

Control de la severidad de sigatoka negra en banano con silicio en condiciones de campo

Juan Antonio Orozco-Valencia¹; Wilberth Chan-Cupul¹; Marco Tulio Buenrostro-Nava¹; Mario Orozco-Santos²; Gilberto Manzo-Sánchez^{1*}

¹Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Autopista Colima-Manzanillo Km. 40, CP. 28930, Tecmán, Colima, México. ²Campo Experimental Tecmán. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tecmán, Colima, México.

***Autor de**

Correspondencia:

Gilberto Manzo-Sánchez
gmanzo@uocol.mx

Contribución:

Tecnológica

Sección:

Fitosanidad

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

06 Abril, 2024

Cita:

Orozco-Valencia JA, Chan-Cupul W, Buenrostro-Nava MT, Orozco-Santos M y Manzo-Sánchez G. Control de la severidad de sigatoka negra en banano con silicio en condiciones de campo.

Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia 1(1): 33

<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2433>



RESUMEN

Se evaluó la efectividad de tres dosis de silicato de potasio (SILI-K®: 1.5, 2.5 y 3.5 mL L⁻¹) y Mancozeb sobre la severidad de Sigatoka negra en una plantación de banano 'Gran Enano'. Los resultados a los 48 y 56 dda, mostraron un valor promedio ponderado de infección (PPI) de 1.16 y 1.2 para Mancozeb; por el contrario, la dosis de 3.5 mL L⁻¹ de SILI-K® presentó valores más bajos de 0.74 y 0.73 a los 48 y 56 dda, respectivamente. A los 64 dda mostraron que la dosis de 2.5 mL L⁻¹ (1.08) tuvo el mayor valor de PPI por lo que las dosis de 1.5 y 3.5 mL L⁻¹ mostraron ser los mejores tratamientos con los valores de 0.86 y 0.76, respectivamente.

Palabras clave: *Pseudocercospora fijiensis*, silicato de potasio, promedio ponderado de infección, área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

ABSTRACT

The effectiveness of three doses of potassium silicate (SILI-K®: 1.5, 2.5 and 3.5 mL L⁻¹) and Mancozeb on the severity of black Sigatoka in a 'Gran Enano' banana orchard was evaluated. The results at 48 and 56 dai showed a weighted mean infection (WMI) value of 1.16 and 1.2 for Mancozeb; on the contrary, the 3.5 mL L⁻¹ dose of SILI-K® presented lower values of 0.74 and 0.73 at 48 and 56 dai, respectively. At 64 dai they showed that the dose of 2.5 mL L⁻¹ (1.08) had the highest PPI value, so the doses of 1.5 and 3.5 mL L⁻¹ showed to be the best treatments with values of 0.86 and 0.76, respectively.

Keywords: *Pseudocercospora fijiensis*, potassium silicate, weighted average infection, area under the disease progress curve.

INTRODUCCIÓN

Los bananos y plátanos son afectados por diferentes enfermedades, que pueden llegar a causar una disminución en su rendimiento y ocasionan pérdidas económicas a los productores: dentro de ellas sobresale la Sigatoka negra (SN) (*Pseudocercospora fijiensis*), la cual tiene alto impacto en el rendimiento y calidad del fruto, dificultando su exportación y la venta nacional (Manzo-Sánchez *et al.*, 2014). Los métodos de control de la incidencia y severidad de la SN se basan en el uso de fungicidas químicos de tipo preventivo y tipo sistémico, pero el uso excesivo de estos ha provocado la resistencia del patógeno (Martínez-Bolaños *et al.*, 2012). Surgen como alternativa para prevenir el efecto de la SN productos biológicos y orgánicos, los cuales suelen ser amigables con el ambiente, pero su baja eficiencia es limitante para el control del patógeno. Se ha reportado que el silicato de potasio tiene capacidad de prevención contra patógenos en distintas especies de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas (Rodrigues *et al.*, 2015).

Los mecanismos de resistencia que induce el silicato de potasio en las plantas son de tipo físico y bioquímico (Wang *et al.*, 2017), así como también interviene en la señalización de fitohormonas moduladas por silicio y la producción de enzimas que contribuyen a la resistencia de las plantas contra el estrés biótico (Islam *et al.*, 2023). Por ejemplo, se ha demostrado que la aplicación al follaje reduce la severidad de enfermedades foliares (Rodrigues *et al.*, 2015). Por ejemplo, en banano ‘Gran Enano’, Kablan *et al.* (2012), evaluaron el uso de ácido silícico (H_4SiO_4) a una concentración de 2 mM para el control de la severidad de la SN en forma de solución nutritiva bajo condiciones semi-controladas donde demostraron una reducción de la severidad en un 18.8%. En base a lo anterior, en el presente trabajo se evaluaron tres dosis de silicato de potasio y un testigo regional (fungicida Mancozeb) para la reducción de la severidad de la Sigatoka Negra en una plantación de banano ‘Gran Enano’ a campo abierto localizada en el municipio de Coahuayana, Michoacán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de experimentación. El experimento se realizó de febrero a abril de 2020 en una plantación de banano ‘Gran Enano’ con 15 años de edad, una superficie de 2 ha y un suelo tipo vertisol en la localidad del Ticuiz perteneciente al Mpio. de Coahuayana, Michoacán (18°40’15.67’’N, 103°41’01.23’’O) a una altitud de 28 m (Google Earth,

2019), donde se registra una temperatura promedio de 28 a 30 °C, con precipitación pluvial anual de 874.24 mm, y una humedad relativa del 91.96%.

Tratamientos. Consistió en dosis de 1.5, 2.5 y 3.5 mL L⁻¹ de agua, utilizando el producto comercial SILI-K® (silicato de potasio al 40%). Además, se añadió como testigo a Mancozeb a dosis de 20 g L⁻¹. Las aplicaciones se realizaron cada 8 días con la ayuda de una bomba motopulverizadora marca STIHL® con capacidad de 15 L. Los datos se tomaron cada 8 días después de la primera aplicación siguiendo la metodología propuesta por Patiño *et al.* (2007). Las plantas de banano ‘Gran Enano’ donde se aplicaron los tratamientos fueron aquellas próximas a floración y con presencia de SN y se evaluaron hasta la etapa de cosecha (Agamez-Ramos *et al.*, 2012).

Variables a evaluar

Severidad. Se realizó una estimación visual del área foliar con síntomas de SN por hoja de cada planta seleccionada enumerándolas de arriba hacia abajo, es decir, de la última hoja completamente expandida y comenzando de derecha a izquierda. A partir de lo anterior se calculó el porcentaje de la hoja cubierta por los síntomas mediante la escala diagramática de Stover y modificada por Gauhl (1990).

Para conocer el grado de severidad se dividió la hoja en partes iguales, la hoja con presencia de SN en la mitad del limbo foliar tuvo el grado 5 (34-40%) y si la otra mitad también, obtuvo el grado 6 (>50%). Para encontrar los grados 3 y 4 se dividió la hoja en cuatro partes iguales, si la hoja presentó lesiones hasta la mitad de ¼ de limbo estuvo en el grado 3 (6-15%) y si la presencia de lesiones fue del ¼ de limbo foliar recibió el grado 4 (16-33%). Para el grado 2 se dividió ¼ del limbo foliar en dos partes iguales. Si la hoja presentó hasta la mitad de ¼ del limbo foliar lesionado obtuvo el grado 2 (<5%). En el caso del grado 1 se tomó cuando la hoja tuvo hasta 10 manchas. Este procedimiento se repitió en cada una de las unidades experimentales (Martins *et al.*, 2007).

Promedio ponderado de infección (PPI). Se determinó a partir de la siguiente fórmula: $PPI = (\text{porcentajes de hojas de cada grado} * \text{valor de cada grado en la escala}) / 100$ (Vargas-Hernández *et al.*, 2009).

Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE). Esta variable se calculó con la siguiente fórmula descrita por Shaner y Finney (1977):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \frac{Y_{i+1} + Y_i}{2} * (t_{i+1} - t_i)$$

Donde Y_i = expresa la severidad (en función del índice de infección acorde con la escala), X_i = tiempo (días) a la i -ésima observación y n = número total de observaciones.

Diseño experimental y análisis estadístico. El diseño se realizó en bloques completamente al azar con tres repeticiones donde se seleccionaron cinco plantas por bloque, cada bloque estuvo separado entre sí por una distancia de 5 m con el fin de disminuir el traslape en las aplicaciones de los productos. Las dimensiones de cada bloque fueron de 22 m de ancho y 22 m de largo cada uno. Los datos fueron sometidos a una prueba de homogeneidad (prueba de Levene $\alpha = 0.5$) y posteriormente al análisis de varianza (ANOVA) con la ayuda del software SAS y comparación de medias con la prueba de Tukey al 0.05 (Montgomery y Runger, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Severidad. En esta variable los datos no mostraron diferencia significativa con la prueba de medias de Tukey al 0.05, sin embargo, en el primer muestreo el tratamiento Mancozeb presentó estadísticamente ($F=0.40$, $P=0.7590$) el mayor promedio de severidad con 1.93, mientras que para el caso de la dosis de silicato de potasio a 1.5 mL L⁻¹ de agua tuvo el menor promedio con 1.43, a los 16 ($F=0.36$, $P=0.7812$), 24 ($F=0.38$, $P=0.7671$), 32 ($F=0.37$, $P=0.7495$), 40 ($F=0.44$, $P=0.7307$) y 48 dda ($F=0.69$, $P=0.5822$). En cambio, la dosis de silicato de potasio a 2.5 mL L⁻¹ de agua obtuvo el mayor promedio de severidad con los valores de 2.0, 2.03, 1.98, 1.96 y 2.12, mientras que la dosis de 3.5 mL L⁻¹ alcanzó los menores promedios con 1.3, 1.53, 1.53 y 1.5 y 1.47, respectivamente. Por otra parte, a los 56 dda ($F=0.67$, $P=0.5920$) el Mancozeb presentó el promedio más alto con 2.02 mientras que a los 64 dda ($F=0.73$, $P=0.5614$) la dosis 2.5 mL L⁻¹ obtuvo el mayor valor de severidad con 2.01. La dosis de 1.5 mL L⁻¹ de agua obtuvo los menores promedios de severidad en comparación con el mancozeb y la dosis 2.5 mL L⁻¹ durante todo el experimento (Cuadro 1). Sin embargo, los valores fueron más altos que la dosis de 3.5 mL L⁻¹. Los resultados obtenidos indican que la dosis de 3.5 mL L⁻¹ de Silicato de potasio fue la que obtuvo el menor promedio de severidad, PPI y ABCPE, ya que el silicato de potasio pudo haber interactuado en los mecanismos de defensa de la planta al producir compuestos

antimicrobianos u otros mecanismos de defensa (Wang, 2017; Islam *et al.*, 2023). En un estudio realizado por Buck *et al.* (2008), evaluaron la severidad de la mancha del arroz (*Magnaporthe grisea*), donde utilizaron 5 dosis de silicato de potasio al 26% (1, 4, 6, 8 y 16 g L⁻¹ de agua) y un testigo (sin aplicación) para su control bajo condiciones de invernadero. Los resultados mostraron que las dosis 6 y 8 g L⁻¹ fueron las mejores al obtener la menor severidad durante todo el experimento, estos resultados son semejantes a los del presente experimento en donde a los 64 dda los tratamientos 1.5 y 3.5 mL L⁻¹ tuvieron el menor promedio de severidad.

Cuadro 1. Severidad de la Sigatoka Negra en banano bajo diferentes dosis de silicato de potasio.

Dosis de silicato de potasio (mL L ⁻¹ de agua)	Días después de la aplicación							
	8	16	24	32	40	48	56	64
1.5	1.88	1.83	1.84	1.75	1.58	1.78	1.66	1.65
2.5	1.6	2	2.03	1.98	1.96	2.12	1.98	2.01
3.5	1.43	1.3	1.53	1.53	1.5	1.47	1.42	1.4
Mancozeb (20 g L ⁻¹)	1.93	1.77	1.95	1.85	1.85	1.95	2.02	1.8
<i>F</i>	0.40	0.36	0.38	0.37	0.44	0.69	0.67	0.73
<i>P</i>	0.7590	0.7812	0.7671	0.7495	0.7307	0.5822	0.5920	0.5614

Medias entre filas con mayor promedio son resaltadas (Tukey, $P \leq 0.05$).

Promedio ponderado de infección (PPI). Los resultados del promedio ponderado de infección de la SN lograron ser estadísticamente iguales (Cuadro 2), sin embargo, a los 8 dda ($F=0.45$, $P=0.7266$), el Mancozeb mostró un menor efecto sobre el control de la enfermedad con un PPI de 1.12. Durante los monitoreos 16 ($F=0.63$, $P=0.6147$), 24 ($F=0.49$, $P=0.6995$), 32 ($F=0.67$, $P=0.5937$) y 40 ($F=0.64$, $P=0.6112$), la dosis de 2.5 mL L⁻¹ demostró el menor efecto sobre el PPI con valores de 1.09, 1.02, 1.07 y 1.05 mientras que la dosis a 3.5 mL L⁻¹ fue el tratamiento con menor PPI con valores de 0.73, 0.75, 0.73 y 0.74. Los monitoreos 48 ($F=0.73$, $P=0.5648$) y 56 dda ($F=0.70$, $P=0.5765$), mostraron que el Mancozeb fue el tratamiento menos efectivo con PPI de 1.16 y 1.2, siendo la dosis de 3.5 mL L⁻¹ el mejor tratamiento con un valor de 0.74 y 0.73, a los 64 dda ($F=0.56$, $P=0.6585$) las medias mostraron que la dosis de 2.5 mL L⁻¹ tuvo el mayor valor de PPI por lo que las dosis de 1.5 y 3.5 mL L⁻¹ mostraron ser los mejores tratamientos con los valores de 0.86 y 0.76, respectivamente. Por otra parte, Yanar *et al.* (2011) evaluaron vía aplicación foliar la efectividad de silicato de potasio

a 1 g L⁻¹, Thiovit 80% WP (azufre) a 3 g L⁻¹ más Bayleton WP (fungicida sistémico) a 0.5 g L⁻¹ y un control (agua) para el control de la severidad y el índice de severidad de Mildiu Polvoriento (*Leveillula taurica*) en el cultivo de tomate ‘Alida F1’. Los resultados mostraron que el silicato de potasio tuvo igual efectividad que el azufre más el fungicida sistémico en el índice de severidad a partir de los 20 dda, caso contrario ocurrió en nuestros resultados en los muestreos 8, 48 y 56 dda, donde el Mancozeb tuvo los mayores PPI en comparación con las dosis de silicato de potasio (1.5, 2.5 y 3.5 mL L⁻¹).

Cuadro 2. Promedio ponderado de infección de la Sigatoka Negra en banano bajo diferentes dosis de silicato de potasio.

Dosis de silicato de potasio (mL L ⁻¹ de agua)	Días después de la aplicación							
	8	16	24	32	40	48	56	64
1.5	0.83	0.85	0.83	0.8	0.8	0.84	0.86	0.86
2.5	1.06	1.09	1.02	1.07	1.05	1.09	1.1	1.08
3.5	0.76	0.73	0.75	0.73	0.74	0.74	0.73	0.76
Mancozeb (20 g L ⁻¹)	1.12	0.98	0.94	0.97	0.97	1.16	1.2	0.99
<i>F</i>	0.45	0.63	0.49	0.67	0.64	0.73	0.70	0.56
<i>P</i>	0.7266	0.6147	0.6995	0.5937	0.6112	0.5648	0.5765	0.6585

Medias entre filas con mayor promedio son resaltadas (Tukey, $P \leq 0.05$).

Área bajo la curva del progreso de la enfermedad. En la Figura 1, se muestra la suma general del ABCPE de la Sigatoka Negra en banano, durante 64 días (8 monitoreos). Estadísticamente ($F=72.99$, $P=0.0001$) la dosis de 3.5 mL L⁻¹ demostró el menor valor de ABCPE (9.98) en comparación con el resto de los tratamientos, los cuales presentaron valores de 10.67 (1.5 mL L⁻¹), 12.29 (Mancozeb) y 12.58 (2.5 mL L⁻¹). Por otra parte, en la Figura 2, se presenta el ABCPE a través del tiempo evaluado, reafirmando los resultados de la Figura 1, donde se observa que la dosis de 3.5 mL L⁻¹ mostró el menor ABCPE durante todo el experimento, por debajo de la dosis de 1.5 mL L⁻¹. La dosis de 2.5 mL L⁻¹ adquirió la mayor ABCPE distinguiéndose desde el segundo muestreo (16 dda) ante los demás tratamientos. En cambio, Mancozeb presentó diferencias significativas ($F= 72.99$, $P=0.0001$) con las dosis de 1.5 y 3.5 mL L⁻¹ en los monitoreos a los 48 y 56 dda en la ABCPE. Dichos resultados se asemejan a los obtenidos por Ramouthar et al. (2015), quienes evaluaron el ABCPE de la roya marrón (*Puccinia melanocephala*) en plántulas de la caña de azúcar bajo ambiente protegido. Donde aplicaron siete dosis de silicato de potasio (100, 200, 400, 800, 1200,

1600 y 2000 mg de ingrediente activo). Los resultados mostraron que las concentraciones 1600 y 2000 alcanzaron el menor ABCPE. Estos resultados se asemejan a los obtenidos en el presente estudio, con la dosis de 3.5 mL L⁻¹ donde desde el primer monitoreo se obtuvo la menor ABCPE, mientras que Mancozeb y la dosis de 2.5 mL L⁻¹ mantuvieron una relación en todos los muestreos. A los 64 dda Mancozeb tuvo mejor efectividad que la dosis de 2.5 mL L⁻¹, esto pudo originarse debido a la actividad biológica del Mancozeb, la cual consiste en la inhibición en la germinación de las esporas del hongo (Gullino *et al.*, 2010).

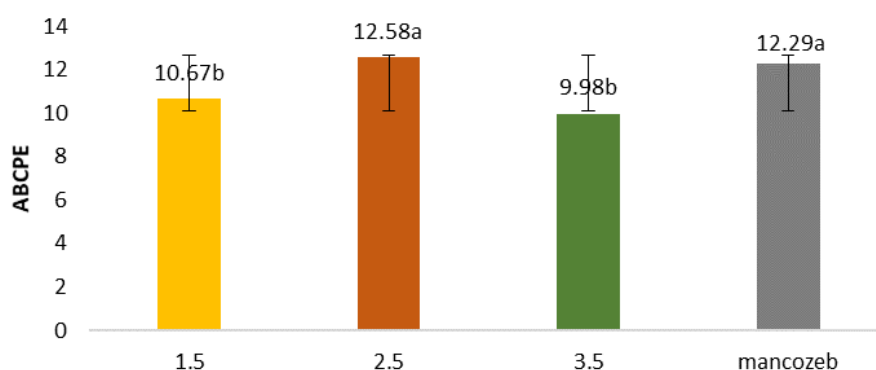


Figura 1. Suma general del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de las dosis de silicato de potasio (1.5, 2.5 y 3.5 mL L⁻¹) y Mancozeb (20 g L⁻¹) para el control de Sigatoka Negra en banano.

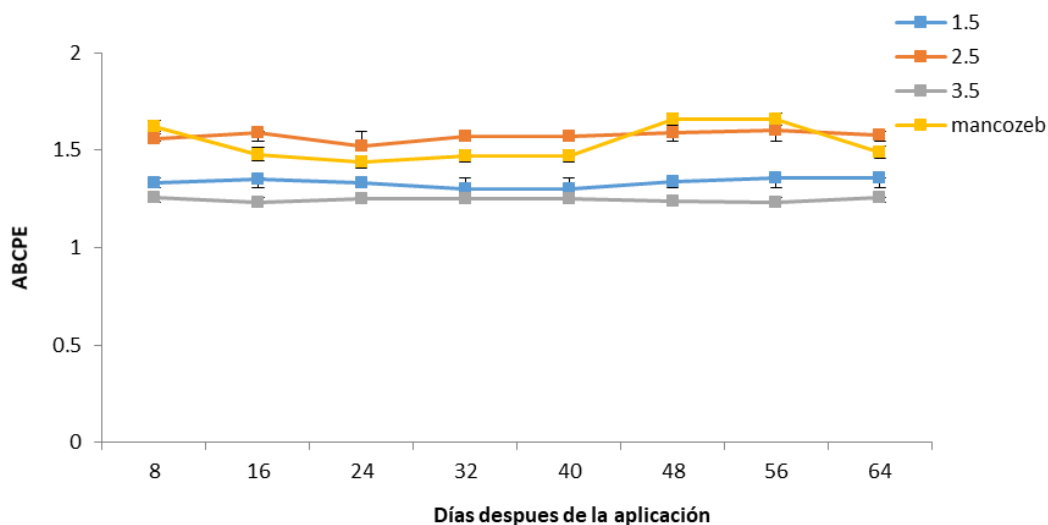


Figura 2. Comportamiento del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de la Sigatoka negra en banano.

CONCLUSIONES

El tratamiento 3.5 mL L⁻¹ de Silicato de potasio (SILI-K®) demostró tener un potencial para reducir la severidad de Sigatoka negra en comparación al Mancozeb, el cual se utiliza como control preventivo de la enfermedad.

REFERENCIAS

1. Agamez-Ramos EY, Campo-Arana R, Barrera-Violeth JL. 2012. Evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* spp., en el control de la sigatoka negra en plátano Hartón. Fitopatología Colombiana 36: 47-51.
2. Carré-Missio V, Rodrigues FA, Schurt DA, Resende RS, Souza NFA, Rezende DC, Zambolim L. 2014. Effect of foliar-applied potassium silicate on coffee leaf infection by *Hemileia vastatrix*. Annals of Applied Biology 164: 396-403.
3. Buck GB, Korndörfer GH, Nolla A, Coelho L. 2008. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. Journal of Plant Nutrition 31: 231-237.
4. Gauhl F. 1990. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp.) en Costa Rica (No. SB608. B16 G26e). Unión de Países Exportadores de Banano.
5. Gullino ML, Tinivella F, Garibaldi A, Kemmitt GM, Bacci L, Sheppard B. 2010. Mancozeb: past, present, and future. Plant Disease 94: 1076-1087.
6. Islam, W., Tauqeer, A., Waheed, A., Ali, H., Zeng, F. 2023. Silicon in plants mitigates damage against pathogens and insect pests. In: de Mello Prado, R. (eds) Benefits of silicon in the nutrition of plants. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26673-7_19
7. Google Earth 2019. Google earth software ver. 2015. Consultado el 4 de octubre del 2019.
8. Kablan L, Lagauche A, Delvaux B, Legrve A. 2012. Silicon reduces black sigatoka development in banana. Plant Disease 96: 273-278.
9. Martínez-Bolaños L, Téliz-Ortiz D, Rodríguez-Maciel JC, Mora-Aguilera JA, Nieto-Ángel D, Cortés-Flores JI, Silva-Aguayo G. 2012. Resistencia a fungicidas en poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* del sureste mexicano. Agrociencia 46: 707-717.
10. Martins MB, Valente JP, Kobayasti L, Gasparatto L. 2007. Progresso da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis*) em bananeiras após a emissão do cacho no Município de Cáceres, Mato Grosso-Brasil. Summa Phytopathologica 33: 309-312.
11. Manzo-Sánchez G, Orozco-Santos M, Martínez-Bolaños L, Garrido-Ramírez E, Canto-Canche B. 2014. Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa* sp.) en México. Revista Mexicana de Fitopatología 32: 89-107.
12. Montgomery DC, Runger GC. 1996. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Ciudad de México, México. McGraw-Hill.
13. Patiño LF, Bustamante E, Salazar LM. 2007. Efecto de sustratos foliares sobre la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano (*Musa* × *paradisica* L.) y plátano (*Musa acuminata* Colla). Agricultura Técnica, 67, 437-445.

14. Ramouthar PV, Caldwell PM, McFarlane SA. 2016. Effect of silicon on the severity of brown rust of sugarcane in South Africa. *European Journal of Plant Pathology* 145: 53-60.
15. Rodrigues FA, Dallagnol LJ, Duarte HSS, Datnoff LE. 2015. Silicon control of foliar diseases in monocots and dicots. In *Silicon and plant diseases* (pp. 67-108). Springer, Cham.
16. Rodrigues-Dos Santos G, Delintro-de Castro Neto M, Nogueira-Ramos L, Almeida-Sarmiento R, Korndörfer GH, Ignácio M. 2011. Effect of silicon sources on rice diseases and yield in the State of Tocantins, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy* 33: 451-456.
17. Shaner G, Finney RA. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 6: 1051-1056.
18. Vargas-Hernández JL, Rodríguez D, Sanabria ME, Hernández J. 2009. Efecto de tres extractos vegetales sobre la Sigatoka negra del plátano (*Musa AAB* cv. Hartón). *Revista Científica UDO Agrícola* 9: 182-190.
19. Wang M, Gao L, Dong S, Sun Y, Shen Q, Guo S. 2017. Role of silicon on plant-pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science* 8: 1-14.
20. Yanar Y, Yanar D, Gebologlu N. 2011. Control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on tomato by foliar sprays of liquid potassium silicate (K_2SiO_3). *African Journal of Biotechnology* 10: 3121-3123.