

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 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.

---

\* Material presentado al Seminario de Manejo Integrado de Nemátodos en Hortalizas y Frutales. Proyecto Regional MIP/CATIE, Panamá, nov. 1987.

\*\* 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 aéreas 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 patogénica 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 detrimentos 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 fluye 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,

