

Cobres con tecnología de alta biodisponibilidad (HiBio) para control de Sigatoka en banano aplicados con dron y medición de disipación

Bertha Antonia Callejas-Ruiz¹; Tomás Alejandro-Ahumada^{1*}; Alberto Margarito García-Munguía²; Luciano Martínez-Bolaños³; Argelia García-Munguía²; Misael Martínez-Bolaños⁴

^{*1}Investigación y Desarrollo región LATAM norte/México y CAM. Albaugh México. Retorno Alfonso Reyes. Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, México. ²Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. ³Especialista en Fitosanidad Tropical. Unidad Regional Universitaria Sursureste. Universidad Autónoma Chapingo. San José Puyacatengo, Teapa, Tabasco, México. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa, km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México.

*Autor de

Correspondencia:

Tomás Alejandro-Ahumada
talejandre@albaugh.com.mx

Contribución:

Tecnológica

Sección:

Fitosanidad

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Callejas-Ruiz BA,
Alejandro-Ahumada T,
García-Munguía AM,
Martínez-Bolaños L.
García-Munguía A y
Martínez-Bolaños. 2024.
Cobres con tecnología de
alta biodisponibilidad
(HiBio) para control de
Sigatoka en banano
aplicados con dron y
medición de disipación.
Acorbat Revista de
Tecnología y Ciencia 1(1):
36
<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2436>

RESUMEN

Se evaluó el fungicida DARTANAN 19.35 SC (Sulfato tribásico de cobre) para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y sigatoka amarilla (*M. musicola*) en el cultivo de banano y plátano, donde se evaluaron dosis de 1.0, 1.5 y 2.0 L ha⁻¹, así como el fungicida Dithane™ 600 en dosis de 1.75 L ha⁻¹ usando un equipo de Dron. De igual forma se evaluó la fitotoxicidad del producto. Se calculó la efectividad de los tratamientos obteniendo eficacias de control de 81.2, 80.8 y 86.4% en sigatoka negra; y 80.0, 81.3 y 87.4% en sigatoka amarilla en sus dosis evaluadas de 1.0, 1.5 y 2.0 L ha⁻¹, respectivamente. Así mismo, la disipación y persistencia de sulfato tribásico de cobre.

Palabras clave: Sigatoka, fungicida, dron, banano, Fitosanidad.

ABSTRACT

The fungicide DARTANAN 19.35 SC (Tribasic copper sulfate) was evaluated for the control of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) and yellow Sigatoka (*M. musicola*) in the banana crop, where doses of 1.0, 1.5 and 2.0 L ha⁻¹, as well as the reference element Dithane™ 600 at a dose of 1.75 L ha⁻¹ using a drone equipment. Likewise, the possible phytotoxicity of the product. The effectiveness of the treatments was calculated, obtaining control efficiencies of 81.2, 80.8 and 86.4% in black Sigatoka (*M. fijiensis*); and 80.0, 81.3 and 87.4% in yellow Sigatoka (*M. musicola*) in their evaluated doses of 1.0, 1.5 and 2.0 L ha⁻¹, respectively. Likewise the dissipation and persistence of Tribasic copper sulfate.

Keywords: Sigatoka, fungicide, drone, banana, phytosanity.



INTRODUCCIÓN

La superficie de plátano en México es superior a 80 mil hectáreas con una producción de 2.5 millones de toneladas anuales, siendo los principales estados productores Chiapas, Tabasco y Veracruz (SIAP, 2022). Con estas cifras se posiciona como un cultivo de suma importancia en el país, además de considerar que solo prospera en climas determinados como lo son trópico-húmedo, subhúmedo y trópico-seco.

La sigatoka negra es una enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* y es considerada mundialmente como una de las enfermedades más destructivas en las musáceas (Depaz-Molina, 2010), conjunta con Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*). Ambas producen necrosis foliar en las hojas de las plantas de plátano y banano, y por consiguiente los frutos no poseen las características necesarias para su consumo o para una efectiva actividad comercial (Depaz-Molina, 2010). El manejo primordial de esta enfermedad se basa en productos químicos, aunque Agrios (2005), menciona que el uso frecuente y repetido de fungicidas con frecuencia conduce al desarrollo de resistencia de éstos.

Las aeronaves fumigadoras son eficientes y con menos desperdicio de pesticidas, convirtiéndose en un equipo con un alto rendimiento de agroquímicos a medida que protege al medio ambiente. (Aguilar, 2018). La utilización de los drones ofrece una fumigación focalizada con precisión, mejorando la efectividad del pesticida, amigable con el medio ambiente y las personas en el entorno (Vargas Ramírez, 2018).

Es por ello de suma importancia la investigación en cuanto a fungicidas que ayuden al manejo de esta enfermedad, así como la realización de aplicaciones de forma más práctica. De este modo los objetivos del estudio son evaluar la eficacia biológica de un nuevo compuesto (Sulfato tribásico de cobre), comparado con un producto comercial (Dithane™ 600), determinando a su vez posibles reacciones fitotóxicas del fungicida aplicado mediante dron agrícola evaluando la persistencia y disipación de la aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en un huerto de banano (*Musa* AAA, subgrupo Cavendish) variedad “Enano Gigante”, en Colima y Chiapas, México. Constando de dos estudios en conjunto.

Evaluación de fungicida para control de Sigatoka 1. Se evaluaron 3 tratamientos de DARTAÑAN 19.35 SC a diferentes dosis, un testigo comercial y un testigo absoluto: 1) DARTAÑAN 19.35 SC (1.0 L), 2) DARTAÑAN 19.35 SC (1.5 L), 3) DARTAÑAN 19.35 SC (2.0 L), 4) Dithane™ 600 (1.75 L), 5) Testigo sin aplicación. Todas las dosis fueron L / ha-1. Se realizaron 3 aplicaciones, a los 0, 7 y 14 días, asimismo se hizo una preevaluación y evaluación a los 7, 14 y 21 DD1A basándose en la escala visual de Stover modificada por Gauhl (1989).

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por tres hileras de plantas a tresbolillo a una distancia de 3 m entre ellas y 6 m de largo, quedando la unidad experimental de 54 m² y 216 m² por tratamiento. Durante el muestreo se eliminaron las dos hileras de las orillas y 0.5 m de cada extremo, quedando la parcela útil de una hilera de plantas de 3.0 m por 5.0 m de largo, equivalente a 15.0 m².

Se evaluó la variable severidad de la enfermedad a través del promedio ponderado de infección y se determinó la eficacia de los tratamientos esto mediante un análisis de varianza y prueba de Tukey (con $\alpha = 0.05$), mediante el paquete de análisis estadístico SAS®. Se calculó la efectividad biológica de los tratamientos mediante la prueba de eficacia de Abbott.

Medición de disipación de producto mediante aplicación con Dron 2. Para la aplicación de los fungicidas se utilizó un dron (Agras MG 1P) que cuenta con un tanque de 10 litros. Para el estudio de curvas de disipación se evaluaron dos dosis, 1.5 y 2.0 L / ha⁻¹. Se utilizó un diseño experimental en franjas con 1 repetición. La unidad experimental quedó constituida de 3 surcos de 3 m de ancho por 20 m de largo para un total 180 m². Se dejaron 5 metros de separación entre cada tratamiento. Se evaluó la persistencia de DARTAÑAN 19.35 SC a las 0, 2 y 4 horas después de la aplicación. Se realizó un muestreo al azar tomando una muestra por tratamiento a las 0, 2 y 4 horas después de la aplicación.

Para el análisis de la muestra se utilizó la siguiente metodología:

1. Se colocó la muestra del banano sin cáscara / con cáscara en un cristizador de vidrio. Se dejó la muestra durante una hora aproximadamente en la estufa a 90-100°C.
2. Se colocó la muestra junto con el cristizador de vidrio en el desecador para asegurar que se enfriara y no adquiriera humedad.
3. Se pesó y registró aproximadamente 1 gramo de muestra de la pulpa con y sin cáscara previamente secos en un vaso de precipitados de 250 mL

4. Se adicionó 150 mL de ácido cítrico al 10% (para análisis de contenido en pulpa); 10 mL de ácido nítrico para análisis digestión total de Cobre.
5. Se agitó en una parrilla con agitador por espacio 15 minutos, midiendo el tiempo utilizando el cronómetro (la muestra para análisis de contenido en pulpa).
6. Se colocó el filtro de plástico y el papel filtro, de manera que el filtrado desemboque en el matraz aforado de 250 mL. Se vació la solución agitada y fría sobre el papel filtro.
7. Al terminar de filtrar, Se enjuago el vaso de precipitados de 250 mL, con agua destilada y se vació, asegurándose de enjuagar todo el contenido del vaso y el contenido de papel filtro. Se aforó con agua destilada en matraz aforado de 100 mL.
8. Se realizó la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, bajo las siguientes condiciones:

Para análisis de cobre metálico

- a) Longitud de onda: 324.8 nm
- b) Slit (apertura): 0.5 mm
- c) Acetileno/aire (combustible/acarreador)
- d) Corriente de la lámpara: 4 mA
- e) Posición del quemador paralelo al haz de luz.
- f) Calibración con estándares de cobre: 5.0 ppm y 2.00 ppm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de fungicida para control de Sigatoka 1.

En el caso de sigatoka negra, todos los tratamientos mostraron diferencias significativas respecto al testigo absoluto, sin embargo, numérica y agronómicamente, el mejor resultado se obtuvo con el elemento de prueba DARTAÑAN 19.35 SC (Sulfato tribásico de cobre) a $2.0 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$, ya que mostró porcentaje de **0.15%**, controlando con eficacia de **86.4%**, mientras que con la dosis de 1.0 y $1.5 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ y con el elemento de referencia DithaneTM 600 en dosis de $1.75 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$, mostraron media de porcentaje de **0.21, 0.21 y 0.20%**, controlando con eficacias de **81.2, 80.8 y 81.8%**, respectivamente (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Comportamiento temporal del promedio ponderado de infección (PPI) de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano / plátano.

Tratamientos	Significancias del PPI de sigatoka negra			
	Preeval	1ra eval	2da eval	3ra eval
	03/03/2021	10/03/2021	17/03/2021	24/03/2021
T1. Testigo absoluto	0.61 A	0.62 A	1.04 A	1.09 A
T2. DARTANAN 19.35 SC (1.0 L.ha ⁻¹)	0.52 A	0.32 AB	0.33 B	0.21 B
T3. DARTANAN 19.35 SC (1.5 L.ha ⁻¹)	0.56 A	0.31 B	0.24 B	0.21 B
T4. DARTANAN 19.35 SC (2.0 L.ha ⁻¹)	0.55 A	0.23 B	0.21 B	0.15 B
T5. Dithane TM 600 (1.75 L.ha ⁻¹)	0.57 A	0.29 B	0.24 B	0.20 B

Cuadro 2. Efectividad biológica del fungicida DARTANAN 19.35 SC en el cultivo de banano / plátano.

Tratamientos	Eficacias Abbott (%)		
	1ra eval	2da eval	3ra eval
	10/03/2021	17/03/2021	24/03/2021
T1. Testigo absoluto	---	---	---
T2. DARTANAN 19.35 SC (1.0 L.ha ⁻¹)	47.6	68.7	81.2
T3. DARTANAN 19.35 SC (1.5 L.ha ⁻¹)	49.9	76.7	80.8
T4. DARTANAN 19.35 SC (2.0 L.ha ⁻¹)	62.7	80.2	86.4
T5. Dithane TM 600 (1.75 L.ha ⁻¹)	53.4	77.3	81.8

También para sigatoka amarilla todos los tratamientos mostraron diferencias significativas respecto al testigo absoluto, sin embargo, numérica y agronómicamente, el mejor resultado se obtuvo con el elemento de prueba DARTANAN 19.35 SC (Sulfato tribásico de cobre) a 2.0 L.ha⁻¹, ya que mostró porcentaje de **0.09%**, controlando con eficacia de **87.4%**, mientras que con la dosis de 1.0 y 1.5 L ha⁻¹ y con

el elemento de referencia Dithane™ 600 en dosis de 1.75 L ha⁻¹, mostraron media de porcentaje de **0.15, 0.14 y 0.11%**, controlando con eficacias de **80.0, 81.3 y 84.3%**, respectivamente (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3. Comportamiento temporal del promedio ponderado de infección (PPI) de sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*) en el cultivo de banano / plátano.

Tratamientos	Significancias del PPI de sigatoka amarilla			
	Preeval	1ra eval	2da eval	3ra eval
	03/03/2021	10/03/2021	17/03/2021	24/03/2021
T1. Testigo absoluto	0.12 A	0.38 A	0.50 A	0.73 A
T2. DARTANAN 19.35 SC (1.0 L.ha ⁻¹)	0.17 A	0.22 AB	0.19 AB	0.15 B
T3. DARTANAN 19.35 SC (1.5 L.ha ⁻¹)	0.23 A	0.24 AB	0.14 B	0.14 B
T4. DARTANAN 19.35 SC (2.0 L.ha ⁻¹)	0.16 A	0.17 B	0.15 B	0.09 B
T5. Dithane® 600 (1.75 L.ha ⁻¹)	0.14 A	0.18 AB	0.18 AB	0.11 B

Cuadro 4. Efectividad biológica del fungicida DARTANAN 19.35 SC en el cultivo de banano/plátano.

Tratamientos	Eficacias Abbott (%)		
	1ra eval	2da eval	3ra eval
	10/03/2021	17/03/2021	24/03/2021
T1. Testigo absoluto	---	---	---
T2. DARTANAN 19.35 SC (1.0 L.ha ⁻¹)	41.5	61.2	80.0
T3. DARTANAN 19.35 SC (1.5 L.ha ⁻¹)	37.9	72.4	81.3
T4. DARTANAN 19.35 SC (2.0 L.ha ⁻¹)	55.9	69.4	87.4
T5. Dithane™ (1.75 L.ha ⁻¹)	52.8	63.1	84.3

No se presentaron efectos fitotóxicos en el cultivo de banano / plátano durante la evaluación del elemento de prueba DARTAÑAN 19.35 SC (Sulfato tribásico de cobre) en ninguna de sus tres dosis evaluadas.

Medición de disipación de producto mediante aplicación con Dron 2.

Durante el estudio se realizaron cosechas a los 0, 2 y 4 horas después de la aplicación con y sin cáscara. A las 0, 2 y 4 horas después de la aplicación en las muestras **Sin cáscara** de banano, la detección de residuos de Sulfato tribásico de cobre fue de < **LCL**. A las 0, 2 y 4 horas después de la aplicación en las muestras **Con cáscara** de banano, la detección de residuos de Sulfato tribásico de cobre fue de < **LCL**.

Cuadro 3. Detección del fungicida Dartañan 19.35 SC en banano.

Tratamiento		Número de parcela	Muestra	Detección Sulfato tribásico de cobre (ppm)		
				0 hda	2 hda	4 hda
DARTAÑAN SC	19.35	101	Sin cáscara	0.0	0.0	0.0
DARTAÑAN SC	19.35	101	Con cáscara	0.0	0.0	0.0
DARTAÑAN SC	19.35	102	Sin cáscara	0.0	0.0	0.0
DARTAÑAN SC	19.35	102	Con cáscara	0.0	0.0	0.0

CONCLUSIONES

El fungicida **DARTAÑAN 19.35 SC** (Sulfato tribásico de cobre) a dosis 1.0, 1.5 y 2.0 L ha⁻¹ mostró un control superior a lo establecido NOM-032.FITO-1995, con fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación del 11 de agosto del 2015

para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*) en el cultivo de banano / plátano.

El fungicida **DARTAÑAN 19.35 SC** no fue fitotóxico en el cultivo de banano / plátano a las dosis evaluadas 1.0, 1.5 y 2.0 L ha⁻¹.

Considerando los resultados obtenidos por medio de la metodología utilizada se observó que las detecciones obtenidas fueron exentas de **Sulfato tribásico de cobre** desde las 0, 2 y 4 horas después de la primera aplicación en el cultivo de banano.

REFERENCIAS

1. Agrios, GN. 2005. Plant Pathology. Elsevier Academic Press. Fifth Edition. Unites States of America. 922 pp.
2. Aguilar, J. (2018). Control de la sigatoka negra *Mycospaherella fijiensis* morelet con dos sistemas de atomización área en una finca orgánica. En Tesis de grado (pág. 22). Universidad Técnica de Machala. Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12425>
3. Depaz-Molina K. 2010. Resistencia de cuatro híbridos fhia de banano (*Mussa acuminata* x balbisiana Colla) A SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) EN SAHUAYACO, LA CONVENCION. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio del Cusco, Cusco, Perú. 16 p.
4. Gauhl, F. 1989. Epidemiología y ecología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp.) en Costa Rica. Unión de Países Exportadores de Banano (Upeb), Ciudad de Panamá (Panamá). 114 p.
5. SIAP 2022. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consulta el 3 de noviembre del 2023.
6. Vargas Ramírez, N. (2018).
7. https://www.researchgate.net/publication/323583827_Antecedentes_del_uso_civil_comunitario_o_participativo_de_drones.