

RESEARCH/INVESTIGACIÓN

CONTROL DE *DELIA PLATURA* (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) EN UN CULTIVO COMERCIAL DE ESPINACA CON *STEINERNEMA* SP. CEPA JCL027 (RHABDITIDA: STEINERNEMATIDAE)

C. M. Jaramillo y A. Sáenz*

Unidad de Ecología y Sistemática UNESIS, Laboratorio de Control Biológico, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7 N° 40-62 Bogotá, Colombia; *Corresponding author: adriana.saenz@javeriana.edu.co.

ABSTRACT

Jaramillo, C. M and A. Saenz. 2013. Control of *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae) with *Steinernema* sp. strain JCL027 (Rhabditida: Steinernematidae) in commercial spinach. *Nematropica* 43:97-104.

We evaluated the level of control of *Delia platura* (Meigen, 1826) (Diptera: Anthomyiidae) by *Steinernema* sp. strain JCL027 in commercial spinach production. Three crop phenological stages were evaluated separately: germination, development, and harvest. At the beginning of each stage, applications were made as follows: 0, 5×10^2 , 1×10^3 , 2×10^3 , 4×10^3 and 8×10^3 IJs/plant and a chemical control (Monitor). Application of *Steinernema* sp. strain JCL027 during germination, development, and harvest, reduced crop damages by 40 to 50% at the 8×10^3 IJs/plant dose, compared to chemical control. Regarding the persistence in field, 20% of infective juveniles can be recovered starting from the dose of 2×10^3 IJs / plant. *Steinernema* sp. strain JCL027 is an alternative to control the seed fly and can be integrated into management strategies for spinach in Colombia.

Key words: : Biological control, seed fly, entomopathogenic nematodes.

RESUMEN

Jaramillo, C. M and A. Saenz. 2013. Control de *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae) en un cultivo comercial de espinaca con *Steinernema* sp. cepa JCL027 (Rhabditida: Steinernematidae). *Nematropica* 43:97-104.

Se evaluó en un cultivo comercial de espinaca el control ejercido de *Steinernema* sp. cepa JCL027 sobre *Delia platura* (Meigen, 1826) (Diptera: Anthomyiidae). El cultivo se dividió en tres etapas fenológicas: Germinación, desarrollo y cosecha. Al inicio de cada etapa se realizaron las aplicaciones de 0, 5×10^2 , 1×10^3 , 2×10^3 , 4×10^3 y 8×10^3 IJs/planta y un control químico (Monitor). La aplicación de *Steinernema* sp. cepa JCL027 durante la germinación, desarrollo y cosecha, redujo el daño entre el 40 y 50% con la dosis de 8×10^3 IJs/planta en comparación al control químico. En cuanto a la persistencia en campo, a partir de la dosis de 2×10^3 IJs/planta se recuperó el 20% de los juveniles infectivos. *Steinernema* sp. cepa JCL027 es una alternativa de control para la mosca de la semilla en campo y posiblemente puede ser integrada a las estrategias de manejo de espinaca en Colombia.

Palabras clave: Control biológico, Mosca de la semilla, Nematodos entomopatógenos, *Spinacia oleracea* L.

INTRODUCCION

La mosca de la semilla, *Delia platura* Meigen (Diptera: Anthomyiidae) es una de las plagas más importantes en el cultivo de espinaca a través de Latino América. Durante la germinación y la cosecha, las hembras ovipositan los huevos alrededor de las plantas (Chen *et al.*, 2003). Los principales daños están relacionados con la deformación de las hojas durante la germinación y emergencia de las plantas. Las larvas destruyen el tallo y la raíz cuando está próxima a la

cosecha, reduciendo la producción del cultivo entre 5 y 30% por año (Gil *et al.*, 2007; Cambiar Gouinguéné and Städler, 2006).

En Colombia, el control químico es el principal componente en el manejo de *D. platura*, el cual incluye seis aplicaciones o más de organosulfurados (tetradifon), organofosforados (metamidofos) y carbamatos (carbofuran), (Gil *et al.*, 2007). El uso inapropiado de los insecticidas y el impacto negativo que éstos generan en el medio ambiente, conducen a la búsqueda de nuevas estrategias de manejo

aceptables para el control de la plaga. Una alternativa es el control biológico mediante el uso de nematodos entomopatógenos (Chen *et al.*, 2003; Nielsen, 2003).

Especies del género *Steinernema* Travassos, (Rhabditida: Steinernematidae) pueden ser usadas para el control de larvas de *Delia radicum* L (Nielsen, 2003). Sin embargo, experimentos en campo con *Steinernema feltiae* Filipjey, sólo alcanzaron el 30% de mortalidad. Este bajo control se atribuyó principalmente a las condiciones experimentales, ambientales del estudio (Chen *et al.*, 2003; Simser, 1992) y a los comportamientos evasivos por parte del hospedero al estar presente los juveniles infectivos (Sáenz, 2005). Leger y Riga (2009), demostraron que en condiciones óptimas de campo, *S. feltiae* puede ser un controlador exitoso de *D. radicum*, especie hermana de *D. platura*.

En investigaciones del laboratorio de Control biológico de la Pontificia Universidad Javeriana, se demostró que el asilamiento *Steinernema* sp. cepa JCL027, López *et al.* (2007), es un buen controlador de *D. platura* generando una mortalidad del 78%. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el control de la mosca de la semilla con la cepa JCL027 de *Steinernema* sp. en un cultivo comercial de *Spinacia oleracea* L. en Cota, Cundinamarca-Colombia.

MATERIALS AND METHODS

Obtención de Steinernema sp. cepa JCL027

La especie de nematodo que se utilizó en el estudio fue *Steinernema* sp. cepa JCL027, aislada de la zona central de la región andina colombiana y obtenida con el convenio N°182 de 2009 entre la Pontificia Universidad Javeriana y el Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafè). De acuerdo a López *et al.* (2007), *Steinernema* sp. cepa JCL027 presenta características morfológicas similares al grupo *carpocapsae*. La especie se cultivó *In vivo* utilizando la polilla mayor de las colmenas *Galleria mellonella* L. (Lepidòtera: Pyralidae), de acuerdo con el método descrito en Realpe *et al.* (2007). Los nematodos aplicados en campo fueron juveniles infectivos frescos recién emergidos de la larva.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la finca Alcalá en el municipio de Cota, Cundinamarca-Colombia, a una altitud de 2.578 m.s.n.m (4°47'13"N, 74°07'32"W), con temperatura promedio de 13.7°C y régimen de precipitación 110 mm (IDEAM, 2011). El lote de estudio (0.52 ha) se preparó mediante arado en disco y dos rastrillas, al cual se le incorporó estiércol de gallina (Gallinaza) como fuente orgánica de nitrógeno, potasio y fósforo en dosis de 1 a 1.5 T/ha. Las semillas de espinaca híbrida variedad Quinto (18 Kg/ha), fueron sembradas al voleo en camas 1.7 m de ancho

separadas 25 m cada una. La espinaca variedad Quinto se caracterizó por sus hojas lanceoladas grandes de ciclo largo, resistencia a mildeo raza 1-4 y su alto rendimiento en campo (18T/ha).

Experimento en campo

El montaje de campo se realizó del 14 de febrero al 26 de abril del 2011 (periodo de desarrollo del cultivo). El experimento contó con 7 tratamientos: Monitor (150 cm³/100 L, insecticida usado por el productor), 0, 5 x 10², 1 x 10³, 2 x 10³, 4 x 10³ y 8 x 10³ JIs/planta de *Steinernema* sp. cepa JCL027, cada uno con 15 plantas. Todos los tratamientos fueron replicados 4 veces en un diseño de bloques al azar. El pre-muestreo se llevó a cabo 15 días después de la siembra para determinar el promedio de plantas dañadas por *D. platura* y se tomaron 1000 g de suelo los cuales se dividieron en submuestras de 250 g, las muestras se procesaron usando la técnica de Bedding and Akhurst (1975), para registrar la presencia de nematodos nativos en el cultivo. A los 19 días después se inició la aplicación de los juveniles infectivos (JI)/planta.

El cultivo de espinaca se dividió en tres etapas fenológicas siguiendo la escala BBCH (código uniforme de estados de crecimiento), propuesto por Gil *et al.* (2007) con el fin de identificar el tiempo óptimo de aplicación de los nematodos en el cultivo. La primera etapa, germinación: comprendió desde la siembra hasta tres hojas verdaderas (00-13 BBCH). La segunda, desarrollo: desde la aparición de 4 hojas verdaderas hasta la formación de la roseta foliar en un 70% de diámetro esperado (14-37 BBCH). La tercera, cosecha: comprendió la roseta foliar con 70% de diámetro hasta su desarrollo completo (38-39 BBCH).

Al inicio de cada etapa fenológica, cada planta de espinaca, se inoculó con 0, 5 x 10², 1 x 10³, 2 x 10³, 4 x 10³ y 8 x 10³ JIs/planta, en tres orificios de 1.5 cm alrededor del tallo. Las plantas fueron regadas cada 15 días después de la aplicación. Durante cada etapa se evaluó el número de larvas *D. platura*/planta y el número de plantas dañadas por la plaga en cada tratamiento. Para la evaluación del daño se tuvieron en cuenta los indicadores quitar lo resaltado (Chen *et al.*, 2003; Capinera 2001; Simser, 1992; Vea *et al.*, 1975) y se discriminó como daño nuevo: plantas dañadas durante la etapa fenológica y daño viejo: sumatoria de plantas dañadas en las anteriores etapas fenológicas. Durante la cosecha, se realizaron muestreos destructivos y se evaluó el número de larvas/planta, daño y persistencia de los nematodos en el sustrato. Para la persistencia de los nematodos se extrajo una muestra 1000 g de suelo por planta. Cada muestra se dividió en cuatro submuestras de 250 g, las cuales se evaluaron en el laboratorio utilizando el método de embudo Baermann, para registrar el número de JIs presentes en cada uno de los tratamientos.

Análisis estadísticos

El análisis estadístico se efectuó mediante la prueba de ANOVA de dos factores para bloques, con el fin de establecer diferencias significativas entre tratamiento y tiempo de aplicación. Para la persistencia de los nematodos se utilizó una prueba de ANOVA bloques al azar para determinar a qué dosis se recuperó la mayor cantidad de nematodos. Así mismo, se realizaron comparaciones múltiples entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey ($p = 0,05$), con el fin de identificar que tratamiento presentó reducción en los daños y cual fue la mejor etapa de aplicación. Las pruebas se realizaron mediante el software SPSS 19.

RESULTADOS

Durante el muestreo, el 90% de las plántulas se observaron sanas y sólo el 10% de las plántulas se encontraron dañadas por *D. platura* y se encontró la presencia de nematodos nativos en el cultivo.

La aplicación de *Steinernema* sp. cepa JCL027 durante las tres etapas fenológicas generó una reducción del 40 al 50% de los daños en las plantas, hallando diferencias significativas tanto en las etapas fenológicas ($gl_1 = 23, gl_2 = 2, F = 88.542, P = 0.000$; Fig 1) como en los tratamientos ($gl_1 = 23, gl_2 = 6, F = 19.288, P = 0.000$; Fig 2). Durante las tres aplicaciones de JIs, los daños más altos se presentaron en el tratamiento con Monitor (67%) y 0 JIs/planta (60%) (Fig 3). A partir de las dosis de 4×10^3 y 8×10^3 JIs/planta, se observó una reducción del 40 al 50% de los daños (Fig 3). Las plantas presentaron cogollo sano, mayor número de hojas (Fig 4), longitud más grande (Fig 5) y sus raíces se encontraron completamente sanas.

A dosis inferiores de 2×10^3 JIs/planta los daños fueron similares al tratamiento con Monitor (Fig 3). Las plantas presentaron una reducción en las hojas verdaderas (Fig 4) y fueron relativamente pequeñas (Fig 5) en comparación a 8×10^3 JIs/planta. Entre los dos factores no se encontró interacción ($gl_1 = 23, gl_2 = 12, F = 1.473, P = 0.160$), es decir no hay un tiempo específico para la aplicación de *Steinernema* sp. cepa JCL027.

En las tres etapas fenológicas del cultivo de espinaca, los daños de *D. platura* son diferentes. Durante la etapa de germinación las plantas dañadas se caracterizaron por ser plantas que no germinaron, ausencia de brotes, reducción del número de hojas verdaderas, deterioro en el cogollo y crecimiento lento. En la segunda etapa: desarrollo, se observó 10% de plantas muertas, plantas con un número reducido de hojas verdaderas (menor a 10 hojas), crecimiento lento y se encontraron 1 a 3 adultos/planta.

En la tercera etapa: cosecha, se encontraron 1 a 2 larvas de tercer instar y pupas en los cogollos y el suelo, ratificando la presencia de *D. platura* en campo. Al finalizar el tratamiento con Monitor y a dosis inferiores de 2×10^3 JIs/planta, se observó el 25% de plantas con

el cogollo deteriorado, raíces minadas (1 mina/planta), reducción en las hojas verdaderas y longitud inferior a 20 cm, daños característicos de *D. platura*.

En la etapa de desarrollo y cosecha del cultivo, se observó la recuperación del 30% de las plantas atacadas por la plaga. Caracterizándose por ser plantas que presentan un buen desarrollo lateral de sus hojas verdaderas pero tienen ausencia de brotes (desarrollo apical). Son plantas que mantienen el mismo número de hojas hasta la cosecha y su tamaño es pequeño en relación a una planta sana (Fig 3, 4).

El porcentaje de nematodos recuperados del suelo fue del 10 al 20% de las dosis totales. El número de juveniles infectivos varía de acuerdo a las dosis aplicadas ($gl_1 = 7, gl_2 = 4, F = 107.306, P = 0.000$). A partir de las dosis de 4×10^3 y 8×10^3 JIs/planta, se recuperaron del suelo entre 8×10^2 a 1.6×10^3 JIs/planta. En dosis inferiores a 2×10^3 JIs/planta, el número de juveniles es menor (5×10^1 a 1×10^2 JIs/planta) que a dosis superiores.

DISCUSIÓN

Los resultados de campo confirmaron que *Steinernema* sp. cepa JCL027 es un buen controlador de *D. platura*. La reducción de los daños es significativa (40 - 50%) superando el tratamiento con Monitor. Valenciano *et al.* (2004) y Willmont *et al.* (2002) atribuyen este fenómeno probablemente a la resistencia que ha generado la plaga al uso continuo de insecticidas, es así que los agricultores han incrementado la dosis de aplicación y usan mezclas de productos de amplio espectro no específicos para *D. platura*, con el fin de obtener un control inferior al 30% (Ellis y Scatcherd 2007; Valenciano *et al.*, 2004).

Estudios de susceptibilidad en poblaciones de *Delia* spp., sugieren usar dosis altas de JIs, para encontrar una reducción en los daños de espinaca (Simser, 1992). Leger y Riga (2009), y Willmont *et al.* (2002), sugirieron concentraciones iguales o superiores de *S. feltiae* de 1.6×10^4 o 3×10^4 JIs/planta, para obtener un control de la plaga. Sin embargo, los daños en el cultivo no se reducen más del 30%, debido a factores como la temperatura del suelo, actividad del nematodo e invasión del huésped (Steiner, 1996). No obstante, aplicando 8×10^3 JIs/planta de *Steinernema* sp. cepa JCL027, la reducción en el cultivo es del 50%.

El control de *Steinernema* sp. cepa JCL027 puede estar explicado por la alta patogenicidad, capacidad de búsqueda de los nematodos, pero en especial por su adaptación a las condiciones del suelo como la humedad (Chen *et al.*, 2003; Simser, 1992). Los nematodos necesitan películas de agua suficiente para permitir su movimiento (Shapiro *et al.*, 2000). En suelos muy húmedos o saturados el oxígeno limita el movimiento y los nematodos se restringen debido a la falta de tensión superficial, afectando la supervivencia del mismo (Stuart *et al.*, 2006). Factor como la humedad, se mantuvo durante todo el ciclo del

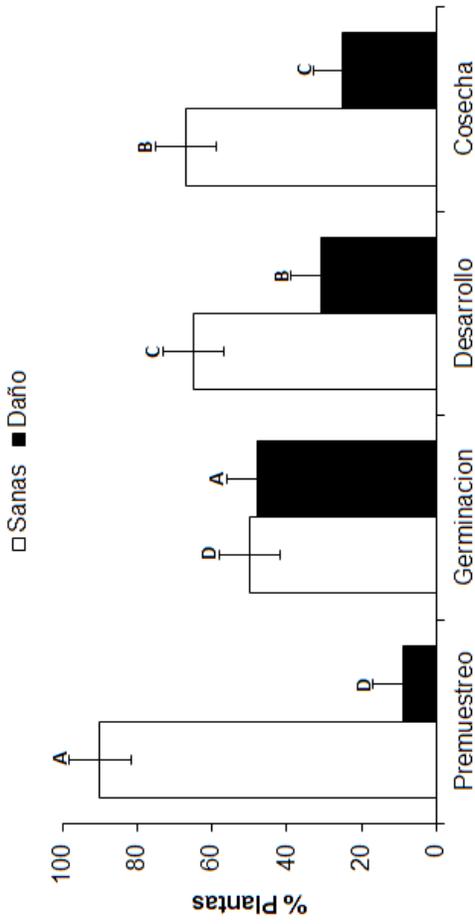


Fig.1. Porcentaje de plantas de espinaca dañadas por *Delia platura* después de tres aplicaciones de *Steinernema* sp. cepa JCL027 (JIs/planta). Proporciones calculadas para cada etapa y usadas para hallar el EE (n = 75 plantas/etapa). Las letras sobre las barras indican las diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

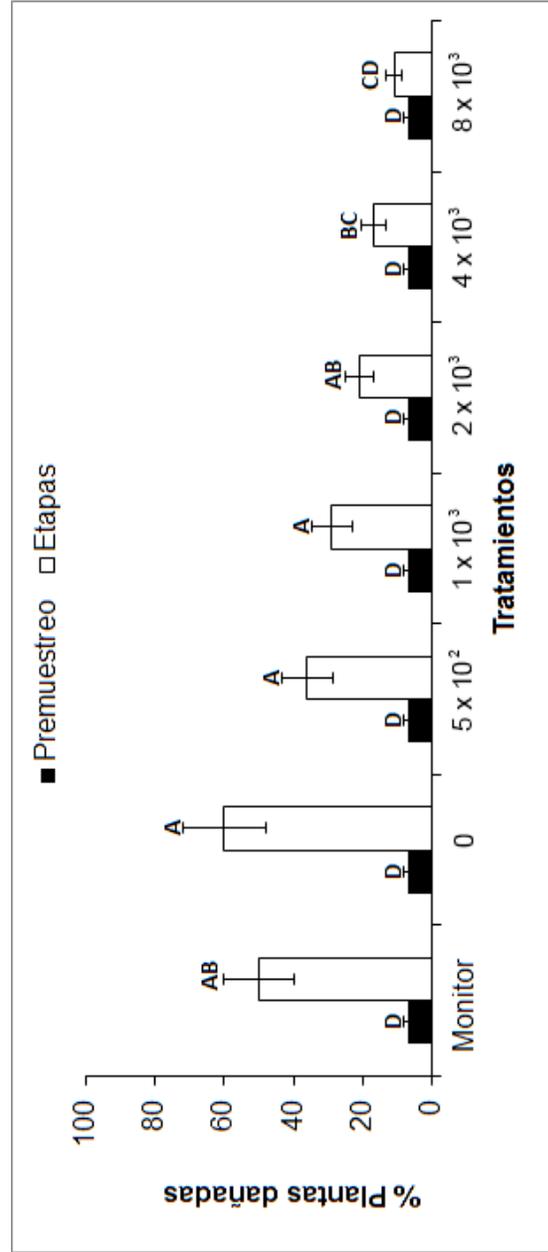


Fig. 2. Porcentaje de daño causado por *Delia platura* en plantas de espinaca en los tratamientos durante las tres etapas fenológicas del cultivo y premuestreo, después de ser expuestos a *Steinernema* sp. cepa JCL027. Proporciones fueron calculadas para cada tratamiento y usadas para hallar el EE (n = 15 plantas). Las letras sobre las barras indican las diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

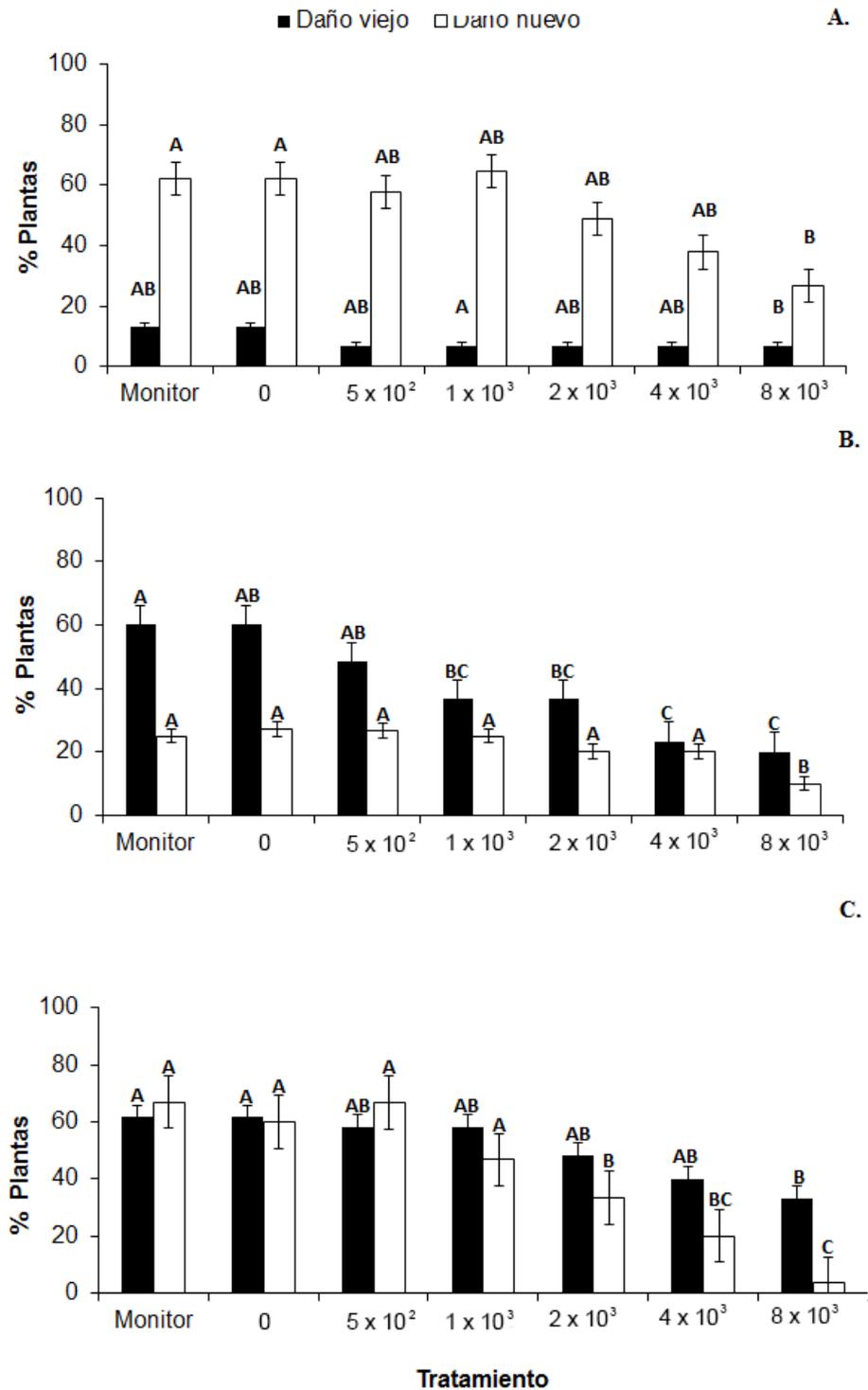


Fig 3. Porcentaje de daño viejo (presente en la etapa) y nuevo (etapas anteriores) por *Delia platura* en cada tratamiento durante las tres etapas fenológicas del cultivo, después de la aplicación de *Steinernema* sp. cepa JCL027. **A.** Etapa germinación (00-13 BBCH), **B.** Etapa desarrollo (14-37 BBCH), **C.** Etapa cosecha (38-39 BBCH). Proporciones fueron calculadas para cada etapa y usadas para hallar el EE (n = 15 plantas). Las letras sobre las barras indican las diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

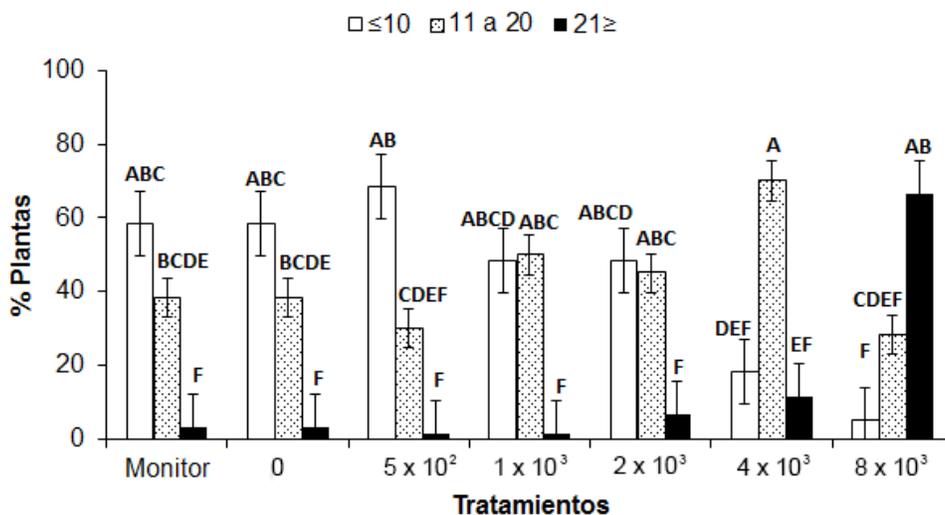


Fig. 4. Número de hojas presente en las plantas de espinaca en cada uno de los tratamientos después de tres aplicaciones de *Steinernema* sp. cepa JCL027 (JIs/planta). Proporciones fueron calculadas para cada tratamiento y usadas para hallar el EE (n = 15 plantas). Las letras sobre las barras indican las diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

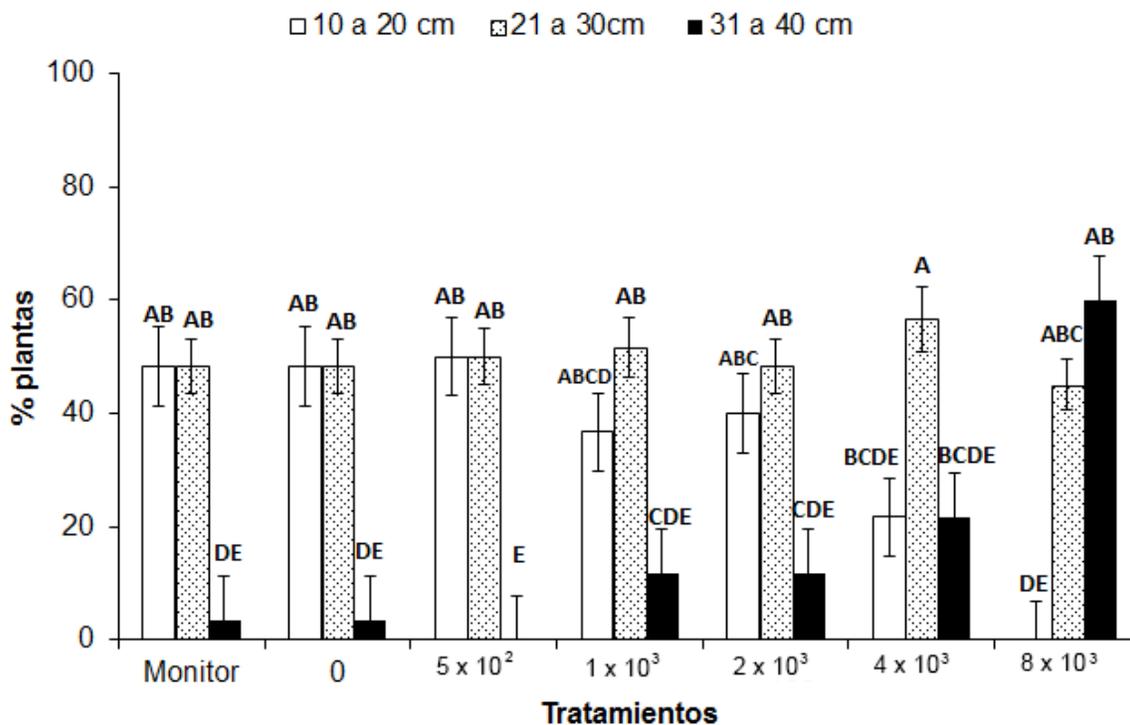


Fig. 5. Longitud de las plantas de espinaca en cada uno de los tratamientos después de las tres aplicaciones de *Steinernema* sp. cepa JCL027 (JIs/planta). Proporciones fueron calculadas para cada tratamiento y usadas para hallar el EE (n = 15 plantas). Las letras sobre las barras indican las diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

cultivo de espinaca, debido al riego y lluvias periódicas que facilitaron la adaptación de *Steinernema* sp. cepa JCL027 en el suelo y el éxito de estos.

El uso de 8×10^3 JIs/planta de *Steinernema* sp. cepa JCL027 durante las tres etapas fenológicas, generó una reducción de los daños en las espinacas, debido a que los nematodos estuvieron en continuo contacto

con su hospedero, impidiendo nuevos daños durante el desarrollo (Lewis *et al.*, 2006; Griffin *et al.*, 2005). Estudios de susceptibilidad en poblaciones de *Delia* spp. llevados a cabo en campo, no tienen en cuenta las etapas fenológicas para la aplicación de los JIs (Chen *et al.*, 2003; Simser, 1992). Chen *et al.* (2003) y Choo *et al.* (1988), sugirieron dos aplicaciones continuas

de acuerdo a la detección de la plaga para obtener un control del 30%.

La presencia de los daños ocasionados por *D. platura* durante las tres etapas fenológicas del cultivo fue completamente diferente. Gil *et al.* (2007) atribuye este fenómeno a la estimulación en la oviposición al tener contacto con materia orgánica incorporada al suelo. La oviposición de *D. platura* está influenciada por la acción de microorganismos involucrados en procesos de descomposición y se estimula con la aplicación de fertilizantes orgánicos (Gounguené y Ständler, 2006; Goldstein y Bassler, 1988). Al inicio del cultivo, la incorporación de gallinaza en altas cantidades permitió el establecimiento de la plaga durante la etapa de germinación. En la etapa de desarrollo, la remoción del suelo es un proceso característico durante la deshierba; dicho movimiento generó un estímulo atractivo en las moscas para la oviposición de los huevos en el suelo con o sin la presencia de la planta (Goldstein, 1987), permitiendo la alta persistencia de la plaga durante la etapa de cosecha.

La etapa de desarrollo es fundamental para la recuperación de los daños, debido a la mínima presencia de *D. platura*. En ataques bajos (un individuo/planta), las plantas pueden recuperarse por completo del daño (Capinera, 2001). Funderburk *et al.* (1983) encontraron que el frijol se recuperaba a ataques de *D. platura*, disminuyendo el número de vainas/planta e incrementando el número de granos en las mismas. Las plantas de espinaca se recuperaron, desarrollaron el crecimiento lateral de sus hojas verdaderas e inhibiendo el crecimiento apical, manteniendo su longitud (< 30 cm) y el número de hojas hasta la cosecha (Retuerto *et al.*, 2003; Nielsen y Orcutt, 2000; Goldstein y Hess, 1984).

Estudios en campo demuestran que la recuperación de JIs del suelo se reducen rápidamente en un periodo corto de aplicación (Griffin *et al.*, 2005). La recuperación de JIs a partir de 2×10^3 JIs/planta de *Steinernema* sp. cepa JCL027 no supera el 20% de la dosis total. Griffin *et al.* (2005) atribuye este fenómeno a la textura del suelo, la cual juega un papel importante en la persistencia de los JIs en el cultivo. La textura determina el movimiento del agua, aire y presencia del organismo (Stuart *et al.*, 2006). En los JIs el movimiento está limitado por el tamaño del poro, en suelos compactos el movimiento es más restringido que en suelos porosos. La incorporación de materia orgánica como la gallinaza, hace que los suelos tiendan a ser más compactos, impidiendo el movimiento de los nematodos (Barbercheck 1992; Kung *et al.*, 1990).

La condición de la superficie después de la aplicación y la intensidad de labranza son factores influyentes para la persistencia de los JIs en campo (Susurluk and Ehlers 2008; Gaugler *et al.*, 1997). Bajo labranzas continuas, la superficie del suelo presenta grandes fluctuaciones en temperatura y humedad debido al desplazamiento del mismo (Stinner *et al.*,

1988). Los JIs son más frecuentes en los regímenes de menos labranza, ya que las condiciones son estables (Susurluk and Ehlers 2008; Shapiro *et al.* 2000). La actividad de labranza más utilizada en los cultivos de espinaca es el deshierbe durante la segunda etapa de desarrollo, en el cual se genera una gran remoción de suelo que puede influir en la persistencia de *Steinernema* sp. cepa JCL027.

Se puede concluir que el uso de *Steinernema* sp. cepa JCL027 es una alternativa para el control de *Delia platura*, ya que reduce los daños en las plantas de espinaca a un nivel aceptable para los productores de Cota, Cundinamarca. Por ello, son indispensables estudios detallados sobre el control de *Steinernema* sp. cepa JCL027 en campo para el control de *D. platura* usando 8×10^3 JIs/planta, métodos de aplicación y combinación de diferentes especies de nematodos, con el fin de diseñar un plan de manejo integrado efectivo el cual estimularía a los agricultores a incrementar el empleo de controladores biológicos acompañado del uso racional y seguro de los productos químicos para el control de esta plaga en los cultivos de espinaca en Colombia.

REFERENCIAS

- Barbercheck, M. E. 1992. Tritrophic level effects on entomopathogenic nematodes. *Environmental Entomology* 22:1166-1171.
- Bedding, R. A., and R. J Akhurst. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica* 21:109-110
- Capinera, J. L. 2001. Order Diptera, Flies and maggots. Pp. 218-221 in J. L. Capinera. *Handbook of vegetable pests*. San Diego.
- Chen, S., X. Han, and M. Moens. 2003. Biological control of *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) with entomopathogenic nematodes. *Applied Entomology Zoology* 38:441-448.
- Choo, H. Y., H. K. Kaya, and D. K. Reed. 1988. Biological control of onion maggot and tobacco cutworm with insect parasitic nematodes, *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. *Korean Journal of Applied Entomology* 27:185-189.
- Ellis, S. A., and J. E. Scatcherd. 2007. Bean seed fly (*Delia platura*, *Delia florilega*) and onion fly (*Delia antiqua*) incidence in England and an evaluation of chemical and biological control options. *Annals Applied Biology* 151:259-267.
- Funderburk, J. E., L. P. Pedigo, and E. C. Berry. 1983. Seedcorn maggot (Diptera: Anthomyiidae) emergence in conventional and reduced-tillage soybean systems in Iowa. *Journal of Economic Entomology* 76:131-134.
- Gaugler, R., E. Lewis, and J.R. Stuart. 1997. Ecology in the service of biological control: The case of entomopathogenic nematodes. *Oecologia*

- 109:483-489.
- Gil, C. R., Q. D. Carrillo, and G.J. Jiménez. 2007. Determinación de las principales plagas de la espinaca (*Spinacia oleracea* L) en Cota, Colombia. *Revista Colombiana Entomología* 33:124-128.
- Gouinguéné, S.P., and E. Städler. 2006. Oviposition in *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae): The role of volatile and contact cues of bean. *Journal of Chemical Ecology* 32:1399-1413.
- Goldstein, H. A. 1987. Tests of a spun polyester row cover as a barrier against seed corn maggot (Diptera: Anthomyiidae) and cabbage pest infestations. *Journal Economy Entomology* 80:768-772
- Goldstein, H. A. J., and A. M. Bassler. 1988. Effects of bacteria on oviposition by seedcorn maggots (Diptera: Anthomyiidae). *Environmental Entomology* 17:7-12.
- Goldstein, H. J., and K. A. Hess. 1984. Seedcorn maggot (Diptera: Anthomyiidae) infestation levels and effects on five crops. *Environmental Entomology* 13:962 -965.
- Griffin, C. T., N.E. Boemare, and E.E. Lewis. 2005. Biology and Behaviour. Pp.3-34 in P. S. Grewal, R. U. Ehlers, and D.I Shapiro -Ilan. *Nematodes as Biocontrol Agents*. USA.
- IDEAM 2011. Environmental information system, Colombian Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies. Online. <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.servicio.htm>.
- Leger, C., and E. Riga. 2009. Evaluation of marigolds and entomopathogenic nematodes for control of the cabbage maggot *Delia radicum*. *Journal of Sustainable Agriculture* 33:128-141.
- Lewis, E. E., J. Campbell, F. Griffin, H. Kaya & A. Peters. 2006. Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. *Biological Control* 38:66-79.
- Lopez, J. C., L. Cano, C. E. Gongora, and P. Stock. 2007. Diversity and evolutionary relationships of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from the Central Andean region of Colombia. *Nematology* 9:333-341.
- Kung, S. P., R. Gaugler, and H. K. Kaya. 1990. Soil type and entomopathogenic nematode persistence. *Journal of Invertebrate Pathology* 55:401-406.
- Nielsen, O. 2003. Susceptibility of *Delia radicum* to steinernematid nematodes. *Biocontrol* 48:431-446.
- Nielsen, T. E., and M. D. Orcutt. 2000. Chapter 7: Herbivory and plant stress, Pp. 112-1124 in T. E. Nielsen, and M. D. Orcutt. *The physiology of plant under stress: soil and biotic factors*. Canada.
- Realpe, A. F. J., P. A. E. Bustillo and J. C. Lopez. 2007. Optimización de la cría de *Galleria mellonella*(L) para la producción de nematodos entomopatógenos parasitados de la broca del café. *Cenicafé* 58:142-157.
- Retuerto, R., R. Rodriguez, S. S. Fernández, and J. R. Obeso. 2003. Respuesta compensatoria de plantas en situaciones de estrés. *Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 1:1-7.
- Saenz, A. A. 2005. Importancia de los nematodos entomopatógenos para el control biológico de palma aceite. *Palma* 5:41-57.
- Shapiro, D. I., C.W. McCoy, A. T. Obreza, and H. Dou. 2000. Effects of soil type on virulence and persistence of entomopathogenic nematodes in relation to control of *Diaprepes abbreviatus*. *Environmental Entomology* 29:1083-1087.
- Simser, D. 1992. Field application of entomopathogenic nematodes for control of *Delia radicum* in collards. *Journal of Nematology* 24:374-378.
- Steiner, W. A. 1996. Dispersal and host finding ability of entomopathogenic nematodes at low temperatures. *Nematologica* 42: 243-261.
- Stinner, B. R., McCartney, D.A. Van Doren J. R. 1988. Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn (maize, *Zea mays* L.) systems: a comparison after 20 years of continuous cropping. *Soil Tillage Research* 11:147-158.
- Stuart, R. J., M. E. Barbecheck, P. S. Grewal, A. J. Taylor, and C. W. Hoy. 2006. Population biology of entomopathogenic nematodes: Concepts, issue and models. *Biological Control* 38:80-102.
- Susurluk, A., and R. U. Ehlers. 2008. Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops. *BioControl* 53: 627-641.
- Valenciano, J. B., P. A. Casquero, and J. A. Boto. 2004. Evaluation of the occurrence of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) affected by bean seed fly, *Delia platura* (Meigen), grown under different sowing techniques and with different forms of pesticide application. *Field Crop Research* 85: 103-109.
- Vea, V. E., D. R. Webb, and C. J Eckenrode. 1975. Seed corn maggot injury. *Plant Science* 8:1-3.
- Willmott, D. M., A. J. Hart, S. J. Long, P. N. Richardson, and D. Chandler. 2002. Susceptibility of cabbage root fly *Delia radicum*, in potted cauliflower (*Brassica oleracea* var.) to isolates of entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.) indigenous to the UK. *Nematology* 4:965-970.

Received:

23/IV/2012

Accepted for publication:

6/V/2013

Recibido:

Aceptado para publicación: