

## EVALUACIÓN DEL EFECTO DE INDUCTORES DE RESISTENCIA SOBRE EL CRECIMIENTO FISIOLÓGICO DE LAS PLANTAS DE BANANO (*Musa AAA*) Y SOBRE LA DISMINUCIÓN EN LA SEVERIDAD DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet)

L.P. Oporta González, G. Ramírez Pineda, F. Elango<sup>1</sup>

Universidad EARTH  
Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica

Recibido 28 de noviembre 2008. Aceptado 20 de octubre 2009.

### RESUMEN

La sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) se ha considerado la enfermedad más severa en el cultivo de banano, afectando la rentabilidad en la producción del cultivo. Al disminuir la productividad, se incrementan las aplicaciones de fungicidas para el control de la enfermedad. El control de la sigatoka negra mediante el uso de los inductores de resistencia se convierte en una alternativa para su manejo sostenible. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de tres inductores de resistencia (extracto de compost Polyversum, Agrilife 2 SL) en el crecimiento fisiológico de las plantas y su efecto en la disminución de la severidad de la sigatoka negra. Esta investigación se desarrolló con un diseño de bloques completamente al azar donde se evaluaron las siguientes variables: grosor del pseudotallo, altura de la planta, biomasa foliar y área foliar. Además, se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad, utilizando los datos de promedio ponderado de infección (PPI). Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos y el testigo en las variables de grosor del pseudotallo, altura de planta, biomasa foliar y área foliar. Ninguno de los inductores de resistencia utilizados logró disminuir la severidad de infección. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos y el testigo en cuanto al PPI. El extracto de compost mostró mayor vigor en las variables de crecimiento evaluadas.

**Palabras clave:** Agrilife 2 SL, banano, extracto de compost, Polyversum, resistencia inducida, sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*).

### ABSTRACT

The black leaf streak (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) has been considered the most severe disease in the cultivation of bananas, affecting the profitability in the production of the crop. Due to a decrease in productivity, the application of fungicides for the control of this disease has increased. The control of black sigatoka through the use of inducing resistance has become an alternative for the sustainable management of this disease. The objective of the research was to evaluate the effect of the application of three resistance inducing products (compost extract, Polyversum, Agrilife 2 SL) in the physiological growth of plants and their effect in reducing the severity of the disease. The experimental design used was a complete randomized block in which the following variables were assessed: pseudo-stem thickness, plant height, leaf biomass, and leaf area. In addition, the incidence and severity of the disease were evaluated using the weighted

<sup>1</sup> Contacto: Fritz Elango ([felango@earth.ac.cr](mailto:felango@earth.ac.cr))

cumulative disease index (PPI). The results showed significant differences ( $p < 0.05$ ), between treatments and the control for the following variables of pseudo-stem thickness, plant height, leaf biomass, and leaf area. None of the inducers of resistance used reduced the severity of infection. The PPI was not statistically significant different ( $p > 0.05$ ) between treatments and the control group. The extract of compost showed greater effect on plants in the evaluation of growth.

**Key words:** Agrilife 2 SL, banana, compost extract, Polyversum, induced resistance, black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*).

## INTRODUCCIÓN

Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) se ha considerado la enfermedad más severa en el cultivo de banano, afectando la rentabilidad en la producción del cultivo. El principal efecto de la enfermedad es la reducción del área foliar, disminuyendo la actividad fotosintética de la planta y, por ende, la productividad del producto final (Elango, 1998). Sin embargo, el combate de la enfermedad tiene un valor económico significativo, el cual tiene gran impacto en el sector bananero (Romero, 1985). Esta situación ha impulsado la búsqueda de nuevos productos mayormente sostenibles que permitan disminuir el impacto ambiental provocado por el uso excesivo de productos químicos, sin dejar de lado la necesidad de reducir los costos en el manejo y control de la sigatoka negra.

Estudios realizados en la Universidad EARTH permitieron conocer los efectos de algunos inductores de resistencia en el control de la sigatoka negra en musas, por ejemplo el uso de microorganismos (*Pseudomonas syringae* pv. lachrymans) que mostró un mejor control de la enfermedad durante las dos primeras semanas de evaluación del experimento; en comparación a los otros tratamientos utilizados ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y ácido salicílico) (Meléndez, 1999).

Otro inductor de resistencia que fue evaluado en la Universidad EARTH fue el Polyversum, donde los resultados obtenidos mostraron mayor vigor en las plantas tratadas con este producto en comparación con el otro tratamiento (*P. fluorescens*). Dentro de las variables analizadas estaban el grosor del pseudotallo, área foliar y biomasa foliar. Sin embargo, las diferencias significativas entre un tratamiento y el otro fueron pocas, debido al corto tiempo de evaluación (Naranjo y Herrera, 2007).

Asimismo, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) se evaluaron distintos inductores de resistencia, de los cuales *P. cepacia*, *P. fluorescens*, *Serratia marcescens* y *Trichoderma harzianum* dieron resultados, logrando promover el crecimiento del área foliar e inducir un grado de resistencia (Gutiérrez, 1996). Debido a la necesidad de continuar con este tipo de estudios que permitan encontrar productos que de origen biológico que controlen esta enfermedad, el fin de esta investigación se fundamentó en evaluar tres inductores de resistencia sobre el crecimiento y la disminución de la severidad de sigatoka negra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en las instalaciones de la Finca Académica de la Universidad EARTH, Guácimo, Costa Rica. La misma se ubica a 50 msnm y la temperatura característica de esta región oscila entre los 30,5 °C y los 22 °C. La zona presenta una precipitación anual de 3200 mm y la humedad relativa promedio del 80 %.

Esta investigación se llevó a cabo en un vivero cubierto por sarán, el cual poseía un 30 % de sombra, en donde se ubicaron 500 plantas *in vitro* del subgrupo Cavendish *cv.* Williams en

estado 5. Cada planta se colocó a 1 m y entre hileras a una distancia de 1,75 m en bolsas plásticas de 0,5 m x 0,3 m, con una capacidad volumétrica aproximada de 6 kg.

Se evaluaron cuatro tratamientos en el experimento: extracto de compost, Polyversum, Agrilife 2 SL y un testigo (agua). En cuanto al extracto de compost se preparó utilizando 10 kg de compost proveniente de la Finca Orgánica. Este compost se colocó en un estañón que contenía 10 L de agua, durante una semana previa a la aplicación. Finalmente se utilizaron 180 mL del extracto, los cuales fueron mezclados en 18 L de agua (Zhang *et al.*, 1998). El Polyversum se activó dos horas antes de ser aplicado, diluyendo 15 g del producto en 1,5 L de agua. Posteriormente dicha suspensión se diluyó en 26 L de agua. Agrilife se aplicó disolviendo 150 mL de producto en 18 L de agua. Para el testigo absoluto se asperjaron las plantas con 18 L de agua.

El diseño empleado fue bloques completamente al azar, donde cada bloque estaba compuesto por cuatro tratamientos. Cada uno de estos tratamientos estuvo compuesto por cinco repeticiones constituidas por 25 plantas cada uno, de las cuales 12 plantas representaron la parcela útil, mientras que las 13 plantas restantes tuvieron la función de efecto de borde. Se aplicaron los tratamientos de forma foliar, en suspensión (extracto de compost y Polyversum) y en una solución (Agrilife 2 SL). Luego de transcurridos tres meses de la siembra de las plantas, se realizaron las aplicaciones cada 21 días. En el momento de las aplicaciones se utilizaron cuatro cortinas de plástico (3 m de ancho x 6 m de largo) con el objetivo de evitar contaminación cruzada entre los diferentes tratamientos.

A partir de la primera aplicación se realizó la toma de datos semanales, para el análisis de la variable promedio ponderado de infección (PPI) de la sigatoka negra y quincenales para variables de grosor del pseudotallo y altura de las plantas. Al final del experimento, para obtener el área foliar por planta, se tomaron las mediciones de ancho y longitud de la lámina foliar de la tercera hoja de las plantas con un flexómetro. El resultado obtenido se multiplicó por 0,8 como factor de curvatura. Después, se cortaron las hojas para medir peso de biomasa foliar.

Las prácticas culturales que se realizaron fueron la limpieza de malezas de las entrecalles, así como de las bolsas donde estaban sembradas las plantas y deshojas de saneamiento cada dos semanas. Asimismo se aplicó el fertilizante DAP en una dosis de 10 g por planta, debido a que el suelo presentó deficiencias nutricionales que se evidenciaron en el amarillento general en las hojas. Para realizar este proyecto no fue necesaria la inoculación de la planta con las ascosporas del hongo *Mycosphaerella fijiensis*, ya que el experimento se estableció en un área cercana a la plantación comercial de banano, condición que dio lugar a una infección natural de las plantas.

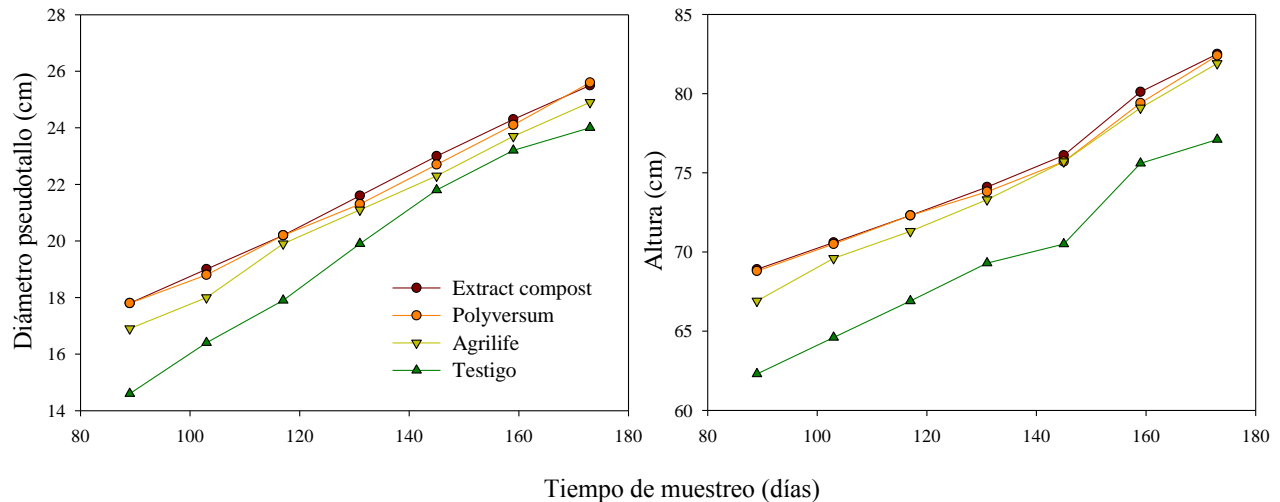
Se realizó el análisis de varianza para medidas repetidas de las variables de grosor del pseudotallo, altura de la planta y severidad de infección. A las variables que fueron tomadas al finalizar el experimento, peso de biomasa foliar y área foliar, se les aplicó el ANOVA para la comparación de efectos de los diferentes tratamientos (Infostat, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente las plantas tenían deficiencias nutricionales que presentaron durante el periodo de adaptación. Por esta razón, los tratamientos evaluados fueron aplicados al mismo tiempo, 89 días después de la siembra.

Para el variable de diámetro del pseudotallo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos y el testigo a partir de la primera aplicación, y esta diferencia existió hasta el muestreo seis semanas después de las aplicaciones. Las plantas con los

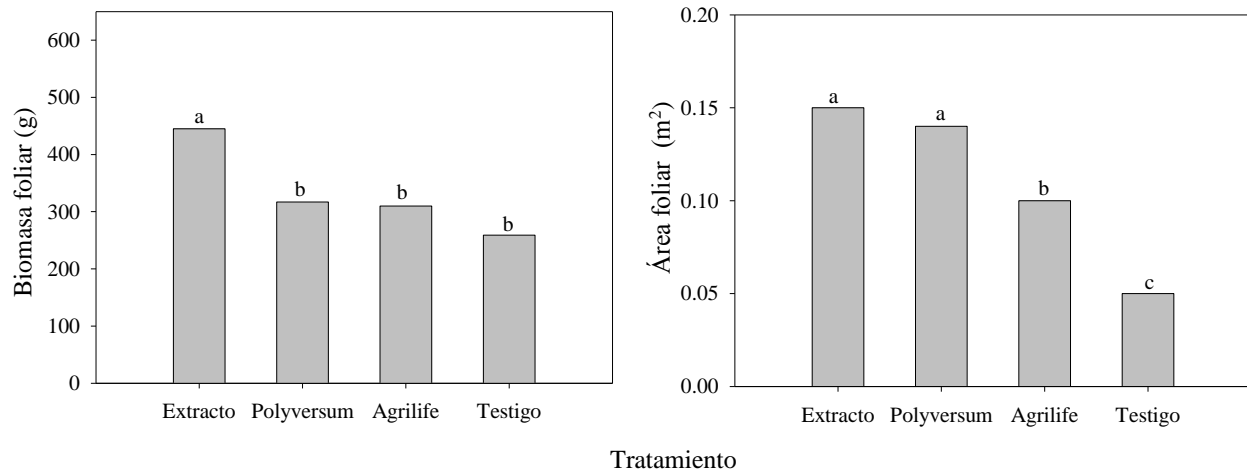
otros tuvieron un comportamiento similar durante el periodo de estudio (Figura 1). Se obtuvieron resultados iguales para el variable de altura de las plantas, diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos y el testigo hasta el muestreo seis semanas después de las aplicaciones. No hubo diferencias en la altura de las plantas entre los tratamientos extracto de compost, Polyversum y Agrilife y el testigo absoluto se mostró inferior a estos tratamientos (Figura 1).



**Figura 1.** Incremento del grosor del pseudotallo y de la altura de la planta en los diferentes tratamientos evaluados.

La semejanza en el grosor del pseudotallo para los tratamientos se debió al tipo de aplicación; la misma fue de forma foliar. Los productos aplicados no fueron mezclados con un adherente agrícola o aceite agrícola, lo que limitó la permanencia de estos en las hojas. Por ende, no se logró la translocación de los mismos por toda la planta, razón por la cual no se obtuvo el efecto esperado en la misma. Según Naranjo y Herrera (2007), el Polyversum tuvo mayor efecto sobre el grosor del pseudotallo. Este efecto positivo se debió a que el producto se aplicó en la rizósfera de las plantas y garantizó un mejor aprovechamiento del mismo debido a su permanencia en el suelo.

Para analizar la biomasa foliar y el área foliar, se utilizaron los datos obtenidos al finalizar el período de evaluaciones de 12 semanas luego de la primera aplicación. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre el extracto de compost y los otros tratamientos (Figura 2). En un estudio en 2007, las plantas con el tratamiento Polyversum presentaron mayor peso promedio por planta, 3,57 kg/planta. Este resultado positivo sobre las plantas se debió a la forma como se aplicó el producto que permitió que la planta tuviera un mayor aprovechamiento (Naranjo y Herrera, 2007).



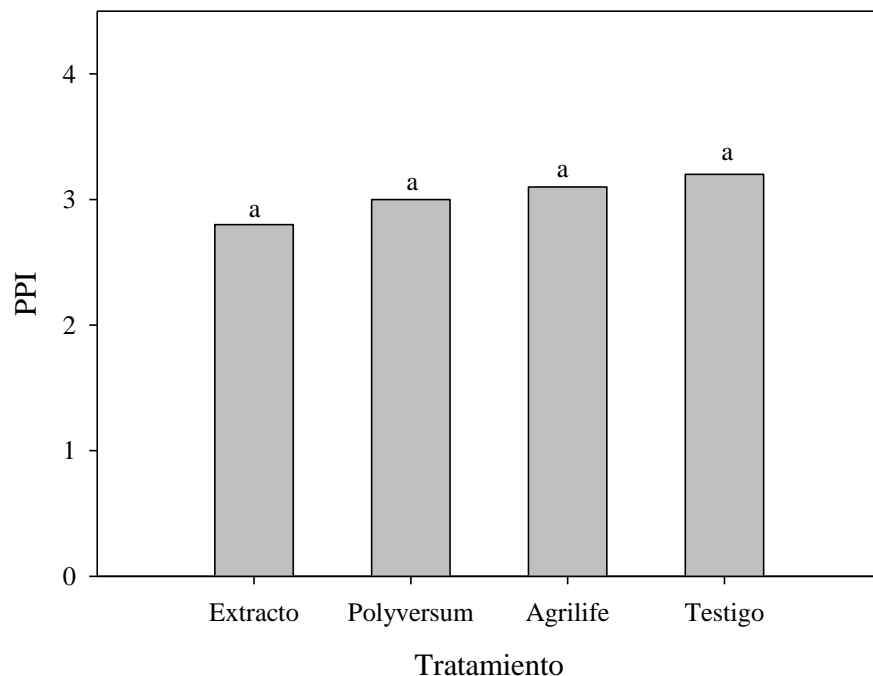
**Figura 2.** Evaluación de la biomasa foliar y del área foliar para los diferentes tratamientos a los 12 semanas de la primera aplicación (letras diferentes indican diferencias significativas,  $p < 0,05$ ).

El área foliar se determinó al finalizar el periodo de evaluación y encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo ( $p < 0,05$ ) (Figura 2). Sin embargo, entre los tratamientos que presentaron las mayores áreas foliares, extracto de compost y Polyversum, no mostraron una diferencia estadísticamente significativa. Estos resultados coinciden con el estudio realizado en el 2007 donde las plantas a las que se les aplicó Polyversum presentaron el mayor desarrollo en comparación con los diferentes tratamientos evaluados (Naranjo y Herrera, 2007).

En la primera semana después de la aplicación de los tratamientos, fue evidente una disminución constante en el PPI; este comportamiento fue atribuible a la disminución en la precipitación de la zona, factor que limita la reproducción de ascosporas del hongo. A partir de la segunda semana, se inició un incremento semejante en el PPI para los tres tratamientos y el testigo. En ese periodo se observó un incremento en la precipitación.

Después de las nueve semanas del periodo de estudio, los cuatro tratamientos muestran el menor PPI. Esta disminución no fue el resultado de ninguno de los tratamientos, más bien este comportamiento se debió al número de hojas por planta al finalizar el periodo de evaluación, el cual osciló entre una hoja y cuatro hojas. En esta evaluación se realizó la eliminación de hojas en grado 5, factor que disminuyó el PPI. Estos resultados coinciden con los obtenidos en la investigación realizada por Naranjo y Herrera (2007), donde los tratamientos utilizados no mostraron efecto alguno en la disminución del PPI; sin embargo, factores como la precipitación y la cantidad de inóculo lograron reducir el grado de infección presente en la plantas.

Al fin del periodo de estudio no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos evaluados para la variable de PPI (Figura 3). Estos datos coinciden con los obtenidos por Meléndez (1999), donde los tratamientos usados para inducir resistencia en plátano (*Musa* AAB) mostraron un comportamiento similar.



**Figura 3.** Promedio ponderado de infección (PPI) de la enfermedad para los diferentes tratamientos durante el periodo de evaluación (letras diferentes indican diferencias significativas,  $p < 0,05$ ).

### CONCLUSIONES

El extracto de compost mostró mayor desarrollo de las plantas en las variables de crecimiento evaluadas (grosor del pseudotallo, altura de las plantas, biomasa foliar y área foliar). Durante las nueve semanas de evaluación, ninguno de los inductores de resistencia utilizados (extracto de compost, Polyversum, Agrilife 2 SL) presentó diferencias estadísticamente significativas en la reducción de la severidad de infección.

### LITERATURA CITADA

- Elango, F. 1998. *Manejo integrado de la sigatoka negra*. Seminario internacional. Guácimo (CR) : Universidad EARTH. 5 p.
- Gutiérrez, F. 1996. Estudio de factores de la inducción de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* y promoción de crecimiento en plantas de banano. [Tesis M.Sc. Agr.] Turrialba (CR) : CATIE. 91 p.
- InfoStat. 2004. *Manual del usuario InfoStat, versión 2004* [programa de cómputo]. 2ª ed. Córdoba (AR): Universidad Nacional de Córdoba.
- Meléndez, M. 1999. *Resistencia inducida a la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) en plátano (Musa AAB) en la Zona Atlántica de Costa Rica*. [Proyecto de Graduación Lic. Ing. Agr.] Guácimo (CR) : Universidad EARTH. 56 p.

- Naranjo, M. y Herrera, J. 2007. Evaluación del efecto de dos inductores de resistencia sobre el desarrollo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y el crecimiento de plantas de banano (Musa AAA). [Proyecto de Graduación Lic. Ing. Agr.] Guácimo (CR): Universidad EARTH. 61 p.
- Zhang, W.; Han, DY.; Dick, WA.; Davis, KR. y Hoitink, HAJ. 1998. Compost and compost water extract-induced system acquire resistance in cucumber and Arabidopsis. *Phytopathology*, vol. 88, no. 5, p. 450-455.