

“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICRONUTRIENTES SOBRE PARÁMETROS AGRONÓMICOS Y SANITARIOS EN PLANTAS DE BANANO, GRUPO CAVENDISH EN CONDICIONES CONTROLADAS.”

José Luis Torres Gallegos, María Isabelita Jiménez Feijoo, Efrén Germán Santos Ordóñez*
Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral,
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
jltorres@espol.edu.ec

* efren.santos@gmail.com.

Resumen

*El cultivo de banano es el más importante en la economía del país y desde hace dos décadas enfrenta un problema fitosanitario foliar de difícil manejo conocido como Sigatoka negra el cual es producido por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, esto representa un rubro substancial en los costos de producción del banano y un impacto ambiental negativo por las excesivas aplicaciones de fungicidas, causando daños al medio ambiente [19]. En el presente estudio, se evaluó el efecto de micronutrientes Orgánicos e Inorgánicos sobre parámetros de desarrollo en plantas de banano Cavendish (AAA), cultivar 'Williams' y de severidad de la Sigatoka negra en condiciones de invernadero. Cuatro micronutrientes, Cu, B, Mn, Zn, inorgánicos y orgánicos, fueron aplicados a plantas de banano a concentraciones baja media y alta a intervalos semanales, su experimentación proporcionó evidencia sobre el efecto inhibitorio del pH y de algunos micronutrientes, los que reducen la Sigatoka negra en las plantas de efecto invernadero en aplicaciones semanales, el Zn(500g/ha) y Mn(200g/ha) mostraron una acción favorable en la inhibición del crecimiento y desarrollo de Sigatoka negra en todas las inoculaciones de *M. fijiensis*. Las dosis pueden ser implementadas en los planes de control de algunos productores de banano en el Ecuador.*

Palabras Claves: Micronutrientes, Cu, B, Mn, Zn, Sigatoka negra.

Abstract

*The Banana is the most important crops in Ecuador. For two decades, it has been facing control in the disease that affects leaves, known as Sigatoka negra which is produced by the fungus *Mycosphaerella fijiensis*, this represents a substantial item in production costs banana and a negative environmental impact by excessive fungicide applications causing damage to the environment [19]. During this investigation we evaluated the effect of micronutrients on Organic and Inorganic development parameters in plants of Cavendish banana (AAA) type 'Williams', in the severity of Sigatoka negra in the greenhouse. Four micronutrients: Cu, B, Mn, Zn, inorganic and organic, were applied to banana plants to low, medium and high concentrations at weekly intervals, this experiment provided evidence on the inhibitory effect of pH and some nutrients, which reduce Sigatoka negra in greenhouse plants using weekly applications. The Zn (500g/ha) and Mn (200g/ha) showed a favorable effect inhibiting the growth and development of the disease in all inoculations of *M. fijiensis*. Doses can be implemented in the control plans of some banana producers in Ecuador.*

Keywords: Micronutrients, Cu, B, Mn, Zn, Sigatoka negra.

1. Introducción

El cultivo de banano es el más importante en la economía del país y desde hace dos décadas enfrenta un problema fitosanitario foliar de difícil manejo conocido como Sigatoka negra el cual es producido por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* [1].

La Sigatoka negra, representa un rubro substancial en los costos de producción del banano y un impacto ambiental negativo por las aplicaciones de fungicidas, las mismas que se realizan con una frecuencia promedio de 24 ciclos al año [16].

Este impacto ambiental negativo, amenaza la sostenibilidad del banano ya que *M. fijiensis* desarrolla insensibilidad al ser expuesto a continuas aplicaciones de fungicidas de alto riesgo, lo que en términos económicos significa una dependencia cada vez mayor a estos productos y un incremento en los costos de producción [5]. Para disminuir el impacto ambiental negativo de las aplicaciones de fungicidas utilizadas en el manejo de la Sigatoka negra se están desarrollando nuevas alternativas de manejo, una de estas alternativas es la utilización de micronutrientes sólidos y líquidos tanto a nivel radicular como foliar. Por experiencias en diferentes ensayos, las aplicaciones de micronutrientes sólidos y líquidos pueden ayudar en el manejo de la Sigatoka negra en banano.

Un primer estudio, evidenció que los Micronutrientes actúan sobre el desarrollo de *M. fijiensis* deteniendo el avance de la enfermedad [11].

En el presente estudio se analizó el efecto directo de los micronutrientes orgánicos e inorgánicos, sobre el desarrollo de la planta y la severidad de la Sigatoka negra bajo condiciones de Invernadero. Se espera que los resultados obtenidos en este estudio sirvan para la aplicación de productos en sistemas de producción.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Analizar y comparar el efecto directo de micronutrientes líquidos y sólidos, preparados de 3 diferentes dosis (alta-media-baja) sobre el desarrollo en banano y severidad de la Sigatoka negra

2.2. Objetivos Específicos

- Monitorear *in vivo* el efecto de tres concentraciones de cobre, boro, zinc y manganeso en presentaciones orgánicas e inorgánicas sobre aspectos agronómicos y fisiológicos en invernadero, considerando la frecuencia de aplicación de 7 días.

- Evaluar la incidencia de los micronutrientes en dosis altas, medias y bajas de cobre, boro, zinc y manganeso y sus efectos directos sobre la severidad de la Sigatoka negra.

Materiales y Métodos.

Las plantas fueron micropropagadas y previamente tratadas con diferentes concentraciones de Micronutrientes. Las mediciones del estado fitosanitario se realizaron utilizando la escala de Alvarado, en hojas [3, 12] inoculadas con *M. fijiensis*, bajo condiciones de invernadero donde las plantas no continuaron con el tratamiento.

Material biológico: fungoso y vegetal

Conidias (material fungoso) Se trabajó con conidias de *M. fijiensis* obtenidas a partir de aislamientos obtenidos en zonas productivas de banano de acuerdo a (POENR LA REFERENCIA BIBLIOGRAFICA).

Plántulas de banano (material vegetal) Las plantas de banano, cultivar 'Williams' (grupo Cavendish AAA), se obtuvieron a partir de micropropagación en el laboratorio comercial de cultivo de tejidos de SEBIOCA.

Material de laboratorio e invernadero Los Micronutrientes evaluados se obtuvieron de ALBION (www.albionplantnutrition.com) y que los producen de forma orgánica e inorgánica como: Cobre, Boro, Zinc, Manganeso en presentaciones Orgánicas e Inorgánicas [2].

2.2.1. Aplicación de micronutrientes

Una vez obtenidas, las plántulas de 3cm de altura fueron plantadas en fundas de plástico con substrato compuesto de arena, ceniza de arroz y tierra (2:1:1). Una semana después empezaron los tratamientos. Cada tratamiento fue conformado por 10 plantas, las cuales recibieron 250 ml de la dilución de micronutrientes (Boro, Cobre, Zinc, Manganeso). Para los controles convencionales se utilizó urea a 1.5 gr/l, mientras que los controles absolutos solamente recibieron agua. Las aplicaciones se efectuaron durante 8 semanas, tiempo después del cual se procedió a la inoculación dirigida de *M. fijiensis* de acuerdo a Protocolo de Inoculación de invernadero CIBE [6]. Las hojas número 2, 3 y 4, contadas de arriba hacia abajo, fueron aspergeadas con una solución conidial de 3×10^3 conidias/ml usando un

aerógrafo Badger® 100. Luego se las evaluó por cuatro semanas la severidad cada siete días de la Sigatoka negra.

2.2.1.1. Tratamientos:

Tabla 1. Los tratamientos utilizados en condiciones in vivo.

Tratamiento 1 (T1): diluciones de 250 ml Cobre 4%;
 Dosis BAJA 100 M: 200 A: 300
 Tratamiento 2 (T2): diluciones de 250 ml Cobre 16%;
 Dosis Baja: 100 M: 200 A: 300
 Tratamiento 3 (T3): diluciones de 250 ml Manganeseo 4%; Dosis Baja: 100 M: 200 A: 300
 Tratamiento 4 (T4): diluciones de 250 ml Manganeseo 16%; Dosis Baja: 100 M: 200 A: 300
 Tratamiento 5 (T5): diluciones de 250 ml Zinc 4%
 Dosis Baja: 300 M: 400 A: 500
 Tratamiento 6 (T6): diluciones de 250 ml Zinc 19%
 Dosis Baja: 300 M: 400 A: 500
 Tratamiento 7 (T7): diluciones de 250 ml Boro 4%
 Dosis Baja: 150 M: 250 A: 350
 Tratamiento 8 (T8): aplicaciones de N (control convencional). 1,5g / lt
 Tratamiento 9 (T9): no aplicaciones, 0%, (control absoluto).

Estos tratamientos fueron aplicados una vez a la semana y tres dosis por cada uno de los productos diferenciados en dosis (alta, media, baja) y 10 repeticiones por cada uno de ellos, además de ser evaluados semanalmente.

Estos tratamientos fueron aplicados una vez por semana y tres dosis por cada uno de los productos diferenciados en dosis alta, media, baja. Cada experimento constó de nueve tratamientos dispuestos en un diseño experimental completamente al azar.

2.2.1.2. Parámetros evaluados: Las evaluaciones de estos parámetros se realizaron durante 8 semanas a partir del trasplante luego de haber cumplido un mes, después a la siguiente semana se realizó la aplicación de micronutrientes.

1. Altura de planta.- este parámetro fue evaluado semanalmente, para lo cual se midió la longitud de la planta comprendida desde la base hasta la inserción de la hoja bandera. Para los análisis estadísticos se usó el incremento cada siete días de las nueve evaluaciones, a partir de la primera aplicación de los productos.

2. Emisión Foliar.- Al igual que las anteriores este parámetro será valorado semanalmente empleando la escala de Brun para determinar el estado de la hoja bandera [12]. Este parámetro será tomado desde el trasplante hasta la culminación del ensayo.

3. Clorofila.- Se empleó un medidor de clorofila SPAD-502, marca Konica-Minolta, para determinar la cantidad de clorofila en las hojas 1, 2, 3 y 4.

4. Estado fitosanitario.- Este parámetro fue monitoreado semanalmente durante 4 semanas después de la inoculación, y se utilizó la escala de Alvarado *et al.* [3], la cual es una modificación de la escala presentada por Fullerton y Olsen, [11]

2.2.1.3. Análisis Estadísticos

Análisis de Varianza (ANOVA). Se utilizó una ANOVA de una vía. También se determinó el área bajo la curva de la severidad. Utilizamos la prueba de Rango Múltiple de Duncan $P \leq 0.05$, para comparar todas las medias de los tratamientos entre sí sin restricciones.

4 Resultados

Efecto de micronutrientes sobre parámetros agronómicos.

Altura:

En el presente ensayo Figura 4.1 la comparación de desarrollo de las plantas con los tratamientos Orgánicos e Inorgánicos demostrando una diferencia estadística significativa ($P \leq 5\%$), entre tratamientos. Aumento el desarrollo vegetativo de las plantas con Zn(I), Zn(O), B(I), Cu(O), Mn(O), Mn(I), la excepción fue el tratamiento en Cu(I) que mostró toxicidad, deteniendo el desarrollo de las plantas. Cabe señalar que los tratamientos contrastados con el testigo mostraron un mejor desarrollo. El Zn (0) dosis Alta (500 g/ha), cuyo valor medio de 1,15 cm de incremento de la altura Semanal fue el mejor tratamiento, distada de entre los otros. De igual manera el Zn (I) en todas sus dosis (300, 400, 500 g/ha) mostraron buen desarrollo 0,95 -1cm por semana.

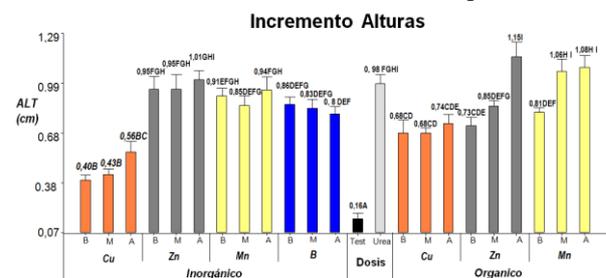


Figura 4.1 INCREMENTO EN ALTURA DE LAS PLANTAS (CM) PROMEDIOS DE NUEVE EVALUACIONES TOMADAS CADA SIETE DÍAS, PRODUCTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, CON DIFERENTES DOSIS A: ALTA M: MEDIA BAJA: BAJA DE : COBRE (BARRAS COLOR NARANJA), MANGANESEO (COLOR AMARILLO), ZINC (COLOR GRIS), BORO (COLOR AZUL), CON TESTIGOS CONVENCIONAL (COLOR PLOMO) Y ABSOLUTO (COLOR NEGRO). ANÁLISIS UTILIZANDO PRUEBA DE DUNCAN, MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P <= 0.05$)

Emision foliar:

En la Figura 4.2 se muestra el desarrollo foliar a los siete días, durante nueve semanas de los tratamientos. El Cu(O) dosis alta (300g/ha) muestra significancia ($P \leq 5\%$) y dista de los más altos valores medios del Zn y Mn, así como del testigo convencional. De igual manera se muestra el Mn(O) con una media 0,72 en dosis media (200g/ha) y alta (300g/ha), mostro un incremento marcado con respecto a los demás tratamientos. Los tratamientos resultan tener un mejor incremento en la Emision foliar a comparación del testigo mostrando significancia estadística ($P \leq 5\%$), el testigo no muestra un desarrollo foliar.

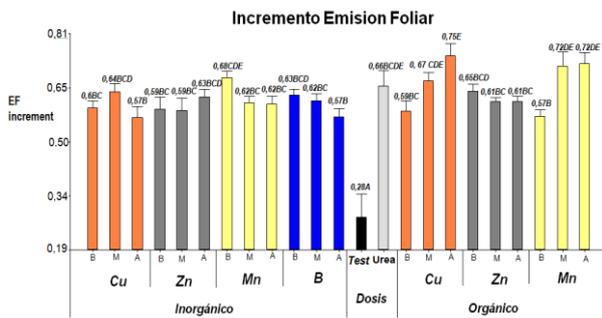


Figura 4.2 INCREMENTO EMISIÓN FOLIAR (ESCALA DE BRUN), PROMEDIOS DE NUEVE EVALUACIONES TOMADAS CADA SIETE DÍAS, PRODUCTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, CON DIFERENTES DOSIS A: ALTA M: MEDIA B: BAJA DE COBRE (BARRAS COLOR NARANJA), MANGANESO (COLOR AMARILLO), ZINC (COLOR GRIS), BORO (COLOR AZUL), CON TESTIGOS CONVENCIONAL (COLOR PLOMO) Y ABSOLUTO (COLOR NEGRO). ANÁLISIS UTILIZANDO PRUEBA DE DUNCAN, MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P <= 0,05$)

Clorofila:

En la Figura 4.3 se muestra los promedios obtenidos de las muestra de clorofila tomada en las hojas 1, 2, 3 y 4 de las plantas de banano, promediando la cantidad de clorofila en todos los tratamientos, siendo el Mn (O) en dosis alta (300 g/ha) y el Zn(O) dosis alta (500g/ha) los que muestran una diferenciación estadística del resto de tratamientos, mostrando una significancia ($P \leq 5\%$) similar entre ellos. Se observó que el Zn (I), Mn (I), B (I) en dosis medias y altas muestra significancia estadística en comparación con el testigo. Los valores inferiores, que representan grados de clorosis, fueron observados en las plantas con tratamiento absoluto (test)

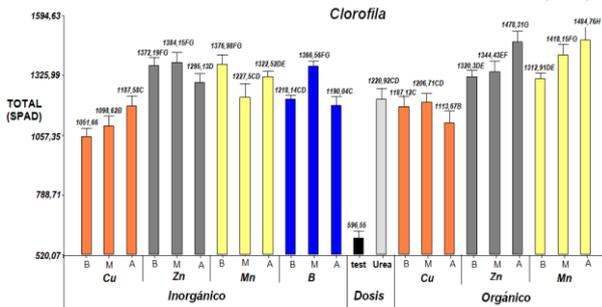


Figura 4.3 CLOROFILA (SPAD) DE HOJAS UNO, DOS, TRES, CUATRO DE LAS PLANTAS. PROMEDIOS DE NUEVE EVALUACIONES TOMADAS CADA SIETE DÍAS, PRODUCTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, CON DIFERENTES DOSIS A: ALTA M: MEDIA B: BAJA DE COBRE (BARRAS COLOR NARANJA), MANGANESO (COLOR AMARILLO), ZINC (COLOR GRIS), BORO (COLOR AZUL),

CON TESTIGOS CONVENCIONAL (COLOR PLOMO) Y ABSOLUTO (COLOR NEGRO). ANÁLISIS UTILIZANDO PRUEBA DE DUNCAN. MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P <= 0,05$)

Grosor en hoja:

En la Figura 4.4 muestra el parámetro de grosor de hoja, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, que la translocación en hojas de banano jóvenes fue mejor en dosis altas de Mn(O), Mn (I), Zn(O), Zn (I), B (I), a diferencia del testigo. Mostrando el Mn(O) en dosis media (200 g/ha), con valor medio de 0,28 significativo ($P \leq 5\%$) a diferencia de los demás tratamientos, demostrando ser el que mejor incremento en el grosor de la hoja que se mostró.

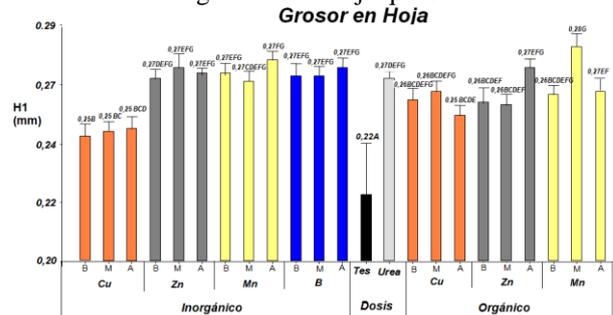


Figura 4.4 GROSOR HOJA UNO DE LAS PLANTAS (MM), PROMEDIOS DE NUEVE EVALUACIONES TOMADAS CADA SIETE DÍAS, PRODUCTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, CON DIFERENTES DOSIS A: ALTA M: MEDIA B: BAJA DE COBRE (BARRAS COLOR NARANJA), MANGANESO (COLOR AMARILLO), ZINC (COLOR GRIS), BORO (COLOR AZUL), CON TESTIGOS CONVENCIONAL (COLOR PLOMO) Y ABSOLUTO (COLOR NEGRO). ANÁLISIS UTILIZANDO PRUEBA DE DUNCAN, MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P <= 0,05$)

4.1.1 Efecto de Micronutrientes Parámetros sanitario luego de la inoculación de M. fijiensis.

Severidad:

En la Figura 4.6 la incidencia de la Sigatoka Negra en la hoja 3, muestra que la enfermedad no rebasa el nivel 3 (mancha regular o difusa a la luz, manchas marrones circulares en la superficie superior de la hoja, según escala de Alvarado [3] demostrando que los micronutrientes muestran un efecto de resistencia a la enfermedad [9]. La severidad se vio disminuida debido a la aplicación de los tratamientos, siendo el Zn (I) dosis alta (500g/ha) y el Mn (O) dosis baja (100 g/ha), los que muestran un resultado de resistencia del hongo y significancia estadística ($P \leq 0,05$) a diferencia de los demás tratamientos y de los testigos. El Cu(O) en dosis alta (300 g/ha) muestra un incremento de la enfermedad debido a que presentó toxicidad y esto detuvo el desarrollo de las plantas reduciendo su transpiración y fotosíntesis.

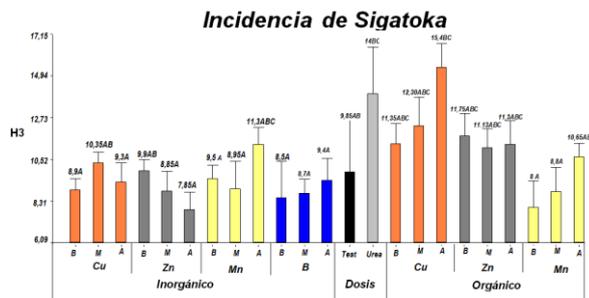


Figura 4.6 SEVERIDAD EN HOJA TRES CON RESPECTO A INCIDENCIA DE SIGATOKA NEGRA. PROMEDIOS DE NUEVE EVALUACIONES TOMADAS CADA SIETE DÍAS. PRODUCTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, CON DIFERENTES DOSIS A: ALTA M: MEDIA B: BAJA DE COBRE (BARRAS COLOR NARANJA), MANGANESO (COLOR AMARILLO), ZINC (COLOR GRIS), BORO (COLOR AZUL), CON TESTIGOS CONVENCIONAL (COLOR PLOMO) Y ABSOLUTO (COLOR NEGRO). ANÁLISIS UTILIZANDO PRUEBA DE DUNCAN, MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P < 0,05$)

En la Figura 4.7 observamos que en Zinc (I) dosis alta (500g/ha) existió diferencia en medias, pero con las demás dosis hubo diferencias significativas no muy marcadas. El Cu(I) dosis baja (100 g/ha), Zn(I) dosis alta (500g/ha), Mn(I) dosis media (200g/ha), Mn(O) dosis baja (100g/ha), B(I) dosis baja (150g/ha), son los que muestran un resultado en control de incidencia del hongo y significancia estadística a diferencia del tratamiento convencional, en este caso el testigo se desarrolló estrechamente poco y sus hojas no mostraron un mayor desarrollo luego de inoculación.

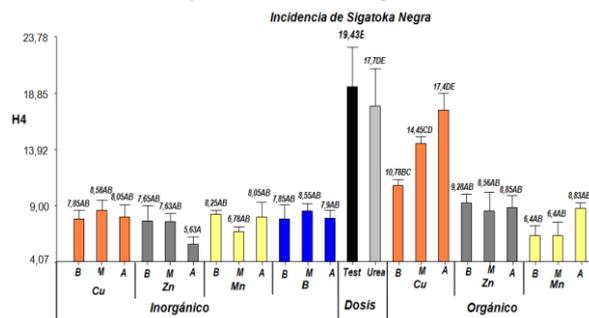


Figura 4.7 SEVERIDAD EN HOJA 4 CON RESPECTO A INCIDENCIA DE SIGATOKA NEGRA. PROMEDIOS DE NUEVE EVALUACIONES TOMADAS CADA SIETE DÍAS. PRODUCTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, CON DIFERENTES DOSIS A: ALTA M: MEDIA B: BAJA DE COBRE (BARRAS COLOR NARANJA), MANGANESO (COLOR AMARILLO), ZINC (COLOR GRIS), BORO (COLOR AZUL), CON TESTIGOS CONVENCIONAL (COLOR PLOMO) Y ABSOLUTO (COLOR NEGRO). ANÁLISIS UTILIZANDO PRUEBA DE DUNCAN, MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P < 0,05$)

Discusión

En estudios realizados por Duffy y Defago, [6]. en el cultivo de tomate se demostró que el Zinc y el Cobre EDTA disminuyeron los daños causados por *Fusarium oxysporum*, estos estudios ayudan a confirmar que la acción de estos micro elementos es válida también en banano ante la presencia del patógeno causante de la Sigatoka negra [9]. Según Ríos., Corella, F [17] comenta que entre los procesos metabólicos en que participa el Cu están: la fotosíntesis, respiración, regulación hormonal y metabolismo de compuestos secundarios. Según Mackay, D. C., Chipman, E.W., Gupta, U.C [14] Usado por la planta en reacciones de oxidación-reducción, esta sustancia se encuentra formando parte estructural

de la plastociana, proteína componente de la cadena de transporte de electrones en la fotosíntesis, EDROMA, E. L. [10] comenta que además se encuentra en una enzima clave para la formación de lignina, por lo que demostró un buen desarrollo agronómico en plantas de banano.

Según Brams, E. A., Fiskell, J. G. A [4] puede ocurrir fitotoxicidad con Cu si la solución a aplicar tiene un pH menor de 6,5, se ha demostrado que el cobre a más de 50 ppm es tóxico, Espinoza, L, lo comprueba en pruebas in vitro [9]. El cobre en altas cantidades reduce la absorción de Fe e impide la acumulación del mismo en los cloroplastos provocando una disminución en la producción de Clorofila, sin olvidar que no llegan nutrientes de la raíz a las hojas jóvenes, además su reacción con pectinas y proteínas desnaturalizadas combinándose con grupos fosfatos dentro de la raíz explica parcialmente el raquítico y degradado sistema radical [4]. Por lo cual las dosis altas del mismo demostraron una toxicidad, produjeron clorosis y se redujo cualquier proceso de transporte de nutrientes hacia las hojas jóvenes en las que la Sigatoka negra tiene su mayor efecto, es lo que nos permite corroborar los resultados de severidad que se muestran en la Hoja 3 y la hoja 4 del presente estudio en banano.

Según estudios hechos por Ruiz, García, Rivero y Romero, se observó que el Boro unido a fungicidas brinda un mecanismo adicional de tolerancia a la infección de patógenos [18]. Por otra parte Dixon, G. [8] comenta que se ha determinado que el boro reduce enfermedades causadas por *Plasmodiophora brassicae* en crucíferas; *Fusarium solani* en frejol; *Verticillium albo-atrum* en tomate; *Gaeumannomyces graminis* en algodón y *Marschner, H* en *Blumeria graminis* en trigo [15]. Gracias a sus estudios se puede corroborar los resultados obtenidos en los ensayos realizados en banano

Según Espinoza, L, en estudio de Monitoreo in vitro del potencial de cinco nutrientes (B, Mn, Zn, Cu, Si) sobre órganos de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet agente causal de la Sigatoka negra, se pudo conocer que los micronutrientes inhibieron el crecimiento del agente causal. [9].

Según Jiménez M, ha demostrado que ciertos microelementos como el silicio (Si), el zinc (Zn) y el boro (B), el manganeso (Mn) y el cobre (Cu) mejoran el crecimiento en las plantas de efecto invernadero en aplicaciones semanales, que las Aplicaciones regulares prevalecen sobre la concentración de los micronutrientes cuando se trata de la inhibición del crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis*. Sumado a esto, se observó que los micronutrientes aplicados estimulan el crecimiento de las plantas, hasta cierto punto produciendo un efecto sobre el patógeno

causante de la Sigatoka Negra y potencial para reducir el desarrollo de la enfermedad [12].

Según Yáñez, J., [20] se ha comprobado que un exceso de nitrógeno puede causar susceptibilidad a enfermedades como la Botrytis en fresa (*Fragaria sp.*) y tomate (*Lycopersicon esculentum*), la cual puede contrarrestarse con aplicaciones de micronutrientes, elementos que provoca el endurecimiento de los tejidos. Jiménez, M., [12] también comenta que los cultivos convencionales, se beneficiarían si se reciben menos de N, este nutriente estimula la Sigatoka negra, dejando en claro el por que el nitrógeno debe ser usado en dosis que no provoquen el incremento de la enfermedad.

LINDSAY, W. L dice que los nutrientes de poca movilidad como Zn, Mn, Fe, B, se distribuyen en la hoja por vía xilema, la movilidad dependerá del genotipo de la planta [16], Kishk y Hassan [13] habla que el cobre debe tener un pH óptimo para su mayor absorción en raíces y membranas celulares. Jiménez.M., [12], reafirma esto y explica que debido al pH esta determinada la movilidad de los nutrientes en la planta, dando evidencia sobre el efecto inhibitorio del pH y de algunos micronutrientes en contra de *M. fijiensis* Morelet bajo condiciones específicas en vivero.

5 Conclusiones y Recomendaciones.

5.1.1 Conclusiones

Los resultados de la presente investigación nos permiten concluir lo siguiente:

1. Las concentraciones de los elementos evaluados demostraron un efecto positivo como fuente nutritiva sobre el desarrollo agronómico en el material vegetal bajo las condiciones ensayadas.
2. El efecto de los productos de características orgánicas como inorgánica fue variable en todos los ensayos demostrando un efecto sobre la incidencia de la Sigatoka negra en las plántulas de banano.
3. El Zn y Mn en presentación orgánica e inorgánica mostraron los mejores resultados en todos los ensayos y su efecto fisiológico permitió que el hongo no se desarrolle en mayor magnitud, a diferencia de los demás micronutrientes que en igual forma mostraron inhibición a diferencia del control convencional.
4. Los productos estudiados mostraron una respuesta diferenciada en cada uno de los Parámetros Agronómicos en sus diferentes dosis, demostrando su vital importancia en los procesos fisiológicos en el banano y mostrando una notable mejora como control de Sigatoka negra en invernadero [12].

5.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda continuar con la realización de estos ensayos, a nivel de campo para evaluar la relación planta-patógeno ante la aplicación de estos productos y conocer sus efectos a través de parámetros agronómicos y fisiológicos.
- Deben realizarse ensayos con Cobre (I) con dosis menores a ppm para obtener una dosis más exacta que permita un control efectivo del hongo y evitar toxicidad.
- Realizar análisis foliares para medir la capacidad de absorción y translocación de los micronutrientes en las plantas.
- Realizar estudios en campo con el objetivo de evaluar programas de fertilización con diferentes niveles de microelementos, en materiales de Musáceas con diferente expresión a la Sigatoka negra.

6. Agradecimiento

Agradecimiento al Centro de Investigación de Biotecnología del Ecuador CIBE por el apoyo brindado para la realización del presente estudio.

7. Referencias

- [1] AEBE, (2005). AEBE. Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador. Base de datos estadísticos del 2005. <http://www.aebe.com.ec> (consultado, Abril 2007)
- [2] ALBION, "Minerals-Science-Chelates, Disponible en: <http://www.albionplantnutrition.com>. Visitado Octubre del 2009
- [3] Alvarado Y.,Leiva M.,Dita M.,Acosta M., Cruz M.,Portal N.,Gomez R.,Garcia L.,Bermudez I.,and Padrón J,2003 Early evaluation of black leaf streakresistance by using mycelial suspensions of *Mycosphaerella fijiensis* Jacome L., Lepoivre P., Marin D., Ortiz R., Romero R. and Escalant J.V. *Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and outlook*.Montpellier,France, INIBAP.
- [4] BRAMS, E. A., FISKELL, J. G. A.,1971. Copper accumulation in citrus rots and desorption with acid Soil Science Society of America Proceedings 35(5): 772-775.

- [5] Chang, J. 2000. Efectos de la dolarización en el costo de producción de banano en el Ecuador. ACORBAT – Ecuador. 6pp
- [6] CIBE, 2008. Centro de Investigación de Biotecnología del Ecuador, Laboratorio de Fitopatología, protocolo de Inoculación de *Mycosphaerella fijiensis* en el invernadero.
- [7] Duffy, B.; Défago, G. 1997. Zinc improves biocontrol of *Fusarium crown and root rot* of tomato by *Pseudomonas fluorescens* and represses the production of pathogen metabolites inhibitory to bacterial antibiotic biosynthesis. Disponible en: www.path.ethz.ch/docs/publications/90er/1997/1997/_duffy_1. Visitado el 15 de Agosto del 2007.
- [8] Dixon, G., 1996. Repression of morphogenesis of *Plasmodiophora brassicae* Wor. By boron-A review. *Acta Horticulturae*. 407, 393-401
- [9] Espinoza, L, 2007, “Monitoreo in vitro del potencial de cinco nutrientes (B, Mn, Zn, Cu, Si) sobre órganos de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet agente causal de la Sigatoka negra”, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción” ESPOL, p79-90.
- [10] EDROMA, E. L. 1974. Copper pollution in Rwenzori National Park, Uganda. *Journal of Applied Ecology* 11 (3): 103-105.
- [11] Fullerton R.A. y Olsen T.L. 1995, Pathogenetic Variability in *Mycosphaerella Fijensis* Morelet, cause Sigatoka in banana Plantain . *New Zealand Journal Crop Horticultural Science* 23, 39-48
- [12] Jiménez Ma. I. 2008 “Effect of the Nutrition Status of Banana (*MUSA* spp.) on Leaf Disease Infestation by *Mycosphaerella Fijensis* Morelet In Ecuador” Umiversiteit Leuven ,Departement Biosystemen, Ch.1 p14-28 28, Ch. 4 p77-88
- [13] KISHK, F. M. y HASSAN, M. N. ,1973. Sorption and desorption of copper by and from clay mineral. *Plant and Soil* 39: 497-505. .
- [14] MACKAY, D. C., CHIPMAN, E.W.GUPTA, U.C. 1966, Copper and molybdenum nutrition of crops grown on acid sphagnum peat soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 30: 755-759.
- [15] Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Second edition. London., UK. Mills, H.A. and J. Benton Jones, Jr. 1996. Analysis handbook II Micro-macro publishing, Inc. USA, p492.
- [16] LINDSAY, W. L. 1972, Inorganic phase equilibria of micronutrients in soil. In Mortvedt, J. J., et al, eds. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Wisconsin. Soil Science Society of America . pp 41-57.
- [17] Rios, R. & Corella, F. 1999. Manejo de la Nutrición y Fertilización del mango en Costa Rica. <http://www.mag.go.cr>
- [18] Ruiz J.; Garcia P.; Rivero R.; Romero L. 1999. Response of phenolic metabolism to the application of carbendazim plus boron in tobacco.
- [19] SICA, 2003. Servicio de información y censo agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Disponible en: <http://www.sica.gov.ec/cadenas/banano/docs/descripcion.htm>. Visitado el 26 de Agosto del 2007
- [20] Yáñez, J. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Efecto de los nutrientes sobre la calidad de los productos y la resistencia físico química de las plantas a plagas, enfermedades y al estrés ambiental. Buenavista-Salttillo-Coahuila. <http://www.uaaan.mx>

Dr. Efrén Santos O.,
 Director de Tesis
 Septiembre 7 del 2012