Sanidad vegetal y protección de cultivos

Artículo de investigación científica y tecnológica

Reacción de genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a *Meloidogyne* spp. en condiciones de campo

Reaction of genotypes of lulo (*Solanum quitoense* Lam.) to *Meloidogyne* spp. under field conditions

Reação de genótipos do fruto de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a *Meloidogyne* spp. em condições de campo

Claudia Salazar-González,[1] Carlos Betancourth-García[2]

[1] PhD, Universidad Nacional de Colombia. Profesora asistente, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. claudiasalazarg@udenar.edu.co
[2] PhD, Universidad Nacional de Colombia. Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. cbet70@udenar.edu.co

Fecha de recepción: 31/05/2016
Fecha de aceptación: 31/10/2016

Para citar este artículo: Salazar-González C, Betancourth-García C. 2017. Reacción de genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a *Meloidogyne* spp. en condiciones de campo. Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria. 18(2):295-306

DOI: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:629

Resumen

En Colombia, los nematodos del nudo radical *Meloidogyne* spp. son considerados como uno de los principales inconvenientes en la producción de lulo, por los daños que ocasionan en las raíces y la pérdida de producción asociada. El objetivo de este estudio fue evaluar en condiciones de campo la reacción de 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam., Solanaceae), variedad Castilla y la especie *S. hirtum* Vahl (seleccionados previamente en un experimento en invernadero y categorizados como resistentes y mode-radamente resistentes) al ataque de *Meloidogyne* sp. Además, se incluyeron dos testigos: uno químico (nematicida) y uno absoluto (que correspondió al genotipo con mayor susceptibilidad en invernadero). El ensayo se estableció en un lote naturalmente infestado por el nematodo, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y nueve plantas por cada unidad experimental. Las variables de respuesta fueron incidencia, severidad y rendimiento. La incidencia fue superior al 80 % en todos los casos, pero la severidad varió debido a su condición genética. BR03 y BR01 fueron los genotipos con índices de severidad más bajos, con valores de 1,0 y 0,8 respectivamente. El análisis de varianza de rendimiento mostró diferencias significativas y evidenció que los genotipos SQBR01 y SQLF04 alcanzaron los valores más altos con 4,77 y 4,74 t/ha en tres pases de cosecha.

Palabras clave: genotipos, organismos patógenos, resistencia a las enfermedades, *Solanum quitoense*

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Abstract

In Colombia, root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. are considered as one of the main constraints in lulo crop production. These nematodes can cause root damage resulting in low production. The aim of this study was to evaluate under field conditions the reaction of 16 genotypes of lulo, *Solanum quitoense* Lam. (Solanaceae), of the Castilla variety and the species *S. hirtum* Vahl., previously selected in a greenhouse experiment and categorized as moderately resistant and resistant to the attack by *Meloidogyne* sp. A chemical treatment and a control treatment, the latter based on the most susceptible genotype in greenhouse experiments were also included. The experiment was conducted in a lulo grove naturally infested with root-knot nematodes under a randomized complete block design with three replications and nine plants per experimental unit. The response variables were incidence, severity and yield. The incidence was higher than 80 % in all cases, but the severity varied because of their genetic condition; BR03 and BR01 being genotypes with lower rates of severity, with values of 1.0 % and 0.8 %, respectively. The yield analysis of variance showed significant differences, indicating that genotypes SQBR01 and SQLF04, reached the highest values with 4.77 and 4.74 t/ha in a total of three harvests.

Keywords: Genotypes, Pathogens, Disease resistance, *Solanum quitoense*

Resumo

Na Colômbia, os nematoides das galhas *Meloidogyne* spp. são considerados como um dos principais limitantes na produção do fruto de lulo devido aos danos que causam nas raízes e à perda de produção associada. O objetivo deste estudo foi avaliar em condições de campo a reação de 16 genótipos de lulo *Solanum quitoense* Lam. (Solanaceae), variedade Castilla, e a espécie *S. hirtum* Vahl (selecionados previamente num experimento em estufa e categorizados como resistentes e moderadamente resistentes) ao ataque de *Meloidogyne* sp. Além disso, incluíram-se dois indicadores: um químico (nematicida) e um absoluto (que correspondeu ao genótipo com maior suscetibilidade em estufa). O ensaio foi estabelecido em um lote naturalmente infestado pelo nematoide, num desenho de blocos completos ao acaso com três repetições e nove plantas por cada unidade experimental. As variáveis de resposta foram incidência, severidade e rendimento. A incidência foi superior a 80 % em todos os casos, mas a severidade variou por sua condição genética. BR03 e BR01 foram os genótipos com índices de severidade mais baixos, com valores de 1,0 e 0,8 respectivamente. A análise de variância de rendimento mostrou diferenças significativas e evidenciou que os genótipos SQBR01 e SQLF04 atingiram os valores mais altos com 4,77 e 4,74 t/ha em três passes da colheita.

Palavras chave: genotipo, agente patogénio, resistência aos agentes patogénicos, *Solanum quitoense*

Introducción

Originario de los bosques húmedos subtropicales de Colombia, Ecuador y Perú en la cordillera de los Andes, entre los 1.200 y los 2.500 msnm, el lulo (*Solanum quitoense* Lam., Solanaceae), es un fruto rico en vitamina C, con alto contenido de hierro y propiedades diuréticas y tonificantes, características que le confieren grandes posibilidades para la agroindustria. En Colombia, el cultivo de lulo participa con el 1,7 % de la producción frutícola del país, con 57.070 t/año en 6.748 ha sembradas, de las que se obtienen rendimientos de 8,4 t/ha (MADR 2015).

En departamentos como Boyacá, Cundinamarca, Huila y Valle, entre otros, las áreas sembradas se han reducido en forma considerable, a causa principalmente de problemas fitosanitarios, entre los cuales se destaca *Meloidogyne* spp. Este último ocasiona pérdidas cercanas al 50 % cuando no hay ningún tipo de control en campo y cercanas al 40 % en reducción de los parámetros de desarrollo y crecimiento en pruebas en invernadero (Fontagro e IICA-Prociandino 2003; Gelpud et al. 2011).

De igual manera, el cultivo de lulo ha adquirido mucha importancia en el norte del departamento de Nariño, debido al gran auge que ha tenido la fruta en los mercados nacionales, lo cual lo ha convertido en una alternativa favorable para la economía de los agricultores de esta zona. En 2014 se cultivaron alrededor de 448 hectáreas en el departamento, con rendimientos de 5,1 t/ha, que están por debajo del rendimiento nacional (MADR 2015).

La mayoría de las explotaciones agrícolas de lulo se han establecido en zonas de alta incidencia del nematodo del género *Meloidogyne*, que puede reducir la vida útil del cultivo de 5 a 2 años y genera gastos adicionales para su control, que generalmente no erradica el problema (Tamayo 2001; Tamayo et al. 2003). En Nariño se han registrado las especies *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla* y *M. exigua* como las de mayor frecuencia asociadas al lulo (García et al. 2004; Lora y Betancourth 2008; Gelpud et al. 2011).

En la raíz, *M. incognita* infecta entre cinco y siete células del procámbium para inducir en ellas hipertrofia y formar el sitio de alimentación, de modo que se generan células gigantes y binucleadas. Según De Almeida et al. (1999), las células son estimuladas a producir diversos ciclos de mitosis sin citoquinesis, lo que da lugar a la formación de células gigantes multinucleadas. Su expansión se produce por un crecimiento isotrópico y su tamaño final suele estar alrededor de 400 veces el de una célula vascular normal (Vanholme et al. 2004).

Caillaud et al. (2008) indican que la infección inducida por *Meloidogyne* spp. provoca la alteración y modificación de funciones claves de la planta, como el ciclo celular, la comunicación mediante hormonas y la síntesis de ADN, entre otras. Esto trae como consecuencia la formación de nudos que engloban las células gigantes, que son los sitios de alimentación, claramente visibles en las infecciones por *M. arenaria*, *M. incognita* o *M. javanica* (Vovlas et al. 2005). Los nudos obstruyen el transporte de auxinas en la raíz, además de alterar el flujo de nutrientes desde esta hacia la parte superior de la planta.

La siembra de lulo en Colombia se lleva a cabo generalmente con genotipos locales que reciben diferentes nombres o la misma denominación ("lulo de Castilla") para ecotipos distintos en diversas zonas del país. Estos genotipos han sido reportados como altamente susceptibles a nematodos del género *Meloidogyne* (Cabezas y Novoa 2000; Franco et al. 2002; Sañudo et al. 2003).

El mejoramiento del cultivo de lulo a través de técnicas convencionales ha sido limitado. La búsqueda de fuentes de resistencia a *M. incognita* en especies silvestres relacionadas, como *S. hirtum*, es un esfuerzo importante, puesto que se ha centrado en la transferencia de la resistencia desde *S. hirtum* a *S. quitoense* mediante el desarrollo de cruzamientos interespecíficos (Heiser 1993; Bernal et al. 1998; Lobo 2000; 2004; González et al. 2010).

Sin embargo, un aspecto prioritario en la investigación de este cultivo es la selección de genotipos resistentes

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

a través de colecciones de trabajo o bancos de germoplasma (García et al. 1986), además de la realización de injertos de lulo en plantas relacionadas que confieren cierta resistencia y mejoramiento del vigor de la planta (Navarro 1970; Navarro y Puerta 1985; Arizala et al. 2011).

En el marco de las estrategias de lucha contra enfermedades de las plantas, Sañudo y Betancourth (2005) mencionan que la búsqueda de genotipos que muestren distintos grados de resistencia a aquellas y, a la vez, buena capacidad productiva es la de mayor implicación desde los puntos de vista ecológico, agronómico y económico, puesto que promueve cultivos equilibrados y productivos que exigirían menor cantidad y menor frecuencia en la aplicación de plaguicidas.

En trabajos realizados en la Universidad de Nariño por el Grupo de Investigación Sanidad Vegetal, tras la evaluación de 47 genotipos de *S. quitoense*, se determinó que todos los genotipos presentaban vulnerabilidad al ataque del nematodo. No obstante, de acuerdo con la escala de severidad de Taylor y Sasser (1983), se encontró que el 2,04 % era resistente, el 34,7 % moderadamente resistente, el 42,8 % moderadamente susceptible, el 18,3 % susceptible y el 2,04 % altamente susceptible. Se estableció, también, que algunos genotipos son promisorios para ser evaluados en campo (Gelpud et al. 2011).

Por lo anteriormente expuesto, el estudio se planteó con el objetivo de comprobar si los genotipos resistentes y moderadamente resistentes, evaluados en condiciones de invernadero, conservan esta cualidad bajo condiciones de campo.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la vereda de Argüello, ubicada en el municipio de Yacuanquer (Nariño, Colombia), 01° 06' 54" N, 77° 24' 08" W, a una altura de 1.900 msnm, una temperatura promedio anual de 18 °C y una precipitación promedio anual de 990 mm.

Material vegetal. Los genotipos de lulo (*S. quitoense*) y la especie relacionada (*S. hirtum*) fueron obtenidos de la colección de trabajo del Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal de la Universidad de Nariño. Esta colección fue realizada a partir de muestras tomadas en seis municipios del departamento de Nariño (La Florida, San Pedro de Cartago, La Unión, Berruecos, Buesaco y San Lorenzo) y en dos del Putumayo (Santiago y Colón).

Los genotipos fueron seleccionados en un trabajo de investigación previo, realizado bajo condiciones de invernadero, en las cuales se sometieron a inoculación artificial con el nematodo *Meloidogyne* sp. Entonces, se obtuvieron respuestas de resistencia (R) con valores de severidad comprendidos entre 0 y 10 %, resistencia moderada (RM) entre 11 y 50 % y susceptibilidad (S) por encima del 75 %, como se muestra en la tabla 1.

El proyecto del trabajo del que surge este documento se estableció en un lote ubicado en el municipio de La Florida (17° 52' 1.772" N, 77° 24' 12.3732" W) con antecedentes históricos de alta incidencia de nematodos *Meloidogyne* spp.

Propagación. La siembra de semilla sexual de los genotipos se realizó en bandejas de germinación, utilizando turba como sustrato y depositando tres semillas por alveolo. Treinta días después de emergidas, las plántulas fueron trasplantadas a bolsas plásticas de 2 kg de capacidad con suelo previamente desinfestado, en las cuales cumplieron 40 días en condiciones de almácigo, para su posterior siembra en el sitio definitivo.

Diseño experimental. Los genotipos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, y cada unidad experimental constó de nueve plantas sembradas en el sistema 'tresbolillo' a una distancia de 3 m entre surcos y 3 m entre plantas. Alrededor del lote se sembró un surco de la variedad local de lulo (lulo de Castilla) para eliminar el efecto de borde.

Tabla 1. Genotipos de lulo empleados en el ensayo de campo según su reacción al nematodo *Meloidogyne* sp. y datos de colecta

Genotipo*	Reacción	Ubicación geográfica	Altura (msnm)
SQBR05	Resistente	01° 28' 56,2" N - 77°08' 08,7" W	1.892
SQLF03	Moderadamente resistente	01° 20' 18,9" N - 77°25' 20,0" W	2.343
SQBR03		01° 28' 55,9" N - 77°08' 08,2" W	1.893
SQLF04		01° 20' 19,0" N - 77°25' 19,9" W	2.341
SQBR 01		01° 28' 43.5" N - 77°07' 55.4" W	1.889
SQCR010		01° 33' 59,0" N - 77°06' 59,8" W	1.984
SQUN01		01° 21' 40.8" N - 77°10' 26,1" W	1.991
SQSY06		01° 08' 49,6" N - 76°00' 16,7" W	2.230
SQCR09		01° 33' 59,4" N - 77° 07' 00,1" W	1.980
SQCR07		01° 33' 59,0" N - 77°06' 59,9" W	1.985
SQSL03		N 01° 51 ′16,0¨- W 77° 23 ′32,2¨	1.988
SQSL04		01° 50' 86,6" N - 77°25' 17,9" W	1.812
SQBR02		01° 28' 55,9" N - 77°01' 40,1" W	1.879
SQSY07		01° 08' 44,4" N - 76°00' 30,5" W	2.171
SQCR03		01° 33' 59,9" N - 77°07' 02,0" W	1.971
SQBC04	Susceptible	01° 21' 21,8" N - 77°11' 04,4" W	2.133

* SQLF = municipio de La Florida; SQCR = municipio de San Pedro de Cartago; SQUN = municipio de La Unión; SQBR = municipio de Berruecos; SQBC = municipio de Buesaco; SQSL = municipio de San Lorenzo; y SQSY = Valle de Sibundoy. Fuente: Elaboración propia

Variables de respuesta

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

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas x 100}}{\text{Total de plantas}}$$

Después de 12 meses, se evaluaron las plantas con presencia o ausencia de síntomas (nudos radicales), para lo cual se realizó un muestreo de raíces a 15 cm de profundidad y 1 m de radio a partir del tallo.

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Severidad. En la misma época, se realizó paralelamente la lectura de la severidad, haciendo uso de la escala propuesta por Taylor y Sasser (1983) para este propósito (figura 1). En aquellas plantas donde se notaba la presencia de nudo radical, se extrajeron muestras para su evaluación por porcentaje de infección.

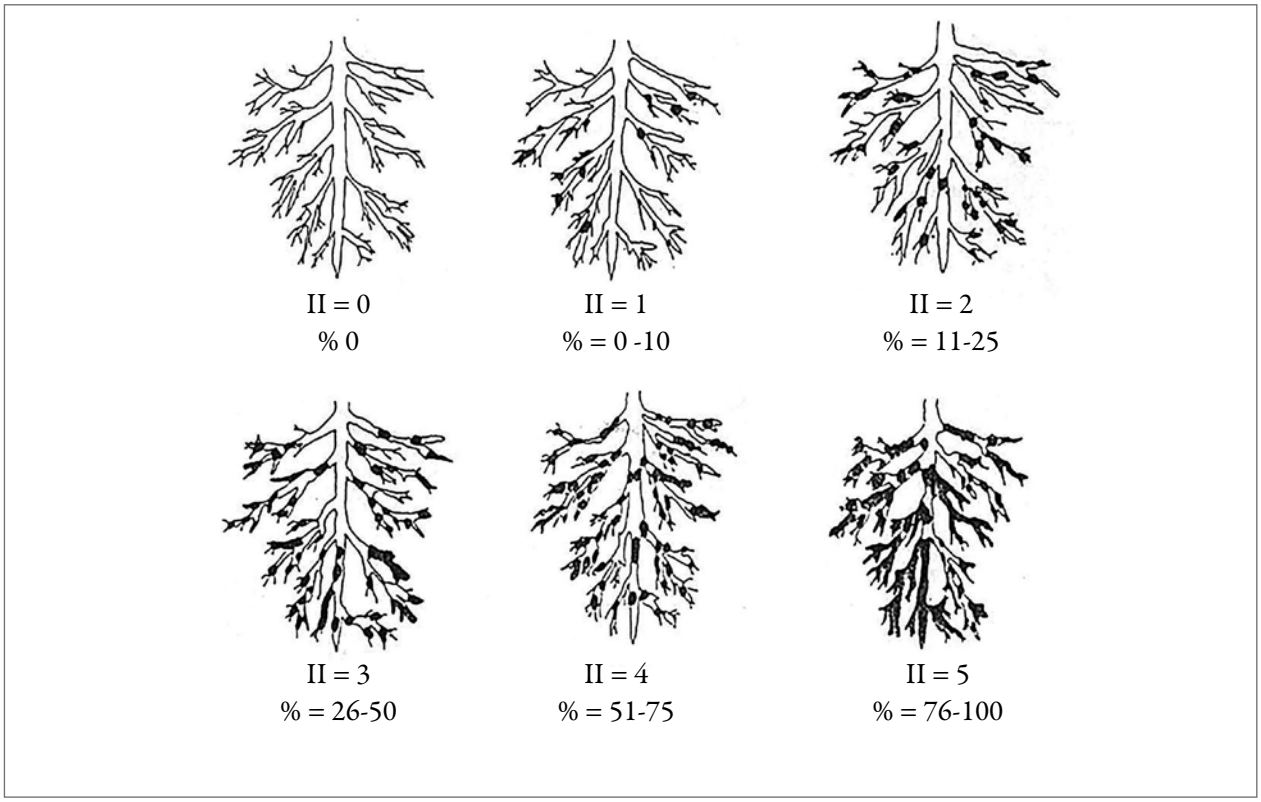

Figura 1. Escala de severidad de daño radical causado por *Meloidogyne* spp. De 0-10 %, resistente; 11-25 %, moderadamente resistente; 26-50 %, moderadamente susceptible; 51-75 %, susceptible; 76-100 %, altamente susceptible.
Fuente: Taylor y Sasser (1983)

Rendimiento. Antes de evaluar la severidad, se tomaron registros desde la primera hasta la tercera cosecha en las nueve plantas de cada unidad experimental, colectando y pesando la totalidad de los frutos maduros.

Análisis estadístico. Los datos de severidad y rendimiento fueron sometidos a un análisis de varianza y se realizaron pruebas de significancia de Tukey.

Resultados y discusión

Incidencia. La presencia de nematodos se evidenció por las agallas presentes en todo el sistema radical, que ocasionaron heridas y pudrición de las raíces de las plantas. Estos daños impiden la absorción de nutrientes, lo que ocasiona falta de vigor, clorosis en hojas viejas y marchitez, sintomatología característica de la presencia del nematodo, que es más evidente en aquellos genotipos con mayor número de raíces afectadas.

La totalidad de genotipos evaluados presentaron incidencias superiores al 80 % (tabla 2). Sin embargo, el grado de reacción de cada genotipo al nematodo fue diferente debido a las características propias de cada genotipo (Gelpud et al. 2011). Estos resultados, además, ratifican la alta presencia del nematodo en el suelo evaluado y la ausencia de inmunidad en los genotipos estudiados.

Tabla 2. Porcentaje de incidencia y grado de severidad del nematodo *Meloidogyne* sp. en genotipos de lulo evaluados en campo

Genotipo	Planta N.°					Severidad	Incidencia	Reacción
	1	2	3	4	5			
SQLF03	4	5	5	2	3	3,8	100 %	MS
SQBR03	1	1	1	1	1	1	100 %	R
SQLF04	5	1	5	1	5	3,4	100 %	MS
SQBR01	1	1	1	1	0	0,8	80 %	R
SQCR010	5	5	5	5	5	5	100 %	AS
SQUN01	5	5	5	5	5	5	100 %	AS
SQSY06	4	5	5	5	5	4,8	100 %	S
SQCR09	5	5	5	4	4	4,6	100 %	S
SQCR07	4	5	5	5	4	4,6	100 %	S
SQSL03	5	5	4	5	5	4,8	100 %	S
SQBR02	5	5	4	5	5	4,8	100 %	S
SQSY07	5	5	5	5	5	5	100 %	AS
SQCR03	4	5	5	2	5	4,2	100 %	S
SQBC04	2	5	4	4	5	4	100 %	MS
SQBR5	2	2	2	3	2	2,2	100 %	MR
SQSL04	4	3	3	1	4	3	100 %	MR
HIRTUM	0	4	0	3	3	2	60 %	MR

R = resistente; MR = moderadamente resistente; S = susceptible; MS = moderadamente susceptible; HIRTUM: *S. hirtum*.
Fuente: Elaboración propia

Estudios realizados por González et al. (2010) muestran que las especies de solanáceas son altamente susceptibles al ataque de *Meloidogyne* spp. Sin embargo, la resistencia de los genotipos está condicionada a la presencia del gen *Mi* en las especies *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*. La planta afectada genera una reacción de hipersensibilidad por la muerte de las células una vez los nematodos inician su alimentación en sitios cercanos a los haces del xilema (Dropkin 1969; Rossi et al. 1998; Nombela et al. 2003; Seah et al. 2007). Adicionalmente, se conoce que el gen *Mi* es capaz de inhibir el desarrollo y reproducción del nematodo del nudo radical, sin embargo, temperaturas superiores a los 28 °C inactivan la acción de este gen (Jablonska et al. 2013).

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Severidad. De acuerdo con la escala de Taylor y Sasser (1983), se observó que los genotipos SQBR03 y SQBR01 mostraron los índices más bajos en la severidad, con valores de 1,0 y 0,8, respectivamente. Además, con base en la escala de resistencia, se pueden considerar como genotipos resistentes. Sin embargo, en estudios bajo condiciones de invernadero mostraron resistencia moderada, es decir, existe entre 1 y 10% de la planta afectada por el nematodo; contrario a los genotipos SQCR010, SQSQSY7 y SQUN01, que obtuvieron valores del 100%. Por su parte, el genotipo SQBR5, que en condiciones de invernadero presentó una reacción resistente, en campo mostró una reacción de resistencia moderada (figura 2).

Figura 2. Reacción de severidad causada por *Meloidogyne* spp., en genotipos de lulo (*S. quitoense*) y *S. hirtum* según la escala de Taylor y Sasser (1983).
Fuente: Elaboración propia

Hussey y Janssen (2004) mencionan que la determinación del índice de nudosidad (escala de infección radical) en la selección de genotipos resistentes en evaluaciones preliminares constituye una medida apropiada. Esta funciona siempre que se continúe con selecciones en evaluaciones que permitan determinar el factor de reproducción (Fr) del nematodo en los genotipos seleccionados y se conozcan características agronómicas. En este sentido, los materiales que presentan baja escala de infección radical (como resistentes y moderadamente resistentes) pueden ser evaluados en campo, mientras se buscan posibilidades de manejo de la enfermedad en zonas productoras con elevadas incidencias.

El análisis de la varianza para la variable *severidad* mostró que existen diferencias significativas en los tratamientos evaluados ($p<0,05$). La prueba de Tukey (tabla 3), indica que los genotipos SQBR01, SQBR03, SQBR5 y SQSL04 presentaban resistencia (R) y resistencia moderada (RM) al ataque del nematodo. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Gelpud et al. (2011), quienes precisan que los mecanismos de respuesta de las especies a *Meloidogyne* spp. —sean constitutivos o inductivos— se expresan diferencialmente dependiendo de la interacción entre el nematodo y el hospedante, factor que determina la activación o ausencia en la expresión de estos mecanismos de resistencia.

Así mismo, Camacho (1991) especifica que la ausencia de mecanismos de respuesta es lo que determina inicialmente un abundante número de sitios de alimentación del nematodo, un elevado número y tamaño de nudos, lo cual se convierte en una alta escala de infección radical. La activación y respuesta de estos mecanismos en el hospedante puede alterar el desarrollo del nematodo en su estado de parasitismo, pues impide el ciclo de reproducción mediante la disminución de los sitios de alimentación, la escasa formación de nudos y la baja escala de infección radical.

La susceptibilidad de los hospedantes al nematodo puede ser explicada también desde el punto de vista poblacional del patógeno. En investigaciones realizadas en materiales silvestres como *S. mammosum* L., con diferentes niveles poblacionales de *M. incognita*, González et al. (2010) reportaron que la susceptibilidad aumentó cuando este genotipo fue expuesto a un nivel de población alto.

Rendimiento. El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Según la prueba de Tukey, los genotipos SQBR01 y SQLF04 alcanzaron los más altos rendimientos con 4,77 y 4,74 t/ha en tres pases de cosecha y presentaron la menor severidad al ataque del nematodo del nudo radical.

Tabla 3. Rendimiento promedio de 16 genotipos de lulo (*S. quitoense*) con el daño causado por nematodos *Meloidogyne* spp.

Genotipo	Rendimiento t/ ha	Significancia*
SQSL03	1,75	A
SQSY07	1,79	A
SQSL04	1,94	A
SQSL02	1,96	A
SQBR02	2,48	A B
SQBRO5	2,58	A B

(Continúa)

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

(Continuación tabla 3)

Genotipo	Rendimiento t/ ha	Significancia*
SQUN01	2,69	A B
SQCR07	2,75	A B
SQCR 09	2,89	A B
SQBC04	3,00	B C
SQSY06	3,61	B C
SQBR03	3,65	B C
SQCR010	3,85	B C
SQLF04	3,90	B C
SQBR01	3,95	B C
SQLF04	4,74	C
SQBR01	4,77	C

* Las medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<=0,05) dms 1,47; R^2 = 0,82.
Fuente: Elaboración propia

Los rendimientos alcanzados con los genotipos evaluados se encuentran por debajo del al promedio nacional de 8,4 t/ha, pero por encima del promedio regional (3,2 t/ha) (MADR 2015). En los materiales evaluados se puede observar que el daño en las raíces causados por el nematodo genera pérdidas considerables en la producción. Las diferencias encontradas entre los tratamientos se atribuyen a la predisposición que presenta la planta al entrar en contacto con el nematodo, factor que contribuyó a que algunas plantas estuvieran menos parasitadas y prolongaran, así, su ciclo biológico y productivo (Lara et al. 1996).

Conclusiones

Los genotipos SQBR01, SQBR03, SQBR05 y SQLF04 presentaron resistencia y resistencia moderada al ataque del nematodo *Meloidogyne* sp., en condiciones de campo.

Los mayores rendimientos se obtuvieron con los genotipos SQBR01 y SQLF04, los cuales se relacionaron con los genotipos que mostraron los valores más bajos de severidad.

Los genotipos colectados en los municipios de Berruecos y La Florida generaron rendimientos altos y baja reacción a nematodos del género *Meloidogyne*, por lo que se recomienda su inclusión en programas de manejo integrado de la enfermedad del nudo radical del lulo en cultivos comerciales.

Descargos de responsabilidad

Los autores agradecen la financiación de este estudio a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Nariño y al Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal. El manuscrito fue preparado y revisado por los autores y declaran que no existe ningún conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados obtenidos y presentados.

Referencias

Arizala M, Monsalvo Á, Betancourth C, Salazar C, Lagos T. 2011. Evaluación de solanáceas silvestres como patrones de lulo (*Solanum quitoense* Lam) y su reacción a *Fusarium* spp. Rev Cienc Agríc. 28(1):147-160.

Bernal J, Lobo M, Londoño M. 1998. Documento de presentacion del material "lulo La Selva". Rionegro, Colombia: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropacuaria.

Camacho R. 1991 Reacción de tres selecciones de batata a diferentes niveles poblacionales dl nematode *Meloidogyne incognita* [trabajo de grado]. [Maracay, Ecuador]: Universidad Central del Ecuador.

Cabezas M, Novoa D. 2000. Efecto de la remoción de hojas y frutos en la relación fuente demanda en lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Ponencia presentada en: III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado; Manizales, Colombia.

Caillaud MC, Dubreuil G, Quentin M, Perfus-Barbeoch L, Lecomte P, de Almeida Engler J, Abad P, Rosso MN, Favery B. 2008. Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. J Plant Physiol. 165(1):104-113.

De Almeida Engler J, De Vleesschauwer V, Burssens S, Celenza JL, Inzé D, Van Montagu M, Gheysen G. 1999. Molecular markers and cell cycle inhibitors show the importance of cell cycle progression in nematode-induced galls and syncytia. Plant Cell. 11(5):793-808.

Dropkin V. 1969. Cellular responses of plants to nematode infections. Annu Rev Phytopathol. 7:101-122.

[Fontagro] Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, [IICA] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-[Prociandino] Programa Regional Agropecuario de Cooperación en Investigación y Transferencia de Tecnología. 2003. Manejo integrado de plagas para el mejoramiento de la producción sostenible de frutas en la zona Andina, informe técnico final. Documento presentado en: Seminario Internacional "Manejo integrado de plagas para el mejoramiento de la producción sostenible de frutas en la zona Andina"; Medellín, Colombia.

Franco G, Bernal J, Gallego JL, Rodríguez JE, Guevara N, Giraldo M, Londoño M. 2002. Generalidades del cultivo del lulo. Bogotá, Colombia: [Asohofrucol] Asociación Hortifrutícola de Colombia, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola y [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropacuaria.

García E, García M, Salazar E. 1986. Colección y establecimiento de un banco de germoplasma en lulo, *Solanum quitoense* Lam. y especies relacionadas en el sur-occidente colombiano. Acta Agron. 36(4):28-33.

García F, Obando J, Betancourth C. 2004. Reconocimiento de especies de *Meloidogyne* en tomate de árbol (*Solanum betacea*) y lulo (*Solanum quitoense*) en la zona norte del departamento de Nariño. Rev Cienc Agric. 21(1-2):1-12.

Gelpud C, Mora E, Salazar C, Betancourth C. 2010. Evaluación de la reacción de genotipos de lulo (*Solanum quitoense*) y especies relacionadas al ataque del nematodo *Meloidogyne* spp. Ponencia presentada en: XII Congreso Internacional y XXXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología; Mérida, México.

Gelpud C, Mora E, Salazar C, Betancourth C. 2011. Susceptibility of genotypes of *Solanum* spp. to the nematode causative of the root knot *Meloidogyne* spp. (Chitwood). Acta Agron. 60(1):50-67.

González F, Gómez L, Rodríguez M, Piñón M, Casanova A, Gómez O, Rodríguez I. 2010. Respuesta de genotipos de Solanáceas frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood raza 2 y *M. arenaria* (Neal) Chitwood. Rev Prot Veg. 25(1):51-57

Heiser C. 1993. The naranjilla (*Solanum quitoense*), the cocona (*Solanum sessiliflorum*) and their hybrid. En: Gustafson JP, Appels R, Raven P, editores. Gene conservation and exploitation. New York, EE. UU.: Plenum Press.

Hussey R, Janssen G. 2004. Root-knot nematode: *Meloidogyne* species. En: Starr JL, Cook R, Bridge J, editores. Plant resistance to parasitic nematodes. New York, EE. UU.: CABI Publishing.

Jablonska B, Jetty S, Kishor K, Martinez de Ilarduya O, Roberts PA, Kaloshian I. 2007. The *Mi-9* gene from *Solanum arcanum* conferring heat-stable resistance to root-knot nematodes is a homolog of *Mi-1*. Plant Physiol. 143(2):1044-1054.

Lara J, Acosta N, Betancourt C, Vicente NY, Rodríguez R. 1996. Control biológico de *Meloidogyne incognita* en tomate en Puerto Rico. Nematropica. 26(2):143-152.

Lobo M. 2000. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. Ponencia presentada en: III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales; Manizales, Colombia.

Lobo M. 2004. Recursos genéticos de especies frutales. Ponencia presentada en: VIII Congreso Venezolano de Fruticultura; Maracaibo, Venezuela.

Lora D, Betancourth C. 2008. Evaluación de los hongos *Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*, en el control de spp. en lulo *Solanum quitoense* y tomate de árbol *Solanum betacea*. Ponencia presentada en: VI Seminario Científico Internacional en Sanidad Vegetal; La Habana, Cuba.

[MADR] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2015. Estadísticas. Agronet; [consultado 2015 ago]. http://www.agronet.gov.co/Paginas/inicio.aspx.

Navarro R. 1970. Reacción de 25 introducciones de lulo (*Solanum* sp.) al nematodo del nudo radical. Nematropica. 1:5.

Navarro R, Puerta O. 1985. Portainjertos para lulo y tomate de árbol. Ascolfi Informa (boletín bimestral). 11(3):20-22.

Nombela G, Williamson VM, Muñiz M. 2003. The root-knot nematode resistance gene Mi1.2 of tomato is responsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*. Mol Plant Microbe Interact. 16(7):645-649.

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Rossi M, Goggin FL, Milligan SB, Kaloshian I, Ullman DE, Williamson VM. 1998. The nematode resistance gene *Mi* of tomato confers resistance against the potato aphid. Proc Natl Acad Sci USA. 95(17):9750-9754.

Sañudo B, Betancourth C, Salazar C. 2003. Principios de nematología agrícola. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño.

Sañudo B, Betancourth C. 2005. Fundamentos de fitomejoramiento. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño.

Seah S, Telleen A, Williamson V. 2007. Introgressed and endogenous *Mi-1* gene clusters in tomato differ by complex rearrangements in flanking sequences and show sequence exchange and diversifying selection among homologues. Theor Appl Genet. 114(7):1289-1302.

Tamayo P. 2001. Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia. Boletín Técnico de Corpoica. 12:1-44.

Tamayo P, Navarro R, De la Rotta M. 2003. Enfermedades del cultivo del lulo en Colombia Guía de diagnóstico y control. Boletín Técnico de Corpoica. 18:1-48.

Taylor A, Sasser J. 1983. Identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Proyecto internacional de *Meloidogyne* (MIP). Raleigh, EE. UU.: Universidad del Estado de Carolina del Norte.

Vanholme B, De Meutter J, Tytgat T, Van Montagu M, Coomans A, Gheysen G. 2004. Secretions of plant-parasitic nematodes: a molecular update. Gene. 332:13-27.

Vovlas N, Rapoport HF, Jiménez Díaz RM, Castillo P. 2005. Differences in feeding sites induced by root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., in chickpea. Phytopathology, 95: 368-375.