

Contribución del silicio al crecimiento, rendimiento productivo y control de sigatoka negra en el cultivo de banano

Diego Ricardo Villaseñor-Ortiz^{1*}; Luis Felipe Lata Tenesaca^b

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), 070223 Machala, El Oro, Ecuador;

²Departamento de Fitopatología, Universidade Federal de Viçosa (UFV), 36570-090, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

***Autor de**

Correspondencia:

Diego Ricardo Villaseñor-Ortiz
dvillaseñor@utmachala.edu.ec

Contribución:

Tecnológica

Sección:

Fitosanidad

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Villaseñor-Ortiz DR y Lata TLF. 2024. Contribución del silicio al crecimiento, rendimiento productivo y control de sigatoka negra en el cultivo de banano. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 1(1): 34
<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2434>

RESUMEN

El estudio examinó el impacto de la aplicación foliar de silicio en el cultivo de banano. Se evidenció que el tratamiento con silicato de calcio ($1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) estimuló el crecimiento saludable de plantas, fortaleciendo las paredes celulares con calcio y mejorando la resistencia a enfermedades con silicio. Además, los tratamientos con silicato de potasio y silicato de calcio redujeron la severidad de la sigatoka negra y mantuvieron hojas libres de enfermedades. En términos de producción, ciertos tratamientos mostraron un rendimiento superior en masa de racimo y longitud de dedo. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en masa de raquis, grado y número de manos.

Palabras clave: Banano; Silicio; Sigatoka Negra; Fertilización Foliar; Producción Agrícola, fitosanidad.

ABSTRACT

The study investigated the effect of foliar silicon application on banana cultivation. It was found that treatment with calcium silicate ($1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) promoted taller and healthier plants due to calcium strengthening cell walls and silicon enhancing disease resistance. Furthermore, potassium silicate and calcium silicate treatments reduced black Sigatoka severity and kept leaves disease-free. In terms of production, specific treatments showed better performance in bunch mass and finger length. However, no significant differences were observed in rachis mass, grade, and number of hands.

Keywords: Banana; Silicon; Black Sigatoka; Foliar Fertilization; Agricultural Production, phytosanity.



INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano representa una de las actividades agrícolas más importantes en Ecuador, siendo el país líder en la exportación de esta fruta a nivel mundial. Sin embargo, la infección por patógenos ha sido el principal factor limitante del crecimiento y rendimiento de este cultivo (Bebber 2019). La sigatoka negra (causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*), causa la muerte prematura de grandes áreas de superficie foliar de la planta, reduciendo el área fotosintética activa y traslocación de fotoasimilados lo que resulta en menor crecimiento y desarrollo de la planta (Cook 2013). El uso intensivo de fungicidas químicos, métodos de control biológico y prácticas culturales de manejo son algunas de las estrategias disponibles para el manejo de la sigatoka negra (Nascimento *et al.*, 2020). Sin embargo, se deben proporcionar otras estrategias de control a los productores, para reducir el costo asociado a los fungicidas y sus efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente. El uso del silicio (Si) como estrategia prometedora para mejorar el crecimiento y la resistencia de las plantas contra la infección por patógenos ha despertado gran interés en los últimos años. Se ha demostrado que la aplicación de este elemento puede fortalecer la estructura epidérmica, activar el sistema de defensa antioxidante y promover la síntesis de compuestos fenólicos y lignina durante la infección por patógenos (Wang *et al.*, 2017).

Considerando la importancia del cultivo de banano en Ecuador y la necesidad de encontrar soluciones eficaces y sostenibles para enfrentar los desafíos que enfrenta la industria, el presente trabajo se planteó investigar el efecto de la aplicación foliar de distintas fuentes y dosis de Si en el cultivo de banano, sobre parámetros de crecimiento, resistencia a sigatoka negra y productividad del banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la granja experimental del campus Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), ubicada en la provincia de El Oro, Ecuador. La evaluación del experimento en el aspecto fitosanitario, abarcó desde junio de 2022 hasta enero de 2023; mientras que los efectos de los tratamientos relacionados a variables productivas y de desarrollo, fueron evaluados entre los meses de abril y mayo de 2023. El clima de la región se clasifica como sabana tropical (AW), y la temperatura media anual oscila entre 25 y 30 °C (Morán-Tejeda *et al.* 2016). El tipo de suelo pertenece al subgrupo Aquic Dystrudepts, de acuerdo con la clasificación de Villaseñor *et al.* (2015). El cultivar utilizado en el área experimental fue el *Musa* AAA, cv. "Williams" del subgrupo Cavendish. Los atributos físicos y químicos del suelo del

área experimental fueron analizados, con el fin de verificar la fertilidad del suelo. Todas las plantas recibieron dosis estándar de nutrientes, que consistieron en $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de N, 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 , $700 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de K_2O .

La aplicación foliar de Si en la forma de ácido monosilícico $\text{Si}(\text{OH})_4$, en la forma silicato de potasio (K_2SiO_3) y silicato de calcio (CaSiO_3) fue evaluada en este estudio. Para la aplicación de silicatos de K y Ca fueron utilizadas fuentes comerciales comúnmente usadas en el sector. Se establecieron seis tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones: T1, Control; T2, $250 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Ácido monosilícico; T3, $500 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Ácido monosilícico; T4, $750 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Ácido monosilícico; T5, $1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de K_2SiO_3 y T6, $1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de CaSiO_3 . Las dosis aplicadas fueron seleccionadas con base a la recomendación del producto para banano. Estas dosis y productos se aplicaron mensualmente a lo largo del periodo experimental utilizando un vehículo aéreo no tripulado (VANT-Dron), modelo AGRAS DJI T20 diseñado para aplicación de productos foliares en el cultivo de banano. Cada muestra evaluada consistió en plantas hijas de un metro de altura con una hoja funcional en estado F10. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA). Cada parcela o UE, tuvo dimensiones de $16 \times 3 \text{ m}$ de ancho, dentro de un marco de plantación $3,5 \times 2 \text{ m}$ y una población aproximada de $1430 \text{ plantas ha}^{-1}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo biométrico del cultivo

Se puede observar que el tratamiento con CaSiO_3 a una dosis de 1000 cm^3 por hectárea resultó en plantas más altas, mayor diámetro del pseudotallo y número de hojas en comparación con los otros tratamientos.

Al aplicar CaSiO_3 a una dosis de 1000 cm^3 por hectárea, se suministra un aporte adicional de Ca y Si a las plantas, lo cual puede tener varios efectos benéficos (Cuadro 1). El Ca fortalece las paredes celulares, promoviendo un crecimiento más vigoroso y una mayor capacidad de soportar condiciones estresantes (Xu *et al.*, 2022). El silicio, por su parte, mejora la resistencia de las plantas frente a enfermedades, plagas y otros factores de estrés abióticos (Wang *et al.*, 2017), lo que contribuye a un crecimiento más saludable y una mayor altura promedio.

Es importante destacar que otros factores, como las características del suelo, el manejo agronómico y las condiciones ambientales, también pueden influir en los resultados del experimento. Sin embargo, la aplicación de CaSiO_3 a una dosis de 1000

cm³ por hectárea proporciona un suministro adicional de Ca y Si, nutrientes importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que podría explicar en parte el mejor desempeño de las variables de desarrollo observadas en ese tratamiento.

Cuadro 1. Variables de desarrollo de cultivo banano en experimento con dosis crecientes de Silicio en forma de ácido monosilícico y dosis de Silicato de potasio y calcio.

Tratamientos	Altura de planta (m)	Diámetro de pseudotallo (cm)	Número de hojas a la floración	Emisión foliar
Control	2,17 ab	75,71 b	14,83 b	0,59 a
Si(OH) ₄ 250 cm ³ ha ⁻¹	2,45 b	91,68 a	16,86 ab	0,63 ab
Si(OH) ₄ 500 cm ³ ha ⁻¹	2,57 ab	85,61 ab	16,18 ab	0,62 ab
Si(OH) ₄ 750 cm ³ ha ⁻¹	2,49 ab	90,78 a	17,25 ab	0,65 ab
K ₂ SiO ₃ 1000 cm ³ ha ⁻¹	2,58 ab	90,24 ab	17,23 ab	0,64 ab
CaSiO ₃ 1000 cm ³ ha ⁻¹	2,85 a	94,23 a	18,08 a	0,7 a
Prueba F	3,1*	0,96 ^{ns}	3,1*	3,8*
CV (%)	9,5	14,6	10,4	6,4

**significancia al 5% de probabilidad ($p < 0,05$); ns- no hay significancia debido a la variabilidad de datos prueba F; CV (%).

Niveles de infección de Sigatoka negra

Los tratamientos que utilizaron K₂SiO₃ y CaSiO₃ mostraron una menor severidad de la enfermedad en comparación con el tratamiento control. Específicamente, estos tratamientos tuvieron valores más bajos en la tercera y cuarta hoja, lo cual indica una menor afectación por la enfermedad. Sin embargo, se observó una excepción en el tratamiento de Si(OH)₄ a dosis de 750 cm³ por ha, el cual presentó valores más bajos en la hoja 4 en comparación con el tratamiento control. Estos resultados sugieren que el uso de silicatos puede ser efectivo para reducir la severidad de la sigatoka en el banano.

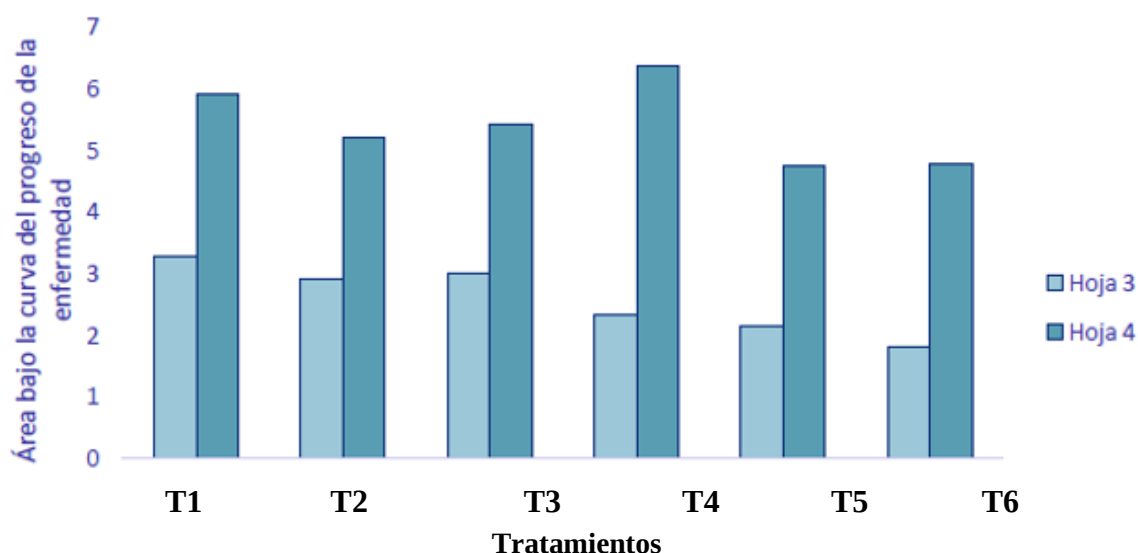


Figura 1. Área bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad de Sigatoka (ABCPE) para diferentes tratamientos. T1= Control; T2= $\text{Si}(\text{OH})_4$ $250 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T3= $\text{Si}(\text{OH})_4$ $500 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T4= $\text{Si}(\text{OH})_4$ $750 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T5= K_2SiO_3 $1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T6= CaSiO_3 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Hojas con estría y quema por afectación de Sigatoka negra

En cuanto a la variable Hoja Vieja Libre de Enfermedades (HVLE), se observó que los tratamientos con $\text{Si}(\text{OH})_4$ a diferentes dosis ($250 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$, $500 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $750 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) junto con K_2SiO_4 y CaSiO_4 a una dosis de $1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$, presentaron valores ligeramente más altos que el Control (Figura 2).

En relación a la variable Hoja Vieja Libre de Quema (HVL), se puede evidenciar que todos los tratamientos presentan valores superiores al Control. Los tratamientos con K_2SiO_3 y CaSiO_3 a una dosis de $1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ muestran los valores más altos, destacando el CaSiO_4 . Trabajos anteriores indicaron que la aplicación de Si disminuyó la severidad de la sigatoka en plantas de banano cultivadas en solución nutritiva (Kablan *et al.*, 2012; Freitas *et al.*, 2017).

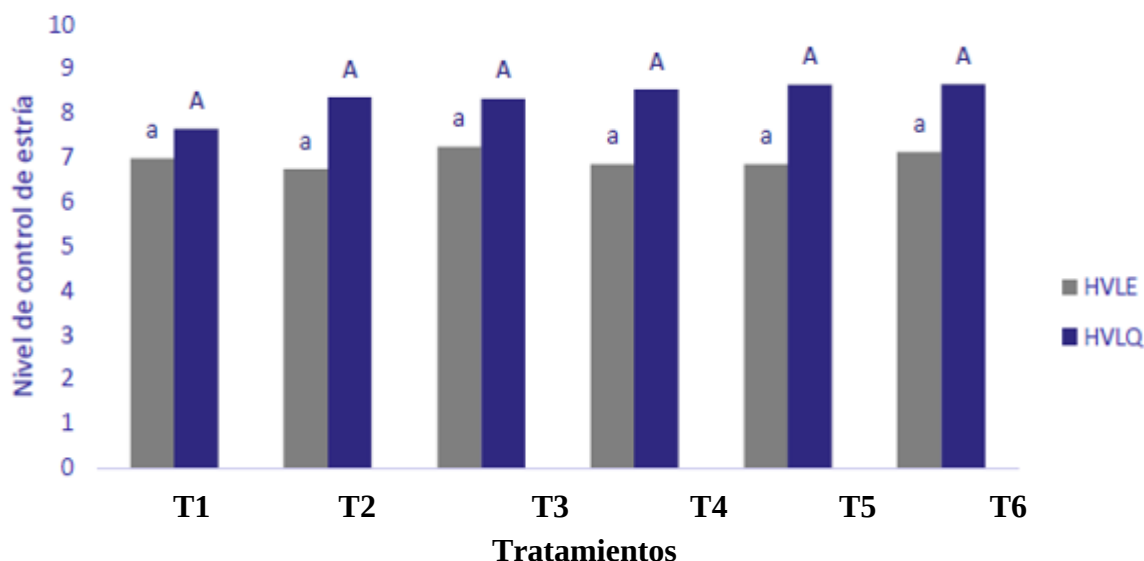


Figura 2. Niveles de control de estrías causadas por *Sigatoka* negra en hojas viejas libre de estrías (HVLE) y hojas hijas libres de quema (HVLQ). Letras similares significan que no hay diferencias entre las medias. T1= Control; T2= $\text{Si}(\text{OH})_4$ 250 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T3= $\text{Si}(\text{OH})_4$ 500 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T4= $\text{Si}(\text{OH})_4$ 750 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T5= K_2SiO_3 1000 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$; T6= CaSiO_3 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Variables de producción

Los tratamientos con $\text{Si}(\text{OH})_4$ a dosis de 250 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$, 500 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ y 750 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$, así como los tratamientos con silicato de potasio (K_2SiO_4) y silicato de calcio (CaSiO_4) a una dosis de 1000 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$, resultaron en una mayor masa promedio del racimo, oscilando entre 19,4 y 21,9 kg, en comparación con el control (15,9 kg) (Cuadro 2). Entre estos, los tratamientos con $\text{Si}(\text{OH})_4$ a dosis de 500 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ y 750 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ mostraron los valores más altos. En particular, los tratamientos con $\text{Si}(\text{OH})_4$ a dosis de 500 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ y 750 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ mostraron el mayor rendimiento en términos de masa del racimo (Cuadro 2).

No se evidenció diferencia significativa para los parámetros de masa del raquis, grado y número de manos, sugiriendo que estos aspectos particulares del cultivo de banano no se ven influenciados fuertemente por la aplicación de silicio, al menos en las condiciones y dosis de este experimento. El tratamiento $\text{Si}(\text{OH})_4$ a una dosis de 500 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ resultó en la longitud de dedo más larga, y el tratamiento $\text{Si}(\text{OH})_4$ a una dosis de 750 $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ resultó en la longitud de dedo más corta. Los otros tratamientos, incluido el control, mostraron longitudes de dedo que no eran significativamente diferentes entre sí. Estos resultados sugieren que la dosis de silicio tiene un impacto en

la longitud del dedo en el cultivo de banano, aunque se necesitaría más investigación para confirmar este hallazgo y entender sus implicaciones.

Cuadro 2. Masa de racimo, del raquis, grado y longitud del dedo y número de manos como variables de producción bajo el efecto de distintas dosis y fuentes de silicio foliar.

Tratamientos	Masa Racimo (kg)	Masa Raquis (kg)	Grado	Longitud dedo (cm)	Número manos
Control	15,9 b	2,5 a	42,9 a	25,2 ab	5,5 a
Si(OH) ₄ 250 cm ³ ha ⁻¹	19,7 ab	2,5 a	43,1 a	24,4 ab	5,6 a
Si(OH) ₄ 500 cm ³ ha ⁻¹	21,6 a	2,9 a	42,3 a	25,4 a	6,0 a
Si(OH) ₄ 750 cm ³ ha ⁻¹	21,9 a	2,7 a	43,5 a	23,2 b	5,8 a
K ₂ SiO ₃ 1000 cm ³ ha ⁻¹	19,4 ab	2,5 a	43,3 a	24,0 ab	5,3 a
CaSiO ₃ 1000 cm ³ ha ⁻¹	19,8 ab	2,5 a	43,4 a	24,9 ab	5,9 a
Prueba de F	5,84 ^{**}	0,68 ^{NS}	1,12 ^{NS}	3,57 [*]	0,55 ^{NS}
CV %	9,0	16,2	1,9	3,6	11,8

Medias seguidas de la misma letra dentro del mismo tratamiento no difieren entre sí por la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad.

CONCLUSIONES

El tratamiento con silicato de calcio se destacó en las variables mayor altura promedio de la planta y número de hojas. En cuanto al control de sigatoka negra, de modo general todos los tratamientos con Si mostraron su capacidad para reducir la severidad de la enfermedad, en particular en las hojas más viejas. Este hallazgo indica que el silicio puede jugar un papel significativo en el fortalecimiento de las defensas de las plantas contra patógenos. El rendimiento del cultivo se vio mejorado con el uso de Si(OH)₄ a dosis de 500 cm³ ha⁻¹ y 750 cm³ ha⁻¹ que resultaron en mayor masa de racimo y frutos más largos, respectivamente. En general, estos resultados sugieren que la aplicación de silicio en el cultivo de banano puede mejorar significativamente el crecimiento, control de enfermedades y rendimiento del cultivo. Estos hallazgos respaldan la utilidad del silicio como una herramienta potencial para mejorar la producción y la calidad del cultivo de banano.

REFERENCIAS

1. Bebbber D. 2019. Climate change effects on Black Sigatoka disease of banana. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374: 20180269.
2. Cook D, Liu S, Edwards J, Villalta O, Aurambout J, Kriticos D, Drenth A, Barro P. 2013. Predicted economic impact of black Sigatoka on the Australian banana industry. *Crop Protection* 51:48-56.
3. Freitas A, Pozza E, Eleva M, Silva H, Pérez C, Poza A. 2017. Severity of yellow Sigatoka in banana cultivated in silicon nutrient solution. *Australasian Plant Pathology* 46:515-520.
4. Kablan L, Lagauche A, Delvaux B, Legr B. 2012. Silicon Reduces Black Sigatoka Development in Banana. *Plant Dis.* 96:273-278.
5. Nascimento F, Sousa Y, Rocha A, Ferreira C, Haddad F, Amorim E. 2020. Sources of black Sigatoka resistance in wild banana diploids. *Revista Brasileira de Fruticultura* 42:1-10.
6. Villaseñor D, Chabla J, Luna E. 2015. Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Cumbres* 1:28-35.
7. Wang M, Gao L, Dong S, Sun Y, Shen Q, Guo S. 2017. Role of Silicon on Plant–Pathogen Interactions. *Front. Plant Sci.* 8:1-14.
8. Xu T, Niu J, Jiang Z. 2022. Sensing Mechanisms: Calcium Signaling Mediated Abiotic Stress in Plants. *Front. Plant Sci.* 13:925863.