

Efecto de nematocidas biológicos y del portainjerto en la producción de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en Ecuador

Effect of biological nematocides and the rootstock on watermelon (*Citrullus lanatus* L.) production in Ecuador

Néstor Orrala Borbor¹, Lidcay Herrera Isla², Mercedes Arzube Mayorga¹, Livingston Pozo Pozo¹

¹ Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador. Vía principal Santa Elena- La Libertad. CP 241702.

² Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Villa Clara. Cuba. Carretera a Camajuani km. 5,5, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54 830.

E-mail: norrala@upse.edu.ec; norralab@hotmail.com

RESUMEN. Los nematodos constituyen una importante plaga agrícola para la sandía y dentro de ellos las especies *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood y *Rotylenchulus reniformis* Lindford y Oliveira. El empleo de portainjertos constituye una práctica muy eficaz para controlar patógenos del suelo incluyendo los nematodos, y esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes nematocidas de origen biológico y químico en un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Se utilizó el híbrido de sandía Royal Charleston injertado sobre RS-841 (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*). Las dosis empleadas fueron las recomendadas por el fabricante, aplicadas al suelo al trasplante y a los 20 días con suelo en capacidad de campo. A los 45 días después del trasplante y después de la primera cosecha (65 ddt), se determinó el Índice de Agallamiento (IA), el Factor de Reproducción (FR) e Índice de Reproducción (IR). Se evaluaron en cada variante las variables agronómicas y de calidad del fruto. Los resultados arrojaron que los nematocidas aplicados no controlaron el ataque de *M. incognita* ni de *R. reniformis* hasta los 45 días después del trasplante, pero el injerto sobre el patrón de calabaza RS 841, aun con niveles de agallamientos muy altos, debido al desarrollo y vigor de las plantas, permiten obtener producción comercial satisfactoria.

Palabras clave: *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis*, sandía, nematocidas, injerto

ABSTRACT. The nematodes are the important pests for watermelon and among them *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood and *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira. The use of rootstock is a power tool to control soil borne diseases like nematodes, and this research had as main objective to evaluate the effect of several bionematocides and chemicals in a randomized block design with three replications. The watermelon hybrid Royal Charleston grafted on RS-841 (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moshata*), was planted. The dosages employed were the recommend by the fabricant and were applied to soil in two moments, at transplant and 20 days after. The galling index (AI), the reproduction factor (FR) and reproductive index (IR) were determined 45 days after transplantation and after the first harvest (65 d). The evaluation consisted in determine agronomicals parameters and fruit quality. The results showed that applied nematocides no controlling *M. incognita* nor *R. reniformis* before 45 days after transplantation, but the grafted plants with high gall levels because the important development and vigor of the plant, allow to obtain satisfactory commercial yield.

Keywords: *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis*, watermelon, nematocides, graft

INTRODUCCIÓN

La sandía representa el 46% de las cucurbitáceas cultivadas en el mundo (Magrama, 2013); se estima que las pérdidas anuales por efecto de nematodos están en el orden del 8,8-14,6 % del total de los cultivos producidos y equivalen a 157 mil millones de dólares (Nicol *et al.*, 2011).

Según Salazar-Antón y Guzmán-Hernández (2013), el principal nematodo que ataca a la sandía es *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood; aunque también se reportan poblaciones altas de *Rotylenchulus reniformis* Linford y Oliveira (15.000 especímenes por 100 cm³ de suelo) en campos de melón de Brasil.

En Ecuador, la sandía es un rubro agrícola importante en el trópico seco del litoral ecuatoriano, específicamente en la provincia de Santa Elena donde pequeños y medianos productores siembran cada año alrededor de 750 ha con una producción de 22 500 t, generando 4 500 000 dólares a nivel de finca (Ministerio de la Producción, 2011); sin embargo, en los últimos años el rendimiento por unidad de superficie y calidad de fruto se ven afectados por hongos del suelo y nematodos.

El injerto de cultivares locales de sandía sobre los portainjertos introducidos, soluciona problemas de enfermedades y nematodos del suelo (Lee et al., 2010); permite cultivar variedades en las cuales no se ha conseguido introducir resistencias de enfermedades, así como soportar bajas temperaturas, salinidad y asfixia radical (Martínez-Ballesta et al., 2010), por lo que la investigación persiguió evaluar el efecto de nematocidas de origen biológico en la producción y calidad del fruto de sandía injertada sobre la calabaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ejecutó en la Granja Zoilita, municipio de Santa Elena, Ecuador y en el laboratorio del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, de octubre 2013 a febrero 2014; de mayo a diciembre presenta temperaturas promedio de 24 °C y de enero a abril, 27,2 °C; humedad relativa entre 74 y 82 % y precipitación anual en milímetros de 100 a 250.

Suelo de textura franca; materia orgánica, baja; fósforo, alto; potasio 551 µg ml⁻¹, alto; conductibilidad eléctrica, 3,57 mS cm⁻¹. En los suelos de la granja se siembra sandía desde 1984, dejando en barbecho cada año de mayo a octubre. Agua de riego, CE 1,833 dS m⁻¹ y pH 8,4. Sistema de riego, por goteo, con líneas dispuestas cada cuatro metros, orientados Norte-Sur; goteros autocompensados, caudal 1,6 l h⁻¹.

Para el estudio se evaluaron seis compuestos biológicos, cuyos componentes presentan efecto nematocida y han sido estudiados por numerosos

autores (Schenck, 2004; Westphal et al., 2008; Jafri et al., 2015), más un tratamiento químico y un control absoluto (sin tratamiento) (tabla 1) dispuestos en bloques al azar con tres réplicas; las dosis empleadas fueron las recomendadas por el fabricante, aplicadas al suelo al trasplante y a los 20 días con suelo en capacidad de campo. Híbrido de sandía utilizado, Royal Charleston de mayor aceptación en el mercado ecuatoriano injertado por aproximación (Oda, 1995) sobre RS-841 (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moshata*); densidad de siembra, 4166 plantas por hectárea. Como control se consideró el Control donde no se aplicó ningún tratamiento.

En el laboratorio se determinó la población de juveniles infectivos (J2) de *M. incognita* según metodología de Hussey y Barker (1973) y para *R. reniformis*, de acuerdo con Shurtleff y Averre (2000).

El índice de agallamiento (IA) para *Meloidogyne* se estableció mediante la escala 0 – 5 de Taylor y Sasser (1978); como Población inicial Pi se tomó el valor de nematodos existentes en el suelo antes de la implementación de los experimentos y como Población final (Pf), el número de huevos y J2 a los 45 días y después de la primera cosecha. Con este valor se calculó el Factor de reproducción (FR) mediante la fórmula que permite medir la capacidad reproductiva de *M. incognita* y *R. reniformis*:

$$FR = \frac{Pf}{Pi}$$

Se determinó también el Índice de Reproducción:

$$IR = \frac{P \text{ trat}}{P \text{ test}} * 100$$

donde,

P trat - número de huevos-J2 producido por los tratamientos en estudio

P test - número de huevos-J2 producido por el control donde no se aplicó ningún nematocida

La influencia de las poblaciones de nematodos sobre las variables agronómicas y de calidad de fruto (diámetro tallo, frutos por planta, peso del fruto, rendimiento agrícola, grados Brix, espesor de la corteza y dureza) fueron procesadas en el paquete estadístico INFOSTAT versión profesional para Windows y las medias comparadas según Tukey (p ≤ 0,05).

Tabla 1. Características de los nematocidas empleados en el experimento por *Features nematocides used in the experiment*

Tratamientos	Nombre comercial	Componentes	Origen	Dosis
1	Neem – x	Azadirachtina y otros limonoides	Botánico	10 ml/ L agua
2	Inhibidor de nematodos 3 – 2	<i>Acremonium butyri</i> , <i>Arthrobotrys oligospora</i> , <i>Bacillus chitinosporus</i> , <i>Bacillus firmus</i> , <i>Hirsutella rhossiliensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i>	Biológico	10 ml/ L agua
3	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i>	Biológico	10 ml / L agua
4	Nemaxxion Biol	<i>Bacillus subtilis</i> , metabolitos nemato- tóxicos de fermentación de hongos benéficos, extractos vegetales inhibidores de nemátodos, auxinas	Biológico- orgánico	10 ml/ L agua
5	Nakar	Benfuracarb	Químico	5 ml/ L agua
6	Ecoguard-N	Complejo microbiano endofítico antinematodo	Biológico	2,5 g/ L agua.
7	Paecyloctic	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Biológico	1 g/ L agua
8	Control	Sin tratamiento		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que todos los nematocidas empleados no impidieron el desarrollo de *M. incognita* (tabla 2); en el suelo su población se incrementó entre 4,6 y 2433,3 veces a los 45 días del trasplante; posteriormente su población decrece y a los 65 días, oscila entre 0,1 en Neem X y 31 en el tratamiento Control. De igual forma es notorio el incremento de la población de *R. reniformis* a los 45 días para disminuir después de la primera cosecha.

En la raíz, el crecimiento de la población de *M. incognita* y de *R. reniformis* es menos elevado que en el suelo (tabla 3) a la primera cosecha (65 ddt). Gómez *et al.* (2012) confirmaron que el IA no es el único elemento para determinar, en este caso, el efecto de los nematocidas de

origen biológico sobre los nematodos, por lo tanto, se puede tener bajos IA, pero altos niveles poblacionales.

En los parámetros de calidad (tabla 4) y de producción (frutos/planta, peso fruto, rendimiento agrícola) no se observaron diferencias significativas, confirmando lo obtenido por Orrala (2013) en las condiciones agroecológicas de Santa Elena, Ecuador. Otros investigadores (López-Elías *et al.*, 2010; Álvarez-Hernández *et al.*, 2013) en diferentes regiones del mundo, al utilizar patrones interespecíficos de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* obtuvieron valores similares a la presente investigación. Baixauli *et al.* (2013) indican que con el portainjerto RS 841, aún con niveles de agallamientos muy altos, debido al desarrollo y vigor de las plantas, se obtiene producción comercial satisfactoria.

Tabla 2. Comportamiento de nematocidas frente a *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* (Nematodos por 100 cm³)

Tratamientos	Indicadores <i>Meloidogyne incognita</i>				Indicadores <i>Rotylenchulus reniformis</i>			
	45 días		Después primera cosecha (65 ddt)		45 días		Después primera cosecha (65 ddt)	
	FR	IR	FR	IR	FR	IR	FR	IR
Neem - X	2433,3	14570,6	0,1	32,3	8,8	9,1	3,9	213,4
Inhibidor nematodos	50,0	299,4	5	48,4	33,6	69,2	0,5	200
<i>Bacillus thuringiensis</i>	200,0	1197,6	1,7	64,5	88,7	45,6	0,8	233
Nemaxxion Biol	33,3	199,4	2,5	16,1	33,3	59,9	0,1	52,6
Nakar	50,0	299,4	2,7	25,8	31,1	72,1	1	426,3
Ecoguard - N	133,3	800,0	9	29	39	30,1	0,5	88,7
Paecylotic	4,6	27,6	1,1	12,9	29,4	52,9	0,4	140,2
Control	16,7	100	31	100	97,3	100	0,2	100

Tabla 3. Comportamiento de nematocidas frente a *M. incognita* y *R. reniformis* (Nematodos por 10 g de raíces)

Tratamientos	Indicadores <i>M. incognita</i> a la primera cosecha			Indicadores <i>R. reniformis</i> a la primera cosecha	
	IA	FR	IR	FR	IR
Neem - X	4	1,3	174,1	0,60	600
Inhibidor nematodos	3	1	26,9	0,27	300
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5	20,4	60,2	0,30	300
Nemaxxion Biol	2	0,5	3,3	0,25	200
Nakar	3	8	47,2	0,75	600
Ecoguard - N	4	40,2	79	0,18	300
Paecylotic	4	2,5	74,1	0,18	200
Control	3	35	100	0,10	100

Tabla 4. Variables de calidad y de producción

Tratamiento	Grados Brix	Dureza (kg/cm ²)	Espesor de la corteza (mm)	Frutos/planta	Peso fruto (kg)	Rendimiento agrícola (t/ha)
1 Neem -x	11,1 a	1,5 a	11,9 a	1,8 a	7,5 a	57,6 a
2 Inhibidor de nematodos	10,6 a	1,4 a	11,7 a	2,3 a	7,5 a	73,3 a
3 <i>Bacillus thuringiensis</i>	10,5 a	1,5 a	11,8 a	1,9 a	7,5 a	57,8 a
4 Nemaxxion	10,9 a	1,5 a	12,4 a	2,0 a	7,3 a	59,3 a
5 Nakar	10,8 a	1,4 a	11,8 a	2,2 a	7,1 a	65,9 a
6 Ecoguard - N	10,7 a	1,5 a	11,6 a	2,4 a	7,4 a	72,4 a
7 Paecylotic	10,6 a	1,5 a	12,3 a	2,7 a	7,3 a	82,2 a
8 Control	10,8 a	1,4 a	11,8 a	2,3 a	7,8 a	76,1 a
C.V. (%)	2,8	2,9	3,1	16,3	2,9	17,9

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

En cuanto al efecto de los nematicidas de origen biológico sobre las variables de producción (DongHai *et al.*, 2011; Jaramillo-Pineda, 2014 y Jafri *et al.*, 2015) reportan propiedades nematicidas del género *Bacillus*, aunque Fernández-Larrea (2002) menciona su poca persistencia en el campo.

En las pruebas de invernadero, los hongos micorrízicos no suprimieron la incidencia de *M. incognita*, mejoró el establecimiento temprano de la planta, pero no aumentó el rendimiento agrícola (Westphal *et al.*, 2008); se ha demostrado también que *P. lilacinus* es un parásito facultativo de huevos de nematodos y en ocasiones es capaz de infectar estados móviles o sedentarios, requiere altas temperaturas del suelo; su efectividad ha sido comprobada en varios estudios (Schenck, 2004).

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que el uso de portainjerto tolerantes es una alternativa para obtener rendimientos satisfactorios a pesar de la presencia de altas poblaciones de *M. incognita* y de *R. reniformis*.

BIBIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, J.C., J.Z. CASTELLANOS-RAMOS, F. CAMACHO-FERRE,

C.L. AGUIRRE-MANCILLA, J.A. RANGEL-LUCIO y M.V. HUITRÓN-RAMÍREZ. Comportamiento de la sandía injertada expuesta a suelos con problemas fitosanitarios y densidades de población. Congreso Nacional de Ciencia y tecnología Agropecuaria. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A. C. e Instituto Tecnológico de Roque, Guanajuato, Mexico. 2013, 265-272.

2. BAIXAULI, C., A. GINER, J.M. AGUILAR, I. NÁJERA y A. NÚÑEZ. Estudio del comportamiento de diferentes portainjertos en un cultivo de sandía sin pepitas. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid, España, 26 - 29 de Agosto, 2013.

3. DONGHAI, P., LUJUN, C., FENSHAN, W., FENGJUAN, Z., LIFANG, R. y MING, S. Synergistic activity between *B. thuringiensis* Cry6Aa and Cry55Aa toxins against *Meloidogyne incognita*. *M. Biotechnology*, 4(6): 794-798, 2011.

4. FERNÁNDEZ-LARREA, O. Tecnologías de producción de *Bacillus thuringiensis*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64: 110-115, 2002.

5. GÓMEZ, L., R. ENRIQUE, M.I. HERNÁNDEZ-OCHANDÍA, E. GONZÁLEZ, B. PETEIRALL y

- M.G. RODRÍGUEZ. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum lycopersicum* L. frente a *Meloidogyne incognita* Kofoi y White (Chitwood). *Rev. Protección Vegetal*, 27 (2): 111-116, 2012.
6. HUSSEY, R. y K. BARKER. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57 (12): 1025-1029, 1973.
7. JAFRI, I., A. SHAHID, A. IBRAHIM y M. ATIF. Efficacy of different bacterial strains against *Meloidogyne incognita*. *Pakistan Journal of Nematology*, 33 (1): 39-46. 2015.
8. JARAMILLO-PINEDA, J. Evaluación de la actividad nematocida de cepas nativas y de colección de *Bacillus thuringiensis* contra el nematodo formador de nódulos de la raíz (*Meloidogyne incognita*). Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 2014, 66 p.
9. LEE, J.M., C. KUBOTA, S. TSAO, Z. BIE, P. HOYOS-ECHEVERRÍA, L. MORRA y M. ODA. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulture*, 127: 93-105, 2010.
10. LÓPEZ-ELÍAS, J., F. PACHECO-AYALA, M.A. HUEZ-LÓPEZ, J.C. RODRÍGUEZ, J. JIMÉNEZ-LEÓN y S. GARZA-ORTEGA. Sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun. y Nakai) injertada sobre diferentes portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moshata*). *Biotecnia*, 12 (2): 3-10, 2010.
11. MAGRAMA. Anuario de Estadística. Superficies y producciones de cultivos: sandía. España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. En sitio web: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-deestadistica/2012> Consultado el 20 de enero de 2016.
12. MARTÍNEZ-BALLESTA, M., C. ALCARAZ-LÓPEZ, B. MURIES, C. MOTA-CÁRDENAS y M. CARVAJAL. Physiological aspects of rootstock-scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127 (2): 112-118, 2010.
13. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. Agendas para la transformación productiva territorial: Santa Elena. 2011. En sitio web: http://www.produccion.gob.ec/.../Agenda_Territorial-Santa_Elena Consultado el 12 de Abril de 2016.
14. NICOL, J.M., S.J. TURNER, D.L. COYNE, L. NIJS, S. HOCKLAND y Z. TAHNA-MAAFI. Current nematode threats world agriculture. En J. JONES, G. GHEYSEN y C. FENOLL (Edits.). *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interaction*. Turkey: Springer. 2011, 557 p. ISBN: 978-94-007-0433-6. DOI: 10.1007/978-94-007-0434-3
15. ODA, M. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. *Jpn. A.R.Q.*, 29 (3): 187-194, 1995.
16. ORRALA, N. Influencia de patrones sobre la producción y calidad del fruto de sandía en Santa Elena, Ecuador. *Centro Agrícola*, 40 (4): 5-11, 2013.
17. SALAZAR-ANTÓN, W. y T.D. GUZMÁN-HERNÁNDEZ. Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. *Agronomía Mesoamericana*, 241 (2): 419-426, 2013.
18. SCHENCK, S. Control of nematode in tomato with *Paecilomyces lilacinus* Strain 251. *Vegetable Report*, 5: 1-5, 2004.
19. SHURTLEFF, M. y C. AVERRE. Diagnosing plant disease caused by nematodes. *The American Phytopathological Society (APS)*. 2000, 189 p. ISBN: 978-0-89054-254-5.
20. TAYLOR, A. y J. SASSER. Experimental and agronomic use of nematocides. Depto. of Plant Pathology, North Carolina State University, USA. 1978, 20 p.