

RESPUESTA DE DOS CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)
A DENSIDADES CRECIENTES DE INOCULO DE *Meloidogyne incognita*
(Kofoid y White) Chitwood¹ *.

Juan A. Castro Z. y Róger López Ch. **

ABSTRACT

Response of two lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars to increasing inoculum densities of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. The effects of six (0, 40, 80, 120, 160 and 200 eggs/100 cc of soil) inoculum densities of *Meloidogyne incognita* on certain agronomic characters of lettuce, cv. White Boston and Great Lakes, and on the severity of its attack, were evaluated under both greenhouse and microplot conditions, in the field. With the 'White Boston' cultivar, the 80 eggs/100 cc density yielded head weights and stem diameters significantly higher than those of the 200 eggs/100 cc density in the microplots. The root-knot index caused by *M. incognita* increased almost directly with inoculum density under both greenhouse and microplot conditions. In the greenhouse, the 40 eggs/100 cc density significantly reduced head weight as compared to the control, whereas root weight was increased significantly by the 200 eggs/100 cc density as compared to the other densities, except the control. With the 'Great Lakes' cultivar, root-knot and reproduction indices were significantly higher in the 160 eggs/100 cc and 160 and 200 eggs/100 cc densities, respectively than in the uninoculated controls under microplot conditions. In the greenhouse the 40 eggs/100 cc density significantly reduced head weight as compared to the control, whereas all densities significantly decreased and increased, respectively, root weight and root-knot index as compared to the control. The *M. incognita* reproduction index was also significantly higher in all inoculated plants than in the controls.

INTRODUCCION

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en la dieta del costarricense y también representa una fuente considerable de ingresos para muchos agricultores. Este cultivo se ve afectado por diversos patógenos, en-

tre éstos, los nematodos fitoparásitos pertenecientes al género *Meloidogyne* Goeldi. En Costa Rica, se ha encontrado que las especies *M. hapla* Chitwood y *M. incognita* (Kofoid y White) Chitwood, parasitan la lechuga y pueden causar un severo daño a este cultivo (3, 5).

Por otra parte, se sabe que uno de los factores importantes que determinan la cuantía del daño que puede causar una especie de nematodo fitoparásito a una planta susceptible, es la densidad inicial de inóculo, debido, principalmente, a la poca movilidad y baja tasa de reproducción de los nematodos (1). Uno de los aspectos más importantes de la Fitonematología consiste en determinar la densidad económicamente crítica, entendiéndose

¹ Recibido para su publicación el 23 de febrero de 1981.

* Parte de una tesis de grado presentada por el primer autor ante la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica.

** Laboratorio de Nematología, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

ésta como aquella densidad inicial de una especie de nematodo que causa un daño cuyo valor es equivalente al costo de las medidas de combate que sería necesario aplicar (1, 8).

Dada la carencia de información local sobre estos aspectos, se realizaron dos experimentos en que se evaluó la influencia de seis densidades iniciales de inóculo de *M. incognita* sobre el rendimiento y otras características de dos cultivares de lechuga, así como sobre la severidad de su ataque.

MATERIALES Y METODOS

Se hicieron dos experimentos, uno bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, y el otro en el campo, en San Jerónimo de Moravia; en este último caso se utilizó la técnica de microparcels. Para realizar esta investigación se colectó una población de *M. incognita* procedente de Tejar del Guarco de Cartago, en raíces de lechuga. Esta población se mantuvo e incrementó mediante transferencias periódicas en plantas de tomate, cv. Rutgers y Roma.

En ambos experimentos se evaluó el efecto de seis densidades iniciales de inóculo de *M. incognita* (0, 40, 80, 120, 160 y 200 huevos/100 ml de suelo) sobre el rendimiento y otras variables de los cultivares de lechuga 'White Boston' y 'Great Lakes'.

Se tomaron lecturas de la temperatura del suelo durante el transcurso de ambos experimentos; en el caso del experimento de microparcels, la temperatura promedio fue de 22,6 y 22,8 C, para la evaluación del 'White Boston' y 'Great Lakes', respectivamente mientras que bajo condiciones de invernadero la temperatura promedio en el caso del cultivar 'White Boston' fue 27 C y para 'Great Lakes' fue 28,3 C.

En ambas pruebas se utilizó un suelo andept presente en el área de San Jerónimo de Moravia, previo tratamiento del mismo con vapor de agua a 105 C. Algunas características físicas y químicas de este suelo se presentan en el Cuadro 1. En esta zona la altitud es de 1396 msnm y la precipitación promedio anual es de 3756 mm.

Cuadro 1. Algunas características físicas y químicas de un suelo Andept utilizado en la evaluación de densidades crecientes de inóculo de *Meloidogyne incognita*, en lechuga, cv. White Boston y Great Lakes.

Análisis Químico	
Elemento	Cantidad
P	16 ppm
K	0,56 meq/100 g
Ca	1,7 meq/100 g
Mg	0,8 meq/100 g
Al	0,09 meq/100 g
H ₂ O	6,00
pH	
KCl	5,20
Análisis Físico	
Partícula	Porcentaje
Arena	26,10%
Arcilla	37,98%
Limo	36,00%
Nombre textural	Franco arcilloso
Materia Orgánica	4,56%

Las plántulas utilizadas en ambas pruebas provinieron de un almacigal cuyo suelo había sido tratado con bromuro de metilo (68 g/m²) una semana antes de la siembra, y posteriormente fertilizado con N, P₂O₅ y K₂O en dosis de 50, 150 y 50 kg/ha, respectivamente. Las plántulas estuvieron listas para el trasplante 40 días después de la siembra.

Experimento de campo

Para este experimento se utilizó la técnica de microparcels; éstas tenían un tamaño de 40x40 cm de lado y 25 cm de profundidad. Las paredes fueron cubiertas con láminas de tablacel que tenían 40 cm de largo y 35 cm de ancho, las que fueron colocadas de tal manera que sobresalían 10 cm sobre la superficie del suelo, con el fin de reducir las posibilidades de contaminación; las esquinas fueron selladas con cinta adhesiva, también con el propósito de reducir la contaminación (Fig. 1).

La separación entre microparcels fue de 40-50 cm; el suelo localizado alrededor de las mismas fue tratado con etoprop (Mocap 5% G, 7 kg ia/ha)



Fig. 1. Aspecto de algunas microparcels utilizadas en la evaluación del efecto de densidades crecientes de *Meloidogyne incognita* en lechuga.

y luego cubierto con grana de arroz para evitar o reducir la contaminación por salpique.

Al fondo de cada microparcels se aplicó una capa de grana de arroz de 5 cm de grosor, con el propósito de facilitar el drenaje del agua, sobre esta capa se colocó otra de suelo de 10 cm de espesor, el que había sido previamente pasteurizado con vapor de agua a 105 C; sobre esta capa se distribuyó el inóculo de *M. incognita* y posteriormente se colocó otra capa de suelo de 10 cm; el volumen total del suelo pasteurizado que contenía cada microparcels fue de 32 l. Finalmente, se procedió a trasplantar tres plántulas de lechuga del cultivar correspondiente en cada microparcels, con una distancia de 25 cm entre sí, en distribución triangular.

Cinco días después del trasplante se fertilizó con 150, 300 y 150 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; un mes después se aplicó abono fo-

liar de la fórmula 20-20-20, a razón de 3 kg/200 l de agua.

El inóculo consistió de huevos, los que fueron colectados mediante el método descrito por Hussey y Barker (4) con una solución de hipoclorito de sodio al 1%.

Experimento de invernadero

Para este ensayo se trataron 60 macetas de barro cocido con hipoclorito de sodio al 5%; luego se les añadió 700 ml de suelo previamente pasteurizado a 105 C, se colocó el inóculo de *M. incognita* y se adicionaron 800 ml del mismo suelo en cada maceta; posteriormente se trasplantó una plántula del cultivar correspondiente.

Al momento del trasplante se fertilizó con 3 g/maceta de la fórmula 10-30-10 y luego cada 15 días se agregaron 200 ml de una solución al 1% de la fórmula 20-20-20. Las plantas fueron irrigadas cada vez que se juzgó conveniente, generalmente cada dos días.

Variables evaluadas

Al final del ciclo de crecimiento, o sea seis semanas en el caso del cultivar 'White Boston' y ocho semanas en el del 'Great Lakes', se determinó el peso de las cabezas, el de los sistemas radicales y el diámetro de los tallos; en el caso del experimento de campo también se clasificaron las cabezas en primera y segunda calidades, considerando como primera aquellas cabezas que presentaban buena constitución o arpeollamiento, sin daños físicos que afectaran su aceptación en el mercado; la segunda incluía todo el resto de las lechugas, sin excepción.

También se hizo una evaluación del índice de nódulos radicales causados por *M. incognita*, utilizando una escala donde 0 = 0; 1 = 1-25%; 2 = 26-50%; 3 = 51-75% y 4 = 76-100% del sistema radical con nódulos. Además, se determinó la tasa de reproducción de *M. incognita*, para lo que se extrajeron los huevos de los sistemas radicales de cada tratamiento mediante la técnica de Hussey y Barker (4) con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. La tasa de reproducción se obtuvo al dividir el número de huevos recuperados entre el número de huevos inoculados.

En el caso del cultivar *Great Lakes* se determinó, tanto en la prueba de campo como en la de invernadero, el índice de reproducción de *M. incognita*, mediante tinción de los sistemas radicales con una solución al 0,015% de Floxina B y el posterior recuento del número de masas de huevos. Para la determinación del índice de reproducción se utilizó la siguiente escala, de acuerdo con el número de masas de huevos: 0 = 0 masas; 1 = 1-2; 2 = 3-10; 3 = 11-30; 4 = 31-100 y 5 = más de 100 masas de huevos por sistema radical.

Diseño experimental y análisis estadístico

Tanto para el experimento de campo como para el del invernadero se utilizó un diseño irrestrictamente al azar en el que cada tratamiento fue repetido cinco veces. Los valores de cada variable evaluada fueron analizados estadísticamente, y los valores promedio fueron comparados entre sí mediante la prueba de amplitud múltiple de Duncan.

RESULTADOS

Prueba de microparcels

Cultivar White Boston

En el Cuadro 2 se presentan los valores obtenidos para las diferentes variables evaluadas. En

el peso de las cabezas se encontró que con la densidad de 200 huevos/100 ml de suelo se obtuvo un peso significativamente menor que el obtenido con la densidad de 80 huevos/100 ml. No hubo diferencias significativas entre tratamientos en el peso de las raíces, en los porcentajes de lechuga de primera y de segunda o en la tasa de reproducción de *M. incognita*. En cuanto al diámetro del tallo, las densidades de 40 y 200 produjeron valores significativamente menores que el obtenido con 80 huevos/100 ml. En referencia al índice de nódulos radicales, se encontró que las densidades de 80 hasta 200 huevos/100 ml produjeron valores significativamente mayores que el testigo sin inocular; este último tratamiento tuvo un valor de 0, pero aún así fue estadísticamente igual al valor de 0,44 obtenido con una densidad de inóculo de 40 huevos/100 ml. En el caso de esta variable se presentó un efecto cuarto significativo, definido por la ecuación $\bar{Y} = 7,55 + 0,54 X_1 + 0,015 X_2 - 0,046 X_3 - 0,14 X_4$, y que a *grosso modo* podría interpretarse como una tendencia del índice de nódulos radicales a aumentar conforme aumentó la densidad del inóculo.

Cultivar Great Lakes

En el Cuadro 3 se presentan los valores promedio de las variables en este cultivar. No hubo diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al peso de las cabezas, peso de las raíces, diáme-

Cuadro 2. Influencia de la densidad de inóculo de *Meloidogyne incognita* sobre la severidad de su ataque, su reproducción y varias características agronómicas de lechuga, cv. *White Boston*, en microparcels.

Densidad de inóculo (huevo/100 ml de suelo)	Peso cabeza/planta (g)	Peso radical (g)	Diámetro tallo (cm)	Calidad ²		Índice de nódulos radicales ³	Tasa de reproducción
				Primera %	Segunda %		
0	203,9 ^{ab}	12,3 ^{a1}	1,57 ^{ab}	66,3 ^a	33,7 ^a	0,00 ^a	0,0000 ^a
40	174,9 ^{ab}	12,7 ^a	1,49 ^a	29,2 ^a	70,8 ^a	0,44 ^{ab}	0,0019 ^a
80	244,4 ^b	14,4 ^a	1,68 ^b	73,7 ^a	26,3 ^a	0,66 ^b	0,0013 ^a
120	204,7 ^{ab}	12,6 ^a	1,52 ^{ab}	28,1 ^a	71,9 ^a	1,53 ^c	0,0000 ^a
160	202,9 ^{ab}	12,8 ^a	1,58 ^{ab}	73,8 ^a	26,2 ^a	2,93 ^d	0,0043 ^a
200	155,0 ^a	12,7 ^a	1,43 ^a	31,0 ^a	69,0 ^a	2,96 ^d	0,0026 ^a

1 Promedio de cinco repeticiones. Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, son estadísticamente iguales (Duncan, P = 0,05).

2 Se define 'primera' como aquellas cabezas que presentan buena constitución o arrepollamiento, sin daños físicos que afectan su aceptación en el mercado. La 'segunda' incluye todo el resto de lechugas, sin excepción.

3 El índice de nódulos radicales presentó un efecto cuarto descrito por la ecuación $\bar{Y} = 7,55 + 0,54 X_1 + 0,015 X_2 - 0,046 X_3 - 0,14 X_4$. Índice basado en una escala donde, 0 = 0%; 1 = 1-25%; 2 = 26-50%; 3 = 51-75%; y 4 = 76-100% de raíces con nódulos.

Cuadro 3. Efecto de seis densidades de inóculo de *Meloidogyne incognita* sobre algunas variables agrónomicas de lechuga, cv. Great Lakes, la severidad de su propio ataque y su reproducción en microparcelas.

Densidad de inóculo (huevos/100 ml de suelo)	Peso/planta (g)		Diámetro del tallo (cm)	Calidad ²		Indices		
	folllaje	raíz		Primera (%)	Segunda (%)	Nódulos radicales ³	Reproducción ⁴	Tasa de reproducción ⁵
0	686 ^{a1}	18 ^a	2,3 ^a	58 ^a	42 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	0,0000 ^a
40	724 ^a	17 ^a	2,1 ^a	56 ^a	44 ^a	0,23 ^{ab}	0,00 ^a	0,0003 ^a
80	797 ^a	18 ^a	2,0 ^a	58 ^a	42 ^a	0,49 ^{ab}	0,00 ^a	0,0012 ^a
120	772 ^a	16 ^a	2,0 ^a	57 ^a	43 ^a	0,44 ^{ab}	0,36 ^{ab}	0,0026 ^a
160	740 ^a	16 ^a	2,0 ^a	47 ^a	53 ^a	0,61 ^b	0,99 ^c	0,0036 ^a
200	690 ^a	18 ^a	2,1 ^a	42 ^a	58 ^a	0,34 ^{ab}	0,56 ^{bc}	0,0025 ^a

- 1 Promedio de cinco repeticiones. Promedios en una misma columna, seguidos por una misma letra, no difieren significativamente entre sí (Duncan, P = 0,05).
- 2 Se consideró como primera aquellas cabezas que presentaron buena constitución o arpeollamiento, sin daño físico que afectaran su aceptación en el mercado. La segunda incluyó todo el resto de las lechugas, sin excepción. Con respecto a la primera, se presentó un efecto lineal negativo, definido por la ecuación $\hat{Y} = 318,5 - 13,5 X_1$.
- 3 Basado en una escala donde 0 = 0%; 1 = 1-25%; 2 = 26-50%; 3 = 51-75% y 4 = 76-100% de raíces con nódulos.
- 4 Basado en una escala donde 0 = 0 masas; 1 = 1-2; 2 = 3-10; 3 = 11-30; 4 = 31-100 y 5 = más de 100 masas de huevos. Se presentó un efecto cuarto descrito por la ecuación $\hat{Y} = 5,69 + 0,19 X_1 + 0,01 X_2 - 0,06 X_3 - 0,12 X_4$.
- 5 En este caso hubo un efecto lineal positivo, descrito por la ecuación $\hat{Y} = 5 + 0,0008 X_1$.

tro del tallo, porcentaje de cabezas de primera y segunda calidades, y tasa de reproducción de *M. incognita*. En el caso de la calidad de primera, sin embargo, se presentó un efecto lineal negativo descrito por la ecuación $\hat{Y} = 318,5 - 13,5 X_1$. En lo concerniente al índice de nódulos radicales, sólo la densidad de 160 huevos/100 ml tuvo un valor significativamente mayor que el del testigo sin inocular, mientras que en cuanto al índice de reproducción sólo las densidades de 160 y 200 huevos/100 ml tuvieron valores significativamente mayores que el testigo. En este caso hubo un efecto cuarto de la densidad de inóculo sobre el índice de reproducción, de acuerdo con la ecuación $\hat{Y} = 5,69 + 0,19 X_1 + 0,01 X_2 + 0,06 X_3 - 0,12 X_4$, que podría interpretarse como una tendencia a aumentar los valores del índice de reproducción conforme aumentó la densidad inicial de inóculo. Se encontró un efecto lineal positivo de la densidad de inóculo sobre la tasa de reproducción de *M. incognita*, descrito por la ecuación $Y = 5 + 0,0008 X_1$.

Prueba de invernadero

Cultivar White Boston

En el Cuadro 4 se presentan los valores promedio obtenidos para las diversas variables en este cultivar. En el peso de las cabezas se encontró que, en comparación con el testigo, la densidad de 40

huevos/100 ml lo redujo significativamente. En esta variable hubo un efecto cúbico de la densidad sobre el peso de las cabezas, de acuerdo con la ecuación $\hat{Y} = 805 - 1,5 X_2 + 11,11 X_2 - 11,10 X_3$. En el peso de la raíz hubo un efecto cuadrático definido por la ecuación $\hat{Y} = 106 + 1,91 X_1 + 3,15 X_2$. Al comparar los diversos tratamientos entre sí se encontró que la densidad de 200 huevos/100 ml lo incrementó significativamente con relación a los demás tratamientos, excepto el testigo. En cuanto al diámetro del tallo, no se encontró diferencia significativa alguna entre tratamientos. Todas las densidades evaluadas tuvieron valores del índice de nódulos radicales significativamente mayores que el del testigo sin inocular. Hubo en este caso un efecto lineal positivo de la densidad sobre el valor del índice de nódulos radicales, de acuerdo con la ecuación $\hat{Y} = 8,67 + 0,61 X_1$. También hubo un efecto lineal positivo de la densidad sobre la tasa de reproducción de *M. incognita*, definido por la ecuación $\hat{Y} = 5,7 + 0,17 X_1$. En este caso, los valores de la tasa fueron significativamente mayores con las densidades de 160 y 200 huevos/100 ml que con los demás tratamientos.

Cultivar Great Lakes

Los valores promedio de las variables en este cultivar se presentan también en el Cuadro 4. No hubo diferencias significativas entre tratamientos

Cuadro 4. Efecto de la densidad inicial del inóculo de *Meloidogyne incognita* sobre la severidad de su ataque, su reproducción y ciertas características agronómicas de dos cultivares de lechuga bajo condiciones de invernadero.

Densidad de inóculo (huevos/100 ml de suelo)	Peso/planta (g)		Diámetro del tallo (cm)	Índices		
	cabeza	raíz ²		nódulos radicales ³	reproducción ⁴	Tasa de reproducción ⁵
'White Boston'						
0	188 ^{a1}	21,8 ^{ab}	1,6 ^a	0,00 ^a	---	0,000 ^a
40	132 ^b	19,4 ^a	1,6 ^a	0,98 ^b	---	0,065 ^a
80	151 ^{ab}	21,1 ^a	1,4 ^a	1,75 ^c	---	0,168 ^a
120	168 ^{ab}	17,1 ^a	1,4 ^a	2,76 ^d	---	0,168 ^a
160	161 ^{ab}	20,5 ^a	1,6 ^a	3,80 ^e	---	0,706 ^b
200	163 ^{ab}	27,3 ^b	1,4 ^a	3,80 ^e	---	0,716 ^b
'Great Lakes'						
0	266 ^a	29,5 ^a	1,5 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
40	171 ^b	12,7 ^b	1,4 ^a	0,99 ^b	1,31 ^b	0,62 ^a
80	188 ^{ab}	19,7 ^{cd}	1,6 ^a	0,99 ^b	1,37 ^b	0,65 ^a
120	210 ^{ab}	22,8 ^e	1,7 ^a	0,99 ^b	1,56 ^b	0,65 ^a
160	213 ^{ab}	17,9 ^d	1,5 ^a	1,18 ^b	2,60 ^{bc}	0,77 ^a
200	241 ^{ab}	21,7 ^{d e}	1,7 ^a	0,99 ^b	3,20 ^c	0,87 ^a

- 1 Promedio de cinco repeticiones. Promedios en una misma columna, para cada cultivar, seguidos por una misma letra, no difieren significativamente entre sí (Duncan, $P_c=0,05$). En el cultivar 'White Boston' hubo un efecto cúbico en el peso de las cabezas, descrito por la ecuación $\hat{Y} = 80E - 1,5 X_1 + 11,11 X_2 - 11,10 X_3$.
- 2 En peso de la raíz en el cultivar 'White Boston' hubo un efecto cuadrático, según la ecuación $\hat{Y} = 106 + 1,9 X_1 + 3,15 X_2$.
- 3 Índice basado en una escala donde 0 = 0%; 1 = 1-25%; 2 = 26-50%; 3 = 51-75% y 4 = 76-100% de raíces con nódulos. En el cultivar 'White Boston' hubo un efecto lineal positivo según la ecuación $\hat{Y} = 8,67 + 0,61 X_1$.
- 4 Índice basado en una escala donde 0 = 0 masas; 1 = 1-2; 2 = 3-10; 3 = 11-30; 4 = 31-100 y 5 = más de 100 masas de huevos/sistema radical.
- 5 En el cultivar 'White Boston' hubo un efecto lineal positivo, de acuerdo con la ecuación $\hat{Y} = 5,7 + 0,17 X_1$.

en el diámetro del tallo y la tasa de reproducción de *M. incognita*. En el peso de las cabezas se encontró que la densidad de 40 huevos/100 ml lo redujo significativamente en comparación con el testigo; en el peso de la raíz todos los tratamientos redujeron significativamente este peso en comparación con el de las plantas testigo, y hubo algunas diferencias significativas entre ellos. En cuanto al valor del índice de nódulos radicales, se encontró que todas las densidades inoculadas produjeron valores significativamente mayores que el testigo sin inocular. Algo similar a lo anteriormente descrito se encontró con respecto al índice de reproducción.

DISCUSION

Al analizar por separado los resultados obtenidos con cada cultivar, se podría decir que el

'White Boston' se vio afectado en cierto grado por *M. incognita*, aunque este efecto fue irregular en la mayoría de las variables evaluadas. Así, por ejemplo, en lo concerniente al peso de las cabezas se encontró que bajo condiciones de invernadero todas las densidades de inóculo lo redujeron con respecto al testigo sin inocular; esta situación no se presentó en el caso del experimento en microparcelas. Aparentemente, y dado que la temperatura fue mayor en el invernadero, este fue un resultado lógico, puesto que la actividad de *M. incognita* se ve favorecida por temperaturas relativamente altas (7, 13), mientras que el desarrollo de las cabezas de las lechugas se vio afectado. La tendencia de los resultados en ambas pruebas fue obtener una reducción con respecto al testigo al inocular una densidad de 40 huevos/100 ml de suelo, para luego obtener un incremento en el peso de las cabezas con las siguientes densidades; este comportamiento

no concuerda con lo encontrado por algunos autores (10, 11), aunque sí se toma en cuenta que se trabajó con densidades de inóculo relativamente bajas y con intervalos pequeños entre sí, podría esperarse que la respuesta o comportamiento de la lechuga no fuera muy definida, ya que varios investigadores han encontrado lo mismo al trabajar con densidades crecientes de inóculo (2, 6, 12, 14). En este mismo sentido, los resultados obtenidos en microparcels con densidades de 80 y 200 huevos/100 ml de suelo en cuanto a que la primera incrementó y la segunda redujo ostensiblemente el peso de las cabezas concuerda, en cierto modo, con lo informado por varios autores (9, 12, 14), quienes han obtenido efectos estimulantes al inocular densidades bajas de nematodos, los que se pierden al incrementarse la densidad inicial. Wallace (14) ha indicado al respecto que la respuesta de la planta a los nematodos se rige por un equilibrio entre procesos de estimulación e inhibición del crecimiento, ejercidos por parte del nematodo sobre la planta.

Los pesos radicales de las plantas en invernadero fueron mayores que los de las que crecieron en microparcels, lo que podría atribuirse a la mayor temperatura imperante durante la prueba de invernadero, que pudo afectar directamente al desarrollo de las raíces; también es posible que la escasa capacidad de almacenamiento de agua que exhibieron las macetas utilizadas, así como la mayor fluctuación en la cantidad de agua disponible, hayan estimulado a las plantas en invernadero a producir mayor cantidad de raíces, lo que consecuentemente se tradujo en un mayor peso radical.

Por otra parte, y al compararlos con los obtenidos por González y López (3), los resultados obtenidos en esta investigación en cuanto al diámetro del tallo parecen sugerir que se requieren mayores densidades de inóculo para obtener un marcado efecto nocivo en las plantas de lechuga del cultivar 'White Boston', no sólo sobre esta variable sino sobre otras.

En relación al índice de nódulos radicales y a la tasa de reproducción de *M. incognita*, se encontró, en ambos casos, una tendencia a aumentar conforme aumento la densidad inicial del inóculo, así como a tener valores mayores en la prueba de invernadero que en la realizada en microparcels. Ambos resultados parecen lógicos si se considera que, por ejemplo y en lo referente al índice de nódulos radicales, al inocular una mayor densidad de

unidades potencialmente infectivas, se incrementa el número de individuos que penetran en las raíces y que causan la formación de nódulos, lo que obviamente se refleja en un valor mayor de este índice; por otra parte, ya que la temperatura fue mayor en el invernadero que en el campo, y como ha sido mencionado previamente, esto posiblemente favoreció el desarrollo y ataque de *M. incognita*, lo que aumentó el valor del índice de nódulos radicales y su tasa de reproducción. También parece importante señalar que los valores de la tasa de reproducción fueron, en todos los casos, relativamente bajos, lo que concuerda con informes previos (3), e induce a concluir que, debido posiblemente al pequeño volumen del sistema radical y a su corto ciclo de crecimiento, las plantas de lechuga del cultivar 'White Boston' no son hospedantes satisfactorios para *M. incognita*.

Los resultados obtenidos con el cultivar 'Great Lakes' fueron diferentes de los obtenidos con el 'White Boston', debido posiblemente a su diferente constitución genética. Así, en lo referente al peso de las cabezas en la prueba de microparcels, los valores obtenidos en las parcelas inoculadas fueron mayores que los de las parcelas testigo, lo que pareciera indicar que en este caso todas las densidades produjeron un efecto estimulatorio que alcanzó su máxima expresión cuando la densidad de inóculo llegó a 80 huevos/100 ml de suelo. Efectos similares han sido obtenidos por otros investigadores (8, 14) en trabajos previos con lechuga. Por otra parte, al comparar los pesos de las cabezas que crecieron en microparcels en el campo con las que lo hicieron en invernadero, es obvio que las primeras tuvieron un mejor desarrollo que las segundas, lo que parece reforzar la especulación de que la temperatura relativamente alta que imperó durante la prueba de invernadero fue nocivo para el desarrollo de la lechuga.

Otro aspecto que merece ser mencionado es que en algunos casos se presentó un problema con el drenaje del agua en las macetas que estaban en invernadero, lo que redujo en ciertos casos el número de veces que se repitió un tratamiento; esto posiblemente afectó la precisión, de los resultados obtenidos en esta prueba.

En cuanto al peso de las raíces, en la prueba de microparcels los valores promedio de los diversos tratamientos fueron similares; se esperaba que el peso aumentara conforme se incrementó la densi-

dad del inóculo, pero dado que el ataque de *M. incognita* fue leve, los resultados parecen ser lógicos. En la prueba de invernadero, los pesos del sistema radical fueron menores en las plantas inoculadas que en los testigos sin inocular; dada la poca severidad del ataque de *M. incognita* en este caso, parece que otro u otros factores desconocidos fueron los causantes de estos resultados.

En este cultivar se encontró, también, que las diversas densidades de inóculo no afectaron el diámetro del tallo ni en el campo ni en el invernadero; es posible que si se aumentara la densidad, habría algún tipo de respuesta más consistente.

El efecto negativo de las densidades de inóculo sobre la calidad de las cabezas, al disminuir el porcentaje de primera calidad en proporción directa con el aumento de la densidad, podría deberse a algún efecto fisiológico inducido por el nematodo en la planta, y que solo afecta la apariencia de las mismas, dado que su peso fue similar.

En este sentido, Singh y Misra (12) encontraron alteraciones en la forma de las hojas de plantas de remolacha azucarera inoculadas con densidades crecientes de inóculo de *M. javanica*. Estos resultados sugieren alteraciones de tipo fisiológico, como lo que podrían haberse presentado en este trabajo.

En lo concerniente al índice de nódulos radicales, se encontró que estos valores fueron menores en la prueba de microparcels que en la de invernadero; también fueron en general, menores en este cultivar que en el 'White Boston'. En el primer caso esta diferencia podría atribuirse a la menor temperatura promedio de la prueba de campo en relación con la prueba de invernadero, mientras que en el segundo podría deberse a que el cultivar 'Great Lakes' es menos susceptible que el 'White Boston' al ataque de *M. incognita*.

Aún cuando el cultivar 'Great Lakes' pareciera ser menos susceptible que el 'White Boston' al ataque de *M. incognita*, también es cierto que su período vegetativo en el campo es mayor que el de este último, lo cual podría explicar la aparente incongruencia de que el índice de reproducción de *M. incognita* pudo ser evaluado en el 'Great Lakes' pero no en el 'White Boston'. Por otra parte, la reproducción de *M. incognita* en el 'Great Lakes' tuvo una cuantía similar a la obtenida en el 'White Boston' a pesar de que el primero permaneció más

tiempo en el campo; estos resultados parecieran confirmar la suposición de que el 'Great Lakes' es un cultivar menos susceptible que el 'White Boston' al ataque de esta especie. Aún así, los datos obtenidos dan evidencia de que al final de una cosecha es posible encontrar una cantidad apreciable de inóculo en los sistemas radicales que son dejados en el suelo, por lo que su eliminación reduciría la densidad de inóculo que puede estar presente para una nueva cosecha.

En general, y dados los resultados obtenidos, parece recomendable repetir esta investigación pero utilizando larvas en lugar de huevos como inóculo, ya que es posible que la técnica de extracción de los huevos afecte su viabilidad; además, puesto que al extraer huevos no se recuperan todos en el mismo estado de desarrollo embrionario, es posible que la época de eclosión sea muy variable, lo que podría causar que las larvas invadieran los tejidos en distintas épocas; Wong y Mai (15) han encontrado que la época de inoculación tiene un efecto marcado sobre la patogenicidad de los nematodos formadores de nódulos en lechuga, ya que cuanto más tiempo se tarde en inocular las plantas menor será el daño causado en las mismas. Esto podría ser evitado o reducido a un mínimo si se emplearan larvas como inóculo.

Parece también necesario el realizar estudios similares al presente con el fin de obtener información básica confiable, práctica y económicamente importante, que ofrezca una base sólida para la determinación de la densidad poblacional crítica de *M. incognita* y otras especies de nematodos fitoparásitos en numerosos cultivos, y para la aplicación juiciosa de medidas de combate, principalmente aquellas basadas en la aplicación de compuestos químicos.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de seis densidades iniciales de inóculo (0, 40, 80, 120, 160 y 200 huevos/100 ml de suelo) de *Meloidogyne incognita* sobre ciertas variables agronómicas y la severidad de su ataque en lechuga, cv. White Boston y Great Lakes, tanto bajo condiciones de invernadero como de campo, en microparcels. Con el cultivar 'White Boston' se encontró que la densidad de 80 huevos/100 ml de suelo en microparcels incrementó significativamente el peso de las cabezas y

el diámetro de los tallos en comparación con la densidad de 200 huevos/100 ml. El índice de nódulos radicales causados por *M. incognita* aumentó en proporción casi directa con la densidad de inóculo, tanto en la prueba de invernadero como en la de microparcels. La densidad de 40 huevos/100 ml de suelo redujo significativamente el peso de las cabezas en comparación con el testigo, en la prueba de invernadero, mientras que la de 200 huevos/100 ml aumentó significativamente el peso de las raíces en comparación con las otras densidades, excepto el testigo. En el caso del cultivar 'Great Lakes', en la prueba en microparcels se encontró que únicamente hubo diferencias significativas en el índice de nódulos radicales, en el que la densidad de 160 huevos/100 ml tuvo un valor mayor que el del testigo sin inocular, y en el índice de reproducción de *M. incognita* en el que las densidades de 160 y 200 huevos/100 ml de suelo tuvieron valores significativamente mayores que el testigo. En la prueba de invernadero se encontró que el peso del follaje fue reducido significativamente por la densidad de 40 huevos/100 ml de suelo, y que todas las densidades redujeron e incrementaron los valores del peso de la raíz y el índice de nódulos radicales, respectivamente, en comparación con los testigos sin inocular. El índice de reproducción de *M. incognita* también fue significativamente mayor en todas las plantas inoculadas que en los testigos.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer la ayuda prestada por el Ing. Luis A. Salazar F. y las Srtas. Marielos Serrano y Mayra Bonilla.

LITERATURA CITADA

- BARKER, K.R. y OLTHOF, T.H. Relationships between nematode population densities and crop responses. Annual Review of Phytopathology 14: 327-353. 1976.
- BARKER, K.R., SHOEMAKER, P.B. y NELSON, L.A. Relationships of initial population densities of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* to yield of tomato. Journal of Nematology 8 (3): 232-239. 1976.
- GONZALEZ, L. y LOPEZ, R. Efecto de densidades de inóculo y características del suelo sobre la patogenicidad de *Meloidogyne incognita* en lechuga. Agronomía Costarricense 4 (2): 155-163. 1980.
- HUSSEY, R.S. y BARKER, K.R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. Plant Disease Reporter 57 (12): 1025-1028. 1973.
- LOPEZ, R. y SALAZAR, L.A. Morfometría y algunos hospedantes de *Meloidogyne hapla* en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Agronomía Costarricense 2 (1): 29-38. 1978.
- MEAGHER, J.W. y BROWN, R.H. Microplots experiment on the effect of plant hosts on population of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and on subsequent yield of wheat. Nematologica 20 (3): 337-346. 1974.
- NARDACCI, J.F. y BARKER, K.R. The influence of temperature on *Meloidogyne incognita* on soybean. Journal of Nematology 11 (1): 62-70. 1979.
- OLTHOF, T.H.A. y POTTER, J.W. Relationship between population densities of *Meloidogyne hapla* and crop losses in summer-maturing vegetables in Ontario. Phytopathology 62 (9): 981-986. 1972.
- OLTHOF, T.H.A. y POTTER, J.W. Effects of population densities of *Meloidogyne hapla* on growth and yield of tomato. Journal of Nematology 9 (4): 296-300. 1977.
- POTTER, J.W. y OLTHOF, T.H.A. Yield losses in fall maturing vegetables relative to population densities of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne hapla*. Phytopathology 64 (9): 1072-1075. 1964.
- SCHILT, H., HARTMANN, H.D. y HEINANN, M. Einfluss verschiedener Populationen dichten von *Meloidogyne incognita* auf Wachstum aberirdisches und unterirdisches. Tiele von Kopfsalat für Pflanzkrankheiten und Pflanzenschutz 80: 662. 1973. (Horticultural Abstracts) 44: 7576. 1974.
- SING, K. y MISRA, S.R. Pathogenicity of *Meloidogyne javanica* (Treub), Chitwood in sugarbeet. Indian Journal of Nematology 4 (2): 22-251. 1974.
- THOMASON, I.J. y LEAR, B. Rate of reproduction of *Meloidogyne* spp. as influenced by soil temperature. Phytopathology 51 (8): 520-524. 1961.
- WALLACE, H.R. The influence of the density of nematode populations on plants. Nematologica 17 (2): 154-166. 1971.
- WONG, T.K. y MAI, W.F. Pathogenicity of *Meloidogyne hapla* to lettuce as affected by inoculum level, plant age at inoculation and temperature. Journal of Nematology 5 (2): 126-129. 1973.