

Efectos de prácticas agrícolas alternas sobre poblaciones de nematodos fitoparásitos en plátano (*Musa AAB* cv. 'Maricongo') en Isabela, Puerto Rico

Yency Castillo¹

Abstract

The plantain (*Musa AAB*) is the most economic important crop in Puerto Rico, providing \$ 72.6 millions to the gross agricultural income for fiscal year 2013-2014. This company generate profit to more than 1,000 farmers. The crop production is affected by many pest among which are the plant parasitic nematodes. The chemical method has been used traditionally for their management, but some nematicides has been suspend by the toxic effect. The objective of study was evaluated alternative practices on plant parasitic nematodes populations in plantain. The experiment was performed at the Isabela Agricultural Experimental Substation of the University of Puerto Rico. The experimental design was a randomized incomplete block with eight treatments and two replicates. The treatments were: a rotation for 90 days with *Mucuna deeringiana* before planting, applications of poultry litter, reduced rate of nematicides oxamyl (Vydate-L®) and ethoprop (Mocap 15G®), combinations of these treatments and a control. The rotation with *Mucuna* and the applications of poultry litter reduced the nematodes populations until four months after planting, while combination of these practice with oxamil were effective during the crop critical stages. These agricultural practices may be economic and effective tools in the management of plant parasitic nematodes in plantain. It is recommended to evaluated these practices in other crops and others area in order to determine the effectiveness in the management of other plant parasitic nematodes species.

Keywords: Crop rotation, *Mucuna deeringiana*, poultry litter, nematicide.

Resumen

El plátano (*Musa AAB*) es el cultivo de mayor importancia económica en Puerto Rico, aportando US\$72.6 millones al ingreso bruto agrícola para el año fiscal 2013-2014. Esta empresa genera beneficios económicos a más de 1,000 agricultores. La producción de este cultivo es afectada por una serie de plagas, entre las que se encuentran los nematodos fitoparásitos. El método químico ha sido tradicionalmente usado para su manejo, pero varios de estos nematicidas han sido suspendidos por sus efectos tóxicos. El objetivo de este estudio fue evaluar prácticas agrícolas alternas sobre poblaciones de nematodos fitoparásitos en plátano. El experimento se realizó en la Sub-Estación Experimental Agrícola de Isabela, Universidad de Puerto Rico. El diseño experimental utilizado fue bloques incompletos al azar, con ocho tratamientos y dos repeticiones. Los tratamientos fueron: una rotación de 90 días con *Mucuna deeringiana* previo a la siembra del plátano, aplicación de gallinaza, dosis reducidas de los nematicidas oxamyl (Vydate-L®) y etoprop (Mocap 15G®), combinaciones de estos tratamientos y un control. La rotación con *Mucuna* y aplicación de gallinaza redujeron las poblaciones de nematodos fitoparásitos hasta cuatro meses después de la siembra, mientras que combinaciones de estas prácticas con dosis mínimas de nematicidas fueron efectivas durante las etapas críticas del cultivo. Estas prácticas agrícolas pueden ser herramientas económicas y efectivas en el manejo de nematodos fitoparásitos en plátano. Se recomienda evaluar estas prácticas en otros cultivos y otras áreas, a fin de determinar su efectividad en el manejo de otras especies de nematodos..

Palabras clave: Rotación de cultivo, *Mucuna deeringiana*, gallinaza, nematicida.

INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa AAB*) es el cultivo de mayor importancia económica en Puerto Rico, con un aporte de \$72.6 millones al ingreso bruto agrícola de la isla en el año fiscal 2013-2014, Departamento de Agricultura de Puerto Rico (2015). El área dedicada su producción es de 8,929 hectárea, generando beneficios económicos a más de 1000 agricultores que dependen directamente de este cultivo, USDA (2012) y Departamento de Agricultura de Puerto Rico (2011).

La producción del plátano es afectada por una serie de plagas, entre las que se encuentran cinco especies de nematodos fitoparásitos: *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filipjev y Schuurmanns Stekhoven, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood] y *Rotylenchulus reniformis* (Linford y Oliveira), Chavarría-Carvajal *et al.* (2015).

¹Yency Castillo. Trabajo de tesis de maestría en ciencias en protección de cultivos, Universidad de Puerto Rico, Recinto Mayagüez, yencycastillo@hotmail.com/ yency.castillo@upr.edu

Estos fitonematodos causan un daño directo en las raíces y el cormo, Montiel *et al.* (1997), provocando la destrucción de la raíz primaria y alterando el anclaje, Gowen y Quénéhervé (1990). Esto trae como consecuencia la reducción en el consumo de agua y nutrientes, Stoffelen *et al.* (2000). La planta atacada por estos patógenos presenta necrosis, podredumbre y debilitamiento de la raíz, ocasionando la caída de la planta y la pérdida de la cosecha, Chavarría e Irizarry (1997).

El uso de plaguicidas de origen químico ha sido el método tradicional para el manejo de nematodos fitoparásitos, sin embargo, varias moléculas han sido suspendidas por sus efectos tóxicos, Olexa (1990). El objetivo de esta investigación fue evaluar prácticas agrícolas alternas para el manejo de poblaciones de nematodos fitoparásitos en plátano, a fin de generar alternativas para los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en la Sub-Estación Experimental Agrícola de Isabela, perteneciente al Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez. Este centro de investigación está ubicado en la parte noroeste de Puerto Rico (18° 30' 47" latitud norte y 67° 04' 12" longitud oeste), a una altitud de 128 msnm, con una precipitación promedio anual de 1,630 mm y una temperatura promedio anual de 24°C. El suelo predominante pertenece a la serie Coto (típico suelo Eustrustox), con un pH de 6.2 y menos de 1.0% de contenido de materia orgánica.

En este experimento se utilizó un diseño de bloques incompletos al azar con ocho tratamientos y dos repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: 1. Rotación con *Mucuna deeringiana* (haba de terciopelo) por tres meses previo a la siembra del plátano, 2. incorporación de gallinaza (G), 3. Nematicida oxamyl (Vydate-L®), 4. Nematicida etoprop (Mocap 15G®), 5. Rotación + gallinaza, 6. Rotación + gallinaza+ oxamil, 7. Rotación + gallinaza+ etoprop y 8. Control.

A excepción de la rotación, los tratamientos se aplicaron en la siembra y cuatro y ocho meses después de la misma. La dosis de gallinaza fue de 5.08 kg/planta dividida en las tres aplicaciones, en cada aplicación la gallinaza se incorporó al suelo para evitar el arrastre superficial en caso de lluvia. El tratamiento oxamil se aplicó a la dosis de 5 ml/planta y de etoprop se aplicó 28 g/planta. Se utilizó un control, donde no se aplicó ningún tratamiento para el manejo de nematodos.

El material de siembra utilizado fue plátano cultivar 'Maricongo' por su susceptibilidad a fitonematodos e importancia comercial, el mismo fue sembrado con un marco de siembra de 1.8 m x 1.8 m, para una densidad poblacional de 3,086 plantas/ha.

Las plantas fueron fertilizadas siguiendo recomendaciones del conjunto tecnológico para la producción de plátano y guineo de la estación experimental. En cada parcela se tenían 18 plantas, de las que solo ocho se consideraron útiles para el experimento. Se realizó un muestreo de suelo previo a la aplicación de tratamientos y siembra del plátano y tres muestreos de suelo y raíces durante el ciclo del cultivo, a los cuatro y ocho meses después de la siembra e inicio de la florecida. Los muestreos se llevaron a cabo un día antes de la aplicación de los tratamientos a una profundidad de 30 cm utilizando una pala, la misma era lavada entre toma de cada muestra. Se tomaron tres sub-muestras que se unieron para formar una muestra compuesta y fueron trasladadas al laboratorio donde se realizaron las extracciones de nematodos.

Para la extracción de nematodos en suelo y raíces se utilizó la técnica del embudo de Baermann combinada con tamices. En la extracción del suelo se colocó 325 cm³ de suelo sobre un tamiz de 100 Mesh con uno de 325 Mesh debajo, se lavó el contenido por 10 minutos, luego se retiró el tamiz 100 y se continuó lavando por 10 minutos más el suelo que paso al tamiz 325. En la extracción de nematodos de raíces se usó 20g de raíces elegidos al azar y se licuó por 15 segundos utilizando una licuadora industrial (Waring 51BL32, Texas, USA), se pasó el contenido a un tamiz 325, se realizó un lavado por cinco minutos. Tanto las muestras de suelo como las de raíces se colocaron en embudo de Baermann sobre rejilla de metal con papel humedecido y se incubaron por 48 horas. Al cabo de este tiempo se tomó 8 ml de la parte inferior del embudo y se dejó en reposo por 24 horas, a final de las cuales se procedió a colocar los viales conteniendo las muestras por 6 minutos a 80°C, simulando la muerte natural de los nematodos, ya que en esta temperatura los nematodos adquieren las posiciones en las que están basadas las claves taxonómicas.

La identificación morfológica de los fitonematodos se realizó utilizando un estereoscopio (Olympus SZ61, Tokio Japón) y un microscopio compuesto (Olympus U-TV1X-2, Tokio Japón) con la ayuda de clave taxonómica, Mai *et al.* (1996).

Los datos obtenidos se evaluaron mediante el análisis de varianza (Anova), con un nivel de significancia de 0.05 y las medias se compararon usando la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher. Para llevar a cabo este análisis se transformaron los datos a logaritmo natural, log^e (número de nematodos+1), para cumplir con los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad de errores. Estos análisis se realizaron utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de la aplicación de los tratamientos y la siembra del plátano se obtuvo una media de nematodos fitoparásitos de 5.64 nematodos/100 cm³ de suelo, donde se identificaron las especies *Helicotylenchus multincinctus* y *Rotylenchulus reniformis*, mientras que, durante todo el ciclo del cultivo de plátano, también se identificó la especie *Radopholus similis*.

Poblaciones de *R. similis* bajo el efecto de los tratamientos

En las raíces se observó *R. similis* durante todo el ciclo del cultivo, mientras que en el suelo solo se observó esta especie a inicio de la floración, Tabla 1. A los cuatro meses después de la siembra, no se observó *R. similis* en los tratamientos con rotación y aplicación de gallinaza solo y combinados. Estos tratamientos mostraron diferencias significativas al compararse con el control, pero no con los nematocidas químicos. A los ocho meses después de la siembra solo se obtuvieron diferencias significativas al comparar el control con los tratamientos que contenían oxamil. Trabajos realizados por Chavarría-Carvajal *et al.* (2015) reportan pérdidas de efectividad de estas prácticas luego de cuatro meses de incorporadas al suelo, logrando reducciones de nematodos en el cultivo de plátano solo al combinarlas con bajas dosis del nematocida oxamil.

En la etapa de floración, las poblaciones de *R. similis* en raíces mostraron diferencias significativas cuando se compararon los tratamientos rotación + gallinaza + etoprop y el control, pero no al compararse con los demás tratamientos, mientras que en suelo no se observó efecto de estos tratamientos sobre las poblaciones. Estudios realizados por Chavarría-Carvajal *et al.* (2013) lograron reducciones de *R. similis* y *M. incognita* en parcelas con rotación por 120 días con *M. deeringiana* al ser comparados con parcelas en barbecho. Por su parte Santiago-González *et al.* (2006) utilizando rotación con *M. deeringiana* por 120 días y aplicación de gallinaza a la dosis de 7.3 kg/planta en plátano, redujeron fitonematodos en suelo, pero no encontraron efecto de estos tratamientos en las raíces.

Poblaciones de *R. reniformis* bajo el efecto de los tratamientos

Al realizar comparaciones de medias de las poblaciones de *R. reniformis* solo se observaron diferencias significativas a los ocho meses después de la siembra tanto en suelo como en raíces. En el suelo las diferencias significativas se observaron al comparar las poblaciones en los tratamientos rotación + gallinaza, rotación + gallinaza + oxamil, y etoprop solo con el control, mientras que en las raíces se encontró diferencias al comparar las medias de todos los tratamientos con el control, ex-

Tabla 1. Poblaciones de *R. similis* en suelo y raíces de plátano durante el ciclo del cultivo ^{1,2}

Tratamientos ³	4 meses		8 meses		Floración	
	Suelo ⁴	Raíces ⁵	Suelo ⁴	Raíces ⁵	Suelo ⁴	Raíces ⁵
R	0	0.0 a	0	4.8 ab	0.6 a	3.2 ab
G	0	0.0 a	0	4.2 ab	0.7 a	1.7 ab
O	0	1.5 ab	0	1.7 c	0.0 a	3.4 ab
E	0	2.5 ab	0	2.9 abc	1.0 a	2.9 ab
R+G	0	0.0 a	0	3.6 abc	1.4 a	3.4 ab
R+G+O	0	0.0 a	0	0.0 c	0.0 a	1.5 ab
R+G+E	0	0.0 a	0	3.0 abc	0.0 a	0.0 b
Control	0	4.6 b	0	6.2 a	1.3 a	7.1 a
DMS	-	4.36	-	4.99	2.3	6.95

¹Promedio de dos repeticiones.

²Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas (p = 0.05) según DMS Fisher.

³R=Rotación con *Mucuna*, G=gallinaza, O=oxamil, E= etoprop y C= control.

⁴Nematodos/100 cm³ de suelo transformados a loge(número de nematodos+1).

⁵Nematodos/100 g de raíces.

ceptuando el tratamiento de rotación, Tabla 2. Chavarría-Carvajal *et al.* (1999) obtuvieron reducciones significativas de *R. reniformis* en el cultivo de piña luego de una rotación con *M. deeringiana* por tres meses. Estos autores reportan igual control de esta especie al usar esta leguminosa como cultivo de rotación que al usar nematocidas químicos, recomendando esta práctica como una alternativa al uso de estos. El uso de gallinaza también redujo poblaciones de *R. similis*, *P. coffeae*, *M. incognita*, *R. reniformis* y *H. multincinctus* en el cultivo de plátano y promovió un incremento de poblaciones microbianas en el suelo, Orisajo *et al.* (2012) y Chavarría-Carvajal *et al.* (2006).

Poblaciones de *H. multincinctus* bajo el efecto de los tratamientos

Las poblaciones de *H. multincinctus* no fueron afectadas por los tratamientos en ninguna etapa del cultivo. Después de cuatro meses se observó que estas poblaciones fueron mayores en el tratamiento de rotación que el control, lo cual sugiere que esta leguminosa podrían no causar efecto en esta especie, Tabla 3. Resultados similares obtuvieron Vargas-Ayala y Rodríguez-Kábana (2001) utilizando rotación con leguminosas supresivas y no supresivas en las que se encontraba *Mucuna*, don-

Tabla 2. Poblaciones de *R. reniformis* en suelo y raíces de plátano durante el ciclo del cultivo^{1,2}

Tratamientos ³	4 meses		8 meses		Florecida	
	Suelo ⁴	Raíces ⁵	Suelo ⁴	Raíces ⁵	Suelo ⁴	Raíces ⁵
R	4.9 a	2.4 a	6.4 ab	3.2 ab	6.4 a	5.9 a
G	4.3 a	0.0 a	6.1 abc	1.2 b	3.0 a	3.2 a
O	5.0 a	1.2 a	6.0 abcd	1.5 b	5.6 a	4.3 a
E	2.8 a	0.0 a	4.0 d	1.5 b	6.6 a	3.6 a
R+G	4.9 a	1.2 a	5.0 bcd	1.2 b	5.1 a	2.0 a
R+G+O	5.6 a	2.8 a	4.2 cd	1.2 b	4.8 a	1.7 a
R+G+E	2.9 a	4.2 a	6.1 abc	1.2 b	4.1 a	2.9 a
Control	1.8 a	3.6 a	7.1 a	5.9 a	5.4 a	4.1 a
DMS	4.36	5.87	1.97	3.92	4.25	5.57

¹Promedio de dos repeticiones.

²Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p = 0.05$) según DMS Fisher.

³R=Rotación con *Mucuna*, G=gallinaza, O=oxamil, E= etoprop y C= control.

⁴Nematodos/100 cm³ de suelo transformados a $\log_e(\text{número de nematodos}+1)$.

⁵Nematodos/100 g de raíces.

Tabla 3. Poblaciones de *H. multincinctus* en suelo y raíces de plátano durante el ciclo del cultivo^{1,2}

Tratamientos ³	4 meses		8 meses		Florecida	
	Suelo ⁴	Raíces ⁵	Suelo ⁴	Raíces ⁵	Suelo ⁴	Raíces ⁵
R	3.0 a	2.0 a	2.2 a	4.8 a	3.3 a	4.6 a
G	2.1 ab	2.4 a	1.8 a	3.1 a	1.5 a	1.5 a
O	1.0 ab	2.1 a	2.0 a	3.1 a	0.5 a	4.0 a
E	1.6 ab	1.5 a	1.7 a	2.1 a	1.3 a	3.6 a
R+G	1.9 ab	0.0 a	2.8 a	2.4 a	3.2 a	1.2 a
R+G+O	3.1 a	4.6 a	2.5 a	3.7 a	2.9 a	3.2 a
R+G+E	1.1 ab	4.6 a	3.1 a	3.7 a	3.6 a	2.5 a
Control	0.0 b	4.2 a	1.4 a	4.3 a	1.1 a	4.4 a
DMS	2.36	5.36	2.64	4.07	3.14	7.78

¹Promedio de dos repeticiones.

²Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p = 0.05$) según DMS Fisher.

³R=Rotación con *Mucuna*, G=gallinaza, O=oxamil, E= etoprop y C= control.

⁴Nematodos/100 cm³ de suelo transformados a $\log_e(\text{número de nematodos}+1)$.

⁵Nematodos/100 g de raíces.

de lograron el control de *M. incognita*, *Tylenchorynchus claytoni*, *Paratrichodorus christie* y *Hoplolaimus galeatus*, pero no lograron el control de *Helicotylenchus dihystera*. Estos autores reportan una posible interacción entre este género con la rizósfera de esta planta, presentándose una alta población en ella.

CONCLUSIONES

La aplicación de gallinaza al suelo y la rotación con *Mucuna* fueron efectivas reduciendo poblaciones del nematodo *R. similis* hasta los cuatro meses después de la siembra del plátano.

El uso integrado de rotación con *Mucuna*, aplicación de gallinaza y dosis bajas de nematicidas, es efectivo en el manejo de *R. similis* en las etapas críticas del cultivo de plátano.

El uso de estas prácticas alternas no tuvo efecto sobre las poblaciones de *H. multincinctus*.

La rotación con *Mucuna*, aplicación de gallinaza y dosis bajas de nematicidas, como práctica de manejo puede ser una herramienta efectiva en el control de *R. similis* en plátanos.

RECOMENDACIONES

- Realizar análisis químicos del suelo y de las enmiendas al inicio del experimento para cuantificar el aporte de la gallinaza a la fertilización del suelo.
- Llevar a cabo un plan de manejo en el que se incluya rotación con *Mucuna* previo a la siembra o aplicación de gallinaza al sembrar, seguida de combinaciones con dosis mínimas de nematicida cuatro y ocho meses después de la siembra.
- Evaluar el efecto de estas prácticas sobre el rendimiento del cultivo del plátano.
- Evaluar el efecto de dosis más alta de gallinaza y rotación por más tiempo sobre las poblaciones *H. multincinctus*.
- Evaluar la efectividad de estos tratamientos en otros cultivos y otras áreas del país a fin de determinar su efecto en el control de otros géneros de nematodos. De esta forma se podrán generar soluciones para el control de especies patógenas, mediante el uso de prácticas beneficiosas al medioambiente y económicamente factibles para los productores.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura (NIFA, por sus siglas en inglés), Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), Hatch Proyecto PR00437, N° de Acceso 226772”.

LITERATURA CITADA

Chavarría-Carvajal, J.; Macchiavelli, R.; Hernández, E. 2015. Use of poultry litter and a rotation crop for the management of plant-parasitic nematodes and banana weevil on plantain. Submitted to The Journal of Agriculture, University of Puerto Rico (in press).

Chavarría-Carvajal, J.; Vicente, N.; Macchiavelli, R.; Hernández, E. 2013. Alternative Practices for Managing Plant-Parasitic Nematodes on *Musa sp.* Nematropica, 43(2):285-286. (Abstract).

Chavarría-Carvajal, J.; Vicente, N.; Ortiz, J. 2006. Effect of Organic Amendments on Nematode Populations and Crop Yield of Plantain. Nematropica, 36(2):118. (Abstract).

Chavarría-Carvajal, J.; Figueroa, W.; Gandía, W. 1999. Suppression of plant-parasitic nematodes on pineapple with velvet bean (*Mucuna deeringiana*). Nematropica 29:118 (Abstract).

Chavarría-Carvajal, J.; Irizarry, H. 1997. Rates, application intervals and rotation of four granular pesticides to control nematodes and the corm-weevil (*Cosmopolites sordidus* Germar) in plantain. The Journal of Agriculture, University of Puerto Rico, 81(1-2):43-52.

Departamento de Agricultura de Puerto Rico. 2011. Consumo de Plátano y Guineo en Puerto Rico, 1998-2010. Oficina de Estadísticas Agrícola

Departamento de Agricultura de Puerto Rico. 2015. Ingreso Bruto de la Agricultura de Puerto Rico, 2009-2014. Oficina de Estadísticas Agrícola.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini M.G., González L., Tablada, M. y Robledo C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR. (En línea). Revisado el 15 de junio 2017. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.

Gowen, S.; Quénéhervé, P. 1990. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. In: Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Pages 431-460 Luc, M., Sikora, R.A. y Bridge, J. Eds. CAB International, Wallingford, UK.

Mai, W.; Mullin, P.; Lyon, H.; Loeffler, K. 1996. Plant-Parasitic Nematodes: A pictorial key to genera. Cornell University Press, Ithaca, New York. 277 p.

Olexa, M. 1990. Laws Governing Use and Impact of. Agricultural Chemicals: An overview. Circular 887. University of la Florida, Servicio de Extension. Gainesville, FL.

Orisajo, S.; Afolami, S.; Fademi, O.; Okelana, M.; Atungwu, J. 2012. Effects of poultry litter on establishment of cocoa seedlings and plantain infected with parasitic nematodes. Journal of Research in Chemistry and Environment, 2(4):278-289.

Santiago-González, J.; Chavarría-Carvajal, J.; Franqui-Rivera, R. 2006. Integrated Management of Plant-Parasitic Nematodes and The Corm-Weevil on Plantains. Nematropica, 36(2):147.

Stoffelen, R.; Verlinden, R.; Xuyen, N.; Swennen, R.; De Waele, D. 2000. Host plant response of *Eumusa* and *Australimusa* bananas (*Musa spp.*) to migratory endoparasitic and root-knot nematodes. Journal of Nematology, 2(8):907-916.

USDA. (United States Department of Agriculture). 2012. Census of Agriculture. Puerto Rico Island and Municipalities data. Agricultural Statistics Service. Volume 1. Part 52. 350 pp.

Vargas-Ayala, R.; Rodríguez-Kábana, R. 2001. Bioremediative management of soybean nematode population densities in crop rotations with velvetbean, cowpea, and winter crops. *Nematropica* 31:37–46.