

## Efecto del fluensulfone sobre *Meloidogyne incognita* en el cultivo de cebolla.

### Effect of fluensulfone on *Meloidogyne incognita* in onion crop.

Cabrera-Hidalgo, A. J.<sup>1</sup>, Hernández-García, A. S.<sup>2</sup>, Navarro-Carbajal, D. J.<sup>2</sup>,  
Acuña-Soto, J. A.<sup>1</sup>, Marban-Mendoza, N.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL). Carretera Federal Amozoc-Nautla Km. 122+600, Almoloni, Tlatlauquitepec, Pue. C.P. 73907.

<sup>2</sup> Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México- Texcoco km 38.5, Chapingo, Edo. de México, C.P. 56230.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Cabrera-Hidalgo, A. J., Hernández-García, A. S., Navarro-Carbajal, D. J., Acuña-Soto, J. A., Marban-Mendoza, N. (2023). Effect of Fluensulfone on *Meloidogyne incognita* in onion crop. *Revista Bio Ciencias*, 10, e1453. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1453>

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: January 29<sup>th</sup> 2023.

Accepted/Aceptado: May 25<sup>th</sup> 2023.

Available on line/Publicado: June 19<sup>th</sup> 2023.

#### RESUMEN

La cebolla es una hortaliza ampliamente cultivada en el mundo, después de la papa y jitomate. México produce 1,487,102 t en un área de 47,952 ha. En este estudio, se identificó morfológica y molecularmente el nematodo asociado al cultivo de cebolla cv Cirrus, y se evaluó en campo el efecto del fluensulfone (1.75, 2 y 2.25 L·ha<sup>-1</sup>) y fenamifos (7 L·ha<sup>-1</sup>) sobre la población del nematodo y daño ocasionado en el cultivo. La especie asociada a las plantas de cebolla fue *Meloidogyne incognita*. La aplicación preventiva de fluensulfone redujo el efecto negativo de *M. incognita* sobre el rendimiento de cebolla, ejerciendo un buen control sobre la población del nematodo, ligeramente superior al fenamifos. Fluensulfone en dosis de 2 y 2.25 L·ha<sup>-1</sup> redujeron la población y el daño ocasionado por *M. incognita*, en un 76-78 y 72-80 % a los 60 días después de la siembra (das) respectivamente, comparado con las plantas sin tratar. A los 90 das, el agallamiento radical fue menor al 15 % en las plantas tratadas con fluensulfone (2 y 2.25 L·ha<sup>-1</sup>). Las plantas tratadas con fluensulfone (2.25 L·ha<sup>-1</sup>) y fenamifos incrementaron la producción de bulbos comerciales hasta en un 14 %, en comparación a las plantas sin tratar. Por lo que, se recomienda la aplicación de fluensulfone para el combate de *M. incognita* en el cultivo de cebolla, como parte de un plan de manejo integral de nematodos agalladores.

**PALABRAS CLAVE:** *Allium cepa*, fenamifos, fluensulfone, agallamiento radical, nematodo agallador.

#### \*Corresponding Author:

Nahum Marban-Mendoza. Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México- Texcoco km 38.5, Chapingo, Edo. de México, C.P. 56230. E-mail: [nmarbanm@chapingo.mx](mailto:nmarbanm@chapingo.mx)

---

## ABSTRACT

---

Onion is a plant widely cultivated in the world, only behind potatoes and tomatoes. Mexican production yields 1,487,102 t in an area of 47,952 ha. In this study, the nematode associated with onion cv. Cirrus was morphologically and molecularly identified, as well as the effect of fluensulfone (1.75, 2, and 2.25 L·ha<sup>-1</sup>) and fenamiphos (7 L·ha<sup>-1</sup>) on the nematode population and crop damage, were evaluated. The species associated with onion plants was *Meloidogyne incognita*. The preventive application of fluensulfone decreased the negative effect of *M. incognita* on onion yield, providing a good control on the nematode population higher than Fenamiphos. At 60 days after sowing (das), Fluensulfone (2 and 2.25 L·ha<sup>-1</sup>) reduced the population and damage caused by *M. incognita* by 76-78 % and 72-80 %, respectively in comparison with untreated plants. At 90 das, root galling was less than 15 %. Plants treated with Fluensulfone (2.25 L·ha<sup>-1</sup>) and Fenamiphos increased the production of commercial bulbs by up to 14 % compared with untreated plants. Hence, the application of Fluensulfone for the *M. incognita* management in onion crops is recommended, as part of an integrated management plan of root-knot nematodes.

---

**KEY WORDS:** *Allium cepa*, Fenamiphos, Fluensulfone, root-galling, root-knot nematode.

---

## Introducción

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas más ampliamente cultivada en el mundo, después de la papa y el jitomate, y es producida en más de 175 países, siendo Asia, el país que concentra más del 60 % de la producción mundial. En el continente americano, se producen poco más de 9.7 millones de toneladas de cebolla, siendo Estados Unidos, México y Brasil los principales productores de esta hortaliza. En el 2019, México reportó una producción de 1,487,102 toneladas en un área sembrada de 47,952 ha, siendo Chihuahua (330,371 t), Guanajuato (197,126 t) y Zacatecas (153,349 t) los estados con mayor producción (FAOSTAT, 2021; SIAP, 2021).

Diversos factores afectan negativamente la producción de este cultivo, siendo uno de los más importantes los fitonematodos, los cuales causan pérdidas anuales en la agricultura por \$ 78 billones de dólares en el mundo (Agris, 2005). Los nematodos más comunes en las áreas productoras de México asociadas al cultivo de cebolla son el nematodo del tallo y bulbo (*Ditylenchus dipsaci*), nematodos agalladores de la raíz (*Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *M. javanica* y *M. chitwoodi*), el nematodo de la raíz pequeña (*Paratrichodorus* sp.) y el nematodo lesionado (*Pratylenchus penetrans*) (Ravichandra, 2014; Mishra *et al.*, 2014; Becker y Westerdahl, 2018). Estos nematodos pueden reducir el rendimiento de bulbos hasta en un 70 %, sino se implementan

medidas efectivas de combate. Los rendimientos comerciales de cebolla se redujeron en 31, 72 y 64 % con 2, 6 y 18 j2 de *M. hapla* por cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente (Merrifield, 1999). El peso del bulbo de las cebollas en las microparcelas infestadas con *M. incognita* fue 76 % menor que en las parcelas libres de nematodos agalladores (Corgan et al., 1985). El peso del bulbo se redujo en un 7 y 82 %, y el diámetro entre un 10 y 62 % cuando las plantas se inocularon con 50 a 10 000 juveniles de *M. graminicola* en la segunda etapa. Los bulbos de cebolla en campo se redujeron en un 16, 32 y 35 % en peso y en un 6, 17 y 18 % en diámetro cuando el porcentaje de raíces agalladas fue de 10, 50 y 100 %, respectivamente (Gergon et al., 2002).

En México y varios países existen reportes de *Meloidogyne* sp. en el cultivo de cebolla causando desequilibrio nutricional, achaparramiento y agallamiento radical (1-2 mm de diámetro) en las plantas infectadas. Las agallas dificultan la absorción de agua y nutrientes en la planta, lo que conduce al retraso en el crecimiento y predispone a las plantas al ataque de otros fitopatógenos (Becker y Westerdahl, 2018).

Existe información limitada sobre los efectos del nematodo agallador (*Meloidogyne* sp.) en el cultivo de cebolla en la región de Guanajuato, y dada la importancia del cultivo en esta zona, es de suma importancia entender dicha relación e implementar medidas de combate que permitan a los productores disminuir el impacto de estos organismos en sus cultivos. Además, los nematodos agalladores son extensivamente controlados usando nematicidas químicos, predominantemente productos de amplio espectro o biocidas como el 1,3-dicloropropeno, cloropicrina y metan sodio o nematicidas no fumigantes del grupo de los carbamatos y organofosforados, que son altamente tóxicos y afectan el sistema nervioso como el oxamil, fostiazato, aldicarb y fenamifos, varios de ellos de uso prohibido o restringido debido a su toxicidad a vertebrados no objetivo, mamíferos y seres humanos, y su impacto en el ambiente (Kearn et al., 2014).

Por lo que es necesario buscar y evaluar alternativas de combate eficientes y ambientalmente amigables, que tengan poco impacto en el resto de los organismos habitantes del suelo. Entre estas alternativas, tenemos al fluensulfone que es un nematicida de contacto perteneciente a las fluoroalqueniilsulfonas heterocíclicas que es efectivo contra especies de *Meloidogyne* pero aún no se evalúa en el cultivo de cebolla, además presenta características toxicológicas más favorables que los nematicidas convencionales actualmente disponibles en el mercado. El fluensulfone posee actividad nematicida irreversible y afecta diferentes estados de desarrollo y procesos fisiológicos de los nematodos en varias rutas, su perfil toxicológico y ecotoxicológico es mejor comparado con los nematicidas organofosforados y carbamatos comúnmente usados para el combate de fitonematodos (Oka et al., 2009; Cabrera-Hidalgo et al., 2015). Por ejemplo, la DL50 aguda del fluensulfone por vía de administración oral a ratas es mayor a 500 mg/kg, mientras que para los nematicidas más populares como aldicarb, fenamifos, oxamil, cadusafos, y fostiazato son de 0.5-1.5, 2-19, 5.4, 37.1 y 73 mg/kg respectivamente. Además, no es tóxico a abejas ni a lombrices de tierra (Oka et al., 2012), y al ser un compuesto no polar, exhibe baja lixiviación en el suelo debido a su baja solubilidad, esta característica aumenta los períodos de efectividad contra nematodos con una vida media de alrededor de 11-22 días en el suelo (Oka et al., 2009; Kearn et al., 2014; Norshie, 2014).

Actualmente, dentro del grupo de los nematicidas no fumigantes, particularmente los carbamatos y organofosforados, que se desarrollaron en los años 50's, solo el oxamil conserva su registro. Casi todos salieron del mercado por restricciones ambientales y toxicológicas (Marbán-Mendoza y Manzanilla-López, 2012), y debido al bajo número de nematicidas disponibles y a las restricciones en el uso de nematicidas no fumigantes por su alta toxicidad a organismos no objetivo y al humano; el fluensulfone es un candidato potencial para incorporarlo en planes de manejo integral de fitonematodos agalladores en el cultivo de cebolla en México, por lo que el objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el efecto del fluensulfone sobre una población de *Meloidogyne* en un campo agrícola de cebolla.

## Material and Métodos

### Material biológico

Se recolectaron muestras vegetales en una parcela infestada naturalmente con nematodos agalladores en Romita, Guanajuato, para hacer el diagnóstico e identificación de la especie presente en el suelo. Las muestras se procesaron para la extracción de juveniles y hembras. Veinte hembras se prepararon para hacer cortes perineales de acuerdo con el método descrito por Hartman y Sasser (1985) y se comparó la morfología de los diseños con descripciones e ilustraciones de Hunt y Handoo (2009). También se hizo la identificación de la especie usando la técnica de PCR mediante la secuenciación de la región 18S del DNAr (Holterman *et al.* 2006).

### Nematicidas

Se evaluó un formulado a base de fenamifos (Nemacur 400CE<sup>®</sup>, 400 g i.a L<sup>-1</sup>) y el fluensulfone (Nimitz<sup>®</sup>, 480 g i.a L<sup>-1</sup>). El fenamifos es un organofosforado sistémico con actividad nematicida por contacto e ingestión de amplio espectro, que interfiere con la transmisión del impulso nervioso por inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (IRET, 2021).

### Efecto del fluensulfone sobre la población del nematodo y daño en el cultivo

Se comparó el efecto de los productos sobre una población de *Meloidogyne* sp. en plantas de cebolla cv Cirrus en Romita, Guanajuato. Antes de establecer el cultivo y previo a la aplicación de los tratamientos se cuantificó la población del nematodo (Pi), recolectando muestras compuestas de aproximadamente 1.5-2 kg de suelo en cada unidad experimental (tres secciones de surcos de 12 m x 0.75 m), y se procesaron mediante la técnica de tamizado de Cobb (Cobb, 1918) para extraer los juveniles en 100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Se evaluaron tres dosis de fluensulfone (1.75, 2.0 y 2.25 L·ha<sup>-1</sup>) y una dosis comercial de fenamifos (7 L·ha<sup>-1</sup>) sobre juveniles de *Meloidogyne* sp. en plantas de cebolla cv cirrus. Un control sin aplicación fue incluido con fines de comparación. El fluensulfone se aplicó una sola vez, diez días antes de la siembra, a través del sistema de riego. Los surcos se humedecieron a capacidad de campo y posteriormente se aplicó el producto. Para incorporar el nematicida y

disminuir los riegos de fitotoxicidad se aplicó un riego en las parcelas seis días después de la aplicación. El fenamifos se aplicó al momento de la siembra, una sola vez, a través del sistema de riego. El cuidado del cultivo se hizo con base al manejo regional del agricultor, evitando la aplicación de algún producto con acción nematicida. Surcos sin aplicación de los nematicidas se usaron como tratamientos control. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones.

Se evaluaron la densidad poblacional del nematodo en el suelo (inicial y final), tasa de reproducción y daño radical en las plantas de cebolla a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (das); así como el peso promedio de bulbo y rendimiento estimado ( $\text{g m}^{-2}$ ) a los 100 das. La población inicial (Pi) se evaluó antes de aplicar los tratamientos y la evaluación final (Pf) a los 60 y 90 das, tomando submuestras de aproximadamente 200 g de suelo (muestra compuesta de 1.5-2.0 kg por unidad experimental). La muestra se homogeneizó y se tomaron  $100 \text{ cm}^3$  de suelo para extraer los nematodos mediante la técnica de tamizado de Cobb (Cobb, 1918). La tasa de reproducción (R) se determinó mediante la ecuación  $R = Pf/Pi$ . El daño radical se evaluó haciendo un muestreo destructivo, y mediante inspección visual de las raíces extraídas se contaron las agallas, y se aplicó la escala propuesta por Taylor y Sasser (1983). Además, se evaluó el peso promedio de bulbos y el rendimiento de cebolla a los 100 das. Las plantas se inspeccionaron visualmente para evaluar posibles daños en las hojas (fitotoxicidad) a los 7 días después de aplicar los productos usando el sistema visual de la European Weed Research Society (EWRS) (Champion, 2000).

Se comprobó la homogeneidad de varianza entre tratamientos mediante la prueba de Chi Cuadrado descrita por Bartlett (1937), y la distribución normal de las observaciones de cada tratamiento se determinó por la prueba de Shapiro Wilk (Shapiro y Wilk, 1965) con niveles de significancia de  $p < 0.05$ . Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Todos los análisis se hicieron con el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) Versión 9.3.

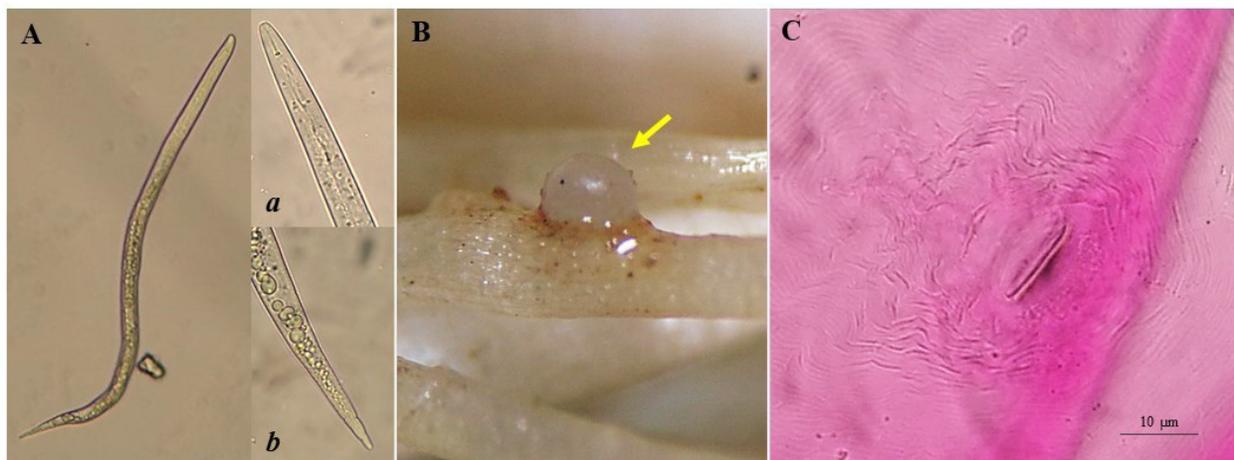
## Resultados y Discusión

### Identificación morfológica y molecular del nematodo

La población se identificó como *M. incognita* basados en caracteres morfológicos de acuerdo con Eisenback *et al.* (1983). La región 18S del DNA ribosomal se secuenció para confirmar la identidad de los especímenes. Los patrones perineales coincidieron con los modelos y descripciones hechas por Eisenback *et al.* (1983) para *M. incognita*, que se caracterizaron por presentar en su mayoría, un arco dorsal alto y ligeramente cuadrado. Líneas laterales ausentes y el espacio lateral está cubierto por estrías con quiebres y bifurcaciones. Las estrías fueron lisas a onduladas, y a veces en zig-zag. La posición del poro excretor de las hembras coincidió con el de *M. incognita* (Figura 1). De acuerdo con Karssen (2002), los patrones perineales son ampliamente usados para la identificación y descripción de especies de *Meloidogyne* desde 1949, y es uno de los métodos más importantes y utilizados, debido a que el patrón perineal es estable y no cambia

significativamente durante un período prolongado de cultivo, las hembras son relativamente grandes en tamaño, numerosas, fáciles de encontrar en los tejidos infectados y de preparar para examinar en microscopio, a diferencia de los machos, que son difíciles de encontrar o los juveniles que son pequeños, vermiformes y difíciles de preparar para examinarlos por medio del microscopio (Eisenback y Triantaphyllou, 1991).

Sin embargo, debido a la presencia de variaciones en el patrón perineal entre individuos de la misma especie y el variado conocimiento de las personas al describir el patrón perineal, limitan la precisión de la identificación a nivel de especie basándose únicamente en estos patrones (Hunt y Handoo, 2009). La identificación de especies basada en características morfológicas requiere de mucha habilidad y tiempo, lo que complica a un más el proceso; por lo que la secuenciación de la región 18S-DNAr (accesión MW699355), permitió corroborar la identidad de los especímenes. La región 18S-DNAr es altamente conservada entre especies y presenta una tasa de evolución lenta, además contiene variación y estabilidad para la discriminación de las principales especies de nematodos agalladores (Roberts *et al.*, 2016). La correcta identificación de estos organismos tiene importantes implicaciones en el diseño de programas de manejo integral de nematodos, y es fundamental para lograr el éxito en la implementación de medidas de combate en cualquier sistema de producción agrícola. Esto permite hacer un uso racional de nematicidas, disminuyendo la contaminación del aire y cuerpos de agua, y los efectos negativos en organismos benéficos del suelo.



**Figura 1. Características morfológicas de los especímenes examinados.**

A) Juvenil de segundo estadio; a) Detalle de la parte anterior del J2 y b) Detalle de la parte posterior de un J2.  
B) Hembra de *Meloidogyne incognita* en raíz de cebolla (flecha amarilla). C) Patrón perineal característico de hembras de *M. incognita* recolectadas en Romita, Guanajuato asociadas al cultivo de cebolla.

## Efecto del fluensulfone sobre la población del nematodo y daño en el cultivo

Las poblaciones iniciales promedio de *M. incognita* en la parcela experimental fluctuaron entre 7.33 y 9.67 juveniles en 100 cm<sup>3</sup> (Tabla 1), sin mostrar diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las poblaciones encontradas en este estudio están por debajo del umbral económico indicado por Corgan *et al.* (1985), y Babu y Sivagami (1989), los cuales mencionan que densidades de población de *M. incognita* superiores a 50 huevos y juveniles/100 cm<sup>3</sup> de suelo pueden causar una pérdida significativa del rendimiento en cebolla en suelos franco arenosos. De acuerdo con Ferris *et al.* (1985) determinar la densidad poblacional inicial de un fitonematodo antes de establecer el cultivo, es importante porque nos permite predecir el posible impacto del nematodo en el crecimiento y desarrollo del cultivo, además de ser una excelente herramienta para la toma de decisiones en la implementación de medidas de combate.

**Tabla 1. Efecto del fluensulfone sobre la población de juveniles de *M. incognita* en el cultivo de cebolla cv Cirrus a los 30, 60 y 90 das. Romita, Guanajuato.**

TRAT.	Pi		Pf (juveniles/100 cc de suelo)						PD (%) <sup>1</sup>			R		
	0	LS	30	LS	60	LS	90	LS	30	60	90	30	60	90
<b>FSF 1.75</b>	7.3	a	3.7	b	10.3	b	16.0	b	73.8	56.4	42.9	0.50	1.4	2.2
<b>FSF 2.00</b>	9.7	a	1.3	b	5.7	b	11.3	b	90.5	76.1	59.5	0.14	0.6	1.2
<b>FSF 2.25</b>	7.7	a	1.7	b	5.0	b	12.7	b	88.1	78.9	54.8	0.22	0.6	1.6
<b>Fenamifos</b>	8.7	a	2.0	b	9.7	b	11.0	b	85.7	59.2	60.7	0.23	1.1	1.3
<b>Control</b>	9.0	a	14.0	a	23.7	a	28.0	a	55.6+	163+	211+	1.56	2.6	3.1
<b>MSD</b>	<b>9.34</b>		<b>5.52</b>		<b>6.63</b>		<b>9.84</b>							

MSD = Diferencia mínima significativa. FSF= Fluensulfone. LS= Nivel de significancia. Pi= Población inicial. Pf= Población final a los 30, 60 y 90 das. DP= Decremento porcentual. R= Tasa de reproducción.

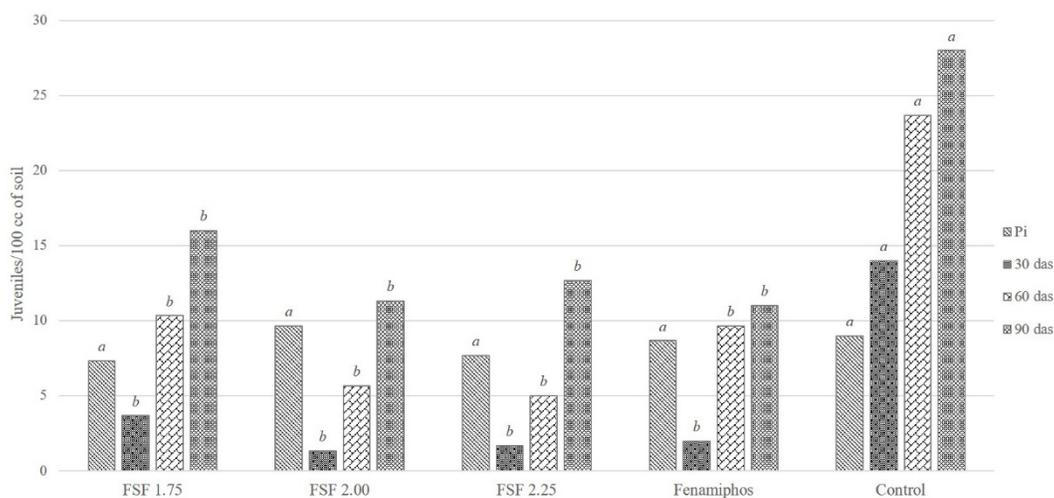
<sup>1</sup> Decremento porcentual de la población con respecto al tratamiento control.

+ Incremento porcentual de la población en plantas control, con respecto a la población inicial.

\* Medias con la misma letra en la misma columna, no son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

La población de *M. incognita* a los 30 das mostró diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ), encontrándose una mayor población en las parcelas control (14 juveniles/100 cm<sup>3</sup> de suelo en promedio). Con la aplicación de los productos, las poblaciones disminuyeron en un 73.8-90.5 % (3.7-1.3 juveniles respectivamente), en comparación con las plantas sin tratar. El fluensulfone

en dosis de 2 y 2.25 L·ha<sup>-1</sup> fueron los más efectivos para reducir la población del nematodo (Tabla 1, Figura 2).



**Figura 2. Comportamiento temporal de la población de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de cebolla cv. Cirrus, Romita, Guanajuato.**

A los 60 das, hubo un ligero incremento de las poblaciones del fitonematodo en las parcelas tratadas con fluensulfone y fenamifos, con valores promedio de 5.00 a 10.3 juveniles en 100 cc de suelo, siendo estadísticamente diferentes a la población encontrada en las parcelas control ( $p \leq 0.05$ ) con más de 23 juveniles. Los productos redujeron la población del nematodo en menos del 80 % en comparación a la parcela sin tratar. En las plantas sin tratar hubo un incremento del 163 % de las poblaciones del nematodo con respecto a la densidad inicial (Tabla 1, Figura 2).

A los 90 das, el comportamiento fue similar a lo encontrado a los 60 días, el efecto de los productos disminuyó conforme paso el tiempo, de tal modo que en esta evaluación las poblaciones se redujeron en menos del 60 % con respecto a las plantas sin tratar, en las cuales la población incremento en un 211 % en comparación a la densidad inicial del nematodo.

Una aplicación de fluensulfone (1.75-2.25 L·ha<sup>-1</sup>) antes de la siembra del cultivo previene de manera efectiva el incremento de las poblaciones del nematodo hasta los 30 das, similar a lo encontrado por Cabrera-Hidalgo *et al.* (2015) con *Nacobbus aberrans* en los cultivos de jitomate y pepino en invernadero; y Norshie *et al.* (2016) en el cultivo de papa, indicando que el fluensulfone aplicado a la siembra reduce la infección de *Globodera pallida* en las raíces de papa, al menos durante los primeros 40 das. Estos resultados coinciden con lo observado por Shirley *et al.* (2019) quienes reportaron reducciones del 62 y 77 % en las poblaciones de *M. incognita*, en pruebas de invernadero con duraznos, a los 40 días después de la inoculación. Esto posiblemente se debe

a que el fluensulfone tiene un efecto irreversible sobre la reproducción, desarrollo, alimentación y movilidad de los nematodos de manera distinta a los organofosforados y carbamatos que sólo los paralizan (Kearn *et al.*, 2014), y por lo tanto la aplicación del fluensulfone fue efectiva para reducir las poblaciones iniciales del nematodo, disminuyendo su tasa de reproducción, lo cual abre la posibilidad de implementarlo en programas de manejo integral de nematodos, ya que es un producto ecológicamente más amigable que los organofosforados y carbamatos comúnmente usados para el control de fitonematodos (Cabrera-Hidalgo *et al.* 2015).

La tasa de reproducción de *M. incognita* fue significativamente suprimida con las aplicaciones de fluensulfone, con tasas menores a 1, afectando la reproducción del nematodo en 85-91 y 75-78 % a los 30 y 60 das respectivamente, comparado con las plantas control (Tabla 1). La mayor reproducción se presentó en las plantas sin tratar con tasas de reproducción de 1.56, 2.63 y 3.11 a los 30, 60 y 90 das respectivamente. La reproducción del nematodo es afectada por diversos factores como la temperatura, disponibilidad de alimento, prácticas agrícolas, entre otros (Norton, 1978), por lo que los nematodos en las parcelas sin tratar, al no tener factores críticos limitantes como la aplicación del nematicida, se reprodujeron de manera normal y presentaron las máximas tasas de multiplicación. Lo contrario ocurrió en las poblaciones tratadas con los nematicidas, que redujeron significativamente la reproducción de las hembras al exponerse a las dosis letales y subletales de los productos, y de acuerdo con Oka *et al* (2009) los nematodos que sobrevivieron al nematicida pudieron llegar a reproducirse, pero es posible que el fluensulfone haya inhibido la eclosión de los huevos, como ocurrió en *M. javanica*.

El análisis de varianza del agallamiento radical mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $Pr > F < 0.0001$ ). La prueba de medias ( $p \leq 0.05$ ) mostró que las aplicaciones de fluensulfone (2.0 y 2.25 L·ha<sup>-1</sup>) y fenamifos fueron efectivos para reducir el daño ocasionado por *Meloidogyne* hasta los 60 das, con agallamientos menores al 15 % y efectos de control superiores al 80 % (Tabla 2).

A los 30 das, el daño ocasionado por *M. incognita* en las plantas tratadas con fluensulfone y fenamifos fue del 1.67-3.0 %, lo que representó una reducción del agallamiento del 89.5-81 % respectivamente en comparación a las plantas sin tratar, las cuales presentaron los daños más severos con 15 % de agallamiento (Tabla 2). Ningún síntoma fue detectado en la parte aérea de la planta; sin embargo, en las raíces de las plantas infectadas se observaron abultamientos irregulares, lesiones necróticas y numerosas agallas pequeñas (< 2 mm de diámetro) similar a lo reportado por Anamika *et al.* (2011) y Corgan *et al.* (1985).

**Tabla 2. Agallamiento radical en plantas de cebolla cv. Cirrus ocasionado por *M. incognita* en tres momentos de evaluación. Romita, Guanajuato.**

TRAT.	30 das		60 das		90 das		Reducción del daño (%) <sup>†</sup>		
	%	LS*	%	LS	%	LS	30	60	90
<b>FSF 1.75</b>	3.0	<i>b</i>	15.3	<i>b</i>	24.5	<i>b</i>	81.0	53.3	54.6
<b>FSF 2.0</b>	2.7	<i>b</i>	9.0	<i>c</i>	15.00	<i>c</i>	83.1	72.6	72.2
<b>FSF 2.25</b>	1.7	<i>b</i>	6.3	<i>c</i>	11.50	<i>c</i>	89.5	80.7	78.7
<b>Fenamifos</b>	1.8	<i>b</i>	6.7	<i>c</i>	12.00	<i>c</i>	88.4	79.7	77.8
<b>Control</b>	15.8	<i>a</i>	32.8	<i>a</i>	54.00	<i>a</i>	0.0	107.4+	241.1+
<b>MSD</b>	<b>3.47</b>		<b>4.29</b>		<b>5.84</b>				

MSD = Diferencia mínima significativa. FSF= Fluensulfone. LS= Nivel de significancia.

\* Medias con la misma letra en la misma columna, no son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>†</sup> Decremento porcentual del daño con respecto al tratamiento control.

+ Incremento porcentual del daño en plantas control, con respecto al daño a los 30 das.

A los 60 das, solo el fluensulfone en dosis de 2.25 L·ha<sup>-1</sup> fue capaz de reducir en un 80.7 % el agallamiento radical por *M. incognita*. El fluensulfone (2.0 L·ha<sup>-1</sup>) y fenamifos (7 L·ha<sup>-1</sup>) disminuyeron el daño en 72.6-79.7 % respectivamente, con respecto a las plantas sin tratar. En las plantas control, el agallamiento fue del 32.83 % en promedio, lo que representó un incremento del 107 % en comparación al daño observado a los 30 das (Tabla 2).

A los 90 das, el daño radical aumentó en las parcelas tratadas (11.5-24.5 % de agallamiento), pero fue menor al encontrado en las plantas sin tratar (54 % de agallamiento, en promedio), donde el incremento del agallamiento fue mayor al 240 % en comparación al daño inicial (30 das). La reducción del daño en las plantas tratadas fue menor al 80 %, teniendo la mejor respuesta con la dosis de 2.25 L·ha<sup>-1</sup> de fluensulfone con el 78.7 % con respecto a las plantas sin tratar (Tabla 2).

Las plantas sin tratar exhibieron detención del crecimiento, decoloración foliar y quemaduras en la punta de la hoja (Corgan *et al.* 1985); hubo un incremento en el número y tamaño de las agallas, adelgazamiento de las raíces agalladas, distorsión radical y fusión de agallas. Se observaron agallas solitarias y agrupadas (más de 10 agallas contiguas) (Figura 3). Las agallas solitarias eran redondas de 2-3 mm de diámetro, siempre acompañadas por una masa de huevos expuesta, de color amarillenta. Las agallas agrupadas eran más alargadas con diámetros similares a las solitarias, solo que estas no exhibían la presencia de masas de huevos, este tipo de agallas son las comúnmente formadas por *M. incognita*. Estos síntomas coinciden con los descritos por Mishra *et al.* (2014) y Parvatha (2014) en plantas de cebolla infectadas

por *Meloidogyne* sp. También se observó, mayor presencia de raíces de coloración púrpura en las plantas sin tratar, posiblemente por la infección por otros patógenos (datos no registrados), ya que el ataque de fitonematodos predispone a las plantas a infecciones por otros organismos como *Fusarium*, *Rhizoctonia solani* y *Thielaviopsis* (Manzanilla-López y Starr, 2009; Parvatha, 2014; Ravichandra, 2014).



**Figura 3. Daño radical en plantas de cebolla cv Cirrus ocasionado por *M. incognita*.**

A-B) Agallamiento y adelgazamiento radical. C) Agallas con masas de huevos, c) Detalle de masa de huevos. D) Secciones de raíces de color púrpura. E) Síntomas aéreos en plantas sin tratar (área más afectada). F) Apariencia general en plantas tratadas. Nótese la cobertura y coloración foliar, y desarrollo de las plantas en comparación a las plantas control.

Los resultados encontrados sugieren que el fluensulfone aplicado antes de la siembra del cultivo de cebolla, puede reducir significativamente las poblaciones y el daño ocasionado por *M. incognita* en el suelo y plantas de cebolla cv. Cirrus, mostrando un mejor efecto durante los primeros 60 das; posiblemente este efecto se deba a la protección del sistema radical al inhibir la alimentación y locomoción de los fitonematodos tratados con los nematicidas (Kearn *et al.*, 2014). Además, el fluensulfone es capaz de inhibir la eclosión y el movimiento de los nematodos (Kearn *et al.*, 2014; Oka *et al.*, 2009), lo cual puede reducir la carga de inóculo del nematodo en el suelo, y esto pudo brindar cierta protección a las plantas de cebolla del daño asociado con la infección de la raíz.

## Efecto de los nematicidas en la producción de cebolla cv Cirrus

El rendimiento en el cultivo de cebolla se evaluó a los 100 das y se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el peso promedio de bulbos (AWB) (Tabla 3). El AWB fluctuó entre 135.07 a 155.03 g, teniendo las mayores ganancias de peso en las parcelas tratadas con fluensulfone (2.0-2.25 L·ha<sup>-1</sup>) y fenamifos (7 L·ha<sup>-1</sup>).

El rendimiento estimado por m<sup>2</sup> fue mayor en las parcelas tratadas con fluensulfone (2.0-2.25 L·ha<sup>-1</sup>) y fenamifos (7 L·ha<sup>-1</sup>) con 3360, 3431.1 y 3445.1 g·m<sup>-2</sup> respectivamente, incrementando el rendimiento en un 11.9-14.7 % con respecto a las plantas sin tratar. La producción obtenida en las parcelas tratadas con fenamifos (7 L·ha<sup>-1</sup>) y fluensulfone (2.25 L·ha<sup>-1</sup>) no fueron estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), con más de 34 t·ha<sup>-1</sup> de rendimiento estimado, que representó un incremento del 14 % en comparación a las plantas sin tratar (Tabla 3).

**Tabla 3. Peso promedio de bulbos y rendimiento de cebolla cv. Cirrus a los 100 días después de la siembra en Romita, Guanajuato.**

TRAT.	AWB (g)		Rendimiento estimado				
	Promedio	LS*	g·m <sup>2</sup> ¶	LS*	T/ha ¶¶	IP (%) <sup>1</sup>	PD (%) <sup>2</sup>
<b>FSF 1.75</b>	145.1	c	3225.1	c	32.3	7.5	6.9
<b>FSF 2.0</b>	151.2	b	3360.0	b	33.6	11.9	10.7
<b>FSF 2.25</b>	154.4	a	3431.1	ab	34.3	14.3	12.5
<b>Fenamifos</b>	155.0	a	3445.1	a	34.4	14.7	12.8
<b>Control</b>	135.1	d	3001.6	d	30.0	0.0	0.0
<b>MSD</b>	<b>2.86</b>		<b>76.54</b>				

MSD = Diferencia mínima significativa. FSF= Fluensulfone. AWB = Peso promedio de bulbo. LS= Nivel de significancia. IP= Incremento porcentual. PD= Decremento porcentual.

\* Medias con la misma letra en la misma columna, no son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

¶ Peso total de bulbos comerciales por m<sup>2</sup>.

¶¶ Rendimiento estimado considerando una densidad de plantación de 222,222 plantas por ha.

<sup>1</sup> Incremento porcentual del rendimiento de cebolla con respecto a la parcela sin tratar.

<sup>2</sup> Decremento porcentual del rendimiento de cebolla de las plantas sin tratar con respecto al obtenido en las parcelas tratadas.

El rendimiento se redujo en un 6.9-12.8 % en las plantas sin tratar a causa de los daños ocasionados por *M. incognita* en las plantas de cebolla en comparación a las plantas tratadas. Esta disminución, aunque es baja no deja de ser significativa, y posiblemente se deba a que las poblaciones iniciales del nematodo estuvieron por debajo del umbral reportado por Corgan *et al.* (1985), y Babu y Sivagami (1989), señalando que densidades mayores a 50 huevos y juveniles/100 cm<sup>3</sup> de suelo pueden provocar pérdidas significativas del rendimiento en cebolla en suelos franco arenosos. Sin embargo, de no implementar medidas de combate efectivas, los daños y pérdidas podrían ser mayores en ciclos posteriores del cultivo, debido a la evidente susceptibilidad de las plantas de cebolla, ya que un cultivar se considera susceptible cuando permite la reproducción del nematodo (Cook y Evans, 1987), lo cual tiene serias implicaciones prácticas, debido a que *M. incognita* es cosmopolita, polífago y posee alta capacidad reproductiva y de supervivencia (Hunt y Handoo, 2009), por lo que sus poblaciones aumentarán rápidamente causando daños más severos, ya que los sitios de alimentación de los nematodos agalladores en las raíces, deforman y bloquean los tejidos vasculares limitando la translocación de agua y nutrientes en las plantas, con la consiguiente supresión del crecimiento y rendimiento de las plantas (Mabrouk y Belhadj, 2012).

## Conclusiones

El nematodo asociado al agallamiento radical en las plantas de cebolla cv. Cirrus corresponde a *Meloidogyne incognita*, con base a las características morfológicas de los juveniles y patrón perineal de las hembras maduras, lo cual fue corroborado molecularmente. El fluensulfone aplicado de manera preventiva protege el sistema radical de las plantas de cebolla hasta por 60 días, incrementando los rendimientos por metro cuadrado hasta en un 14 %. El cultivo de cebolla y otros productos hortícolas económicamente importantes en México, necesitan un reemplazo viable para los fumigantes del suelo o una opción adicional para el combate de fitonematodos agalladores que generan fuertes pérdidas en los rendimientos. Este trabajo contribuye en la dirección correcta, en términos de proporcionar a los productores, una herramienta de manejo eficaz y ecológicamente viable para el combate de nematodos agalladores, en comparación a los nematicidas sintéticos actualmente disponibles en el mercado.

## Author Contributions

Idea original de la investigación y administración del trabajo, Nahum Marban Mendoza (Autor 5); ejecución metodológica y validación experimental, Anselmo de Jesús Cabrera Hidalgo (Autor 1), Alexi Sein Hernández García (Autor 2); manejo de software y matriz de datos, Jesús Alberto Acuña Soto (Autor 4); análisis de resultados, Diana Jhosely Navarro Carvajal (Autor 3); y escritura y preparación del manuscrito, Anselmo de Jesús Cabrera Hidalgo (Autor 1).

## Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) a través de la Dirección General de Investigación de Posgrado con número de proyecto 22001-EIP Proyectos Institucionales PRONACES.

## Declaraciones Éticas

La información presentada fue presentada como es parte del proyecto de tesis de licenciatura en el Departamento de Parasitología Agrícola-UACH.

## Declaración de consentimiento informado

No aplica.

## Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización del trabajo.

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## References

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Fifth edition. Academic Press. New York. 922 p. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02037-6>
- Anamika, S. S., & Singh, R. K. (2011). Occurrence of root-knot disease in green onion in Allahabad. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 44(1), 101-104. <https://doi.org/10.1080/03235408.2010.505359>
- Babu, R. S., & Sivagami, V. (1989). Pathogenicity of root-knot nematode on onion. *International Nematology Network Newsletter*, 6, 11-13.
- Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society A*, London, UK. 160(901), 268-282. <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>
- Becker, J. O., & Westerdahl, B. B. (2018). UC IPM Pest Management Guidelines: Onion and Garlic. UC ANR Publication 3453. California, USA. <https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/onion-and-garlic/Nematodes/>

- Cabrera-Hidalgo, A. J., Valadez-Moctezuma, E., & Marbán-Mendoza, N. (2015). Efecto del fluensulfone sobre la movilidad *in vitro*, y la reproducción y agallamiento de *Nacobbus aberrans* en microparcels. *Nematropica*, 45(1), 59-71. <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/85052>
- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G M Trials. AICC Newslwttter, Winter 2000, p7.
- Cobb, N. A. (1918). Estimating the nema population of the soil, with special reference to the sugarbeet and root-gall nemas, *Heterodera schachtii* Schmidt and *Heterodera radicola* (Greef) Muller, and with a description of *Tylencholaimus aequalis* n. sp. U.S. Government Printing Office-USDA, Agriculture Technology Circular. Washington, D.C., USA. 48 p. <https://books.google.com.mx/books?id=1ilxAQAAMAAJ&pg=PA3&lpg=PA3&dq=#v=onepage&q&f=false>
- Cook, R., & Evans, K. (1987). Resistance and tolerance. Pp: 179-231. In: Brown RH and Kerry BR (eds.) Principles and practice of nematode control in crops. *Academic Press*. Sydney, Australia.
- Corgan, J. N., Lindsey, D. L., & Delgado, R. (1985). Influence of root-knot nematode on onion. *HortScience*, 20, 134-135. [https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/20/1/article-p134.xml?tab\\_body=pdf](https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/20/1/article-p134.xml?tab_body=pdf)
- Karssen, G. (2002). The plant-parasitic nematode genus *Meloidogyne* Göldi, 1892 (Tylenchida) in Europe. Brill Academic Pub., Leiden, The Netherlands. 160p. [https://books.google.hn/books?id=NB06Tj\\_KHVsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hn/books?id=NB06Tj_KHVsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Eisenback, J. D., Hirschmann, H., Sasser, J. N., & Triantaphyllou, A. C. (1983). Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una clave pictórica. Department of Plant Pathology, North Carolina State University. Raleigh, North Carolina, USA. Spanish version. 48p. <https://www.researchgate.net/profile/Jonathan-Eisenback/publication/235677023>
- Eisenback, J. D., & Triantaphyllou, H. H. (1991). Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. Pp. 191-274. In: Nickle WR (ed.). *Manual of Agricultural Nematology*. Marcell Dekker: New York. <https://www.researchgate.net/publication/283548298>
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2021). Cultivos. [www.fao.org/faostat/es/#data/QC](http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC)
- Ferris, H., Roberts, P. A., & Thomason, I., J. (1998). Nematodes. Pp: 60-65. In: Integrated Pest Management for Tomatoes. University of California, Statewide Integrated Pest Management Project, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3274. 118p.
- Gergon, E. B., Miller, S. A., Halbrendt, J. M., & Davide, R. G. (2002). Effect of rice root-knot nematode on growth and yield of Yellow Granex onion. *Plant Disease*, 86, 1339-1344. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2002.86.12.1339>
- Hartman, K. M., & Sasser, J. N. (1985). Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-patterns morphology. Chapter 5. Pp: 69-77. In: Barker, K. R., Carter, C. C- and Sasser, J. N. (Eds.). An advanced treatise on *Meloidogyne*: Methodology. Department of Plant Pathology, North Carolina State University, USA. 223p. [https://books.google.com.mx/books?id=gNo4AQAAlAAJ&pg=PA3&hl=es&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=gNo4AQAAlAAJ&pg=PA3&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)
- Holterman, M., Van Der Wurff, A., Van Den Elsen, S., Van Megen, H., Bongers, T., Holovachov, O.,

- Bakker, J., & Helder, J. (2006). Phylum-wide analysis of SSU rDNA reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and accelerated evolution toward crown clades. *Molecular Biology and Evolution*, 23(9), 1792-1800. <https://doi.org/10.1093/molbev/msl044>
- Hunt, D. J., & Handoo, Z. A. (2009). Taxonomy, identification and principal species. Pp: 55-97. In: Perry RN, Moens M and Starr JL (eds). Root-Knot Nematodes. CAB International, London, UK. 520p. [https://books.google.com.mx/books?id=ACmHXeF8SHQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=ACmHXeF8SHQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- IRET (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas). (2021). Manual de Plaguicidas. Fenamifos. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. [www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/237-fenamifos](http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/237-fenamifos) (consulta: enero 2021).
- Kearn, J., Ludlow, E., Dillon, J., O'Connor, V., & Holden-Dye, L. (2014). Fluensulfone is a nematicide with a mode of action distinct from anticholinesterases and macrocyclic lactones. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 109, 44-57. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357514000212>
- Mabrouk, Y., & Belhadj, O. (2012). Integrated Pest Management in Chickpea. Pp: 19-38. In: Bandani AR (ed.). *New Perspectives in Plant Protection*. InTech. 246p. <https://doi.org/10.5772/35487>
- Manzanilla-López, R. H., & Starr, J. L. (2009). Interactions with other pathogens. Pp: 223-245. In: Perry RN, Moens M and Starr JL (eds.). Root-knot nematodes. CAB International, London, UK. 488p. <https://doi.org/10.1079/9781845934927.0223>
- Marbán-Mendoza, N., & Manzanilla-López, R. H. (2012). Chemical and non-chemical tactics to control plant-parasitic nematodes. Pp: 729-759. In: Manzanilla -López R.H. and Marbán-Mendoza (eds.). *Practical Plant Nematology*. Biblioteca Básica de Agricultura, Montecillo, México. 883p.
- Mishra, R. K., Jaiswal, R. K., Kumar, D., Saabale, P. R., & Singht, A. (2014). Management of major diseases and insect pests of onion and garlic: A comprehensive review. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 6(11), 160-170. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2014.0467>
- Merrifield, K. (1999). Biology, host ranges, and damage levels of root-parasitic nematodes on selected central Oregon crops. Oregon State University Nematode Testing Lab. <http://mgd.nacse.org/hyperSQL/squiggles/other/>
- Norshie, P. M., Grove, I. G., & Back, M. A. (2016). Field evaluation of the nematicide fluensulfone for control of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *Pest Management Science*, 72(10), 2001-2007. <https://doi.org/10.1002/ps.4329>
- Norshie, P. M. (2014). Evaluation of a novel nematicide for use in the management of the potato cyst nematode, *Globodera pallida*. Doctoral thesis, Harper Adams University. 207p. <https://hau.repository.guildhe.ac.uk/id/eprint/17325/1/Patrick%20Norshie.pdf>
- Norton, D. C. (1978). Ecology of plant-parasitic nematodes. *John Wiley and Sons*. New York, USA. 268p.
- Oka, Y., Shuker, S., & Tkachi, N. (2009). Nematicidal efficacy of MCW-2, a new nematicide of the fluoroalkenyl group, against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Pest Management Science*, 65(10): 1082-1089. <https://doi.org/10.1002/ps.1796>
- Oka, Y., Shuker, S., & Tkachi, N. (2012). Systemic nematicidal activity of fluensulfone against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on pepper. *Pest Management Science*, 68(2), 268-275. <https://doi.org/10.1002/ps.2256>

- Parvatha, R. (2014). Bulbous Vegetable Crops. Pp: 131-134. *In*: Parvatha R. (ed.). *Biointensive Integrated Pest Management in Horticultural Ecosystems*. Springer India. India. 277p. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-1844-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-81-322-1844-9_7)
- Ravichandra, N. G. (2014). Nematode Diseases of Horticultural Crops. Pp: 127-205. *In*: Ravichandra NG (ed.). *Horticultural Nematology*. Springer, New Delhi, India. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-1841-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-81-322-1841-8_8)
- Roberts, D., Goncalves de Oliveira, C. M., Neilson, R., & Blok, V. (2016). Diagnose molecular de nematoides parasitos de plantas. Pp: 277-320. *In*: Oliveira CMG, Dos Santos MA, Castro LHS (eds.). *Diagnose de fitonematoides*. Millennium Editora, Campinas. Brasil. <https://www.researchgate.net/publication/307629721>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Shirley, A. M., Noe, J. P., Nyczepir, A. P., Brannen, P. M., Shirley, B. J., & Jagdale, G. B. (2019). Effect of spirotriamat and fluensulfone on population densities of *Mesocriconema xenoplax* and *Meloidogyne incognita* on peach. *Journal of Nematology*, 51(1), 1-10. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2019-012>
- SIAP-SIACON (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)-Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2021). Modulo Agrícola Estatal. [www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430](http://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430) (consulta: febrero, 2021).
- Taylor, A. L., & Sasser, J. N. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Proyecto Internacional de Carolina del Norte, Raleigh, USA. 111p.
- Whitehead, A. G. (1968). Taxonomy of *Meloidogyne* (Nematodea: Heteroderidae) with descriptions of four new species. *Transactions of the Zoological Society of London*, 31(3), 263-401. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1968.tb00368.x>