



Heterodera schachtii, el nematodo del quiste de la remolacha

Manuel Gutiérrez Sosa
(AIMCRA, Sevilla)

Pablo Castillo Castillo

Instituto de Agricultura Sostenible, IAS-CSIC, Córdoba

Los nematodos fitoparásitos están ampliamente distribuidos en suelos naturales y cultivados de todas las regiones del mundo. De hecho, cualquier planta cultivada puede sufrir un perjuicio importante en su crecimiento cuando existen elevadas densidades de población de estos microorganismos en suelo y/o raíces de sus huéspedes. El nematodo del quiste de la remolacha *Heterodera schachtii* constituye uno de los principales problemas fitopatológicos de este cultivo en todo el mundo. Aunque últimamente no se han realizado estudios sistematizados para determinar la importancia e incidencia de este nematodo en la remolacha azucarera del Sur de España, las recientes observaciones de técnicos y agricultores indican un incremento de las infecciones por este nematodo en determinadas áreas remolacheras. Este problema es de tal relevancia en la remolacha que fue una de las razones por las que este cultivo desapareció de la vega de Granada. Una de las principales causas del incremento del nematodo en estas zonas se debe al cultivo continuado de remolacha en las zonas infestadas, donde no se realizan rotaciones del cultivo o se practican rotaciones cortas (2 años) que son insuficientes para reducir las poblaciones del nematodo en los suelos infestados.

DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA

Las poblaciones de *H. schachtii* sobrepasan el invierno en el suelo en estado de huevo que está retenido dentro de una estructura de persistencia en forma de limón, de color pardo-marrón, y de alrededor de 800 μm de longitud denominada "quiste" (figuras 1-3), que se forma por mineralización de la cutícula de la hembra adulta. Estos quistes pueden observarse en las raíces infectadas mediante lupa de bolsillo como puntitos blancos (figura 1) y cada uno contiene en su interior 200-600 huevos (figura 3), pudiendo permanecer viables en el suelo en ausencia de plantas huéspedes durante 8-10 años. En cada huevo se desarrolla un juvenil de segunda edad (J2), que tras eclosionar constituye el único estado infectivo del nematodo. La proporción de juveniles infectivos que eclosionan en la primavera está influida por factores bióticos (exudados radicales) y abióticos (temperatura, humedad y aireación del suelo). Sin embargo, a diferencia de otros nematodos formadores de quistes, aproximadamente el 50% de los juveniles eclosionan cuando las condiciones de temperatura y humedad del suelo son adecuadas y sin necesidad de exudados radicales. Los juveniles eclosionan en un ran-

go de temperatura entre 10-35 °C, aunque la temperatura óptima para la eclosión de éstos es de 25 °C.

Los exudados radicales de las plantas huéspedes atraen a los juveniles eclosionados hacia el ápice radical donde comienzan a penetrar en la raíz mediante su estilete (figura 3). Los juveniles infectivos penetran la raíz y se desplazan intracelularmente en el parénquima cortical hasta el cilindro central donde establecen los sitios permanentes de alimentación. En estos puntos de alimentación permanecen sin desplazarse (sedentarios) durante todo el ciclo biológico, allí se producen nuevas mudas de la cutícula (juveniles de 3.^a y 4.^a edad) hasta que se desarrollan los adultos (hembras que formarán los quistes llenos de huevos y machos vermiformes). Las hembras permanecen adheridas a la raíz mientras que los machos abandonan la raíz, dejan de alimentarse, fecundan a una o varias hembras y mueren en pocos días. La nutrición del nematodo origina unas células gigantes en el tejido de la raíz denominadas "sincitios", que se convierten en sumideros metabólicos a los que se dirigen gran cantidad del agua y los nutrientes absorbidos por la planta necesarios para el desarrollo del nematodo, causando una reducción del crecimiento y producción de la remolacha.

El ciclo completo del nematodo se completa en alrededor de 40 días a una temperatura de 20-28 °C, por tanto, aun sin haber estudiado la dinámica de las poblaciones en el Sur de España, es presumible que se puedan desarrollar 3-5 generaciones (como ocurre en otras zonas remolacheras de clima similar), lo que supone un incremento de inóculo muy elevado en cada estación de cultivo. No obstante, la reproducción del nematodo se ve fuertemente influida por la temperatura del suelo, existiendo datos en la literatura nematológica de que la capacidad reproductiva de este nematodo es dos veces

mayor a 27,5 °C que a 25 °C. El pH óptimo para su desarrollo es de 7,5-8, frecuente en los suelos del sur.

A diferencia de la mayoría de los nematodos formadores de quistes, *H. schachtii* tiene plantas huéspedes en varias familias de plantas cultivadas y silvestres, lo que dificulta en gran medida su control. Las plantas cultivadas que son huéspedes de este nematodo pertenecen a la familia de las Quenopodiáceas (remolachas azucarera, roja y forrajera, espinaca) y las Crucíferas (col, brócoli, coliflor, colza, nabo, rábano, etc.). Sin embargo, existe una gran cantidad de malas hierbas pertenecientes a varias familias que son huéspedes del nematodo y que constituyen un excelente reservorio para el mantenimiento de las poblaciones en el campo en ausencia de plantas cultivadas huéspedes.

SÍNTOMAS Y DAÑOS

El primer síntoma que detecta el agricultor son rodales que muestran estrés hídrico ("sesteo" o marchitez) (figura 1). En infestaciones iniciales estos rodales son pequeños y localizados en la parcela, no obstante la siembra de remolacha en la misma parcela durante la próxima estación o las siguientes promueve la extensión de los rodales que son cada vez más grandes, llegando incluso a extenderse sobre toda la parcela si las condiciones son óptimas para el desarrollo del nematodo.

Para confirmar la presencia de nematodos en la raíz, es suficiente con arrancar algunas remolachas y observar las raíces con una lupa de bolsillo e incluso a simple vista si los quistes están próximos a la maduración. En las raíces infectadas se observan un gran número de raicillas secundarias, con una gran proliferación de quistes (figura 1). Las plantas están poco desarrolladas y las raíces tienen aspecto de cabellera.

Las pérdidas de producción de remolacha están fuertemente correlacionadas con la densidad de inóculo inicial en el suelo, pudiendo alcanzar hasta el 80% de reducción cuando la infestación del suelo es igual o superior a 64 huevos + J2 por g de suelo seco. No obstante, los perjuicios ocasionados por el nematodo dependen no sólo de las poblaciones iniciales existentes en el suelo, sino también de las condiciones climáticas y de la susceptibilidad del cultivo, la fecha de siembra (las siembras tardías parecen ser más susceptibles a los ataques del nematodo), etc.

Por tanto, para evaluar el riesgo potencial de las infecciones por este nematodo es de importancia primordial el conocimiento de los niveles de población del nematodo en la parcela. Algunas indicaciones de estos riesgos se muestran en la siguiente tabla (Heijbroek, 1973):



Figura 1.
A, Síntomas aéreos de un ataque severo del nematodo del quiste de la remolacha (*Heterodera schachtii*). B, Sistema radical de remolacha severamente infectado por quistes del nematodo en estado inmaduro.

Población (huevos + J2/g suelo seco)	Grado de infestación
< 1,5	Muy ligero
1,5-4,0	Ligero
4,1-7,0	Moderado
7,1-20,0	Severo
20,1-40,0	Grave
> 40,0	Muy grave

MEDIDAS DE CONTROL

De acuerdo a las características biológicas de este nematodo (persistencia en el suelo, huéspedes, etc.), su control es muy complejo y requiere que se utilicen diversas estrategias para combatirlo.

1. Rotación

La rotación de cultivos es la estrategia de lucha *más eficiente e importante* para evitar los daños ocasionados por este nematodo, aunque en ocasiones su empleo se ve restringido por la rentabilidad del cultivo/s alternante/s. En las marismas de Lebrija, donde las rotaciones son cortas (2 años habitualmente), el problema se está agravando progresivamente como consecuencia del incremento de las poblaciones en el suelo. Por tanto, dependiendo del nivel de infestación de la parcela, una rotación sostenible sería de al menos cada 4-6 años. No obstante, durante el periodo entre remolacha y remolacha, no deben existir otros cultivos huéspedes o infestaciones de malas hierbas, que mantengan o incrementen las poblaciones en el

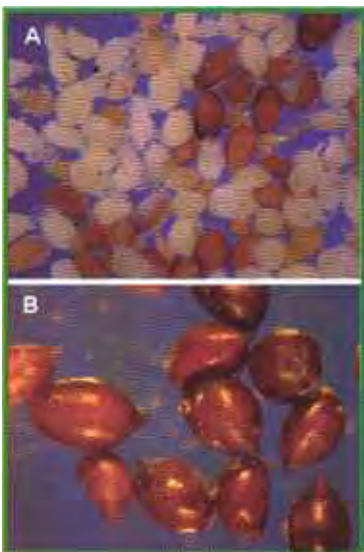


Figura 2.
Quistes inmaduros (A) y maduros (B) del nematodo del quiste de la remolacha.

suelo. En general las crucíferas son huéspedes del nematodo y por tanto cultivos como brócoli, col, o colza no son adecuados para la rotación. Sin embargo, cultivos como algodónero, maíz, patata, cebolla, cereales o leguminosas no son huéspedes del nematodo y por tanto son recomendables para la rotación.

2. Malas hierbas

Es muy importante mantener el cultivo limpio de malas hierbas, ya que muchas son huéspedes de *H. schachtii* y constituyen un excelente reservorio para el mantenimiento del nematodo en la parcela infestada. Por tanto, las parcelas deben mantenerse limpias especialmente de crucíferas (jaramagos, mostazas), quenopodiáceas (acelguilla, cenizos, espinacas), amarantáceas (moco de pavo) y solanáceas (tomatito).

3. Control químico

No existe ningún nematicida que pueda erradicar este nematodo. No obstante, existen numerosas referencias sobre disminución de poblaciones de nematodos al aplicar nematicidas o insecticidas con efecto nematicida, pero los resultados han sido variables y en muchos casos no viables económicamente. No existe información al respecto en remolacha otoñal. En España están autorizadas como nematicidas las siguientes materias activas, para aplicar en el momento de la siembra: *aldicarb* (Temik), *fenamifos* (Nemacur, específico para nematodos) y *oxamilo* (Vydate). En otras zonas de siembra primaveral se han ensayado estos productos sin resultados económicos favorables. Están autorizadas, aunque no tenemos información al respecto, las siguientes: *carbofurano* (varios), *carbosulfán* (Marshal) y *benfuracarb* (Oncol). Existe un fumigante de suelo con efecto nematicida, el DD o 1,3-*dicloro-propeno* (Telone) que debe aplicarse antes de la siembra y aunque ha demostrado tener buena capacidad de controlar el nematodo en algunos tipos de suelos, tiene el inconveniente de su elevado coste. No obstante la utilización de estos compuestos es cada vez menos aconsejable por la potencial contaminación medioambiental.

4. Control biológico: plantas-trampa

Después de la rotación, la utilización de plantas-trampa constituye la segunda estrategia de lucha más

eficaz contra este nematodo. Numerosos estudios en otras zonas remolacheras han demostrado la validez de este método para reducir las poblaciones en parcelas infectadas. Para ello, se han utilizado crucíferas (rábanos o mostazas) resistentes al nematodo con capacidad para disminuir las poblaciones en el suelo. Estas plantas-trampa deben sembrarse tras el cultivo de la remolacha tan pronto como sea posible e incorporarlas al suelo como abono verde antes de la próxima siembra. Similarmente a lo que ocurre en los huéspedes susceptibles, sus exudados radicales estimulan la eclosión y penetración de los juveniles en las raíces, y el establecimiento de los puntos permanentes de alimentación (sincitios). Sin embargo, estos sincitios pronto degeneran y por tanto no aportan el agua y nutrientes necesarios para que el nematodo pueda completar su ciclo biológico, el nematodo muere (no se forman las hembras que originarán los quistes llenos de huevos), y como consecuencia de ello habrá una reducción importante de las poblaciones del nematodo en el suelo.

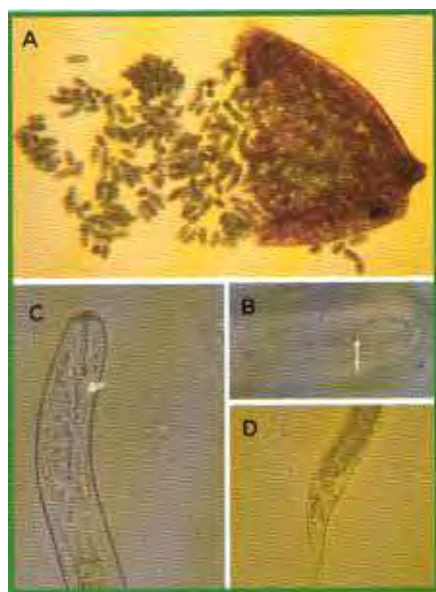


Figura 3.
 A, Quiste maduro de *H. schachtii* conteniendo 300-500 huevos.
 B, Huevo embriionado mostrándole estilete del juvenil de 2.^a edad (J2).
 C, D, Región anterior y posterior, respectivamente, del juvenil de 2.^a edad (J2).

En la actualidad se comercializa en el mercado español un rábano resistente a este nematodo (*Raphanus sativus* ssp. *oleifera*), variedad y marca comercial Peggletta (semillas Strube-Dieckmann). No existe información experimental de ensayos al respecto en condiciones del sur, aunque se recomienda sembrarlo durante el verano tras cosechar la remolacha, con una densidad de 20 a 30 kg/ha. En el terreno debería permanecer aproximadamente durante un mes y medio. Lo ideal desde el punto de vista agronómico es incorporarlo al suelo como abono en verde, siempre que lo permita la rotación a seguir en la parcela en cuestión.

5. Control con variedades de remolacha resistentes

En el mercado español existe alguna variedad resistente a *H. schachtii*, aunque se ha ensayado en el Sur y sus resultados no han sido satisfactorios. Esta línea puede ser prometedora, ya que es una medida no contaminante. La fuente de los genes para producir estas variedades está basada en remolachas silvestres, como *Beta procumbens*, *Beta webbiana* y *Beta patellaris*. La resistencia se debe a una reacción de hipersensibilidad por parte del tejido radicular, que se necrosa rápidamente e impide el desarrollo de los juveniles hacia el estado adulto. En otras zonas remolacheras, estas variedades se recomiendan con infestaciones severas de suelo.

6. Medidas preventivas

No obstante a todo lo anterior, la prevención de infestaciones por el nematodo es el método más práctico y económico de manejar este nematodo. A pesar de ello, generalmente las decisiones para el manejo del nematodo se suelen tomar después de que el problema ya se haya establecido en la parcela. Para evitar esta situación, existen una serie de recomendaciones que deberían tenerse en cuenta:

- a) Eliminar restos de remolachas en la parcela que puedan albergar quistes del nematodo.
- b) Evitar el movimiento de suelo entre parcelas infectadas y parcelas sanas mediante maquinaria agrícola, ganado o personas (vigilar y limpiar convenientemente los aperos y maquinaria antes de los traslados de unas fincas a otras).
- c) Evitar utilizar agua de riego potencialmente contaminada por el nematodo.
- d) La siembra temprana favorece un buen establecimiento del cultivo, de manera que las plantas más vigorosas estarán en mejores condiciones de afrontar un ataque del nematodo.
- e) Aunque son poco utilizados, los fertilizantes orgánicos son recomendables porque promueven el desarrollo de microorganismos antagonistas del nematodo, liberan compuestos con actividad nematicida (i.e. amoníaco) y mejoran las propiedades físicas del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Investigaciones subvencionadas parcialmente por el proyecto AGL-2002-01418.