

Evaluación de fungicidas para reducir la severidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en plantas de banano manzano

Mario Orozco Santos¹; Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán¹

¹Campo Experimental Tecomán. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tecomán, Colima, México.

***Autor de**

Correspondencia:

Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán
bermudez.manuel@inifap.gob.mx

Contribución:
Tecnológica

Sección:
Fitosanidad

Recibido:
15 Diciembre, 2023

Aceptado:
15 Enero, 2024

Publicado:
16 Abril, 2024

Cita:
Orozco SM y Bermúdez GMJ. 2024. Evaluación de fungicidas para reducir la severidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 en plantas de banano manzano. Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia 1(1): 45
<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2445>

RESUMEN

El efecto de los fungicidas ADEPIDYN® Technology y Tiabendazol fue evaluado para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 1 (FOCR1) en plantas de banano Manzano (Silk: AAB). Dos aplicaciones (0/30 y 0/60 días después de la inoculación del hongo) de los fungicidas ADEPIDYN® Technology y Tiabendazol, a los 192 días registraron porcentajes de infección por FOCR1 en los cormos de 3-10% y 4-15%, respectivamente. Asimismo, los porcentajes de daño con los mismos fungicidas fueron de 2-4% y 4-10% cuando se aplicaron a los 0 y 60 días de la inoculación. Las plantas testigo (inoculadas con FOCR1) tuvieron un daño en el cormo de 60-70%. No se detectó toxicidad con ninguno de los fungicidas evaluados.

Palabras clave: Fungicidas, marchitez por *Fusarium* Raza 1, banano, Fitosanidad.

ABSTRACT

The effect of the fungicides ADEPIDYN® Technology and Tiabendazol was evaluated for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1 (FOCR1) in banana plants variety Manzano (Silk: AAB). Two applications (0/30 and 0/60 days after fungus inoculation) of the fungicides ADEPIDYN® Technology and Tiabendazol, at 192 days recorded percentages of FOCR1 infection in the corms of 3-10% and 4-15%, respectively. Likewise, the percentages of damage with the same fungicides were 2-4%, and 4-10% when they were applied 0 and 60 days after inoculation. Control plants (inoculated with FOCR1) had a corm damage of 60-70%. No toxicity was detected with any of the fungicides evaluated.

Keywords: Fungicides, *Fusarium* wilt Race 1, banana, phytosanity.



INTRODUCCIÓN

El banano es la fruta tropical más cultivado en México y una de las más importantes a nivel mundial. Este cultivo es afectado por diversas enfermedades, siendo las de origen fungoso las más importantes. La enfermedad de la marchitez por *Fusarium* es causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC) es considerada la enfermedad más peligrosa que amenaza la producción mundial de este cultivo, específicamente la Raza 4 Tropical (FOCR4T). En México FOCR4T no está presente. Sin embargo, FOCR1 es un problema serio en el cultivar Manzano (Orozco-Santos, 2013). Esta raza del hongo se está utilizando como modelo biológico para diversos estudios y se espera que pueda servir la información generada para emplearse ante una eventual presencia de FOCR4T. Dada la rápida diseminación que ha tenido FOCR4T en el mundo, los esfuerzos se han enfocado en la evaluación de moléculas fungicidas para frenar su diseminación y controlar a este fitopatógeno. Para lo anterior, se han evaluado diversos fungicidas de origen químico (Cannon et al., 2022), biológico y combinaciones de ambos (Lishma y Cherian, 2021; Mohana-Pradeep et al., 2020; Rodríguez-Castro et al., 2020) para el control de FOCR4T.

En estudios previos, los fungicidas procloraz y propiconazol inhibieron el crecimiento micelial de FOCR4T. Asimismo, El benomyl y los fungicidas inhibidores de la desmetilación redujeron la severidad cuando se aplican como tratamiento de inmersión de raíces, mostrando una reducción de la enfermedad de hasta un 80.6 % (Nel et al., 2007). Estos fungicidas podrían ayudar a proteger los bananos de futuras pérdidas de rendimiento por FOCR4T (Cannon et al., 2022). Para el control de FOC, alternativamente, el uso de productos biorracionales ha tenido mayor auge por no causar daños al medio ambiente. En este sentido, la gran mayoría de los trabajos publicados están enfocados en el control de FOCR4T por la amenaza potencial que representa para el cultivo del banano. Algunos productos biorracionales que se han evaluado con elevados porcentajes de inhibición micelial para FOCR4T son el uso extractos de hojas de *Datura* y de *chirimoya*, ambo a dosis del 10% presentaron un 85% de inhibición (Mohana-Pradeep et al., 2020).

El uso de los productos biorracionales comerciales PGPR Mix II, PGPM, *Trichoderma viride* y *Pseudomonas fluorescens* presentaron todos ellos 100% de inhibición de FOCR4T (Lishma y Cherian, 2021). En México, se ha evaluado el extracto de gobernadora (*Larrea tridentata*) para el control de FOCR1 reportándose 100% de inhibición micelial en condiciones *in vitro* (Rodríguez-Castro et al., 2020). Sin embargo, todas estas evaluaciones se han realizado en condiciones *in vitro*. Por lo anterior, resulta necesario evaluar su efecto en condiciones de campo para saber si

tendrán el mismo comportamiento con las dosis evaluadas *in vitro*. Los resultados del presente trabajo serán de utilidad para contar con nuevas moléculas que permitan controlar a FocR1 y estar preparados para la presencia de FocR4T.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar experimental y material vegetativo. El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental Tecomán, localizado en el estado de Colima, México. Se utilizaron plantas de banano cultivar 'Manzano' (*Musa* AAB, subgrupo Silk), el cual es altamente susceptible a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 1. Las plantas fueron obtenidas de “hijos” o vástagos colectados de una plantación comercial, los cuales se establecieron para enraizamiento durante 25 días en un sustrato a base de 30% de polvillo de coco, 20% de humus de lombriz y 50% de suelo. Las plantas enraizadas fueron transplantadas a macetas con 20 kg de suelo esterilizado.

Aislamiento y reproducción masiva de FOCR1 y cuantificación de esporas. El hongo fue aislado de plantas enfermas del cultivar Manzano colectadas en un huerto del municipio de Santiago Ixc., Nayarit, México. El hongo fue obtenido en medio de cultivo agar de dextrosa y papa (PDA) suplementado con los antibióticos cloranfenicol y estreptomycin. Estas placas fueron incubadas a 25°C en condiciones de oscuridad hasta observar crecimiento micelial.

La cepa de FocR1 purificada fue el punto de partida para la producción masiva de esporas del hongo utilizando el medio de cultivo LSPDA (agar de dextrosa y papa 12.5 g/L, agar-agar 19.5 g/L) según lo descrito por Moradi *et al.*, (2017). Estas placas fueron incubadas a 25°C en condiciones de oscuridad hasta que los hongos colonizarán la totalidad de la placa y se les realizó varios barridos con agua destilada estéril tallando las superficies de estas. Las suspensiones celulares de esporas fueron filtradas con una malla de gasa estéril para retirar los residuos de agar y se colocaron en tubos de 50 mL. Las muestras fueron almacenadas a 4°C hasta el momento de su uso.

Inoculación de plantas. La inoculación se realizó con una solución de 1×10^6 estructuras reproductivas (macro y micro conidias) por mL de agua. Se inoculó una planta por bolsa de 3 a 5 días antes de la aplicación de los tratamientos. Previo de la inoculación se realizaron heridas a las raíces para favorecer la infección por FocR1.

Evaluación de fungicidas para FOCR1. Se evaluó una única dosis de cada fungicida: **1)** ADEPIDYN® Technology (Miravis 200 SC) 0.114 g i.a./planta y **2)** Tiabendazol

(Tecto 60) 0.342 g i.a./planta. La primera aplicación se realizó al inicio del experimento y considerando dos intervalos de tiempo (30 y 60 días) se realizó la segunda aplicación. Se utilizaron dos tratamientos testigos, uno no inoculado y otro inoculado con FocR1, ambos sin tratamiento fungicida, por lo que en total se analizaron 8 tratamientos. La aplicación de los fungicidas se realizó en drench.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. La unidad experimental consistió en seis plantas de banano individuales en macetas por tratamiento (ocho) y se realizaron cuatro repeticiones. Se evaluaron las variables de porcentaje de daño en planta y cormos (se utilizó la escala propuesta por Dita *et al.*, 2021) y fitotoxicidad. Las evaluaciones se realizaron a los 30, 60, 92, 121, 149 y 191 días después de la primera aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de fungicidas sobre severidad de FOCR1 en plantas. En la primera evaluación realizada a los 30 días después de la primera aplicación, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos testigo y el índice de severidad de la enfermedad entre las plantas tratadas con los tres fungicidas en diferente frecuencia de aplicación (0/30 y 0/60) (Cuadro 1). A los 92 días después de la aplicación, se observaron diferencias significativas de severidad de marchitez por *Fusarium* entre los tratamientos, pero sin una tendencia clara. A partir de los 121 días después de la primera aplicación, se observó una tendencia sobre el efecto de los tratamientos de fungicidas sobre la severidad de FOCR1 en las plantas de banano Manzano. Los mejores tratamientos que redujeron la severidad de la enfermedad fueron ADEPIDYN® Technology aplicado a los 0/30 y 0/60 días con un índice de 0.8 y 0.3, respectivamente. las plantas inoculadas con FOCR1 tuvieron una severidad de 3.7. En el muestreo realizado a los 149 días después de la primera aplicación, se observó una tendencia similar que en el muestreo de los 121 días. En el muestreo final (191 días), todos los tratamientos de fungicidas redujeron de manera significativa la severidad de la enfermedad en comparación al testigo inoculado con FOCR1. El fungicida ADEPIDYN® Technology aplicado a los 0/30 y 0/60 registró un grado de infección en el follaje de 0.7 y 0.2, en tanto que el Tiabendazol presentó valores de 0.5 y 0.3. El testigo inoculado con FOCR1 registró la mayor severidad con un 3.2 de infección. En las plantas testigo sin inocular la infección fue nula.

Efecto de fungicidas sobre la severidad de FOCR1 en cormos. La información sobre el efecto de la aplicación de los fungicidas (ADEPIDYN® Technology y Tiabendazol) sobre la severidad de FOCR1 en cormos de banano Manzano se muestra en la Figura 1. Esta variable es la más importante en este tipo de estudios, ya que refleja la efectividad de los fungicidas en el órgano de la planta donde ocurre la infección principal del patógeno. Por lo tanto, el grado de severidad de la enfermedad en los tratamientos representa la actividad antifúngica de los productos evaluados. En el último muestreo realizado a los 191 días, se tuvo una marcada respuesta de los fungicidas sobre la severidad de FOCR1 en el cormo de las plantas. Los dos fungicidas (ADEPIDYN® Technology y Tiabendazol) aplicados a los 0/30 y 30/60 días de la inoculación, redujeron el daño en cormo, registrando un índice de daño de 0.3 a 1.9. No hubo diferencia significativa entre los tres fungicidas evaluados, así como en el momento de aplicación después de la siembra. En cambio, las plantas testigo inoculadas con FOC raza 1 presentaron en promedio un valor de 3.7.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de tres fungicidas sobre la severidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 1 en plantas de banano Manzano.

Tratamiento	MDA (Días)	Severidad de FOC Raza 1 en plantas ^z					
		Muestreo (días después de la primera aplicación)					
		30 DDA	60 DDA	92 DDA	121 DDA	149 DDA	191 DDA
Testigo no inoculado	-	0 a	0 a	0 a	0 a	0.3 a	0 a
Testigo inoculado	-	0.8 a	0.2 a	1.0 a	2.7 b	1.3 b	3.2 b
ADEPIDYN® Technology	0/30	0 a	0 a	2.3 ab	0.8 a	0.6 a	0.7 a
Tiabendazol	0/30	0.7 a	0 a	3.0 b	1.7 ab	0.8 ab	0.5 a
ADEPIDYN® Technology	0/60	0 a	0 a	1.7 ab	0.3 a	0.2 a	0.2 a
Tiabendazol	0/60	0 a	0 a	1.7 ab	0.7 a	0.9 ab	0.3 a

^z = Las medias separadas con la misma letra entre columnas indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo con la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad. MDA = Momento de aplicación.

Los resultados del presente estudio demostraron la eficacia biológica de los fungicidas (ADEPIDYN® Technology y Tiabendazol) en la reducción de la severidad de la marchitez por *Fusarium* causado por la Raza 1 en banano Manzano. En los últimos años, se han realizado trabajos de investigación buscando alternativas químicas (Cannon *et al.*, 2022) y con productos biorracionales (Lishma y Cherian, 2021; Mohana-Pradeep *et al.*, 2020; Rodríguez-Castro *et al.*, 2020). Sin embargo, la mayor

parte de estas evaluaciones se han realizado en condiciones *in vitro* de laboratorio. Por lo anterior, resulta necesario evaluar su efecto en condiciones de campo. Recientemente, se han evaluado moléculas homologas de lipopéptidos cíclicos (lipopeptina A y lipopeptina B) aislados de *Streptomyces* sp. Que mostraron una fuerte actividad inhibidora contra FOCR4T (Wang *et al.*, 2023). Es prioritario identificar productos que sean factibles incorporarlos en un manejo integrado de las enfermedades que causan marchitez por *Fusarium* en bananos, incluyendo el uso de prácticas de cultivo, control biológico, salud de suelos, entre otros.

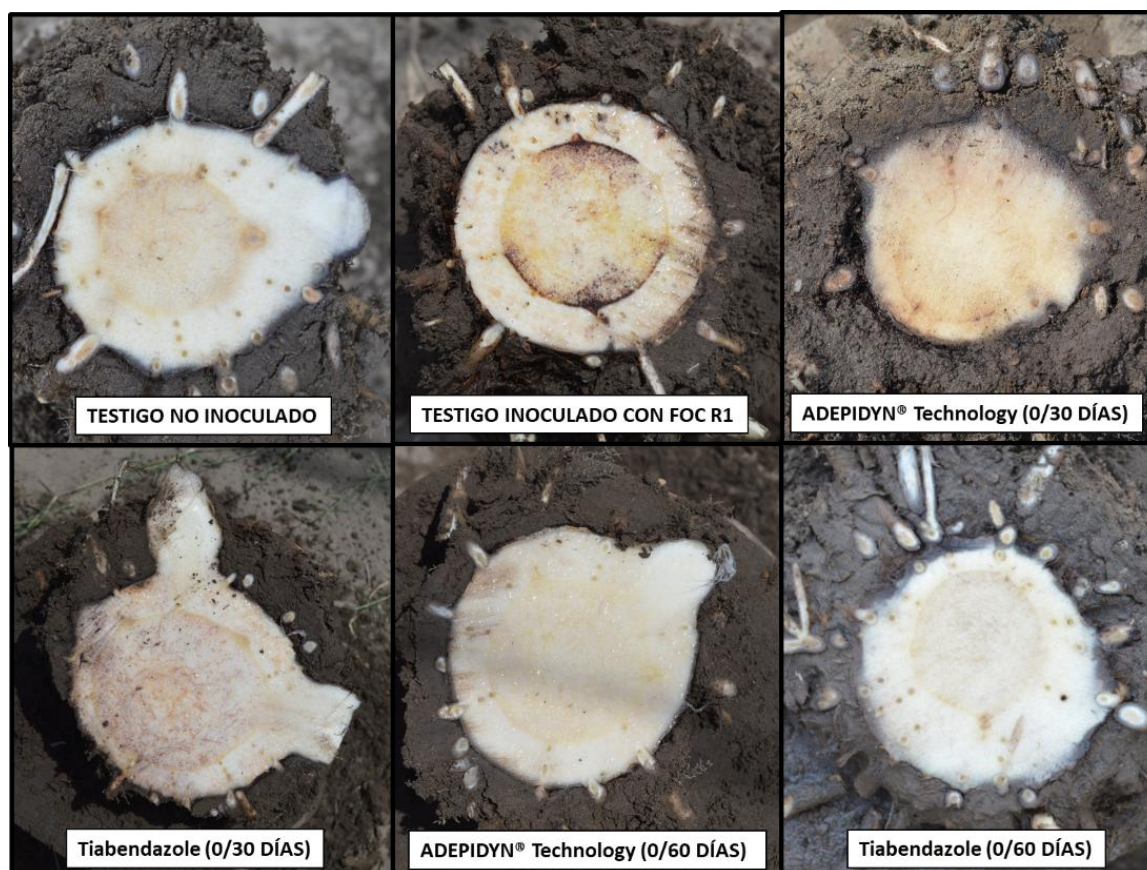


Figura 1. Severidad de FOCR1 en cormos de plantas de banano Manzano tratados con fungicidas.

CONCLUSIONES

Dos aplicaciones de los fungicidas ADEPIDYN® Technology y Tiabendazol, aplicados a los 0/30 y 0/60 días de establecidas las plantas redujeron los índices de infección de la marchitez por *Fusarium* causada por la Raza 1 de *Fusarium oxysporum*

f. *sp. cubense*. Los porcentajes de infección más bajos de marchitez por *Fusarium* en los cormos se obtuvo con el fungicida ADEPIDYN® Technology aplicado a los a los 0/30 y 0/60 días con un 3-10% y 2-4% de daño, respectivamente. No se detectó toxicidad con ninguno de los fungicidas evaluados.

REFERENCIAS

1. Arredondo-Vega, B.O. y Voltolina, D. 2007. Capítulo 2: Concentración, recuento celular y tasa de crecimiento. In: Métodos y Herramientas Analíticas en la Evaluación de la Biomasa Microalgal. Editorial: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, B.C.S., México, pp. 21-29.
2. 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. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010860>
3. Dita, Miguel; Teixeira, Luiz; Li, Chunyu; Zheng, Sijun; O'Neill, Wayne; Daniels, Jeff; Pérez-Vicente, Luis; Carreel, Françoise; Roussel, Véronique; Carlier, Jean; Abadie, Catherine; Carpentier, Sebastien Christian; Iyyakutty, Ravi; Kissel, Ewaut; van Wesemael, Jelle; Chase, Rachel; Tomekpe, Kodjo; Roux, Nicolas. 2021. Practical guidelines for early screening and field evaluation of banana against *Fusarium* wilt, *Pseudocercospora* leaf spots and drought. Bioversity International. Montpellier, France. 83 p
4. Ismaila, A. A., Ahmad, K., Siddique, Y., Wahab, M. A. A., Kutawa, A. B., Abdullahi, A., Zobir, S. A. M., Abdu, A., & Abdullah, S. N. A. (2022). *Fusarium* Wilt of Banana: Current Update and Sustainable Disease Control Using Classical and Essential Oils Approaches. Horticultural Plant Journal.
5. Lishma, N.P., and Cherian, A. K. (2021). Effect of various bio control agents and plant extracts on the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) causing *Fusarium* wilt disease in banana. The Pharma Innovation Journal, 10(12), 2454–2457.
6. Mohana-Pradeep, R. K., Kousalya, S., Mukundhan, P., Sheneka, R., Rohini, R., Vinitha, S., and Haritha S. (2020). Eco-friendly management of *Fusarium oxysporum* f.sp. *Cubense* causing *Fusarium* wilt on Banana under In vitro condition. 9, 3145–3148.
7. Moradi, M., Heinz-Wilhelm Dehne, Ulrike Steiner, y Erich-Christian Oerke. 2017. “Improved procedure for mass inoculum production of *Fusarium* species in a short period of time”. Applied Entomology and Phytopathology 84(No. 2): 21–31.
8. Nel, B., Steinberg C, Labuschagne N, and Viljoen, A. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of *Fusarium* wilt of banana. Crop protection 26:697-705.
9. Orozco-Santos, M. 2013. Historia y situación actual del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) en México. Revista Mexicana de Fitopatología, Vol. 31 (Suplemento). S35.
10. Rodríguez-Castro, A., Torres-Herrera, S., Calleros, A. D., Romero-García, A., & Silva-Flores, M. (2020). Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. Abanico Agroforestal 2:1-13.
11. Wang, X., Du, Z., Chen, C., Guo, S., Mao, Q., Wu, W., Wu, R., Han, W., Xie, P., Zeng, Y., Shan, W., Wang, Z., & Yu, X. (2023). Antifungal effects and biocontrol potential of lipopeptide-producing *Streptomyces* against banana *Fusarium* wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Cubense*. Frontiers in Microbiology, 14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2023.1177393>