

EFFECTO DE CONTROLADORES BIOLÓGICOS SOBRE EL NEMATODO *Meloidogyne* spp EN LULO (*Solanum quitoense* Lam)

EFFECT OF BIOLOGICAL CONTROL IN NEMATODE *Meloidogyne* spp IN LULO (*Solanum quitoense* Lam)

Claudia Salazar G.¹, Carlos Betancourth G.², Alvaro Castillo M.³

Fecha de recepción: Agosto 16 de 2011

Fecha de aceptación: Febrero 21 de 2012

RESUMEN

En Colombia, el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* L.) presenta enfermedades que limitan su producción, como las causadas por los nematodos del nudo radical *Meloidogyne* sp., que destruyen lentamente las plantaciones, ocasionando pérdidas cercanas al 50%. En Nariño la situación es similar, por tal motivo, se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto de hongos biocontroladores sobre el patógeno. En invernadero se compararon 36 tratamientos correspondientes a *Beauveria bassina*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus* en concentraciones de 1×10^6 hasta 1×10^9 y tres dosis de aplicación 20, 30 y 40 cc, más un testigo absoluto, con cinco repeticiones y una unidad experimental de 10 plantas. A los dos meses de edad, las plantas se inocularon con cada tratamiento en drench y diez días después se aplicaron en la base de la raíz 10000 huevos de *Meloidogyne* spp en una solución de 50cc. Las variables evaluadas fueron: incidencia y severidad, determinando como criterio de selección para pruebas en campo, los tratamientos que presentaron un grado de severidad menor a 2 e incidencia menor a 30%. En campo, se realizó un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y 3 repeticiones. Las variables evaluadas fueron incidencia, severidad y rendimiento. El análisis de varianza y prueba de comparación indicaron que los tratamientos *Paecilomyces* sp a una concentración de 1×10^6 y una dosis de 30 cc y el producto químico (carbofuran), presentaron los más bajos niveles de severidad (<1) y los más altos promedios de rendimiento por hectárea. Se concluye que el control biológico con el hongo *Paecilomyces* sp es una alternativa para el manejo integrado del nematodo del nudo radical.

Palabras clave: nematodo agallador, control biológico, severidad, producción.

¹ Profesora Asistente. I.A.M.Sc., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. claudiasalzarg@yahoo.com.
² Profesor Asociado. I.A M.Sc., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. cbet70@yahoo.com.
³ Investigador grupo Sanidad Vegetal. I.A M.Sc., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. jacastillomarin@yahoo.com

ABSTRACT

Quito orange (*Solanum quitoense* L.) cultivation in Colombia shows production limiting diseases, caused by root knot nematodes *Meloidogyne* sp. that slowly destroys plantations, causing around 50% of losses. The situation in Nariño is the same; there for it his study was carried out in order to evaluate the biocontrol effect of fungal on the pathogen. 36 treatments were compared in greenhouse corresponding to *Beauveria bassina*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces lilacinus* at concentration of 1×10^6 to 1×10^9 and three application rates of 20cc, 30cc and 40cc, plus an absolute control, with five repetitions and an experimental unit of 10 plants. At two months of age, plants were inoculated with each drench treatment and ten days after, 10000 eggs of *Meloidogyne* spp were applied at the root base in a solution of 50cc. the evaluated variables were: incidence and severity, determining as a selection criteria treatments that showed less than 2 of severity and less than 30% of incidence. In field, a randomized block design with six treatments and three replications was carried out. The variables evaluated were incidence, severity and yield. The variance analysis and comparison test indicated that treatments *Paecilomyces* sp. at a concentration of 1×10^6 and a dose of 30 cc and the chemical (carbofuran), showed the lowest severity levels (<1) and the highest average yield per hectare. It can be conclude that the biological control with the fungus *Paecilomyces* sp. is an alternative to the integrated management of root knot nematode.

Key words: root knot nematode, biological control, severity, production.

INTRODUCCIÓN

El lulo *Solanum quitoense* L. también conocido como naranjilla es uno de los frutales con mayor expectativas para exportación. El cultivo ha adquirido importancia, debido al gran auge que ha tenido la fruta en los mercados nacionales, constituyéndose así en una alternativa favorable para la economía de los agricultores de Colombia. En el 2011 se cultivaron alrededor 6748 ha, con una producción de 57070 t obteniéndose rendimientos de 8.4 t.ha⁻¹ aproximadamente. En el departamento de Nariño, para el mismo año se sembraron 448 ha, con una producción de 2269 t que representa el 3.4% de la producción nacional y un rendimiento de 5.1 t. ha⁻¹ por debajo del rendimiento nacional de (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012).

Las enfermedades radicales se han convertido en uno de los problemas fitosanitarios que más afectan al cultivo, entre ellas está la formación de agallas radicales causadas por el nematodo *Meloidogyne* sp. Existe una extensa gama de especies del nematodo del nudo radical, como *M. incognita*, *M. hapla*, *M. arenaria*, *M. javanica* entre otras, las cuales presentan una amplia distribución y rango de hospedantes. En Nariño, en cultivos de lulo ha causado daños irreversibles al sistema radical de las plantas, además su alta capacidad reproductiva lo hace responsable de incidencias cercanas al 79% y pérdidas del 50% (García y Obando, 2004; Sañudo *et al.*, 2003, Gelpud, *et al.*, 2010; Betancourth *et al.*, 2011).

A nivel mundial, la tendencia desde hace ya más de dos décadas, para el control de enfermedades que afectan diferentes cultivos, se basa en la utilización de estrategias de mane-

jo integrado; en donde se destaca el control biológico con microorganismos, que registran excelentes resultados (Crespo, 2001). El control biológico de nematodos, significa un aporte importante especialmente en grupos de organismos fitopatógenos que habitan en el suelo, los nematodos ocupan el segundo lugar en términos de abundancia, solo superados por los protozoos (Dube y Smart, 1987).

En condiciones naturales, plantas, bacterias, virus, hongos, insectos e incluso otros nematodos regulan las poblaciones de *Meloidogyne* sp. mediante mecanismos como competencia, antibiosis, parasitismo, depredación e inducción de respuestas de resistencia en la planta hospedante (Sañudo *et al.*, 2003).

El parasitismo supone una serie de acciones naturales ejercidas directamente por el hongo, contra el patógeno. Las distintas cepas de hongos oportunistas del suelo pueden llegar a colonizar huevos, larvas y adultos de *Meloidogyne* sp. (Dube y Smart, 1987). El hongo parásito mantiene un contacto casual con el hospedero y puede ser necrotrófico, cuando obtiene parte de los nutrientes del hospedero después de causar su muerte o biotrófico, cuando hay toma de nutrientes al producirse contacto con las células vivas del huésped. Entre éstos se puede destacar a: *Dactylella oviprasitica*, *Fusarium solani*, *Catenaria anguillulae*, *Verticillium chlamidosporium*, *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y los géneros *Penicillium*, *Dactylaria*, *Cephalosporium* y *Cladobotryum* (Sañudo *et al.*, 2001)

Una de las especies de hongos más estudiadas por diferentes investigadores en el control de *Meloidogyne* spp., es *Paecilomyces lilacinus*, el cual parasita huevos, invadiéndolos y después destruyendo sus embriones, evitando así la formación de larvas. También parasita hembras a las cuales les causa la muerte. Se es-

tablece en el suelo, crece saprofiticamente, se disemina con bastante rapidez y en corto tiempo llega a ser la especie dominante (Dube y Smart (1987). Mediante experimentos de laboratorio se encontró que *P. lilacinus*, crece bien en rangos de temperatura entre 15 y 30 °C, con un óptimo entre 25 y 30 °C. Parece que el requerimiento de temperatura para su crecimiento es análogo al de su huésped prioritario (Frapoli, 1991).

Jiménez y Gallo (1986) afirman que *P. lilacinus*, a nivel de invernadero, tiene alto grado de eficacia en el control de *M. incognita* con un control entre el 89,44 y 94,33%, en este caso, el hongo no solo ataca las masas de huevos, sino también penetra en el cuerpo de las hembras, destruyéndolas.

Mediante estudios realizados a nivel de invernadero en tomate de árbol (*Solanum betacea*) y lulo (*S. quitoense*), al evaluar el parasitismo de hongos sobre hembras de *Meloidogyne* spp.; se encontró que *M. anisopliae*, *B. bassiana* y *P. lilacinus* presentaron porcentajes de parasitismo de 82,32, 74,65 y 73,11% respectivamente y fueron altamente significativos al 99% de probabilidad estadística comparados con el testigo. Así mismo, no se encontraron diferencias en el parasitismo entre hongos, lo cual indica que en condiciones de laboratorio en las cuales se llevó a cabo el experimento, *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* fueron igualmente efectivos para parasitar al nematodo (Lora, y Betancourth, 2008).

Los mismos tratamientos *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* antes de la inoculación de *Meloidogyne* spp., redujeron la enfermedad en porcentajes de 56.22, 70.96 y 85.76%, respectivamente. Por su parte, Giraldo y Leguizamón, (1997) encontraron reducción de la población de *Meloidogyne* spp., entre un 32 y 49% con la aplicación de *P. lilacinus*.

De otra parte, Lora y Betancourth (2006), registró el efecto positivo de control del nematodo del nudo radical con los hongos *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*, en condiciones de laboratorio e invernadero. No obstante, a la fecha dichos biocontroladores no se han evaluado en condiciones de campo en Nariño, para valorarlos como una posible estrategia de manejo. Además, los agricultores continúan realizando aplicaciones de nematocidas sin encontrar respuestas positivas en el cultivo.

Con base en estos antecedentes se planteó la presente investigación, con el fin de comprobar el efecto producido por *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*, sobre el nematodo del nudo radical en lulo. Además, evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad como respuesta a los diferentes tratamientos en invernadero y adicionalmente, los componentes de rendimiento en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios correspondientes a laboratorio e invernadero se realizaron en las instalaciones de la Universidad de Nariño, ubicado a 2489 msnm, con una temperatura promedio de 13°C. 01° 17' 7" LN y 77° 17' 7" LO. El trabajo de campo se llevó a cabo en la localidad de La Caldera a 22 km del Municipio de Pasto con una altura 1990 msnm, temperatura promedio de 18°C y precipitación promedio de 1600 mm/año.

Fase de laboratorio

Obtención del Inóculo de los Hongos (*B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*). Las cepas de estos hongos ya existentes en el laboratorio de Microbiología de la Universidad de Nariño, se potencializaron previamente sobre las poblaciones de nematodos, los cuales

fueron extraídos desde las raíces afectadas (hembras y huevos), depositados en cajas de Petri con medio de cultivo (PDA) e inoculados con una suspensión de esporas (1×10^6) de los diferentes hongos, siguiendo la metodología propuesta por Lora y Betancourth, (2008); Giraldo y Leguizamón (1997). Posteriormente, se aislaron en cajas Petri con medio de cultivo PDA con el fin de obtener colonias activas, a partir de las cuales se multiplicaron cada uno de ellos en sustrato de arroz.

Fase de Invernadero

Para evaluar el efecto de los diferentes hongos en el control del nematodo del nudo radical, se llevó a cabo un ensayo en invernadero para ajustar dosis y concentraciones adecuadas para la fase de campo.

Se visitaron lotes en los cuales se detectó la presencia del nematodo del nudo radical afectando epidémicamente plantaciones de lulo. Se trabajaron las especies prevalentes en la zona, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla* y *M. exigua*, según lo reportado en este cultivo en Nariño (García *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2010; Gelpud *et al.*, 2011).

Para el semillero se utilizaron plantas de lulo de la Variedad Castilla, las cuales se colectaron; en los municipios de La Florida, La Unión y San Pedro de Cartago, en un sustrato de suelo-arena en proporción 1:1, previamente desinfectado con formol al 5% (1cc.L^{-1}). Sobre este sustrato se sembraron las semillas, manteniendo regulada la sombra y una humedad favorable para la germinación de las plántulas, además se realizaron prácticas para prevención y manejo de enfermedades, como mal del talluelo.

Una vez las plántulas emergieron y presentaron una altura de 5 a 10 cm se trasplantaron a bolsas de polietileno de cuatro kilogramos,

las cuales contenían un substrato de arena + suelo previamente desinfectado, en donde permanecieron durante el tiempo de evaluación en invernadero.

Se estableció un diseño irrestrictamente al azar con arreglo factorial 4 x 3 x 3 +1 con tres repeticiones, correspondiente a cuatro concentraciones: 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 y 1×10^9 esporas/mL, tres dosificaciones del inóculo: 20, 30 y 40 cc de suspensión del hongo, tres especies de hongos (*Beauveria sp.*, *Paecilomyces sp.* y *Metarhizium sp.*) y un testigo absoluto. La unidad experimental correspondió a cinco plantas.

Los diferentes tratamientos se aplicaron cuando las plantas alcanzaron una altura de 20 cm (aproximadamente dos meses después de la siembra) y se depositó la solución en el suelo. Diez días después se inoculó una suspensión de 50 mL, conteniendo 10000 huevos de *Meloidogyne* spp., depositándola con ayuda de una pipeta en 3 orificios equidistantes en la zona de mayor concentración de raíces (Mañuzca y Varon, 2001).

Los huevos se obtuvieron licuando durante 30 segundos, trozos de tejido (1 a 2 cm) radical enfermo en hipoclorito de sodio al 0,5%. Posteriormente, se pasó a través de tamices de 200 y 500 mallas, recogiendo el contenido del segundo tamiz en un beaker y finalmente

se calibró en una placa de conteo hasta alcanzar una concentración de 100 huevos/mL (Hussey y Barker, 1973).

Variables de Evaluación

Incidencia. Se evaluó el número de individuos afectados por el nematodo, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Núm. de plantas afectadas}}{\text{Total de plantas}} \times 100$$

Después de tres meses de aplicados los tratamientos, se evaluaron las plantas por presencia o ausencia de síntomas (nudos radicales); para esto se realizó un muestreo destructivo de raíces en todas las plantas.

Severidad. Al mismo tiempo cada una de las plantas se sacaron tratando de no ocasionar daños al sistema radical; se lavaron las raíces para evaluar los índices y porcentajes de infección de *Meilodogyne* con la escala de severidad propuesta por Taylor y Sasser (1983) (Fig.1).

Índice de selección. Para la siguiente fase (campo) se seleccionaron los tratamientos que presentaron los mejores resultados en las variables de incidencia y severidad, escogiendo aquellos que no superaron 30% de incidencia y el grado 2 (11 y 25%) en la escala de severidad.

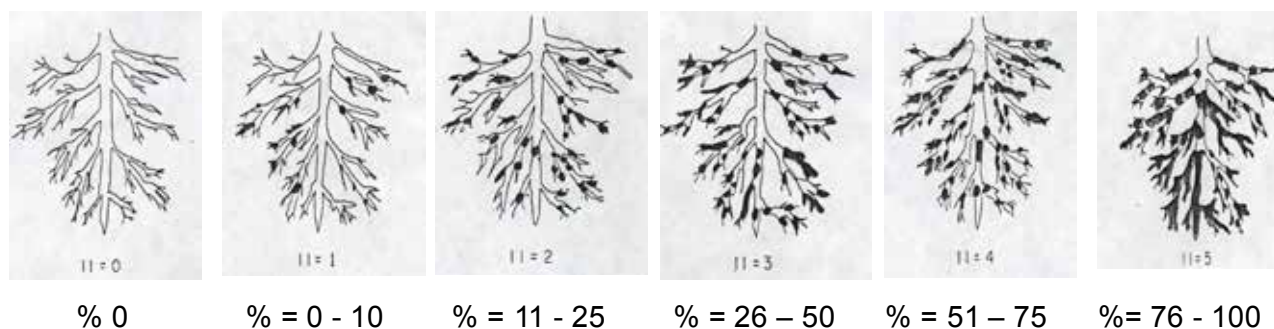


Figura 1. Escala de Severidad de daño radical causado por *Meloidogyne* sp.

Fase de campo

Se utilizó un lote donde el problema del nematodo del nudo radical limitó considerablemente la producción de lulo en la campaña anterior, con un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y tres repeticiones (cada unidad experimental con 9 plantas).

El área experimental fue de 648 m², las plantas se distribuyeron en tres surcos de tres plantas a una distancia de 2m x 2m. Además con el objetivo de eliminar el efecto de borde, se sembró un surco de plantas de lulo de la misma variedad al contorno del lote.

Los tratamientos correspondieron a *Beauveria* sp. 1x10⁶ esporas por mL y 40 cc de dosificación, *Beauveria* sp. 1x10⁷ a 40cc, *Paecilomyces* sp. 1x10⁶ a 30 cc, *Paecilomyces* sp. 1x10⁷ a 20 cc, más un tratamiento con un producto químico (Carbofuran) en dosis comercial, el cual se aplicó al momento de la siembra y dos veces más cada tres meses y el testigo absoluto.

Los hongos se multiplicaron en bolsas de polietileno con arroz cocido, se calibraron las concentraciones de cada tratamiento en cámara de Neubauer y se depositó una solución de cada uno, cerca a las plantas al momento de la siembra, a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.

Variables de respuesta

Incidencia. Después de 12 meses de aplicados los tratamientos, se evaluaron las plantas por presencia o ausencia de síntomas (nudos radicales); realizando un muestreo de raíces. Para la evaluación se tomaron las plantas de cada unidad experimental.

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Núm. de plantas afectadas}}{\text{Total de plantas}} \times 100$$

Severidad. En la misma época, se realizó paralelamente la lectura de la severidad, haciendo uso de la escala de severidad propuesta por Taylor y Sasser, 1983 (Fig.1).

Componentes de rendimiento. Desde la primera hasta la sexta cosecha, en las nueve plantas de la unidad experimental se evaluó la producción, colectando y pesando la totalidad de los frutos maduros.

Análisis estadístico. Los datos de rendimiento y severidad fueron sometidos a análisis de varianza con base en el modelo estadístico correspondiente. Además, se realizaron pruebas de significancia de Tukey. Los datos expresados en porcentaje fueron transformados por la fórmula $\arcsen \sqrt{x}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de Invernadero

Incidencia. Se encontró que ésta fluctuó del 25 hasta el 100% (Tab.1), lo cual demuestra que la concentración y dosis aplicadas del inóculo (10000 huevos/mL) para este tipo de plantas genera procesos de infección. Es así como trabajos realizados por Mañuzca y Varon (2001) establecen que una concentración de 10000 huevos/mL, es óptima en la obtención de plantas con formación de agallas. Sin embargo, Giraldo *et al.*, 1996) trabajando a una concentración de 2500 huevos/mL indicaron que el inóculo primario fue suficiente para causar el desarrollo de la enfermedad en plantas de estropajo. Por otra parte, Álvarez *et al.* (2010) y Gelpud *et al.* (2011) en pruebas en invernadero, obtuvieron una incidencia del 100% de plantas de tomate de árbol y lulo afectadas por el nematodo, empleando la misma concentración (10000 huevos) los cuales se aplicaron a los primeros cinco centímetros en una solución de 50mL.

Severidad. Los resultados muestran que los grados de severidad para los diferentes tratamientos oscilaron entre 1,2 hasta 4,66 para el caso del testigo (Tab.1). Con los hongos biocontroladores se encontró la siguiente variación: en *Beauveria* sp. los grados de severidad se encuentran entre 1,2 a una concentración de 1×10^7 en 40 mL de suspensión y 3,73 a una concentración de 1×10^9 en 30 mL de suspensión. En *Metarhizium* sp. los grados de severidad se encuentran entre 1,8 a una concentración de 1×10^6 en 30 mL de suspensión y 3,53 a una concentración de 1×10^9 en 20 mL de suspensión, y para el hongo *Paecilomyces* sp. los grados de severidad se encuentran entre 1,33 a una concentración de 1×10^6 en 20 mL de suspensión y 2,6 a una concentración de 1×10^7 en 30 mL de suspensión.

Estos datos indican que el comportamiento de los hongos no responde a una función lineal, puesto que no hay un mayor control a medida que aumenta la concentración de esporas de los hongos y por tal razón, es importante el evaluar diferentes concentraciones y dosis para poder establecer un tratamiento

con porcentajes adecuados de control. En la tab.1 se muestran los tratamientos seleccionados para la fase de campo según los criterios establecidos.

Los valores de severidad encontrados en los tratamientos con *Beauveria* y *Paecilomyces* corresponden a un grado de afección entre el 1 al 25%, debido a la población inicial del nematodo (población inoculada) y al incremento poblacional de este a través del tiempo. Además, la aplicación dirigida del inóculo sobre las raíces fue una condición favorable para la infección, que resultó altamente exigente para que los hongos realizaran su control.

Estos resultados y los encontrados por Lora y Betancourth (2008), evidencian la efectividad de los tratamientos en el control del nematodo bajo condiciones de invernadero, con un porcentaje superior al 75% como también lo reportan Jiménez y Gallo (1983); Cárdenas y Benavides (1996); Giraldo y Leguizamón (1997); en diferentes cultivos.

Tabla 1. Evaluación de Incidencia y Severidad en los tratamientos evaluados con hongos biocontroladores de *Meloidogyne* sp.

Concentración dosis(cc)	<i>Beauveria</i> sp		<i>Metarhizium</i> sp		<i>Paecilomyces</i> sp.	
	S	I	S	I	S	I
1×10^6 - 20	2,53	40	1,73	53,3	2,6	13,3
1×10^6 - 30	2,53	53,3	1,8	46,6	1,33*	26,66
1×10^6 - 40	1,26*	20	3	46,6	2,33	40
1×10^7 - 20	1,6	46,6	2,6	60	1,46*	13,3
1×10^7 - 30	1,73	60	2,06	53,3	2,46	20
1×10^7 - 40	1,2*	13,3	1,73	86,6	2,6	20
1×10^8 - 20	1,9	33,33	2,4	53,3	1,86	40
1×10^8 - 30	2,26	60	2,06	40	2,6	46,6
1×10^8 - 40	2,26	20	1,8	40	1,93	20
1×10^9 - 20	2,33	86,6	3,53	60	2,33	26,6
1×10^9 - 30	2,73	60	2,4	73,33	2,00	46,6
1×10^9 - 40	3	53,3	2,46	53,3	2,06	33
Testigo	5	100				

*Tratamientos seleccionados para fase de campo (incidencia <30% y severidad < 2)

A los 60 días todos los tratamientos probados presentaron porcentajes de infección radical entre 1 al 50%, al respecto Cano y Gil (1980) afirman que 600 juveniles de *Meloidogyne* sp ubicados en la zona radical de una planta de café, son suficientes para producir una infección de grado 5, tres meses después de ser inoculados. Además, Lara *et al.* (1996), concluyen también que es más favorable para el control del nematodo la incorporación del hongo al momento de la siembra. Al respecto Leguizamón y Padilla (2001), obtuvieron porcentajes de mortalidad de 64,28% y 52,24% con *B. bassiana* y *M. anisopliae*, respectivamente, aplicando 2 g de los hongos cultivados en arroz por 150g de suelo estéril, a su vez Lora y Betancourth (2008), obtuvieron porcentajes de infección radical de 18, 23 y 31% con *M. anisopliae*, *B. bassiana* y *P. lilacinus* respectivamente, aplicados diez días antes de inocularse *Meloidogyne* sp. a una concentración de 5×10^8 conidias por mL en 20 mL de suspensión, incorporados en el suelo, comparado con el testigo (48,31%).

Sasser y Carter (1985); Bustillo y Posada (1996); Leguizamón y Padilla (2001) han demostrado experimentalmente la producción de enzimas quitinasa, lipasa, proteasa entre otras del hongo *B. bassiana*, que degradan la pared de los huevos de *Meloidogyne* sp, constituidos por lípidos, proteínas y quitinas, produciendo pérdida de turgencia de los mismos y lisis de estadios J2. Además, Jatala (1986), afirma que su eficacia se debe a que los hongos crecen rápidamente parasitando los huevos que están en etapa temprana de desarrollo embrionario.

Fase de Campo

Incidencia. Durante el período de evaluación se observó síntomas de la enfermedad, representados en un ligero amarillamiento de las hojas, acompañado de reducción en el crecimiento y disminución en número de inflorescencias, flores y fruto. Al realizar el muestreo destructivo la incidencia osciló entre 35 al 100%, siendo *Paecilomyces* sp., el tratamiento con menor incidencia y el testigo mostró la totalidad de las plantas infectadas. Los datos de incidencia confirman el estado inicial de la población del nematodo en el lote y el efecto del hongo *Paecilomyces* sp. sobre el patógeno. La incorporación de los hongos antes y al momento de la siembra, permiten su adaptación al suelo y desarrollo de nuevos propágulos para la infección del nematodo en forma oportuna (Román y Rodríguez, 1985).

Severidad. El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos evaluados con respecto al testigo. El tratamiento de *Paecilomyces* sp. a una concentración de 1×10^6 y una dosis de 20 cc y el producto químico (carbofuran) fueron los que obtuvieron los valores más bajos de severidad (grado 1), en la cual la planta presenta nudosidades leves. Los valores más altos de severidad, por encima del 50% se obtuvieron con el tratamiento de *Beauveria* sp. (1×10^7) a una dosis de aplicación de 40 cc y el tratamiento testigo (Tab.2), con deterioro considerable de la raíz y su función.

Tabla 2. Comparación de Severidad (%) mediante la prueba de Tukey

Tratamientos	Severidad %	Significancia*			Grado
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 1×10^6 - 30cc	5,40	A			1
Testigo comercial (Carbofuran)	7,89	A			1
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 1×10^7 - 20cc	23,82		B		2
<i>Beauveria bassiana</i> 1×10^6 - 40cc	37,49			C	3
<i>Beauveria bassiana</i> 1×10^7 - 40cc	54,50			D	4
Testigo absoluto	58,59			D	4

* Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) DMS=11,61946

Las plantas afectadas por nematodos perdieron vigor; sus hojas bajas se tornaron amarillas; además se redujo considerablemente su producción y manifestaron marchitez. Los nematodos se detectaron por nudos en todo

el sistema radical (Fig.2), lo que ocasionó en algunos casos, heridas y pudrición de raíces de las plantas con interacción de otros patógenos.



Figura 2. Plantas con grado de severidad 3 y 4 (A y B), y severidad (1) (C).

De otra parte, las raíces afectadas sufren daños fisiológicos que no permiten un desempeño óptimo en la asimilación de los nutrientes y agua. La aplicación del hongo *Paecilomyces* a una concentración de 1×10^6 y una dosis de 30cc, presentó un control similar al del producto químico. Sobre este particular, la efectividad de *P. lilacinus* en el control de poblaciones de nematodos formadores de agallas ha sido comprobada en diferentes estudios a nivel mundial (Schenck, 2004; Arulmozhiyan et al., 2000; Román y Rodríguez, 1985).

Otro argumento es planteado por Jatala (1986), quien afirma que su eficacia se debe a que desde el momento que tienen contacto con los huevos, este hongo crece rápidamente parasitando los que están en etapa temprana de desarrollo embrionario, lo que corrobora que la aplicación debe hacerse desde la siembra o antes. Así mismo, Cárdenas y Benavides (1996), encontraron en cultivos de melón (*Cucumis melo*) y sandía (*Citrullus lanatus*), eficiencia en la aplicación de *P. lilacinus* en el

control de *Meloidogyne* spp., con porcentajes de infección radical del 13%, que son similares con los obtenidos en esta investigación, el cual fue del 5,4%, estableciendo la importancia de *P. lilacinus* dentro del biocontrol de este patógeno.

En otro sentido, según lo reportado por Cabanillas et al. (1988), *P. lilacinus* posee la habilidad de colonizar células epidérmicas y la corteza de raíces y de esta forma protege a la planta del ataque de microorganismos y Cardona y Leguizamón (1997) señalan que *P. lilacinus* produce enzimas específicas que degradan la cutícula y pared de hembras de *Meloidogyne* spp., promoviendo la disminución del daño que causa el nematodo.

Los resultados obtenidos en esta investigación, se suman a los ya reportados por otros autores para establecer que el hongo *P. lilacinus* puede concebirse como un biocontrolador efectivo sobre el nematodo agallador, particularmente en el sistema de producción de

lulo, con un desempeño igual al tratamiento químico (carbofuran).

Rendimiento. Según el análisis de varianza se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P \leq 0,05$),

obteniéndose los más altos rendimientos en los tratamientos con *Paecilomyces* y carbofuran, que a su vez presentan los más bajos porcentajes de incidencia y severidad, corroborando el efecto negativo de la patología sobre las plantas y su rendimiento.

Tabla 3. Prueba de Tukey para la variable Rendimiento t.ha⁻¹

Tratamientos	Rendimiento tn.ha ⁻¹	Significancia*		
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 1* 10 ⁶ - 30cc	7,12207467	A		
Testigo comercial (Carbofuran)	6,57380400	A	B	
<i>Beauveria bassiana</i> 1* 10 ⁶ - 40cc	4,04649533		B	
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 1* 10 ⁷ - 20cc	3,80354333		B	
<i>Beauveria bassiana</i> 1* 10 ⁷ - 40cc	2,59484967			C
Testigo absoluto	1,59930800			C

*Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) DMS=1986393,41862

Los resultados alcanzados durante tres pases de cosecha indican que el rendimiento obtenido con el tratamiento de *Paecilomyces* sp. y el químico superan el promedio regional, (5,1 t.ha⁻¹), acercándose al promedio nacional de (8,4 t.ha⁻¹), es notable el daño causado por el nematodo, el cual genera pérdidas considerables en la producción. Las diferencias encontradas entre los tratamientos se atribuyen a la disminución de las poblaciones del nematodo por efecto del hongo *Paecilomyces*, lo que contribuyó que las plantas estuvieran menos parasitadas prolongando su ciclo biológico y productivo. Lara *et al.* (1996) evaluaron en campo la eficacia del hongo *P. lilacinus* sobre el nematodo nodulador el cual redujo las poblaciones de *M. incognita* en el suelo y en las raíces, parasitó los huevos del nematodo, disminuyó la nodulación radical e incrementó los rendimientos y los beneficios económicos del cultivo. Al comparar con el grado de severidad encontrado, se puede corroborar que en el caso del testigo absoluto frente al trata-

miento de *Paecilomyces lilacinus* 1*10⁶ - 30cc y el tratamiento químico hay un incremento en el rendimiento en un 77 y 75% respectivamente.

CONCLUSIONES

El uso de hongos biocontroladores del nematodo *Meloidogyne* spp. fue eficiente en el manejo de la enfermedad.

Las menores concentraciones evaluadas fueron determinantes en el control de poblaciones del nematodo agallador del lulo.

El efecto del hongo *Paecilomyces* sobre las poblaciones del nematodo agallador fue similar al control químico, siendo una alternativa para el manejo integrado del nematodo del nudo radical.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, L.; CHAVEZ, L.; SALAZAR C. y BETANCOURTH, C. 2010. Reacción de genotipos de tomate (*Solanum betaceum* Cav. Sendt. al nematodo *Meloidogyne* spp. Chitwood. Fito-patología Colombiana v.34 p.65 - 70
- ARULMOZHIYAN, J.; MUTHUSAMY, S. and MANUEL, W. W. 2000. Field application of *Paecilomyces lilacinus* for the control of *Meloidogyne incognita* on betelvine, Piper betle. *Nematol. Medit.*, 28(2): 131-133.
- BETANCOURTH, C.; SALAZAR, C. y RODRIGUEZ, M. 2011. Evaluación de coberturas de suelo con caléndula (*Calendula officinalis* L.), Crotalaria (*Crotalaria* sp. L.) y Avena (*Avena* sp.) en el control de *Meloidogyne* spp. en lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Revista de Ciencias Agrícolas*. 28 (2). 43 – 57 pp.
- BUSTILLO, A. E. y POSADA, F. J. 1996. El uso de entomopatógenos en el control de la broca del café en Colombia. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 42: 1-13.
- CABANILLAS, E.; BARKER, K.R. and DAYKIN, M.I. 1988. Histology of the interactions of *Paecilomyces lilacinus* with *Meloidogyne incognita* on tomato. *J. Nematol.* 20: 362-265.
- CANO, J. y GIL, V. 1980. Dinámica de la población de *Meloidogyne incognita* raza 5 a diferentes densidades en *Coffea arabica* variedad Caturra, en condiciones de vivero. (Tesis: Ingeniero Agrónomo Manizales (Colombia), Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 111 p.
- CARDENAS, D. y BENAVIDES, F. 1996. Efecto del hongo *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samsón sobre el nematodo de agalla *Meloidogyne incognita* Chitwood del melón (*Cucumis melo* linn.) y la sandía (*Citrollus vulgaris* schrad.) en una zona del municipio de Taminango, Nariño. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. 109 p.
- CARDONA, N. y LEGUIZAMÓN, J. 1997. Aislamiento y patogenicidad de hongos y bacterias al nematodo del nudo radical del café *Meloidogyne* spp. En: *Fitopatología Colombiana*, 21(1), 39-52 pp.
- CHRISTIE, J. 1985. Nematodos de los vegetales: su ecología y control. Limusa, México, 275p.
- CRESPO, M. 2001. El control biológico de los fitonematodos: una alternativa al uso de nematocidas y cultivos transgénicos. In: www.ceniap.gov.ve/bdigital/congresos/fitopato. México.
- DUBE, B. and SMART, C.J. 1987. Biological control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* a fungus that parasites nematode eggs. *Nematology circular* No. 203, 12p.
- FERNANDEZ, J. y GARCÍA, A. 1996. Identificación de hongos patógenos del nematodo *Meloidogyne incognita* chitwood en el departamento de Nariño. Tesis ingeniero Agrónomo, Universidad de Nariño, Pasto, 67p.
- FRAPOLLI, E. 1991. Plagas del tomate: Bases para el control integrado. Nematodos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid: 194 pp.
- GARCÍA, F.; OBANDO, J. y BETANCOURTH, C. 2004. Reconocimiento de especies de *Meloidogyne* sp. en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y (*Solanum quitoense*) en la zona norte del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas* (31): 1-2.9-23P.
- GELPUD, C., MORA, E., SALAZAR, C. y BETANCOURTH, C. 2011. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum* spp. al nematodo causante del nudo radical *Meloidogyne* spp. (Chitwood). *Revista Acta Agronómica*. Vol. 60. No. 1. 50– 67 pp.

- GIRALDO, M. A. y LEGUIZAMÓN, T. 1997. Evaluación de *Paecilomyces lilacinus* para el control de *Meloidogyne* spp. en almácigos de café var. Caturra. In: Fitopatología Colombiana, 21(2). 104 – 117 pp.
- GIRALDO, M.; LEGUIZAMÓN, J. y CHAVEZ, B. 1996. Control biológico de *Meloidogyne* spp. Goeldi con el hongo *Paecilomyces lilacinus* (Thom). Samson. en plantas de estropajo (*Luffa cylindrica* L.). Fitopatología Colombiana, 20 (1). 20 – 25 pp.
- HUSSEY, R.S. and BARKER, K.R.A. 1973. Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp including a new technique. Plant Disease Reporter 57: 1025 – 1028.
- JATALA, P. 1986. Biological control of plant parasitic nematodes. - Ann. Rev. Phytopath. 24:453-489
- JIMENEZ, M. y GALLO, P. 1986. Nuevos aportes sobre la efectividad de *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson en el control del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.). Idesia (Chile). (Jan-Dec 1986). v. 10 p. 29-33
- LARA, J.; ACOSTA, N.; BETANCOURT, C.; VICENTE, N. y RODRÍGUEZ, R. 1996. Control Biológico de *Meloidogyne incognita* en Tomate en Puerto Rico. Nematopica: 29 (2) 143 - 152.
- LEGUIZAMÓN C., J. E.; PADILLA H. 2001. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del nematodo del nudo radical del café. Revista Cenicafe 52(1):29-41.
- LORA, D. y BETANCOURTH 2006. Evaluación de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*. en el control de *Meloidogyne* spp. en lulo *Solanum quitoense* y tomate de árbol *Solanum betacea*. Memorias. VI seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal. La Habana Cuba.
- MAÑUZCA, A., y VARON, F. 2001. Identificación y evaluación de organismos fungosos como posibles agentes biocontroladores de *Meloidogyne* spp. Fitopatología colombiana. 25 (1). 36 – 38 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2012. Agronet. Estadísticas de producción del cultivo de lulo. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/>. Consulta: 17 de enero de 2012.
- ROMÁN, J. and RODRÍGUEZ. 1985. Effect of the fungus *Paecilomyces lilacinus* on the larval population and root knot formation of *Meloidogyne incognita* in tomato. Journal of Agriculture U.P.R. 69:159-67.
- SAÑUDO, B.; ARTEAGA, M.; VALLEJO, W.; AREVALO, R. y BURBANO, E. 2001. Fundamentos de micología agrícola. Universidad de Nariño, Pasto, 201 p.
- SAÑUDO, B., SALAZAR, C. y BETANCOURTH, C. 2003. Principios de nematología agrícola. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. 120 p.
- SASSER, J. N. y CARTER, C. 1985. An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I: Biology and Control. North Carolina State University Graphics. 422 p.
- SCHENCK, S. 2004. Control of Nematodes in Tomato with *Paecilomyces lilacinus* Strain 251. Hawaii Agriculture Research Center, Vegetable Report, (5): 5.
- TAYLOR, A. y SASSER, J. 1983. Biología, identificación y control de nematodos del nudo de la raíz (especies de *Meloidogyne*) C.I.P USA. Artes gráficas de la Universidad del Estado de Carolina del Norte. 111p.