *Mi*), los cuales no exhibieron nudos ni masas de huevos como consecuencia de la inoculación con *M. incognita* raza 2. Estos últimos, a pesar de no presentar síntomas, exhibieron una disminución en rendimiento del orden del 27.7% en promedio bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el trabajo y con una amplia variación entre cultivares (0.0 a 50.5%). En este sentido, se han señalado diferencias en el grado de resistencia al nemátodo formador de agallas aún entre diversos lotes de semilla de la misma variedad (Van Der Beck y Boukema, 30). McGuire y Allard (18) señalaron variaciones en resistencia entre grupos homocigóticos y diferencias en el patrón de segregación de diversas familias F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub>, estimando los autores que en la reacción del huésped a *M. incognita* estaba involucrado más de un gene. Drolsom *et al* (8) apoyaron esta idea al señalar que las diferencias en los resultados se podrían atribuir a genes modificadores.

El hecho de presentarse disminuciones en rendimiento en materiales resistentes puede obedecer a alteraciones fisiológicas en las plantas luego de la inoculación. En este sentido, se ha indicado que el contenido de la proteína hidroxiprolina se incrementa noto-

TABLA 1. Disminución porcentual de rendimiento como resultado de inocular plantas de diversos genotipos de tomate con *Me-loidogyne incognita* raza 2 e índices de nudosidad temprano y tardío, en comparación con plantas no atacadas por nemátodos.

Línea o cultivar	Genotipo <sup>1/</sup>	Disminución en rendimiento <sup>2/</sup>	Indices de nudosidad	
			Temprano	Tardío
Atkinson	Mi/Mi	0.0	0	0
AU 76 FM	Mi/Mi	11.6	0	0
Imp. Summertime	Mi/Mi	24.2	0	0
70-115-A	Mi/Mi	33.9	0	0
75-5 BK-47-6-77	Mi/Mi	34.1	0	0
Nematex	Mi/Mi	35.0	0	0
72-4	Mi/Mi	38.4	0	0
Piersol	Mi/Mi	46.5	0	0
Patriot	Mi/Mi	50.5	0	0
Burgis	mi/mi	35.5	5	5
Florida 1C	mi/mi	42.7	5	6
Floradade	mi/mi	46.8	5	6
Florida 1A	mi/mi	61.9	4	-
Licato	mi/mi	30.6	5	6
Promedio				
Resistentes	Mi/Mi	27.7 <sup>3/</sup> a)	0.0	0.0
Susceptibles	mi/mi	46.7 b)	4.8	5.7
Licato	mi/mi	30.6 a)	5.0	6.0

<sup>1/</sup> Mi/Mi Genotipos resistentes; mi/mi Genotipos susceptibles.

<sup>2/</sup> Valores positivos señalan diferencias significativas entre plantas inoculadas y no inoculadas (95% de confianza).

<sup>3/</sup> Entre valores con igual letra no hay diferencias estadísticas significativas (95% de confianza).

## LOBO A., M. ET AL. Resistencia del tomate "Licato" a nemátodos.

riamente en las mitocondrias en cultivares resistentes luego de ser éstos inoculados (Zacheo *et al.*, 34). Igualmente Arrigoni *et al.*, (1) indicaron que el contenido de ácido ascórbico, en cultivares de tomate resistentes al nemátodo formador de agallas, se incrementa luego del ataque del parásito. Estos autores afirmaron que el ácido ascórbico es empleado principalmente en la síntesis de hidroxiprolina mitocondrial, la cual controla el patrón bioquímico alternativo de respiración cianido-resistente. Por su parte, los materiales susceptibles no presentan este mecanismo respiratorio alternativo.

En el presente estudio los genotipos susceptibles exhibieron una disminución en rendimiento del 46.7% en promedio, con valores entre 35.5 y 61.9%. Si se comparara este valor con el de los cultivares resistentes (27.7%) y 'Licato' (30.6%) y se toman en consideración los índices de nudosidad cero para los resistentes, 4.8 y 5.7 para los susceptibles y 5.0 y 6.0 para 'Licato', se puede concluir que este material es tolerante al nemátodo formador de agallas, y siguiendo el criterio de Rhode (23), quien señaló que si en la relación parasítica el daño es ligero o no ocurre, el material es tolerante. Así, en el presente caso, a pesar de no poderse diferenciar 'Licato' de los materiales susceptibles por los índices de nudosidad (relación parasítica), al valorar el daño por la disminución porcentual en rendimiento, éste resulta inferior al de los cultivares susceptibles y cercano al promedio del de los materiales resistentes.

### Efecto de Diversas Epocas de Inoculación con el Nematodo Formador de Agallas *Meloidogyne incognita* Raza 2 en Diversos Genotipos de Tomate, en Comparación con 'Licato'

En las Tablas 2 y 3 se incluyen los resultados obtenidos para disminución porcentual en rendimiento y los índices de daño temprano respectivamente, con respecto a plantas no inoculadas en cada genotipo. Como puede apreciarse, los cultivares 'Atkinson' (resistente) y 'Licato' y bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el trabajo, exhibieron disminución en rendimiento únicamente al ser inoculados al momento de la siembra, sin presentar reducción porcentual en producción de bayas en los demás períodos de inoculación. En contraste, la variedad susceptible 'Rutgers' registró disminución significativa (95% de confianza) en producción en todas las épocas de inoculación, siendo más marcado ésto al momento de la siembra y 30 días después. 'Atkinson' (resistente) no mostró índice aparente de daño en las raíces en las diversas épocas de inoculación; por el contrario 'Licato' y 'Rutgers' en este contexto presentaron valores entre 4.0 y 5.0 en todos los períodos de inoculación. Los resultados del presente estudio concuerdan con los del primer experimento hecho con 'Licato'; así, a pesar de existir relación parasítica, la disminución en rendimiento es escasa o nula, lo cual configura para

TABLA 2. Disminución porcentual en rendimiento obtenida con diversos genotipos de tomate, como efecto de inoculación con el nemátodo *Meloidogyne incognita* raza 2, en diferentes épocas.

Epoca de inoculación	Disminución en rendimiento <sup>1/</sup> (%)		
	Atkinson <sup>2/</sup>	Rutgers <sup>3/</sup>	Licato
Siembra	19.1 <sup>4/ a)</sup>	50.5 <sup>b)</sup>	17.4 <sup>a)</sup>
30 días	0.0	29.6	0.0
45 días	0.0	13.9	0.0
60 días	0.0	17.1	0.0

<sup>1/</sup> Valores positivos señalan diferencias significativas entre las plantas inoculadas y no inoculadas (95% de confianza).

<sup>2/</sup> Resistente (genotipo Mi/Mi).

<sup>3/</sup> Susceptible (genotipo mi/mi).

<sup>4/</sup> Entre promedios marcados con la misma letra no hay diferencias estadísticas significativas (95% de confianza).

TABLA 3. Índice de nudosidad obtenido con diversos genotipos de tomate, como efecto de inoculación con el nemátodo *Meloidogyne incognita* raza 2, en diferentes épocas.

Epoca de inoculación	Índice de nudosidad <sup>1/</sup>		
	Atkinson <sup>2/</sup>	Rutgers <sup>3/</sup>	Licato
Siembra	0.0	4.6	4.4
30 días	0.0	4.8	4.2
45 días	0.0	5.0	5.0
60 días	0.0	4.4	4.4
Testigo	0.0	0.0	0.0

<sup>1/</sup> 0: Ausencia de masas de huevos

1: 1 a 2 masas de huevos

2: 3 a 10 masas de huevos

3: 11 a 30 masas de huevos

4: 31 a 100 masas de huevos

5: más de 100 masas de huevos

<sup>2/</sup> Resistente (genotipo Mi/Mi).

<sup>3/</sup> Susceptible (genotipo mi/mi).

Rhode (23) la definición de tolerancia.

Igualmente a través de los resultados obtenidos, se puede inferir que la resistencia al nemátodo formador de agallas en las plantas de tomate, y medida ésta no por relación parasítica, sino como disminución porcentual en rendimiento, se incrementa con la edad de las plantas de tomate, en el genotipo susceptible 'Rutgers' y hasta los 30 días en los materiales resistentes. En este sentido, se ha señalado que las plantas adultas poseen una mayor cantidad de tejido diferenciado, que no es penetrado por el nemátodo (Christie, citado por Canto-Saenz, 5), lo cual resulta en menor daño radicular (Jaffe y Mai, 15). Canto-Saenz y Brodie, citados por Canto-Saenz (5), afirmaron que en las plan-

tulas con sistema radicular escaso, el nemátodo se concentra cerca de los terminales de la raíz, pudiendo detenerse el desarrollo de éstos, lo cual da como secuela un sistema radicular de tamaño reducido.

**Efecto de Diferentes Dosis de Inóculo Sobre el Establecimiento y Tasa Reproductiva de *M. incognita* en el Cultivar 'Licato', en Comparación con el Material Susceptible 'Rutgers'**

En las Tablas 4 y 5 se incluye el número de nudos y masas de huevos por planta transformados,  $\sqrt{x + 0.5}$ , y obtenidos a los 45, 55 y 65 días después de inocular con diversas dosis de huevos del nemátodo formador de agallas. El análisis de varianza, para ambas variables, señaló diferencias entre promedios de cultivares y dosis para cada una de las épocas de muestreo, sin encontrarse significación para la interacción genotipo x dosis. En las diversas épocas de muestreo, 'Licato' exhibió un número inferior de nudos y masas de huevos en comparación con 'Rutgers', pudiéndose observar una relación lineal positiva entre dosis de inóculo

TABLA 4. Número de nudos radicales transformados a  $\sqrt{x + 0.5}$  y obtenidos a los 45, 55 y 65 días después de inocular con diversas dosis de huevos del nemátodo *Meloidogyne incognita* raza 2, en raíces de los cultivares de tomate 'Licato' y 'Rutgers'.

Epoca de muestreo y dosis	Número de nudos		
	'Rutgers'	'Licato'	Promedio
45 días			
200	3.99	2.84	3.41 c
1 000	8.54	7.22	7.88 b
2 000	12.39	11.49	11.94 a
Promedio	8.30 A	7.18 B	
55 días			
200	4.27	3.08	3.67 c
1 000	8.89	6.81	7.58 b
2 000	14.01	10.61	12.31 a
Promedio	9.05 A	6.83 B	
65 días			
200	4.57	4.32	4.44 c
1 000	10.26	8.51	9.38 b
2 000	15.45	11.54	13.49 a
Promedio	10.09 A	8.12 B	

Entre promedios marcados con la misma letra minúscula en cada una de las columnas y por época, y entre promedios marcados con la misma letra mayúscula en cada una de las filas, no hay diferencias estadísticas significativas según la prueba de la 'diferencia honesta significativa' de Tukey, con 95% de confianza.

TABLA 5. Número de masas de huevos transformados a  $\sqrt{x + 0.5}$  y obtenidas a los 45, 55 y 65 días después de inocular con distintas dosis de huevos del nemátodo *Meloidogyne incognita* raza 2, en raíces de los cultivares de tomate 'Licato' (resistente) y 'Rutgers' (susceptible).

Epoca de muestreo y dosis	Número de masas de huevos		
	'Rutgers'	'Licato'	Promedio
45 días			
200	2.46	1.27	1.86 c
1 000	3.77	3.31	3.54 b
2 000	6.77	5.66	6.21 a
Promedio	4.33 A	3.41 B	
55 días			
200	3.37	2.49	2.93 c
1 000	6.52	5.00	5.76 b
2 000	9.14	6.85	8.04 a
Promedio	6.36 A	4.81 B	
65 días			
200	4.06	3.69	3.87 c
1 000	9.16	7.61	8.38 b
2 000	13.10	9.58	11.34 a
Promedio	8.77 A	6.96 B	

Entre promedios marcados con la misma letra minúscula en cada una de las columnas y por época, y entre promedios con la misma letra mayúscula en cada fila no hay diferencias estadísticas significativas, según la prueba de la 'diferencia honesta significativa' de Tukey, con 95% de confianza.

y número de nudos y masas de huevos por planta. Los resultados derivados del presente trabajo, a diferencia de los obtenidos en los dos experimentos previos, permiten inferir que 'Licato', en lugar de tolerancia, posee una resistencia intermedia, llamada por algunos resistencia horizontal (Nelson, 19), la cual causa dificultad para el establecimiento del parásito, medido el efecto por el número de nudos radicales, y una reducida tasa reproductiva del nemátodo, valorada por el menor número de masas de huevos en comparación con el genotipo susceptible 'Rutgers', factores que han sido señalados por Parlevliet (22) como componentes de la resistencia los cuales retardan o disminuyen la epidemia. La metodología de los dos primeros trabajos no permitió discernir claramente el tipo de resistencia ya que el llamado índice temprano, luego de 100 masas de huevos por raíz, no establece diferencias y el llamado índice tardío se basa en apreciación visual de porcentaje de raíces con nudos.

En este sentido, Shaffer (25) señaló que la distinción entre tolerancia y resistencia depende de la precisión de la medida del desarrollo de la epidemia; por su parte Hussey y Krusberg (14) confirman que la re-

sistencia al nemátodo es debida a que el huésped no provee condiciones adecuadas para el desarrollo del parásito, lo cual se refleja en un menor número de nudos radiculares.

Los resultados de este experimento, unidos a la baja disminución porcentual en rendimiento, en comparación con cultivares susceptibles, apoyan la afirmación de que 'Licato' posee resistencia parcial u horizontal al nemátodo formador de agallas; además, dada la diferencia con el material susceptible 'Rutgers', en cuanto a número de nudos radiculares y masas de huevos, se infiere que estas variables podrían emplearse para estudiar el mecanismo genético que gobierna la resistencia; al respecto, Scott y Rosenkrans (24) anotan que para detectar el efecto de genes responsables de la resistencia a patógenos, se requiere construir intervalos de severidad que cumplan los siguientes requisitos: a) Cada cambio en el grado de severidad debe corresponder a un cambio en el número de alelos para resistencia; b) Debe haber un número de clases suficiente para el número de genes que condicionan la resistencia, y c) Solamente un genotipo debe ser calificado con el grado que corresponde a ausencia de síntomas.

### CONCLUSIONES

- Tomando como indicador del ataque del nemátodo formador de agallas *Meloidogyne incognita* raza 2 e índices de nudosidad en las escalas propuestas por Taylor y Sasser (28) y Bridge y Page (4), y bajo el conjunto de condiciones en las cuales se realizó el presente trabajo, no se detectaron diferencias entre cultivares de tomate susceptibles al parásito y el material 'Licato'. Por el contrario, los genotipos resistentes incluidos no exhibieron síntomas por el efecto de la inoculación con el nemátodo.
- A pesar del resultado anterior, 'Licato' presentó poca disminución porcentual en rendimiento al comparar la producción obtenida entre plantas sin inoculación e inoculadas, siendo la pérdida sensiblemente inferior a la de los cultivares susceptibles y cercana a la de variedades resistentes.
- Lo incluido en los acápites anteriores, y con la metodología empleada para medir sintomatología y daños, llevó a postular que el cultivar 'Licato' exhibía tolerancia al nemátodo formador de agallas.
- Los cultivares resistentes al nemátodo formador de agallas, gene *Mi*, incluidos en el primer experimento, a pesar de no mostrar síntomas visibles presentaron disminución porcentual en rendimiento, siendo variables las pérdidas entre los diversos genotipos, lo cual puede indicar efecto de diversos complementos genéticos, o alteraciones fisiológicas en diverso grado, como consecuencia de interac-

ción genotipo x ambiente, o por raza del nemátodo.

- A partir de los datos del segundo ensayo, en el cual se valoró el efecto de la época de inoculación, se pudo inferir que se presentan disminuciones porcentuales en rendimiento tanto en 'Licato' como en el cultivar resistente 'Atkinson' (gene *Mi*), solamente al inocular al momento de la siembra, sin presentarse pérdidas en inoculaciones realizadas luego de 30 días de sembrado el material. En genotipos susceptibles se encontró que el daño medido como pérdida porcentual en rendimiento; fue menor a medida que se realizó la inoculación en plantas de mayor edad.
- El conteo del número de masas radiculares, el cual señala el establecimiento del nemátodo en las plantas, y del número de masas de huevos, índice de la rata reproductiva del parásito, y luego de inoculación con dosis predeterminadas del nemátodo *M. incognita* raza 2, permitió diferenciar claramente a 'Licato' del cultivar susceptible 'Rutgers'.
- Lo anterior permite inferir que la variedad 'Licato' posee una resistencia de tipo parcial, llamada también horizontal, al nemátodo formador de agallas, lo cual dificulta el establecimiento del parásito y reduce su tasa reproductiva.
- Se consideran como variables adecuadas para estudio de herencia de la resistencia, el número de nudos radiculares y el número de masas de huevos producidas como consecuencia de la inoculación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Arrigoni, O. G.; Zacheo, R.; Arrigoni-Lino, T.; Zacheo, B.; Lamberti, F. 1979. Relationships between ascorbic acid and resistance in tomato plants to *Meloidogyne incognita*. *Phytopathology (USA)*, 69:579-581.
2. Barham, W. W.; Winstead, N. N. 1957. Inheritance of resistance to root-knot nematode in tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. (USA)* 69:372-377.
3. Barrons, K. C. 1939. Studies on the nature of root-knot resistance. *J. Agr. Res. (USA)*, 58:263-271.
4. Bridge, Jand; Page, S. L. 1980. Stimatives of root-knot nematode infestation on roots using a rating chart. *Tropical Pest management. (Italy)*, 26:296-298.
5. Canto-Saenz, M. 1985. The nature of resistance *Meloidogyne incognita* (Kafaid and White 1919) Chitwood, 1949. In: *An advance treatise on Meloidogyne*. Vol. 1 (N. S. Sasser, and C. C. Carter edits). North Carolina State University Graphics. p. 225-231.
6. Chew, V. 1977. Comparisons among treatment means in an analysis of variance. *Agricultural Research Service, USDA*. 64 p.

7. De Targa, M. 1979. Resistance under high temperature to root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. in tomato *Lycopersicon* spp., Gainesville, Florida, University of Florida. (Ph.D. Dissertation).
8. Drolsom, P. N.; Moore, E. L.; Graham, T. W. 1958. Inheritance of resistance to root-knot nematodes in tobacco. *Phytopatology* (USA), 48:686-689.
9. Dropkin, V. H. 1969. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: Reversal by temperature. *Phytopatology* (USA), 59:1632-1637.
10. Dropkin, V. H.; Helgenson, J. P.; Upper, C. D. 1969. The hypersensitivity reaction of tomatoes resistant to *Meloidogyne incognita*: Reversal by cytokinins. *J. Nematology* (USA), 1:55-66.
11. Dropkin, V. H.; Webb, R. E. 1967. Resistance of axenic tomato seedlings to *Meloidogyne incognita* and to *M. hapla*. *Phytopatology* (USA), 57:584-587.
12. Gilbert, J. W.; McGuire, D. C. 1956. Root-knot resistance in commercial type tomatoes in Hawaii. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* (USA), 68:437-442.
13. Hussey, R. S.; Boerma, H. R. 1981. A greenhouse screening procedure for root-knot nematode resistance in soybeans. *Crop. Science* (USA), 21:794-796.
14. Hussey, R. S.; Krusberg, L. R. 1972. Histopathology of resistance reaction in Alaska pea seedling to two populations of *Ditylenchus dipsaci*. *Phytopatology* (USA), 58:1305-1310.
15. Jaffo, B. A.; Mai, W. F. 1979. Growth reduction of apple seedling by *Pratylenchus penetrans* as influenced by seedling age at inoculation. *J. Nematol.* 11:161-165.
16. Lobo, M.; Jaramillo, J. 1983. 'Licato' the first Colombian tomato variety. *Report Tomato Genetics Cooperative* (USA), 35:35.
17. Loveys, B. R.; Bird, A. F. 1973. The influence of nematodes on photosynthesis in tomato plants. *Physiol. Plant Pathol.* 3:525-529.
18. McGuire, D. C.; Allard, R. W. 1958. Testing nematode resistance in the field. *Plant Disease Reporter* (USA), 42:1169-1171.
19. Nelson, R. R. 1978. Genetics of horizontal resistance to plant diseases. *Ann. Rev. Phytopatology* (USA), 16:359-378.
20. Nwazor, E. C. 1979. Life cycle of the root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* (Tremb. 1985) Chitwood 1949 in tomato *Lycopersicon esculentum* L. cv. Ifel and response of some tomato cultivars to population density of *M. javanica* Dept. of Agric. Biol., Univ. Ibadan (M. Sc. Thesis).
21. Ogunfowora, A. O. 1978. Further studies on control of root-knot nematodes. In: *Proc. Second IMP Res. Plann-Conf. on Root-knot nematodes, Meloidogyne* spp., Reg. IV, Feb. 20-24, 1978, Abidjan, Ivory Coast. *Inst. Trop. Agric.* Ibadan, Nigeria. 93 p.
22. Parlevliet, J. E. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Ann. Rev. Phytopatology* (USA), 17:203-223.
23. Rhode, R. A. 1965. The nature of resistance in plant to nematode. *Phytopatology* (USA), 55:1159-1172.
24. Scott, C. E.; Rosenkranz, E. 1982. A new method to determine the number of genes for resistance to maize dwarf mosaic in maize. *Crop Science.* 24:756-760.
25. Shafer, J. F. 1971. Tolerance to plant disease. *Ann. Rev. Phytopatology* (USA), 9:235-252.
26. Smith, P. G. 1944. Embryoculture of a tomato species. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* (USA), 44:413-416.
27. Snedecor, G. W.; Cochran, W. G. 1980. *Métodos Estadísticos.* 7a. ed. Compañía Editora Continental S.A. México.
28. Taylor, A. L.; Sasser, J. H. 1978. Biology identification and control of root-knot nematodes. *International Meloidogyne Project* (IMP). N.C.S.U. Graphics. 111 p.
29. Thomson, I. J.; Smith, P. G. 1957. Resistance in tomato to *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne incognita* acrita. *Plant Disease Reporter* (USA), 41:180-181.
30. Van Der Beek, J. G.; Boukema, I. W. 1985. Resistance to root-knot nematodes in tomato C. Nemared: contradicting observations due to differences between seed lots. *Report Tomato Genetics Cooperative* (USA), 35:21
31. Wallace, H. R. 1969. The influence of nematode number and of soil particle size nutrients and temperature on the reproduction of *Meloidogyne incognita*. *Nematológica.* 15:55-64.
32. Wallace, H. R. 1974. The influence of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, on photosynthesis and nutritional demand by roots of tomato plants. *Nematológica.* 20:27-33.
33. Wilson, W. R. 1960. Root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. in northern Nigeria. In: *Proc. First InterAfrican Nematol. Confer.*, Kikuyu, p. 17-17.
34. Zacheo, G.; Lamberti, F.; Arrigoni-Liso, R.; Arrigoni, O. 1977. Mitochondrial protein-hydroxyproline content of susceptible and resistant tomatoes infected by *Meloidogyne incognita*. *Nematológica.* 23:471-476.
35. Zannou, T. A.; Dodago, E. H. 1981. *Meloidogyne* research programme in Benin Republic. In: *Proc. Third IMP Res. Plann. Conf. on Root-knot Nematodes, Meloidogyne* spp., Regions IV and V, Nov. 16-20. *Int. Trop. Agric.*, Ibadan, Nigeria. p. 70-71.