

EVALUACIÓN DE TRES PLAGUICIDAS PARA EL CONTROL DEL NEMÁTODO AGALLADOR, *Meloidogyne spp.*, EN EL CULTIVO DE ACELGA, *Beta vulgaris var. cicla*

EVALUATION OF THREE PESTICIDES FOR THE CONTROL OF THE KNOT NEMATODE, *Meloidogyne spp.*, IN THE CULTIVATION OF CHED, *Beta vulgaris var. cycle*

MAMANI CHAUCA, S. F., ÁVILA CÉSPEDES, M. I.

RESUMEN

La presencia de nemátodos, en la agricultura especialmente el género *Meloidogyne spp.* conlleva preocupaciones debido a su impacto como fitoparásitos, generando pérdidas significativas en la producción agrícola y comprometiendo la calidad de los cultivos. El uso común de nematicidas químicos para controlar estos parásitos ha demostrado ser efectivo, pero conlleva riesgos ambientales y para la salud. Para abordar esta problemática, se investigó el empleo de dos bioplaguicidas y un producto mineral como alternativa más segura y armoniosa con el medio ambiente. En este estudio se evaluó el efecto de los bioplaguicidas *Trichoderma spp.*, *Bacillus thuringiensis* y tierra de diatomeas sobre la población de *Meloidogyne spp.*, en el cultivo de acelga. Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos correspondientes a dos dosis de los productos. Los resultados revelaron ventajas del control natural respecto al testigo, sugiriendo su potencialidad como alternativa de manejo fitosanitario que permita disminuir el uso de químicos. Los tratamientos con bioplaguicidas, especialmente *Bacillus thuringiensis* y *Trichoderma spp.*, lograron reducir significativamente la población de nemátodos en comparación con el grupo de control. Estos tratamientos mostraron una disminución considerable en la severidad del impacto en los cultivos de acelga, mejorando variables agronómicas como longitud de hojas, número de hojas, peso y rendimiento total de la cosecha. Sin embargo, tratamiento con diatomita demostró un rendimiento superior y estadísticamente significativo en comparación con el grupo de control.

PALABRAS CLAVE

Nemátodos,
Bioplaguicidas,
Trichoderma Spp.,
Bacillus Thuringiensis,
Tierras Diatomeas,
Acelga Beta vulgaris var. cicla

ABSTRACT

The presence of nematodes, in agriculture especially the genus *Meloidogyne spp.* entails concerns due to their impact as phytoparasites, generating significant losses in agricultural production and compromising the quality of crops. The common use of chemical nematicides to control these parasites has been shown to be effective, but carries environmental and health risks. To address this problem, the use of two biopesticides and a mineral product was investigated as a safer and more environmentally friendly alternative. In this study, the effect of the biopesticides *Trichoderma spp.*, *Bacillus thuringiensis* and diatomaceous earth on the population of *Meloidogyne spp.*, in the Swiss chard crop, was evaluated. A randomized block design was used with seven treatments corresponding to two doses of the products. The results revealed advantages of natural control compared to the control, suggesting its potential as an alternative for phytosanitary management that allows reducing the use of chemicals. Biopesticide treatments, especially *Bacillus thuringiensis* and *Trichoderma spp.*, managed to significantly reduce the nematode population compared to the control group. These treatments showed a considerable decrease in the severity of the impact on chard crops, improving agronomic variables such as leaf length, number of leaves, weight and total crop yield. However, diatomite treatment demonstrated superior and statistically significant performance compared to the control group.

KEYWORDS

Nematodes,
Biopesticides,
Trichoderma Spp.,
Bacillus Thuringiensis,
Diatomaceous Earth,
Chard *Beta vulgaris var. cicla*

INTRODUCCIÓN

Los nemátodos, también conocidos como gusanos redondos, representan una preocupación constante en la agricultura debido a su capacidad para actuar como fitopatógenos en el suelo y sin especificidad de hospederos.

Además, esto afecta significativamente el desarrollo de los cultivos y compromete la calidad de las cosechas. Por lo tanto, esta amenaza no solo tiene implicaciones directas en la economía de los agricultores, sino que también genera efectos negativos en el medio ambiente y en la salud de los trabajadores agrícolas al emplearse nematicidas altamente tóxicos para su control.

Las pérdidas de producción causadas por especies de *Meloidogyne* en los cultivos hortícolas varían entre el 15 y el 60%.



Figura 1. Nemátodos, especie *Meloidogyne*

Hasta ahora, la principal estrategia de control ha sido la aplicación de químicos nematicidas en la superficie del suelo. Sin embargo, aunque estos productos pueden ser efectivos para reducir la población de nemátodos y mitigar los daños a los cultivos, su uso conlleva riesgos considerables. Por otra parte, la exposición inadecuada a estos químicos puede tener consecuencias perjudiciales tanto para el entorno como para la salud humana.

Es en este contexto que se vuelve imperativo buscar alternativas más respetuosas con el medio ambiente y más seguras para los agricultores. En este sentido, una de estas soluciones prometedoras es el empleo de bioplaguicidas, que ofrecen la posibilidad de combatir los nemátodos de manera efectiva mientras se preserva la productividad de los cultivos.

Por lo tanto, en este estudio exploramos la viabilidad y los beneficios de utilizar bioplaguicidas como una opción sostenible y eficaz para el control de nemátodos en la agricultura, contribuyendo así a la protección del ambiente y la salud de quienes trabajan en el sector agrícola.

Desde los inicios de la agricultura, las civilizaciones han enfrentado desafíos considerables derivados de las devastadoras incursiones de plagas que amenazan sus cosechas.

Entre estos desafíos, los nemátodos se destacan como el grupo de animales pluricelulares más abundante en los agroecosistemas. Estos microorganismos, en su mayoría microscópicos y de aspecto vermiforme, suelen vivir libremente alimentándose de bacterias, hongos, protozoarios u otros nemátodos (Lezaun, 2016).

Sin embargo, algunas especies de nemátodos también atacan y parasitan a animales y al ser humano, causando enfermedades. En el contexto agrícola, los nemátodos se pueden clasificar en varios grupos según sus hábitos alimentarios, incluyendo saprófagos, omnívoros, depredadores y parásitos de plantas. Aunque todos ellos pueden tener cierto impacto en la producción agrícola, son los “nemátodos fitoparásitos”, que se distinguen por su estilete bucal, son los que constituyen el grupo más relevante debido a su acción patogénica. Ejemplos de estos incluyen al nemátodo de la agalla (*Meloidogyne spp.*), el nemátodo del quiste (*Heterodera globodera*) y el nemátodo de las lesiones de las raíces (*Pratylenchus brachyurus*), entre otros. Económicamente, *Meloidogyne* y *Heterodera* son los más significativos (Lezaun, 2016).

Las enfermedades causadas por los nemátodos suelen manifestarse en el sistema radicular con síntomas característicos como agallas, lesiones necróticas, proliferación de raíces secundarias y un deficiente crecimiento radicular.

En el follaje, los síntomas incluyen clorosis, desarrollo insuficiente, debilitamiento y marchitez, lo que resulta en una disminución de los rendimientos, dependiendo de la gravedad de la infestación de los suelos (UCIA-CIPER, 1976).

Las pérdidas de cosecha anuales debidas a nemátodos en la producción agrícola mundial se estiman en un rango del 11 al 14%, con daños estimados en aproximadamente \$us 100 billones cada año. Estas cifras subrayan la creciente necesidad de implementar un control efectivo (Armendariz et al., 2015).

En la agricultura actual, se busca reducir el uso de pesticidas químicos y avanzar hacia sistemas más sostenibles mediante el empleo de agentes de manejo biológico, como hongos, bacterias y diatomitas, entre otros.

La posibilidad de utilizar hongos nematófagos y otros microorganismos para el control biológico de nemátodos fitopatógenos está siendo objeto de investigación (Barron, 1977).

En este sentido, la diatomita se ha convertido en una alternativa natural para el control de nemátodos en diversos cultivos.

La diatomita es una roca sedimentaria compuesta principalmente por los esqueletos microscópicos de diatomeas, que son algas unicelulares fosilizadas. Su acción radica en dañar esencialmente la cutícula de los nemátodos y reducir su movilidad.

Además, la estructura porosa de la diatomita crea un ambiente inhóspito para los nemátodos, dificultando su desarrollo y reproducción (Luna, 2011).

MÉTODOS Y MATERIALES

El Centro Experimental está ubicado en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra de la provincia Andrés Báñez del Departamento de Santa Cruz. Geográficamente se encuentra situada en latitud sur: -17.81° longitud oeste: -63.17° y a una altura de 400 m.s.n.m.

Las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo de acelga que comprende de abril-julio se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Clima de área de estudio

Mes		Abril	Mayo	Junio	Julio
Precipitación, mm		90	78	59	98
Temperatura, °C	Min.	18	12	16	18
	Max.	33	30	27	32
Humedad Relativa, %	Min.	82	87	80	81
	Max.	95	93	93	94

El material vegetal utilizado en la presente investigación está constituido con platinos de acelga de 4 semanas de desarrollo.

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Caryophyllales</i>
Familia:	<i>Amaranthaceae</i>
Subfamilia:	<i>Chenopodioideae</i>
Género:	<i>Beta</i>
Especie:	<i>Vulgaris</i>
Subespecie:	<i>B. vulgaris var. Cicla</i>

Los productos para aplicados fueron *Trichoderma spp.*, *Baccillus thuringensis* y tierra de diatomita micronizada.

Los materiales que se utilizaron tanto en el proceso de deshierbe, la aplicación de los tratamientos y como también en la recolección de poblaciones de nemátodos fitoparásitos fueron los siguientes: Raíces infestadas con nódulos producidos por nematodos, 25 gramos/muestra; Suelo infestado por nematodos, 100 gramos/muestra; Microscopio, Balanza de precisión, Placas Petri, Porta y cubreobjetos, Embudos, Soporte universal.

Se aplicó en 3 tipos de bioplaguicidas en 2 niveles diferentes. El experimento cuenta con 7 tratamientos y tres repeticiones con un total de 21 unidades experimentales (Tabla 2)

Tabla 2. Tratamientos realizados con bioplaguicidas

Tratamientos	Descripción
T1, Testigo	Suelo
T2	<i>Trichoderma spp.</i> , 250 g/ha
T3	<i>Trichoderma spp.</i> , 500 g/ha
T4	<i>Bacillus thuringiensis</i> , 3 l/ha
T5	<i>Bacillus thuringiensis</i> , 8 l/ha
T6	Diatomita, 5 kg/ha
T7	Diatomita, 10 kg/ha

Los tratamientos de *Trichoderma spp.* y *Bacillus thuringiensis* se aplicaron en forma líquida a cada una de las plantas desde su base utilizando un bote de riego. La diatomita se aplicó directamente alrededor del tallo de las plantas de acelga.

El proceso de aplicación de los tratamientos se llevó a cabo en tres etapas.

El diseño de bloques al azar permitió controlar y minimizar la influencia de las variaciones en la fertilidad del suelo y otros factores ambientales en la respuesta de las plantas a la aplicación de los bioplaguicidas. Al asignar aleatoriamente los distintos tratamientos, que incluyen tipos y dosis de biofertilizantes, a diferentes bloques o camellones dentro del mismo ambiente, se aseguró que cualquier variabilidad desconocida en el suelo esté distribuida de manera equitativa entre los tratamientos.

La elección de emplear el paquete estadístico INFOSTAD para el análisis de datos en este trabajo se fundamenta en su certificada capacidad para llevar a cabo un análisis estadístico sólido y confiable.

El método de extracción del embudo de Baermann es una técnica utilizada para separar y recolectar nemátodos de muestras de suelo. Para ello, se suspendió un embudo de vidrio en un soporte y se conectó a él una manguera de hule cerrada herméticamente en su extremo con una pinza de presión.

En el interior del embudo se colocó papel filtro y se agregó la muestra de suelo junto con agua destilada.

Tras 24 horas de reposo, el agua con los nemátodos se recolectó en la manguera de caucho. Al liberar la pinza, se recogió el agua con nemátodos en placas Petri durante una semana. Este método es efectivo para el análisis de poblaciones de nemátodos en suelos.

Escala de severidad Bridge y Page es una herramienta utilizada para evaluar y medir la severidad de enfermedades o daños en las plantas. Esta escala se basa en una serie de criterios visuales que permiten determinar el grado de afectación de una planta por una enfermedad o plaga en particular.

La muestra consistió en 168 plantas de acelga repartidas de la siguiente manera: 8 plantas por cada repetición, con un total de 24 plantas por cada tratamiento. Se debe destacar que son 3 cosechas a lo largo de estudio.

Se realizó el laboreo profundo con pase arado y uno o dos pases superficiales, con pasadas de rastra para nivelar el terreno y que estén lo más suave posible.

Se realizó el trasplante de 8 plantines por tratamiento en dos surcos con una distancia entre plantas de 30 cm. Esta actividad se la realizó en las últimas horas de la tarde para evitar el estrés de los plantines. Terminado el trasplante se riegan todos los tratamientos y repeticiones para asegurar el prendimiento de las plantas.

La incidencia de malezas se quitó manualmente, identificando especies como *Echinochloa chacoensis*, *Portulaca oleracea* y *Cyperus rotundus*.

El riego se realizó cada día evitando la saturación y según requerimientos ambientales teniendo en cuenta que la acelga no tiene una buena resistencia a altas temperaturas o bajo niveles de humedad en el suelo. Cada riego tomó un tiempo de 10-15 minutos con aproximado de 160 litros utilizados.

Se llevaron a cabo registros de datos a lo largo de tres cosechas durante el transcurso del experimento. Se registró la longitud de la hoja en cm; Número de hojas aprovechables, Peso fresco de la hoja de acelga en g. Se calculó el rendimiento de las tres cosechas realizadas por metro cuadrado (m²)

RESULTADOS

La población inicial de nemátodos por cada 100 gramos de suelo se determina en 14 nemátodos/100 g de suelo.

La figura 2 muestra la longitud las hojas de acelga en los diferentes tratamientos.

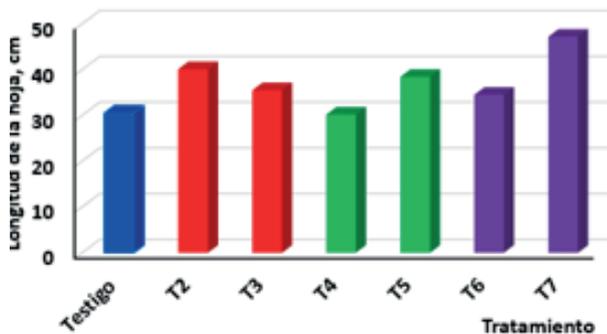


Figura 2. Longitud promedio de las hojas de acelga en los diferentes tratamientos

La figura 3 indica el número de hojas de acelga en los diferentes tratamientos.

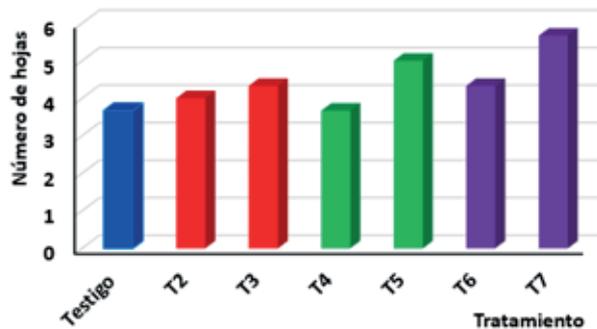


Figura 3. Número promedio de las hojas de acelga en los diferentes tratamientos

La figura 4 exhibe el peso fresco de hojas de acelga en los diferentes tratamientos.

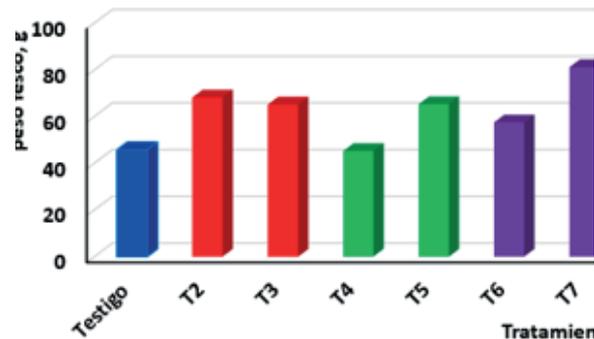


Figura 4. Peso fresco promedio de las hojas de acelga en los diferentes tratamientos

En la figura 5 se observa el rendimiento por m² de las hojas de acelga en los diferentes tratamientos.

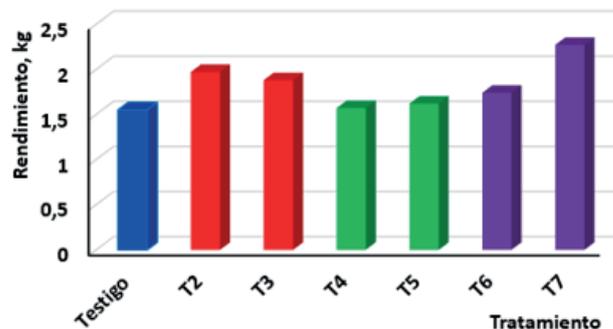


Figura 5. Rendimiento por m² de las hojas de acelga en los diferentes tratamientos

En la figura 6 se muestra un reporte fotográfico de los niveles de severidad del daño en las raíces de las plantas de acelga ocasionados por los nematodos en los diferentes tratamientos y repeticiones.

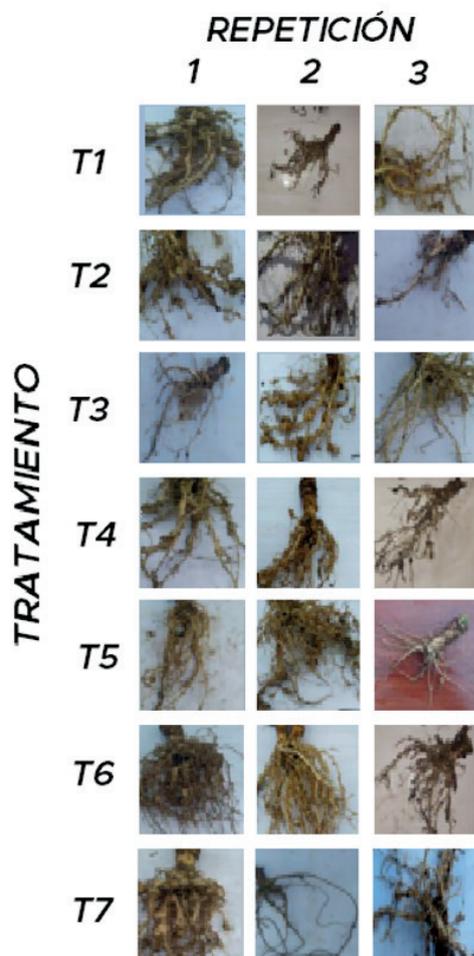


Figura 6. Fotografía de los niveles de severidad del daño en las raíces de las plantas de acelga en los diferentes tratamientos

En la figura 7 se reporta los niveles de severidad del daño en las raíces de las plantas de acelga ocasionados por los nematodos en los diferentes tratamientos.

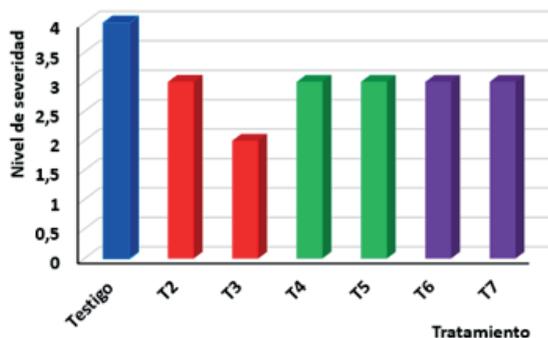


Figura 7. Severidad del daño en las raíces de las plantas de acelga en los diferentes tratamientos

La figura 8 muestra la población de nematodos presentes en las raíces de las plantas de acelga en los diferentes tratamientos.

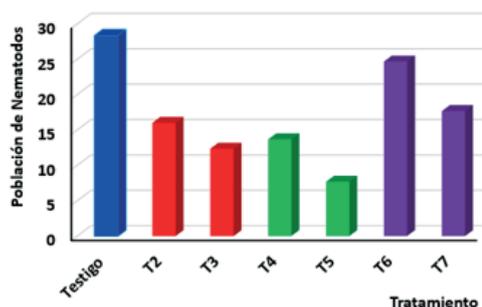


Figura 8. Población de nematodos en las raíces de las plantas de acelga en los diferentes tratamientos

DISCUSIÓN

Se puede afirmar que la fuente de silicio utilizada puede tener un impacto significativo en el crecimiento de las plantas como se puede ver en los resultados obtenidos con la aplicación de diatomita. Estudios realizados por Terán en 2009 y Núñez en 2016 indicaron respuestas variables en el crecimiento de las plantas en función de la fuente de silicio utilizada. Terán obtuvo promedios de 21,7 cm y 22,9 cm en altura de plantas en respuesta a diferentes fuentes de silicio en el cultivo. En contraste, los resultados de Núñez registraron promedios de 38,4 cm y 35,5 cm en altura de plantas con la aplicación de distintos niveles de diatomita.

La diatomita puede actuar como un agente de control de plagas, reduciendo la presión de plagas en las plantas y permitiendo que estas dediquen más energía al crecimiento y al desarrollo de hojas, lo que en última instancia resulta en un mayor número de hojas sanas y vigorosas.

Este hecho concuerda con Hoyos et al. (2004) que registraron promedios de una misma variedad con 2,31 a 7,94 hojas y 3,33 a 8,27 hojas entre primera y segunda cosecha. Por otra parte, Núñez, (2016) registró promedios entre 5,1 y 7,5 hojas en respuesta a niveles de diatomita en un periodo de tres meses.

La población inicial de nematodos antes del cultivo de acelga era de 11 a 16 nematodos por cada 100 g de suelo. En evaluación de las muestras de suelo al finalizar el experimento se puede observar un aumento en la población nemátodo con 28,33 por 100 g en el testigo. Los tratamientos con bioplaguicidas presentaron una población menor que el testigo.

Respecto a las variables agronómicas, la longitud de hoja presentó valores mayores en comparación del testigo (30,22), siendo que el que más se destacó fue el T7 (40,00). En número de hojas todos los tratamientos aplicados con bioplaguicida presentaron mayor número de hojas en relación con el testigo, siendo el mayor T7 (5,67). En

relación al peso, el testigo presentó el menor valor 45,72 g y la diatomita del T7 presento 81,13 g, casi el doble que el testigo, seguido del T2 (68,15 g), T3 (56,08 g), T5 (65,24 g) y T6 (57,26 g) que son estadísticamente iguales. En cuanto al rendimiento, el tratamiento con bioplaguicida en el T7 de diatomita presentó el mayor valor siendo una estadística altamente significativa con un valor de 2,27 kg, seguido del T2 con 1,97 kg y T3 con 1,88 Kg, que son estadísticamente iguales.

Según la escala de severidad de Bridge y Page en los cultivos anteriores a la acelga de apio y frijol tenían entre un 25-50 %, el testigo presento estar en el nivel 4 de 25-50 % en comparación con los aplicados con bioplaguicidas disminuyo en los tratamientos T2, T4, T5, T6, y T7 con un nivel de 11-25% siendo el destacado el T3 un nivel de 1-10 %.

REFERENCIAS

- BARRON, G. (1977). THE NEMATODE-DESTROYING FUNGI. TOPICS IN MYCOBIOLOGY NO. 1. CANADIAN BIOLOGICAL PUBLICATIONS LTD., GUELPH.
- LEZAUN, J. (2016). NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.CROPLIFELA.ORG/ES/PLAGAS/LISTADO-DE-PLAGAS/NEMÁTODOS-FITOPARASITOS](https://www.croplifela.org/es/PLAGAS/LISTADO-DE-PLAGAS/NEMÁTODOS-FITOPARASITOS)
- LUNA, A. (2011). EL NEMATODO BARRENADOR (RADOPHOLUS SIMILIS [COBB] THORNE) DEL BANANO Y PLÁTANO.

CITA

