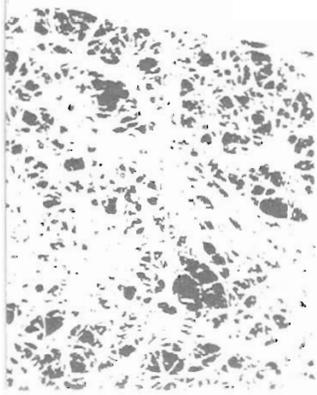


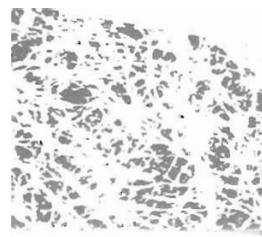
10/94

COMUNICACION
I + D AGROALIMENTARIA

EL NEMATODO DE LOS CEREALES



JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Agricultura y Pesca



El nemátodo de los cereales

(HETERODERA AVENAE)

© Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Producción Agraria.

Publica: Dirección General de Investigación Agraria. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Colección: Comunicación I+D Agroalimentaria 10/94.

Autor: Elvira Frápolli Daffari.

Fotografías: Delegación Provincial Málaga. Sección de Protección de Vegetales.

Coordinación y diseño: Heliodoro Fernández López y Rosa M^a Mateo Fernández.

Depósito Legal: SE-1944-94

I.S.B.N.: 84-87564-15-1

Fotocomposición y fotomecánica: Aplicando.

Imprime: Technographic.

INTRODUCCION

Entre los nemátodos fitoparásitos que afectan a los cultivos de cereales, destaca ampliamente la especie *Heterodera avenae* por su importancia agrícola y repercusión económica. Frecuentemente se asocia con pérdidas de producción en los cultivos de cereales, de diferente cuantía, que pueden llegar a graves mermas en la cosecha.

Conocido en todo el mundo como “el nemátodo del quiste de los cereales”, *Heterodera avenae*, (Woll. 1.924), ha sido citado en España por numerosos investigadores, y estudiado con gran profusión.

Es un nemátodo de gran especificidad, ya que sólo se alimenta de gramináceas, tanto silvestres como cultivadas (cereales). Tiene una extraordinaria capacidad de adaptación a las condiciones adversas. Estas características han hecho que su desarrollo sea posible en las condiciones ambientales más diversas, causando plaga en casi todas las regiones del mundo donde se cultivan cereales. Su presencia en las áreas cerealistas de los 5 continentes hace que el problema sea de ámbito mundial.

No obstante, a pesar de ser considerada como una plaga importante, no siempre se ha reconocido como tal, o al menos no siempre se valora adecuadamente su efecto negativo en la producción de cereales; esto se debe al hecho de que las plantas atacadas no presentan en su parte aérea una sintomatología característica.

Heterodera avenae pertenece al grupo de los nemátodos formadores de quistes, junto a *Heterodera schachtii* (que ataca al cultivo de remolacha), y a las especies del género *Globodera* (que atacan al cultivo de la patata), y otros.

Se define como un endoparásito sedentario, porque la mayor parte de su ciclo biológico transcurre inmóvil en el interior de las raíces atacadas.

DESCRIPCION

La característica principal de *Heterodera avenae* es el poseer un marcado dimorfismo sexual. Las hembras son hinchadas adquiriendo forma de limón. Son de color blanco perlado (foto. 1), y tienen un tamaño aproximado de 700-900 micras de largo y 500-700 micras de ancho. Son inmóviles. Al morir endurecen y oscurecen su cutícula transformándose en quistes que caen al suelo. Dichos quistes tienen forma de limón, con un tamaño aproximado de 600-900 micras de largo y 400-550 micras de ancho, y un color pardo o marrón (foto. 2). Presentan 2 protuberancias: una es anterior y corresponde al cuello. La otra es posterior y corresponde al cono vulvar, con una serie de estructuras que sirven para diferenciar las distintas especies del género *Heterodera*. Los quistes encierran en su interior entre 200-600 huevos y larvas.

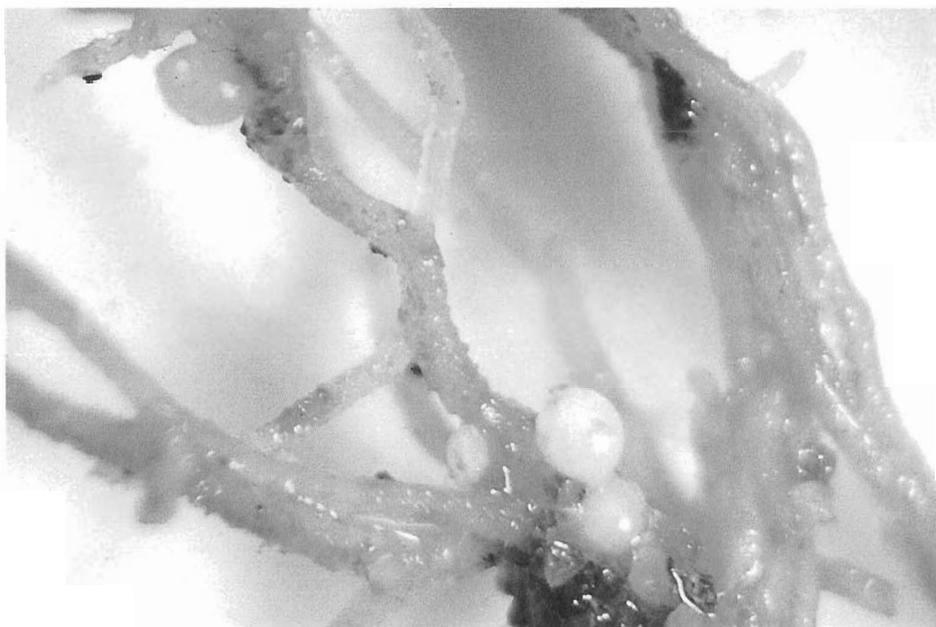


Foto 1.- Hembras blancas del nemátodo en raíces de trigo.

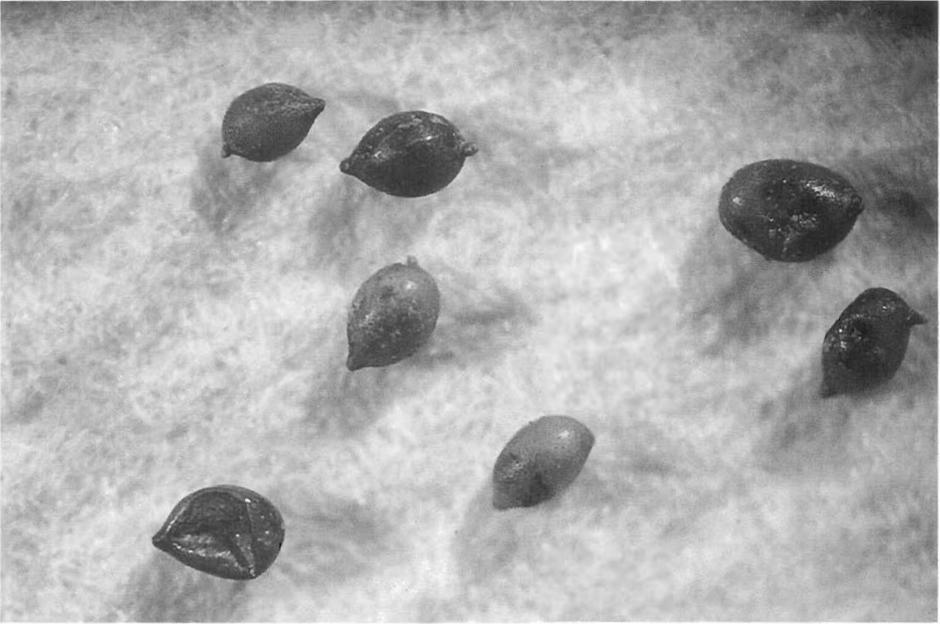


Foto 2.- Quistes en forma de limón del nemátodo de los cereales.



Foto 3.- Vista del estilete con el que las larvas perforan las células vegetales para obtener el alimento.

Los machos son vermiformes, móviles y migratorios. Su tamaño oscila entre 1.0 y 1.6 mm de longitud. Tanto los machos como las hembras y larvas presentan en la boca un estilete, a modo de aguja hipodérmica, que es clavado en las células vegetales para obtener el alimento y hacerlo pasar al intestino (fotos 3 y 4).

Los juveniles de 2ª fase son vermiformes (foto. 4), miden entre 550-600 micras, y presentan en la cola una zona clara o transparente, donde posteriormente se formarán los órganos reproductores.

Dentro de la especie *Heterodera avenae*, existen diferencias en cuanto a hospedadores, morfología, biología, ecología, y virulencia, períodos de actividad y de emergencia, etc. Todo ello es reflejo de la gran capacidad de adaptación que presentan, lo que les ha permitido modificar sus características en función de las condiciones ambientales, haciendo que el estudio de este nemátodo sea extraordinariamente complejo, y que se hable de "**complejo avenae**" más que de *Heterodera avenae*.

Hasta ahora se han detectado 6 patotipos o razas de *H. avenae*, designados con las letras A, B, C, D, E, F.



Foto 4.- Vista aumentada de la región labial y del estilete.

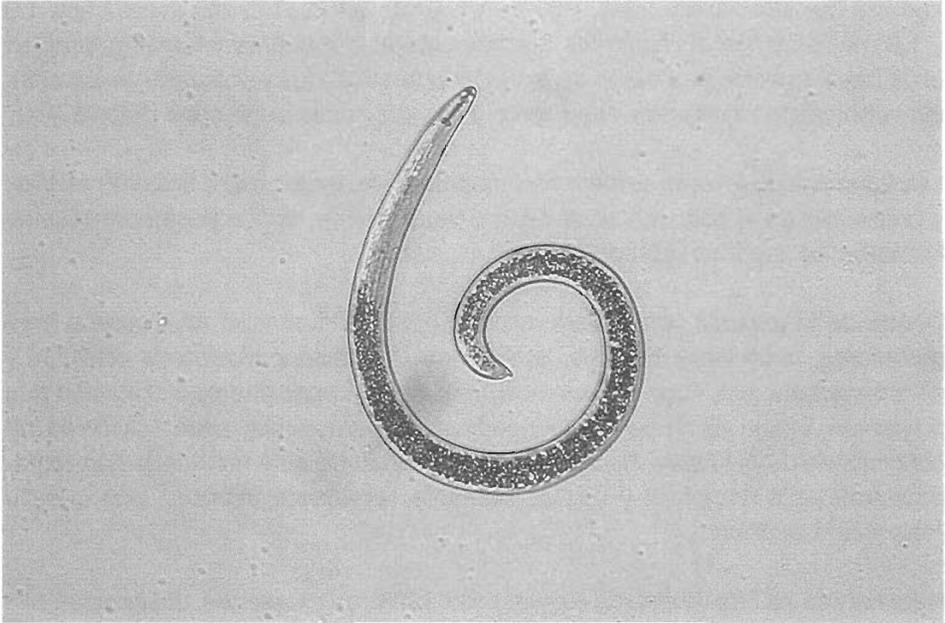


Foto 5.- Vista del estilete con el que las larvas perforan las células vegetales para obtener el alimento.

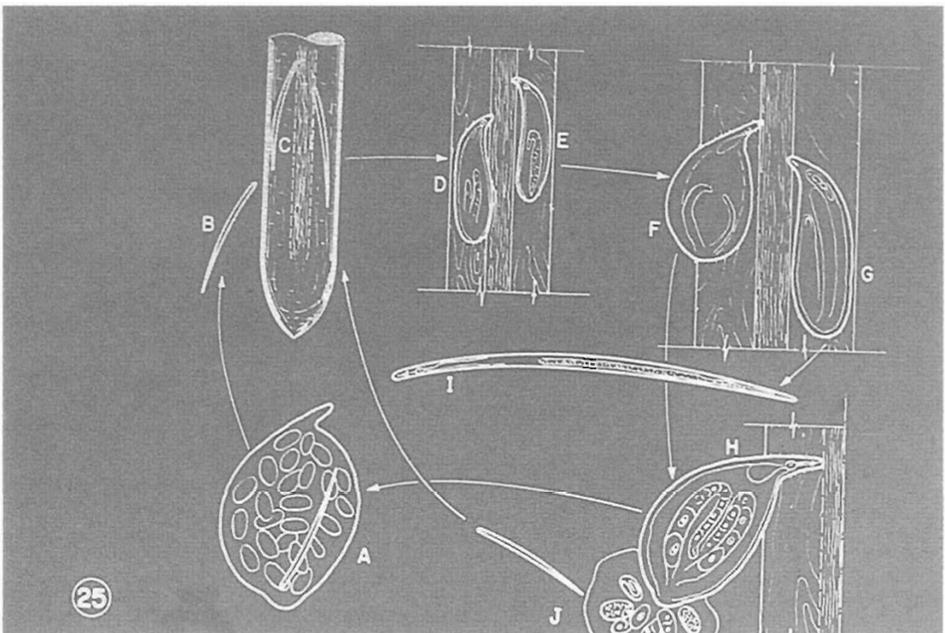


Figura 1.- Ciclo biológico de *Heterodera avenae*.

CICLO BIOLÓGICO

El ciclo de *Heterodera avenae* (foto. 1) está sincronizado con el ciclo del hospedador. El quiste es una fase de resistencia. Representa el cuerpo de la hembra, que al final de su vida, endurece y oscurece su cutícula, encerrando en su interior un número variable de huevos embrionados (hasta 600 o a veces más). Este quiste cae al suelo, donde permanece durante mucho tiempo resistiendo a las condiciones adversas. Dentro del huevo se desarrollan el 1º y 2º estadíos larvarios o juveniles J1 y J2. En el 2º juvenil, el huevo eclosiona. La eclosión de los huevos no es del 100 % sino menor, por lo que un mismo quiste puede dar lugar a larvas infectivas durante varios años.

Las larvas J2 son vermiformes, y pasan un período de tiempo en reposo o diapausa, coincidiendo con la época más desfavorable. Cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables, los J2 rompen la cubierta del huevo y salen de los quistes a través de la vulva, pasando al suelo. Una vez libres, se mueven en el suelo en busca de las raíces de la planta huésped. Esta fase larvaria constituye el estadío infectivo propiamente dicho del nemátodo. Si no existe hospedador, los J2 pueden sobrevivir en el suelo durante un periodo de tiempo que varía según las condiciones. Los J2 se ven atraídos por los exudados radiculares de la planta cereal. Los J2 penetran en la raíz por la parte subapical, y se instalan cerca del cilindro central, disponiéndose paralelas a él. En esta fase, provocan en la planta un daño mecánico a nivel celular que induce la formación de las llamadas células gigantes multinucleadas, que sirven de alimento al nemátodo, mientras completa su desarrollo, pasando a través de sucesivas mudas (3 mudas) al 3º y 4º estado larvarios y después a adulto. También sirve para la alimentación de la hembra hasta su madurez.

Las hembras maduras son gruesas; permanecen unidas a la raíz por el cuello, con el resto del cuerpo sobresaliendo al exterior, pudiendo apreciarse a simple vista como pequeños puntitos blancos.

Los machos abandonan la raíz. Son vermiformes y móviles. Buscarán a las hembras para fecundarlas, tras lo cual los machos mueren. Es necesario que haya fecundación para la reproducción, tras la cual se producen los huevos. Al mismo tiempo, las hembras van oscureciendo y endureciendo su cutícula, para transformarse en quistes, desprendiéndose de las raíces y cayendo al suelo. En el caso de que no haya fecundación, la hembra da lugar también a un quiste, pero estéril o inviable, ya que no contiene huevos.

Presenta una sola generación por año. Los machos tienen un ciclo del orden de 3-4 semanas y dejan en seguida la raíz para dirigirse al suelo. Las hembras tienen un ciclo más lento, del orden de 6 a 9 semanas.

El período de reposo de los J2 dentro de los quistes corresponde al verano y dura varios meses (4-5 meses); empiezan a emerger a finales de octubre o primeros de noviembre, coincidiendo con las primeras lluvias y descenso de las temperaturas; penetran en las raíces a los pocos días de la siembra, continúan emergiendo hasta mediados de marzo o incluso más tarde si las temperaturas se mantienen bajas y se producen lluvias. Entre mediados de marzo y primeros de abril, pueden apreciarse a simple vista las primeras hembras en las raíces, que en la época de la recolección ya se han transformado en quistes, que permanecen en el suelo, de los que al otoño siguiente comenzarán a emerger de nuevo los J2.

HUESPEDES VEGETALES

Los principales huéspedes vegetales de *Heterodera avenae* son los cultivos de cereales: Trigo (*Triticum* sp.), Cebada (*Hordeum vulgare*), Centeno (*Secale cereale*), Avena (*Avena sativa*), Maiz (*Zea mays*), etc. El orden de sensibilidad de mayor a menor, parece ser: Avena, Cebada, Trigo, Centeno, Maiz, aunque en este sentido hay muchas discrepancias.

Como huéspedes secundarios estarían gran cantidad de géneros pertenecientes a la familia de Gramíneas silvestres.

HABITATS PREFERENCIALES

De acuerdo con su ciclo biológico son dos los habitats en los que nos podemos encontrar a los distintos estadios de *Heterodera avenae*: Suelo (larvas de 2ª fase, quistes con huevos y larvas de 1ª, y machos) y Raíces de un cultivo susceptible (Hembras, Larvas de 2ª, 3ª y 4ª fase).

IDENTIFICACION

En el período de tiempo en que las hembras maduras aún no se ha enquistado, que suele ocurrir entre mediados de marzo y primeros de abril, pueden apreciarse a simple vista (con un poco de práctica) las hembras sobre las raíces, a modo de puntitos blancos.

TOMA DE MUESTRAS

Cuando se sospecha la presencia de un ataque por nemátodos, se procederá a la toma aleatoria de muestras. Al igual que en el resto de los nemátodos fitoparásitos, no existe una metodología de muestreo establecida. Se tomarán muestras de suelo y raíces, al azar, tanto en los rodales como fuera de ellos, a una profundidad aproximada de 10-15 cm. Para el suelo, la unidad de muestreo sería 1 Kgr de tierra, y el número de muestras será lo más representativo posible. Sobre este tamaño muestral tampoco hay un criterio único establecido, pero podría ser de 10 muestras/Ha. Para las raíces la unidad de muestreo será las raíces de la planta, y el tamaño muestral podría ser de unas 5 plantas/Ha. Dichas muestras se introducirán en bolsa de plástico, junto con una etiqueta identificativa que contenga todos los datos de interés a cerca de la parcela. Se remitirán las muestras a un Laboratorio de Nematología para su procesamiento.

DAÑOS Y SINTOMATOLOGIA

Los daños producidos por *H. avenae* se originan como consecuencia de la alimentación de la larva en los tejidos de la raíz, y son de tres tipos: mecánico, al romper la larva las células, y causar perforaciones en los tejidos; químico, por inyección de enzimas digestivas a través del estilete; sustracción, por eliminación del contenido celular para su alimentación. Este triple daño provoca: Atrofia

o deformación en el sistema radicular a nivel de los vasos conductores, disfunción en el transporte de agua y sustancias nutritivas al resto de la planta, y necrosis en las raíces, que son la vía de entrada para otros patógenos, fundamentalmente hongos y bacterias, que agravan la situación.

Todo ello se traduce en una serie de síntomas tanto aéreos como subterráneos:

Síntomas Aéreos: Los primeros síntomas corresponden a fallos en el ahijamiento, y se manifiestan en ésta época, por la aparición de claros en forma de corros o rodales (foto. 6), que se van extendiendo de año en año a medida que el nemátodo se vá extendiendo por el suelo, y estos rodales no deben confundirse con las zonas de encharcamiento que tienen a veces un aspecto parecido. Estos rodales son de color más claro que el resto de la parcela y en ellos el cereal manifiesta un menor desarrollo y ahijamiento. Las hojas primeras están fuertemente descoloridas y contrastan con el aspecto normal de las últimas hojas. Las plántulas atacadas tienen un porte reducido (fotos. 7 y 8), hojas descoloridas, con un color rojizo-amarillento que se inicia por las puntas (semejante a una deficiencia en fósforo), plantas más débiles con aspecto enfermizo. Estos síntomas de debilitamiento y clorosis son consecuencia de la disfunción en el transporte de agua y sustancias nutritivas, pueden confundirse con deficiencias nutricionales o con cualquier anomalía que proceda de un mal funcionamiento de la raíz. Cuando el ataque es fuerte, los rodales muestran proliferación de malas hierbas. Las espigas formadas son más pequeñas y deformes, con menor número de granos que a su vez, son más pequeños y deformes.



Foto 6.- Daños producidos por *Heterodera avenae* en cultivo de trigo. Se observa la presencia de rodales de plantas con menor crecimiento y amarilleamiento.



Foto 7.- Daños producidos por *Heterodera avenae* en plantas de trigo, comparadas con plantas sanas. Puede apreciarse el menor crecimiento y las raíces en "cabellera" de las plantas enfermas.



Foto 8.- Daños producidos por *Heterodera avenae* en plantas de cebada, comparadas con plantas sanas. Puede apreciarse el menor crecimiento y las raíces en "cabellera" de las plantas enfermas.

Síntomas Subterráneos: Las raíces presentan una especie de nudos o ensanchamientos que corresponden a los puntos donde está alojado el nemátodo y que posteriormente serán necróticas. De estos puntos parten muchas ramificaciones o bifurcaciones; debido a los daños recibidos y a su disfunción en la toma de agua y nutrientes, las raíces paralizan el crecimiento en longitud, y no profundizan en busca de agua; son superficiales y hay una proliferación de raíces laterales o secundarias; el sistema radicular adquiere un aspecto enmarañado ("raíces en cabellera") (fotos. 7 y 8). En la época de aparición de las hembras adultas, se observan (con mucha práctica) unas bolitas blancas del tamaño de cabeza de alfiler.

La consecuencia final es un descenso en el rendimiento del cultivo, con la consiguiente pérdida de producción.

La invasión y posterior daño de las raíces, resulta favorecida por las lluvias de marzo, abril, y mayo; las pérdidas del rendimiento se acentúan si se produce sequía durante junio. En condiciones favorables de humedad, la planta puede soportar un intenso ataque. Así mismo, las pérdidas son generalmente tanto mayores cuanto más ligero es el suelo.

REPERCUSIONES ECONOMICAS

Las consecuencias finales del ataque del nemátodo son pérdidas en el rendimiento, que varían según los niveles de las poblaciones del nemátodo, la susceptibilidad de la planta huésped, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, etc, pero que pueden llegar a la pérdida total de la cosecha. Las pérdidas estimadas en distintos países de Europa van desde un 50 a un 100 por cien. En España, en distintos ensayos se han estimado pérdidas de hasta un 90 por cien. Las posibles pérdidas, en España, debidas a este nemátodo en trigo, cebada, avena y centeno, pueden superar los 20.000 millones de pesetas al año. En determinadas zonas los daños pueden llegar a la pérdida total de los mismos. Dichos datos, lógicamente no son extrapolables a grandes extensiones, pero sirven para dar una idea de la gravedad del problema.

DISTRIBUCION

El nemátodo de los cereales presenta una extraordinaria capacidad de adaptación, por lo que se encuentran distribuidos mundialmente en la mayoría de los países productores de cereales. En España, está ampliamente instalado en las principales áreas cerealistas. A ello contribuye el propio material vegetal, la maquinaria agrícola, el agua de riego, el hombre, los animales, el viento etc., que contribuyen a la fácil dispersión de los quistes.

UMBRALES DE DAÑO

Existe una relación entre la población de *H. avenae* en suelo y las pérdidas de producción. No obstante, la capacidad de este nematodo para causar daño también depende de otros factores, entre los que se citan: Climáticos y edáficos, Sensibilidad del hospedador (especie y variedad), Época de siembra, y las prácticas culturales.

- 1.- Factores climáticos y edáficos:** Para la eclosión de los huevos es necesario unas condiciones favorables de humedad y de temperatura. Hay por ello, zonas de eclosión invernal y zonas de eclosión primaveral. Así mismo, una misma población ocasiona daños más intensos en una parcela de terreno suelto arenoso que en una parcela de terreno pesado arcilloso, debido a las mayores facilidades para la vida y desplazamiento del nemátodo. Las lluvias anteriores a la siembra disminuyen la población. Las lluvias posteriores aumentan la población.
- 2.- Sensibilidad del hospedador (especie y variedad):** Sin perder de vista la existencia de patotipos con distinta virulencia frente a un mismo huésped, existe diferente sensibilidad entre los distintos cultivos huéspedes. El orden parece ser, de mayor a menor: avena, cebada ó trigo, centeno.
- 3.- Época de siembra:** Cuanto más próxima sea la fecha de siembra al período de máxima eclosión de quistes, mayores serán los daños en el cultivo. En condiciones normales de cultivo, y para las siembras de otoño, ya sea trigo o ceba-

da, y en una misma zona, parece resultar más afectadas las siembras más precoces realizadas con más altas temperaturas. Por otro lado, al comparar para la misma especie, resultan más afectadas las siembras de otoño que las de primavera. Las discrepancias existentes en la sensibilidad entre trigo y cebada, pueden deberse, en parte, a la época de siembra, junto con la época de eclosión: si la cebada se siembra en primavera y el trigo en otoño, y la eclosión es primaveral, lógicamente la cebada será más sensible que el trigo; por el contrario, si la eclosión es en otoño-invierno, el trigo será más sensible que la cebada.

4.- Prácticas culturales: Parece que el reforzamiento del abonado nitrogenado en parcelas afectadas no se traduce en aumentos de la cosecha si no se completa con correctos tratamientos herbicidas, y sin éste complemento parece que el abonado puede resultar negativo, aumentando los niveles de población del nemátodo. También se observa que la resiembra con cebada de parcelas de trigo afectadas, si bien no se traduce en un incremento sensible de cosecha en relación con la obtenida de trigo sin resembrar, dá lugar a claros descensos en las poblaciones de nemátodos en suelo.

Además de éstos factores explicados, existen otros como la biología de la especie, la dinámica de poblaciones, su propio control, etc, que también condicionan el daño causado por un determinado nivel de población de *H. avenae* en suelo.

No existe acuerdo por parte de los nematólogos sobre cuáles son las infestaciones o poblaciones llamadas "umbrales económicos", o niveles de tolerancia, por encima de los cuales comienzan a manifestarse daños en el cultivo. Así, por ejemplo:

• **Andersen, 1.961** (Dinamarca):

Avena: daños a partir de 1000 Huevos+Larvas/Kgr de suelo

Cebada: daños a partir de 3000 Huevos+Larvas/Kgr de suelo

• **Gair, 1.965** (Inglaterra):

Daños insignificantes: 4-6 Larvas/gr de suelo

Avena, primeros síntomas: 4 Huevos+Larvas/gr de suelo

Avena, primeras pérdidas: 16 Huevos+Larvas/gr de suelo

Trigo, primeras pérdidas: 32 Huevos+Larvas/gr de suelo

Descensos del 20 % en cosecha de trigo: 16 Larvas/gr suelo (=20 quistes/100 cc)

Descensos de 30-40 % en trigo y cebada: 32 Larvas/gr suelo

• **Kort, 1.972** (Holanda)

Avena: pérdidas en suelos ligeros: 2 Huevos+Larvas/gr suelo

pérdidas en suelos pesados: 8 Huevos+Larvas/gr suelo

Cebada: pérdidas en suelos ligeros: 3 Huevos+Larvas/gr suelo
pérdidas en suelos pesados: 12 Huevos+Larvas/gr suelo

Por otro lado se ha reportado que una población de 10 huevos/gr de suelo antes de la siembra, ocasiona pérdidas de 75 Kg/Ha en cebada, 188 Kg/Ha en trigo, y 375 Kg/Ha en avena.

De cualquier modo, las cifras no pueden tomarse sino como punto de referencia, dada la amplia serie de factores, ya citados, que influyen en los daños que un determinado nivel de población de *H. avenae* puede causar a un cultivo.

ENEMIGOS NATURALES

Entre los enemigos naturales de *Heterodera avenae*, destacan los hongos, que pueden ser: parásitos de huevos (*Verticillium chlamydosporium*), parásitos de hembras (*Catenaria auxiliaris*, *Nematophthora gynophila*, *Entomophthora*), y depredadores de juveniles de 2ª fase (*Arthrobotrys*, *Dactylaria*).

El control natural de dicho nemátodos por estos hongos parásitos, resulta muy eficaz, por lo que se intentan utilizar deliberadamente para el control Biológico.

FACTORES BIOTICOS Y ABIOTICOS

Como se ha comentado, *H. avenae* tiene una extraordinaria capacidad de adaptación. La gran capacidad de resistencia a condiciones adversas hacen que los quistes puedan soportar en suelo de 5 a 10 años. No obstante, necesitan para reproducirse un medio adecuado, que depende de factores: climáticos (humedad y temperatura), edáficos (textura y aireación), y alimenticios (raíces del hospedador).

H. avenae es capaz de soportar las más variadas temperaturas, desde veranos tórridos hasta inviernos fríos. Debido a su capacidad de adaptación, es capaz de

modificar su ciclo, con arreglo a las condiciones climáticas de cada zona, con tal de que en la época de emergencia de las larvas, haya una temperatura y sobre todo una humedad adecuadas. La temperatura óptima es 5-10 °C a 15 cm de profundidad (desde Noviembre hasta Febrero/Marzo). Las larvas eclosionan cuando la temperatura se eleva tras un período de frío, o bien cuando llega el frío y humedad despues de una época de calor. De ésta forma se asegura que, en el primer caso, ha pasado el invierno y las larvas pueden buscar raíces de cereales en primavera y, en el segundo, que ha pasado el verano y las larvas pueden atacar las raíces de cereales en invierno. Por ello se han registrado 2 tipos de ciclos: En los países con inviernos muy fríos, y veranos templados, el reposo se produce en invierno, y la emergencia tiene lugar en primavera. Por el contrario, en los países con clima más templado, con veranos cálidos y secos e inviernos no excesivamente fríos, las larvas permanecen inactivas durante el verano, y la emergencia tienen lugar en otoño. Si las condiciones permanecen desfavorables por más tiempo o no existe un hospedador adecuado, el período de reposo puede prolongarse durante varios años. Las temperaturas altas favorecen la emergencia.

Con respecto al tipo de suelo, existe siempre con relación a este nemátodo, una disparidad de criterios en cuanto a sus suelos favorables, debido en parte, a la existencia ya citada de razas morfológicas, biotipos, patotipos, ecotipos, y especies próximas, y a la elevada capacidad de adaptación a distintas condiciones ambientales. Los nemátodos del género *Heterodera* y, en general todos los endoparásitos, pasan la mayor parte de su vida dentro de las raíces de la planta, a excepción del corto período de tiempo en que los machos salen al suelo. Esto hace que, en teoría, puedan encontrarse en cualquier tipo de suelo, a condición de que los J2 al emerger, puedan moverse libremente para dirigirse a las raíces, y que naturalmente la planta permita su desarrollo. Al igual que los demás nemátodos, no desplazan partículas del suelo, sino que pasan nadando por la película de agua que rodea los poros que quedan entre las partículas; por lo tanto, necesitan un tamaño de poro que permita la aireación y el movimiento de las larvas, y un humedad suficiente, en la época de emergencia, para que puedan moverse hasta encontrar las raíces. Teniendo en cuenta que el diámetro de los J2 de *H. avenae* es de unas 20 μ , el tamaño idóneo de poro está comprendido entre 30 y 60 μ ; si es mucho más grande los J2 se mueven con dificultad y si es mucho más pequeño, no pueden pasar.

En relación a la humedad, la óptima para la emergencia de larvas coincide, aproximadamente, con la capacidad de retención de agua por el suelo. Este conjunto de condiciones las proporcionan los suelos arenosos con buen drenaje; no obstante, también se han presentado a veces grandes infecciones en suelo arcillosos que presentan buena estructura. En relación al pH, los resultados de los trabajos son contradictorios. Mientras que a veces las mayores infestaciones se

dán en los suelo con pH mayor a 6.5, para otros las más elevadas ocurren en los más alcalinos; otras veces no existe relación alguna entre el grado de infección y el pH para una gama comprendida entre 6 y 8.

MEDIDAS DE CONTROL

Las especiales características de éste nemátodo (formación de quistes, capacidad de adaptación a distintos ambientes climáticos y edáficos, especificidad por los cultivos de cereales, la existencia de razas, ecotipos, patotipos, el endoparasitismo, etc.), hacen que los métodos de lucha sean difíciles y costosos. Generalmente van encaminados, más que a suprimir las poblaciones de nemátodos, a reducirlas hasta unos niveles tolerables para la planta huésped, en base a dos factores: eficacia y rentabilidad.

Los métodos que se han venido empleando son los siguientes:

MEDIDAS PREVENTIVAS

La primera medida de control consiste en evitar la propagación del parásito. No existen medidas de cuarentena específicas contra este nemátodo, ya que, a diferencia de lo que ocurre con otras especies afines que atacan a la patata o remolacha, por ejemplo, el material vegetal no es contaminante. Se aplican las normas generales que prohíben el transporte de tierras infestadas. Entre estas medidas preventivas se consideran:

- Limpieza de maquinaria agrícola, envases, calzado, etc, evitando que los animales pisen el terreno infestado.
- Evitar el monocultivo de cereal, alternando con habas, vezas, etc (cada 2-3 años) o barbecho.
- Evitar gramíneas.

MEDIDAS CULTURALES

En general, las prácticas culturales tienden a entorpecer el desarrollo del nemátodo, limitando sus posibilidades de alimentación, bien haciendo que el alimen-

to sea inadecuado, o porque reduzcan el período de tiempo que lo tienen a su alcance. Otras veces, estos métodos buscan el fortalecimiento de la planta mejorando las condiciones de cultivo, si bien una vegetación más vigorosa dejará en el terreno una población mayor de nemátodos.

ROTACION DE CULTIVOS.- Con la rotación de cultivos se pretende privar al parásito del alimento durante un tiempo lo bastante largo como para que los niveles de sus poblaciones desciendan suficientemente. La planta no-hospedadora debe ser económicamente rentable y agrónomicamente compatible con el cultivo a proteger, por lo que no debe favorecer otras enfermedades del mismo.

Los descensos de población de *H. avenae* en suelo sin plantas susceptibles son mayores que los correspondientes a *Globodera rostochiensis* y a *Heterodera schachtii*, estimándose en un 30-50 % el primer año, y hasta un 5 % el segundo año. Trás dos años de cultivo no huésped o barbecho, las poblaciones llegan casi a desaparecer.

En el caso de *H. avenae* el cereal debe cultivarse cada 3 años, siendo la rotación más frecuente la de cereal-leguminosa. La alternancia de cereales con otros cultivos como veza o girasol, o con barbecho, es la práctica más antigua, y una de las que dá mejores resultados, al tratarse de un nemátodo específico. Por ello la rotación de cultivo forma parte de todos los programas de Lucha Integrada contra este nemátodo.

ABONADO NITROGENADO.- La utilización de nitrógeno en forma orgánica (estiércol) ó inorgánica, se ha empleado en muchas ocasiones como medida de control con resultados muy desiguales. Este abonado hace que las raíces soporten mejor la invasión de larvas. Sin embargo, cuando las poblaciones son grandes, el nitrógeno adicional incrementa probablemente el número de individuos trás la recolección. Debe usarse en forma de urea, ya que en forma de sulfato amónico proliferan las raíces y aumenta el número de quistes. El abonado de cobertera debe ser acompañado de tratamientos herbicidas. Es preciso no dar abonados tardíos, que prolonguen el ciclo, ya que contribuyen a la aparición de nuevas raíces sobre las que pueden multiplicarse los nemátodos. De cualquier forma, el abonado suele resultar antieconómico.

MODIFICACION DE LA EPOCA DE SIEMBRA.- Consiste en evitar que la siembra coincida con la época de máxima actividad del nemátodo. Se siembra en una época no habitual, con objeto de producir un desfase entre el ciclo del parásito y del hospedador, que redunde en un beneficio para éste último. Esto permite un mejor desarrollo de la planta al principio de su ciclo, cuando es más vul-

nerable. El ataque tardío del nemátodo será mejor soportado. La definición de la época de máxima eclosión de quistes en cada zona puede permitir la recomendación para cada zona concreta de épocas de siembra buscando paliar o reducir daños. A partir de 15 de Febrero es cuando menos larvas hay.

OTROS METODOS CULTURALES.-

- Es importante mantener el campo libre de malas hierbas hospedadoras.
- Uso de plantas trampa: hospedadores que se cosechan antes de que el nemátodo pueda completar su ciclo. No han dado buenos resultados.
- Uso de plantas nematófugas ó tóxicas: ponen en movimiento a las larvas pero éstas no pueden completar su desarrollo. No han dado buenos resultados.

METODOS GENETICOS

VARIETADES RESISTENTES.- Es el método más simple, barato y eficaz. La selección de variedades que reúnan las cualidades de resistencia o tolerancia frente a éste nemátodo, y un alto rendimiento, es una de las metas a las que se dirigen la mayoría de las investigaciones en este nemátodo.

La disminución en las poblaciones de *H. avenae* con éste método es de 60-70 % al año, lo que significa un descenso importante, y superior a la de los mejores fumigantes químicos. Ahora bien, antes de comenzar a cultivar variedades resistentes en una zona determinada, es imprescindible haber caracterizado el o los patotipos presentes en ella, ya que, de no tomar esta precaución, puede ocurrir que una variedad de cereal tomada como resistente en una zona no lo sea en otra por las características diferenciales de los patotipos. En ese caso, se obtendría lo contrario de lo que se pretende, pues se estaría seleccionando el patotipo virulento, es decir, aquel que es capaz de vencer la resistencia del hospedador. Por tanto, es evidente que la resistencia no puede generalizarse, sino que es preciso asignar a cada variedad la resistencia a determinado patotipo y no a toda la especie. Dada la diversidad de ambientes agroecológicos existentes en nuestro país, la caracterización de los patotipos de *H. avenae* presentes en cada zona, es decisiva, para la mejora en los rendimientos de los cultivos de cereales, ya que conocidos éstos, la obtención de variedades resistentes ó más tolerantes a los distintos patotipos incidiría de una manera notable en la disminución de las pérdidas ocasionadas por éste parásito. En la actualidad, en España solo es posible el empleo de variedades tolerantes, ya que no existen variedades resistentes en el mercado.

METODOS FISICOS

La inyección de aire seco y caliente en el suelo, o de vapor de agua caliente, o la aplicación de corrientes eléctricas por medio de cables enterrados, son algunos de los procesos empleados, todos ellos desterrados por ser excesivamente costosos y complejos. En cuanto a la solarización, no parece ser muy recomendable, dadas las grandes extensiones de terreno, que harían el proceso complejo, poco eficaz

METODOS BIOLOGICOS

Se encuentran en fase muy temprana de experimentación. Existen numerosos microorganismos en el suelo (ácaros, hongos, bacterias, etc.) que actúan como parásitos o depredadores de *H. avenae*. El control natural por hongos es muy eficaz pero no se ha podido conseguir un control introduciendo hongos en suelos que carecían de ellos, por lo que éste método de control habría que centrarlo en lograr las características ambientales que favorezcan un aumento de las poblaciones de hongos nematófagos (*Dactilaria* y *Arthrobotrys*), y parásitos como *Verticillium* (que parasita quistes destruyendo los huevos) y *Catenaria* (que parasita hembras antes de formar huevos).

METODOS QUIMICOS

Con respecto a los tratamientos químicos para el control de *H. avenae*, hay que decir que el elevado coste de éstos productos en relación al bajo valor económico de los cultivos cereales, hace que sean económicamente inviables.

El empleo de métodos químicos conlleva una serie de desventajas entre las que se consideran: la alteración del equilibrio biológico del suelo, los efectos residuales y contaminantes, la peligrosidad de su manejo y el alto coste los hace inadecuado para un cultivo de baja rentabilidad como es el cereal.

CONTROL INTEGRADO

No existe ningún método de control universal que solucione los problemas creados por *H. avenae* de un modo definitivo. Los mejores resultados se obtienen por la combinación de varios métodos, de modo que el conjunto resulte eficaz en la consecución de un control más directo y económico; esto es, lo que se entiende por control integrado y deberá desarrollarse en cada caso, de acuer-

do con las características del parásito, hospedador, y ambiente en la zona considerada.

En una parcela infestada, no cabe en la práctica, el tratar de erradicar la plaga, sino que lo que se debe pretender es disminuir lo más posible las poblaciones de nemátodos libres en el suelo, y procurar mantener bajo éste nivel, de manera que no se produzcan daños sensibles al cultivar cereal.

Se debe abordar el problema desde el punto de vista de la rotación seguida en una parcela. Es decir, se trata de actuar a lo largo de la rotación de cultivos que se siga en la parcela, para conseguir el mejor resultado económico posible en la misma. Para conseguir éstos objetivos se debe pretender combinar o integrar todas las medidas posibles que actúen sobre los niveles de población y de daños de los nemátodos presentes en la parcela:

- 1.- *Preventivas*.- Evitando el monocultivo de cereal; alternando el cereal con 2-3 años de otros cultivos como haba, girasol, veza, etc o barbecho; evitar gramíneas; tratamientos herbicidas en toda la rotación.
- 2.- *Culturales*.- Cuando se cultiva cereal en la rotación, elegir la época de siembra de manera que no coincida con la máxima eclosión de quistes; abonado en cobertera, acompañado de tratamiento herbicidas.
- 3.- *Especies y Variedades a cultivar*.- Parece que la cebada es menos sensible que el trigo. La cebada de primavera es menos sensible (por sus fechas de siembra) que la cebada de otoño. Las variedades resistentes con la limitación que supone la existencia de patotipos, es impracticable en España, por no existir en el mercado. Las variedades tolerantes sí. Son menos sensibles que las sensibles.
- 4.- *Químicos*.- No son económicos.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta publicación es contribuir a la divulgación de las características de éste patógeno de los cereales, con el fin de paliar los daños producidos por una plaga en creciente expansión en la mayoría de las áreas de cultivos de cereales. Creemos necesario encauzar de una forma clara y asequible los resultados de la investigación hacia los técnicos y agricultores, que son las personas que pueden y deben utilizarla, con el fin de conseguir una mayor rentabilidad de los cultivos de cereales en nuestro país y en especial en Andalucía.

BIBLIOGRAFIA

- J.J. GRAU. (1.977): "El nemátodo de quiste de los cereales". Agrishell, 14:13-16.

- M.D. ROMERO, A. DUCE, A. VALDEOLIVAS. (1.985): "*Heterodera avenae* (Nematoda: Heteroderidae) en cereales de Andalucía Occidental". Bol. Serv. Plagas, 11: 227-235.

- M.D.ROMERO. (?): "Los nemátodos formadores de quistes y nódulos, su interés económico y control". El Campo, ? : 70-77.

- M.D.ROMERO (1.988): "El nemátodo de los cereales, *Heterodera avenae*. Sus características y repercusión en los cultivos de Castilla-La Mancha". Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid (CSIC). 48 pp.

- A. SANCHEZ, M.C. ZANCADA. (1.987): "Resistencia de cereales a patotipos españoles de *Heterodera avenae*: Una característica agronómica a tener en cuenta". Bol. San. Veg. Plagas, 13: 385-393.

- A. VALDEOLIVAS, M. D. ROMERO. (1.989): "El nemátodo de los cereales *Heterodera avenae* (Woll., 1.924)". Phytoma España, 12: 48-51.

- A. VALDEOLIVAS, M.D. ROMERO, C. LACASTA. (1.990): "Susceptibilidad y resistencia al nemátodo de los cereales, *Heterodera avenae*, en variedades de cereales de invierno cultivadas en Castilla-La Mancha". Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid (CSIC). 31 pp.

P.V.P. 325 Pta

