

Potencial de *Melaleuca alternifolia* para el manejo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en plátano Manzano (*Musa* sp. Grupo AAB)

José Alfredo Flores-Yáñez¹; Marco Tulio Vega-Gutiérrez^{1*}; Luciano Martínez-Bolaños²; Jesús Torres-García³; Juan Cristobal Fernández-Arroyo¹

¹STK bio-ag technologies. ²Universidad Autónoma Chapingo. ³Instituto Politécnico Nacional.

*Autor de

Correspondencia:

Marco Tulio Vega
Gutiérrez
mvega@stk-ag.com

Contribución:

Tecnológica

Sección:

Fitosanidad

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Flores-Yáñez JA, Vega-Gutiérrez MT, Martínez-Bolaños L, Torres-García J y Fernández-Arroyo JC. 2024. Potencial de *Melaleuca alternifolia* para el manejo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en plátano Manzano (*Musa* sp. Grupo AAB). *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 1(1): 46
<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2446>

RESUMEN

En este estudio se evaluaron tres aplicaciones foliares de *Melaleuca alternifolia* (0.5, 1.0 y 1.5 L ha⁻¹) a intervalos de 14 días, realizadas con un aspersor motorizado y un volumen de aplicación de 400 L ha⁻¹. Los resultados mostraron que *Melaleuca alternifolia* a 1.0 y 1.5 L ha⁻¹ presentaron una menor la severidad de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 (*Foc1*) en plátano manzano siendo la dosis de 1.5 L ha⁻¹ la que presentó el mayor control de la enfermedad (66.6%). La aplicación foliar de *M. alternifolia* mejora el contenido foliar de clorofila y nitrógeno que junto con el control de *Foc1*, sugiere un desencadenamiento de defensa sistémica.

Palabras clave: *Fusarium*, Manejo, defensa sistémica, Clorofila, Fitosanidad.

ABSTRACT

In this study, three foliar applications of *Melaleuca alternifolia* (0.5, 1.0 and 1.5 L ha⁻¹) were evaluated at 14-day intervals, carried out with a motorized sprinkler and an application volume of 400 L ha⁻¹. The results showed that *M. alternifolia* at 1.0 and 1.5 L ha⁻¹ presented a lower severity of *F. oxysporum* f. sp. *cubense* race 1 (*Foc1*) in apple banana, with the dose of 1.5 L ha⁻¹ presenting the greatest control of the disease (66.6%). Foliar application of *M. alternifolia* improves foliar chlorophyll and nitrogen content which, together with control of *Foc1*, suggests a systemic defense trigger.

Keywords: *Fusarium*, Management, Systemic Defense, Chlorophyll, phytosanity.



INTRODUCCIÓN

El banano es uno de los frutos más consumidos a nivel global, incrementando su producción todos los años a pesar de las grandes limitantes biológicas como el moko bacteriano (*Ralstonia solanacearum*) sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y marchitez vascular (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense), siendo esta última considerada como una de las enfermedades vegetales con mayor importancia en la historia de la agricultura, debido a su letalidad y persistencia (Li *et al.*, 2015).

La primer gran epidemia en banano se generó por Foc raza 1 a finales de la década de los 50 cuando el mercado de banano global estaba dominado por el clon Gros Michel (Grupo AAA), esta epidemia ocasiono que se sustituyera el clon Gros Michel por el clon Cavendish, el cual es resistente a Foc raza 1 y actualmente representa el 40 % de la producción mundial; En 1967 en el sureste asiático se reportó una nueva raza de Foc denominada raza 4 tropical (FocR4T), la cual afecta a los clones Cavendish con una alta tasa de letalidad y actualmente se encuentra presente en 20 países de los 135 productores de Cavendish (Martinez-Solórzano *et al.*, 2020); es por lo anterior, que en México en donde cada año se cultivan más de 41,000 ha de banano Cavendish, el inminente ingreso de FocR4T representa uno de los mayores riesgos y retos a la industria bananera que representa ingresos anuales de más de 400 millones de dólares.

El uso de fungicidas químicos para el manejo de FocR4T no ha ofrecido eficacias claras, además de que se ha mostrado que este hongo es capaz de tolerar el efecto de muchos grupos de fungicidas como triazoles, carboxamidas y estrobirulinas (Cannon *et al.*, 2022), que son los más utilizados en la industria bananera, por tanto, es imperativo obtener alternativas de manejo al químico que puedan ofrecer soluciones efectivas y con menos riesgos de resistencia a mediano plazo, siendo una de estas alternativas el uso de extractos vegetales que pueden tener un efecto directo sobre los hongos a la par de activar resistencia sistémica en las plantas.

Timorex® Gold es una tecnología Israelí a base del aceite de *Melaleuca alternifolia* compuesto principalmente de terpenos, sesquiterpenos y alcoholes genera una ruptura de la pared celular de una amplia variedad de hongos fitopatógenos, incluso en el interior de las hojas (mesófilo) este efecto fungicida supresivo ha propiciado su amplio uso en banano para el manejo de *Mycosphaerella fijiensis* pues ha resultado en los productores en un manejo contundente de la sigatoka negra (Reuveni *et al.*, 2020) que además reduce el riesgo de resistencia de fungicidas del grupo de los triazoles, carboxamidas y estrobirulinas, además de que ayuda a retener el avance de la

enfermedad permitiéndoles mantener hojas por más tiempo, probablemente debido a un efecto priming reportado recientemente por Dalio *et al.* (2020).

Por todo lo anterior, se desarrolló el presente estudio en donde se evaluó el efecto de aspersiones de *M. alternifolia* sobre el control de Foc raza 1 en plátano manzano, con el objetivo de generar información que pueda ser de utilidad para implementar estrategias de manejo ante un posible ingreso de *FocR4T* a México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en una plantación comercial de plátano manzano Grupo ABB, ubicado en la comunidad de Plátano y Cacao en el municipio de Centro, Tabasco, México en las coordenadas: 17°58'49.1"N y 93°10'23.2"W.

Se evaluaron tratamientos a base de Timorex® Gold (*Melaleuca alternifolia*) a 0.5, 1.0 y 1.5 L/ha, además de Tecto 500 SC (Tiabendazol) a 1.0 L/ha y un testigo absoluto. Se realizaron 3 aspersiones foliares terrestres a intervalos de 14 días, empleando un aspersor motorizado marca Forza modelo 818025 de 25 L de capacidad y con un motor de 1 caballo de fuerza, se utilizó un gasto de agua de 400 L/ha. La aplicación de tratamientos inicio en plantas jóvenes con una altura promedio de 1.8 m. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 4 repeticiones.

Se evaluó la incidencia y severidad de Foc cada 14 días. La evaluación externa de la enfermedad se realizó con base a una escala (Figura 1) propuesta por Li *et al.* (2014), cuya evaluación se basa en cuatro clases: 0 = sin síntomas; 1 = amarillamiento inicial, principalmente en las hojas inferiores; 2 = coloración amarillenta de todas las hojas inferiores con cierta decoloración de las hojas más jóvenes; 3 = todas las hojas con amarillamiento intenso o la planta muere.



Figura 1. Escala para evaluación del avance de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

El índice de severidad se transformó a porcentaje de infección mediante la siguiente formula:

$$PI = 100 \frac{(0 n_0 + 1 n_1 + 2 n_2 + 3 n_3)}{3N} \text{-----1)}$$

Donde:

PI: Porcentaje de infección

0 a 3= Índice de severidad

n_0 a n_3 = Número de plantas con el valor correspondiente 0 a 3

N= total de plantas evaluadas.

Posteriormente, se calculó la eficacia biológica mediante la fórmula de abbot:

$$EB = \frac{(PI_{Ita} - PI_{Itn})}{PI_{Ita}} (100) \text{-----2)}$$

Dónde:

EB= Eficacia biológica

PI_{Ita} = Porcentaje de infección en el testigo absoluto

PI_{It} = Porcentaje de infección en el tratamiento n .

También se tomaron datos de la concentración de clorofila mediante un medidor de clorofila MC-100 Amstast, en 5 hojas de 5 plantas seleccionadas al azar de cada tratamiento del estrato medio del follaje, utilizando la parte media de la hoja para la medición.

Al conjunto de datos de cada una de las variables se les determinó la normalidad de errores mediante la prueba de Shapiro-Wilk, además, se comprobó la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett, en caso de que su cumpliera la normalidad de errores y homogeneidad de varianzas, se realizó un análisis de varianza utilizando el modelo de DBCA y una prueba de comparación de medias mediante el método de Tukey $\alpha = 0.05$, en el caso de que no se cumplieran los supuestos estadísticos se realizó un análisis no paramétrico mediante el test de Mann-Whitney-Wilcoxon (WMW), con el software estadístico SAS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio se inició con una severidad de *Foc* promedio de 7.02 % y avanza a un ritmo de 25.6 % de incremento de severidad cada 14 días, lo cual se podría traducir en 1.8 % de incremento de severidad por día; este comportamiento fue afectado

estadísticamente por la aplicación de *M. alternifolia*, siendo la dosis de 1.5 L/ha foliar la que obtuvo la mayor reducción del incremento de la severidad, pues en este tratamiento, *Foc* avanza a una tasa de 0.5 % de severidad por día (Figura 2).

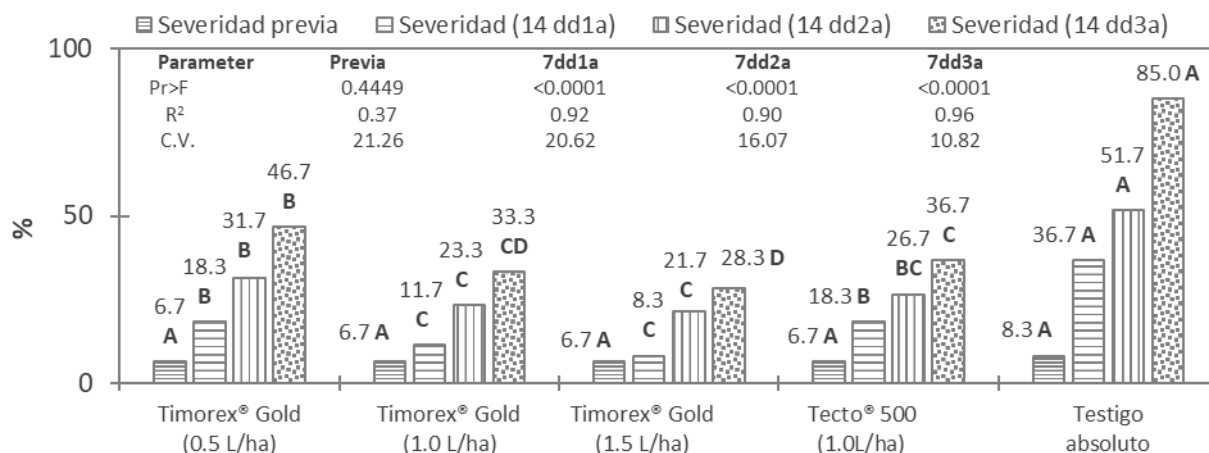


Figura 2. Comportamiento de la severidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense en plátano manzano grupo ABB en respuesta a aspersiones de *M. alternifolia*. **dd1a:** Días después de la 1era aplicación. **C.V.:** Coeficiente de variación.

Durante 42 días las eficacias obtenidas por *M. alternifolia* en las diferentes dosis evaluadas fue de 38.7 a 77.3 %, comparado con el uso de Tiabendazol (Tecto® 500) cuyas eficacias fueron entre 48.4 y 56.9 % (Figura 3).



Figura 3. Eficacias obtenidas por el producto a base de *Melaleuca alternifolia* sobre el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense en plátano manzano grupo ABB. **dd1a:** Días después de la 1era aplicación.

Durante el desarrollo del presente estudio se observaron diferencias en el verdor de las plantas de los distintos tratamientos, por lo cual, 30 días después de la 3era aplicación se realizó un monitoreo sobre la concentración de clorofila y nitrógeno en

las hojas de banano y se encontró que *M. alternifolia* generó una mayor concentración de clorofila y nitrógeno en las hojas (Figura 4), aunque esto puede estar correlacionado con el control de Foc raza 1, es importante recalcar que las aplicaciones fueron foliares, por lo cual el efecto fungicida directo sobre el hongo en el suelo fue marginal, esto sugiere que *M. alternifolia* puede estar activando mecanismos de defensa sistémicos que protegen a las plantas de la infección y del avance de la enfermedad en plantas infectadas.

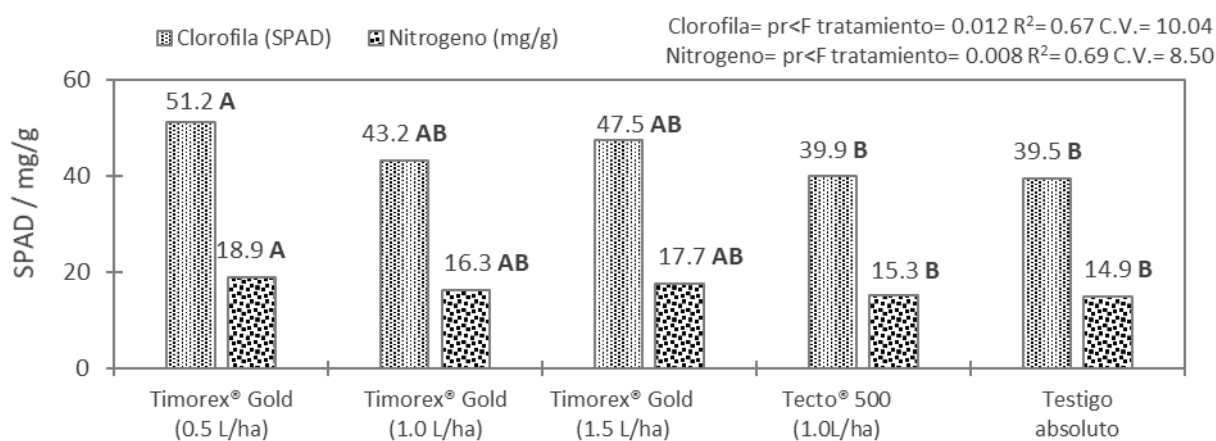


Figura 4. Comportamiento de la concentración foliar de clorofila y nitrógeno 30 días después del tratamiento en plátano manzano. C.V.: Coeficiente de variación.

La información con relación al manejo de *Foc* es de suma importancia, pues, aunque en México está limitado a cultivares poco comerciales como el plátano manzano (1,596 ha) y el plátano macho (19,834 ha), el riesgo de la llegada de *FocR4T* plantea un gran reto para los productores y técnicos del cultivo principalmente a los productores de banano Cavendish (41,036 ha).

A nivel global, la evidencia sobre el uso de fungicidas químicos para el manejo de *FocR4T* ha sido preocupante pues las eficacias encontradas son bajas, probablemente debido a un tema de resistencia debido a la alta presión de uso de fungicidas químicos que existe en la industria bananera, no obstante existen reportes sobre medidas alternativas prometedoras, por ejemplo, Paramalingam *et al.* (2023), reportó que el aceite de *Melaleuca alternifolia* a una concentración de 2.6 mL/L, reduce 69 % el crecimiento de *FocR4T* en condiciones *in vitro* mientras que una dosis de 0.9 mL/L afecta más del 50 % de la germinación de esporas de *FocR4T*.

Durante el estudio, se observó que 3 aplicaciones de *M. alternifolia* a 0.5 L/ha cada 14 días, mejoraron la concentración foliar de clorofila hasta 30 días después de la 3era aplicación, al respecto, Wang *et al.* (2012) realizó aplicaciones de fermentados de

Streptomyces sp. en plantas de banano inoculadas con *FocR4T* y observó que redujeron la severidad de la enfermedad y además propiciaron un mayor contenido de clorofila y control hasta 40 días después de la inoculación, sugiriendo un mecanismo de defensa; por otra parte, Kretschmer *et al.* (2019) reportaron que los cloroplastos desempeñan un papel fundamental en la defensa de las plantas a través de la síntesis de metabolitos secundarios como el ácido jasmónico y salicílico así como especies reactivas de oxígeno (que solo son producidas durante el día), además de que el ácido salicílico a bajas concentraciones incrementa la concentración de clorofila. Dalio *et al.* (2020), reportó que la aspersión foliar del aceite de *Melaleuca alternifolia* generó una protección sistémica que, en plantas de banano enfermas por *Foc1* protegió a las hijas a través de la activación de resistencia sistémica adquirida (mediada por ácido salicílico) y resistencia sistémica inducida (mediada por ácido jasmónico y etileno).

CONCLUSIONES

Las aplicaciones foliares del producto a base de *Melaleuca alternifolia* en dosis de 0.5, 1.0 y 1.5 L/ha pueden lograr eficacias de control de al menos 50 % de *Foc1*, siendo las dosis de 0.5 y 1.5 L/ha las más eficaces.

Las aspersiones foliares del producto a base de *M. alternifolia* mejoran la concentración foliar de clorofila y nitrógeno de plantas de plátano manzano infectadas con *Foc1*.

El efecto de control de *Foc1* por parte del producto a base de *M. alternifolia* parece ser debido a la activación de mecanismos de defensa.

REFERENCIAS

1. Cannon, S., Kay, W., Kilaru, S., Schuster, M., Gurr, S. J., & Steinberg, G. 2022. Multi-site fungicides suppress banana Panama disease, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4. PLoS Pathogens, 18(10): e1010860.
2. Dalio, R. J., Maximo, H. J., Roma-Almeida, R., Barretta, J. N., José, E. M., Vitti, A. J., & Pascholati, S. F. 2020. Tea tree oil induces systemic resistance against *Fusarium* wilt in banana and *Xanthomonas* infection in tomato plants. Plants, 9(9): 1137.
3. Kretschmer, M., Damoo, D., Djamei, A., & Kronstad, J. 2019. Chloroplasts and plant immunity: where are the fungal effectors? Pathogens, 9(1): 19.
4. Li, W. M., Dita, M., Wu, W., Hu, G. B., Xie, J. H., & Ge, X. J. 2015. Resistance sources to *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4 in banana wild relatives. Plant Pathology, 64(5): 1061-1067.

5. Martínez-Solórzano, G. E., Rey-Brina, J. C., Pargas-Pichardo, R. E., & Manzanilla, E. E. 2020. Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano. *Agronomía Mesoamericana*, pp. 259-276.
6. Paramalingam, P., Baharum, N. A., Abdullah, J. O., Hong, J. K., & Saidi, N. B. 2023. Antifungal Potential of *Melaleuca alternifolia* against Fungal Pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4. *Molecules*, 28(11): 4456.
7. Reuveni, M., Sanches, E., & Barbier, M. 2020. Curative and suppressive activities of essential tea tree oil against fungal plant pathogens. *Agronomy*, 10(4): 609.
8. Wang, J., Cai, B., Li, K., Zhao, Y., Li, C., Liu, S., & Wang, W. 2022. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4 in banana plantlets using newly isolated *Streptomyces* sp. WHL7 from marine soft coral. *Plant Disease*, 106(1): 254-259.