

Evaluación de nematicidas no-fumigantes para el control del nematodo *Belonolaimus longicaudatus* en el cultivo de fresa *Fragaria × ananassa* var. Sequoia en invernadero

Iris Mercedes Aguilar Arévalo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación de nematicidas no-fumigantes para el control del nematodo *Belonolaimus longicaudatus* en el cultivo de fresa *Fragaria × ananassa* var. Sequoia en invernadero

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrónoma en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Iris Mercedes Aguilar Arévalo

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Evaluación de nematicidas no-fumigantes para el control del nematodo *Belonolaimus longicaudatus* en el cultivo de fresa *Fragaria × ananassa* var. Sequoia en invernadero

Presentado por:

Iris Mercedes Aguilar Árévalo

Aprobado:



[Rogelio Trabanino \(Nov 12, 2020 07:14 CST\)](#)

Rogelio Trabanino, M.Sc.
Asesor Principal



Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria



Johan Desaegeer, Ph.D.
Asesor



Luis Fernando Osorio Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico



[Mccocom \(Nov 12, 2020 14:39 CST\)](#)

Miguel Cocom, Ing.Agr.
Asesor

Evaluación de nematicidas no-fumigantes para el control del nematodo *Belonolaimus longicaudatus* en el cultivo de fresa *Fragaria × ananassa* var. Sequoia en invernadero

Iris Mercedes Aguilar Arévalo

Resumen. Una de las plagas de mayor importancia en la producción de fresa en el estado de la Florida es el nematodo del aguijón *Belonolaimus longicaudatus*. El objetivo general de este estudio fue determinar la eficiencia biológica de diferentes nematicidas no-fumigantes, biológicos y químicos, en el cultivo de fresa *Fragaria ananassa* para el control del nematodo de aguijón *B. longicaudatus* bajo condiciones de invernadero. Se utilizaron 40 plantas de fresas de la variedad Sequoia en maceteros, las cuales fueron inoculadas con el nematodo *B. longicaudatus* y tratadas con seis nematicidas no fumigantes. Las variables evaluadas fueron vigor de la planta, densidad poblacional del nematodo y biomasa del follaje y raíces. Los resultados indican que los tratamientos de Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo) y Velum (Fluopyram) presentaron mayor vigor en las plantas. Los tratamientos fluopyram (Velum) y fluensulfone (Nimitz) redujeron la densidad poblacional de nematodos significativamente. Las plantas tratadas con fluazaindolizine (Salibro) y Dazitol presentaron mayor biomasa de follaje y raíz respectivamente que el resto de los tratamientos. El nematicida biológico Dazitol y el nematicida químico Fluopyram mostraron los mejores resultados en las variables evaluadas.

Palabras clave: Biológicos, biomasa, químicos, suelo arenoso, vigor.

Abstract. One of the most important pests in strawberry production in the state of Florida is the Sting nematode *Belonolaimus longicaudatus*. The objective of this study was to determine the biological efficiency of different biological and chemical non-fumigant nematicides in strawberry (*Fragaria ananassa*) production for the control of the Sting nematode under greenhouse conditions. Forty strawberry plants of the Sequoia variety were used in pots, which were inoculated with the nematode *B. longicaudatus* and treated with six non-fumigant nematicides. The variables evaluated were vigor of the plant, nematode population, foliar and root biomass. The results indicate that Dazitol and fluopyram (Velum) treatments show greater vigor in the plants. fluopyram (Velum) and fluensulfone (Nimitz) treatments significantly reduced the nematode population density. The plants treated with fluazaindolizine (Salibro) and Dazitol nematicides presented higher foliar and root biomass respectively than the rest of the treatments. The biological nematicide Dazitol and the chemical nematicide Fluopyram showed the best results in the variables evaluated.

Keywords: Biological, biomass, chemical, sandy soil, vigor.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA	15
7. ANEXOS	17

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Tratamientos con sus ingredientes activos y dosis para el control de <i>Belonolaimus longicaudatus</i> en fresa, Florida.	5
2. Tratamientos con sus dosis utilizadas en maceteros para el control de <i>Belonolaimus longicaudatus</i> en fresa, Florida	6
3. Porcentaje promedio de vigor de plantas de fresas expuestas a <i>Belonolaimus longicaudatus</i> , Florida.	9
4. Promedio de la densidad poblacional del nematodo <i>Belonolaimus longicaudatus</i> en 233 gramos de suelo/tratamiento, Florida.	10
5. Biomasa del follaje de plantas de fresas expuestas a <i>Belonolaimus longicaudatus</i> , Florida.	11
6. Biomasa de raíz de plantas de fresas expuestas a <i>Belonolaimus longicaudatus</i> , Florida.	12

Anexos	Página
1. Extracción de nematodos por método Baermann versión modificada	17
2. Metodología de chorro forzado para la separación de los nematodos adheridos al suelo.	17
3. Plato contador de nematodos en suspensión de agua desarrollado por el Departamento de Nematología de la Universidad de Wageningen, Países Bajos	17

1. INTRODUCCIÓN

La fresa es una planta herbácea y perenne que pertenece a la familia Rosácea y al género *Fragaria*. La planta de fresa está compuesta por una corona, siendo esta la parte central de la planta y donde se forman las yemas axilares, produciendo la parte vegetativa y floral. Las hojas son trifoliadas, sus flores se originan de las yemas axilares, el desarrollo de la flor tarda de cuatro a ocho semanas hasta la madurez. Generalmente cada planta desarrolla de cinco a seis frutos (Bolda *et al.* 2015). El sistema radicular es fasciculado compuesto de raíces primarias y secundarias. Las primarias presentan cambium vascular y suberoso, a diferencia de las secundarias. El periodo de vida es menor y son las encargadas de absorber el agua y nutrientes del suelo. La mayor parte de las raíces está en los primeros 25 cm del suelo (Infoagro 2020). La temperatura ideal está entre los 15-20 °C, humedad entre 65 y 70%, necesitan 12 horas de luz. Las fresas requieren suelos arenosos o franco arenosos, con alto contenido de materia orgánica, y pH de 6-7 (Bolda *et al.* 2015). La propagación se realiza por multiplicación vegetativa (estolones) y con semilla sólo para mejoramiento genético. La selección de una variedad depende de la influencia de la luz, pueden ser de día largo, corto o neutro, o se pueden clasificar como precoces, medio precoces, de media estación, y tardías. En este experimento se utilizó la variedad Sequoia, originaria de California, es muy precoz, de fruto grueso y forma cónica corta, color rojo fuerte, además tiene un rendimiento elevado (Grant 2018).

De acuerdo con la FAO (2018) la producción mundial de fresas fue de 8,337,009 toneladas y la producción de fresa en Estados Unidos fue de 1,296,272 toneladas correspondiente al 15.5% de la producción mundial. Florida produce el 8.7% (113,120 toneladas) de la producción total de Estados Unidos, generando un valor de USD 307,200,000 (USDA 2019). Florida es el segundo mayor productor de fresas, luego de California en Estados Unidos. La temporada de fresa en Florida comienza con la siembra en octubre, primera cosecha a mediados de noviembre hasta marzo, este suele ser el mejor mes para las fresas de Florida ya que es más accesible para los consumidores. La mayoría de la fruta va a los mercados de la costa este (Stark 2020).

Una de las plagas de importancia en la producción agrícola son los nematodos fitoparásitos, causando pérdidas en rendimiento de un 12.3% (57 billones de dólares) a nivel mundial (Singh *et al.* 2015). Se sabe que, los nematodos son organismos pluricelulares, gusanos redondos microscópicos no segmentados que no poseen apéndices. Son animales que no presentan sistema circulatorio ni respiratorio, pero si digestivo y reproductivo (Agrios 2005). En el caso de Florida el nematodo *Belonolaimus longicaudatus*, también conocido como “Sting nematode” o nematodo del agujón, es una de las plagas de mayor importancia (Noling 2019). Kokalis-Burelle (2003) indica que la producción de fresas se ve seriamente afectado por este nematodo. No hay datos actualizados del porcentaje de los daños ocasionadas por nematodos en este cultivo, sin embargo, las pérdidas en rendimiento se estiman entre 5-10%, y en campos muy infestados la pérdida puede ser de 50-100%, lo que implica aproximadamente 20 millones de dólares en pérdidas por año (Información proporcionada por el Doctor Johan Desaegeer, nematólogo de la Universidad de Florida, en una conversación personal vía correo electrónico). Desaegeer también mencionó que los productores de fresas gastan más en control de nematodos que los productores de otros cultivos. Por otra parte, también los nematodos son la razón principal del uso de fumigantes del suelo, el costo de estos productos puede estar entre USD 500 a 1000 por aplicación.

Cabe mencionar que hay cinco tipos de nematodos clasificados según su fuente de alimentación: bacteriófagos, fungívoros, omnívoros, depredadores y fitoparásitos, los primeros cuatro pertenecen a los nematodos de vida libre. Los fitoparásitos no viven libremente en el suelo ya que viven dentro o fuera de la raíz, como el caso del nematodo del aguijón (Hoorman 2011). El nematodo del aguijón es un nematodo ectoparásito migratorio, es decir que causan heridas en las raíces únicamente desde afuera. Además, tiene preferencia a suelos con alto contenido de arena y se considera el nematodo más dañino en césped, pastos forrajeros, fresas, papa, caña de azúcar y melón (Crow 2001). Este nematodo ocasiona reducción en la biomasa de la raíz, y producen raíces cortas, algunas con apariencia hinchada o rechoncha. Las plantas que presentan estos síntomas generalmente se encuentran en parches circulares de un campo infestado (Watson *et al.* 2020). Además, pueden provocar lesiones oscuras en el punto de penetración de la raíz. En la planta ocasiona retraso de crecimiento, marchitamiento, clorosis y hasta la muerte de la planta (CABI 2019). En las plantas de fresas puede causar retraso de crecimiento, los bordes de las hojas se ponen color marrón hasta que llega a las nervaduras de la hoja, la planta disminuye gradualmente su tamaño hasta que muere. Las plantas que están infestadas con nematodos son más susceptibles a condiciones de sequía y daño por exceso de fertilizantes. En el caso del nematodo del aguijón, las áreas infestadas por lo general están bien definidas y son notorias en campo. La intensidad de daño está relacionada con la población inicial de estos nematodos y las tasas de crecimiento durante todo el ciclo de producción (Mossler 2010).

Este nematodo podría llegar a afectar significativamente a cultivos agrícolas en Centroamérica y otros países si presentan condiciones climáticas y en textura de suelos similares a las del Estado de Florida donde el nematodo de aguijón prolifera. En Centroamérica únicamente se ha reportado poblaciones de este género en Costa Rica en 1976 (López 1979), lo que implica la posibilidad de existencia de poblaciones de nematodos del género *Belonolaimus* sp. en los suelos de otros países centroamericanos.

El manejo de nematodos requiere de prácticas culturales y químicas dentro de las áreas donde se cultivan las plantas de fresa. La primera práctica consiste en asegurarse que el material de trasplante se encuentre libre de nematodos, enfermedades y ácaros (Mossler 2010). Otro método de control es con químicos fumigantes, el más utilizado durante años fue el Metil Bromuro, pero se dejó de usar porque dañaba la capa de ozono (Infoagro 2020). Debido a que se empezó a disminuir el uso de este fumigante, los costos de fumigantes y pesticidas aumentaron ya que fue necesario buscar nuevas alternativas que no fueran dañinas como un manejo más integrado que incluya cultivos de cobertura, nuevas tecnologías para fumigantes o el uso de otros químicos (Guan *et al.* 2017). Otra práctica importante es destruir los residuos de la producción al final de la cosecha para evitar que los nematodos sigan teniendo una fuente de alimento. También es conveniente la rotación de cultivos ya que el nematodo del aguijón se puede hospedar en varias malezas y pastos (Mossler 2010).

La agricultura actual demanda la reducción de plaguicidas químicos y la introducción de sistemas sostenibles con el uso de agentes de manejo biológico o productos orgánicos. Muchos de los productos para el control de nematodos son fumigantes y tóxicos para el medio ambiente y salud de las personas, por lo que se debe buscar otras alternativas de supresión. Los nematicidas no-fumigantes de contacto, químicos y biológicos, pueden ser una alternativa para sustituir a los fumigantes para el manejo de nematodos fitoparásitos en la producción de fresas en Florida (Watson y Desaegeer 2019). También, estos nematicidas biológicos pueden ser alternativas

sustentables para el manejo de nematodos en Centroamérica, teniendo menor impacto en el ambiente. Para lograr esto se deben hacer experimentos en los que se demuestre que es posible sustituir esos nematicidas fumigantes por otros menos nocivos. Por ello se realizó un ensayo en invernadero evaluando nematicidas no fumigantes biológicos y químicos utilizando dosis comerciales. Los biológicos están elaborados a base de microorganismos y extractos botánicos. Algunos son nematicidas, otros fungicidas o insecticidas con propiedades nematicidas y otros inoculantes biológicos o fertilizantes que fomentan el crecimiento de las raíces y permiten recuperarse del daño ocasionado por nematodos.

Los objetivos del estudio fueron:

- Determinar la eficiencia biológica de dos nematicidas no-fumigantes biológicos, cuatro nematicidas químicos sintéticos en el cultivo de fresa *Fragaria ananassa* para el control de las poblaciones del nematodo de aguijón *Belonolaimus longicaudatus* bajo condiciones de invernadero en maceteros.
- Determinar el vigor de la planta de fresa después de ser expuesta al nematodo *Belonolaimus longicaudatus* en condiciones de invernadero.
- Determinar el efecto del daño del nematodo sobre la biomasa de raíces y follaje.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se efectuó durante los meses de abril a julio de 2020, en el centro de investigación “Gulf Coast Research and Education Center” de la Universidad de Florida, localizado en Balm, Florida, Estados Unidos de América (17N 370331.4 3064828.3).

Trasplante de fresas

La primera fase del experimento constó en el establecimiento del cultivo de fresas. Se colocaron 45 maceteros de terracota con dimensiones de 20.32 cm de diámetro y 18.04 cm de alto. A los maceteros se les agregó suelo previamente pasteurizado (cuatro horas a 85 °C seguido con reposo de dos semanas). El suelo se recolectó de un campo de producción local de textura arenosa (90%). Posteriormente, se trasplantó el material de siembra (estolones de fresas) de la variedad Sequoia, los estolones se obtuvieron de un distribuidor comercial de la zona. El riego se realizó todos los días procurando mantener la humedad cerca de capacidad de campo en todo momento. Las plantas fueron fertilizadas con 20-20-20 en “drench” una vez por semana. Se realizaron podas florales diarias con el propósito que se produjera la fase vegetativa y no la reproductiva.

Recolección e inoculación del nematodo *Belonolaimus longicaudatus*

Los maceteros fueron infectados con el nematodo *Belonolaimus longicaudatus*. Para esto se preparó un inóculo que contenía los nematodos, estos se obtuvieron de suelo de campo de producción de fresas comercial con altas poblaciones de nematodos de aguijón (*Belonolaimus longicaudatus*), es decir que no provenían de un inóculo puro de este nematodo, ya que en los campos de producción siempre hay presencia de algunos nematodos de vida libre. Los nematodos fueron extraídos utilizando una versión modificada del método Baermann (1917), que consistió en colocar 200 mL de suelo en un “spinner” de ensalada similar a una canasta de plástico (12.7 cm de alto × 20.32 cm de diámetro) forrada por dentro con una servilleta (tres capas) que funciona como un filtro para retener el suelo. La canasta se colocó dentro de un tazón (15.24 cm alto × 20.38 cm diámetro) y se agregó agua hasta un nivel que cubría el suelo. Se tapó procurando mantener flujo de oxígeno al interior y se dejó reposar a temperatura ambiente (24 °C) por 48 horas. Los nematodos atraviesan el filtro en busca del agua cayendo por gravedad hasta el fondo del tazón. El suelo se retiró a los dos días y la solución con nematodos se pasó por un tamiz con apertura de 500 micrones, la cual retiene los nematodos. Los nematodos extraídos se almacenaron dentro de un frasco de vidrio y para su contabilización se utilizó un microscopio invertido. Una vez alcanzada la concentración 100 nematodos por mililitro se procedió a la inoculación de los maceteros, la cual fue realizada tres semanas posterior al trasplante. En este momento las plantas ya estaban adaptadas a las condiciones del invernadero. Al momento de realizar la inoculación, el suelo estaba a capacidad de campo. A cada macetero se le agregó 1 mL de inóculo conteniendo 100 nematodos de aguijón *Belonolaimus longicaudatus*. El inóculo se distribuyó equitativamente en cuatro partes alrededor de la planta, para ello, utilizando una punta de micropipeta se abrieron cuatro agujeros de cinco cm de profundidad. Luego de esto, con una micropipeta de 1000 µL, se aplicaron 250 µL en cada orificio.

Tratamientos

Los tratamientos incluyeron nematicidas no-fumigantes químicos y biológicos (Cuadro 1). Los nematicidas químicos incluyen fluensulfone (Nimitz), un insecticida de contacto que se debe aplicar antes de la siembra por su fitotoxicidad. Fluopyram (Velum), un fungicida que actúa como inhibidor de succinato de deshidrogenada. También se incluyó oxamyl (Vydate), un insecticida y nematicida sistémico y fluazaindolizine (Salibro), un nuevo nematicida del que se desconoce el modo de acción. Por otra parte, los nematicidas biológicos utilizados fueron Dazitol, un fungicida que desinfecta los suelos y Kyte Gold *Bacillus chitinosporus*, un inoculante biológico con propiedades nematicidas y aumenta el desarrollo radicular. Del mismo modo, se incluyeron dos controles, uno con nematodos (control positivo) y uno sin nematodos (control negativo) con cinco repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos con sus ingredientes activos y dosis para el control de *Belonolaimus longicaudatus* en fresa, Florida.

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis (L/ha)
Oxamyl (Vydate)	239.89 g/L de oxamyl	4.68
Fluopyram (Velum)	498.98 g/L de fluopyram	0.49
Fluensulfone (Nimitz)	479.79 g/L de fluensulfone	8.13
Fluazaindolizine (Salibro)	500 g/L de fluazaindolizine	4.40
Capsaicina e Isotiocianato de alilo (Dazitol)	4.2 g/L de capsaicina 37 g/L de Isotiocianato de alilo	50.04
<i>Bacillus chitinosporus</i> (Kyte Gold)	1.6 × 10 ⁸ cfu/g de <i>Bacillus chitinosporus</i>	7.01

Preparación de los químicos

Se utilizaron las dosis comerciales recomendadas en litros por hectárea para cada producto. Se realizaron las conversiones necesarias para calcular la dosis a aplicar al área del macetero, es decir, en 0.032 m² (Cuadro 2). Las dosis de cada tratamiento se mezclaron en un bote con 300 mL de agua destilada. A cada macetero se le agregó 50 mL de la solución.

Cuadro 2. Tratamientos con sus dosis utilizadas en maceteros para el control de *Belonolaimus longicaudatus* en fresa, Florida.

Tratamiento	Producto(s)	Dosis (L/ha)	Cantidad mL aplicada/ Macetero	Solución total aplicada mL/tratamiento
1	Oxamyl (Vydate)	4.68	0.015	0.075
2	Fluopyram (Velum)	0.49	0.002	0.01
3	Fluensulfone (Nimitz)	8.13	0.015	0.075
4	Fluazaindolizine (Salibro)	4.40	0.015	0.075
5	Capsaicina e Isotiocianato de alilo (Dazitol)	50.04	0.1623	0.8115
6	<i>Bacillus chitinosporus</i> (Kyte Gold)	7.01	0.0227	0.1135
7	Control positivo	-	N/A	N/A
8	Control negativo	-	N/A	N/A

Variables medidas

Se evaluaron cuatro variables para observar el efecto del nematodo del aguijón sobre las plantas de fresas que fueron sometidas a los tratamientos con nematicidas no fumigantes:

Vigor en crecimiento. El vigor de cada planta de fresas se evaluó durante 10 semanas. Para la medición de vigor se tomó una fotografía de cada unidad experimental, esta fotografía fue analizada utilizando la aplicación Canopeo, la cual procesa la imagen e indica el porcentaje de material vegetal que tiene el cultivo (Patrignani y Ochsner 2015). En este caso las fotos se tomaron a una distancia de 63 cm del suelo utilizando un teléfono celular. Cabe mencionar que, Canopeo considera el área de la foto como el 100%, es decir que el porcentaje de vigor que se obtiene de la aplicación es el área que cubre la planta dentro de la foto.

Densidad poblacional por macetero. Al finalizar el experimento se tomó una muestra de 200 mL de suelo que tenía un peso promedio de 233 g para tener un estimado de la población de nematodos. Para evaluar la cantidad de nematodos se realizaron tres pasos:

Extracción de nematodos de las raíces. Las raíces fueron enjuagadas para soltar los nematodos que estaban adheridos a las mismas. Para esto, se colocaron dos cribas, una de 200 micras y debajo de ésta una de 500 micras, la primera retuvo la suciedad de las raíces y la segunda colectó los nematodos. Los nematodos recolectados de esta extracción se añadieron a la muestra de 200 mL de suelo y se mezcló. El procedimiento de enjuagar las raíces se realiza para no perder nematodos, ya que el nematodo del aguijón es ectoparásito y existe la posibilidad de que haya nematodos adheridos a las raíces, sin embargo, la mayoría se encuentran en el suelo.

Extracción de nematodos por método de centrifugado. Primero, se colocó un tamiz sobre una jarra y se agregó la muestra 233 g de suelo sobre esa jarra. Se utilizó una metodología de chorro forzado (Anexo 2) en la cual el suelo es empujado hacia la jarra con la presión del agua, de esta forma la suciedad queda en el tamiz y el suelo se mezcla con el agua, esto para separar los

nematodos que están adheridos al suelo. Se dejó reposar durante 20 segundos para posteriormente pasarlo de nuevo por un tamiz de 500 micras. Se colocó el excedente sobre el tamiz en un tubo Falcon hasta completar los 50 mL. Las muestras de 50 mL se centrifugaron a 3,600 rpm por 4 minutos. Luego, se descartó el sobrenadante de los tubos de ensayo y se agregó la solución de azúcar (454 g de azúcar/L de agua) hasta completar los 40 mL, se mezcló y centrifugó nuevamente a 3,600 rpm durante dos minutos. Seguidamente, se vació el sobrenadante sobre un tamiz de 500 micras y se colectaron los nematodos en botes etiquetados.

Cuantificación de nematodos. Se colocó la muestra en un plato contador de nematodos (Anexo 3) y utilizando un microscopio invertido (Leica DMi1 a 4X).

Porcentaje de biomasa producida en follaje y raíces. Al momento de desmontar el experimento se midió el peso fresco del follaje y raíz de cada unidad experimental. Luego, se obtuvo el peso seco de el follaje y raíz, para esto el material vegetativo se colocó en bolsas de papel en un cuarto de secado a 55 °C por 72 horas. Para obtener la biomasa se restó el peso fresco (g) menos el peso seco.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA), se evaluaron ocho tratamientos con cinco repeticiones. El ensayo constó de 40 unidades experimentales con una planta por macetero. Se realizó un análisis de varianza ANDEVA y una separación de medias con prueba Duncan a un nivel de significancia $P \leq 0.05$. Para el análisis de datos se usó el programa estadístico "Statistical Analysis System" SAS® versión 9.4.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vigor de fresas infectadas con *Belonolaimus longicaudatus*

El vigor se representó como el crecimiento del área foliar de la planta. Dicha variable mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). Se observó que las plantas tratadas con Dazitol y Fluopyram (Velum), con un vigor de 16.94 y 16.30%, respectivamente, mostraron un mayor porcentaje de vigor que los demás tratamientos (Cuadro 3). El control positivo, y los tratamientos con fluazaindolizine (Salibro), oxamyl (Vydate) y *Bacillus chitinosporus* (Kyte Gold) no mostraron diferencias significativas entre sí. A su vez, las unidades experimentales tratadas con fluensulfone (Nimitz) presentaron un vigor de 11.17% obteniendo el menor resultado. El control positivo obtuvo mayor porcentaje de vigor comparado con el control negativo, lo que puede ser atribuido al estrés provocado por los nematodos en la planta, ya que las plantas con estrés pueden producir mayor cantidad de hojas como una reacción de supervivencia (Información proporcionada por el Doctor Johan Desaegeer, nematólogo de la Universidad de Florida).

Estos resultados confirman lo encontrado por Watson y Desaegeer (2019), mencionando que Fluopyram (Velum) aumentó el rendimiento de las fresas y que fluensulfone (Nimitz) no incrementó el vigor en las fresas. Sin embargo, en dicho estudio se menciona que Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo) no incrementa el vigor de las plantas. Del mismo modo, en otra investigación realizada por Watson *et. al* (2020) en el que evalúan el uso del fluopyram como nematicida para el manejo del nematodo del aguijón en fresa, concluye que no hubo diferencias significativas en el vigor medido con un sensor de mano, sin embargo, este experimento fue realizado en campo. La variable del vigor es importante para evaluar el daño causado por el nematodo, el cual afecta directamente a la raíz e impidiendo el normal crecimiento del área foliar o vigor.

Cuadro 3. Porcentaje promedio de vigor de plantas de fresas expuestas a *Belonolaimus longicaudatus*, Balm, Florida.

Tratamientos	Porcentaje de vigor
Oxamyl (Vydate)	14.88 b [‡]
Fluopyram (Velum)	16.30 a
Fluensulfone (Nimitz)	11.17 d
Fluazaindolizine (Salibro)	14.51 b
Capsaicina y Isotiocianato de alilo (Dazitol)	16.94 a
<i>Bacillus chitinosporus</i> (Kyte Gold)	14.72 b
Control positivo	14.15 b
Control negativo	12.37 c
R ²	0.95
Coefficiente de Variación	20.17
Probabilidad	< 0.0001

‡: valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

Población de nematodos

Después de 10 semanas de la inoculación de fresas con *B. longicaudatus* y el tratamiento con nematicidas no fumigantes químicos se observó que las plantas con fluazaindolizine (Salibro) presentaron la mayor población de nematodos (54.4), comparado con el control negativo y las plantas tratadas con fluensulfone (2.2) y Fluopyram (3.6) (Cuadro 4). Según Lahm *et al.* (2017) el fluazaindolizine (Salibro) es un producto muy efectivo para el control de nematodos fitoparásitos, sin embargo, no incluyen el nematodo del agujón en su lista. Las fresas tratadas con oxamyl (Vydate) también mostraron bajas poblaciones de nematodos, pero no hay diferencias significativas comparadas con el control positivo y las plantas tratadas con Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo) y Kyte Gold *Bacillus chitinosporus*. Khanal y Desaegeer (2020) expresan que las camas tratadas con oxamyl (Vydate) en un campo de productores comerciales de Florida, tuvo una leve reducción del nematodo del agujón comparado con las camas no tratadas. Las fresas tratadas con Velum y Nimitz fueron los que presentaron una reducción significativa. De acuerdo con Watson *et al.* (2020), Fluopyram (Velum) muestra potencial para la reducción de *Belonolaimus longicaudatus* en fresa en Florida. Del mismo modo, Waldo *et al.* (2019), mencionan que fluensulfona (Nimitz) es eficaz para el control del nematodo del agujón y que los productores pueden hacer uso de este químico a tasas reducidas. El tratamiento control negativo no presentó nematodos, lo que indica que no hubo contaminación.

En el presente estudio no se presentó una adecuada reproducción del nematodo del agujón como para llegar a causar daños representativos, tal como sucedió en una investigación realizada por Kutsuwa *et al.* (2015) en la cual buscaban investigar el efecto del nematodo *Belonolaimus longicaudatus* sobre maní en invernadero, demostrando que los síntomas de las raíces y el retraso del crecimiento fue mucho menos grave en invernadero que los observados en campo. También mencionan que esto pudo ser debido a que las condiciones del invernadero eran inadecuadas para la reproducción, que el maní tipo corredor es un hospedero pobre o que existían otras condiciones

desconocidas que afectaban la capacidad de reproducción del nematodo. Por lo tanto, en este experimento pudo haber influido la temperatura del invernadero. La variable de población de nematodos sirve como indicativo para ejercer un control químico u otras prácticas culturales dependiendo de la cantidad de nematodos y puede verse influenciada por la temperatura, la época del año y el hospedero.

Cuadro 4. Promedio de la densidad poblacional del nematodo *Belonolaimus longicaudatus* en 233 gramos de suelo/tratamiento, Balm, Florida.

Tratamientos	Población de nematodos
Oxamyl (Vydate)	22.2 b [‡]
Fluopyram (Velum)	3.6 c
Fluensulfone (Nimitz)	2.2 c
Fluazaindolizine (Salibro)	54.4 a
Capsaicina y Isotiocianato de alilo (Dazitol)	50.0 ab
<i>Bacillus chitinosporus</i> (Kyte Gold)	47.6 ab
Control positivo	45.5 ab
Control negativo	0 c
R ²	0.72
Coefficiente de Variación	25.58
Probabilidad	<.0001

‡: valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

Biomasa del follaje de fresas

Para la variable biomasa del follaje en plantas de fresa con *B. longicaudatus*, se observó que el tratamiento fluensulfone (Nimitz) presentó en promedio la menor biomasa de follaje en relación con todos los tratamientos a excepción del control negativo (Cuadro 5). La fitotoxicidad del nematicida fluensulfone pudo haber contribuido en el bajo contenido de biomasa de follaje. Las plantas tratadas con fluopyram, fluazaindolizine, Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo), Oxamyl, Kyte Gold (*Bacillus chitinosporus*) y el control positivo mostraron los valores de biomasa más altos significativamente ($P \leq 0.05$). Desaegeer y Watson (2019) mencionan que fluensulfone (Nimitz) y fluazainsolizine (Salibro) no incrementaron el vigor, al igual que Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo) y Fluopyram (Velum) lo cual influye directamente en la biomasa del follaje. Como la densidad de nematodos fue baja, no se presentaron daños severos en las raíces que permitieran la reducción del follaje, por esta razón no hay diferencias en la biomasa del follaje entre tratamientos comparadas con las plantas sin nematodos del agujón.

Cuadro 5. Biomasa del follaje de plantas de fresas expuestas a *Belonolaimus longicaudatus*, Balm, Florida.

Tratamientos	Biomasa de follaje (gr)
Oxamyl (Vydate)	18.92 a [‡]
Fluopyram (Velum)	19.23 a
Fluensulfone (Nimitz)	11.20 b
Fluazaindolizine (Salibro)	19.42 a
Capsaicina y Isotiocianato de alilo (Dazitol)	18.89 a
<i>Bacillus chitinosporus</i> (Kyte Gold)	18.67 a
Control positivo	18.34 a
Control negativo	14.88 ab
R ²	0.44
Coefficiente de Variación	23.21
Probabilidad	0.034

‡: valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

Biomasa de las raíces de fresas

Al evaluar la biomasa de las raíces en fresas inoculadas con *B. Longicaudatus*, las plantas de fresas tratadas con Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo) presentaron el mayor promedio de gramos de biomasa de raíz en plantas de fresa (17.95 g) comparado con los demás tratamientos y controles (Cuadro 6). El control negativo y fluensulfone (Nimitz), mostraron los valores más bajos del promedio en gramos de biomasa de raíz, siendo el control negativo (sin nematodos) el que obtuvo menor peso (6.22 g). Esto puede haber sido influenciado por la temporada en la que se realizó el experimento ya que las temperaturas del invernadero pudieron haber influido en el desarrollo del cultivo de fresa. En el caso de fluensulfone, la baja biomasa puede atribuirse a que su ingrediente activo es fitotóxico para las plantas, es por lo que se debe utilizar 7 días antes de la siembra cuando se realiza en campo. Los tratamientos con oxamyl (Vydate), Kyte Gold (*Bacillus chitinosporus*) y el control positivo no mostraron diferencias significativas con el control negativo y el tratamiento con fluensulfone (Nimitz).

Runsick (2014) menciona en su investigación, en la que evaluó la reproducción del nematodo del agujón y sus efectos en el peso de la raíz, señala que el nematodo *B. longicaudatus* aumentó el peso seco de la raíz en las plantas inoculadas, mientras que en las no inoculadas el peso seco de la raíz fue menor. Runsick también menciona que no hay explicaciones de porque sucedió, esto se evaluó en el cultivo de Festuca alta tipo forrajero y ha ocurrido en otros cultivos, también señala que es muy poco probable que esto suceda en campo. Al contrario que Pereira *et al.* (2016) que mencionan que en el cultivo *Crotalaria juncea* la biomasa de las raíces fue menor en las plantas inoculadas con nematodos. Sin embargo, mencionan que esto pudo suceder debido a que el inóculo de nematodos del agujón que se utilizó no era puro. Cabe mencionar que este experimento tampoco se utilizó un inóculo puro de poblaciones de nematodo del agujón. La raíz es uno de los principales

órganos de la planta que se ve afectado por parte de los nematodos. Con base en los resultados se puede determinar que a mayor población de nematodos mayor será la biomasa de raíz.

Cuadro 6. Biomasa de raíz de plantas de fresas expuestas a *Belonolaimus longicaudatus*, Balm, Florida.

Tratamientos	Biomasa de raíces (gr)
Oxamyl (Vydate)	9.96 bc [‡]
Fluopyram (Velum)	10.89 b
Fluensulfone (Nimitz)	6.35 c
Fluazaindolizine (Salibro)	10.52 b
Capsaicina y Isotiocianato de alilo (Dazitol)	17.95 a
<i>Bacillus chitinosporus</i> (Kyte Gold)	9.77 bc
Control positivo	9.34 bc
Control negativo	6.22 c
R ²	0.70
Coefficiente de Variación	27.04
Probabilidad	<.0001

‡: valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

4. CONCLUSIONES

- Los nematicidas que mejor controlaron el nematodo *Belonolaimus longicaudatus* fueron fluopyram (Velum) y fluensulfone (Nimitz), ya que presentaron el promedio más bajo de la densidad poblacional siendo los nematicidas más efectivos.
- Las plantas tratadas con los nematicidas fluopyram (Velum) y Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo) tuvieron plantas de fresa con los mayores porcentajes de vigor después de ser expuestas al nematodo *Belonolaimus longicaudatus*.
- En la biomasa de follaje no se encontró un efecto de los tratamientos, sin embargo, en el promedio de gramos de biomasa de raíces, Dazitol (capsaicina e Isocianato de alilo) mostró los mejores resultados. El tratamiento fluazaindolizine (Salibro) mostró los valores más altos en la biomasa del follaje.

5. RECOMENDACIONES

- Continuar con los experimentos en invernadero para lograr establecer una población de nematodo *Belonolaimus longicaudatus* en maceteros.
- Utilizar inóculos puros de *Belonolaimus longicaudatus* para otros ensayos.
- Extender el tiempo de duración del ensayo para promover una mayor reproducción del nematodo del aguijón y observar mejor los síntomas en las plantas.

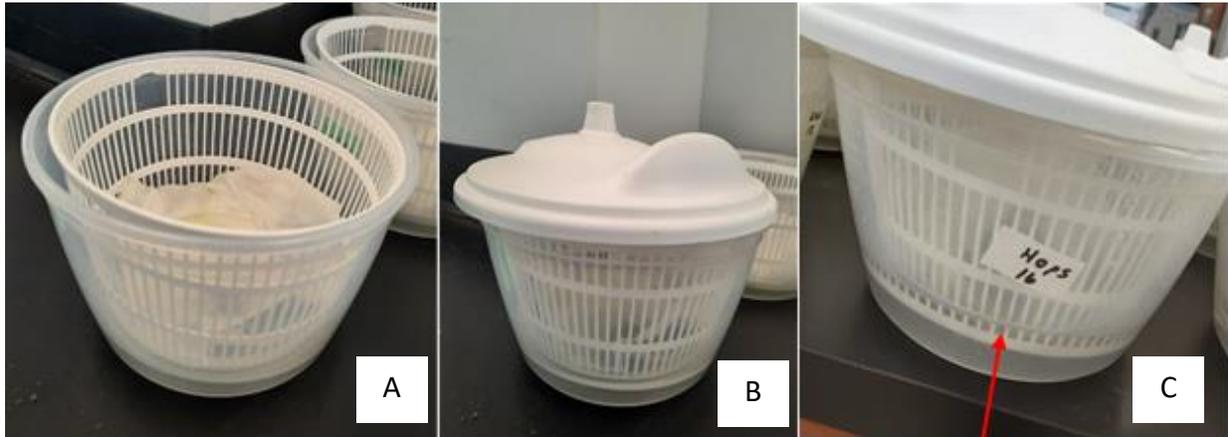
6. LITERATURA CITADA

- Agrios G. 2005. Plant diseases caused by nematodes. Plant Pathology. 5ª ed. Elsevier Academic Press. Florida. Estados Unidos. p. 826-872. ISBN: 0120445654
- Bolda M, Dara S, Fallon J, Sánchez M, Peterson K. 2015. Manual de producción de fresa. 2ª ed. California, Estados Unidos: UCCE y CRCO; [consultado el 02 de ago. de 2020] <http://cesantabarbara.ucanr.edu/files/228580.pdf>.
- [CABI] Centre for Agricultural Bioscience International. 2019. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. [Consultado el 20 de may. de 2020] <https://www.cabi.org/ISC>
- Crow W, Brammer A 2001. Sting Nematode, *Belonolaimus longicaudatus* Rau (Nematoda: Secernentea: Tylenchida: Tylenchina: Belonolaimidae: Belonolaiminae). EDIS, 2001(16):1-4. <https://edis.ifas.ufl.edu/in395>
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. FAOSTAT 2018. [Internet] [Consultado el 6 de sep. de 2020] <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Grant A. 2018. Sequoia Strawberry Care: How to grow Sequoia strawberry plants. [Internet] California: Gardening know how. [actualizado el 04 abr. de 2018, consultado el 10 de may. 2020] <https://www.gardeningknowhow.com/edible/fruits/strawberry/sequoia-strawberry-care.htm>
- Guan Z, Wu F, Whidden A. 2017. Florida Strawberry Production Costs and Trends. Food and Resource Economics Department, UF/IFAS Extension. (2018)1:1-5 <https://doi.org/10.32473/edis-fe1013-2017>.
- Hoorman J. 2011. The role of soil protozoa and nematodes. Fact Sheet: Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University. 15(11):1-5. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.231.647&rep=rep1&type=pdf>
- Infoagro 2020a. Cultivo de la fresa. Madrid: Infoagro Systems. [Consultado el 15 may. de 2020] https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp
- Infoagro 2020b. Bromuro de metilo y sus alternativas. Primera parte. Madrid: Infoagro Systems. [Consultado el 15 may. de 2020] https://www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo.htm.
- Khanal C, Desaeager J. 2020. On-farm evaluations of non-fumigant nematicides on cucurbits. Crop Protection. 133(1):150-152. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105152>
- Kokalis-Burelle N. 2003. Effects of transplant type, plant growth-promoting rhizobacteria, and soil treatment on growth and yield of strawberry in Florida. Plant and soil, 256(1):273-280. <https://doi.org/10.1023/A:1026124828038>
- Kutsuwa K, Dickson D, Brito J, Jeyaprakash A, Drew A. 2015. *Belonolaimus longicaudatus*: An Emerging Pathogen of Peanut in Florida. Journal of nematology. 47(2): 87–96.
- Lahm G, Desaeager J, Smith B, Pahutski T, Rivera M, Meloro T, Kucharczyk R, Lett R, Daly A, Smith B, Cordova D, Thoden T, Wiles J. 2017. The discovery of fluazaindolizine: A new product for the control of plant parasitic nematodes. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 27(7):1572-1575. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bmcl.2017.02.029>
- Lopez R. 1979. *Belonolaimus longicaudatus* en la Costa Pacífica de Costa Rica. Agronomía costarricense. (2)1:83-85. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v02n01_083.pdf

- Mossler M. 2010. Crop Profile for Strawberries in Florida. Florida: UF/IFAS. (2010) 1:1-14. <https://journals.flvc.org/edis/article/view/118802>.
- Noling J. 2019. Nematode Management in Strawberry. University of Florida. ENY-031 p.1-11
- Patrignani A, Ochsner T. 2015. Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. *Agronomy Journal*. 107(6):2312–2320.
- Pereira G, Oliveira R, Chase C. 2016. Susceptibility of different accessions of *Crotalaria juncea* to *Belonolaimus Longicaudatus*. Florida: *Nematropica*. (46)1:31-37. <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/88171>
- Runsick B. 2014. Sting Nematode Reproduction and Effects on Root Weight in Tall Fescue Cultivars. *Journal of the NACAA*. 7(2): 1-7 <https://www.nacaa.com/journal/index.php?jid=431>
- Singh S, Singh B, Singh A. 2015. Nematodes: A Threat to Sustainability of Agriculture. *Procedia Environmental Sciences*. 29:215–216.
- Stark M. 2020. 10 facts about Florida strawberries that might surprise you. , Florida: Tampa Bay Times [Consultado el 30 de ago. de 2020] [https://www.tampabay.com/things-to-do/food/cooking/10-facts-about-florida-strawberries-that-might-surprise-you/2268248/#:~:text=the%20perfect%20strawberry,-,Florida%20is%20No.,warm%](https://www.tampabay.com/things-to-do/food/cooking/10-facts-about-florida-strawberries-that-might-surprise-you/2268248/#:~:text=the%20perfect%20strawberry,-,Florida%20is%20No.,warm%20)
- [USDA] United States Department of Agriculture. 2019. State Agriculture overview Florida 2019. [Consultado el 27 de ago. de 2020] https://www.nass.usda.gov/Quick_Stats/Ag_Overview/stateOverview.php?state=FLORIDA
- Waldo B, Grabau Z, Mengistu T, Crow W. 2019. Nematicide effects on non-target nematodes in bermudagrass. *J Nematol*. 51:1-12. doi: 10.21307/jofnem-2019-009.
- Watson T, Desaegeer J. 2019. Evaluation of non-fumigant chemical and biological nematicides for strawberry production in Florida. *Crop Protection*. 117:100–107.
- Watson T, Noling J, Desaegeer J. 2020. Fluopyram as a rescue nematicide for managing sting nematode (*Belonolaimus longicaudatus*) on commercial strawberry in Florida. *Crop Protection*. 132:105-108

7. ANEXOS

Anexo 1. Extracción de nematodos por método Baermann versión modificada. (A) 200 mL de suelo cubierto con servilleta (función de filtro). (B) Se tapó dejando un espacio para la entrada de oxígeno. (C) se agregó agua hasta humedecer todo el suelo hasta donde indica la flecha.



Anexo 2. Metodología de chorro forzado para la separación de los nematodos adheridos al suelo.



Anexo 3. Plato contador de nematodos en suspensión de agua desarrollado por el Departamento de Nematología de la Universidad de Wageningen, Países Bajos.

