

**El agua influye sobre la población y diseminación de nemátodos del suelo; a su vez estos organismos afectan las relaciones hídricas de la planta.**

## Agua y nematodos parásitos de las plantas

JULCA, A.<sup>1</sup>; GALLEGO, E.<sup>1</sup>; SÁNCHEZ, J.<sup>1</sup>; CORDOVILLA, P.<sup>2</sup>

1. Univ. de Almería; 2. Univ. de Jaén



### Introducción

En este documento se revisa cómo el agua del suelo influye sobre las poblaciones nematológicas, su papel en la llamada *erosión biológica* y en la diseminación de estos fitopatógenos, y el efecto de los nematodos fitoparásitos sobre las relaciones hídricas de la planta. Asimismo, se consideran las ventajas de aplicar los nematicidas con el agua de riego.

### Planta de pepino atacada por *Meloidogyne* sp.

Existe una correlación positiva entre las poblaciones de nematodos y la humedad del suelo; sin embargo, esto no siempre ha sido corroborado. Estos patógenos causan trastornos fisiológicos en las plantas, como disminución de la conductancia estomática y otros parámetros asociados con la relación agua-planta, lo que posteriormente conlleva a pérdidas en la producción. El es-

trés hídrico no influye en la capacidad patogénica de los fitonematodos.

Es posible usar el riego para aplicar los nematicidas a menores dosis, permitiendo disminuir el costo del control y el riesgo de contaminación del agua del suelo. La lluvia no parece tener efecto sobre la cantidad de residuos de nematicidas en el suelo.

Todos o algunos de estos as-

pectos podrían ser de gran importancia para zonas como Almería, donde las condiciones que proporcionan los invernaderos no solamente favorecen a los cultivos, sino también a organismos patógenos como los nematodos.

La agricultura es una actividad económica en la que los diferentes factores de la producción no son independientes, sino que interactúan entre sí, generando una complejidad que es necesario intentar comprender cada vez más, si buscamos una agricultura

que a su vez repercutirá en el crecimiento y la capacidad productiva de la especie cultivada. Dentro de estos microorganismos destacan los nematodos fitoparásitos, que atacan a las plantas vivas y causan diversas e importantes enfermedades (Agrios, 1997). Por ejemplo, *Meloidogyne* en tomate podría causar pérdidas de hasta 31% en los cultivos almerienses (Julca, 2000), por lo que se controla mediante nematicidas fumigantes, como el DD, o no fumigantes, como el Rugbi o el



Base de tallo de una planta de pepino, mostrando los daños causados por el ataque de *Meloidogyne sp.*

sustentable en el tiempo y en el espacio.

El agua es uno de esos factores y resulta insustituible. Por tal razón es de gran importancia conocer el efecto que tiene no solamente sobre la planta, sino también sobre el suelo, porque éste es hábitat de diversos microorganismos, que están en menor o mayor grado influenciados por su contenido de humedad, situación

Nemacur (Ornat, *et al.*, 1999), productos ampliamente conocidos por los agricultores de esta zona mediterránea.

El objetivo de el presente trabajo es conocer cómo el agua afecta las poblaciones nematológicas del suelo, el efecto de los nematodos fitoparásitos sobre las relaciones hídricas de la planta y el papel que puede jugar el agua en la aplicación de los nematicidas.

### Efecto del agua del suelo en las poblaciones nematológicas

La dinámica poblacional de estos patógenos depende del agua del suelo (Freckman *et al.*, 1987), y la fluctuación de la humedad del suelo, debida a la lluvia o al agua de riego, es uno de los principales factores que influyen en el aumento de las poblaciones de nematodos. Por el contrario, cuando el suelo está seco, puede disminuir el número del nematodo anillado (*Criconemoides xenoplax*), del nematodo daga (*Xiphinema americanum*) y de los nematodos formadores de quistes y de los que provocan nódulos radiculares (National Academy of Sciences, 1986).

### Existe una relación positiva entre las poblaciones de nemátodos y la humedad del suelo; sin embargo esta relación no siempre ha sido corroborada

Diversos investigadores han encontrado una disminución del número de nematodos cuando baja el nivel de humedad del suelo. Esto ocurre con *Xiphinema americanum* (Griffin y Barker, 1966) y también ha sido observado en *Belonolaimus longicaudatus* sobre soja (Robbins y Barker, 1974). Otros autores, como Jordan *et al.* (1989), observaron una correlación positiva entre la incidencia de *Pratylenchus brachyurus* y *Rotylenchulus parvus* con la precipitación anual, en el cultivo de maíz. La misma relación se puede inferir del trabajo realizado en África por Baujard y Martiny (1995), quienes trabajando con *Scutellonema cavenessi*, encontraron que la densidad poblacional de los nematodos se incrementó durante la estación lluviosa, la población en raíces estuvo

siempre por debajo del 25% de la población total y decreció en la estación seca, durante la cual los nematodos entran en anhidrobiosis. La anhidrobiosis es la capacidad que tienen los nematodos para sobrevivir en condiciones de baja humedad, como ocurre en condiciones de suelos desérticos (Freckman *et al.*, 1983).

En Estados Unidos, Mc Sorley (1997), señaló que en la gramínea *Paspalum notatum*, el número total de nematodos del suelo, así como el número de nematodos bacteriófagos, micó-fagos, omnívoros, predadores y las poblaciones por género, estuvieron correlacionados positivamente ( $P=0,05$ ) con la precipitación total acumulada dos semanas antes del muestreo. De igual for-

### ■ La anhidrobiosis es la capacidad que tienen los nemátodos de sobrevivir en condiciones de baja humedad, como ocurre en suelos desérticos

ma en La India, Nath *et al.* (1998) evaluaron el comportamiento poblacional de *Helicotylenchus multicinctus* en raíces y suelos de plantas de banana, y encontraron que las poblaciones del suelo tenían una correlación positiva y significativa con la precipitación mensual. Esto ocurre probablemente porque la mayoría de los patógenos de las raíces de las plantas están asociados a potenciales de agua del suelo relativamente altos (Cook y Papendick, 1972). Sin embargo, para Mc Sorley (1997), los mecanismos que explican las relaciones entre las poblaciones de nematodos y el nivel de precipitaciones son aún desconocidos.

Contrariamente a lo señalado hasta ahora, también existen estudios donde no se encuentra un

**Tabla 1.**

**Efecto de tipos de suelo y niveles de irrigación (+ / -) sobre *Heterodera glycines* (miles de individuos / 500 cc suelo) en el cultivo de soja (de: Koenning y Barker, 1995).**

Tipo de Suelo	Mitad de Campaña			Cosecha		
	(+)	(-)	Media	(+)	(-)	Media
Arcillo arenoso Cecil	5,6	6,5	6,1b	8,7	12,9	10,7b
Franco Arcillo Arenoso Cecil	6,0	8,3	7,2b	4,1	17,4	11,0 b
Arena Fuquay	10,6	11,4	11,0a	21,0	16,2	18,6a
Muck	11,1	16,1	13,6a	12,7	23,6	18,1a
Franco Arenoso Norfolk	3,7	9,0	6,3 b	15,3	16,4	15,9 a
Arena Franca Portsmouth	6,9	14,0	10,4a	8,7	25,0	16,9 <sup>a</sup>
Media	7,3	10,8**		11,9	18,5**	

\*\* : Diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), entre niveles de irrigación

**Tabla 2.**

**Correlación entre el número total de cada género y/o especie de nematodo con el volumen de agua de escorrentía (E) y de partículas transportadas (P) (Cadet y Aibergel, 1999).**

Género y/o Especies	E	P
Principales	0,207	0,074
<i>Tylenchorhynchus gladiolatus</i>	0,054	-0,119
<i>Scutelloma</i>	0,658*	0,514
<i>Gracilacus</i>	-0,182	-0,190
<i>Helicotylenchus</i>	0,573	0,514
<i>Pratylenchus</i>	0,407	0,289
<i>Tylenchorhynchus mashhoodi</i>	0,126	-0,970
<i>Criconemella</i>	0,103	-0,006
<i>Tylenchorhynchus sulcatus</i>	0,009	0,110
<i>Tylenchorhynchus ventralis</i>	-0,063	-0,086
<i>Aphasmatylenchus</i>	-0,151	-0,023
<i>Longidorus</i>	-0,246	-0,158
Secundarios	0,786*	0,569*
<i>Filenchus</i>	0,902*	0,857*
<i>Trichotylenchus</i>	0,431	0,119
<i>Ditylenchus</i>	0,785*	0,895*
<i>Coslenchus</i>	0,630*	0,392
<i>Aphelenchus</i>	0,756*	0,939*
<i>Ecphyadophora</i>	0,760*	-0,124

\* : Estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ )

efecto positivo de la humedad del suelo sobre los nematodos o este efecto no es tan claro ni contundente. Por ejemplo, en manzano, Jaffe y Mai (1979) no hallaron una interacción entre el efecto de *Pratylenchus penetrans* y la baja humedad del suelo, mientras que Den Toom (1988) encontró que con bajas temperaturas, el efecto de *Tylenchulus dubius* sobre

*Lolium perenne* aumenta cuando disminuye la humedad del suelo. Un caso particular ocurrió en Venezuela, donde Crozzoli *et al.* (1995) informaron que la densidad de *Helicotylenchus multicinctus* en raíces de banana un mes antes de la cosecha y el agua total (lluvia + riego), mostraron una correlación negativa ( $r = -0,59$ ) durante 1991-1992, pero positiva

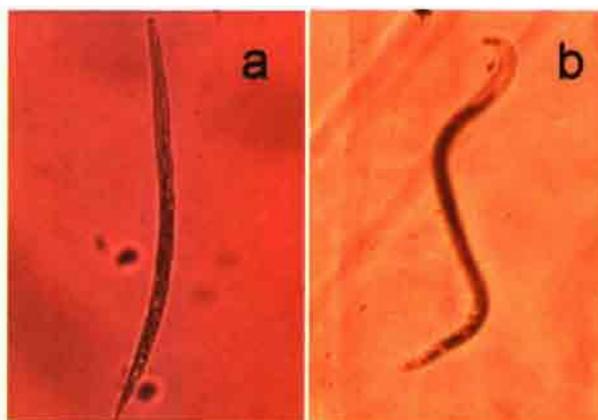
( $r=0,617$ ) en la campaña siguiente. En un ensayo realizado por You *et al.* (1999), tampoco se encontró una relación entre el número de *Pratylenchus* en raíces de alfalfa y la precipitación.

**Algunos estudios señalan que la relación entre el agua del suelo y la población de nemátodos no es simple, existiría también influencia de la capacidad de los suelos para retener agua**

De estos resultados se puede concluir que la relación entre el agua y las poblaciones de nematodos en el suelo no es tan simple y que existiría una gran influencia de aquellas características relacionadas con la capacidad de los suelos para retener agua. Se cree que los nematodos están activos en suelos que tienen un contenido de humedad de 40 a 60% de su capacidad de campo y en general, los altos niveles se encuentran en suelos húmedos y bien aireados (National academy of sciences, 1986).

El trabajo de Koenning y Barker (1995) apoya esta hipótesis, ya que encontraron que las poblaciones de *Heterodera glycines* en el cultivo de soja variaron según la textura del suelo y el nivel de irrigación, registrándose una mayor población cuando el nivel de irrigación es menor (tabla 1), probablemente debido a una mejor proporción entre el agua y el oxígeno del suelo, en cada uno de los seis tipos de suelo evaluados.

El transporte masivo de nematodos, junto a partículas del suelo en el agua de escorrentía, origina un fenómeno denominado *erosión biológica*, y fue estudiado



**Microfotografías de un juvenil J2 de *Meloidogyne* sp. (a) y una hembra de *Pratylenchus* (b).**

en Senegal por Cadet y Albergel (1999) durante la estación lluviosa. En ese ensayo se encontró que en unos 6.000 m<sup>3</sup> de agua había 18,6 t de suelo y 279,5 millones de nematodos, 127 millones de los cuales fueron especies fitoparásitas importantes, entre las que destacaron *Tylenchorhynchus gladiolatus*, *Scutellonema cavenessi*, *Helicotylenchus multicinctus* y *Gracilacus párvula*, que representaron el 87% de la población. De esta cifra, el 61% correspondió a las dos primeras especies, y de las 15 especies encontradas, la mayoría de ellas presentó una correlación positiva con el volumen de agua de escorrentía y de partículas transportadas (Tabla 2).

Este trabajo tiene implicaciones prácticas muy importantes desde el punto de vista fitosanitario, porque demuestra que existe una reinfestación periódica de los campos agrícolas y que el control de nematodos por el descanso de los suelos se pierde inmediatamente, cuando ocurren las lluvias. También explica porqué existe una correlación positiva entre la población de nematodos del suelo y el nivel de precipitaciones, además de confirmar que el agua es un medio de transporte y disseminación de fitopatógenos (Agrios, 1997).

**Efecto sobre las relaciones hídricas de la planta**

Los nematodos son parásitos de plantas que se pueden clasificar en ectoparásitos y endoparásitos. Los primeros son aquellos

que para alimentarse no penetran dentro de las raíces; en cambio, los endoparásitos sí necesitan entrar dentro del tejido vegetal para alimentarse. Éstos a su vez se agrupan en endoparásitos migratorios (migran dentro del tejido vegetal) y endoparásitos sedentarios (no migran dentro del tejido vegetal, se establecen en un determinado lugar). Los endoparásitos sedentarios, tales como *Meloidogyne*, pueden tener un impacto tremendo sobre la planta, lo cual incluiría cambios en la eficiencia fotosintética, en la repartición de fotosintatos e interrupción del tejido vascular que reduciría su capacidad para tomar y transportar agua y nutrientes (Noling, 1985). Su estudio es necesario, porque el conocimiento de las relaciones planta-parásito es fundamental para desarrollar estrategias que podrían proporcionar alternativas de control para este importante grupo de fitoparásitos (Mundo-Ocampo, 1985).

El efecto de los fitonematodos sobre la relación agua-planta ha sido materia de estudio para diversos investigadores. Por ejemplo, se ha observado que plantas de algodón infectadas por *Meloidogyne incognita* frecuentemente muestran síntomas de estrés hídrico, particularmente bajo condiciones de campo (O'Bannon y Reynolds, 1965). *M. javanica* y *M. hapla* suprimieron el potencial del agua en la hoja y

**El transporte masivo de nemátodos junto a partículas de suelo en el agua de escorrentía origina un fenómeno denominado "erosión biológica". Esto determina que se produzcan reinfestaciones de suelos por acción de las lluvias**

■ **La infección por fitonemátodos provoca pronunciados síntomas de estrés por sequía en el campo, síntomas que tienden a ser a ser más pronunciados durante períodos calurosos y hacia el final del ciclo del cultivo**

la conductividad hídrica en raíces, en plántulas de tomate y fréjol (Meon, *et al.*, 1978; Wilcox-Lee y Loria, 1986). *M. javanica* disminuyó la conductancia estomática en plántulas de tomate (Meon *et al.*, 1978), mientras que *M. incognita* bajó el flujo de agua en raíces intactas de un cultivar de algodón susceptible al nematodo,



**Detalle de las raíces de una planta de pepino, donde se muestran los tumores provocados por *Meloidogyne sp.***

pero no afectó el flujo de agua de las raíces de una línea mejorada. Además, en ese estudio la infección del nematodo no alteró la conductancia estomática, ni tampoco la transpiración o los componentes del potencial de agua en

la hoja (Kirpatrick *et al.*, 1991).

Un estudio muy interesante sobre el tema fue el que realizaron Kirpatrick *et al.* (1995), quienes evaluaron el efecto de *M. incognita* sobre las relaciones hídricas en la planta de algodón. Encontraron que por lo general la conductancia estomática disminuyó con la presencia del nematodo del nudo de la raíz, aunque cuando se aplicó un nematicida (Aldicarb) mejoró ligeramente, pero siempre fue significativamente menor que el testigo. El efecto sobre la transpiración, la temperatura de la hoja y el potencial osmótico de la hoja, no fue tan claro; en cambio, la presión y el agua en la hoja no varió significativamente por efecto de los tratamientos (Tabla 3).

De manera general, los resultados demostraron que la infección de fitonematodos causa pronunciados síntomas de estrés por sequía en el campo. Dichos



# EL CUMA IDEAL PARA CADA CULTIVO

PROGRAMADORES | PANTALLAS TERMICAS | MOTORREDUCTORES | COMPLEMENTOS



  
PROGRAMADORES

  
PANTALLAS  
TERMICAS

  
COMPLEMENTOS

  
MOTORREDUCTORES

la elección inteligente






**AUTÓMATAS IBERNED S.L.**  
 (C) 34-968 554 801. Fax 34-968 554 808  
 Pz. In. de La Palma 30593 La Palma, Cartagena-Murcia España  
 E-mail: iberne\_d\_mur@prtfemail.es. www.iberne-d-mur.com

24

154-JULIO 2001

HORTICULTURA

**Tabla 3.**

**Efecto de *Meloidogyne incognita* sobre las relaciones hídricas en la planta de algodón (de: Kirpatrick et al., 1995).**

Tratamientos	Días Después Transplante	Conductancia Estomática (sec/cm)	Coeficiente Transpiración (m/cm <sup>2</sup> /cm)	T° hoja (°C)	Potencial de la hoja		
					Agua	Osmótico	Presión (Mpa)
Con <i>M. incognita</i>	89 (1992)	1,43 b	17,21 b	32,1 a	-1,14 a	-1,65b	0,53 a
Con <i>M. incognita</i> + A	89 (1992)	1,48 b	18,41 b	32,1 a	-1,14 a	-1,61 b	0,49 a
Sin <i>M. incognita</i>	89 (1992)	2,13 a	22,96 a	31,1 b	-0,91 a	-1,44 a	0,54 a
Con <i>M. incognita</i>	58 (1993)	0,70 a	10,11 a	32,8 a	-1,03 a	-1,35 b	0,31 a
Con <i>M. incognita</i> + A	58 (1993)	0,85 a	11,23 a	32,2 a	-0,98 a	-1,23 a	0,25 a
Sin <i>M. incognita</i>	58 (1993)	1,02 a	12,52 a	31,9 a	-1,00 a	-1,24 a	0,25 a
Con <i>M. incognita</i>	108 (1993)	0,43 b	10,10 b	37,8 a	-1,49 a	-1,75 a	0,26 a
Con <i>M. incognita</i> + A	108 (1993)	0,61 b	13,26 ab	37,0 ab	-1,19 a	-1,53 a	0,34 a
Sin <i>M. incognita</i>	108 (1993)	0,87 a	16,82 a	36,1 b	-1,19 a	-1,52 a	0,33 a

A: Aldicarb (nematicida)

síntomas tienden a ser más pronunciados durante el periodo más caluroso del día y al final del ciclo del cultivo.

Sin embargo, una relación contraria, es decir, que los nematodos sean patógenos sola-

mente porque las plantas sufren estrés hídrico, no es posible, tal como lo han demostrado Mc Donald y Van den Berg (1993). Estos investigadores, trabajando en maíz y sorgo con *Pratylenchus zae* y *P. brachyurus*, encontraron

que cuando aumentaron la frecuencia de riego, se registró un incremento significativo del peso de macollos en maíz y sorgo. Pero en el caso de los nematodos, solamente aumentó significativamente la población de *P. zae* en maíz (Figura 1).

Las dos especies de *Pratylenchus* se reprodujeron bien en maíz y fueron dañinas para la planta. *P. zae* se reprodujo bien en sorgo; no así *P. Brachyurus*, que tuvo una población prácticamente similar con los diferentes niveles de riego, pero ninguna especie causó daño a este cultivo.

La patogenicidad de *P. zae* y *P. brachyurus* en maíz es conocida, al igual que la ausencia de daños en sorgo, por lo que estos resultados confirmaron investigaciones anteriores y demostraron que el estrés hídrico no es el único factor que influye en la patogenicidad de los fitonematodos.

**La mejor fórmula**

- Asimilación rápida por la planta.
- Aportador de NPK y microelementos.
- Complejante de micronutrientes.
- Reactivador de la planta en situaciones de stres.
- Aportador de materia orgánica.
- Mejorador de las cualidades organolépticas.



- Rapid plant intake.
- NPK and micro element provider.
- Complexing Micronutrient.
- Restores plant activity in stress situations.
- Organic matter provider.
- Improves organoleptic qualities.



**JISA** ROCA INDUSTRIAL S.A.  
Agronutrientes

FABRICA: Antigua Azucarera, s/n  
Tel. +34 978 86 00 11 • Fax +34 978 86 00 30 • Email: jisa.fab@ediho.es  
46360 SANTA EULALIA DEL CAMPO (Teruel) España

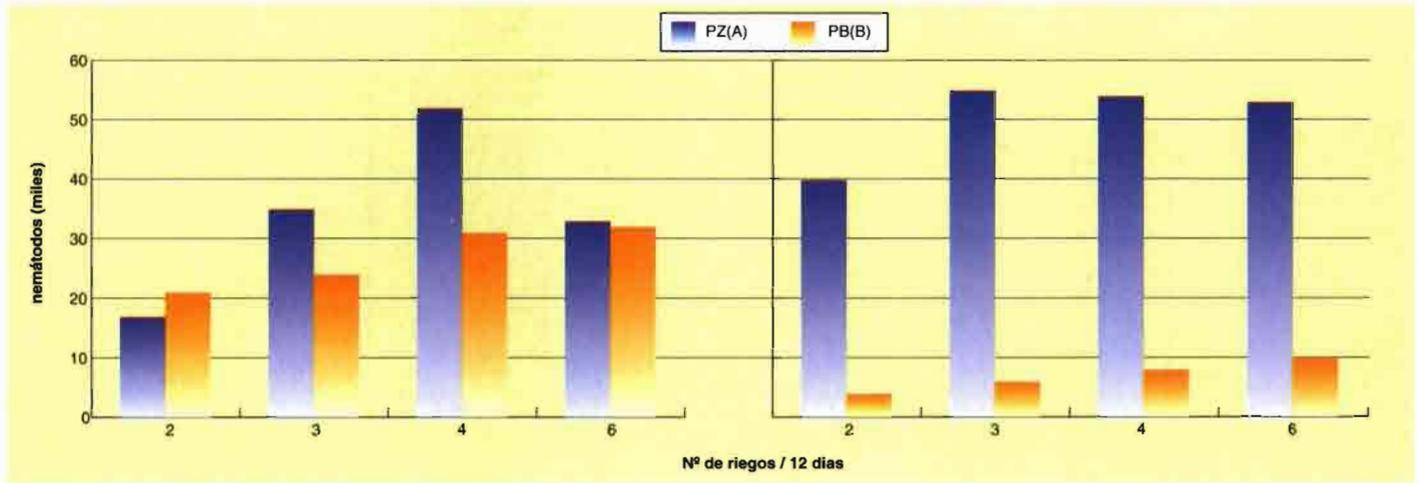
OPCION COMERCIAL: Cronista Carreras, 8, 6º H  
Tel. +34 96 351 79 01 • Fax +34 96 351 79 01 • E-mail: jisa@ediho.es  
Web: <http://www.jisa.es> • 46103 VALENCIA - España

*Estamos por la labor.*

GRUPO azucarera ebro agrícolas

**Figura 1.**

**Efecto de diferentes niveles de riego sobre las poblaciones de *Pratylenchus zeae* (PZ) y *P. brachyurus* (PB) en maíz (Izquierda) y sorgo (derecha).**



**Efecto sobre otros aspectos agronómicos**

Existen diferentes métodos para el control de nematodos parásitos de plantas (National Academy of Sciences, 1986, Cepeda, 1996), pero sin lugar a dudas, el control químico es el más usado por los agricultores a nivel mundial. Se usan nematicidas fumigantes, como el bromuro de metilo y el D-D, y no fumigantes, como el Namacur, Rugby, Mocap y otros. De los primeros se teme su efecto negativo sobre la capa de ozono, mientras que del segundo grupo, la contaminación del agua del suelo (Rodríguez-Kabana & Kokalis-Burelle, 1997). Por lo tanto, cualquier práctica que permita soslayar o disminuir estos problemas será de gran importancia para lograr una agricultura compatible con el cuidado del medio ambiente. Johnson y Young (1994) estudiaron la "quemigación", es decir, la aplicación del nematicida (en este caso el fenamifos) a través del agua de riego para controlar *Meloidogyne incognita* en el cultivo de calabaza cv. Dixie Hybrid. Encontraron que usando el agua de riego, se podía bajar la dosis de 6,72 a 3,36 (kg/ha) de ingrediente activo y lograr un control estadísticamente similar del nematodo del nudo de la raíz. Esta práctica reduce así la potencial

**Tabla 4.**

**Residuos totales del nematicida fenamifos en experimento con lluvia simulada**

Lluvia (cm)	Residuos totales (µg/g)
0	2,20125 a
2,5	2,31183 a
5,0	2,18383 a

(de: Johnson et al., 1996)

contaminación del agua del suelo, además del costo de aplicación del producto. Esto puede tener mayor importancia si consideramos que en zonas hortícolas del sureste español como Almería, se ha sugerido que algunos nematicidas químicos (p. e.: D-D, fenamifos y cadusafos) están causando fitotoxicidad, por lo que se ha recomendado revisar las dosis usadas actualmente (Julca, 2000).

Finalmente, algunos investigadores consideran que la lluvia puede tener un efecto sobre los nematicidas aplicados al suelo si ocurre al poco tiempo de haber hecho la aplicación del producto. Sin embargo, en un experimento realizado por Johnson et al. (1996), no se encontraron diferencias significativas en la cantidad

de residuos totales del nematicida fenamifos, bajo condiciones de lluvia simulada (0, 2,5 y 5,0 cm de agua, aplicada un día después del tratamiento), tal como se puede observar en la Tabla 4. Por ello, sugirieron que no existe necesidad de un nuevo tratamiento, si al menos pasa un día entre la lluvia y la aplicación del nematicida. Estos resultados pueden ayudar en la toma de decisiones sobre el manejo de los pesticidas, de manera especial en aquellas zonas donde las lluvias son muy frecuentes.

Todos o algunos de estos aspectos, podrían ser de gran importancia, para el mejor manejo de los nematodos fitoparásitos en zonas hortícolas como Almería, donde las condiciones favorables que proporcionan los invernaderos también lo son para los organismos patógenos, especialmente para el género *Meloidogyne*, que constituye el principal problema nematológico de los cultivos hortícolas en España (Ornat, et al, 1999).

**Para saber más...**

**ORNAT, C., VERDEJO-LUCAS, S., SORRIBAS, F. y SANTORO, I. 1999.** El nematodo *Meloidogyne* en los cultivos hortícolas de los invernaderos de Almería. *PHYTOMA España*. N°106: 27 - 34.