



Aportaciones al conocimiento de la problemática de *Heterodera* en el sureste español

**A. Monserrat,
C. Ros,
M.M. Guerrero,
V. Martínez,
C.M. Lacasa,
S. Alcázar y
M.C. Martínez**

IMIDA, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario de la Región de Murcia

Se realiza una serie de prospecciones para determinar la distribución de *Heterodera* en el sureste español y qué especies son las causantes de los importantes problemas que está generando en las plantaciones de brócoli y otras brassicas en la región. Nuevas experiencias han permitido profundizar en el papel que juegan determinadas especies vegetales en la dinámica de las poblaciones de la plaga y los factores que determinan la viabilidad de los quistes en el suelo y su estimulación para liberar las formas infectivas.

Heterodera schachtii se ha mostrado como la especie responsable de los daños en las plantaciones de crucíferas, con una amplia distribución en terrenos de cultivo, como consecuencia de la presencia de hierbas hospedantes habituales, como las quenopodiáceas. Por ello, el aumento de daños se estaría produciendo principalmente como consecuencia de la reiteración de ciclos de brassicas en las mismas parcelas, que incrementa sus niveles poblacionales, y no tanto por la colonización de nuevos terrenos.

Se ha comprobado que el número de juveniles capaz de emerger de los quistes va disminuyendo progresivamente a lo largo de los meses y que la conservación de la plaga en parcelas sin plantaciones sensibles, de seis a treinta años, según referencias, podría deberse más a un cierto grado de 'renovación' de la plaga en plantas silvestres que al mantenimiento de la viabilidad de los quistes.

Palabras clave: *Heterodera schachtii*, nematodos fitoparásitos, brócoli, nematodos crucíferas.

Brócoli y otras especialidades de brassicas son considerados alimentos con características especialmente saludables, por lo que su demanda en los mercados no ha dejado de crecer y con ella las empresas especializadas en su producción. Factores como la intensificación de las plantaciones en las mismas parcelas y amplificación de las fechas de cultivo, unido a incrementos en las temperaturas medias, estarían determinando que *Heterodera*, considerada una plaga, en general, de muy escasa relevancia para estos cultivos, haya incrementado su incidencia durante la última década.

El género *Heterodera* se encuentra dentro del grupo de nematodos que forman quistes, caracterizados por adquirir las hembras un cuerpo redondeado, con forma de limón, en el que retiene los huevos en su interior. Tras la muerte de la hembra, su cutícula sufre cambios y se engrosa formando el quiste, donde los huevos permanecen protegidos de condiciones adversas, lo que les permitiría permanecer viables en el suelo hasta treinta años (Escobar-Avila y col, 2017).

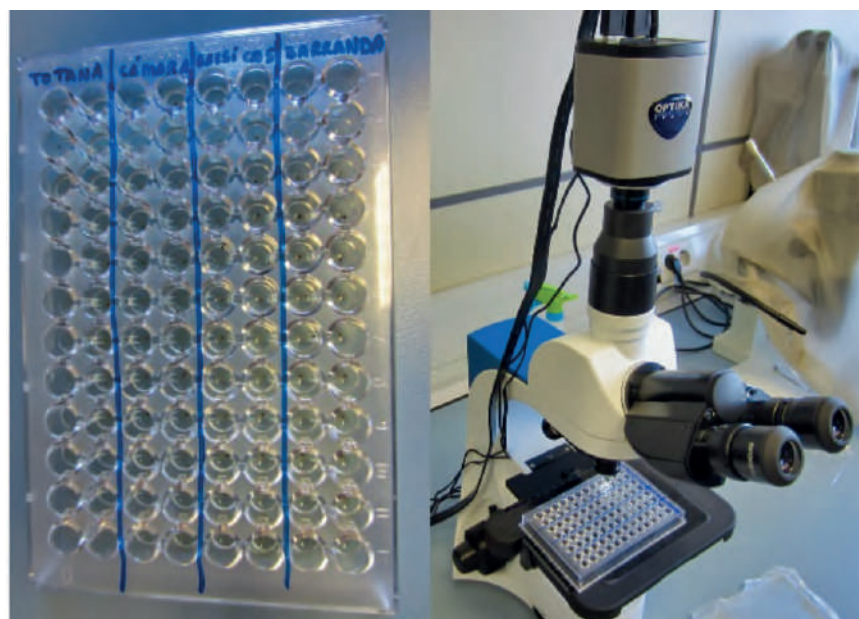
La importancia económica del nematodo radica en la pérdida de rendimiento ocasionada por la producción de puntos de alimentación 'sincitios', que alteran el sistema radicular de las plantas, lo que limita la capacidad de absorción de agua y nutrientes.

El desconocimiento que existía en la región sobre las causas de los problemas que se observaban en campo, y consecuente ausencia de medidas de prevención, junto a la falta de herramientas eficaces de control, ha ido favoreciendo que las poblaciones de *Heterodera* se incrementen progresivamente en parcelas donde se reiteran las plantaciones de brassicas, hasta convertirse en un factor limitante para el cultivo.

Por estas razones, el IMIDA desarrolló un proyecto con financiación europea FEDER, cuyo objetivo fundamental fue profundizar en el conocimiento de aspectos de especial relevancia de la plaga que permitieran establecer y divulgar unas estrategias de prevención y de control eficaces y sostenibles.

Material y métodos

La metodología abarca dos apartados. El primero sobre la dinámica poblacio-



Fotos 1 y 2. Placa con quistes y conteo de J2 emergidos bajo microscopio.

nal, que incluye estudios para determinar la especie o especies causantes del problema, su distribución en el sureste español, relación entre niveles poblacionales en suelo y daños en las plantaciones y qué otras especies vegetales pueden interferir en su evolución en las parcelas. El segundo estudio la evolución de la viabilidad de los quistes en el suelo y los factores que determinan su activación para liberar las formas infectivas "J2".

Sobre el agente causal, hospedantes, distribución y niveles poblacionales

Se han realizado un total de 220 análisis de quistes en suelo, de 98 parcelas de campo que son muestreadas en diferentes fechas, y que se corresponden con plantaciones de brócoli y otras brassicas con distintos grados de afección y con diferentes historiales de cultivos. Se incluyen también explotaciones sin antecedentes de crucíferas en sus rotaciones. De cada parcela se recogen muestras representativas de suelos (mezcla de seis a diez submuestras tomadas en diferentes puntos de la parcela, a una profundidad de entre 5 y 25 cm) en las que se determina la densidad de quistes de *Heterodera*. Las prospecciones se realizan entre los años 2016 y 2018 y abarcan las principales zonas de producción de hortalizas de la Región de Murcia.

Cinco muestras de quistes, extraídas de suelos de plantaciones de brócoli

representativas de diferentes comarcas (dos del Valle del Guadalentín, dos del Campo de Cartagena y una del Noroeste), son remitidas al laboratorio de referencia de nematodos fitoparásitos, Museo de Ciencias Naturales de Madrid, para la identificación de la especie.

Para estudiar la epidemiología de la plaga, se prospeccionan las hierbas presentes en parcelas de brassicas con problemas de *Heterodera*. Las raíces de estas plantas se examinan bajo binocular para determinar la presencia o no de quistes. Parte de las muestras son teñidas con fucsina ácida para visualizar, en su caso, la presencia de juveniles en las raíces.

Para confirmar el posible papel como hospedantes de hierbas frecuentes en la zona, así como de otras plantas cultivadas habituales en las rotaciones, se plantan estas especies en condiciones controladas y favorables para el desarrollo del nematodo, sobre suelos procedentes de parcelas muy afectadas por la plaga. Semanalmente se arrancan cuatro plantas de cada una de las especies, lavando y tiñendo sus raíces para visualizar los nematodos y estadios que pueden encontrarse en su interior. Las experiencias comienzan con el trasplante de las plantitas criadas en semilleros y finalizan tras unas cinco o seis semanas, cuando se ha completado una generación del nematodo.

Sobre la viabilidad de quistes y su estimulación para liberar los juveniles

Diferentes estudios relacionan los niveles poblacionales de *Heterodera* en el suelo con los daños en las plantaciones, con datos dispares según referencias. En nuestros trabajos se ha observado también una gran variabilidad en esas relaciones, lo que indicaría que habría otros factores que condicionan la actividad del nematodo y el grado de colonización de las raíces.

Por ello, se han realizado estudios específicos para comprobar cómo evoluciona la viabilidad de los quistes, el número de juveniles que liberan y qué factores determinan su activación. La metodología implica la extracción de quistes de los suelos por técnicas de flotación y su colocación de manera individualizada en los pocillos de placas de 96 unidades, a los que se añaden determinados extractos acuosos. Estas placas, selladas con una lámina de parafina, se mantienen en fitotrones, realizando conteos cada 3-4 días bajo microscopio, para comprobar los juveniles emergidos de cada quiste (Fotos 1 y 2).

Efecto de extractos vegetales y de suelos sobre la inducción de la liberación de J2. Se estudia el efecto de posibles inductores químicos que pueden contener o liberar raíces de brócoli con suelo adherido, parte foliar de una planta de brócoli, un suelo con antecedentes inmediatos de brasicas y un suelo sin antecedentes de estos cultivos. El efecto de estos extractos se compara con el del agua desionizada.

Los extractos se preparan machacando unos 50 g de los diferentes materiales en agua. Para conseguir unos 10 cc de extracto, se añade el agua necesaria y posteriormente se realiza un filtrado en papel de filtro Resmas de 60 gr/m². A cada uno de los quistes se le aportan dos gotas del extracto correspondiente, aproximadamente 0,1 ml. Las placas son tapadas y colocadas en un fitotrón a 25°C, realizando las lecturas periódicas indicadas.

Estudio de la evolución de la viabilidad de los quistes en relación al uso del suelo. Se estudia la viabilidad de la plaga en el suelo a través del seguimiento de tres parcelas comerciales que habían tenido una importante

Tratamiento	TRIMESTRE			
	1º	2º	3º	4º
T1	BARBECHO SECO	BARBECHO SECO	BARBECHO SECO	BARBECHO SECO
T2	BARBECHO HÚMEDO (1)	BARBECHO HÚMEDO (1)	BARBECHO HÚMEDO (1)	BARBECHO HÚMEDO (1)
T3	BRÓCOLI	BRÓCOLI	BRÓCOLI	BRÓCOLI
T4	LECHUGA	BARBECHO HÚMEDO (1)	LECHUGA	BARBECHO SECO

Barbecho húmedo: se realiza un doble riego, en dos días consecutivos cada mes. El barbecho seco no se humedece nunca durante ese periodo y el resto de variantes se riega a demanda, en función a las necesidades de cada especie.

Tabla 1. Experiencia simulación de rotaciones en contenedores.

Nº INFORME	CULTIVO	LOCALIZACIÓN	RESULTADO
57-2017	Brócoli	C.Cartagena. Balsicas (37.824428-0.994079)	<i>Heterodera schachtii</i>
58-2017	Brócoli	V.Guadalentín. Lorca (37.679719-1.570771)	<i>Heterodera schachtii</i>
27-2018	Brócoli	Noroeste. Caravaca (38.045999-2.070149)	<i>Heterodera schachtii</i>
28-2018	Brócoli	C.Cartagena. San Javier (37.844407-0.864325)	<i>Heterodera schachtii</i>
29-2018	Brócoli	V.Guadalentín. Alhama (37.786.372-1.438874)	<i>Heterodera schachtii</i>

Barbecho húmedo: se realiza un doble riego, en dos días consecutivos cada mes. El barbecho seco no se humedece nunca durante ese periodo y el resto de variantes se riega a demanda, en función a las necesidades de cada especie.

Tabla 2. Especies de *Heterodera* identificada en una prospección en la Región de Murcia.

incidencia de la plaga, en las que se toman muestras de quistes al finalizar la plantación y seis y dieciocho meses después.

Además, partiendo de un suelo con un alto nivel de quistes, se realiza una experiencia específica que simula cuatro posibles usos del suelo: reiteración de plantaciones hospedantes (brócoli), plantación de cultivos no hospedantes (lechuga), mantenimiento del suelo en barbecho continuamente seco y mantenimiento del suelo en barbecho húmedo (Tabla 1). Se utilizan contenedores de 100x23x25 cm, que se rellenan con 50 L de suelo que tenía una densidad poblacional próxima a los 185 quistes/100 cc de suelo.

De estos contenedores, cuatro repeticiones por variante, se extraen los quistes necesarios para completar las placas y se estudia su viabilidad: si emergen o no juveniles y cuántos juveniles emergen por quiste. Para estimular los quistes se le añaden dos

gotas de 'extracto de raíz' de brócoli y se colocan en fitotrones a 25°C, examinándolos bajo microscopio dos veces por semana.

Efecto de la temperatura en la activación de los quistes: ensayos en laboratorio. Para estudiar el efecto de la temperatura, se extraen quistes de tres suelos diferentes, que se colocan en las placas correspondientes con el extracto de raíz de brócoli, pero en este caso se colocan placas en fitotrones con diferentes temperaturas: 10, 15, 20 y 25°C, realizando los mismos tipos de controles descritos anteriormente.

Resultados

Sobre el agente causal, hospedantes, distribución y niveles poblacionales

Identificación del agente causal. La Tabla 2 recoge los resultados de las muestras enviadas al Laboratorio

transferencia tecnológica

| hortícolas |

de Referencia para la identificación de nematodos fitoparásitos (Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Museo Nacional de Ciencias Naturales).

Rango de hospedantes. La Tabla 3 recoge los resultados globales de sensibilidad observados sobre diferentes especies vegetales en las prospecciones realizadas en parcelas de campo y estudios adicionales en cámaras de cultivo. El rango de plantas hospedantes obtenido se corresponde básicamente con *Heterodera schachtii*, confirmando que esta sería la especie causante de los problemas en la Región de Murcia, aunque no se puede descartar que *Heterodera cruciferae* pudiera estar presente en alguna parcela, como apuntan algunas referencias bibliográficas.

Los resultados de nuestras experiencias no nos permiten clasificar a determinadas especies de plantas, especialmente de la familia de las solanáceas, ni como 'Hospedantes' ni como 'No-hospedantes'. Por ello, en la Tabla 3 se recoge una tercera columna, 'Sensibles pero no-hospedantes' para incluir a esas plantas que parecen verse afectadas pero sobre las que no completarían el ciclo biológico.

Distribución y niveles poblacionales. *Heterodera schachtii* se ha localizado en parcelas de uso agrícola de todas las comarcas prospectadas: Campo de Cartagena, Valle del Guadalentín, Noreste y Vega del Segura. La densidad de quistes varía fundamentalmente con los antecedentes de las plantaciones, siendo más elevada en las parcelas con reiteración de cultivos de brassicas. En algunas parcelas sin antecedentes de estos cultivos llegan a localizarse quistes de *Heterodera*, presumiblemente por la presencia de hierbas hospedantes. Además, aun con niveles muy bajos, la detección de juveniles en raíces de brassicas de primer año de plantación confirmaría esa presencia ampliamente generalizada del nematodo.

La Gráfica 1 recoge los rangos de densidades de quistes por 100 cc de suelo y los porcentajes de parcelas (para cada uno de ellos) en los que se detectan daños visuales en el cultivo, los que no se aprecian daños (para fechas favorables de incidencia) y para parcelas sin antecedentes de brassicas.

Como se comprueba en la Gráfica 1,

HOSPEDANTES	¿SENSIBLES	
	NO-HOSPEDANTES? (*)	NO-HOSPEDANTES
<i>Brassica oleracea</i> (Brócoli, coliflor, col)	<i>Solanum lycopersicum</i> (Tomate)	<i>Cucurbita melo</i> (Melón)
<i>Beta vulgaris</i> (Acelga)	<i>Capsicum annum</i> (Pimiento)	<i>Vicia faba</i> (Haba)
<i>Spinacea oleracea</i> (Espinaca)	<i>Apium graveolens</i> (Apio)	<i>Heliotropium europaeum</i> (Verruguera)
<i>Chenopidium</i> spp. (Cenizos)	<i>Lactuca sativa</i> (Lechuga)	<i>Setaria</i> sp. (Cerriche)
<i>Amaranthus</i> spp. (Bledos)	<i>Solanum nigrum</i> (Hierba mora)	<i>Xanthium spinosum</i>
<i>Diplotaxis</i> spp. (Rabanizas)	<i>Anacyclus</i> sp. (Manzanilla borde)	
<i>Beta maritima</i> (Acelguilla)		

(*): Del conjunto de estudios y resultados obtenidos, se puede concluir que hay plantas *HOSPEDANTES*, en las que el nematodo completa su ciclo biológico. Otras plantas se podrían considerar como "*SENSIBLES PERO NO-HOSPEDANTES*" en las que pueden encontrarse síntomas de excesivas ramificaciones radiculares, presumiblemente inducidas por las picaduras de juveniles, incluso algún J2 o J3 en el interior de raíces, pero sobre las que no serían capaces de completar el ciclo biológico, al menos en las variedades y condiciones ensayadas. Un tercer grupo de plantas se han mostrado como *NO-HOSPEDANTES*, en las que no se ha localizado ningún juvenil en su interior.

Tabla 3. Resultados sensibilidad diferentes especies botánicas.

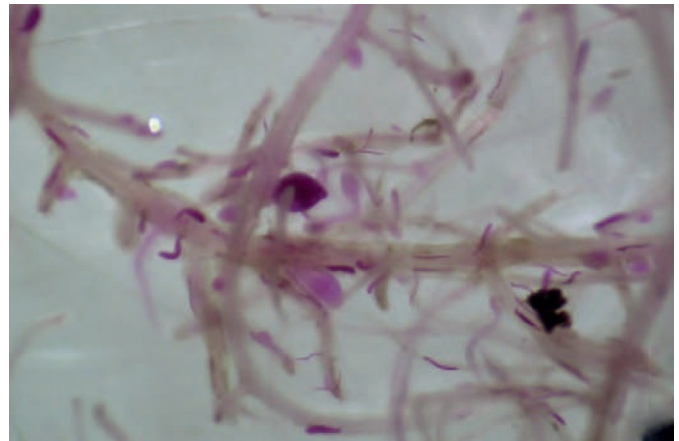
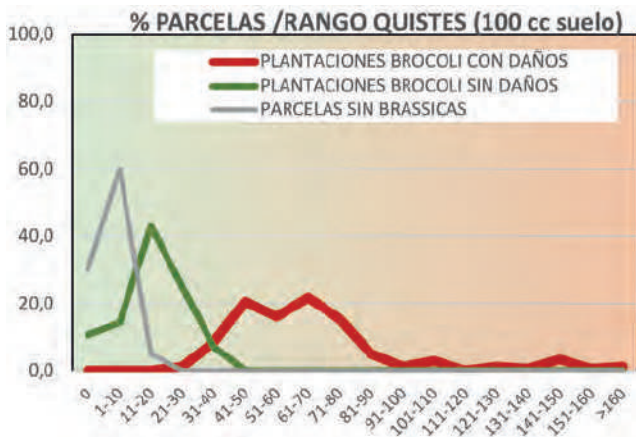


Fotos 3, 4 y 5. Un excesivo ataque inicial, deteriora tanto el sistema radicular (TESTIGO) que dificulta la multiplicación del propio nematodo.

la mayor parte de parcelas con daños en brócoli tienen densidades que oscilan entre los 30 y 100 quistes por 100 cc de suelo, aunque se han detectado puntualmente muestras superiores a los doscientos. En parcelas con fuertes daños, la reiteración de crucíferas no implica necesariamente un incre-

mento de densidades por encima de los 70-100 quistes /100 g de suelo. La razón podría estar en que una excesiva y temprana afección de las raíces dificulta el desarrollo de éstas y, como consecuencia, la multiplicación del nematodo (Fotos 3 a 5).

Para periodos de riesgo, en las plan-



Gráfica 1. % Parcelas con presencia de *Heterodera* para diferentes rangos de quistes.

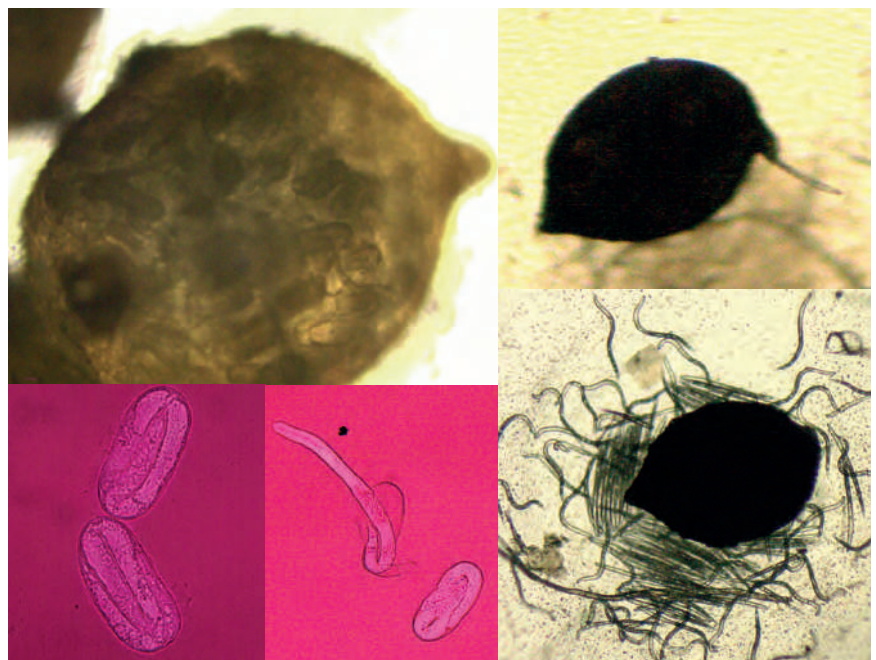
Foto 6. Solape de estadios/generaciones.

taciones sin daños aparentes se han detectado niveles habitualmente inferiores a los 40 quistes/100 cc de suelo. Por debajo de los 20 quistes por 100 cc de suelo no se han apreciado daños en ninguna plantación.

Se han localizado también quistes en algunas parcelas sin antecedentes de brassicas, lo que indicaría que puede ser un organismo habitual de diferentes suelos, que aprovecha otras plantas huéspedes, aunque los niveles alcanzados en estos casos son muy bajos, por debajo de 10 quistes por 100 cc de suelo.

Características de las generaciones. Generaciones definidas, con individuos en los mismos estadios, no suelen encontrarse en campo, pudiéndose detectar todos los estados de la plaga de manera simultánea (Foto 6). Esto se explica porque de la localización de cada quiste en el suelo dependerá la humedad y exudados que les llega o temperatura y, por lo tanto, el momento en que inicia su activación. Además, como se observa en la Gráfica 3, la emergencia de juveniles se produce de una manera escalonada a lo largo de varios días, por lo que cuando emergen los últimos, los primeros en emerger ya estarán en J3. La eclosión de los huevos se produce en el interior del quiste, observándose juveniles móviles J2 dentro del mismo, que van emergiendo al exterior, dejando la cubierta del quiste aparentemente intacta (Fotos 7 a 11).

Con temperaturas en torno a los 20-25°C, el tiempo para completar una generación estaría en torno a los 28 días, que se resume en las Fotos 12 a 15.



Fotos 7 a 11. Por transparencia pueden observarse J2 en el interior del quiste (Foto 7) y posteriormente en el exterior, dejando la cubierta del quiste intacta.

Sobre la viabilidad de quistes y su estimulación para liberar los juveniles

Estimulación de los quistes. Las Gráficas 2 y 3 recogen los resultados obtenidos en las experiencias de la estimulación de quistes para la emergencia de juveniles, en función de los diferentes extractos utilizados.

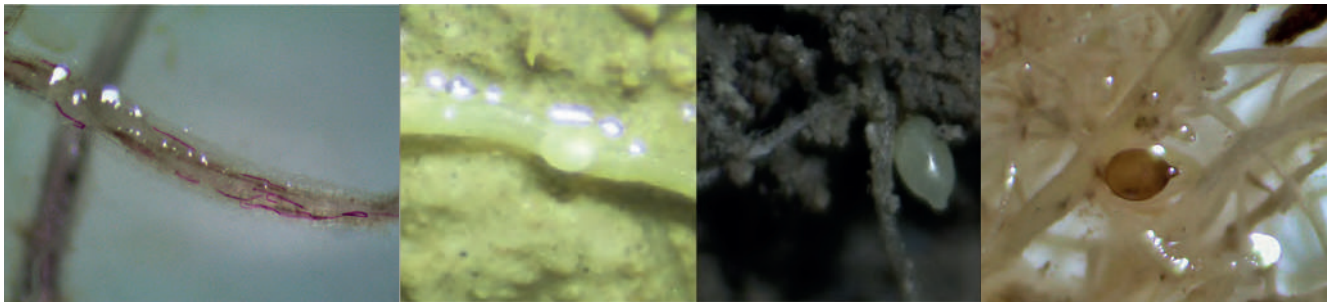
Evolución de la viabilidad de los quistes. La Gráfica 4 recoge los resultados de tres prospecciones realizadas en diferentes parcelas y distintos periodos desde la finalización de una plantación de brócoli (inmediatamente después de finalizar y seis y dieciocho meses después). Si bien se trata de parcelas diferentes, y otros factores

podrían tener también influencia, los datos apuntan a que la viabilidad de los quistes se puede ver mucho más afectada por el tiempo transcurrido sin huésped que lo referenciado por algunos autores (Bello y col., 1999, Talavera, 2003).

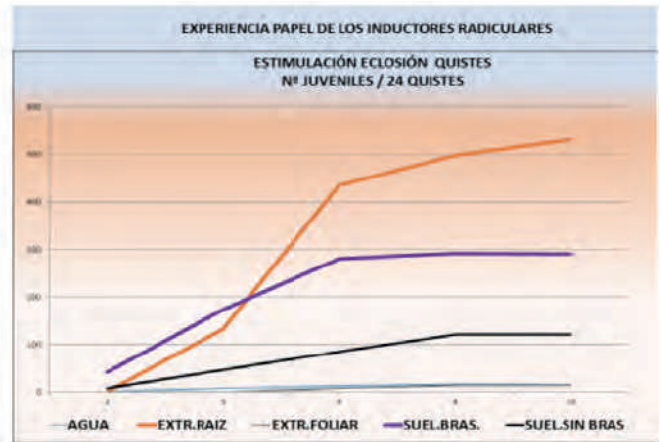
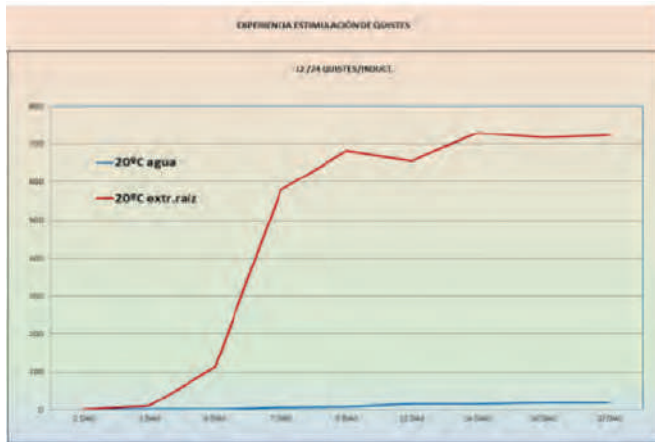
Los resultados obtenidos en ensayos específicos, con condiciones más controladas, en los que un mismo suelo es sometido a diferentes usos posteriores, apuntan a las mismas conclusiones. En esta experiencia, además del porcentaje de quistes viables, se determina el número medio de juveniles a que da lugar cada uno de esos quistes viables. Las Fotos 16 y 17 recogen dos momentos de los ensayos. La Gráfica 5 recoge la evolución en

transferencia tecnológica

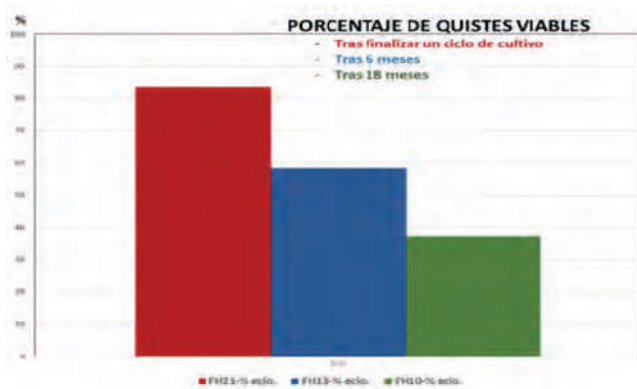
| hortícolas |



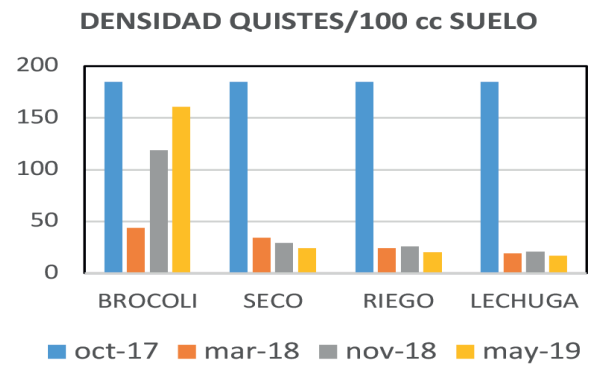
Fotos 12 a 15. Estadios observados en las raíces entre los 2 y 7 días, a los 14, 21 y 28 días respectivamente, después de plantar y mantener a 25°C.



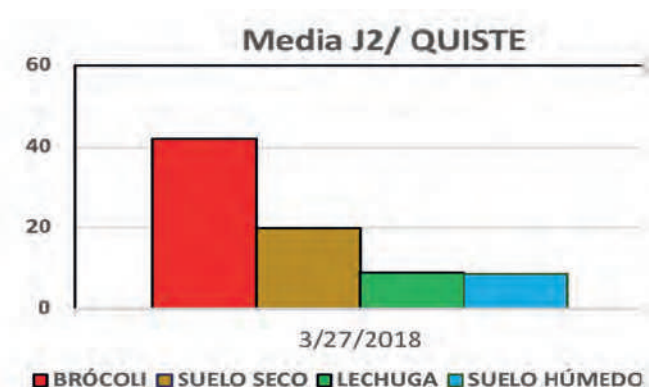
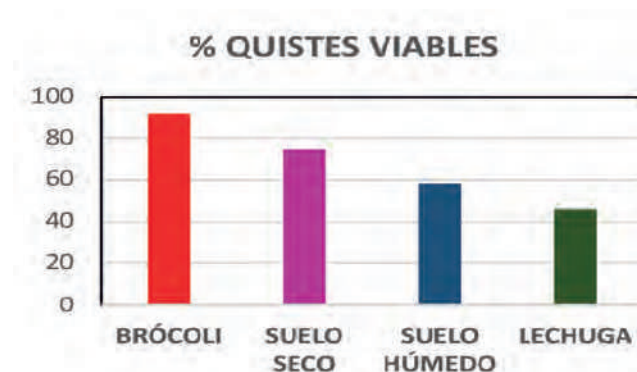
Gráficas 2 y 3. Juveniles emergidos de 24 quistes, en dos experiencias, en función de los extractos utilizados: de raíz de brócoli, de hojas de brócoli, de suelo procedente de una plantación con brassicas, suelo sin antecedentes de brassicas y control con agua desionizada.



Gráfica 4. Reducción de la viabilidad de quistes con el tiempo.



Gráfica 5. Evolución densidad de quistes en las diferentes variantes (a +0, +6, +13 y +20 meses desde el inicio). Suelo de partida con 185 quistes/100 cc.



Gráficas 6 y 7. Niveles de viabilidad de quistes de *Heterodera* tras seis meses de cada programa.

la densidad de quistes detectada por cada 100 cc de suelo a lo largo del tiempo, en función al uso del suelo. Las Gráficas 6 y 7 aportan información adicional de cómo se reduce la viabilidad de los quistes.

Como se comprueba en las Gráficas 5 a 7, además de la reducción en la densidad de quistes y porcentaje de quistes viables en relación a la variante de brócoli (menos acusado cuando se mantiene el suelo seco que con riegos o con una plantación no hospedante), destaca que el número de juveniles que emergen de los quistes viables se reduce también de una manera muy significativa.

Efecto de la temperatura. En la Gráfica 8 se recogen los resultados de la eclosión de quistes en función de la temperatura, en donde se comprueba que con temperaturas inferiores a 10°C no hay activación, mientras que a 15°C la emergencia de juveniles es muy lenta y limitada. Sobre los 20°C y 25°C la emergencia fue máxima. La gráfica expresa el número de J2 vivos en cada evaluación, observándose que, a temperaturas óptimas, la salida de juveniles se produce entre los 2 y 6-7 días y su muerte, en esos extractos, aproximadamente tres semanas más tarde.

Discusión y conclusiones

Aunque determinadas referencias consideran a los nematodos del género *Heterodera* una plaga generalmente de escasa relevancia para los cultivos de brassicas (EPPO, 1998), en el sureste español se ha convertido en una de las más nocivas (Lacasa y col, 2015; Monserrat y col, 2017), llegando a ser limitante para la producción de crucíferas en algunas parcelas y épocas con temperaturas elevadas.

Estando citada la especie *Heterodera cruciferae* en el levante español por Bello (1999) y Lacasa (2015), los resultados de las prospecciones realizadas en este proyecto indican que *Heterodera schachtii* sería la causante, al menos la principal, de los problemas de nematodos observados en las plantaciones de brassicas de la región.

Respecto a las plantas hospedantes para *H. schachtii*, Bello y col. (1999) incluye al tomate en el listado de especies sensibles, Griffith y Waite (1982) consideran a las solanáceas como 'no

EXPERIENCIA CAMPO DE CARTAGENA			EXPERIENCIA LORCA		
Fecha trasplante	Total hembras	% raices con presencia	Fecha trasplante	Total hembras	% raices con presencia
23-sep	187	85%	19-sep	42	40%
3-oct	192	85%	29-sep	63	60%
13-oct	446	90%	8-oct	33	25%
24-oct	592	80%	21-oct	0	0%
3-nov	105	32%	2-nov	0	0%
11-nov	6	8%	12-nov	0	0%
21-nov	0	0%	22-nov	0	0%
2-dic	0	0%	2-dic	0	0%

Tabla 4. Colonizaciones en función de la fecha de trasplante (2016).

buenos hospedantes', e incluso indican que en rotaciones de tomate-repolacha en California, el tomate no se ve afectado por este nematodo, mientras Ferreira (1993) hace referencia a que "algunas variedades" de tomate serían hospedantes.

Esto coincidiría con los resultados poco definidos que hemos obtenido para solanáceas y otras plantas, que no nos permiten definir las ni como hospedantes (en las que la plaga completaría su ciclo biológico) ni como no-hospedantes (en las que no se detectarían síntomas ni individuos en el interior de sus raíces). Por ello hemos establecido un tercer grupo de especies, 'Plantas sensibles pero no hospedantes', en el que hemos incluido aquellas en las que pueden encontrarse síntomas de excesivas ramificaciones radiculares, presumiblemente inducidas por las picaduras de juveniles, incluso algún J2 o J3 en el interior de raíces, pero sobre las que no serían capaces de completar el ciclo biológico, al menos en las variedades y condiciones ensayadas.

En relación a la expansión del problema, diferentes referencias bibliográficas apuntan a la entrada de tierra con presencia de *Heterodera* (adherida a la maquinaria, utensilios o zapatos), o bien introducida con las plantas, como el principal elemento de propagación (Stephem A. Ferreira, 1993; Lacasa y col, 2015). Sin embargo, nuestros trabajos indican una presencia ampliamente generalizada de *Heterodera* en suelos agrícolas del levante español, pudiendo deberse la expansión de daños más a la reiteración de plantaciones de cultivos hos-

pedantes, que provoca el aumento de los niveles poblacionales en suelo, que a la colonización de nuevas parcelas.

Como umbrales de referencia, a partir de los cuales *Heterodera* provocaría daños en las plantaciones, se encuentran cifras muy diversas en la bibliografía (para cada 100 cc o g de suelo): 1.000 quistes (Brezeski y col., 1970); 20 quistes (Mennan y Handoo; 2012); 80 quistes (McCann, J.; 1981); 20-75 huevos y juveniles (Sykes y Winfield, 1967); 100 huevos y juveniles (Chizvov y col., 2009); entre 100 y 600 huevos y juveniles (según zonas climáticas en Estados Unidos) (Trumble y col., 1992).

Para el levante español, con los datos de las prospecciones realizadas, se podrían establecer unos niveles aproximativos de referencia para épocas de riesgo de hasta 20 quistes/100 cc de suelo, sin riesgo; de 20 a 40, niveles de incertidumbre en función de la preparación y manejo de la plantación; más de 40, altas probabilidades de que se produzcan daños. En épocas de bajo riesgo (plantaciones de finales de otoño a mitad de invierno), se pueden encontrar poblaciones muy elevadas, por encima de 80, sin que se aprecien daños en el cultivo.

Es difícil concretar más los umbrales, puesto que la afección de las plantas depende de interrelaciones complejas, en donde la temperatura y humedad del suelo, la presencia de exudados o el nivel de viabilidad de los quistes son determinantes, al igual que los ciclos y condiciones de manejo de la plantación (fertilización, preparación del terreno, etc). Además, los datos de los análisis de suelo ofrecen una importan-

transferencia tecnológica

| hortícolas |

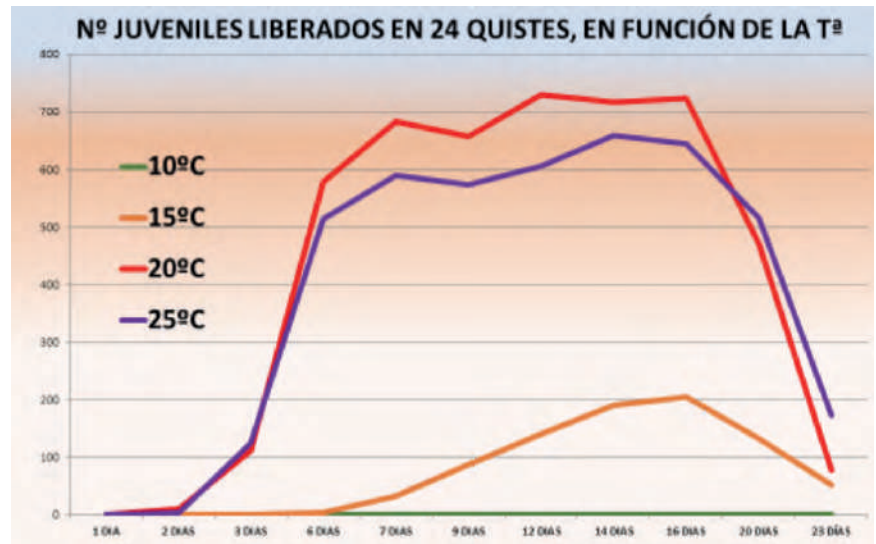
te variabilidad, tanto entre muestras tomadas en diferentes puntos de la parcela como entre las tomadas en diferentes épocas en una misma parcela.

Lo que sí queda demostrado es que la reiteración de cultivos hospedantes favorece el riesgo de daños por *Heterodera*, consecuencia del incremento de los niveles de quistes en suelo, algo que ya indican otros autores (Gutiérrez y Castillo, 2003; Jiue-in Yang y col., 2012; Sarah Collins, 2016). Sin embargo, a diferencia de algunas referencias que apuntan a valores por encima de 1.000 quistes/100 g de suelo (Brzeski y col., 1970), nuestros análisis, salvo excepciones, se mantienen por debajo de los 80-100 quistes/100 cc de suelo tras la reiteración de crucíferas en parcelas problemáticas.

En relación a la estimulación de los quistes, se confirma el papel que juegan los exudados de las raíces de las plantas de brassicas, que además pueden permanecer en los suelos durante un cierto tiempo tras la finalización de las plantaciones. Temperaturas en torno a los 20-25°C estarían próximas al óptimo para la liberación de los juveniles, completando la generación, con la formación de nuevos quistes, en unas cuatro semanas. Kakaire y col. (2012), ya habían determinado una temperatura óptima de entre 20,5 y 27,8°C.

Salvo que se rompan los quistes, la eclosión de los huevos se produce en su interior, de los que van emergiendo a lo largo de varios días los juveniles. Esto, junto a una activación escalonada de los quistes en el suelo, provoca que puedan encontrarse en las raíces individuos en diferentes estadios de forma simultánea.

Respecto a la conservación de la viabilidad de los quistes en el suelo, de hasta más de seis, incluso treinta años, según referencias (Siddiqi 2000), nuestros trabajos apuntan a una reducción relativamente rápida y progresiva de los quistes viables y del número de juveniles que emergen de cada uno de ellos, en concordancia con Gray y col. (1992) y con Jiue-in Yang y col. (2012), que recogen reducciones de la viabilidad en el suelo, sin plantas hospedantes, en torno al 50% anual. Algunos autores sugieren al parasitismo de los huevos por hongos como una de las causas de la reducción de la viabilidad de la plaga en el suelo (Nigh y col., 1980).



Gráfica 8. Activación de quistes en función de la temperatura.



Fotos 16 y 17. Experiencias evolución de las poblaciones de quistes, y su viabilidad, en función del uso del suelo.

Dada la presencia de hospedantes silvestres, hierbas de las familias de las amarantáceas, quenopodiáceas y crucíferas, la conservación de la plaga en el suelo podría deberse más a una cierta renovación en esas plantas que al mantenimiento de la viabilidad de los quistes durante todos esos años.

Agradecimiento

Al Proyecto FEDER 14-20-02 "Estrategias fitosanitarias para una horticultura mur-

ciana sostenible. Manejo de enfermedades del suelo y patógenos emergentes en cultivos hortícolas: pimiento, alcachofa, lechuga y brassicas", cofinanciado en un 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, gracias al cual se han podido realizar los trabajos de investigación.

Bibliografía: Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico antonio.monserrat@carm.es.