

Serie Técnica

INFORME TECNICO No. 135

SEMINARIO DE NEMATOLOGIA

MEMORIA DE LOS TRABAJOS PRESENTADOS EN EL SEMINARIO DE MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS EN HORTALIZAS Y FRUTALES

La publicación de este trabajo ha sido financiado por
la Agencia Internacional de Desarrollo, AID/ROCAP,
bajo el contrato 596-0110

**Editores: Jorge Pinochet
Eric Candanedo**

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA CATIE
PANAMA, 1988**

CONTENIDO

	Pag.
Lista de autores y siglas de instituciones y programas	4
Presentación	5
Evaluación de germoplasma de pimentón y chile picante al nematodo de las agallas, <u>Meloidogyne incognita</u> ARANDA, GREGORIO, E. CANDANEDO y B. GRAY	7
El bioensayo de <u>Meloidogyne</u> spp. y su potencial en América Tropical CANDANEDO, ERIC y J. PINOCHET	11
Niveles críticos de <u>Meloidogyne arenaria</u> , raza 1, en maní 'Florunner' CANDANEDO, ERIC	16
El uso de nematicidas en Panamá ESPINOSA, JAIME	22
Análisis del problema de los nematodos en viveros de café (<u>Coffea arabica</u> L.) FIGUEROA, ADRIAN	28 ✓
Nematodos que causan daños económicos en ornamentales en Costa Rica FIGUEROA, ADRIAN	36
Manejo de Fitonematodos MARBAN, NAHUM	41
Nematodos parásitos de cultivos hortícolas MARBAN, NAHUM	52
Manejo integrado de nematodos en el vivero de Capira en Panamá MORENO, MARIA	62
Efecto de tres poblaciones de <u>Meloidogyne exigua</u> Goeldi, 1987 en cafeto y de la resistencia de seis líneas experimentales a una de esas poblaciones MORERA, NIDIA y R. LOPEZ	67 ✓
Manejo integrado de nematodos en viveros de plátano PINOCHET, JORGE	76
Nematodos en viveros frutales, su introducción, dispersión y manejo PINOCHET, JORGE	81
El nematodo del quiste en la papa <u>Globobera</u> spp. en Panamá RODRIGUEZ, ROBERTO y E. CANDANEDO	87
Conclusiones y Recomendaciones	94

LISTA DE AUTORES

1. Aranda, Gregorio. Agrónomo, Nematólogo, IDIAP, Chepo, Panamá.
2. Candanedo, Eric. Ph.D., Nematólogo, IDIAP, Panamá, Panamá.
3. Espinosa, Jaime. Ph.D., Toxicólogo, IDIAP, Panamá, Panamá.
4. Figueroa, Adrián. Ing. Agrónomo, Nematólogo, MAG, La Sabana, San José, Costa Rica.
5. Gray, Baltazar. Ing. Agrónomo, Entomólogo, Fac. de Agronomía, Univ. de Panamá, Tocumen, Panamá.
6. López, Roger. Ph.D., Nematólogo, Fac. de Agronomía, Univ. de Costa Rica, San José, Costa Rica.
7. Marbán, Nahúm. Ph.D., Nematólogo, Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
8. Moreno, María. Ing. Agrónomo, Vivero de Capira, MIDA Región 5, Capira, Panamá.
9. Morera, Nidia, M.Sc., Nematólogo, PROMECAFE, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
10. Pinochet, Jorge. Nematólogo, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Panamá.
11. Rodríguez, Roberto. Fitotecnista, PRECODEPA, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

SIGLAS DE INSTITUCIONES Y PROGRAMAS

AID	Agency for International Development.
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
IDIAP	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario.
MIP	Manejo Integrado de Plagas
PRECODEPA	Programa Regional Cooperativo de la Papa.
PROMECAFE	Programa Regional de Mejoramiento del Café.
ROCAP	Regional Office for Central America and Panama.

PRESENTACION

Esta memoria da a conocer los trabajos presentados en el Seminario de Nematología, realizado en la ciudad de Panamá entre el 17 y 19 de noviembre de 1987. En la reunión participaron profesionales que trabajan activamente en esta disciplina provenientes de entidades del sector público, educación superior e industria privada de México, Costa Rica y Panamá.

El objetivo del Seminario fue proporcionar los conocimientos más actualizados y prácticos en un área problemática para el sector agrícola, como es la producción de hortalizas en presencia de nematodos y la adopción de prácticas de manejo de viveros en frutales y ornamentales tendientes a controlar esta importante plaga. Este enfoque busca enriquecer información especializada y además, promover un intercambio de conocimientos y experiencias entre Nematólogos de nuestra región. Los trabajos presentados reúnen los aspectos de mayor interés discutidos durante el seminario, día de campo y mesa redonda efectuados durante el evento.

Con la realización de este Seminario, el Proyecto Manejo Integrado de Plagas del CATIE, conjuntamente con el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) y el IDIAP contribuyen a cubrir la necesidad de capacitación en Nematología, a la vez de brindar un apoyo a los programas que se realizan en manejo integrado de nematodos en hortalizas y viveros en Centroamérica y Panamá.

Jorge Pinochet, Ph.D.
Coordinador Proyecto MIP en Panamá

Eric Candanedo, Ph.D.
Nematólogo, IDIAP, Panamá

EVALUACION DE GERMOPLASMA DE PIMENTON Y CHILE PICANTE AL NEMATODO DE LAS AGALLAS, Meloidogyne incognita

Gregorio Aranda, Agrónomo*
Eric Candanedo, Ph.D.*
Baltazar Gray, Ing. Agr.**

Introducción

El nematodo de las agallas Meloidogyne incognita es una de las plagas importantes del pimentón y chile picante en Panamá. En general, suele causar pérdidas moderadas en el cultivo. En algunas situaciones de monocultivo, de rotación con tomate u otros buenos hospederos de este nematodo, las pérdidas pueden ser bastante elevadas y en ocasiones totales. Las principales medidas de control son la rotación de cultivos, el uso de nematicidas y algunas prácticas agronómicas, tales como el uso de enmiendas orgánicas. Otra alternativa que puede ser efectiva y económica para el pequeño agricultor, es el uso de variedades tolerantes o resistentes, o en el peor de los casos, menos susceptible que las variedades actualmente en uso. La selección de variedades tolerantes y resistentes a tomate en Panamá, tanto para el nematodo como para la marchitez bacteriana causado por Pseudomonas solanacearum, ha sido investigado en el pasado, aparentemente con buenos resultados (Candanedo, Lasso y Osorio, 1978; Lara, 1982; Lasso y Araúz, 1982; Tarté, 1976). Sin embargo en pimentón y chile picante no se ha intentado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de germoplasma de pimentón y chile picante a Meloidogyne incognita en materiales que ya poseen resistencia ó tolerancia incorporada a la marchitez bacteriana.

Materiales y Métodos

Se recolectó una población de campo de Meloidogyne incognita proveniente de tomate, se identificó y luego incrementó para luego inocular a 18 materiales de origen local (Panamá) y varias líneas experimentales enviadas por la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE de pimentón y chile picante. El ensayo se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en Chichebre y Tocumen, Panamá. Las plantas fueron inoculadas con una suspensión pura de 6.000 huevos y larvas de M. incognita por planta.

* Nematólogos, IDIAP, Chichebre, Panamá.

** Entomólogo, Facultad de Agronomía, Universidad de Panamá, Panamá.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con 5 repeticiones por tratamiento. Después de 60 días de inoculado se evaluaron los materiales para determinar el índice de agallamiento, población de nematodo por planta (suelo y raíz) y la relación Pf/Pi (población final, población inicial). Los nematodos del suelo fueron extraídos por tamizado diferencial y flotación con solución azucarada. Los nematodos en la raíz fueron extraídos por desmenuzados en una solución al 10% de hipoclorito de sodio acompañado de proceso de tamizado diferencial. El índice de agallamiento fue determinado por la escala utilizada por el Proyecto Internacional de Meloidogyne (Barker, 1985). Durante el transcurso del ensayo las plantas fueron regadas todos los días y suplementadas con solución nutritiva de Hoagland una vez por semana.

Resultados y Discusión

Todos los materiales testados resultaron ser altamente susceptibles a M. incognita con índice de agallas que fluctuaron entre 4.6 y 5. La población final por planta fue bastante variable indicando diferencias de susceptibilidades entre materiales. Aquellos con una relación de Pf/Pi menor de 1 fueron destruidos en un plazo menor a los 60 días sufriendo una marcada reducción poblacional, mientras que los que alcanzaron niveles altos mostraron que la planta puede tolerar una alta población como en el caso de BG 1405 y 7257 cuyos incrementos poblacionales resultaron estadísticamente diferentes al resto de los materiales (Cuadro 1). Estos resultados también sugieren que el germoplasma de Chile picante es menos susceptible a M. incognita que el pimentón.

En esta primera fase es recomendable evaluar la mayor cantidad de materiales posibles con el objeto de detectar materiales resistentes ó a lo menos susceptibles, pero que agrónomicamente sean aceptables y por otro lado eliminar a los más susceptibles. El agallamiento es el principal criterio de selección utilizado en la fase I, el cual refleja la susceptibilidad al hospedero hacia el nematodo. No se mide producción en esta etapa. El programa de evaluación de germoplasma, además requiere de varias partidas consecutivas que toman aproximadamente entre 70 y 90 días desde el establecimiento del semillero hasta su evaluación y en las cuales es recomendable testar no más de 15 materiales por partida. También será recomendable disminuir el tiempo desde la inoculación a la cosecha hasta un máximo de 45 días, debido a la susceptibilidad de los materiales de pimentón testados cuya rápida destrucción se refleja en un alto índice de agallamiento y una baja población final de nematodos.

Conclusiones

1. Continuar evaluando materiales de pimentón y Chile picante que posean resistencia ó tolerancia a marchitez bacteriana ya incorporada de otros orígenes. En este aspecto, sería de interés solicitar materiales de México y Estados Unidos que poseen estas cualidades (Fassuliotis, 1982).

CUADRO 1. RESPUESTA DE 18 LINEAS DE Capsicum spp. A Meloidogyne incognita 60 DIAS
DESPUES DE LA INOCULACION CON 6,000 HUEVOS Y JUVENILES POR PLANTA

Líneas Experimentales	Variedad/ Experimentales	Índice de Agallas	Pf/Nematodo por planta	Pf/Pf**
BG 1504	(Ch. Pic.)	5 a*	77.256 a	12.88 a
7257	(Ch. Pic.)	5 a	56.876 ab	6.21 b
9137	(Ch. Pic.)	5 a	37.298 bc	4.98 bc
PICOLORO MEJORADO (Piment.)				
10871	(Ch. Pic.)	5 a	26.998 cd	4.50 bc
9177	(Ch. Pic.)	5 a	24.983 cd	4.16 bc
BG 110	(Ch. Pic.)	4.8 a	18.240 cd	3.04 bc
PSR 1104	(Piment.)	5 a	14.431 cd	2.40 bc
BG 115	(Ch. Pic.)	5 a	14.201 cd	2.36 bc
149-3	(Piment.)	5 a	13.584 cd	2.26 bc
148-20	(Piment.)	5 a	12.402 cd	2.07 bc
148-18	(Piment.)	5 a	11.204 cd	1.87 bc
JUBILO	(Piment.)	4.8 a	8.410 cd	1.39 bc
148-24	(Piment.)	5 a	8.112 cd	1.35 bc
BG 3583	(Piment.)	5 a	6.578 d	1.10 c
14923	(Piment.)	4.8 a	5.900 d	0.98 c
PS 1105	(Piment.)	4.6 a	5.636 d	0.94 c
150-2	(Piment.)	5 a	3.350 d	0.56 c
PSR-9983	(Piment.)	5 a	1.627 d	0.27 c
		5 a	1.355 d	0.22 c

* Promedio de 5 repeticiones. Duncan (P=0.05).

** Población final; población inicial.

2. No merece la pena evaluar en fase de campo (rendimiento) materiales que posean índice de agallas 4 y 5.
3. Realizar evaluaciones a los 45 días después de la inoculación y no a los 60, debido a que existen materiales que alcanzan una población muy alta en un breve lapso de tiempo.
4. Evaluar partidas que no excedan de 15 materiales.

LITERATURA CITADA

- BARKER, K. 1985. Design of greenhouse and microplot experiments for evaluation of plant resistance to nematodes. Pp. 107-113 en Zuckerman, B.M. y Mai, W.F. (Eds.), Plant Nematology. Laboratory Manual. Univ. of Massachusetts Agric. Exp. St. Amherst, Massachusetts.
- CANDANEDO, E., R. LASSO Y M. OSORIO. 1978. Evaluación preliminar de resistencia o tolerancia a Pseudomonas solanacearum en cinco poblaciones de nematodos del género Meloidogyne, en líneas de tomate industrial. Ciencia agropecuaria 1:9-104.
- FASSULIOTIS, G. 1982. Plant resistance to root-knot nematodes. Pp. 33-49 en Riggs. D.R. (Ed.), Nematology in the Southern Region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin 276.
- LARA, J. 1982. Detección de resistencia a Meloidogyne incognita raza I en variedades y líneas de tomate, frijol, caupí y soya. Nematropica 12:159.
- LASSO, R. y J. ARAUZ. 1982. Desarrollo y evaluación de líneas de tomate con tolerancia a Pseudomonas solanacearum y resistencia a Meloidogyne incognita. Pp. 153-165 en Proceedings of the Third IMP Research planning conference on root-knot nematodes, Meloidogyne spp., Región I; 11-15 January 1982. IDIAP. Panamá.
- TARTE, R. 1976. El nematodo nodular Meloidogyne sp.: Determinación de especies existentes en Panamá, daños ocasionados al cultivo del arroz y búsqueda de resistencia en tomate industrial. Pp. 420-446 en Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Agronomía, Univ. de Panamá, Panamá.

EL BIOENSAYO DE Meloidogyne spp. Y SU POTENCIAL EN AMERICA TROPICAL

Eric M. Candanedo Lay, Ph.D.*
Jorge Pinochet, Ph.D.**

Introducción

El nematodo agallador, Meloidogyne spp., es uno de los géneros de nematodos fitoparásitos de mayor importancia económica a nivel mundial. Esto se debe a su capacidad de adaptación a una enorme variedad de agroecosistemas, a su amplio rango de hospederos y a su alto potencial de reproducción, características que le permiten sobrevivir bajo las condiciones más adversas. Las especies de mayor importancia económica para la agricultura son: M. incognita, M. javanica, M. arenaria y M. hapla. Las tres primeras son muy comunes en los trópicos cálidos y la última en zonas de clima fresco a frío.

El impacto económico de este parásito se incrementa en zonas agrícolas en donde se practica el monocultivo de especies hortícolas de alta rentabilidad. Bajo estas condiciones, los suelos están altamente infestados por el nematodo, siendo necesario la adopción de medidas de combate. En el caso específico del tomate industrial en Panamá, las pérdidas causadas por la marchitez bacteriana en cultivares resistentes o tolerantes a Pseudomonas solanacearum, aumentan en presencia del nematodo agallador (Candanedo, Lasso & Osorio, 1978; Candanedo, 1981). Esto hace necesario el uso de nematicidas, con la consecuente alza en los costos.

Estimación de daños del nematodo agallador

Previo a la siembra comercial de variedades susceptibles, se hace necesario determinar los niveles de infestación del nematodo en los suelos (población inicial), a fin de poder estimar el daño que podrían causar. De esta manera la toma de decisiones de combate se apoya en bases más sólidas y en forma preventiva, ampliando las posibilidades de una cosecha exitosa. Sin embargo, la determinación de las poblaciones iniciales de Meloidogyne se dificulta por el hecho de que en el suelo sólo se encuentran sus huevos (agrupados en masas) y los segundos estadios juveniles infestivos, distribuidos sin uniformidad. Las masas de huevo se encuentran con frecuencia adheridas a restos de raíces dispersas vertical y horizontalmente en el terreno. Cuando se procesa

* Fitonematólogo, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, (IDIAP), Panamá.

** Nematólogo, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Panamá.

suelo para extracción de juveniles se corre el riesgo de muestrear en puntos de ninguna, poca o mucha densidad, lo cual lleva a estimaciones erróneas de la media de la población real. Además, no se consideran las masas de huevo, muchas de las cuales contienen huevos en etapas avanzadas de embriogénesis e incluso juveniles infestivos. Los métodos convencionales de extracción de nematodos del suelo no son apropiados para la extracción de masas de huevos. Por lo tanto, esa porción de la población inicial del agallador no es tomada en cuenta normalmente en los conteos en el laboratorio.

El bioensayo, por otro lado, es un método que se basa en la apreciación del daño y no en la cuantificación del agente causal. El daño se expresa en forma de índices de agallamiento radicular y/o de masas de huevo producidas en raíces de plantas indicadoras, brindando una manera más realista de estimación de daños. En otras palabras, los resultados del bioensayo se obtienen de datos de infección de plantas atacadas por el nematodo, previo a la siembra de los cultivos comerciales. Su implementación es sencilla y de bajo costo, así como la interpretación de sus resultados. La técnica se puede implementar en cualquiera finca por el propio agricultor, ya que no se requieren costosos análisis de laboratorio o conocimientos previos de nematología (Candanedo, Pinochet & Aranda, 1986). Además, el bioensayo permite detectar la presencia del nematodo agallador cuando sus poblaciones son aún bajas (Baker, 1978; Prot & Netscher, 1978; Simon, 1980; McSorley & Parra-do, 1983).

Descripción del bioensayo

Se fundamenta en el hecho de que las pérdidas en rendimientos aumentan linealmente a medida que los índices de agallamiento o necrosis radicular aumentan (Baker, Todd, Shane, & Nelson, 1981). En otras palabras, los rendimientos guardan una correlación negativa con los índices de agallamiento definiendo regresiones lineales que pueden ser utilizadas en la estimación de pérdidas (Baker, 1985).

Se toma una muestra compuesta de suelo que puede variar de 5 a 25 submuestras) del área de interés. Después de homogenizar bien la muestra, se llenan de 1 a 5 potes de 10 cm de diámetro en los que se transplanta una plántula de tomate de 3 semanas de edad o aproximadamente 20 cm de altura. Se recomiendan las variedades "Rutgers" y "Manalucie", pero pueden utilizarse otras que sean susceptibles al nematodo. Las plantas se mantienen en los potes por un período de 5 a 6 semanas suministrándoles nutrientes, agua y cuidados necesarios para su desarrollo. Finalmente, se lavan sus raíces libre de partículas de suelo con el cuidado de no romperlas y se procede a la evaluación o lectura del bioensayo.

Evaluación e interpretación de los resultados

Se efectúa mediante el conteo de agallas o masas de huevo producidas

en las raíces. Al número total de agallas en un sistema radicular se le asigna un índice de agallamiento según escala propuesta por Taylor y Sasser (1978): 0=0 agallas; 1=1-2 agallas; 2=3-10 agallas; 3=11-30 agallas; 4=31-100 agallas y 5=más de 100 agallas. También pueden utilizarse otras escalas basadas en el porcentaje de agallamiento radicular, tales como las propuestas por DiSanzo (1978). El índice de agallamiento promedio, según el número de plantas en la prueba, se usa como criterio para decidir la necesidad o no de aplicar medidas de combate. Obviamente, la relación entre el índice de agallamiento radicular y los rendimientos varía con las condiciones agroclimatológicas propias de cada región, así como entre cultivos, variedades o cultivares a sembrar. Para tomate industrial, en Panamá, se recomienda la ejecución de alguna práctica de combate (usualmente nematicidas) si este índice es de 2 ó mayor. Esto se debe a la omnipresencia de P. solanacearum en nuestros suelos tomateros y a que las variedades comerciales más sembradas son susceptibles al nematodo agallador.

Ventajas

1. A través del bioensayo se detectan posibles daños que podrían causar diferentes especies de Meloidogyne, especialmente en poblaciones bajas no detectables por los métodos de extracción convencionales.
2. Es un método sencillo de fácil adopción y económico que no requiere de equipos costosos.
3. Presenta una confiabilidad más alta en relación al muestreo de nematodos en el suelo, debido a que la población en la muestra de suelo se somete al proceso de extracción donde se pierden muchas larvas y huevos.
4. La interpretación puede realizarla el mismo agricultor sin la ayuda de personal de extensión, o sea, no tiene dependencia de un técnico o una institución.
5. Permite la evaluación de gran número de muestras. Un técnico puede dar lectura a 100 plantas en un día. En cambio es muy difícil que una persona procese más de 20 muestras de suelo (extracción y conteo) al día.
6. Brinda alternativas en la toma de decisiones para el agricultor. En caso de que el bioensayo presente un alto índice de agallamiento, el agricultor puede: usar una variedad resistente, usar una variedad susceptible con nematicidas, o rotar a otro cultivo no susceptible.
7. Entre otras aplicaciones prácticas el bioensayo sirve para: evaluar germoplasma en programas de mejoras y verificar eficiencia de control, principalmente en cultivos anuales.

Desventajas

1. El método sólo es aplicable a nematodos agalladores y ocasionalmente a nematodos quistes.
2. El método es lento y requiere alrededor de 3 semanas para obtener plántulas de tamaño y desarrollo adecuado y 35 a 40 días adicionales después del trasplante al suelo bajo estudio, para efectuar la evaluación. Sin embargo, esta limitación es de menor importancia si se planifica la prueba con anticipación.
3. No mide tolerancia. Existen cultivares que a pesar de formar agallas, pueden tener un rendimiento similar a que si estuvieran libres de nematodos agalladores.

Conclusiones y recomendaciones

Su utilización en América Tropical como herramienta para detectar y prevenir daño de nematodos agalladores es recomendable para pequeños y medianos agricultores en cultivos hortícolas, principalmente en especies cucurbitáceas, leguminosas y solanáceas.

Las ventajas y practicalidad del bioensayo son claras. Se necesitan investigaciones con el fin de obtener regresiones lineales que relacionen los índices de agallamiento con los rendimientos a fin de poder estimar pérdidas de una manera más precisa.

LITERATURA CITADA

- BARKER, K.R. 1978. Determining nematode population responses to control agents. Pp.114-125 en Zehr E. I. (Ed.). Methods for evaluating plant fungicides, nematicides, and bactericides. Am. Phytopathol. Soc. St. Paul, Minn.
- BARKER, K.R. 1985. Nematode extraction and bioassays. en An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. II. Methodology. K.R. Baker, C.C. Carter, and J. N. Sasser (Eds.). Department of Plant Pathology and U.S. Agency for International Development. Raleigh, NC. 223 pp.
- BARKER, K.R., F.A. Todd, W.W. Shane, & L.A. Nelson. 1981. Interrelationships of Meloidogyne species with flue-cured tobacco. Journal of Nematol. 13:67-69.
- CANDANEDO, L.E., R. Lasso G. & J.M. Osorio. 1978. Evaluación preliminar de resistencia o tolerancia a Pseudomonas solanacearum en cinco poblaciones de nematodos del género Meloidogyne, en líneas de tomate industrial. Ciencia Agropecuaria, Panamá. 1:9-104.
- CANDANEDO, L.E. 1981. Desarrollo de líneas de tomate industrial con

resistencia a Pseudomonas solanacearum y evaluación de su resistencia a cinco poblaciones de Meloidogyne incognita. Pp. 52-60 en Memorias de la Segunda Conferencia Regional de Planeamiento del Proyecto Internacional Meloidogyne, Región I, 4-8 Septiembre. 1978, San José, Costa Rica. Facultad de Agronomía, Universidad de Panamá. 245 pp.

CANDANEDO, E.M., J. Pinochet & G. Aranda. 1986. El bioensayo: método que el productor puede usar en sus campos para detectar y prevenir el daño causado por el nematodo agallador, Meloidogyne spp. Hoja divulgativa IDIAP-CATIE (Proyecto de Manejo Integrado de Plagas). 6 pp.

DI SANZO, C.P. 1978. Guidelines for evaluating nematicides in greenhouses and growth chambers for control of root-knot nematodes, Pp.101-103 en Zehr E. I. (Ed.). Methods for evaluating plant fungicides, nematicides, and bactericides. Am. Phytopathol. Soc. St. Paul, Minn.

McSORLEY, R. & J.L. Parrado. 1983. A bioassay sampling plant for Meloidogyne incognita. Plant Dis. 67:182-184.

PROT, J.C. & C. Netscher. 1978. Improved detection of low population densities of Meloidogyne. Nematologica 24:129-132.

SIMON, A. 1980. A plant assay of soil to assess potential damage to wheat by Heterodera avenae. Plant Dis. 64:917-919.

TAYLOR, A.L. & J.N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species). Department of Plant Pathology, N.C. State University. Raleigh, NC. 111 pp.

NIVELES CRITICOS DE Meloidogyne arenaria,
RAZA 1, EN MANI 'FLORUNNER'

Eric Candanedo, Ph.D*

Introducción

De las leguminosas comestibles, el maní, Arachis hypogaea, es la segunda más importante a nivel mundial. Es originario de América del Sur, cultivándose en la actualidad en alrededor de 80 países de los seis continentes. Cerca del 65% de la producción mundial proviene de India, República Popular China, Estados Unidos, Senegal y Sudán (Minton, 1984).

Los nematodos constituyen un factor limitante importante en la producción de maní. En 1979 las pérdidas causadas por nematodos en los Estados Unidos alcanzaron 91.5 millones de dólares correspondientes a una cosecha de 200.8 millones de kg (Minton, 1984).

Los géneros de nematodos más comúnmente asociados al cultivo son: Belonolaimus, Criconemella, Meloidogyne y Pratylenchus. De estos, Meloidogyne arenaria y M. hapla son las especies de mayor importancia económica (Porter, Smith & Rodríguez-Kabana, 1982), siendo el primero predominante en los trópicos.

Las pérdidas en rendimiento causadas por M. arenaria en maní pueden ser mayores del 50% en suelos altamente infestados (Minton, 1984). El problema se agrava debido a que no se han encontrado fuentes de resistencia a pesar del interés que se ha puesto en ello (Miller, 1972; Minton & Hammons, 1975; Holbrook, Knauff & Dickson, 1983). Consecuentemente, las estrategias más prácticas y efectivas para combatir este nematodo son la rotación de cultivos y la aplicación de nematicidas (Porter, Smith & Rodríguez-Kabana, 1982).

La rotación de cultivos no se considera como una alternativa en explotaciones comerciales que producen maní extensivamente y como monocultivo debido a su alta rentabilidad. Por lo tanto, la única alternativa para estos productores es el combate químico, con su correspondiente alza en los costos de producción.

Con el objetivo de determinar el nivel crítico de daño (NCD) de M. arenaria en maní a fin de reducir las aplicaciones de nematicidas

* Nematólogo, IDIAP. Panamá, Panamá.

al mínimo necesario, se establecieron dos experimentos de campo en 1983 y 1984. El NCD se define aquí como la mínima población del nematodo capaz de causar disminuciones significativas en los rendimientos de este cultivo.

Materiales y Métodos

Los dos experimentos se instalaron en microparcels hechas de cilindro de fibra de vidrio de 60 cm de altura y 76 cm de diámetro, enterrados a una profundidad de 50 cm. Para evitar la contaminación del exterior, se deja un borde alto de 10 cm por encima del suelo (Johnson, Rich & Boatright, 1981). Ambas pruebas se realizaron en el campo experimental Green Acres de la Universidad de Florida, al noreste de la ciudad de Gainesville. El suelo era una arena fina arredondo (93.2% de arena, 4.3% de silicio, 2.5% de arcilla y 1.5% de materia orgánica con un pH de 5.8. En las dos pruebas, el suelo fue tratado con una dosis de 960 kg/ha de bromuro de metilo dos meses antes de sembrar.

En los dos experimentos se utilizó un diseño irrestricto al azar, con 10 repeticiones por tratamiento. En 1983 los tratamientos fueron: 0, 2, 10, 50, 150 y 250 huevos y juveniles/100 cm³ de suelo. En 1984 los niveles de población inicial del nematodo evaluados fueron: 0, 2, 10, 30, 50, 100 y 150 nematodos (una mezcla de huevos y juveniles).

El inóculo se extrajo de raíces de tomate 'Rutgers' infestadas y cultivadas en invernadero, usando NaOCl al 0.5% (Hussey & Barker, 1973). La inoculación se realizó inmediatamente después de la extracción, suspendiendo los nematodos en un galón de agua y aplicándolos con una regadera manual de jardín sobre toda la superficie de cada microparcels. Los nematodos fueron incorporados en el suelo rastrillando la superficie de las microparcels a una profundidad de 7-10 cm.

Previo a la siembra, las semillas del maní 'Florunner' recibieron una inmersión en una superficie de Nitragin R a razón de 498 gm/lt de agua/120 kg de semilla y fueron sembradas siguiendo una patrón pentagonal con una densidad final de 5 plantas por microparcels. Después de la germinación las plantas recibieron las prácticas normales de fertilización, riego y combate de malezas, plagas y enfermedades fungosas, durante el resto de su ciclo de vida. Mensualmente, a partir de la inoculación, se tomaron muestras de suelo de cada microparcels con el fin de registrar las fluctuaciones poblacionales del nematodo.

Resultados

En 1983 los rendimientos disminuyeron significativamente en relación al testigo sin nematodos cuando la población inicial era de 150 huevos y juveniles/100 cm³ de suelo. A este nivel, los rendimientos fueron reducidos en más de 100 gramos. En términos generales, la tasa de reproducción del nematodo, poblacional final (Pf) entre población inicial

(Pi), mostró una relación inversa con la población inicial (Cuadro 1).

La relación entre la población inicial y los rendimientos está descrita por la ecuación lineal: $y=234.59-0.495 x$, con un coeficiente de determinación (r^2) de 0.96, altamente significativo.

En 1984, los rendimientos de todos los tratamientos con nematodos fueron inferiores estadísticamente al testigo. Sin embargo, cuando se inocularon 2 a 50 huevos y juveniles/100 cm³ de suelo, el rendimiento fue comparable al del testigo en 1983 (Cuadro 2). En el resto de los tratamientos, los rendimientos estuvieron muy por debajo de los obtenidos el año anterior. La tasa de reproducción del nematodo (P_f/P_i) también mostró una relación inversa con respecto a la población inicial.

La relación entre la población inicial del nematodo y los rendimientos no fue lineal, como en 1983. La curva exponencial ($Y=aX^b$) fue la que mejor explicó la relación entre las dos variables. La misma fue linealizada para obtener una regresión lineal con fines predictivos, obteniéndose la ecuación: $Y'=2.72-0.52 (\log X)$, con un coeficiente de determinación (r^2) de 0.99, altamente significativo.

Discusión

El rendimiento de maní cv. 'Florunner' es afectado severamente por la raza 1 de M. arenaria.

En 1983, las diferencias significativas en los rendimientos comenzaron a mostrarse a partir de un P_i de 150 huevos y juveniles/100 cm³ de suelo (Cuadro 1). El P_i inmediatamente inferior era de 50, sin poblaciones intermedias, lo que indica que el nivel crítico de daño pudo ser menor de 150 en este año. Resultados de otros investigadores indican que, en suelos infestados naturalmente, las pérdidas en rendimientos causadas por este nematodo en maní pueden ocurrir a poblaciones menores de 50 juveniles/100 cm³ de suelo (Rodríguez-Kabana, Williams & Shelby, 1982). La relación lineal entre la población inicial de nematodos y los rendimientos pudo deberse, en parte, a los amplios intervalos entre los niveles de inóculo.

En 1984, hubieron diferencias significativas en los rendimientos a partir de P_i tan bajos como 2 huevos y juveniles/100 cm³ de suelo (Cuadro 2). Sin embargo, el rendimiento obtenido a este nivel era comparable al del testigo en el año anterior mientras que los demás niveles de P_i mostraron rendimientos muy bajos. La relación entre el P_i y los rendimientos no fue lineal debido parcialmente a que los niveles de inóculo (P_i) estaban a intervalos muy cercanos entre sí, registrando más sensiblemente cambios en la respuesta de las plantas.

Las diferencias entre los dos años se debieron al llamado "efecto estacional". Según este, la variación en las condiciones climatológicas (humedad y temperatura del suelo, humedad relativa, etc.) entre estacio-

CUADRO 1. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION INICIAL Y LA TASA DE REPRODUCCION DE Meloidogyne arenaria SOBRE EL RENDIMIENTO DE MANI CV. 'FLORUNNER', EN 1983

Nem/100 cc de suelo	Rendimiento* (gr)	T. de Repr. (P _f /P _i)
0	250.25 a**	-
2	220.45 a	1761
10	230.75 a	388
50	210.40 a	189
150	150.00 b	107
250	117.00 b	45

* p = 0.01

** Promedios de 10 repeticiones. Medias en la misma columna seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre si, según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

CUADRO 2. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION INICIAL Y LA TASA DE REPRODUCCION DE Meloidogyne arenaria SOBRE EL RENDIMIENTO DE MANI CV. 'FLORUNNER', EN 1984

Nem/100 cc de suelo	Rendimiento* (gr)	T. de Repr. (P _f /P _i)
0	493.61 a**	-
2	305.03 b	4039
10	152.71 c	801
30	104.34 cd	181
50	65.56 d	106
100	42.61 d	34
150	40.03 d	27

* p = 0.01

** Promedio de 10 repeticiones. Medias en la misma columna seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre si, según la prueba de rango múltiple de Duncan.

nes de siembra, causa variaciones en el comportamiento de las plantas, en términos de crecimiento, vigor y rendimiento, haciéndolas más o menos tolerantes a la presencia de los nemátodos y causando cambios en su reproducción (Rodríguez-Kabana et al., 1982).

El nivel crítico de daño promedio para los dos años fue de 76 huevos y juveniles/100 cm³ de suelo o menos. Es claro que este nivel necesita ser ajustado a través de más experimentos de este tipo, que incluyan varias épocas de cultivo, a fin de corregir el "efecto estacional".

Conclusiones

De estos experimentos se derivan las siguientes conclusiones:

1. Aún a poblaciones iniciales bajas, M. arenaria raza 1, es capaz de causar disminuciones en los rendimientos del maní cv. 'Florunner'.
2. Las líneas de regresión pueden ser herramientas útiles en la predicción de rendimientos y en la toma de decisiones de combate del nemátodo agallador en el cultivo de maní.
3. El nivel crítico de daño promedio fue de 76 huevos y juveniles/100 cm³ de suelo o menos para los dos años.
4. Es necesario repetir estos experimentos durante varias épocas de cultivo para minimizar el "efecto estacional" y obtener regresiones lineales más precisas.

LITERATURA CITADA

- HOLBROOK, C.C., D.A. KNAUFT, & W. DICKSON. 1983. A technique for screening peanut for resistance to Meloidogyne arenaria. Plant Disease 67: 957-958.
- HUSSEY, R.S. & K.R. BARKER. 1973. A comparison of methods for collecting incula of Meloidogyne spp., including a new technique. Plant Dis. Rep. 57: 1025-1028.
- JOHNSON, J.T., J.R. RICH & A.W. BOATRIGHT. 1981. A technique for establishing microplots in the field. J. of Nematology 13:233-235.
- MILLER, L.I. 1972. Resistance of plant introductions of Arachis hypogaea to Meloidogyne hapla, Meloidogyne arenaria, and Belonolaimus longicaudatus. Va. J. Sci. 23: 101.
- MINTON, N.A. 1984. Nematode parasites of peanut. en Nickle W.R. (Ed.). Plant and insect nematodes. U.S.D.A., A.R.S. Beltsville Agric. Research Center, Beltsville, Maryland. 925 pp.

- MINTON, N.A. & R.O. HAMMONS. 1975. Evaluation of peanut for resistance to the peanut root-knot nematode, Meloidogyne arenaria. Plant Dis. Rep. 59: 944-945.
- PORTER, D.M., D.H. SMITH & R. RODRIGUEZ-KABANA. 1982. Peanut plant diseases. en Pattee, H.E. & C.T. Young (Eds.). Peanut Science and Technology. American Peanut Research and Education Society, Inc. Yoakum, TX. 825 pp.
- RODRIGUEZ-KABANA, R., J.C. WILLIAMS, & R.A. SHELBY. 1982. Assessment of peanut yield losses caused by Meloidogyne arenaria. Nematropica 12: 279-288.

EL USO DE NEMATICIDAS EN PANAMA

Jaime Espinosa, Ph.D.*

Introducción

La agricultura en Panamá aparentemente ha empleado productos fumigantes con efecto nematicida en forma similar a los países con tecnología avanzada . Ello se deduce por la condición de ser este un país abierto al intercambio de materiales, tecnologías y cultura. El banano y la caña de azúcar ha sido cultivado en Panamá desde inicios del siglo y previo a este, con las tecnologías más modernas de la época, en que las empresas grandes nacionales y extranjeras han iniciado esta apertura tecnológica.

Inicialmente usaron los fumigantes de amplio espectro, pero se fueron sustituyendo según la disponibilidad tecnológica. Comúnmente se usaron sustancias de alta peligrosidad como el bromuro de metilo, disulfuro de carbono, óxido de etileno, cianuro de hidrógeno, cloropicrina, etc.

Los años 70 presentan una expansión del uso de plaguicidas en general, que se incrementa hasta la actualidad. En estos años vemos como el agricultor toma apoyo en los nematicidas con la intención de aumentar su capacidad productiva.

Empleo de los Nematicidas

Los nematicidas se elaboran fundamentalmente en aquellos países que poseen las tecnologías e infraestructuras adecuadas. Llegan a nuestro medio en forma de nematicidas comerciales formulados como gases bajo presión, concentrados asperjables o en gránulos con diferente concentración de activo. Unas 15 fórmulas nematicidas han sido registradas desde los años 60 (Cuadro 1). Los fumigantes se han empleado en altas dosis causando con frecuencia fitotoxicidad por la falta de un período de espera necesario. Los nematicidas de mayor especificidad se aplican a dosis de 30 veces menores que los fumigantes y no son fitotóxicos a estas concentraciones.

Los compuestos de acción nematicida mayormente usados durante los

* Toxicólogo, IDIAP, Panamá, Panamá.

CUADRO 1. NEMATODOS EMPLEADOS EN PANAMA ENTRE 1970 Y 1986

Nombre común (comercial)	Fabricante	Formulación	Clasific. química	Modo de Acción	Registro	Observaciones
Aldicarb (Temik)	Union Carbide	6 10 y 15%	Carbamato/oxima	Sistémico, inhibidor reversible de esterasas	1981 y 1982	Altamente tóxico para humanos, buen insecticida
Bromuro de Metilo	Great Lakes Dow	Fumigante 98%	Hidrocarburo halogenado	Biocida de contacto, alquilante proteico y oxidante de hemoproteínas	1982	Fitotóxico y de amplio espectro. Buena porosidad del suelo necesaria
Carbofurano (Furadan, Curater)	FMC	6 3, 5 y 10%	Carbamato	Sistémico y contacto, inhibición reversible de esterasas	1983 y 1985	No fitotóxico y buen insecticida
Dibromo cloropropano (Nemagon, Fumazone)	Shell Dow	CE 50, 75 y 86%	Hidrocarburo halogenado	Fumigante de contacto, alquilante proteico y oxidante de porfirinas y hemoproteínas	Retirado	Excelente nematocida no fitotóxico de largo efecto residual. No disponible en el mercado
Dibromuro de etileno	Dow	Fumigante 85%	Hidrocarburo halogenado	Fumigante de contacto, alquilante proteico y oxidante de porfirinas de hierro y hemoproteínas	Retirado	Se necesitan dosis altas, fitotóxico. Buena porosidad del suelo necesaria
Dicloropropano (Telone, DD)	Dow Shell	Fumigante 94%	Hidrocarburo halogenado	Fumigante de contacto, alquilante proteico y oxidante de porfirinas de hierro y hemoproteínas	Retirado	Se necesitan dosis altas, fitotóxico y específico, requiere de buena porosidad del suelo
Etoprop (Mocap)	Mobil Ortho	6 5 y 10% CE 50 y 70%	Fosforado	Contacto, inhibidor irreversible de esterasas	1981	No fitotóxico a dosis bajas, buen insecticida de contacto
Fenamifos (Mena-cur)	Bayer Mobil	6 10%	Fosforado	Contacto y sistémico, inhibición irreversible de esterasas	1982	No fitotóxico a dosis bajas
Metil11sotiocianato	BASF	6 98% y PH 85%	Isocianato	Fumigante de contacto, alquilante proteico y de oxidadas	No disponible	Fitotóxico de amplio espectro. Requiere de agua para movilidad en el suelo
Oxamilo (Vydate)	Dupont	CE 24%	Carbamato	Sistémico, inhibición reversible de esterasas quasi específico	No disponible	No satisfactorio a dosis bajas. Nematocida sistémico desecendente

años 70 fueron DBE/bromuro de metilo (35%), etoprop (22.5%) fenamifós (19.7%, carbofurano (10.8%) y aldicarb (3.5%). Durante el año de 1986 se empleó mayormente fenamifós (74.1%), etoprop (11.3%) y carbofurano (3.8%) (Cuadro 2). La utilización de los otros nematicidas se ha efectuado en cantidades menores a 1 tonelada/año.

CUADRO 2. DEMANDA EN KG DE NEMATICIDAS EN PANAMA

Nematicida	Años 1970-78	Prom. Anual	Año 1986
Aldicarb	10,000 (3.1%)	1,000	1,000 (1.8%)
Bromuro de metilo y dibromoetileno	114,450 (35%)	12,717	1,000
Carbofurano	35,465 (10.8%)	3,940	2,122 (3.8%)
DBCP	No disponible	-	-
Dibromoetileno + bromuro de metilo	114,450 (35%)	12,717	1,000
Dicloropropeno + cloropicrina	10,000	1,000	1,000
Etoprop	72,632 (22.1%)	8,070	6,253 (11.3%)
Fenamifós	64,874 (19.7%)	7,208	41,160 (74.1%)
Mit	10,000	1,000	1,000
Oxamilo	10,000	1,000	1,000

* Datos: Contraloría General de la República 1970-86.

Los cultivos que demandan mayor uso de nematicidas en Panamá han sido las musáceas, la caña de azúcar, las hortalizas y el tabaco (Cuadro 3). Estos cultivos se concentran en las provincias occidentales y centrales del país (Espinoso, Ferrer y Montenegro, 1986).

Toxicología

Los nematicidas pertenecen en su mayoría a los plaguicidas de alta toxicidad (DL50, oral aguda menor a 50 mg/kg). A pesar de ser eficaces,

CUADRO 3. USO DE NEMATICIDAS SEGUN CULTIVOS

Cultivo	Lugar	Nematicida
Apio	Tierras altas de Chiriquí	Etoprop, carbofurano, PCNB
Banano	Barú, Changuinola	Etoprop, fenamifós, aldicarb, bromuro de metilo
Café	Tierras altas de Chiriquí y Coclé	Carbofurano
Caña de Azúcar	Alanje, Veraguas, Coclé	Etoprop
Cebolla	Tierras altas de Chiriquí, Coclé y tierras bajas de Azuero	Carbofurano, PCNB, fenamifós, etoprop
Frijol	Caisán	Carbofurano
Habichuela	Tierras altas de Chiriquí	Carbofurano
Maíz	Barú, Caisán, Tonosí, Coclé	Carbofurano
Nabo/Rábano	Tierras altas de Chiriquí y Coclé	Carbofurano
Papa	Cerro Punta, Boquete	Etoprop, carbofurano, PCNB
Remolacha	Cerro Punta, Boquete	Oxamilo, carbofurano
Repollo	Cerro Punta, Boquete	Cloro
Tabaco	Chiriquí, Pacora	Bromuro de metilo
Tomate	Tierras altas de Chiriquí y Coclé, tierras bajas de Azuero.	Carbofurano, bromuro de metilo, etoprop, MIT, Oxamilo

estos también han causado los mayores problemas de manejo en el país, probablemente debido a la falta de entrenamiento en el manejo adecuado durante su fase introductoria. Evidentemente que el empleo de nematicidas debe efectuarse sólo cuando se hace estrictamente necesario y cuando los costos de producción no se hagan excesivos (Cuadro 4).

CUADRO 4. TOXICIDAD AGUDA DE LOS NEMATICIDAS EMPLEADOS EN PANAMA

Nematicida	Estado Físico a 25°C	DL 50 oral ratas	DL 50 dérmica conejos	CI 50 Inhalat. ratas
Aldicarb	sólido	0.8-1.0	2.5-7	
Bromuro de metilo	gas	-	-	200
Carbofurano	sólido	8-11	10,200	
DBCP	líquido	17-300	1,420	
DBE	líquido	117-178	125-300	200
1,3-DCP	líquido	250-500	250-500	
etoprop	sólido	61.5	24-26	
Fenamifós	sólido	8	118	
MIT	gas	-	-	
Oxamilo	líquido	5	2,960	
Cloropicrina	líquido	0.8-250	-	20

Los nematicidas actúan sobre los nematodos ya sea por contacto o de forma sistémica, sobrepasando las barreras e ingresando al organismo para modificar una estructura funcional, inhibir alguna enzima o estimular un proceso de forma incontrolada.

Como tóxicos que son y debido a su acción sobre el sistema nervioso, los nematicidas también tienen la facultad de afectar la salud de aquellas personas expuestas, ya sea en la fase de transporte, la preparación, la aplicación o durante el almacenamiento. Por tanto, es necesario proteger las vías de penetración como la piel, las vías respiratorias, los ojos y la boca para reducir o evitar intoxicaciones. Ingresados al organismo, los nematicidas son traslocados por vía sanguínea a los diferentes órganos (hígado, riñones, nervios, etc.) y células del cuerpo donde pueden causar daños de forma rápida (aguda o lenta e irreversible), por lo que el cuerpo humano reacciona ante estas acciones a través de señales o alarma de peligro, denominadas síntomas. Estos varían según la sustancia, la dosis, la forma y duración de la exposición. Algunos síntomas comunes por intoxicación con nematicidas son mareos, dolor de cabeza,

debilidad en las piernas, dificultad respiratoria, visión borrosa y sudoración excesiva.

Los nematicidas pueden alterar especies benéficas e importantes organismos del suelo, especialmente, los fumigantes de acción biocida que pueden destruir bacterias que transforman el amoníaco en sustancias nitrogenadas de menor toxicidad. Por ello, la aplicación de nematicidas debe ser apropiada en cuanto a dosificación, forma y período. La elevada residualidad de algunos nematicidas y el carácter sistémico de otros traen en consecuencia la presencia de restos de los mismos en los frutos (residuos) y que se consumen por el hombre o sus animales domésticos.

LITERATURA CITADA

- ANONIMO. 1970. Contraloría General de la República. (Mimeógrafo). 86 pp.
- ESPINOSA, J., A. FERRER & L. MONTENEGRO. 1986. Diagnóstico sobre uso de plaguicidas por productores nacionales. Miscelánea Técnica Nº 8, IDIAP. Panamá. 48 pp.

// ANALISIS DEL PROBLEMA DE LOS NEMATODOS EN VIVEROS DE CAFE (Coffea arabica L.)

Ing. Adrián Figueroa M.*

Introducción

El cultivo del cafeto constituye una de las principales fuentes socioeconómicas de muchos países ubicados en diversos continentes como América, Africa, Asia. Se estima que existen 4 millones de fincas en el mundo y que diversos países basan su economía en este cultivo. Una media docena de especies comerciales de café se cultivan en el mundo, considerándose C. arabica como la principal (Lordello, 1972).

Existe información abundante de diversos géneros y especies de nemátodos que atacan el cafeto (Salas & Echandi, 1961; Vargas, 1968; Whitehead, 1969). Entre estos, se estima que Meloidogyne (entre 10 a 12 especies) y Pratylenchus (de 2 a 3 especies) son los más importantes en la economía de este cultivo, si se toma en cuenta su amplia diseminación, sus niveles poblacionales y los daños que causan en el cafeto. Las especies M. exigua, M. incognita, M. coffeicola y P. coffeae, pueden ser consideradas como las de mayor preocupación (Figueroa, 1974; Figueroa, 1980; Lordello, 1972; Salas & Echandi, 1961).

En Costa Rica, un reconocimiento de nemátodos en café que incluyó más de 2,000 muestras de raíces de café y unas 600 de suelo, mostró los géneros Meloidogyne (M. incognita, M. exigua y Meloidogyne sp.) y Pratylenchus (P. coffeae, Pratylenchus sp.), sobresalían por su amplia diseminación, altas poblaciones y daños asociados con el cultivo (Figueroa, 1978).

Los nemátodos del cafeto en viveros

Los nemátodos del café comprenden un grupo numeroso de géneros y especies. Entre los que habitan en el interior de las raíces (endoparásitos sedentarios y migratorios) se citan los siguientes: Meloidogyne africana, M. exigua, M. coffeicola, M. decalineata, M. javanica, M. incognita, M. arenaria, M. hapla, M. megadora, M. brevicauda, M. kikuyensis, M. oteifai, Pratylenchus coffeae, P. brachyurus, P. loosi, Radopholus similis y Rotylenchus reniformis (Lordello, 1972; Salas & Echandi, 1961;

* Nematólogo, Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG, San José, Costa Rica.

Whitehead, 1969.

Los géneros de nemátodos ectoparásitos más comunes asociados con el cultivo del café, son: Helicotylenchus, Rotylenchus, Peltamigratus, Criconemoides, Macroposthonia, Criconema, Xiphinema, Longidorus, Trichodorus, Tylenchorhynchus, Paratylenchus, Tylenchus, Ditylenchus, Psilenchus, Aphelenchoides, Aphelenchus, Cacopaurus, Hemicycliophora y Trophurus (Lordello, 1972; Salas & Echandi, 1961).

De todos estos, Xiphinema americanum es considerada circunstancialmente como la especie ectoparásita más importante que las anteriores (Figueroa, 1978; Sylvain, 1960).

Síntomas en las raíces y el follaje

1. El nemátodo agallador, Meloidogyne spp., induce en las raíces a la formación de protuberancias o nudosidades denominadas nódulos, agallas o cecidios. Cuando estas estructuras son invadidas por organismos secundarios (hongos y bacterias), se pudren reduciendo considerablemente el sistema radicular de las plantas (Figueroa, 1978). En estudios de patogenicidad a nivel de vivero, M. exigua redujo el crecimiento de plantas de café de 4 y 10 meses de edad en un 34 y 45% respectivamente (Salas & Echandi, 1961).

El nematodo Pratylenchus spp. causa lesiones pequeñas de color pardo rojizo en las raíces nuevas del café. La acción de organismos secundarios transforman estas lesiones en pudriciones que afectan grandes áreas de las raíces, lo que permite la remoción de la corteza con facilidad, quedando sólo la médula. Las raíces en este estado, a menudo muestran un exceso de tejidos suberosos. En estados avanzados las plantas carecen de raíces absorbentes (Figueroa, 1978). En vivero, inoculaciones con M. exigua, Pratylenchus coffeae y el hongo Fusarium sp., provocaron una clorosis fuerte del follaje y una pudrición severa del sistema radicular (Salas & Echandi, 1961). En Costa Rica, mediciones en plantitas de vivero de café Caturra de un año de edad, mostraron reducciones de casi tres veces en el peso de las raíces, cuando ambos géneros de nematodos estaban presentes en altas poblaciones (Figueroa, 1984).

2. En el follaje el síntoma más conspicuo es la desnutrición de las plantas afectadas. En los viveros las plantitas afectadas se muestran enanas y cloróticas. Se reduce considerablemente el número de ramas, el peso, la longitud y el grosor de los tallos, así como el peso del follaje (Figueroa, 1984), como se indica en el Cuadro 1.

Los daños de estos nematodos debilitan las plantas y las exponen a ataques severos del hongo Cercospora coffeicola en el follaje, provocando una defoliación severa y la muerte de las plantas (Figueroa, 1978; Figueroa, 1984).

CUADRO 1. EFECTO DE Meloidogyne y Pratylenchus EN EL PESO FRESCO DE PLANTAS DE VIVEROS DE CAFE CATURRA DE UN AÑO

Tipo de planta	Peso del * tallo en gr	Peso del follaje en gr	Peso de las raíces en gr	Nemátodos en 1 gr de raíz
Con 3 pares de ramas	10.56	20.46	12.00	M - 6085 P - 5
Con 4 y 5 pares de ramas	15.36	48.12	12.20	M - 885 P - 130
Con 6, 7 y 8 pares de ramas	22.46	65.62	16.88	M - 1745 P - 50
Con 9 pares de ramas	29.14	116.58	16.86	M - 5 P - 50
Con 12 pares de ramas (testigo**)	41.68	217.10	32.44	M - 60 P - 25

*: Promedio de 10 plantas

** : Plantas menos afectadas en el campo

M: Meloidogyne

P: Pratylenchus

Establecimiento del semillero

La germinación de la semilla se realiza en el semillero hasta el estado de soldadito o manguito. El suelo debe ser suelto, fino, aunque no sea fértil, porque la semilla lleva su propia reserva de nutrientes. Se deben de evitar los suelos infestados (Román, 1978; Whitehead, 1969). El material libre de nemátodos evitará la infestación futura en grandes áreas cafetaleras. Para obtener semilleros sanos se recomienda:

1. Utilizar arena de río libre de suelo o cualquier otro material idóneo que permita una germinación adecuada de las semillas en las camas de germinación, y que evite la propagación de hongos como Rhizoctonia (Abrego, Castillo & Trigueros, 1963).
2. Escoger suelos libres de nematodos como Meloidogyne y Pratylenchus. Tratarlos con nematicidas fumigantes (Sylvain, 1960). Se pueden utilizar también nematicidas orgánicos fosforados o carbamatos (Schieber, 1968).

3. Uso del método de solarización de suelos. Suelos húmedos, se cubren herméticamente con un plástico y quedan expuestos al sol por 1 a 2 meses. Las plantitas de los semilleros deben muestrearse rigurosamente para nematodos cuando estén listas para su traslado a los viveros; esto es, antes de que desarrollen las hojas cotiledóneas.

Sistemas de viveros

En Costa Rica y en varios países de Centro y Sudamérica existen sistemas de producción en viveros, aunque son 2 los que más se utilizan (Carvajal, 1984; Román, 1978 & Whitehead, 1969).

1. Directo en el suelo sobre eras: Se escogen suelos idóneos y en barbecho, o en donde los cultivos anteriores hayan sido pastos o caña. En países con una época seca definida, se recomienda roturas y encalar el terreno en la época seca, para eliminar malezas y nematodos. También se ha usado el tratamiento previo del suelo del vivero con nematicidas fumigantes, usando cobertores plásticos por 3 a 4 días antes de aerar el suelo y sembrar a los 10 días (Lordeillo, 1972). Cuando se usan nematicidas orgánicos fosfatados y carbamatos, se distribuyen en la superficie de las eras y se incorporan en dosis de 0.75 g de i.a./m². A los cuatro y ocho meses se repite la aplicación de estos productos sobre la superficie del suelo, en dosis de 1 g de i.a./m².

Otra alternativa consiste en hacer la primera aplicación de un nematicida orgánico granulado, incorporado homogéneamente en el suelo y después de 3 a 4 meses se hacen aspersiones foliares a las plantas a intervalos bimensuales con un nematicida líquido en dosis de 1.000 a 1.200 ppm. (Figueroa, 1980).

Antes de utilizar las plantas del vivero, es conveniente verificar el estado del sistema radicular y enviar muestras de raíces y suelo para su análisis a un laboratorio competente. En el Cuadro 2 se presentan los resultados de un reconocimiento nematológico en viveros de café recientemente realizado en Costa Rica.

2. En bolsas de polietileno: Se utilizan bolsas de tamaño 6" x 9" o de 9" x 12", de color negro y con agujeros. Se prefiere el uso de suelo suelto (franco arcillosos o franco arenoso) y con buen contenido de materia orgánica para llenar las bolsas donde se siembran las plantitas del semillero. Para mejorar la textura del suelo, se le agrega materia orgánica (gallinaza, estiércol o pulpa de café), de un 10 al 25% (Carvajal, 1984). Después de esta operación, se recomienda el tratamiento del suelo con nematicidas fumigantes, vapor etc., para controlar los nematodos. Cuando se usan fumigantes, 3 a 4 días después de la aplicación, se ventila el suelo e introduce en las bolsas para iniciar la siembra. El uso de suelo proveniente de bosque secundario (capa de 10 a 15 cms), da excelentes resultados y evita en gran medida la propagación de nematodos como Meloidogyne y Pratylenchus. En este caso se recomienda el

CUADRO 2. RECONOCIMIENTO DE NEMATODOS ENDOPARASITOS EN VIVEROS DE CAFE EN COSTA RICA

Fechas	Nº muestras de raíces	Nem/100 gr raíces		% de frecuencias	
		<u>Mel.</u>	<u>Prat.</u>	<u>Mel.</u>	<u>Prat.</u>
1er trimestre 1986*	84	119	417	18	37
4to trimestre 1987*	63	1.151	667	14	22
Todo el año (86-87)**	69	20.790	616	51	26

* Viveros incluidos en el proyecto de nematología MAG-ONS

** Viveros de agricultores fuera del proyecto

uso de nematicidas orgánicos fosforados y carbomatos, durante la siembra y cada cuatro meses, en dosis de 0.05 a 0.1 g d i.a./bolsa. El tratamiento de la mezcla de suelo y materia orgánica por solarización podría también brindar muy buenos resultados.

En resumen, el sistema de viveros en bolsas de polietileno ofrece más ventajas en relación al vivero con material sembrado directamente sobre suelo para el combate de los nemátodos. Este sistema permite escoger el tipo de suelo y tratarlo de una manera más adecuada; aprovechar mejor el nematicida, otros plaguicidas y fertilizantes; y colocar las bolsas en sitios libres de la contaminación por nemátodos.

Además de los métodos tradicionales, existen otros métodos eficaces de control de nematodos que en el caso de los viveros de café, pueden llegar a tener importancia los siguientes:

1. Control de nemátodos con injertación: Consiste en injertar cultivos comerciales y susceptibles de café (Figuerola, 1978), usando como patrón el café Robusta, considerado como resistente a los nemátodos de los géneros Meloidogyne y Pratylenchus (Cuadro 3).
2. Uso de resistencia varietal: Especie de café como C. dewevrei y C. liberica, son considerados inmunes o muy resistentes al nemátodo Meloidogyne spp. Esta práctica puede tener mucho éxito en viveros de café, porque el injerto se hace con las plantitas del semillero (manguito) cuando están listas para la etapa del trasplante al vivero. Es preferible su uso cuando predomina el nemátodo Meloido-

CUADRO 3. POBLACIONES DE Meloidogyne exigua Y Pratylenchus coffeae EXTRAIDOS DE RAICES DE CINCO CULTIVARES DE CAFE (C. arabica), CON O SIN INJERTAR SOBRE PATRONES DE ROBUSTA

Cultivares de café	Número de nemátodos en 100 gr de raíces			
	<u>Meloidogyne</u>		<u>Pratylenchus</u>	
	Injertado	No injertado	Injertado	No injertado
Híbrido Tico	16.078	59.359	2.406	3.156
Caturra	13.750	51.656	2.187	3.109
Villa Sarchí	10.896	39.500	3.027	2.131
Mundo Novo	13.406	29.074	2.906	3.051
Typica	3.812	27.980	8.547	10.922
Totales	57.942	207.569	19.073	22.369
Promedios	11.588*	41.514*	3.815	4.474

* Diferencia significativa (P = 0.01).

gyne y se cultiva el café en áreas tropicales de alta precipitación y temperaturas medias de unos 25 °C.

3. Control biológico de nemátodos en viveros: El uso de organismos parásitos y predadores de los nemátodos como medio de combate no ha sido muy exitoso hasta la fecha (Baeza, 1978). El más interesante ha resultado ser el hongo Paecilomyces lilacinus, aunque existen diferencias de opiniones entre nematólogos, acerca de su efectividad en el control de Meloidogyne spp. Su uso a nivel comercial aún no es recomendable.

LITERATURA CITADA

- ABREGO, L., J.A. CASTILLO & L.F. TRIGUEROS. 1963. Nemátodos del café en El Salvador. Boletín Informativo, Suplemento No. 19, Inst. Salv. de Inv. del Café.
- BAEZA, C.A. 1978. Parasitismo de Bacillus penetrans en Meloidogyne exigua establecido en Coffea arabica. Cenicafé 29:94-97.
- CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. 2da. Edición. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza. 254 pp.

- FAZUOLI, L.C. & R.A. LORDELLO. 1977. Resistencia de Coffea liberica e C. dewevrei a Meloidogyne exigua. Pp. 197-199. en Trabalhos apresentados a II Reuniao de Nematologia. Soc. Brasil de Nematologia. Piracicaba, Brasil.
- FIGUEROA, A. 1974. Nemátodos en café. Min. de Agric. y Gana., Costa Rica. Boletín Técnico No. 62.
- FIGUEROA, A. 1978. Efectos de Carbofuran 5 G en la productividad del café Caturra. Nematropica 9:26-33.
- FIGUEROA, A. 1978. Evaluación de la resistencia varietal del café contra los nemátodos endoparasitarios Meloidogyne y Pratylenchus. Pp. 23-24 en International Meloidogyne Project. Segunda Conferencia Regional de Planeamiento del Proyecto Internacional Meloidogyne. Región 1.
- FIGUEROA, A. 1980. Efectos del Carbofuran y Oxamil en el Café Caturra. Nematropica 10:66-67.
- FIGUEROA, A. 1980. Nemátodos del cafeto. Pp. 128-133 en Cafeto, cultivo y fertilización. 2da. Edición. Instituto Internacional de la Potasa. Berna/Suiza.
- LAUGHLIN, W.CH. & L.G.E. LORDELLO. 1977. Sistemas de manejo de nematoides: Relaciones entre a densidade de populacao e dos danos a planta. Pp. 15-20 en Trabalhos apresentados a II Reuniao de Nematologia. Soc. Brasileira de Nematologia. Piracicaba, Brasil.
- LORDELLO, L.G.E. 1972. Nematode pests of coffee. Pp. 268-284 en Webster, J.M. (Ed.), Economic Nematology. Academic Press, New York.
- ROMAN, J. 1978. Nemátodos del café, el té y el cacao. Pp. 113-121 en Fitonematología Tropical. Univ. de Puerto Rico, Mayaguez. Estación Exper. Agri. Río Piedras, Puerto Rico.
- SALAS, L.A. & E. ECHANDI. 1961. Nemátodos parásitos en plantaciones de café de Costa Rica. Café 3 (8):21-24.
- SCHIEBER, E. 1968. Nematode problems of coffee. Pp. 81-92 en Smart, G.C. & V.G. Perry (Eds.), Tropical Nematology. Univ. of Florida Press, Gainesville, Florida.
- SILVAIN, P.G. 1960. The problem of nematodes in coffee production. Turrialba 1:2-13.
- VARGAS, E. 1968. Guía práctica para la producción de almácigo certificado de café. Oficina Nacional de Semillas, Costa Rica. 17 pp.

WHITEHEAD, A.G. 1969. Nematodes attacking coffee, tea and cocoa and their control. Pp. 238-250 en Peachey J. E. (Ed.), Nematodes of Tropical Crops. Technical Communication N^o 40, Comm. Bureau of Helminth. St. Albans, England.

NEMATODOS QUE CAUSAN DAÑOS ECONOMICOS EN ORNAMENTALES EN COSTA RICA

Adrián Figueroa, Ing. Agr.*

Introducción

Debido a la importancia que reviste para la economía nacional el cultivo y exportación de plantas ornamentales, la Sección de Nematología del Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG, ha realizado una labor de investigación y servicios, con el propósito de ayudar al agricultor a solventar los problemas fitosanitarios en esta disciplina. Como consecuencia de esta labor se han llegado a determinar que los problemas de nematodos de mayor importancia económica en cultivos ornamentales se presentan en clavel y helecho.

Clavel

En febrero de 1986, se determinó por primera vez en Costa Rica un daño económico en clavel (Dianthus caryophyllus) causado por un nematodo del género Heterodera, específicamente H. trifolii. Esto ocurrió en Llano Grande de Cartago, que posee un clima cuyas temperaturas oscilan entre 6°C y 18°C, precipitación media anual de 1.500 a 1.800 mm y una altitud de 2.000 m.s.n.m., con topografía montañosa y suelos fértiles de origen volcánico. El sistema de cultivo usado por el agricultor es el de invernadero, con siembra directa de los esquejes de clavel sobre el suelo, previamente mullido y laborado en eras o camas.

Síntomas

Los síntomas del daño de este nematodo en las plantas se pueden observar debajo y sobre el suelo cultivado:

1. Debajo del suelo: Se produce una disminución importante de las raíces en las plantas más afectadas. Al librar las raíces del suelo, se distinguen a simple vista los estados adultos (quistes blancos) de las hembras del nematodo adheridas a las raíces de las plantas.
2. Sobre el suelo: El follaje de las plantas pierde desarrollo, las hojas inferiores se decoloran y secan con rapidez (bajera temprana); la

* Nematólogo, Ministerio de Agricultura y Ganadería, La Sabana, San José, Costa Rica.

producción de tallos, botones florales y flores disminuyen notablemente.

Reconocimiento

El problema se presentó inicialmente en clavel miniatura de color amarillo (Tony) de un año de cultivado. Las poblaciones de quistes y larvas del nematodo recuperados del suelo se presentan en el Cuadro 1. Posteriormente se encontró este nematodo en otros tipos de clavel miniatura como M. rosado (Marico), M. rojo (Rony), M. rosado (Cerese), y Tip Top. También se encontró en un trébol usado en esa zona mezclado con una gramínea, utilizado para pastoreo del ganado lechero.

CUADRO 1. RELACION ENTRE POBLACION DE Heterodera trifolii Y CRECIMIENTO DE CLAVEL (TONY) EN UN AÑO

Muestra	Quistes en 200 cc de suelo*		Larvas en 100 cc de suelo**	
	Buen crec.	Poco crec.	Buen crec.	Poco crec.
A	1	84	0	3.500
B	3	88	0	3.250
C	1	79	0	5.263
Promedio	1.6	83.6	0	4.004

* Extracción por Fenwick.

** Extracción por centrifugación y flotación con azúcar.

Discusión

Considerando que este nematodo también se ha encontrado en una zona de clima fresco y en su hospedero típico (trébol), podría deducirse que se trata de un problema local. No obstante, cuando se determinó el daño, las plantas de clavel tenían sólo un año de edad y las poblaciones del nematodo eran muy altas con daños muy severos, para el breve lapso transcurrido. El cultivo previo fue pasto (kikuyo). Los otros tipos de clavel miniatura no se encontraron afectados, sino hasta el año siguiente. En otros países existe información de este nematodo en clavel. El primer informe de Raski y Hart data de 1953. También se ha reportado de H. trifolii como un problema en claveles cultivados en invernadero en Francia e Italia (Mulvey & Anderson, 1986). Los esquejes enraizados de estos claveles fueron importados de Israel, pero a su vez, éstos fueron inicialmente traídos de Francia.

Helechos de Cuero

La presencia, diseminación y daños económicos inducidos por los nematodos en helechos (Rumohra adiantiformis) de exportación, se considera de mucha importancia en Costa Rica. Los trabajos de investigación y extensión que ha estado realizando la Sección de Nematología del Ministerio de Agricultura en los últimos años, así lo demuestran. El principal nematodo involucrado es Pratylenchus y su especie aparentemente es P. penetrans, no reportada antes en el país. Los daños que causa este nematodo se asocia con bacterias y hongos del suelo, para producir disminuciones en la cosecha de hojas que pueden fluctuar entre un 10% hasta un 40%. El nematodo se recupera del suelo, raíces y rizomas del helecho. Debido a que la propagación de este cultivo se ha realizado utilizando como semilla a rizomas infestados, la diseminación del nematodo y los daños que causan han ocurrido en gran escala, en lapso relativamente corto. Otra especie de este nematodo, P. scribneri, también ha sido reportada causando daños en helechos de cuero en el lago de Yojoa en Honduras (Pinochet & Ventura, 1980).

Síntomas

Los daños causados por este nematodo en las plantas se pueden observar en las partes subterráneas de las plantas y en su follaje.

1. Síntomas subterráneos: Ocurre una destrucción del sistema radicular, debido a necrosis y pudriciones. Los rizomas presentan manchas necróticas en donde se recuperan bacterias y hongos (Fusarium, Phytium, Rhizoctonia, Rosellinia, principalmente).
2. Síntomas aéreos: Las hojas pierden crecimiento o no se desarrollan del todo, disminuyendo su densidad. Los síntomas pueden confundirse con deficiencias nutricionales o envejecimiento prematuro (senescencia) de las hojas. Estas sufren decoloraciones y se tornan de color verde pálido, amarillo con necrosis en las puntas y púrpura. El incremento anormal de senescencia en las hojas puede ser un buen indicio de la presencia de Pratylenchus. En el mismo rizoma se pueden observar hojas de una edad similar, normales y senescentes cuando las raíces y el rizoma se afectan por el nematodo en un punto específico.

Reconocimiento

En el Cuadro 2 se dan los promedios de población de Pratylenchus y su porcentaje de frecuencia. En el Cuadro 2 se muestran las poblaciones promedio del nematodo ectoparásitos. De éstos, el nematodo Paratrichodorus está bastante diseminado y puede tratarse de una especie nueva, no reportada antes en el país.

CUADRO 2. RECONOCIMIENTO DE FITOPARASITOS EN HELECHOS DE CUERO
(Rumohra adiantiformis) EN COSTA RICA

Géneros de nematodos	Promedio en 100 cc de suelo	Promedio en 100 gr. de raíz
<u>Pratylenchus</u>	105*	9.102**
<u>Helicotylenchus</u>	22	--
<u>Criconemella</u>	4	--
<u>Trichodorus</u>	116	--
<u>Paratrichodorus</u>	111	--
<u>Tylenchus</u>	18	--
<u>Aphelenchus</u>	4	--
<u>Saprophytos</u>	350	--

* Frecuencia en muestras de suelo = 74% (187 muestras).

** Frecuencia en muestras de raíz = 69% (218 muestras).

Discusión

Los porcentajes de frecuencia o distribución del nematodo Pratylenchus, así como, sus promedios de población, se consideran altos en un período de cultivo relativamente corto. Esto da una idea de que la distribución del nematodo ocurrió por el uso de semilla contaminada, representada ésta por rizomas o por cospes (corte de un conjunto de rizomas, raíces y suelo). Cuando los helechos son propagados por esporas y cultivados en suelos donde el cultivo anterior no fue de helechos, la ausencia del nematodo y de los síntomas en las plantas es muy notoria. Esta situación unida a la especie del nematodo, indican que fue introducido al país en la semilla (rizomas). La asociación determinada entre el nematodo y otros microorganismos, puede ser el factor más importante que contribuye a la pudrición de raíces y rizomas, lo mismo que a la inducción de los síntomas observados en las plantas. El uso programado de nematicidas granulados, organofosforados y carbamatos, representan una costosa y arriesgada solución al problema en plantaciones ya establecidas. Erradicación durante el transplante ha sido exitoso en helecho de cuero con inmersión de raíces y rizomas en una solución de 800 ppm de tensulción, fenamifos y profos por 30 minutos (Corbett, 1973). Otra solución para las condiciones de cultivo que prevalecen en Costa Rica, es la incorporación a las eras o camas de una cobertura (mulch) en polvo de madera (aserrín) o gallinaza. El uso combinado de ambos métodos brinda los mejores resultados.

En renovación de plantaciones se sugiere el barbecho o la rotación de cultivos y el uso de semilla sana, posteriormente en el momento de la siembra. En plantaciones nuevas se recomienda el uso de semilla libre de este nematodo.

LITERATURA CITADA

- CORBETT, D.C.M. 1973. Pratylenchus penetrans. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. Set 2, Nº 16. Commonwealth Institute of Helminthology. Herts, England.
- MULVEY, R.H. & ANDERSON R.V. 1986. Heterodera trifolii. C.I.H. Description of Plant Parasitic Nematodes. Set. 4, Nº 46. Commonwealth Institute of Helminthology. Herts, England.
- PINOCHET, J. & VENTURA, O. 1980. Nematodes associated with agricultural crops in Honduras. Turrialba 30:43-47.

MANEJO DE FITONEMATODOS

Nahúm Marbán-Mendoza, Ph.D.*

Introducción

La presencia de fitonematodos en cultivos puede significar la reducción en cantidad o calidad de las cosechas. En las últimas tres décadas, las investigaciones orientadas hacia el control de nematodos, han generado una cuantiosa información sobre distintos métodos, tales como culturales, químicos, genéticos, biológicos, legales, etc., los que en menor o mayor grado son eficaces para reducir las poblaciones de fitonematodos provocando con ello una mayor protección a los cultivos. Independientemente del método (s) que un agricultor desee implementar en su peculiar situación, el factor más importante que debe considerar es el económico. En términos sencillos, esto significa que los beneficios (en dinero) de la producción, deben ser mayores (en una proporción de 3 a 1 ó aún más) a los gastos generados para reducir el daño de nematodos; gastos como la mano de obra, manejo del cultivar, plaguicidas, costo del dinero, etc. Este valor de costos-beneficios debe prevenir los posibles impactos negativos en la producción agrícola de imponderables de alto riesgo como el clima, las enfermedades, plagas, fluctuaciones del mercado, etc.

La filosofía actual en torno al control de nematodos se basa en los sistemas de manejo integrado, cuyo objetivo supremo consiste en la dependencia mínima de compuestos químicos mediante la utilización de otros métodos en forma combinada. En los párrafos siguientes, discutiremos brevemente a los elementos que constituyen los sistemas del Manejo Integrado de Nematodos.

I. Plantas resistentes al ataque de nematodos

Podríamos definir a la resistencia como la habilidad de la planta para soportar, oponerse, reducir o vencer el ataque de un patógeno (Strobel & Mathre, 1970). Se acepta por lo general, que el método más barato y con frecuencia, el único disponible para controlar nematodos patogénicos de razas de Meloidogyne, Globodera, Pratylenchus, etc. es el empleo de variedades resistentes. En el caso de cultivares de baja rentabilidad, el desarrollo de variedades resistentes es la única opción práctica (Wyatt, Fassuliotis & Johnson, 1980).

* Nematólogo, Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.

Por mucho tiempo, las investigaciones orientadas a la búsqueda de plantas resistentes permanecieron un tanto olvidadas, ya que estas toman largo tiempo y bastante dinero para lograr resultados concretos. También, el hecho de que los nematodos tengan la habilidad de reproducirse más rápido que el hospedante y que con ello adquieran la propiedad de "romper" la resistencia a dicho hospedante, ha originado algunas preguntas sobre la utilidad de esta metodología para resolver problemas en algunos sistemas nematodo-hospedante.

Sin embargo, la aceptación general de prescindir en menor grado del uso de productos químicos para salvaguardar el medio ecológico y obtener productos de consumo menos contaminados con materiales hechos por el hombre y cuya seguridad es motivo de una justificable preocupación por parte de diversos sectores sociales, ha fomentado las investigaciones sobre resistencia.

Se han evidenciado dos tipos de resistencia; la resistencia vertical y la resistencia horizontal (Van der Plank, 1968). La primera está generalmente controlada por uno o varios genes (oligogénica) y se basa en la relación gene por gene conceptualizada por Flor en 1959, la que implica que por cada gene de resistencia en el hospedante, hay su correspondiente gene de virulencia en el patógeno. En esta resistencia, cuando hay interacción diferencial entre variedades del hospedante y razas del patógeno se observa que algunas variedades son más resistentes a algunas de las razas del patógeno que otras.

La resistencia horizontal, en contraste, se debe al funcionamiento simultáneo de muchos genes (poligénica) y no hay interacción diferencial entre variedades de hospedante y las razas del patógeno. Esto quiere decir, que no se observa diferencia en una variedad cuando se le inocula con diversas razas del patógeno. Es importante mencionar que ambos tipos de resistencia están presentes simultáneamente en una variedad. Es decir, no son mutuamente excluyentes.

El comportamiento y definición precisa de los dos tipos de resistencia se definen mejor en un contexto epidemiológico. Quién desee estar mejor enterado al respecto debe consultar a García-Espinosa (1985) y Robinson (1981). Para los propósitos de este escrito, basta decir que ya existen diversas variedades resistentes de tomate, soya, algodón, y otros cultivos al ataque de razas de nematodos. Es obvio pensar que debido a lo complejo del problema, los esfuerzos dedicados deben ser continuos ya que los investigadores deben tratar de predecir los cambios de los elementos patógeno-hospedante, con el propósito de minimizar el impacto económico de los mismos.

II. Protección de plantas susceptibles

1. Exclusión de nematodos.

Este es uno de los principios de control de patógenos propuesto

por Whetzel en 1929. El objetivo consiste en impedir la introducción de nematodos en un área libre de los mismos. Esto se logra mediante la aplicación de quimioterapia, termoterapia y/o su implementación de procedimientos legales. En el primer caso la aplicación de agentes químicos biocidas como el bromuro de metilo, el vapam o el fenol en almácigos o macetas, es de gran utilidad. En el segundo, la utilización de vapor (para la esterilización de suelo, herramientas, implementos agrícolas, etc.) o de agua caliente para desinfectar propágulos vegetales como semillas, bulbos, esquejes y rizomas, son de lo más comunes. Aunque el método se fundamenta en el hecho de que los nematodos no soportan temperaturas de más de 55° C por 5 min., es necesario que para cada uso se determine con precisión la temperatura y el tiempo necesario para asegurar que los propágulos vegetales sean viables y estén libres de nematodos. En el caso de los esfuerzos legales, se refiere a las medidas cuarentenarias que se establecen entre regiones, países, estados, provincias, departamentos, municipios, etc. En esencia, las leyes correspondientes instrumentan una serie de medidas fitosanitarias, para impedir que material vegetal contaminado de organismos nocivos pasen a una área libre de los mismos. El nematodo sujeto a medidas cuarentenarias de mayor alcance a nivel mundial, es sin duda el nematodo dorado de la papa, Globodera rostochiensis.

2. Métodos culturales

- a. Manejo del suelo: Algunas prácticas agronómicas como el barbecho profundo en días calurosos, aparentemente minimizan el daño de nematodos. Aunque no se sabe con exactitud el por qué de este efecto, se supone que los nematodos son expuestos de manera violenta a condiciones que favorecen la desecación, fenómeno al cual son sumamente sensibles. Otra práctica complementaria consiste en preparar el terreno con "camas" o "lomos del surco" relativamente elevados, así como la colocación de semillas en forma tal que se maximice la utilización de superficies secas de suelo, situaciones adversas para los nematodos. En lugares donde se practica una agricultura intensa, estas prácticas culturales no tienen efecto significativo en el control de nematodos (Johnson et al, 1983). Lo contrario ocurre en sitios con estación seca prolongada donde el barbecho complementario para eliminar el crecimiento de plantas hospedantes resulta benéfico.
- b. Inundaciones: El mantener a un suelo inundado con agua por varias semanas resulta benéfico, pues se reducen las poblaciones de nematodos. En ocasiones, esta reducción se traduce en mejores cosechas en cultivos subsecuentes, aunque no siempre ocurre así (Taylor & Sasser, 1978). El éxito de esta práctica solamente es posible en lugares donde el terreno esté relativamente nivelado y se disponga de suficiente agua.
- c. Cultivos Trampa: Este método es eficaz para reducir poblaciones de nematodos endoparásitos. Consiste en sembrar a un hospedante susceptible en un terreno naturalmente infestado de nematodos, dejarlo que crezca por un tiempo corto y enseguida eliminarlo. El

racionamiento de este método consiste en aprovechar el momento en que los nematodos carecen de movimiento debido al sedentarismo de su fase en desarrollo. En este período, el nematodo también no ha sido capaz de reproducirse. Este método en la práctica es muy difícil de llevar a cabo porque requiere de una gran precisión. De dejarse el cultivo crecer un poco más, el efecto podría ser contraproducente. La idea de utilizar hospedantes como Crotalaria spectabilis o Tagetes spp. donde los estadios infectivos de endoparásitos sésiles fracasan en su intento de completar su desarrollo, después de haber logrado infectar los tejidos radicales, es un poco más promisorio. Sin embargo, el problema que se tiene, es la enorme variabilidad de resultados obtenidos (Belcher & Hussey, 1977) y el pobre conocimiento de la naturaleza de este fenómeno.

- d. Fechas de siembra: En regiones que tienen una estación caliente prolongada y alternada con otra fría se puede sacar ventaja con algunos cultivos que tengan la habilidad de desarrollarse normalmente a temperaturas relativamente bajas (8-12°C), condiciones que no son del todo favorables para el desarrollo de los nematodos. Estos cultivos se dejan crecer hasta completar su desarrollo y se cosechan tempranamente, cuando las temperaturas son altas y la actividad de los nematodos es óptima. Si el cultivo se deja en el campo por algún tiempo más, el daño causado por nematodos puede ser considerable. Esta práctica es común en algunas regiones de países de clima templado en ciertos cultivos como papa y remolacha.
- e. Solarización: Este método consiste en calentar con los rayos del sol a suelo humedecido y cubierto con un plástico transparente (de 0.25-0.050 mm de grosor) por un período entre 4-8 semanas. La temperatura que se obtiene en el perfil del suelo entre los 15 y 30 cm llega a ser lo suficientemente alta como para matar a patógenos de origen edáfico y semillas de malezas. Este método es actualmente utilizado en forma exitosa para controlar a varias enfermedades en Israel y California (Ramírez Villapúdua & Munnecke, 1986).
- f. Enmiendas: Consiste en mezclar compuestos orgánicos de origen vegetal (rastros de maíz, trigo, alfalfa picada, crucíferas picadas) o animal (estiércol gallinaza) con las tierras para modificar favorablemente sus propiedades. En lo que concierne al control de fitopatógenos del suelo incluyendo a nematodos fitoparásitos, se supone que la acción de estos agentes enmendadores consiste en incrementar a los organismos antagónicos de los patógenos y/o inducir condiciones desfavorables para el desarrollo de estos últimos. La incorporación al suelo de algunos compuestos orgánicos como crucíferas (col fragmentada y ligeramente fermentada) y su gran eficacia para reducir substancialmente las poblaciones de los fitopatógenos, se explica en

parte por la formación de compuestos volátiles sumamente tóxicos como el amoníaco y compuestos sulfurosos.

3. Rotación de cultivos

Quizás desde los albores de la agricultura, los campesinos observaron que el alternar cultivos en sus terrenos era más beneficioso que el cultivar en forma continua a uno solo. Este conocimiento empírico se encuentra muy generalizado entre los agricultores a nivel mundial. Sin embargo, también es cierto que las fuerzas de mercado obligan a un vasto número de agricultores a depender del monocultivo. Por fortuna, hoy en día se investiga en varias partes del mundo la nobleza de los llamados sistemas de agricultura intensiva con el propósito de conocerlos mejor y aplicarlos en forma más efectiva para disminuir el uso de plaguicidas, preservar la calidad suelo-agua y lograr mejores cosechas.

Uno de los conocimientos básicos que se deben generar para llevar a cabo este tipo de programas es la relación planta-patógeno y un aspecto crítico de esto lo constituyen los estudios sobre la gama de hospedantes que una población de un patógeno determinado posee.

En nematología existen esfuerzos dirigidos a poner en práctica sistemas de rotación de cultivos para contrarrestar en forma efectiva el daño de nematodos. En esencia, se busca alternar a cultivos susceptibles con cultivos inmunes o resistentes, aspecto que se facilita con especies de nematodos que poseen una gama de hospedantes relativamente estrecha (Rhadinaphelenchus cocophilus, Heterodera schachtii, Heterodera cruciferae, etc.); con las especies que poseen una gama muy amplia de hospedantes como Meloidogyne y Pratylenchus, el problema es más difícil. Esto se complica aún más cuando existen considerables diferencias de rentabilidad entre las variedades de cultivo susceptibles y las resistentes. Por ejemplo, el tomate es un cultivo muy rentable que es susceptible a la mayoría de las especies de Meloidogyne. Al finalizar el ciclo del cultivo, las poblaciones del nematodo son considerablemente altas, de tal suerte que si en el siguiente ciclo se siembra a otro cultivo susceptible se podrían tener pérdidas considerables. Por ello, en un programa de rotación de cultivos contra Meloidogyne el cultivo a alternar con el susceptible debe ser inmune o altamente resistente a las razas del nematodo presentes en la zona.

En un sistema de agricultura Johnson et al (1976), consignaron las ventajas de sembrar secuencialmente por dos años a ciertos cultivos en comparación de otros, pero por un año para suprimir poblaciones de Meloidogyne. La serie maíz dulce-soya-trigo-soya-espinaca-maní o cacahuate-pepino-soya por dos años fue más efectivo que el sistema anual de nabo-maíz-chícharo sureño.

Para el caso de nematodos con estrecha gama de hospedantes como H. schachtii, se tiene la ventaja de poseer una vasta opción de cultivos disponibles para rotar como cultivos de grano, alfalfa, papa, tomate y otros de valor económico. Un caso similar lo constituye H. cruciferae

donde sólo basta utilizar a cultivos que no sean de la familia cruciferae.

La búsqueda de resistencia a nematodos constituye un elemento primordial en programas de rotación de cultivos. Cuando en un patosistema se carece de plantas resistentes, es difícil implementar estrategias con base en este principio. También es importante señalar que un buen manejo de malezas constituye una excelente práctica complementaria para garantizar el éxito de una rotación de cultivos. De esta manera, con una rigurosa selección de cultivos resistentes para rotar y un buen control de malezas, se puede lograr una reducción poblacional del nematodo problema, de tal suerte que enseguida se pueda sembrar exitosamente a un cultivo susceptible.

Sin embargo, como cualquier metodología, la rotación de cultivos no es una panacea y en muchos casos puede no ser una medida satisfactoria. Es solamente a través de la investigación básica y aplicada como se puede garantizar la instrumentación eficiente de programas de siembra en áreas con agricultura intensiva.

4. Control Biológico.

En la literatura se citan varios organismos parásitos de nematodos (virus, rickettsias, bacterias, hongos) y predadores (insectos, ácaros, turbeláridos, nematodos, hongos), los que en condiciones naturales coadyuvan a mantener en equilibrio las poblaciones de nematodos en los suelos. Si el lector desea informarse con detalle del tema le recomendamos consultar a Webster (1972), Barron (1977), Norton (1978), Mankau (1985), Zavaleta-Mejía (1985) y Jansson (1985).

Para los propósitos de esta contribución es conveniente destacar las siguientes generalidades: El uso de organismos antagonicos para el combate de nematodos es una promesa que requiere de redoblados esfuerzos por parte de los investigadores y las instituciones que proveen fondos para financiarlos con el propósito de entender mejor la naturaleza del fenómeno en cada una de la relación hospedante-parásito, mejorar técnicas de estudio, mejorar métodos de cultivo artificial de organismos antagonicos, desarrollar tecnologías simples o baratas que permitan a un vasto número de agricultores incorporarlos en sus sistemas de producción.

Hasta donde sabemos, de los cientos de organismos antagonicos a nematodos que se conocen, solamente algunos han sido particularmente estudiados por ofrecer relativamente mayores posibilidades de uso comercial que otros. Destacan Bacillus penetrans un organismo procariótico parásito obligado de algunos nematodos como Meloidogyne sp., Pratylenchus penetrans, P. scribneri y P. brachyurus. Las esporas de esta bacteria se pegan a la cutícula de los nematodos, el tubo germinal penetra a la cutícula y enseguida da origen a una microcolonia que tiene la facultad de proliferar en el pseudoceloma mediante sucesivas fragmentaciones de colonias hijas. Las colonias terminan su desarrollo en el nematodo con la formación de miles de endosporas que prácticamente llenan el cuerpo del animal y que son liberadas en el suelo cuando se desintegran, quedando

así listas para infectar a un nuevo nematodo.

La efectividad de B. penetrans para controlar especies de Meloidogyne y Pratylenchus ha sido estudiada en condiciones de invernadero y de campo a nivel de microparcela. Los resultados fueron promisorios ya que se logró reducir las poblaciones de nematodos y hubo al mismo tiempo un desarrollo vegetal más vigoroso de las plantas inoculadas con estas bacterias, en comparación de aquellas que no lo fueron y que se inocularon con nematodos fitopatógenos.

El problema que se tiene es la falta de consistencia de los resultados, particularmente cuando se establecen pruebas en condiciones más rigurosas para las bacterias como es en el campo.

En lo que concierne a los hongos nematófagos, son también muy pocas las especies o razas de hongos que muestran poseer un cierto grado de aplicabilidad. Destacan aislamientos del hongo predador Arthrobotrys, que en ciertas áreas de Francia lograron comercializarse para controlar a Ditylenchus myceliophagus, un nematodo muy peligroso en las granjas champiñoneras; Paecilomyces lilacinus parásito de huevos y adultos de Meloidogyne y Globodera pallida que en Perú protegió exitosamente a cultivos como el de papa. Recientemente, el hongo Meria coniospora, endoparásito obligado de Meloidogyne está siendo evaluado por la compañía Uniroyal de los E.U.A. con propósitos comerciales para algunas áreas.

Lo cierto es que en la gran mayoría de los casos en que se encuentra un organismo antagónico de conspicua virulencia, los investigadores obtienen resultados espectaculares a nivel de caja de Petri, con menos frecuencia e intensidad en condiciones de invernadero en macetas. Una proporción substancial de estos casos muestra poseer casi efectividad nula para controlar a los nematodos bajo condiciones de campo.

5. Control Químico.

Sin duda, el uso de nematicidas para controlar a una gran variedad de nematodos fitoparásitos es el método más fácil y efectivo. Sin embargo, en los últimos años, la tendencia es hacia una disminución de su uso. Se acepta que la aplicación de nematicidas en el campo se empezó a generalizar en el año de 1945, fecha en el que el Entomólogo, Carter en Hawaii demostró la importancia de los nematodos fumigando con el producto DD (1,2 dicloropropano, 1,3 dicloropropeno) a un terreno severamente infestado de nematodos.

Los productos que dominaron el mercado hasta los inicios de los setenta fueron los llamados nematicidas fumigantes o hidrocarburos alifáticos los cuales eran aplicados a dosis hasta de varios centenares de kilos por hectárea. A principio de los años setenta y hasta nuestros días, los llamados nematicidas no-fumigantes dominaron el mercado internacional y estos se aplican en dosis que va desde algunos kilos hasta algunas decenas de kilos por hectárea. En el climax del mercado de nematicidas se obtuvo el registro de aproximadamente 25 compuestos diferentes.

Sin embargo, en la última década, las revisiones que efectuaron las instituciones responsables de vigilar los riesgos que para el hombre y el medio puede ocasionar el uso de estos productos, dictaminaron la prohibición definitiva de venta de los fumigantes más populares (DBCP o Nemagon, Dibromuro de etileno y el 1,2 dicloropropano) y la colocación en la categoría de materiales restringidos de los no fumigantes aldicarb y carbofuran, dos de los nematicidas de mayores ventas a nivel mundial.

En la actualidad, la disponibilidad de nematicidas en el mercado mundial se encuentra como sigue: Nematicidas fumigantes; bromuro de metilo, cloropicrina, 1,3 dicloropropeno (Telon II), dazomet y metam sodio (Vapam). Nematicidas no fumigantes; fenamifos, ethoprop y thionazin como organofosforados; aldicarb, aldoxicarb, carbofuran y oxamyl como carbamatos.

En las últimas tres décadas no se ha desarrollado un nuevo producto nematicida debido a los gastos tan elevados que se requieren para satisfacer los estándares de eficacia y seguridad que exigen las instituciones que tienen la responsabilidad de conceder o negar registros comerciales de productos (oficina para la protección ambiental o EPA de los E.U.A., F.A.O. de las Naciones Unidas) y en menor grado los códigos sanitarios y de protección ambiental de los distintos países. Por ello, la estrategia de las corporaciones que poseen algún nematicida comercial, consiste en desarrollar tecnologías para realizar el uso de sus productos mediante el desarrollo de mejores sistemas de aplicación, formulación de productos, dosis y tiempo de aplicación, con el propósito de utilizarlos en las condiciones más favorables de efectividad y seguridad. Ninguna compañía sería está en condiciones de correr riesgos innecesarios que por descuido de planificación, seguridad y/o administración.

Si el lector desea enterarse con detalle de los tipos o clases de nematicidas disponibles en el mercado, sus características biológicas, químicas y físicas, la manera como las condiciones del suelo afectan su movimiento, su modo de acción en los nematodos y mamíferos, los esfuerzos de investigación que se llevan a cabo a nivel mundial para buscar otras alternativas químicas para el control de fitonematodos, le recomendamos consultarr a: Wright (1981), Spurr (1985), Thomason (1985) y Marbán-Mendoza (1985).

Finalmente, bajo la luz del conocimiento actual, es imperativo que los nematólogos están obligados a cambiar su tradicional punto de vista para controlar nematodos. Es evidente que no es posible seguir dependiendo de un solo método que en forma permanente nos resuelva los problemas nematológicos, sino que debemos buscar soluciones que combinen en forma apropiada para lograr los resultados más satisfactorios. Debemos desarrollar esquemas de manejo para cada área en donde en forma coordinada se alternen cultivos, se implementen prácticas culturales que disminuyan las poblaciones de nematodos, se seleccionen y programen los nematicidas de tal forma que se apliquen cuando los nematodos estén en su fase más vulnerable evitando al mismo tiempo prácticas que favorezcan

la aparición de razas resistentes. En esencia, la estrategia debe orientarse a buscar medidas globales para controlar plagas y enfermedades obteniéndose los resultados más favorables desde el punto de vista económico, ecológico y social. Estos esfuerzos holísticos se llevan a cabo bajo programas multidisciplinarios conocidos como Manejo Integrado de Plagas (MIP) o de Manejo Integrado de Cultivos (MIC). En el primer caso es de interés mencionar que el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, instrumenta desde hace 3 años programas de esa naturaleza en los países de Guatemala, Honduras, Costa Rica, El Salvador y Panamá. Los elementos que constituyen los programas de MIP, sus principios, características y problemáticas presentes y futuras, podrán ser aprendidas si se consulta a Caswell (1985) y Roberts (1985).

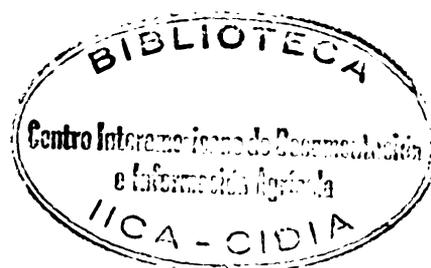
Como se observa, no tenemos ninguna indicación de que hallamos alcanzado ningún límite fundamental de nuestra capacidad para proteger a nuestros cultivos de los patógenos. Debemos reconocer que el desafío será siempre constante y que estamos obligados a contenderlo en su complejidad con todos los medios a nuestro alcance.

LITERATURA CITADA

- BARRON, G.L. 1977. Nematode-Destroying Fungi. Canadian Biological Pub. Ltd., Guelph Ontario.
- BELCHER, J.V. 1977. The Nematode-Destroying Fungi. Canadian Biological Pub. Ltd., Guelph Ontario.
- BELCHER, J.V., R. S. HUSSEY. 1977. Influence of Tagetes patula and Arachis hypogea on Meloidogyne incognita. Plant Dis. Reporter 61: 525-528.
- CASWELL, E. 1985. Nematology and integrated pest management: the role of simulation modeling. Pp. 299-308 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.). Fitonematología Avanzada I. Colegio de Postgraduados. México.
- GARCIA-ESPINOSA, R. 1985. Conceptos generales sobre resistencia en plantas al ataque de patógenos. Pp. 215-234 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.), Fitonematología Avanzada I. Colegio de Postgraduados, México.
- JANSSON, H.B. 1985. The biology of the nematophagous fungus Drechneria coniospora. Pp. 177-194 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.), Fitonematología Avanzada I. Colegio de Postgraduados, México.
- JONHSON, A.W., D.R. SUMMER, C.C. DOWLER & N.C. GLAZE. 1976. Influence of three cropping systems and four levels of pest management on

- population of root-knot nematodes and lesion nematodes. *J. of Nematology* 8:290-291.
- JONHSON, A.W., C.C. DOWLER, N.C. GLAZE & D.R. SUMMER. 1983. Effects of intensive cropping systems and pesticides on nematodes and crop yields. U.S. Dept. Agr., ARS, ARR-S-14. 36 pp.
- MANKAU, R. 1985. Biological control of nematode pests on Natural Enemies. Pp. 135-175 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.), *Fitonematología Avanzada I*. Colegio de Postgraduados, México.
- MARBAN-MENDOZA. 1985. Quimioterapia en nematodos. Pp. 259-286 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.), *Fitonematología Avanzada I*. Colegio de Postraduados, México.
- NORTON, D. C. 1978. Ecology of plant parasitic nematodes. John Wiley and Sons. N. York. 268 pp.
- RAMIREZ VILLAPUDUA, J. & D.E. MUNNECKE. 1986. Solar heating and amendments control cabbage yellows. *California Agriculture* 40 (5-6): 11-13.
- ROBERTS, P.A. 1985. Nematode impact on crop plant growth: An integrated pest management approach. Pp. 309-319 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.). *Fitonematología Avanzada I*. Colegio de Postgraduados, México.
- ROBINSON, R.A. 1981. Ecological aspects of disease resistance. Pp. 235-258 en Staples, R. C. y G.H. Toeniessen (Eds.). *Plant disease control, resistance and susceptibility*. John Wiley and Sons, N.Y.
- SPURR, J.W. 1985. Mode of action of nematicidas. Pp. 264-276 en Sasser, N.J. y C.C. Carter (Eds.). *An advanced treatise on Meloidogyne* Vol. I. Biology and control. North Carolina State Univ. and USA/AID.
- STROBEL, A.G. & E.D. MATHRE. 1970. *Outlines of plant pathology*. Van Nostrans Reinhold Co. N.Y. U.S.A. 465 pp.
- TAYLOR, A.L. & J.N. SASSER. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species). A cooperative publication of the Dept. of Plant pathology, North Caroline St. University and the USA/AID.
- THOMASON, I.J. 1985. Nematicides. Pp. 235-257 en Marban, N. y I.J. Thomason (Eds.), *Fitonematología Avanzada I*. Colegio de Postgraduados, México.
- WEBSTER, J.M. 1972. Nematodes and biological control. Pp. 469-496 en Webster, J.M. (Ed.), *Economic Nematology*. Academic Press, London.

- WRIGHT, D.J. 1981. Nematicides, mode of action and new approaches to chemical control. Pp. 241-249 en Zuckerman B.M. y R.A. Rhode (Eds.), Plant Parasitic Nematodes Vol. III. Academic Press. N. York.
- WYATT, J.E., G. FASSULIOTIS & A.W. JOHNSON. 1980. Efficacy of resistance to root-knot nematodes in snap beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:923-926.
- VAN DER PLANTK, J.E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Press N.Y. and London. 206 pp.
- ZVALETA-MEJIA, E. 1985. Las bacterias como agentes de control biológico de nematodos fitopatógenos. Pp. 195-214 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.), Fitonematología Avanzada I. Colegio de Postgraduados, México.



NEMATODOS PARASITOS DE CULTIVOS HORTICOLAS

Nahúm Marban-Mendoza, Ph.D.*

Introducción

Las hortalizas tienen un valor socioeconómico muy elevado en los distintos países. Son muchos los patógenos que las atacan y de estos, los nematodos fitoparásitos constituyen un grupo de gran importancia. Cuando un determinado cultivar se encuentra severamente infestado por nematodos, este muestra diversos síntomas como son, entre otros, la caída prematura de las hojas, clorosis de distinta magnitud y achaparramiento.

Desafortunadamente estos síntomas no son típicos ya que pueden también manifestarse cuando las plantas sufren el efecto de otros patógenos, plagas distintas, mal uso de herbicidas, condiciones inadecuadas de nutrición, etc. Por norma general, se acepta que muchos cultivos hortícolas que crecen en condiciones muy favorables de humedad y fertilidad pueden soportar enormes poblaciones de nematodos sin que sus rendimientos no sean afectados substancialmente. Por lo tanto, el papel que los fitonematodos poseen es más bien como participantes de enfermedades complejas donde de manera poco entendida, facilitan la acción patogénica de otros microorganismos asociados, provocando daños más severos.

La estimación de pérdidas en cultivos hortícolas por nematodos es relativamente difícil de percibir. Una de las técnicas más comunes se basa en la utilización de nematicidas. De las pocas estadísticas disponibles, destacan las publicadas en 1971 por un Comité de Expertos asignado por la Sociedad Americana de Nematólogos quien reportó pérdidas del orden del 11% en 24 cultivares hortícolas diferentes. Según dicho Comité, la equivalencia de estas pérdidas expresadas por unidad de producción, correspondía en promedio a \$247.00 dólares por ha entre 1967-1968.

En los últimos 60 años se ha incrementado extraordinariamente la investigación para encontrar medidas efectivas de control. Se ha logrado obtener algunas variedades resistentes en algunos cultivares, se cuenta con mejores prácticas culturales que han permitido a los agricultores reducir pérdidas, se tiene un arsenal de nematicidas que en forma efectiva permite a los agricultores obtener mejores cosechas en volumen y calidad.

* Nematólogo, Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.

Sin embargo, la aplicación de estos productos sólo es rentable en aquellos cultivos de alto valor económico. En el presente escrito discutiremos a las especies de fitonematodos de mayor importancia en los distintos cultivos hortícolas.

Cultivos de bulbo (Ajo y Cebolla)

Especies de nematodos de los géneros Ditylenchus y Pratylenchus son los que causan los daños más severos en ambos cultivos. D. dipsaci y P. penetrans son las especies más ampliamente distribuidas a nivel mundial.

Las especies de Ditylenchus pueden infectar también las porciones áreas de las plantas. Dependiendo de las temperaturas, el ciclo de vida de D. dipsaci se completa entre los 19 y 23 días (de huevo a huevo) y cada hembra es capaz de ovipositar de 200-500 huevecillos durante todo su período fértil que es de aproximadamente de 73 días. El 4º estadio es muy resistente a la desecación teniendo la facultad de sobrevivir anabióticamente por varios años. Al incubarse en agua, este estadio recupera su actividad y puede infectar a un nuevo hospedante. El nematodo es capaz de destruir el parénquima cortical, pues sus glándulas esofágicas producen enzimas diversos que provocan reacciones deletéreas a los tejidos. D. dipsaci posee diversas razas que pueden separarse por su gama de hospedantes (Sturhan, 1971). Este nematodo se controla efectivamente mediante la utilización de agua caliente provista de formalina y detergente (Lear y Johnson, 1982).

En el caso de Pratylenchus la especie P. penetrans parece ser la más patógena en la cebolla en algunos estados de la Unión Americana. El ataque de este nematodo induce la formación de lesiones pequeñas, al principio de color grisáceo y después oscuro.

Cultivos de rizoma (Camote, Betabel, Zanahoria)

El camote Ipomoea batata) es severamente afectado por varias especies de Meloidogyne y por Rotylenchulus reniformis. El parasitismo del primer nematodo ocasiona malformación de raíces, achaparramiento y resquebrajamiento del tubérculo. Las juveniles de M. incognita inducen la formación de células gigantes, causan hiperplasia en el tejido parenquimático, provocan la anomalía del xilema y la formación de tejido corchoso. Ninguna otra especie de Meloidogyne muestra tener tal grado de virulencia en la papa.

De acuerdo con Jones et al 1980, en las últimas décadas los fitomejoradores han logrado obtener algunas variedades resistentes al ataque de varias especies de Meloidogyne. La disponibilidad de dichas plantas para el resto del mundo está abierta. El Departamento de Hortalizas de los E.U.A. las ha distribuido desde su obtención.

Nematodos del género Rotylenchulus se han encontrado en Puerto

Rico (Román, 1978) y el Estado de Louisiana (Marlin, 1960) induciendo daños en plantaciones comerciales. La patogenicidad de R. reniformis al cultivo fue demostrada en condiciones experimentales donde se observó que el nematodo además de reducir substancialmente el peso de los tubérculos, también era capaz de inducir células gigantes, engrosamiento de las paredes celulares y necrosis de tejidos.

El cultivo del Betabel (Beta vulgaris) es severamente afectado en el Estado de New York por el nematodo Heterodera schachtii (Abawi & Mai, 1980). En cambio en Utah y California el cultivo es afectado por Nacobbus.

En México, en el Estado de Puebla, el nematodo Nacobbus aberrans y otra especie aún no identificada que produce agallas, causa pérdidas de consideración. El cultivo de zanahoria (Daucus carota) está asociada a más de 90 especies de nematodos, algunas muy patogénicas (Phillis, 1976). Destacan por su importancia en el cultivo Meloidogyna hapla, Rotylenchulus reniformis, R. laurentinus, Rotylenchus robustus y Nacobbus aberrans. M. hapla es considerado un patógeno muy serio en el cultivo en los E.U.A. El nematodo induce severas malformaciones, especialmente amuñonamiento y fasciculaciones. Observaciones en campo en México indican que una raza de N. aberrans induce también malformaciones al cultivo de zanahoria y rábano.

Cultivos de Cucurbitáceas

Esta familia posee una gama muy amplia de especies de mucha importancia económica, ya que constituyen cultivos que proveen al hombre de alimento y materia prima industrial. Cultivos de amplia distribución mundial y muy bien adaptados a las condiciones tropicales son la calabaza, melón, pepino y sandía. El cultivo del Estropajo (Luffa cylindrica) es importante a nivel regional en algunos países como en México y el Caribe.

Estos cultivos son atacados en menor o mayor proporción por algunas especies de los géneros Meloidogyne, Rotylenchulus y Pratylenchus. Dentro del primer género, en los trópicos americanos la especie más ampliamente distribuida es M. incognita y en menor proporción M. javanica. En climas templados M. hapla, M. chitwoodi y M. arenaria se les encuentra con frecuencia afectando a cultivos de esta familia.

La especie más peligrosa del nematodo reniforme es Rotylenchulus reniformis, particularmente en el cultivo del melón donde es capaz de inducir severos daños.

Pratylenchus thornei en el cultivo de la sandía es la especie asociada a detrimientos moderados en Israel (Orion, Drikun & Sullami, 1979).

En general, dependiendo del nivel de inóculo presente y la suscepti-

bilidad del cultivo. Las plantas de cucurbitáceas afectadas por el parasitismo de fitonematodos muestran clorosis y achaparramiento de diversa intensidad. Dadas algunas condiciones, especialmente de nivel poblacional alto, cultivo susceptible, condiciones edáficas favorables y manejo pobre del cultivo, algunas de las especies mencionadas pueden ocasionar pérdidas totales.

Cultivos de crucíferas

En los trópicos y subtrópicos, las especies de plantas de esta familia no son comunes. Esto no es así en los climas templados donde el brocoli, la coliflor, col y otras especies más, constituyen un papel predominante en la dieta diaria de los habitantes de dichas regiones. La remolacha es otro cultivo importante en el área industrial. Varias especies de Meloidogyne causan severos daños a la col en Europa y Norte América. Sin embargo, en California, el enquistado Heterodera cruciferae, reduce la calidad y cantidad del cultivo (Mc Cann, 1981). En los Estados del Noreste de los E.U.A. Pratylenchus penetrans se le encuentra asociado a pérdidas en la col (Rhoades, 1971), y en otras regiones como en la India, la especie Tylenchorhynchus brassicae es de gran interés económico para los agricultores (Khan, 1969).

A nivel mundial, el enquistado Heterodera schantii es considerado como factor limitante en el cultivo de la remolacha azucarera. Este nematodo sin embargo, posee más de 200 hospedantes y cerca del 80% de las especies crucíferas son hospederos.

Al igual que en la mayoría de las especies de nematodos fitoparásitos, las especies antes mencionadas interactúan con otros organismos fitopatógenos como Fusarium, Verticillium y Rhizoctonia, donde son capaces de inducir pérdidas más grandes que en forma individual.

Cultivos de leguminosas

Especies de cultivos de esta familia son muy importantes porque constituyen la fuente de proteínas de origen vegetal, de mayor importancia para el hombre. Cultivos como el frijol, soya, garbanzo, lenteja y chícharo entre otros, significan fuentes alimenticias de gran valía en todas las regiones del mundo.

Son muchas las especies de fitonematodos que se encuentran asociadas a pérdidas de cultivos leguminosos; destacan por su importancia M. incognita, M. javanica, M. arenaria (en climas subtropicales y tropicales); M. hapla, M. chitwoodi, M. thamesi entre otras, en climas templados. De las especies de Pratylenchus, destacan; P. scrobneri, P. neglectus y otras (Olthof, 1979).

Otros fitonematodos asociados con leguminosas son: Rotylenchulus spp., Belonolaimus gracilis, Heterodera glycines, Ditylenchus dipsaci y Nacobbus aberrans.

Las especies de Meloidogyne causan pérdidas hasta el 90% en distintas variedades de frijol (Schwartz y Gálvez, 1980). El enquistado de la soya también es de gran importancia a nivel mundial. Belonolaimus posee importancia regional (región este de los E.U.A.), así como N. aberrans en frijol (altiplano mexicano).

Cultivos de Solanaceas

En esta familia se encuentran cultivos como el tomate, berenjena y chile, los cuales constituyen una parte muy importante de la dieta del hombre en casi todos los países del mundo. Son muchas y diversas las especies fitoparásitas que se han reportado asociadas a detrimentos de magnitud diversa en estos cultivos. Las especies se encuentran agrupadas en aproximadamente 20 géneros (Valdez, 1978), de los cuales destacan Meloidogyne, Pratylenchus, Rotylenchulus y Nacobbus.

1. Meloidogyne: De acuerdo con Sasser & Carter (1985), de las casi 60 especies de Meloidogyne; M. incognita, M. javanica, M. arenaria y M. hapla son las más ampliamente distribuidas y son sin duda, las de mayor importancia económica, por su virulencia como patógenos, su alta tasa reproductiva y amplia gama de hospedantes. Con excepción de M. hapla quien se encuentra distribuida en zonas templadas (promedio de temperaturas en los meses calientes de 15°C), las otras especies mencionadas se ubican en regiones más calientes, de preferencia donde los veranos son largos y los inviernos cortos (como en los trópicos y subtrópicos).

Dentro de una misma especie, existen poblaciones que manifiestan una marcada preferencia por una gama de hospedantes determinada. Estas poblaciones constituyen un biotipo o raza. M. incognita por ejemplo posee 4 razas, siendo la raza 1 (que no ataca a tabaco NC 95 ni al algodón Deltapine 16) la que se encuentra más diseminada a nivel mundial. La existencia de razas, dentro de la misma población de una especie, implica que uno debe reconocer en cualquier clase de estudio, con que tipo o clase de raza se está trabajando. Esto es particularmente cierto en las investigaciones de los fitomejoradores pues ello requiere de considerar a todas las razas en el desarrollo de variedades resistentes. Si Uds. desean saber detalles de las pruebas diferenciales para determinar especies y razas de Meloidogyne, se les recomienda consultar el Ejercicio 6 del Manual de Laboratorio de Fitonematología (Zuckerman, Mai & Harrison, 1985) el cual también se encuentra disponible en Español (CATIE, 1987).

Las cuatro especies de Meloidogyne mencionadas así como M. chitwoodi y quizás M. exigua, son responsables de daños severos con tomate, berenjena y chile. Sin embargo, éstos organismos interactúan de diversas maneras con otros microorganismos edáficos como hongos y bacterias, algunos de éstos patógenos virulentos, y cuya relación en muchos casos se traduce en daños mayores a los que se obtendrían a partir del parasitismo de uno solo. Para ilustrar este aspecto

cabe mencionar el efecto sinérgico en la reducción del crecimiento de plantas de tomate infectadas como M. javanica y Fusarium spp. (Bergenson, Van Gundy & Thomason)1970. La marchitez es mayor en berenjena cuando infectadas con M. incognita y Sclerotium rolfsii (Goswami et al 1970), mayor pudrición radical de plantas de tomate con M. incognita y Rhizoctonia solani (Van Gundy, 1977), rompimiento de la resistencia del algodón a Verticillium cuando infectadas por M. javanica (Valdez, 1978) etc. Existen en la literatura muchas enfermedades complejas en donde la participación de especies de Meloidogyne está involucrada con daños mayores.

El ciclo de vida de Meloidogyne es relativamente complejo. Como la mayoría de los nematodos, este incluye 4 estadios juveniles y los adultos. Los huevos son depositados por las hembras globosas dentro de una masa gelatinosa que protruye del cuerpo. Dentro del huevo se lleva a cabo el desarrollo embrionario que culminará con la formación del primer estadio juvenil. Por lo general, este muda (cambia de cutícula) dentro del huevo y se forma el segundo estadio juvenil que emerge del huevo y es el infectivo; es decir que este estadio sólo tiene la función de buscar un hospedante para infectarlo. Dentro del hospedante, ésta larva busca un sitio, generalmente en los tejidos de la corteza radical donde se establece, muda por segunda vez y se transforma en el tercer estadio. Este estadio inicia cambios bruscos en su morfología ya que su cuerpo se empieza a hinchar. Las futuras hembras continúan engordando hasta la última muda en que crecen rápido y terminan con un cuerpo piriforme (en forma de pera). Los machos por el contrario en el 4º estadio donde todavía son fusiformes como las hembras, llevan a cabo una especie de metamorfosis, la que culmina en la formación de adultos filiformes provistos de estilete, esófago, espículas y testículos. Dependiendo del hospedante y de la temperatura, la longitud del ciclo de vida (de huevo a huevo) varía entre las distintas especies.

Ahora bien, la respuesta de las plantas hospedantes al parasitismo de estos nematodos se manifiesta en la formación de dos estructuras de origen independiente; estas son las agallas y la formación de células gigantes. La inducción de células gigantes se lleva a cabo por mecanismos aún no bien esclarecidos, pero que por lo general se acepta que se deben: a) unión de células adyacentes previo rompimiento de pared celular; b) crecimiento y división celular sin incorporación de células adyacentes y c) la acción combinada de a y b. Las agallas se forman por la inducción de hipertrofia celular, generalmente al inicio de la infección y la subsecuente hiperplasia (aumento del material genético). El índice de agallamiento radical (escala arbitraria para denominar la proporción del sistema radical agallado), es un parámetro muy importante que indica la susceptibilidad relativa de un hospedero.

2. Pratylenchus: La especie más importante de este género en cultivos de solanáceas es R. reniformis, particularmente en tomate (Nath,

Swarup & Rama Rao, 1969; Rebois et al, 1973; Roman 1978). A pesar de su gran distribución geográfica en las regiones subtropicales y tropicales, no se conoce mucho respecto a su biología e interrelación con otros microorganismos. De lo que se conoce, se puede mencionar que en tomate, el nematodo se alimenta cerca del estilete radical. De alguna manera las células adyacentes a los labios del nematodo generan una estructura que envuelve al estilete, dando la apariencia de ser un tubo alimenticio.

Los juveniles sufren tres mudas superimpuestas sin alimentarse y dan origen al estadio preadulto. La hembra, infectiva parcialmente, penetra las células radicales a la altura de la corteza. Después de alimentarse por algún tiempo, la hembra empieza a hincharse hasta adoptar la forma de un riñón, aspecto al que debe su nombre vulgar. Una parte de la hembra queda embebida en las células corticales y la otra protruye al exterior. En esta región se produce la masa gelatinosa donde la hembra madura es capaz de ovipositar un promedio de 120 huevecillos.

Los machos permanecen filiformes pero sin el estilete y el esófago, por lo que carecen de hábitos fitoparásitos.

3. Nacobbus: Hasta la fecha sólo se ha identificado dos especies de este género: N. aberrans y N. dorsalis. N. aberrans es sin duda el de mayor importancia económica, ya que es el más ampliamente distribuido y el que posee la gama de hospedantes también más amplia (alrededor de 100), según Cruz (1987) y Zamudio (1987). Este nematodo induce la formación de agallas en raíces de plantas hospedantes. Por lo general los nódulos son redondos y se disponen en forma regular en la raíz adoptando apariencia de rosario. En algunos hospedantes, cuando la infección es elevada, este patrón se pierde y la apariencia es más bien similar al ataque de Meloidogyne spp.; esto es, que los nódulos pierden su individualidad.

Los cultivos de Solanaceas más afectados por N. aberrans son la papa en los países andinos (Lordello, Zamith & Cook, 1961; Jatala, 1985) chile o pimiento en el altiplano mexicano con algunas poblaciones o razas y tomate en casi todos los Estados de la región central de México con todas las poblaciones o razas que hemos ensayado en nuestros estudios. En México, sin duda el tomate es uno de los cultivos que son afectados con mayor dureza, ya que en algunas áreas tomateras las pérdidas llegan a ser hasta el 70% en promedio, aunque pueden ser del 100% si la infección es severa al inicio del cultivo (Marbán, & Zamudio, 1982).

En general, este nematodo no ha sido muy estudiado. Se ignoran muchos aspectos básicos de su biología como el ciclo de vida. Según Cid del Prado (1985), este nematodo aparentemente posee dos estadios infectivos (el J2 y la hembra preadulto), aspecto único en nematodos fitoparásitos. También se menciona que el nematodo puede poseer dos

ciclos (Jatala, 1965), uno similar al de Meloidogyne spp. (donde el estadio infectivo J2 una vez dentro de los tejidos continúa su desarrollo hasta hembras globosas) y otro, un tanto cuanto desusual, ya que involucra la salida de los tejidos radicales de formas preadultos y su subsecuente reinfección para poder completar su desarrollo.

Existen otros dos géneros de nematodos: Paratrichodorus y Dolichodorus que poseen algunas especies importantes en ciertos cultivos de Solanaceas. La especie D. heterocephalus es solamente importante en tomate en algunos estados de la Unión Americana.

Los aspectos inherentes al control de fitonematodos en los diversos cultivos que hemos citado en esta colaboración, se discuten en esta memoria en otra contribución del mismo autor.

LITERATURA CITADA

- ABAWI, G.S. & W.F. MAI. 1980. Effects of initial population densities of Heterodera schachtii on yield of cabbage and table beets in N. York State. Phytopathology 70: 481-485.
- BERGENSON, G.B., S. D. VAN GUNDY & I.J. THOMASON. 1970. Effect of Meloidogyne javanica on rhizosphere microflora and Fusarium wilt of tomato. Phytopathology 69: 1245-1249.
- CID DEL PRADO, V.I. 1985. Ciclo de vida de Nacobbus aberrans (Thorne, 1935) Thorne y Allen, 1944. Pp. 57-65 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.), Fitonematología Avanzada I. Colegio de Postgraduados, México.
- CRUZ, C.M. 1987. Distribución del nematodo fitoparásito Nacobbus aberrans en una región agrícola entre Actopan y Progreso. Estado de Hidalgo. Tesis INCB, IPN, México.
- GOSWAMI, B.K., D.V. SINGH, R. SETHI & GUPTA, J.N. 1970. Studies on association of root-knot nematodes, Meloidogyne incognita (Kofoid and White) Chitwood and Sclerotium rolfsii Sacc. in brinjal (Solanum melongena L.). Indian Phytopathology 23:587-589.
- JATALA, P. 1985. El nematodo falso nodulador de la raíz. Pp. 47-55 en Marbán, N. y I.J. Thomason (Eds.), Fitonematología Avanzada I. Colegio de Postgraduados, México.
- JONES, A., P.D. DUKES, J.M. SCHALK, H. A. MULLEN, M.G. HAMILTON, D.R. PATERSON & T.E. BOSWELL. 1980. W-71, W-115, W-119,, W-149 and

- W-154 sweet potato germplasm with multiple insect and disease resistances. Hort. Science 15: 835-836.
- KHAN, M.N. & S.K. SAXENA. 1969. Effect of Rhizoctonia solani and Tylenchorhynchus brassicae on the emergence of cauliflower seedlings. All Indian Nematology Symposium. 1967. The Indian Agricultural Research Institute, New Delhi-12.
- LEAR, B. & D.E. JOHNSON. 1962. Treatments for eradication of Ditylenchus dipsaci in cloves of garlic. Plant. Dis. Reporter 46:635-639.
- LOOF, P.A.A. 1960. Taxonomic studies on the genus Pratylenchus (Nematoda). T. pliekt. 66:29-90.
- LORDELLO, L.G.E., A.P.L. ZAMITH & C. BOOK. 1961. Two nematodes found attacking potato in Cochabamba, Bolivia. An. Acad. Brasil. Cienc. 33:209-215.
- MARBAN, M.N. & G.V. SAMUDIO. 1982. Control Químico de Nacobbus aberrans y Meloidogyne incognita en jitomate CACE/55 VF) de Tecamachalco, Pue. Pp. 205 en Avances en la Investigación en el Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- MARTIN, W.J. 1960. The reniform nematode may be a serious pest of the sweet potato. Plant Dis. Reporter 44:216.
- Mc CANN, J. 1981. Threshold populations of Heterodera cruciferae and H. schachtii causing damage to cabbage seedlings. Plant Dis. Reporter 65:264-266.
- Mc KEEN, C.D. & W.B. MOUNTAIN. 1960. Synergism between Pratylenchus penetrans (Coob) Filipjev and Stekhoven and Verticillium albo-atrum R & B in eggplant wilt: Can. Journal of Botany. 38:789-94.
- NATH, R. P. G. SWARUP, G.V.S.V. RAMA RAO. 1969. Studies on the reniform nematode, Rotylenchulus reniformis Linford and Oliveria, 1940. Indian Phytopathology.
- OLTHOF, T.H.A. 1979. The use of beans and Kentucky blue grass for rearing Pratylenchus neglectus, P. projectus and Helicotylenchus digonicus. Can. Journal of Plant Science.
- OLTHOF, T.W.A. & A.A. Teyes. 1969. Effect of Pratylenchus penetrans on Verticillium wilt of paper. J. of Nematology. 1:21-22.
- ORION, D., J. DRIKUN & M. SULLAMI. 1979. The distribution, Pathogenicity, and ecology of Pratylenchus thornei in the Northern Negev. Phytoparasitica 7:3-9.

- PHILLIS, J. 1976. Occurrence and control of nematodes affecting carrot crops in Cyprus. *Nematologia Mediterranea* 4:7-12.
- REBOIS, R.V., B.J. ELDRIGE, J.M. GOOD & H.J. STONER. 1973. Tomato resistance and susceptibility to the reniform nematode *Plant Dis. Reporter* 57:169-172.
- RHOADES, H.L. 1971. Chemical Control of the sting nematode, Belonolaimus longicaudatus, on direct-seeded cabbage. *Plant Dis. Reporter* 55: 412-414.
- ROMAN, J. 1978. *Fitonematología Tropical*. Estac. Exp. Agric., Mayaguez, Univ. de Puerto Rico. 256 pp.
- SASSER, J.N. & C.C. CARTER. 1985. Overview of the International Meloidogyne project 1975-1984. Pp. 19-24 en Sasser, J.N. y C.C. Carter (Eds.), *An advanced treatise on Meloidogyne*, Vol. I. Biology and Control. North Carolina State Univ.
- SCHWARTS, H.F. & G.E. GALVEZ. 1980. Bean production problems. CIAT Series Number 09EB-1.
- STURHAN, D. 1971. Comparative investigations on the host plants of stem eelworms (Ditylenchus dipsaci) from beets of different origin. *Meded. Land.* 30: 1468-1474.
- VALDEZ, R.B. 1978. Nematodes attacking tomato and their control. First International Symposium on tropical tomato. AVRDC Publ. 136-152.
- VAN GUNDY, S.D., J.D. KIRKPATRICK & J. GOLDEN. 1977. The nature and role of metabolic leakage from root-knot nematode galls and infection by Rhizoctonia solani. *J. of Nematology* 9: 113-121.
- ZAMUDIO, G.V. 1987. Evaluación de la resistencia de colecciones y variedades comerciales de tomate (Lycopersicon spp.), a Nacobbus aberrans Thorne y Allen, Tesis. Centro de Genética C.P. Montecillos, México.
- ZUCKERMAN, B.M., W.F. MAI & M.B. HARRISON. 1987. *Fitonematología, Manual de Laboratorio*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 248 pp.

MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS EN EL VIVERO DE CAPIRA EN PANAMA

María Moreno, Ing. Agr.*

Introducción

El vivero regional de Capira en su establecimiento inicial en 1967 figuró como uno de tipo tradicional en el que la producción de plántones frutales se realizaba de la manera más sencilla. La semilla se sembraba directamente sobre semilleros de suelo arenoso, seguido de prácticas de raleo, fertilización y poda de los plántones que al momento de entrar en la etapa comercial, se extraían directamente del suelo con su respectivo pan de tierra.

Más tarde en 1969, esta práctica bastante rudimentaria y engorrosa llegó a ser suplementada con la introducción de bolsas negras de polietileno, las cuales contenían tierra, generalmente sin tratamiento, más las semillas. Estas eran ordenadas, en largas hileras directamente sobre el suelo. En 1982, dado el vigoroso dominio de maleza y otras plagas (nematodos, hongos, insectos, bacterias y virus), se procedió a la confección de camas de concreto casi al nivel del suelo con el fin de evitar en la penetración de estos organismos la penetración de estos organismos en las bolsas. Lamentablemente esta práctica no cumplió su objetivo, debido principalmente a que fuertes lluvias que predominan en el área de Capira durante la estación lluviosa, inundaban el vivero alcanzando el agua, una altura por encima de las camas. Bajo estas condiciones se diseminaba todo tipo de material contaminante (Esser, 1979).

En síntesis, el vivero regional de Capira se mantiene simplemente como un vivero comercial con un volumen de venta aproximado de 150.000 plántones por año sin que se hayan introducido nuevas prácticas de control de plagas, constituyendo un centro que involuntariamente ha contribuido a la diseminación de algunas plagas, especialmente nematodos y malezas. El objetivo del establecimiento de un vivero frutal piloto fueron: establecer el uso de prácticas de manejo integrado de nematodos (MIN), válidas también para otras plagas y enfermedades; difundir el conocimiento de prácticas de manejo integrado de nematodos a través de días de campo, entrenamiento del personal del MIDA, INRENARE y agricultores y promover actividades de capacitación en un área típicamente demostrativa.

* Fitotecnista, Vivero de Capira, MIDA Región 5, Capira, Panamá.

Problemas de nematodos en el vivero

El vivero de Capira se muestreó para nematodos fitoparásitos en tres ocasiones en un período de 18 meses. Las recolecciones fueron hechas de un total de 14 especies frutales, siendo las más importantes desde el punto de vista comercial, aguacate (Persea americana), cítricos (Citrus spp.), mango (Mangifera indica), marañón (Anacardium occidentale), papaya (Carica papaya) y tamarindo (Tamarindus indica). La toma de muestra se realizó en almacigos, semilleros y material embolsado. Cada muestra compuesta estuvo formada por 10 submuestras de 50 a 60 gr de suelo proveniente de una misma especie frutal. Las recolecciones también incluyeron muestras de raíces para extracción de nematodos endoparásitos. Esta última se efectuó desmenuzando el tejido radicular con tijeras combinado con la técnica del embudo Baermann. La extracción de nematodos de suelo se realizó por tamizado diferencial y flotación con azúcar.

Se detectaron 12 especies de nematodos de los cuales; el nematodo de las agallas, Meloigogyne incognita y el de las lesiones Pratylenchus sp. deben ser considerados como los patógenos más importantes. Típicos síntomas de agallamiento fueron detectables en varios plantones de frutales embolsados. M. incognita además se encontró ampliamente diseminado en plantas ornamentales y malezas de hojas anchas que predominan en el vivero. Ambas especies son endoparásitos con reconocido daño en especies frutales leñosas. Otras especies de nematodos detectadas de menos importancia fueron Rotylenchulus reniformis y Criconemella xenoplax, esta última en altas poblaciones. Estos deben ser considerados como patógenos moderados (González, 1969; McSorley, 1981; 1982).

En la mayoría de los casos, altas infestaciones de nematodos estaban asociadas con malas prácticas de manejo de vivero (Pinochet & Cordero, 1986).

Determinación de prácticas incorrectas

Previo al muestreo existían muchas prácticas incorrectas en el vivero que también son frecuentes encontrarlas en la mayoría de los viveros del MIDA, INRENARE y algunos viveros particulares. A continuación se enumeran dichas prácticas:

1. Colocación y alineamiento de material embolsado directamente sobre el suelo.
2. Camas de concreto con un mínimo de altura sujetas a contaminación por salpicado e inundación en los períodos de fuertes lluvias.
3. Fuertes infestaciones de maleza en semilleros y material embolsado.
4. Gran número de bolsas perforadas por las raíces de los planto-

nes.

5. Colocación de bolsas muy juntas entre ellas que favorecen contaminación por salpicado.
6. Semilleros y lugar donde se coloca material embolsado con pendiente excesiva que facilita la contaminación por escurrimiento.
7. Tanto el suelo utilizado para embolsar plantones como el suelo usado en semilleros no reciben tratamiento alguno.
8. Mantenición de material viejo sin vender por más de dos años en bolsas de poietileno.
9. Material de desecho proveniente de plantones viejos se descarta en el mismo vivero en lugares adyacentes a plantones listos para la venta.
10. Mezcla de especies frutales con ornamentales.
11. Colocación de plantas ornamentales colgantes sobre semilleros.
12. Falta asepcia general en los utensilios y en los operadores que laboran en el vivero.

Adopción de prácticas de Manejo Integrado de Nematodos en el vivero

Para corregir las deficiencias anteriormente mencionadas, se estableció un vivero modelo en una área aproximada de 500 metros cuadrados. En ella se realizaron varias transformaciones que contemplaron prácticas de manejo de viveros destinadas a controlar nematodos como también a otras plagas y enfermedades. Estas labores normalmente requieren cambios que involucran un alto costo. Sin embargo, se realizó con el uso de materiales rústicos, de bajo costo, al alcance de instituciones públicas con escasos recursos financieros y pequeños agricultores viveristas. También es de interés señalar que se contó con la asesoría técnica del proyecto Manejo Integrado de Plagas del CATIE en la elaboración y ejecución de todas las fases de transformación del vivero. Las transformaciones más importantes fueron:

1. Fabricación e instalación de esterilizadores/pasteurizadores de suelo, confeccionados con cada una de las mitales de un tanque de 55 galones, a las cuales se les ha adicionado una base de hierro y una tapadera para tratar el suelo mediante el calor. Temperaturas sobre 70°C controlará huevos y larvas de nematodos, hongos e insectos de suelo, bacterias y semillas de malezas.

2. Se construyeron 10 mesones elevados con base firme de alambre duro de seis metros de largo por nueve de ancho distanciados entre sí por un metro. Debajo de cada mesón el suelo se revistió de césped a fin de controlar malezas (cultivos de cobertura) y de evitar encharcamiento que causaría el riego. De igual manera, entre cada mesón el suelo se revistió con una capa de cascajo. El área ocupada por los mesones además cuenta con techo y sistema de drenaje. La ventaja de los mesones elevados son las siguientes:
 - a) Evita la contaminación de nematodos por salpicado y por contacto directo de plántones embolsados con el suelo.
 - b) Permite mejor control de malezas.
 - c) Facilita el manejo y ordenamiento de plantas.
3. Se construyeron dos semilleros con bloques de cemento de 40 cm de altura sobre el suelo. En ellos se hacen tratamientos evaluativos con hipoclorito de sodio y formalina respectivamente.
4. Mesones rústicos elevados sobre base de bloques, ladrillo ó hierro. Estos son similares a los mesones elevados aunque de un costo menor.
5. Adaptación de una tina de gran tamaño (tanque de agua) para tratar suelo mediante calor (solarización), ó esterilizar suelo con bromuro de metilo.
6. Establecimiento de canales de desague para evitar erosión y contaminación por escurrimiento en épocas de lluvia.
7. Separación física de plantas ornamentales de plantas frutales.

LITERATURA CITADA

- ESSER, R. P. 1979. Nematode entry and dispersion by water in Florida nurseries. Fla. Dept. Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. Nematode Circular Nº 54. 2pp.
- GONZALEZ, H. 1969. En los viveros donde hay que detener el avance de los nematodos. Investigación y Progreso Agrícola 3:28-30.
- McSORLEY, R. 1981. Plant parasitic nematodes associated with tropical and subtropical fruits. Agricultural Experiment Station. Inst. of Food and Agric. Sci. Univ. of Florida, Gainesville. F.A. Wood, Dean

of Research. Bulletin 832.

- McSORLEY, R. 1982. Nematodes associated with tropical and subtropical fruits trees in South Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 95: 132-135.
- PINOCHET, J. & D. CORDERO. 1986. Nematodos asociados a viveros frutales en Panamá. Pp. 121-130. en Pinochet, J. y G. von Lindeman (Eds.). Seminario Taller de Fitopatología. Informe Técnico Nº 81. CATIE, Panamá.

" EFECTO DE TRES POBLACIONES DE Meloidogyne exigua GOELDI, 1887 EN CAFETO
Y DE LA RESISTENCIA DE SEIS LÍNEAS EXPERIMENTALES A UNA DE ESAS
POBLACIONES

Nidia Morera, M.Sc.*
Roger López, Ph.D.**

Introducción

Entre los nematodos que atacan el cafeto, la especie Meloidogyne exigua es la mayor distribución geográfica, y la que más comúnmente se asocia al mismo en los países de Centro y Sur América (Fazuoli & Lordello, 1978). Sasser (1979) estimó que este nematodo ocasiona pérdidas en rendimiento de un 10 por ciento en México, América Central y el Caribe, de un 24 por ciento en Brasil y de un 13 por ciento en otros países de América del Sur.

El combate de los nematodos en este cultivo podría realizarse de varias maneras, sin embargo la resistencia genética es considerada como la manera más eficaz y menos costosa de combatir estos organismos en el cafeto. Dentro de los programas de mejoramiento, debe tenerse muy presente la posibilidad de que M. exigua posea razas fisiológicas, ya que la existencia o el desarrollo de las mismas podría reducir la utilidad de los cultivares que se consideran resistentes (Taylor & Sasser, 1983).

Se ha encontrado que la resistencia a M. exigua en germoplasma de Coffea arabica es poco común, lo que dificulta el aislamiento de plantas con dicha característica dentro de esta especie. Sin embargo, existen algunos trabajos realizados en Brasil (Curi et al, 1970), donde se informa de resistencia en algunos cultivares arábigos, dentro de los cuales está el Anfillo.

Por otro lado, la especie C. canephora es una de las más estudiadas y de la que existen más informes de resistencia a M. exigua, lo que ha conducido a que la misma sea utilizada como patrón en injertos con varios cultivares de C. arabica y dentro de programas de transferencia del factor genético de resistencia.

También se han evaluado híbridos entre C. arabica y C. canephora que han dado buenos resultados. Se han detectado líneas de Catimor (Arau-

* Nematólogo, PROMECAFE, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

** Nematólogo, Facultad de Agronomía, U. de Costa Rica, San José, Costa Rica.

jo Netto, Ferreira & Pereira, 1979; Ferreira & Araujo Netto, 1977), Sarchimor (Fazuoli, Da Costa & Bortoletto, 1983; Ferreira & Araujo Netto, 1977) y Catimor (Ferreira & Araujo Netto, 1977) con resistencia a M. exigua, aunque la mayoría de ellas aún segregan esa característica.

Dada la importancia de la especie M. exigua como parásito del cafeto y de la resistencia como método para combatirla, se realizó este trabajo, constituido por dos ensayos independientes, cuyos objetivos fueron: Evaluar el desarrollo de tres poblaciones de M. exigua para detectar posibles diferencias entre ellas y estudiar la respuesta de seis líneas de Coffea sp. a la inoculación de M. exigua.

Materiales y Métodos

Ambas pruebas se realizaron durante 1985 bajo condiciones de invernadero en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica.

En el primer ensayo se empleó el cultivar de cafeto "Catuaí T5267", reconocidamente susceptible a M. exigua, el cual se inoculó con tres poblaciones de ese nematodo colectadas en las siguientes localidades de Costa Rica: San Luis de Santo Domingo, provincia de Heredia; La Isabel de Turrialba, provincia de Cartago y Sarchí de Valverde Vega, provincia de Alajuela. Estas poblaciones de nematodos fueron incrementadas y mantenidas en plantas de chile (Capsicum annum L.) cv. "California Wonder".

Las plántulas de cafeto se sembraron en bolsas de polietileno negro que contenían 1300 ml de una mezcla de arena y suelo (2:1), tratada previamente con calor a 200 C durante 24 horas.

Cuando las plántulas tenían su primer par de hojas verdaderas bien desarrolladas fueron inoculadas con 15.000 huevos y/o juveniles por planta (Bolívar, 1984).

Cada unidad experimental estuvo formada por dos plántulas y los tratamientos evaluados fueron: a) inoculación con la población de San Luis; b) inoculación con la población de La Isabel; c) inoculación con la población de Sarchí y d) testigo sin inocular. Los mismos se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Cuarenta y ochenta días después de la inoculación se hizo la evaluación de las siguientes variables: altura de las plantas, peso seco de la parte aérea, peso fresco de las raíces, área foliar, número de agallas por planta, número de huevos recuperados por sistema radicular, diámetro de las agallas y número total de nematodos por agalla.

Como prácticas culturales se efectuaron fertilizaciones con la fórmula 20-7-12-3-1,2, el fertilizante foliar Stimufol (25-26-12-2) y con una solución de sulfato de amonio. Mensualmente, y en forma alterna, se apli-

có los fungicidas óxido cuproso y captafol. Las plantas fueron regadas semanalmente con 100 ml de agua.

En el segundo ensayo se evaluó la respuesta de los cultivares de C. arábica "Catuaí", "Anfillo" y "Villa Sarchí", del cultivar "Robusta" de C. canephora y de los híbridos "Catimor" y "Sarchimor" a la inoculación con la población de M. exigua proveniente de "Sarchí" de Valverde Vega. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas sobre un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Ochenta días después de la inoculación se hizo la evaluación de agallas por planta, diámetro de agallas, número de nematodos por agalla y número de huevos recuperados por sistema radicular. La metodología utilizada en esta prueba en cuanto a la siembra y la inoculación fue idéntica a la descrita en la primera prueba.

Como prácticas culturales se efectuó fertilizaciones quincenales con 100 ml de una solución nutritiva Hoagland Nº 2 y aspersiones mensuales con el fungicida benomil (0,5 g i.a./l).

Resultados

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedios de las variables evaluadas en la primera prueba, 40 días después de la inoculación. Se encontró que el número de agallas por planta y el diámetro de las agallas fue significativamente mayor en plantas inoculadas con la población de Sarchí que en las inoculadas con la de San Luis, mientras que las inoculadas con la población de La Isabel tuvieron valores intermedios y estadísticamente iguales a los obtenidos con las otras dos. Las tres poblaciones difirieron significativamente del testigo sin inocular.

En cuanto al número de nematodos por agalla, no hubo diferencia significativa alguna entre las poblaciones de nematodos, pero sí entre éstas y el testigo.

En lo referente al número de huevos por sistema radicular no hubo diferencia significativa entre poblaciones, ni entre la población de San Luis y el testigo sin inocular. Además, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos en cuanto a la altura de las plantas, el peso aéreo seco, el peso fresco de la raíz y el área foliar.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación realizada 80 días después de la inoculación. En esta oportunidad se encontró que en plantas inoculadas con las poblaciones de Sarchí y de La Isabel hubo un número de agallas por planta y de nematodos por agalla significativamente mayor que en las inoculadas con la población de San Luis o en el testigo; la diferencia entre estos dos últimos tratamientos también fue significativa. Todos los tratamientos difirieron significativamente entre sí en cuanto al diámetro de las agallas; la población de Sarchí mostró el mayor promedio en esta variable.

CUADRO 1. PROMEDIOS DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN PLANTULAS DE Coffea arabica CV. "CATUAI T5267" CUARENTA DIAS DESPUES DE SU INOCULACION CON TRES POBLACIONES DE M. exigua

Variables	Testigo	Población de <u>Meloidogyne exigua</u>		
		La Isabel	San Luis	Sarchí
Altura (cm)	7.87 a*	8,04 a	7,82 a	7,90 a
Peso aéreo seco (g)	0,40 a	0,39 a	0,35 a	0,40 a
Peso fresco raíz (g)	0,61 a	0,69 a	0,64 a	0,67 a
Area foliar (dm ²)	0,88 a	0,87 a	0,78 a	0,89 a
Agallas/planta	0,00 c	32,55 ab	21,37 b	37,54 a
Diámetro agalla (mm)	0,00 c	1,45 ab	1,20 b	1,66 a
Nematodos/agalla	0,00 b	6,19 a	4,95 a	5,63 a
Huevos/sist. radical	0,00 b	676,02 a	178,78 ab	481,04 a

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (P=0,05).

La población de Sarchí produjo una cantidad de huevos por sistema radicular significativamente mayor que la de La Isabel. La diferencia entre ésta última y la población de San Luis no fue significativa; lo mismo sucedió en relación con el testigo.

Al igual que en la primera evaluación, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en la altura de las plantas, el peso aéreo seco, el peso fresco de la raíz y el área foliar.

En el Cuadro 3 se anotan los valores promedios obtenidos en la segunda prueba, para las variables de reproducción y desarrollo de los nematodos en cada uno de los cultivares.

Se encontró que, en cuanto a número de agallas por planta, los cultivares "Villa Sarchí", "Catuaí" y "Catimor" tuvieron los mayores valores; el último fue estadísticamente igual al "Anfillo". Los cultivares "Robusta" y "Sarchimor" presentaron la menor cantidad de agallas por planta, que fue estadísticamente igual a la obtenida en plantas sin inocular.

En lo que se refiere a diámetro de las agallas, número de nematodos por agalla y huevos por sistema radicular, los cultivares "Catuaí",

CUADRO 2. PROMEDIOS DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN PLANTULAS DE Coffea arabica CV. CATUAI T5267 OCHENTA DIAS DESPUES DE SU INOCULACION CON TRES POBLACIONES DE M. exigua

Variables	Población de <u>Meloidogyne exigua</u>			
	Testigo	La Isabel	San Luis	Sarchí
Altura (cm)	7,97 a*	8,60 a	8,77 a	8,69 a
Peso aéreo seco (g)	0,30 a	0,34 a	0,31 a	0,37 a
Peso fresco raíz (g)	0,87 a	1,04 a	1,14 a	1,11 a
Area foliar (dm ²)	0,87 a	1,00 a	0,91 a	1,08 a
Agallas/planta	0,00 c	63,10 a	32,11 b	71,44 a
Diámetro de agalla	0,00 d	1,50 b	1,20 c	1,74 a
Nematodos/agalla	0,00 c	79,65 a	28,93 b	70,02 a
Huevos/sist. radical	0,00 c	370,52 bc	1445,02 a b	2234,05 a

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P=0,05).

"Villa Sarchí" y "Catimor" tuvieron los valores promedio más altos; el "Anfillo" tuvo valores relativamente bajos y estadísticamente iguales a los del "Robusta" y "Sarchimor".

En esta prueba tampoco se encontró diferencias significativas entre tratamientos en altura, peso seco aéreo, peso fresco de raíz y área foliar de las plantas, aunque se observó un aumento leve en la altura y el peso fresco de raíz de los tratamientos inoculados con respecto a los testigos sin inocular.

Discusión

Las poblaciones de M. exigua inoculadas no afectaron significativamente el desarrollo de las plantas, como se observa en los Cuadros 1 y 2. Este resultado es común en investigaciones como la presente, donde se trabaja con plantas de crecimiento lento y con períodos de evaluación relativamente cortos (Bolívar, 1984). Sin embargo, en la segunda prueba, se notó un ligero aumento en la altura de las plantas y en el peso fresco de las raíces de los tratamientos inoculados. Estas observaciones han sido hechas en otros trabajos y se atribuyen a que la producción de agallas, como respuesta al ataque de Meloidogyne spp., produce incrementos

CUADRO 3. VALORES PROMEDIO DE LAS VARIABLES DE REPRODUCCION Y DESARROLLO DE Meloidogyne exigua EN SEIS CULTIVARES DE Coffea spp

Cultivar	Agal/ planta	Diám/ agal.	Nemat/ agal.	Huev/sist. radicular
"Catimor"	27,80 ab*	1,06 ab	78,89 a	534,96 a
"Villa Sarchí"	44,93 a	1,04 ab	71,58 a	430,89 ab
"Robusta"	0,33 c	0,25 d	0,40 b	28,33 bc
"Catuai"	43,99 a	1,17 a	77,82 a	555,04 a
"Anfillo"	21,87 b	0,69 bc	12,89 b	31,42 bc
"Sarchimor"	1,14 c	0,32 cd	2,32 b	8,50 bc

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una columna seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P=0,05).

en el peso de las raíces afectadas (Barker & Olthof, 1976) y a que poblaciones bajas de nematodos pueden ocasionar cambios en algunos reguladores del crecimiento o la formación de más raíces adventicias en las áreas que presentan agallas, lo que redundaría en un aumento en el crecimiento de las plantas (Barker & Olthof, 1976; Olthof & Potter, 1977).

Los resultados obtenidos en las variables de reproducción y desarrollo de las tres poblaciones de M. exigua dieron prueba de que las mismas difieren en cuanto a su virulencia. En las dos evaluaciones hechas y en la mayoría de las variables las poblaciones de Sarchí y de La Isabel tuvieron valores más altos que la de San Luis.

López (1984; 1984; 1985) determinó que las poblaciones de Sarchí y San Luis, son diferentes en algunos aspectos de su morfología, en su reproducción sobre hospedantes diferenciales y en los patrones electroforéticos de algunas de sus isoenzimas.

La anterior evidencia sugiere que M. exigua puede ser una especie compuesta por varias razas, y que en Costa Rica existen al menos dos de ellas; aunque tal afirmación debe ser confirmada con otros estudios.

Considerando los resultados de la segunda prueba, y con el fin de establecer alguna clasificación, se compararon los valores obtenidos para las variables de reproducción y desarrollo de los nematodos en

cada una de las líneas con los obtenidos en el cultivar "Catuaí", de reconocida susceptibilidad a M. exigua.

Los cultivares "Catimor" y "Villa Sarchí" fueron clasificados como susceptibles a M. exigua por tener valores relativamente altos y estadísticamente iguales a los del "Catuaí". La susceptibilidad del "Villa Sarchí" era de esperarse, ya que la mayoría de los cultivares de C. arabica lo son. Este fue incluido en la prueba para compararlo con el "Sarchimor". Con respecto al "Catimor", su susceptibilidad se atribuye al hecho de que proviene del cruce entre el cultivar "Caturra" de C. arabica y el "Híbrido de Timor 832/1", el cual se ha comportado como susceptible a M. exigua en otras pruebas (Ferreira & Araujo Netto, 1977).

El "Sarchimor" tuvo valores muy bajos en las variables evaluadas, por lo que fue clasificado como resistente a M. exigua. Este cultivar es descendiente del "Híbrido de Timor 832/2", el que parece ser portador de resistencia a esta especie de nematodo (Fazuoli & Lordello, 1975). Pruebas realizadas en Brasil (Fazuoli & Lordello, 1975; Fazuoli, Da Costa & Bortoletto, 1983), ha mostrado ser resistente a M. incognita y al hongo causante de la roya (Hemileia vastatrix), además de tener una producción razonable, aunque presenta el inconveniente de una disminución en su vigor después de seis cosechas. La línea de "Robusta" se comportó como la más resistente, lo que era esperado dada la evidencia obtenida por Arévalo Ruiz, Zárate & Urello (1977) y Fazuoli & Lordello (1978). Estos resultados reafirman su importancia como patrón en injertos con cultivares de C. arabica y dentro de programas de mejoramiento.

Por último, el cultivar "Anfillo" mostró cierto grado de resistencia, ya que tuvo un comportamiento intermedio entre los cultivares resistentes y los susceptibles. Esto concuerda con lo obtenido en otros estudios (Curi et al, 1970; Fazuoli, Mónico & Carvalho, 1977; Rebel & Fazuoli, 1978) y confirma su valor en programas de mejoramiento ya que, probablemente, este cultivar mostrará una buena compatibilidad en cruces con otros cultivares de C. arabica.

LITERATURA CITADA

- ARAUJO NETTO, R., A. J. DE FERREIRA & J. B. PEREIRA. 1979. Seleccion de cafeeiros portadores de resistencia ao nematóide M. exigua e ao fungo H. vastatrix. Pp. 251-254 en Cong. Bras. Pesq. Caf., 7, Minas Gerais, Brasil.
- AREVALO RUIZ, C., L. ZARATE & R. URRELLO. 1977. Comportamiento de nueve variedades de café al ataque del nematodo del nudo de la raíz Meloidogyne exigua Goeldi. Nematropica 7:3.
- BARKER, K. R. & T. H. A. OLTHOF. 1976. Relationships between nematode

- population densities and crop responses. *Ann. Rev. Phytopath.* 14: 327-353.
- BOLIVAR, G. 1984. Metodología para evaluar la reacción del cafeto al nematodo Meloidogyne exigua Goeldi. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 71 pp.
- CURI, S. M., A. CARVALHO, F. P. MORALES, L. C. MONACO & H. V. DE ARUDA. 1970. Novas fontes de resistencia genética de Coffea no controle de nematóide do cafeeiro, Meloidogyne exigua. *Biológico* 36: 293-295.
- FAZUOLI, L. C. & R. R. A. LORDELLO. 1975. Resistencia de cafeeiros Hibrido do Timor a Meloidogyne exigua. *Plant Breeding Abs.* 49:3805.
- FAZUOLI, L. C., L. C. MONACO & A. CARVALHO. 1977. Resistencia do cafeeiro a nematoides. I. Testes em progenies e híbridos, para Meloidogyne exigua. *Bragantia* 36:297-307.
- FAZUOLI, L. C. & R. R. A. LORDELLO. 1978. Fontes de resistencia em especies de cafeeiro ao nematóide Meloidogyne exigua. *Soc. Bras. Nem. Public.* Nº 3:49-52.
- FAZUOLI, L. C., W. M. DA COSTA & N. BORTOLETTO. 1983. Resistencia das progenies de café LC 1669-31 e LC 1669-33 aos nematoides Meloidogyne exigua e M. incognita. Pp. 81-83 en Cong. Bras. Pesq., 10, Pocos de Caldas, Brasil.
- FERREIRA, A. J. & K. ARAUJO NETTO. 1977. Estudo de resistencia de Coffea spp. ao nematóide Meloidogyne exigua. Teste de resistencia de várias progénies de Catimor, Catindú, H. de Timor e outras, seleccionadas en Caratinga, M.G. Pp. 209-211 en Cong. Bras. Pes. Caf., 5, Guarapari, Brasil.
- LOPEZ, R. 1984. Differential plant responses and morphometrics of some Meloidogyne spp. from Costa Rica. *Turrialba* 34:445-458.
- LOPEZ, R. 1984. Differential plant responses, morphometrics and electrophoretic patterns of some Meloidogyne spp. from Costa Rica and Florida, U.S.A. and the description of Meloidogyne salasi sp.n. Ph.D. Dissertation. Gainesville, University of Florida. 123 pp.
- LOPEZ, R. 1985. Observaciones sobre la morfología de Meloidogyne exigua con el microscopio electrónico de rastreo. *Nematropica* 15:27-36.
- OLTHOF, T. H. A. & J. W. POTTER. 1977. Effects of population densities of Meloidogyne hapla on growth and yield of tomato. *J. of Nematology.* 9:296-300.
- REBEL, E. K. & L. C. FAZUOLI. 1978. Fontes de resistencia de cafeeiro

- ao nematóide Meloidogyne incognita. Pp. 187-191 en Cong. Bras. Pesq. Caf., 6, Sao Paulo, Brasil.
- SASSER, J. N. 1979. Economic importance of Meloidogyne in tropical countries. Pp. 360-374 en Lamberti, F. y Taylor, C. E., (Eds.). Root-knot nematodes. London. Academic Press.
- TAYLOR, A. L. & J. N. SASSER. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de Meloidogyne). Trad. del inglés. Raleigh, Universidad de Carolina del Norte. 111 pp.
- WALLACE, H. R. 1971. The influence of the density of nematode populations on plants. *Nematologica* 17:154-166.

MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS EN VIVEROS DE PLATANO

Jorge Pinochet, Ph.D.*

Introducción

Infestaciones tempranas del nematodo barrenador, Rodopholus similis y del nematodo de las lesiones, Pratylenchus coffeae, los nematodos de mayor importancia económica en la producción de plátano y banano, afectan el buen desarrollo de la planta, causando posteriormente un retardo en entrar en producción, volcamiento de plantas y disminución del tamaño de racimos (Román, 1978; Stover, 1972; Tarté & Pinochet, 1981).

El establecimiento de plantaciones comerciales de plátano libres de nematodos, es una de las prácticas fitosanitarias más deseadas e importante en la producción de plátanos en Centro y Suramérica. En casi todos los casos, la contaminación inicial se origina de material de rizoma proveniente de viveros o plantaciones altamente infestadas que a la larga comprometen la productividad de la nueva plantación.

El establecimiento y mantención de viveros de plátano libre de nematodos requiere de varias labores intensivas de manejo integrado de nematodos que involucran prácticas de termoterapia del rizoma, control químico, monitoreo y prácticas culturales que permiten prevenir infestaciones en el vivero. Es recomendable que el material vegetativo obtenido bajo estas condiciones, se destine principalmente al establecimiento de plantaciones comerciales en áreas donde nunca se ha cultivado plátano o en replantaciones sometidas a barbechos de más de 2 años. En este último caso, es probable que la infestación se restablezca, y demore varios años para que nuevamente alcancen niveles que sean dañinos. Será menos ventajoso la utilización de rizomas limpios para replante en plataneras infestadas, aunque garantiza un mejor desarrollo inicial.

Establecimiento del vivero

Para el establecimiento de un vivero libre de R. similis y P. coffeae se debe escoger un área o parcela que en lo posible nunca haya cultivado plátano, banano ó abacá. La utilización de terrenos bananeros o plataneros sometidas a barbecho o inundación como medida de control de nematodos son menos aconsejables, debido a que la reinfestación del suelo ocurre entre los 2 y 4 años. Los requerimientos agronómicos para el establecimiento de un vivero son una alta densidad, de 2.000 a 3.000 plantas

* Nematólogo, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Panamá.

por hectárea; fertilización abundante y buen drenaje. La práctica sanitaria más importante sin duda, es la siembra de material vegetativo sano, libre de nematodos, como también otras plagas y enfermedades. Existen varios procedimientos para alcanzar este objetivo:

1. Uso de plantas in vitro: Plantas obtenidas mediante cultivo de meristemas, es la mejor garantía de material libre de nematodos. Además, presentan la ventaja de uniformidad en crecimiento y bajo porcentaje de pérdidas durante la fase de establecimiento.
2. Siembra de rizomas pelados: Esta labor consiste en pelar rizomas superficialmente, libre de lesiones típicas causadas por nematodos. Resulta parcialmente efectiva debido a que lesiones incipientes que aún no han sufrido descoloración, pueden pasar desapercibidas por el operario que realiza el pelado. Cuando se pelan miles de rizomas en una operación de siembra, es probable que varios no queden liberados totalmente de nematodos.
3. Termoterapia: Se pelan rizomas y luego se introducen en un baño de agua caliente a 55°C por 20 minutos. Esto garantiza la muerte de todos los nematodos que se encuentra dentro de los tejidos del rizoma (Blake, 1969). Se requiere cuidado con el control de la temperatura, ya que menos tiempo de exposición o menor temperatura de la recomendada pueden afectar la efectividad de control. Por el contrario, el exceso de estos dos factores pueden matar al rizoma, o dañarlo lo suficiente para que germine con dificultad o sea propenso a ataques por organismos saprófitos (Fig. 1).

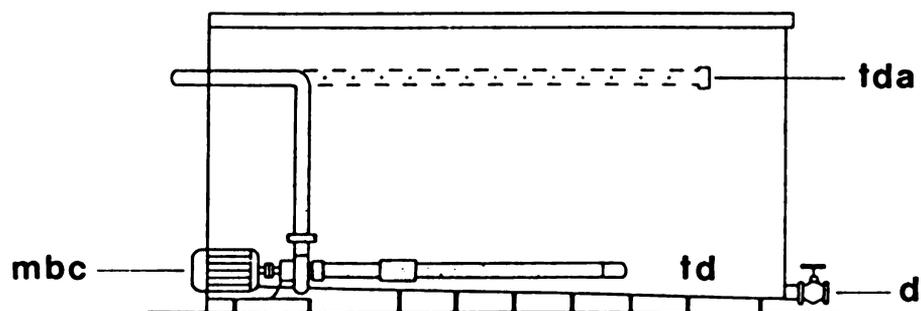


FIGURA 1. Tanque para tratamiento de rizomas por agua caliente. La válvula inyectora de vapor no se aprecia en la figura (según Blake, 1969).

mbc = motor eléctrico y bomba centrífuga
 tda = tubo de descarga de agua dentro del tanque
 td = tubo de drenaje (recirculación)
 d = desagüe

4. Pelado y tratamiento químico: Esta técnica difiere de la anterior en el uso de nematicidas en vez de termoterapia y consiste en sumergir al rizoma, una vez pelado, en una solución de barro con nematicida. Luego se deja secar de manera que forme una costra previo a su siembra. También se le conoce como pralinage y se ha utilizado en Africa (Madagascar) con bastante éxito. Sus efectos han demostrado un mayor desarrollo vegetativo después de dos años en relación a rizomas no tratados y un retardo en la diseminación de R. similis (Vilardebo & Robin, 1969). Otra alternativa es la adición de nematicida en el momento de la siembra aplicando el producto directamente al suelo próximo al rizoma. El inconveniente de ambas técnicas es la incidencia de fitotoxicidad, que en algunas ocasiones puede ser alta.

Monitoreo

El monitoreo es una práctica que permite detectar focos de reinfestación de nematodos en los primeros años después del establecimiento del vivero. La reinfestación suele ser un proceso normal, especialmente en zonas bananeras y plataneras, aunque también existen excepciones en que viveros se han mantenido por largo tiempo libre de nematodos. Detecciones tempranas dependerán del grado de reinfestación, distribución de los focos de reinfestación y de la intensidad del monitoreo. El monitoreo además permitirá saber con relativa certeza si la reinfestación provino desde fuera del vivero o si los tratamientos de desinfestación de rizoma durante la fase de establecimiento no fueron satisfactorios. Bajo el punto de vista práctico, permitirá seleccionar mejor el material de propagación dentro del vivero de áreas que aún estén libres de nematodos y mantener los focos controlados. En términos generales, el manejo adecuado de un vivero dependerá en gran medida de las labores de monitoreo. Tres técnicas de monitoreo recomendables para viveros de plátano son:

1. Muestreo tentativo positivo-negativo: Esta es una técnica de muestreo muy adecuada para verificar reinfestación. Ha sido utilizado exitosamente en Belice para determinar reinfestación en plantaciones establecidas en lugares donde nunca se habían cultivado banano con rizomas sometidos a termoterapia (Pinochet & Ventura, 1977). La técnica consiste en recolectar un mínimo de 30 rizomas por ha al azar provenientes de plantas hijos, pelarlas superficialmente y determinar presencia o ausencia de lesiones típicas causadas por nematodos (color café rojizo). En viveros, es recomendable realizar esta práctica cada 6 meses. El nivel de infestación expresado en % será:

$$\text{Infestación (\%)} = \frac{\text{Rizomas infestados}}{\text{Total rizomas muestreados}} \times 100$$

2. **Conteo de matas desraizadas (volcadas) con lesiones típicas causadas por nematodos:** Esta operación se realiza una o dos veces por semana. Es similar a la que se practica en plantaciones de banano para exportación. Debido a que los viveros no están destinados a la producción de fruta, es probable que las matas volcadas sean mínimas. Es necesario verificar el origen del desraizado, ya que no todos son causados por nematodos. Estos también están asociados al picudo del banano, Cosmopolites sordidus y a pudriciones causadas por la bacteria Ewinia carotovora.
3. **Muestreo de nematodos del suelo:** Esta técnica es útil, aunque requiere de equipo especializado, personal entrenado y sobre todo, tiempo necesario para efectuar extracción, identificación y conteo de nematodos. Sin embargo, personal de los servicios de extensión o investigación de entidades de gobierno que posean laboratorios de Nematología pueden ofrecer esta colaboración.

Medidas preventivas

Existen varias medidas preventivas para evitar la introducción de nematodos en viveros. Cabe señalar que las medidas preventivas por muy drásticas que sean, en la práctica no garantizan la mantención de un vivero libre de R. similis y P. coffeae, como de otras plagas, especialmente si el vivero se encuentra cerca de plantaciones de banano o plátano, infestadas de nematodos. Las principales medidas preventivas son:

1. Evitar el paso a través del vivero de personal y vehículos que trabajan en plantaciones bananeras o plataneras infestadas. Barro adherido a las ruedas de los vehículos, remolques, maquinaria y zapatos, suelen ser una manera de introducir y diseminar nematodos en el vivero. Las labores de descarga de rizomas para la venta, se deben realizar como mínimo a 50 m del vivero como medida de prevención.
2. Establecer canales de drenaje adecuado que eviten el escurrimiento y encharcamiento de agua durante la época lluviosa. El agua puede ser un medio muy eficaz de reinfestación de nematodos en viveros.
3. Los replantes de matas perdidas que se realizan dentro del vivero, se deben hacer sólo con material limpio.
4. Uso de nematicidas como medio preventivo, aunque su utilidad a veces es cuestionable. Lo normal es realizar dos ciclos por año.
5. Control químico de focos de reinfestación de nematodos. Es común y depende en gran medida de las cercanías de la fuente

de contaminación o del establecimiento defectuoso del mismo vivero. El objetivo del control no es la erradicación del nematodo sino el retardo en su multiplicación y diseminación. La dosis de nematicida utilizada para estas situaciones son más altas que las recomendadas por el fabricante.

LITERATURA CITADA

- BLAKE, C.D. 1969. Nematode parasites of banana and their control. Pp. 109-132 en Peachey, J.E. (Ed.), Nematodes of Tropical Crops. Technical Communication Nº 40. Commonwealth Bureau of Helminthology, St. Albans, Herts, England.
- PINOCHET, J., & O. VENTURA. 1977. Plant parasitic nematodes associated with bananas in Belize. Tropical Agriculture. 54:349-352.
- ROMAN, J. 1978. Nematodos del bananero y el platanero. Pp. 93-110 en Universidad de Puerto Rico (Ed.), Fitonematología Tropical. Mayagüez, Puerto Rico.
- STOVER, R.H. 1972. Banana, plantain and abaca diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. 316 pp.
- TARTE, R., & J. PINOCHET. 1981. Problemas nematológicos del banano. Contribuciones recientes a su conocimiento y combate. Unión de Países Exportadores de Banano, UPEB, Panamá. 32 pp.
- VILARDEBO A. & J. ROBIN. 1969. Nematicidad treatment of banana planting material. Pp. 133-141 en Peachey, J.E. (Ed.), Nematodes of Tropical Crops. Technical Communication Nº 40. Commonwealth Bureau of Helminthology, St. Albans, Herts, England.

NEMATODOS EN VIVEROS FRUTALES, SU INTRODUCCION, DISPERSION Y MANEJO

Jorge Pinochet, Ph.D.*

Introducción

Los viveros son lugares que propagan especies frutales destinados al establecimiento de huertos familiares y plantaciones comerciales. Sin embargo, los viveros además de suplir la demanda de los agricultores, también pueden constituir focos de diseminación de nematodos como también de otras plagas y enfermedades, tales como malezas, hongos e insectos de suelos, bacterias y virus, que pueden comprometer la vida útil de la plantación. Por esta razón, es necesario conocer cuales son los nematodos de mayor importancia económica en especies frutales tropicales, como se introducen y dispersan dentro del vivero con el objetivo de implementar medidas de control que sean efectivas.

Nematodos de importancia económica en viveros

Existen muchas especies de nematodos fitoparásitos que atacan a especies frutales tropicales y subtropicales, herbáceas y leñosas (McSorley, 1982), siendo los cítricos, mangos, guanábana, aguacate, chirimoya, maracuyá, marañón, tamarindo y papaya los de mayor interés comercial. En general, infestaciones tempranas por nematodos causan posteriormente poco desarrollo de la planta, retardo en entrar en producción, reducción de la longevidad de la plantación, formación de frutos pequeños y deficiencias nutritivas (McElroy, 1972). En el caso de infestaciones tardías, una vez que la planta se ha establecido en el huerto, las pérdidas suelen ser menos importantes y el control de nematodos es más factible a través de un buen programa nutricional y de manejo de nematodos. Los géneros y especies de nematodos de mayor importancia en viveros frutales son:

Meloidogyne: También conocido como el nematodo de las agallas. Son muy comunes, poseen un amplio rango de hospederos frutales y causan más daño económico que cualquier otro nematodo fitoparásito conocido. Se caracterizan por la formación de agallas o nódulos en el sistema radicular, cuyo efecto produce distorsión y alteración del sistema radicular reduciendo la absorción de aguas y nutrientes, además de favorecer la entrada de otros microorganismos que producen pudriciones. La especie más común es M. incognita (Cuadro 1).

* Nematólogo, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Panamá.

CUADRO 1. INFORMACION GENERAL DE NEMATODOS: DE IMPORTANCIA ECONOMICA EN VIVEROS FRUTALES

Nematodo	Hábito Alimenticio	Daños - Síntomas	Comentarios
<u>Meloidogyne spp.</u> (N. de las agallas)	Endoparásito sedentario	Severo. Formación de agallas marchitamiento, enarismo, clorosis y a veces muerte de la planta	<u>M. incognita</u> y <u>M. javanica</u> son las especies más comunes. Este nematodo posee un amplio rango de plantas hospederas. <u>M. incognita</u> es frecuente en viveros ornamentales
<u>Pratylenchus spp.</u> (N. de las lesiones)	Endoparásito migratorio	Severo. Formación de lesiones resultando en muerte de gran parte de las raíces	<u>P. coffeae</u> común en especies frutales leñosas. Problema serio en algunos semilleros y en plantaciones establecidas provenientes de viveros infestados
<u>Tylenchulus semipetrans</u> (N. de los cítricos)	Semiendoparásito	Moderado a severo. Pudrición de las raíces, amarillamiento defoliación, deficiencias nutritivas y frutos pequeños	Huésped específico de varias especies cítricas. También asociada a Anona y Maracujá en Panamá. <u>T. semipetrans</u> está bastante difundido en Centro América.
<u>Rotylenchulus spp.</u> (N. reniforme)	Semiendoparásito	Moderado. Muerte y destrucción de raíces. <u>R. reniformis</u> es la especie más dañina	<u>R. parvus</u> es muy común en viveros comerciales en Panamá. <u>R. reniformis</u> es menos frecuente
<u>Criconemella spp.</u> (N. anillado)	Ectoparásito migratorio	Normalmente leve. Puede causar daño moderado cuando alcanza poblaciones altas. Produce lesiones pequeñas	<u>Criconemella xenoplax</u> es la especie más frecuente detectada. Posee ciclos cortos
<u>Xiphinema spp.</u> (N. daga)	Ectoparásito migratorio	Leve a moderado dependiendo de la especie presente. Ataca meristemas apicales de la raíz, afectando desarrollo	Poco difundido en condiciones de trópico. <u>X. americanum</u> es común
<u>Aphelenchoides spp.</u> (N. foliar)	Endoparásito migratorio	Moderado. Produce necrosis en tejido foliar de especies ornamentales principalmente	Contaminación en viveros suele ser rápida. Su difusión en Centro América aparentemente es limitada

Pratylenchus: Patógeno importante, cuyas infestaciones tempranas pueden causar la muerte de plántulas en semilleros y almacigueras (Abrego, 1974). Este es un endoparásito migratorio que produce lesiones grandes y pudrición del sistema radicular. La especie más común en Centroamérica en frutales es P. coffeae.

Tylenchulus semipenetrans: Comúnmente conocido como el nematodo de los cítricos, el cual produce pudrición en las raíces, amarillamiento, defoliación, deficiencias nutritivas de Fe, Zn y Mg, y frutos pequeños. Este nematodo es huésped específico de casi todas las especies cítricas y está ampliamente difundido en Centroamérica (Pinochet, Sánchez & Laffite, 1978; Pinochet, Cordero & Bernal, 1987; Tarjan, 1967).

Rotylenchulus: Especies de este nematodo poseen una alta frecuencia de detección en América Tropical, aunque aparentemente suele ser menos patogénico que los anteriores. Tiene una gran capacidad de reproducción alcanzando altos niveles poblacionales en suelos arenosos. Es probable que bajo estas condiciones sea dañino. La especie R. parvus es bastante común, en cambio R. reniformis de gran importancia económica en varios cultivos, es menos frecuente.

Criconemella: Es un patógeno débil que ocasionalmente se presenta en poblaciones altas causando daños a plántulas jóvenes. Este nematodo es un ectoparásito migratorio que produce lesiones pequeñas. La especie de mayor preocupación es C. xenoplax.

Xiphinema: Es poco frecuente, aunque ataques fuertes de este nematodo en plántulas puede afectar notoriamente su crecimiento. Se alimentan de los meristemas apicales de las raíces impidiendo el desarrollo de un sistema radicular bien formado, lo cual se refleja en una menor absorción de agua y nutrientes. También son vectores de virus NEPO en especies frutales leñosas de clima templado. Existe poca información de su importancia en especies frutales de regiones tropicales. La especie más común es X. americanum.

Aphelenchoides: Conocidos como los nematodos foliares. Son endoparásitos migratorios que atacan las hojas de las plantas, preferentemente de hospederos herbáceos. Son más frecuentes en viveros ornamentales y su importancia en Centroamérica radica en que tanto especies ornamentales como frutales se mantienen juntos en viveros. Estos nematodos causan descoloración y necrosis de las hojas.

Introducción y dispersión de nematodos en viveros frutales

Migración: En suelos arenosos y sueltos los nematodos pueden migrar unos pocos centímetros hasta aproximadamente un metro por año. En pocos años pueden difundirse a través de todo el vivero. En el caso de nematodos foliares estos pueden migrar con relativa rapidez de una planta a otra después de lluvias y riego ó condiciones de humedad relativa alta (Esser, 1977).

Material de propagación: Es una de las formas más comunes de introducción de nematodos a los viveros, se realiza con material vegetal contaminado en forma de estacas, estolones, rizomas y bulbos, principalmente.

Suelo: Suelo sin tratamiento puede acarrear nematodos al vivero y fuera de él. Este es probablemente la principal forma de dispersión de nematodos de un vivero a otro y hacia plantaciones y huertos. Suelo tomado alrededor de las raíces de especies arbóreas en las cercanías del mismo vivero para embolsar plántones, suele ser una práctica común y una forma de infestación de material frutal. Plantas en bolsas de plástico colocadas sobre el suelo también quedan expuestas a la contaminación a través de perforaciones de las bolsas.

Lluvia e inundación: En lluvias fuertes los nematodos que se encuentran en el suelo pueden contaminar plantas en contenedores ó en bolsas por salpicado. La inundación es otra forma efectiva de diseminación de nematodos hacia sectores no infestados del vivero (Esser, 1979). En Centroamérica, la mayoría de los viveros carecen de mesones y techo para prevenir el salpicado y desague adecuado.

Pendiente: Este es un factor que favorece la dispersión de nematodos por escurrimiento de zonas altas y zonas bajas, principalmente en épocas de lluvias. Semilleros, almácigos, y camas de crecimiento tienden a ser los más afectados por pendientes pronunciadas en viveros.

Plantas colgantes: Existe una tendencia generalizada en Centroamérica de colocar especies ornamentales sobre semilleros u otras plantas en contenedores, las cuales pueden contaminar con facilidad todo lo que se encuentra debajo con bacterias, esporas de hongos, larvas y huevos de nematodos por escurrimiento y goteo después de un riego (Esser, 1979).

El hombre, animales y vehículos: Roedores, perros y en especial el hombre son diseminadores de nematodos que se adhieren a sus pies y manos. El hombre además contribuye a su dispersión a través del uso de utensilios sin desinfectar como tijeras, cuchillos, contenedores y bandejas que se trasladan de un sector del vivero a otro. La dispersión por aves e insectos es menor y debe considerarse como un factor de poca importancia en la diseminación de nematodos fitoparásitos (Esser, 1980). En cuanto a vehículos, suelo adherido a las ruedas de tractores y camiones provenientes de áreas agrícolas pueden acarrear huevos de nematodos viables por largo tiempo. Esta es una manera en que frecuentemente se introducen nematodos a viveros (Esser, 1984).

Recomendaciones de manejo integrado de nematodos en viveros frutales

A continuación se detallan algunas prácticas encaminadas a controlar y mantener operaciones de viveros, tanto frutales como ornamentales, libres de nematodos fitoparásitos. Cabe señalar que muchas de estas medidas son también válidas para controlar otras plagas y enfermedades,

especialmente malezas, hongos e insectos de suelo.

1. Establecer viveros frutales en lugares planos con buen drenaje y desagües adecuados.
2. Utilizar material vegetal limpio. Esto es válido para semillas, estacas, bulbos, rizomas y plantas.
3. Tratar semilleros y tierra para embolsar plantas con calor (esterilización, pasteurización o solarización), fumigantes de suelo o nematicidas.
4. Lavar con detergente, cloro o formalina al 5% los maceteros, contenedores, bandejas y tarros.
5. Colocar plantas embolsadas y maceteros sobre mesones de tablas con ladrillos o de madera con malla de alambre grueso que tengan por lo menos 40 cm de altura. La separación entre plantas debe ser de 10 a 15 cms.
6. Asepsia general en los operarios que laboran en el vivero y en los utensilios que usan. Se recomienda el uso de guantes y baldes para enjuague de herramientas que contengan una solución de cloro al 5% o detergente.
7. Eliminar malezas que suelen ser buenos hospederos de nematodos mediante control mecánico, químico e implementando los puntos 2 y 4.
8. No mezclar especies ornamentales con frutales en campo e invernaderos.

LITERATURA CITADA

- ABREGO, L. 1974. Ensayos de selectividad de nematicidas en el combate de Pratylenchus coffeae en almácigueras de café. *Nematropica* 4:17.
- ESSER, R.P. 1977. How soil borne nematodes enter and disperse in Florida nurseries. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. *Nematology Circular* Nº 33. 2 pp.
- ESSER, R.P. 1979. Nematode entry and dispersion by water in Florida nurseries. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. *Nematology Circular* Nº 54. 2 pp.
- ESSER, R.P. 1980. Nematode entry and dispersion by man and animals in Florida nurseries. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. *Nematology Circular* Nº 60. 2 pp.

- ESSER, R.P. 1984. How nematodes enter and disperse in Florida nurseries via vehicles. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. Nematology Circular Nº 109. 2 pp.
- McELROY, F.D. 1972. Nematodes of tree fruits and small fruits. Pp. 335-376 en Webster, J.M. (Ed.), Economic Nematology. Academic Press, Londres. 563 pp.
- McSORLEY, R. 1981. Plant parasitic nematodes associated with tropical and subtropical fruits. Agric. Exp. Sta. IFAS. Univ. of Florida, Gainesville. F.A. Wood, Dean for Research. Bulletin 823 (technical). 49 pp.
- PINOCHET, J., L. SANCHEZ & R. LAFFITE. 1978. Plant parasitic nematodes associated with citrus in Honduras. FAO Plant Protection Bulletin 26:58-62.
- PINOCHET, J., D. CORDERO & J.A. BERNAL. 1987. Nematodos en viveros frutales en Panamá; diagnóstico, manejo e importancia económica. Nematropica: 17:111-124.
- TARJAN, A.C. 1967. Some plant nematode genera associated with citrus and other crops in Costa Rica and Panama. Turrialba 17:280-283.

EL NEMATODO DEL QUISTE EN LA PAPA Glodobera spp. EN PANAMA

Roberto Rodríguez, Ing. Agr.*
Eric Candanedo, Ph.D.**

Introducción

El nematodo del quiste de la papa, Glodobera rostochiensis, fue reportado en Panamá en 1967 (Tarté, 1968). Este parásito puede causar pérdidas considerables en el cultivo de la papa, las que en muchas ocasiones pueden ser atribuidas a otras causas. Como su ataque es a las raíces y tubérculos, las plantas no manifiestan síntomas que puedan servir para diagnóstico.

En la actualidad, se ha considerado potencialmente muy peligroso para el cultivo de papa, tanto por su patogenicidad, que se manifiesta como una reducción ascendente de los rendimientos, como por la dificultad para detectarlos en los primeros años de establecido en el suelo. Su erradicación es prácticamente imposible debido principalmente a la supervivencia prolongada de sus huevos y larvas dentro del cuerpo de la hembra muerta, convertida en quiste protector de gruesa pared.

Los cultivos comerciales atacados por el nematodo son la papa, el tomate y la berenjena. Sin embargo, otras solanáceas son hospederas del nematodo, pero en número, son relativamente pocas. La diseminación de este nematodo se da principalmente, por el uso de equipo, suelo y semillas contaminadas. Además, otros cultivos que pueden servir como portadores de los quistes son: zanahoria, fresa, ajo, cebolla y todos aquellos cultivos que se propagan por rizomas, bulbos o tubérculos.

Para el control de esta plaga es necesario conocer su ciclo de vida y manejar adecuadamente el cultivo para desarrollar un control integrado.

Sintomatología

Cuando las poblaciones de nematodos se encuentran a niveles bajos, los síntomas en las partes aéreas de las plantas no son evidentes y es muy difícil detectar los nematodos valiéndose de los procedimientos de

* Fitotecnista, Programa Regional Cooperativo de Papa, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

** Nematólogo, IDIAP, Panamá, Panamá.

extracción de quistes del suelo. Esta carencia de síntomas distinguibles de su presencia, favorece la supervivencia del nematodo.

Aproximadamente seis años después de introducido en un campo cultivado continuamente con papa, el nematodo alcanza el nivel poblacional detectable por muestreos de suelos. Entre el séptimo y el décimo año aparecen los primeros síntomas en la parte aérea de las plantas, que se manifiesta en forma de manchones en el campo. Sin embargo, esto no es un criterio seguro que indique la presencia del nematodo, pues este síntoma es similar al causado por otros organismos fitopatógenos, al producido por el exceso de agua en las partes más bajas del terreno en años lluviosos ó por la sequía en las partes más altas del mismo, en años secos (Franco, 1986; Anónimo, 1981). A medida que aumentan las poblaciones en el suelo, los manchones se van agregando y van apareciendo manchas adicionales.

Entre el octavo y décimo año después de su introducción, la población de quistes en el suelo ha alcanzado un nivel tal que produce una considerable marchitez de las plantas, falta del crecimiento y pobre desarrollo radicular. Los tubérculos son más pequeños comparado con plantas sanas y los rendimientos se reducen. Removiendo cuidadosamente las plantas y sacudiendo el exceso de suelo de las raíces, a la floración, se pueden observar las hembras a simple vista incluso sobre la superficie de los tubérculos. Son cuerpos pequeños y esféricos que miden entre 0.5 y 1.0 mm de diámetro y tienen un color blanco, cremoso ó marrón (cuando alcanzan la fase de quiste).

Taxonomía

El nematodo del quiste de la papa pertenece al Filum nemátoda y al género Glodobera, a causa de la forma globular de los quistes.

Existen once especies de Glodobera, que atacan las plantas. La papa es atacada por especies de Glodobera: Glodobera rostochiensis y Glodobera pallida, conocidas, conjuntamente, como "Nematodo del Quiste de la Papa". Las especies G. rostochiensis es también conocida como "Nematodo Dorado de la Papa" pues pasa por una fase de coloración amarilla (Franco, 1986).

Las diferencias más obvias entre estas dos especies son:

1. En G. rostochiensis las hembras inmaduras son amarillas o doradas. El estilete es de 19 a 21 micras de longitud con protuberancias que apuntan hacia atrás.
2. En G. pallida las hembras inmaduras son de color blanco o crema (no pasan por la fase amarilla ó dorada). Además, el estilete en esta especie es un poco más grade que en G. rostochiensis, siendo entre 23 a 24 micras de longitud, con protuberancias

que apuntan hacia adelante.

Ciclo Biológico

Tienen en su ciclo las etapas de huevo, larva y adulto. Según algunos estudios, desde el momento que la larva sale del quiste a la formación de otra hembra en su fase blanca puede durar de 38 a 48 días. Aunque este período va a estar acondicionado a limitantes como temperatura, humedad ó factores del suelo, en general, pueden variar de acuerdo a la zona productora. En estudios realizados en Panamá, se encontró que partiendo del momento en que las hembras se hacen visibles en la raíz, el nematodo tarda de 5 a 63 días en convertirse en quiste (Candanedo, Rodríguez & Atencio, 1980). Cada quiste es capaz de contener en su interior hasta 600 huevos que pueden permanecer viables en el suelo por un largo período de tiempo, en un estado reducido de actividad metabólica, en ausencia de un cultivo de papa. Se han reportado quistes con algunos huevos y larvas viables hasta 20 años después del último cultivo de papa efectuado en un terreno.

El ciclo activo se inicia cuando los nematodos están en su segundo estado juvenil y emergen de los huevos, dentro de los quistes, que atraídos por los exudados radiculares de las plantas de papa, penetran en las raíces donde pasan por tres mudas adicionales, para alcanzar la etapa adulta.

Las hembras se adhieren a la raíz dentro del tejido de la corteza, su cuerpo se ensancha, rompe las células de la raíz, y llega a ser visible. Los machos conservan la forma alargada, abandonan la raíz y localizan las hembras con las que se aparean, ya que su reproducción es amfimítica ó cruzada.

Después que las hembras mueren, la cutícula de su cuerpo esférico se transforma en un quiste duro de color marrón, que resiste a las condiciones ambientales desfavorables.

Distribución

Este nematodo se encuentra presente en la mayoría de los países de Europa, América del Sur, Centro América y el Caribe. Se considera que es originario de las zonas andinas de Sur América, de donde se diseminó, junto con el cultivo de papa, el cual es su principal hospedero.

La diseminación del nematodo se realiza por: suelo contaminado que puede ser transportado o llevado por la maquinaria, vehículos, implementos, envases, sacos y en la tierra adherida a los tubérculos, que se considera es la principal vía de dispersión.

Detección del nematodo

Para determinar la dispersión y los niveles de infestación del nematodo existen varios métodos que varían de acuerdo al tipo de información que deseamos obtener. La detección es posible cuando las poblaciones han alcanzado un determinado nivel. Esto indica que los muestreos deben ser periódicos en terrenos en los que no se ha detectado, o en suelos bajo observación por estarse realizando algún combate, para ver si su reproducción es creciente o decreciente.

1. Detección con presencia de cultivo: Es posible observar las hembras y quistes del nematodo en las raíces cuando el cultivo de papa está en floración. Se sacan cuidadosamente las plantas de papa y se podrá apreciar adheridos a las raíces, diminutos cuerpos esféricos, del tamaño de la cabeza de un alfiler, que corresponden a las hembras del nematodo. Si estos pequeños cuerpos esféricos tienen color marrón, corresponden ya a las hembras muertas o quistes, los cuales tienen en su interior, huevos y juveniles viables. Esta situación se observa cuando las poblaciones de nematodo en el área son altas, de lo contrario, se debe tomar muestras de suelo (Franco, 1985).
2. Detección en ausencia de cultivo: El mismo consiste en tomar muestras de suelo cada 10 metros, caminando en línea recta y repitiendo éstas cada 10 metros, de la primera línea. En cada submuestra se toman unos 30 gramos, con lo cual formaremos una muestra de aproximadamente 3 kgs/ha. Al terminar cada muestra debe etiquetarse perfectamente con los datos apropiados, un croquis del área muestreada con la ubicación de cada muestra así como cualquier información que permita volver al sitio exacto del muestreo (Anónimo, 1981).
Se pueden realizar otro tipo de muestreos más intensivos como el de 4mx4m ó 2mx2m, que son más eficientes pues se colecta un mayor número de submuestras por hectárea.
Posteriormente cuando las muestras del suelo estén bien secas, se procede a la extracción de quistes por flotación, utilizando el aparato de Fenwik.

Control y Prevención

Cuando se detecta por primera vez la presencia del nematodo del quiste de la papa en el suelo, normalmente se presentan poblaciones altas. Después de establecido el nematodo es muy difícil, prácticamente imposible erradicarlo, desde los puntos de vista físico y económico.

Existen métodos para reducir los daños del nematodo, pero es necesario integrar estos métodos para obtener un manejo apropiado del patógeno, con el fin de disminuir la diseminación y mantener la población del nematodo a niveles que no afecten los rendimientos de manera significativa.

Cuarentena

Los quistes se diseminan principalmente por medio de tubérculos no lavados o de suelo que contenga quistes. El suelo puede estar adherido a partes de plantas o a implementos ó equipos agrícolas. También pueden ser transportados por el agua de escorrentía y el viento. Por ello, para prevenir la introducción de esta plaga, muchos países aplican medidas cuarentenarias estrictas. Como medida adicional, dentro de un país no se deben producir tubérculos-semillas, en zonas infestadas (Anónimo, 1981).

Rotación de Cultivos

La rotación de cultivos es la práctica de control más ampliamente utilizada. Además, es efectiva porque la gama de hospederos de los nematodos del quiste es reducida. La densidad de población puede disminuirse en aproximadamente 20 a 30% cada año si no hay plantas hospedantes en el campo. Sin embargo, los huevos pueden sobrevivir por más de 20 años. La rotación normal en estos casos es de 5 a 6 años sin papas ni otros hospedantes en el campo.

Químicos

Se han realizado varios estudios utilizando nematicidas comerciales. El uso de los mismos ha permitido incrementar los rendimientos y también mantener secuencias continuas del cultivo. A pesar de que el control con nematicidas es efectivo y altamente rentable, debe tomarse con ciertas reservas a largo plazo, debido a que las poblaciones del nematodo a la cosecha suelen ser altas. En otras palabras, las poblaciones del nematodo, previo a la siembra, son disminuidas drásticamente por la aplicación de nematicidas pero el nematodo se reproduce rápidamente tan pronto pasa el efecto de los mismos. Es frecuente encontrar poblaciones finales mucho más altas que las iniciales, lo cual hace obligante el uso continuo de nematicidas o de cultivares tolerantes o resistentes al nematodo, que muchas veces no están a la mano. Además, el uso continuo de nematicidas puede causar varios problemas de contaminación ambiental y residuos en los productos de consumo, si no se realiza de una manera apropiada.

Variedades Resistentes

Existen variedades con genes de resistencia que disminuyen las poblaciones del nematodo y producen buenos rendimientos. Sin embargo, estas variedades, de sembrarse sucesivamente, pueden contribuir a una presión de selección de otras razas o especies del nematodo. También es importante destacar que las variedades de papa que son resistentes a patotipos de G. rostochiensis, predominan sobre las que son resistentes a G. pallida, lo cual podría contribuir a un incremento de las poblaciones de esta última en áreas en donde ambas especies se encuentran presentes (Rodríguez, 1985).

Biocontroladores

En los últimos años se han iniciado estudios de control con hongos que han sido encontrados parasitando los huevos de los nematodos del quiste de la papa. Estos hongos han sido identificados como Paecilomyces lilacinus y Penicilium anaticum (Rodríguez, Espinosa, Atencio & Lara, 1985).

De los últimos estudios realizados con estos hongos se pueden mencionar que no se han registrado diferencias significativas en los rendimientos pero los porcentajes de huevo y juveniles infectados, en la población final, son relevantes.

Control Integrado

Utilizando este método donde se combinan varias prácticas de control, se permite un manejo más efectivo y económico del nematodo, de tal forma que se logre la reducción de las poblaciones a niveles que permitan obtener cosechas de buenos rendimientos (Tarté & Rodríguez, 1976; Tarté & Rodríguez, 1978).

Por las investigaciones realizadas podemos recomendar el siguiente plan:

1. Se inicia el ciclo con una variedad resistente.
2. En la segunda temporada se puede utilizar una variedad tolerante.
3. En la tercera siembra utilizar un nematicida y sembrar una variedad susceptible o tolerante.
4. En la cuarta temporada iniciar el ciclo con una variedad resistente.

LITERATURA CITADA

- ANONIMO. 1981. Curso de nematodos del quiste de la papa. Inst. de Invest. Agropecuaria de Panamá, Panamá (Mimeógrafo).
- CANDANEDO, E., R. RODRIGUEZ & F. ATENCIO. 1980. Identificación de las especies del nematodo del quiste de la papa, Glodobera spp. (Mulvey y Stone, 1976), por medio de la cromogénesis de las hembras. Ciencia Agropecuaria 3:11-21.
- FRANCO, J. 1986. Nematodo del quiste de la papa. 2ª Ed. Centro Inter-

nacional de la Papa, Lima, Perú. 58 pp.

- FRANCO, J. 1985. Importancia de los nematodos en la producción de la papa y su control. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
- RODRIGUEZ, R. 1985. Avances de la investigación sobre el nematodo dorado (Glodobera spp.) en la República de Panamá. Boletín Técnico Nº 4. Inst. de Invest. Agropecuaria de Panamá, Panamá.
- RODRIGUEZ, R., L. ESPINOSA, F. ATENCIO & J. LARA. 1985. Investigación realizada en nematodos que atacan el cultivo de la papa (Mimeógrafo).
- TARTE, R. 1968. First record of occurrence of Heterodera rostochiensis in Panamá. Plant Dis. Rep. 52:587-588.
- TARTE, R. & R. RODRIGUEZ. 1976. Evaluación del daño ocasionado por el nematodo Heterodera rostochiensis Woll, al cultivo de la papa con énfasis en el desarrollo de un sistema integrado de control. Pp. 285-339 en Investigaciones Agropecuarias 1974-1975. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Panamá.
- TARTE, R. & R. RODRIGUEZ. 1978. El nematodo dorado de la papa Heterodera rostochiensis. Nuevos datos sobre el control integrado y evidencias de la aparición de una nueva raza en Cerro Punta. Pp. 407-409 en Investigaciones Agropecuarias 1976-1977. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Panamá.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL SEMINARIO DE NEMATOLOGIA

Al cierre del seminario se realizó una mesa redonda en la que se discutieron algunos problemas prioritarios en el control de nematodos en viveros y hortalizas en Panamá y Centroamérica. Las conclusiones y recomendaciones que se derivaron de esta reunión fueron las siguientes:

1. Se determinó la necesidad de implementar medidas de manejo de viveros, junto con los mecanismos legales que establezcan los parámetros mínimos de sanidad y cuarentena para que los plantones que se vendan en el país estén libres de contaminantes de todo tipo. En otras palabras, una legislación de certificación de material frutal libre de plagas y enfermedades.
2. Conviene probar en diferentes viveros del país algunas de las prácticas mínimas de sanidad observadas durante el día de campo como son:
 - a) Tratamiento del suelo utilizado para embolsar plantones mediante técnicas de solarización, pasteurización y esterilización.
 - b) Establecimiento de mesones elevados que eviten la contaminación por salpicado y encharcamiento durante el periodo de lluvias.
 - c) Separación física de especies frutales de las ornamentales y forestales.
 - d) Camas para semilleros elevados 30 a 40 cm sobre el suelo y tratados con hipoclorito de sodio, formalina o algún fumigante de suelo.
 - e) Utilización de materiales rústicos para la construcción de semilleros, mesones y esterilizadores de suelo.
3. Las investigaciones tendientes al control biológico de nematodos con el uso de hongos entomopatógenos en general, es aún poco conocido y requiere de más investigación básica. En su lugar se recomienda enfocar la investigación hacia el control de nematodos a través del uso de enmiendas, tales como los desechos provenientes de arroz y caña de azúcar, gallinaza, estiércol, residuo de industria conservera, desechos calcareos, etc; de manera que se favorezca la producción de organismos antagónicos y sustancias tóxicas para los nematodos y que además se beneficie de un efecto nutricional favorable para el cultivo.
4. Se evidenció la necesidad de establecer mayor vinculación entre instituciones estatales involucradas en investigación y producción de especies frutales tropicales, casas comerciales que venden agroquími-

cos y productores, a fin de buscar alternativas económicas y ecológicamente factibles. Este paso es importante para conocer las restricciones propias de los productos recomendados para el uso en viveros comerciales.

5. La evaluación de variedades o líneas experimentales de algunos cultivos hortícolas para resistencia o tolerancia a nematodos ofrece una excelente alternativa para el pequeño agricultor. Este enfoque debería tener una mejor acogida por parte de las entidades dedicadas a la investigación agrícola que poseen nematólogos y fitomejoradores. En Panamá se han llevado a cabo investigaciones para evaluación de germoplasma solamente en tomate, pimentón y papa.
6. En relación al uso adecuado de nematicidas, faltan estudios más precisos sobre dosificación, forma y momento óptimo de aplicación en varios cultivos hortícolas que se producen en áreas de trópico húmedo y seco. Este aspecto es importante para determinar la efectividad del nematicida con un mínimo de producto.
7. Es preocupante el uso excesivo de algunos nematicidas-insecticidas en áreas de agricultura intensiva dedicadas a la horticultura, específicamente el Valle de Antón, Cerro Punta y Boquete. Uno de los mayores obstáculos para implementar alternativas de control que sean efectivas y económicas, es el cambio de mentalidad por parte del usuario que normalmente suele aplicar estos productos en dosis más altas de las recomendadas. El concepto de manejo integrado de nematodos requiere de más investigación y sobre todo capacitación que involucre a agricultores, extensionistas y vendedores de agroquímicos.
8. Debido a la facilidad que actualmente existe para la introducción de nemátodos económicamente importantes a través de material vegetativo del exterior, principalmente en forma de bulbos, rizomas y plantas enraizadas, es recomendable capacitar adecuadamente al personal de cuarentena vegetal en diagnóstico y en implementación de medidas que eviten su introducción.