

Nota técnica

MANEJO DE LA PUDRICIÓN ACUOSA DEL PSEUDO-TALLO (*Dickeya* sp.) EN BANANO (*Musa* sp.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Joaquín Guillermo Ramírez^{1*}, Abraham Benjamid Jaraba*, Pablo Elías Buritica*

Palabras clave: Inductores de resistencia; Dióxido de Cloro; desarrollo de las plantas.

Keywords: Resistance inductors; Chlorine Dioxide; plant growth.

Recibido: 10/03/14

Aceptado: 12/08/14

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de 4 inductores de resistencia y 3 dosis de Dióxido de Cloro para el manejo de la pudrición acuosa del pseudo-tallo (*Dickeya* sp.) en banano. Los inductores de resistencia y sus dosis fueron Fosfito de Potasio: 1,5 cm³.l⁻¹; Ácido 3-Aminobutanoico: 1,0 g.l⁻¹; Metil Jasmonato: 0,2 g.l⁻¹; y Acibenzolar-S-Metil: 0,3 ml.l⁻¹. Todos aplicados vía foliar. Por su parte el Dióxido de Cloro se aplicó inyectado al pseudo-tallo, en dosis de 10, 20 y 30 mg.l⁻¹. Las variables evaluadas fueron: desarrollo de la enfermedad, biomasa total y cuantificación de la bacteria en los pseudo-tallos inoculados. Las aplicaciones de Dióxido de Cloro lograron una reducción de la enfermedad del 65,4; 91,99 y 61,5%, además de la inhibición en un 100% del patógeno, en las dosis de 30 y 50 mg.l⁻¹. Por su parte, el uso de los inductores de resistencia logró una reducción de hasta 60,6% de la enfermedad, pero este efecto no logró mejorar el desarrollo de las plantas.

ABSTRACT

Watery rot of pseudo-stem (*Dickeya* sp.) management in banana (*Musa* sp.) under greenhouse conditions. This crop has serious constraints with diseases, including those caused by bacteria, such as *Dickeya* sp. This research aimed to evaluate the effect of 4 resistance inductors and 3 doses in Chlorine Dioxide in handling watery rot of pseudo-stem (*Dickeya* sp.) in banana. Resistance inducers and their doses were Potassium Phosphite: 1.5 cm³.l⁻¹; 3-Aminobutanoic Acid: 1.0 g.l⁻¹; Methyl Jasmonate: 0.2 g.l⁻¹; S-Methyl-Acibenzolar: 0.3 ml.l⁻¹, all by foliar application, while Chlorine Dioxide was injected into the pseudo-stem, in doses of 10, 20 and 30 mg.l⁻¹. The evaluated variables were: development of the disease, total biomass and quantification of the bacterium in the inoculated pseudo-stems. Applications of Chlorine Dioxide achieved a reduction of disease by 65.4, 91.99 and 61.5%, in addition to an inhibition of 100% of the pathogen, using 30 and 50 mg.l⁻¹ doses. Meanwhile, the use of resistance inductors reduced up to 60.6% of the disease, but this effect failed to improve plant growth.

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: jgramireg@edu.co

* Universidad Nacional de Colombia- sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias-Departamento de Ciencias Agronómicas. Colombia.

INTRODUCCIÓN

En Colombia el banano (*Musa* sp.) es el frutal con mayor área cultivada, lo que da lugar a que su sistema productivo presenta un papel muy importante en el desarrollo rural del país (MADR 2005, AUGURA 2012). Las enfermedades en este cultivo son un factor limitante, como la pudrición acuosa del pseudo-tallo causada por la bacteria *Dickeya* sp., que reviste gran importancia dada su distribución en todas las regiones donde se cultivan musáceas (Belalcázar 1991, Snehalatharani y Khan 2010, Nagaraj et ál. 2012), además de los reportes que plantean que este patógeno puede causar pérdidas hasta del 90% (Edward et ál. 1973).

Dickeya sp., se caracteriza por la capacidad de degradar los órganos suculentos de sus hospederos y por sobrevivir largos periodos de tiempo en suelo y en desechos vegetales, lo cual genera infecciones latentes (Franco y Stefanova 2008, Snehalatharani y Khan 2010, CABI 2011). Este grupo ha tenido grandes cambios en su taxonomía, donde las especies que afectan el pseudo-tallo de banano y plátano se han agrupado o nombrado como *Dickeya chrysanthemi* (*Erwinia chrysanthemi*) y *Dickeya* sp. (*Pectobacterium chrysanthemi*) (Samson et ál. 2005, Li et ál. 2011).

Las medidas de manejo para este patógeno son escasas, hasta el momento las recomendaciones resaltan la necesidad de prevenir su infección, y cuando la planta está infectada, lo más adecuado es la erradicación (ICA 2012), aunque en algunas partes del mundo se ha logrado un reducido éxito con la aplicación de algunas estrategias de manejo (Nagaraj et ál. 2012). Dado el poco conocimiento de prácticas de manejo de *Dickeya* sp., el uso del Dióxido de Cloro es una alternativa que podría dar buenos resultados, el cual ha sido utilizado con éxito en la etapa de pos-cosecha en frutas y verduras pues logran eliminar parte de la carga bacteriana (Rodgers et ál. 2004), además evaluaciones preliminares in vitro y bajo condiciones de invernadero sugieren un efecto inhibitorio de este producto sobre *Ralstonia solanacearum* raza 2 en banano (Muñoz et ál. 2013). Por otro lado los inductores de resistencia son una excelente opción, ya que su acción se fundamenta en la

inducción de los mecanismos propios de resistencia en las plantas, que generan a su vez, un amplio espectro de manejo hacia distintos tipos de agentes causales (Walters et ál. 2010).

Con base en estos antecedentes este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de 4 inductores de resistencia y 3 dosis de Dióxido de Cloro para el manejo de la pudrición acuosa del pseudo-tallo (*Dickeya* sp.) en banano (*Musa* sp.) cultivar Williams (AAA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Este trabajo se realizó en el laboratorio de Fitotecnia Tropical e invernadero de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín (6°15'N, 75°35'W, 1495 msnm).

Material vegetal utilizado

Se utilizaron plántulas endurecidas de banano (*Musa* sp.) cultivar Williams (AAA) provenientes de cultivo in-vitro (Universidad Católica de Oriente ®). Las plantas se trasplantaron a macetas de 1,5 kg de capacidad, las cuales se llenaron de sustrato, compuesto de suelo, cascarilla de arroz y cuarzo (3:1:1), el cual previamente se esterilizó en autoclave (0,1 MPa y 121°C, por 2 ciclos de una hora cada uno). Las plantas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero (temperatura y humedad promedio de 25°C y 85%, además de humedad del suelo en un 50% de la máxima capacidad de retención y fertilizadas con solución nutritiva Hoagland). Cuando las plantas alcanzaron la edad de 3 meses se procedió a dar inicio al ensayo.

Aislamiento y caracterización morfológica, bioquímica y molecular del microorganismo

El patógeno utilizado se colectó de plantas de banano que presentaban pudrición acuosa del pseudo-tallo, retraso en el crecimiento y hojas con bordes amarillos. El tejido colectado en campo, se conservó en enveras de icopor hasta su procesamiento en laboratorio, donde se lavó con abundante agua del acueducto, se secó al aire y se

seccionaron en trozos de 1 cm³. Luego se introdujeron en cabina de flujo laminar estéril, en donde se esterilizaron superficialmente con etanol (70%) por 30 s, seguido de un lavado en agua destilada estéril por 30 s, posterior en hipoclorito de sodio al 3% por 30 s y por último lavado con agua destilada estéril por 30 s. Después de la esterilización superficial se cortaron trozos pequeños (0,5 mm³) y se sembraron en medio agar nutritivo (AN, Merck®), suplementado con 50 µg.l⁻¹ de benomil (Benoagro®), las cajas de Petri se incubaron a 28°C por 72 h, sometidas a 12 h de luz y 12 de oscuridad.

A partir de las cepas aisladas de tejido enfermo se seleccionaron aquellas colonias bien separadas, de color blanco cremosas, mucoides y de forma regular. Se obtuvo un total 10 cepas, las cuales se inocularon en plantas sanas siguiendo las indicaciones de Chadid et ál. (2013), para lo cual se partió de colonias puras cultivadas en medio AN (Merck®), las cuales se incrementaron en medio líquido (caldo nutritivo, Merck®), bajo constante agitación (150 rpm), durante 48 h a 25°C. En cada planta se realizó una punción al pseudo-tallo con una jeringa hipodérmica

(Dosificador Multi- LHAURA 5 ml), la cual contenía 0,5 ml de una solución bacteriana a una concentración aproximada de 10⁸ UFC.ml⁻¹, medida y calibrada previamente por espectrofotometría en celda de cuarzo a 640 nm. Con base en esta prueba se seleccionó la cepa que indujo la aparición más rápida de síntomas (código PSP9).

La cepa identificada como PSP9 fue caracterizada bioquímicamente, mediante la metodología reportada por Dickey y Victoria (1980) y Snehatharani y Khan (2010) (Cuadro 1). Para la caracterización molecular se tomaron 30 µg de tejido bacteriano obtenido en medio líquido, a partir del cual se realizó la extracción del DNA por medio del Kit comercial DNeasy Plant Mini (Qiagen, CA, USA), a partir de las instrucciones del fabricante. Posteriormente el ADN, obtenido se cuantificó en un Nanodrop. A partir de una concentración de 50 ng.µl⁻¹ de DNA se procedió a la amplificación de una región del 16S con los primeros generales PRBA 338f (5'-ACTCC-TACGGGAGGCAGCAG-3') y PRUN518 r (5'-ATTACCGCGGCTGCTGG-3') (Jensen et ál. 1993). La amplificación de PCR se realizó en un

Cuadro 1. Caracterización bioquímica del *Dickeya chrysanthemi* agente causal asociado a la pudrición acuosa del pseudo-tallo.

Prueba	Resultado	Prueba	Resultado
Crecimiento en A.N	+	Degradación de papa	+
Formación de huecos en CVP	+	Producción de acetoina	+
Crecimiento anaeróbico	+	Sensibilidad a la eritromicina > 10%	+
Crecimiento a 36-45°C	+	Sensibilidad a la eritrocina < 10%	-
Crecimiento a 3-6°C	-	Producción de gas a partir de glucosa	+
Forma en AN	pequeñas, alargadas e individual	Tolerancia al NaCl 5%-10%	++
Tinción de Gram	-	Reducción de sustancias a partir de glucosa	+
KOH al 3% (catalasa reacción)	+	Producción de ácido a partir de lactosa	+(retardado)
Tinción de esporas	-	Producción de ácido a partir de maltosa	+
Formación de capsula	-	Producción de ácido a partir de lactosa Trehalosa.	+
Tinción de flagelos (forma)	peritricoso	Licuefacción de la gelatina	-

Símbolo +: reacción a prueba positiva. Símbolo -: reacción a prueba es negativa.

termociclador T3 (Biometra, Göttingen, Alemania), al seguir las condiciones reportadas por Li et ál. (2011). Una vez definida la especificidad y tamaño de los productos amplificados se procedió a su purificación con el Kit QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen, CA, EEUU), según las instrucciones del fabricante, posteriormente se enviaron para secuenciación. Las secuencias obtenidas se alinearon mediante el programa Clustal W, se editaron mediante el software BioEdit 6.0.6 y Chromas 1.45, construyéndose secuencias consenso y confirmando su identidad por comparación con las bases de datos moleculares, mediante el programa BLAST.

Con base en la caracterización morfológica, bioquímica (Cuadro 1) y molecular se encontró que la cepa PSP9 correspondió a *Dickeya* sp., que mostró una homología del 95% con *Dickeya* sp. (*P. chrysanthemi*), accesión con código en el GenBanc ATCC 11663.

Tratamientos evaluados

Prueba de inhibición in vitro de Dióxido de Cloro sobre *Dickeya* sp.

La prueba en medio líquido se desarrolló en tubos falcón de 50 ml, a los cuales se les adicionó 15 ml de caldo nutritivo y se realizó la siembra de la bacteria con 10 μ l de una solución bacteriana que contenía una concentración aproximada de 1×10^5 UFC ml^{-1} , el crecimiento se

desarrolló en agitación a 150 rpm, 25-30°C y 12 h de luz y 12 de oscuridad. Por otra parte, para el medio sólido se utilizaron cajas Petri, cuya siembra y crecimiento se desarrolló bajo los parámetros anteriormente descritos, con excepción de la agitación. En cada tipo de medio se evaluaron 4 dosis de dióxido de cloro 0, 10, 30 y 50 mg.l^{-1} . Para analizar el efecto de las distintas dosis en el medio líquido la concentración bacteriana se midió por espectrofotometría (640 nm) a las 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30 y 36 h después de la siembra. En lo que respecta al medio sólido, el efecto de las distintas dosis se evaluó, mediante el análisis de las unidades formadoras de colonia (UFC), durante los 10 días siguientes al inicio del ensayo.

Pruebas de Dióxido de Cloro en plántulas de banano infectadas con *Dickeya* sp.

A partir de la evaluación de la inhibición in vitro (Figura 1), se seleccionaron 3 dosis de Dióxido de Cloro, las cuales fueron 10, 20 y 30 mg.l^{-1} . Estas concentraciones se aplicaron en un 1 μ l del producto en solución con agua destilada estéril en forma inyectada al pseudo-tallo con jeringa hipodérmica (Dosificador Multi-LHAURA 5 ml), procedimiento realizado, cuando las plantas presentaron estado 2 de desarrollo de la enfermedad según la escala de evaluación reportada por Chadid et ál. (2013), posterior a la respectiva inoculación según la metodología descrita anteriormente.

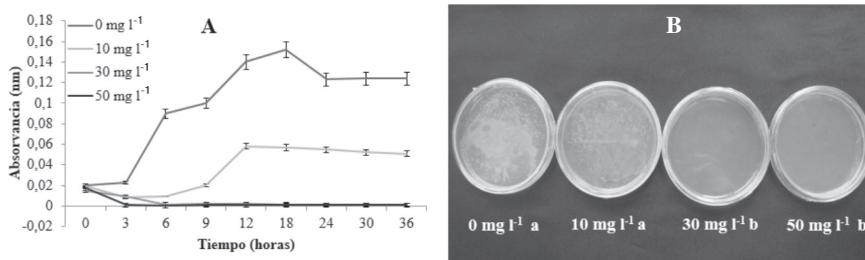


Fig. 1. Efecto de distintas dosis de Dióxido de Cloro sobre el crecimiento in vitro de *Dickeya* sp. A: medio líquido. B: medio sólido (B). La superposición de las barras y letras iguales significan que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$), según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Efecto de inductores de resistencia en plántulas de banano infectadas con *Dickeya* sp.

A partir de los trabajos desarrollados por Muñoz et ál. (2013), en los cuales se desarrollaron pruebas de fitotoxicidad de distintos inductores de resistencia en plántulas de banano cultivar Williams (AAA) y su evaluación sobre plántulas enfermas con *R. solanacearum*, los inductores de resistencia utilizados y sus dosis fueron: Fosfito de Potasio (FosK): 1,5 cm³.l⁻¹; Ácido 3-Aminobutanoico (Baba): 1,0 g.l⁻¹; Metil Jasmonato (Meja): 0,2 g.l⁻¹ y Acibenzolar-S-Metil (ASM): 0,3 ml.l⁻¹. Los productos fueron aplicados 24 h antes de la inoculación con la bacteria y la dosis se repitió a los 21 días después de iniciado el tratamiento. La aplicación se realizó vía foliar, con un volumen de 20 ml, el cual se asperjó uniformemente en todas las hojas mediante un aspersor de presión manual (0,03 MPa), con boquilla de tipo cono hueco y tamaño de gota de 50 μ .

Variables respuesta

Para cada uno de los experimentos cada 3 días y hasta un máximo de 45 días se determinó el desarrollo de la enfermedad, para lo cual se utilizó la escala reportada por Chadid et ál. (2013). Con los datos obtenidos se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) (Madden et ál. 2007) y su dinámica en el tiempo. Al final del experimento se evaluó la biomasa seca (secado en estufa a 60°C) y se cuantificó la presencia de *Dickeya* sp., en tejidos afectados mediante disección, re-aislamiento y cuantificación en medio sólido, a partir de las indicaciones descritas anteriormente.

Cuadro 2. UFC de *Dickeya* sp., in vitro y en plántulas de banano sometidas a distintas dosis de Dióxido de Cloro.

Tratamiento	NA	0 mg.l ⁻¹	10 mg.l ⁻¹	30 mg.l ⁻¹	50 mg.l ⁻¹
¹ UFC ml ⁻¹	NA	1* 10 ⁷ a	10* 10 ³ b	0 c	0 c
Tratamiento	C-	C+	10 mg.l ⁻¹	20 mg.l ⁻¹	30 mg.l ⁻¹
² UFC g tejido ⁻¹	0 c	1* 10 ⁶ a	100 b	0 c	0 c

NA: no aplica. ¹: prueba in vitro. ²: prueba en plántulas. C-: sin inocular. C+: inoculadas sin tratamiento. Letras iguales significan que no hay diferencias significativas (p>0,05), según la prueba de Tukey (p<0,05).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La unidad experimental estuvo constituida por una planta y se utilizaron 5 repeticiones por tratamiento. La homocedasticidad y normalidad de los datos fue analizada (p<0,05), con el uso de los ensayos de Levene y Kolmogorov-Smirnov respectivamente y posteriormente se realizó un análisis de varianza y una prueba de separación de medias, mediante la prueba Tukey con un nivel de significancia del 95%. Para cada ensayo se realizaron 2 repeticiones en el tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba de inhibición in vitro de Dióxido de Cloro sobre *Dickeya* sp.

Para las concentraciones 30 y 50 mg.l⁻¹ de Dióxido de Cloro, se presentó una inhibición total de *Dickeya* sp., en medio líquido (Figura 1), lo cual ocurrió a partir de las 3 y 6 h después de iniciado el tratamiento (hdt). Por su parte, el tratamiento 10 mg.l⁻¹ solo presentó un efecto de inhibición parcial en las primeras 6 hdt, ya que a partir de este momento se reactivó el crecimiento bacteriano. El anterior resultado se corroboró mediante el crecimiento en medio sólido, donde se encontró que para las dosis de 30 y 50 mg.l⁻¹ no hay crecimiento bacteriano alguno, por su parte, el tratamiento 10 mg.l⁻¹ redujo significativamente (p<0,05) el desarrollo de *Dickeya* sp., con respecto al control inoculado (C+), pero no lo suficiente para evitar su presencia (Figura 1B, Cuadro 2).

Estos resultados sugieren que el Dióxido de Cloro, presenta un efecto bactericida sobre *Dickeya* sp., dado que las colonias sembradas en medio de cultivo sin ninguna restricción, presentaron un crecimiento adecuado, hasta agotar todo el sustrato de crecimiento (15 hdit) (Figura 1A). La acción que presenta este producto, se da en las primeras etapas e indica que bajo determinadas dosis logra eliminar toda la población, pero si esta no es lo suficientemente letal da lugar a la reactivación del crecimiento. Al respecto Muñoz et ál. (2013) bajo condiciones similares de desarrollo del experimento, reportan un comportamiento similar de este ingrediente activo sobre la inhibición de *R. solanacearum*, aislada de banano.

Pruebas de Dióxido de Cloro en plántulas de banano infectadas con *Dickeya* sp.

El Dióxido de Cloro bajo las dosis de 10, 20 y 30 mg.l⁻¹ logró una reducción significativa ($p < 0,05$) de la expresión de *Dickeya* sp., en plántulas de banano, que da lugar a una disminución del ABCPE de 65,4; 91,99 y 61,5% respectivamente (Figura 2A). Resultado reflejado en la dinámica de la severidad de la enfermedad (Figura 2B), donde los tratamientos 20 y 30 mg.l⁻¹ a los 33 y 42 días después de iniciado el tratamiento (ddit), presentaron un valor 0 en la escala de evaluación, donde señala que a partir de ese momento la planta no presentaba síntomas de *Dickeya* sp., (Figura 2B) y la concentración bacteriana en el tejido vegetal se reduce a niveles inferiores con respecto al control inoculado (C+) (Cuadro 2).

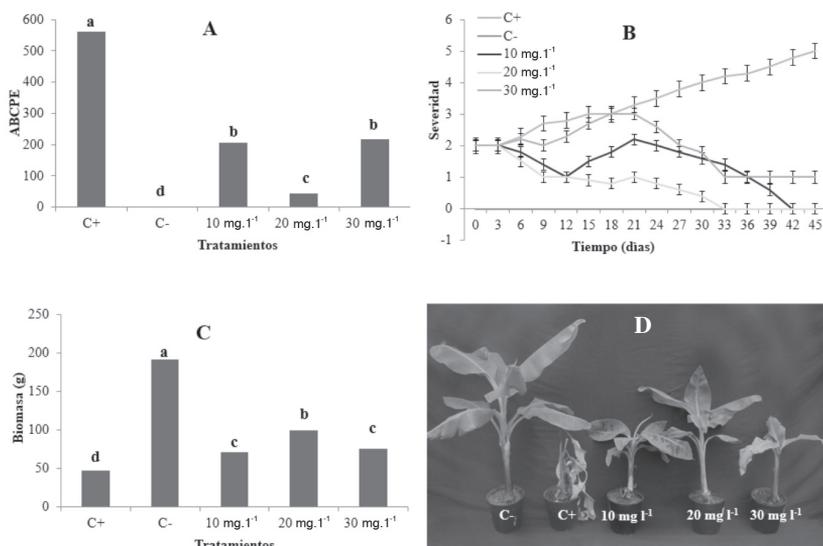


Fig. 2. Efecto del Dióxido de Cloro sobre el manejo de *Dickeya* sp., en plántulas de banano. C+: plantas inoculadas, C-: plantas sin inocular. A: área bajo la curva del progreso de la enfermedad. B: dinámica de la enfermedad en el tiempo. C: biomasa. D: aspectos visuales de las plantas de banano sometidas a distintos tratamientos. La superposición de las barras y letras iguales significan que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$), según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

La disminución de la enfermedad se relacionó directamente con un mejor desarrollo de las plantas, donde los tratamientos 10, 20 y 30 mg.l⁻¹, lograron el aumento de la biomasa en un 34; 52,8 y 38,1% con respecto a las plantas inoculadas (C+) (Figura 2C), lo cual se observa en la ausencia de

síntomas y un mayor vigor en las plántulas (Figura 2D). A partir de la comparación entre los tratamientos se puede determinar que la concentración de 20 mg.l⁻¹, fue la que mejor comportamiento presentó al ser la más sobresaliente ($p < 0,05$) en la reducción de la enfermedad y mejorar el

desarrollo de las plantas, con respecto a 10 y 30 mg.l⁻¹, en donde no se presentaron diferencias significativas entre ellos ($p>0,05$), pero sí con respecto al control inoculado (C+) (Figura 2A, B y C).

Estos resultados indican que el Dióxido de Cloro presenta un adecuado control de *Dickeya* sp., en plántulas de banano bajo condiciones de invernadero. Al respecto este ingrediente activo ha sido reportado como un excelente bactericida en etapas de pos-cosecha de frutas y hortalizas (Zhang y Faber 1996, Rodgers et ál. 2004). Por su parte Grech y Rijkenberg (1992) encontraron que al aplicar cloro generado electrolíticamente en el sistema de riego de cítricos se lograba disminuir los propágulos de *Phytophthora nicotianae* var., parasítica, *P. citrophthora*, *Fusarium* spp., algas y bacterias, además bajo condiciones de invernadero dosis de 200 y 500 µg.ml⁻¹ de este compuesto producía una reducción de *P. nicotianae* var., parasítica y en algunos casos su erradicación.

Con el fin de lograr un adecuado uso del Dióxido de Cloro en el manejo de problemas bacterianos en plantas, se hace necesario desarrollar

estudios de los mecanismos por los cuales este compuesto presenta inhibición, donde hasta el momento solo se conoce que presenta una acción directa sobre las bacterias, ya que su forma química puede pasar por las membranas de estos microorganismos y destruirlos (Junli et ál. 1997). Por otra parte, es importante conocer cuál es la interacción de este producto con la planta, ya que se considera que el Dióxido de Cloro, en su proceso de descomposición genera Cl⁻ que es la forma química que la planta asimila este elemento (Rodgers et ál. 2004), el cual en algunas especies vegetales se ha considerado fitotóxico (Watkins y Hammerschlag 1984).

Efecto de inductores de resistencia en plántulas de banano infectadas con *Dickeya* sp.

Los inductores de resistencia ASM, FosK, Meja y Baba, lograron una disminución significativa ($p<0,05$) del ABCPE, con respecto al control inoculado (C+), mientras la comparación entre ellos no arrojó diferencias ($p>0,05$) (Figura 3A).

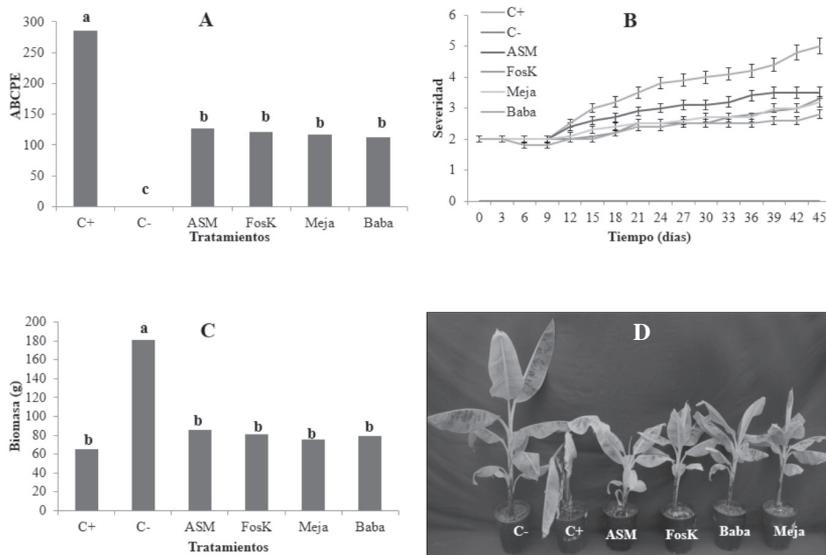


Fig. 3. Efecto de inductores de resistencia en el manejo de *Dickeya* sp. En plántulas de banano. C+: plantas inoculadas, C-: plantas sin inocular. Acibenzolar-S-Metil: ASM, Fosfito de Potasio: FosK, Metil Jasmonato: Meja, Ácido 3-Aminobutanoico: Baba. A: AUDPC. B: dinámica de la enfermedad en el tiempo. C: biomasa. D: aspectos visuales de las plantas de banano sometidas a distintos tratamientos. La superposición de las barras y letras iguales significan que no hay diferencias significativas ($p>0,05$), según la prueba de Tukey ($p<0,05$).

La reducción encontrada fue del 55,5; 57,4; 59 y 60,6% respectivamente. El anterior resultado concuerda con lo encontrado para la dinámica de la severidad en el tiempo, donde se observa que el control inoculado (C+) presentó un mayor desarrollo con tendencia creciente en el tiempo con respecto a los tratamientos en donde se utilizaron los 4 inductores, pero estos no fueron lo suficientemente efectivos para disminuir la enfermedad a niveles cercanos estadísticamente al control sin inocular (C-) (Figura 3B).

La disminución en el ABCPE y su dinámica en plantas inoculadas con *Dickeya* sp.,

bajo el efecto de los 4 inductores de resistencia (Figura 3A), no se vio reflejada en el aumento de la biomasa, dado que estos tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) con respecto a las plantas control inoculadas (C+) (Figura 3C). Además el aspecto visual de estas (Figura D), muestran síntomas asociados a la infección por *Dickeya* sp., como amarillamiento foliar, retraso en el crecimiento y pudrición del pseudo-tallo, lo cual coincide con una alta concentración bacteriana en los tejidos sintomáticos al final del experimento (Cuadro 3).

Cuadro 3. UFC de *Dickeya* sp., en tejido de banano sometidas a distintos inductores de resistencia.

Tratamiento	C-	C+	A.S.M	Baba	Fos K	Meja
² UFC g tejido ⁻¹	0 b	1,5* 10 ⁵ a	1,1* 10 ⁴ a	1* 10 ⁶ a	1,8* 10 ⁵ a	1* 10 ³ a

C-: sin inocular. C+: inoculadas sin tratamiento. Acibenzolar-S-Metil: ASM, Fosfito de Potasio: FosK, Metil Jasmonato: Meja, Ácido 3-Aminobutanoico: Baba. Letras iguales significan que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$), según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Bajo las condiciones desarrolladas en este trabajo, se observa un efecto limitado de los inductores de resistencia evaluados (ASM, FosK, Meja y Baba), en el manejo de *Dickeya* sp., en plántulas de banano, lo cual contrasta con lo reportado por Muñoz et ál. (2013), quienes reportan un potencial del Ácido 3-Aminobutanoico (Baba) y el Metil Jasmonato (Meja) en el control de *R. solanacearum*, ingredientes activos reportados con éxito en el manejo de otras enfermedades en las plantas (Olivieri et ál. 2009, Tzortzakís 2007). Por su parte el Acibenzolar-S-Metil (ASM), ha sido utilizado con efectos positivos en el manejo de bacterias fitopatógenas como de *R. solanacearum* (Raza 5) en tomate y berenjena al igual que *Xanthomonas vesicatoria* en tomate (Jason et ál. 2011, Silva et ál. 2003). Para el caso del Fosfito de Potasio (FosK), este se ha utilizado como alternativa de manejo de enfermedades causadas por oomicetos principalmente (Flores et ál. 2012, Daniel y Guest 2006).

En este trabajo se demostró que *Dickeya* sp., afecta drásticamente el desarrollo

de plántulas de banano bajo condiciones de invernadero, donde la biomasa puede verse disminuida hasta en un 245%, que demuestran la importancia de este patógeno, el cual puede aumentar si se presentan desequilibrios nutricionales especialmente en potasio y boro, además de factores predisponentes en el hospedero y que aumentan la severidad de la enfermedad, como los largos períodos de sequía alternados con fuertes lluvias (Belalcázar 1991, ICA 2012). Al respecto se considera que la ola invernal ha causado el aumento de la importancia de esta bacteria en Colombia en los cultivos de banano y plátano (ICA 2012). Esta situación plantea el reto de lograr un adecuado plan de manejo de esta enfermedad y así poder afrontar las consecuencias adversas de los escenarios futuros de clima en Colombia, donde se plantean la frecuencia cada vez menos espaciada de la ocurrencia del fenómeno ENSO, con aumentos en temperatura y precipitación (Ochoa y Poveda 2004).

El Dióxido de Cloro presenta resultados prometedores en el manejo de *Dickeya* sp., en banano, pero el uso de este producto plantea la necesidad de desarrollar todo un paquete tecnológico asociado, con el fin de garantizar un adecuado manejo sin causar efectos adversos sobre el ambiente, operarios, plantas y el consumidor. Por otra parte, la utilización de los inductores de resistencia no se debe descartar, es recomendable plantear investigaciones para analizar aspectos asociados a su funcionamiento con el fin de lograr identificar aquellos efectos que contribuyan con la disminución de la patología que afecta al cultivo de plátano y banano, ya que se considera que existen múltiples factores que pueden alterar su funcionamiento (Walters 2010). Es además importante que nuevas estrategias de manejo de *Dickeya* sp., se puedan integrar con otras herramientas como las reportadas por Nagaraj et ál. (2012), con el fin de identificar todo un plan integrado y así poder tener soluciones para el tratamiento de plantas enfermas y que la erradicación no sea el único mecanismo a utilizar.

LITERATURA CITADA

- AUGURA. 2012. Coyuntura Bananera. 2012. AUGURA. Consultado 12 de junio del 2013. Disponible en www.augura.com.co
- BELALCÁZAR S. 1991. El cultivo del plátano (*Musa* AAB. Simmonds) en el trópico. Manual de Asistencia Técnica N°. 50, ICA, Comité de Cafeteros de Colombia, CIID, INIBAP, Colombia. 376 p.
- CABI. 2011. Crop Protection Compendium. 7th Edition, Global module CAB International, UK. Consultado 12 enero 2014. Disponible en <http://www.cabi.org/cpc/>
- CHADID A.B., BURITICÁ P.E., MORALES J.G., RAMÍREZ J.G. 2013. Aspectos Básicos de la Enfermedad Pudrición Acuosa del pseudo-tallo *Dickeya chrysanthemi* en Banano (*Musa* sp.). II Congreso Latinoamericano y del Caribe de Plátanos y Bananos. Armenia, Colombia. MUSALAC, p 1.
- DANIEL R., GUEST D. 2006. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora*-challenged *Arabidopsis thaliana*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 67:194-201.
- DICKEY R.S., VICTORIA J.I. 1980. Taxonomy and emended description of stains of *Erwinia* isolated from *Musa paradisica* L. *International Journal of Systematic Bacteriology* 39:129-134.
- EDWARD J.C., TRIPATHI S.C., SINGH K.P. 1973. Observations on a "Tip-over" disease of banana in Allahabad. *Current Science* 42:696-697.
- FLORENCIA M., LOBATO M.C., FELDMAN M.L., DALEO G.R. ANDREU A.B. 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. *Journal of Plant Physiology* 169:1417-1424.
- FRANCO C., STEFANOVA N.M. 2008. Determinación de actividades cultivo de papa. *Protección Vegetal* 21(2):119-121.
- GRECH N.M., RIJKENBERG F.H. 1992. Injection of electrolytically generated chlorine into citrus microirrigation systems for the control of certain waterborne root pathogens. *Plant Disease* 76(5):457-461.
- ICA 2012. Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (*Musa* spp.). Medidas para la ola invernal. Instituto Colombiano Agropecuario. Consultado 20 de enero del 2014. Disponible en www.ica.gov.co
- JASON C., TIMUR M., PINGSHENG J., STEPHEN M., COLEE M., JONES J. 2011. Management of bacterial wilt in tomatoes with Thymol and Acibenzolar-S-Methyl. *Crop Protection* 30:1340-1345.
- JENSEN M.A., WEBSTER J.A., STRAUS N. 1993. Rapid identification of bacteria on the basis of polymerase chain reaction-amplified ribosomal DNA spacer polymorphisms. *Appl. Environ. Microbiol.* 59:945-952.
- JUNLI H., LI W., NENQI R., FANG M., LI J. 1997. Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. *Water Research* 31(3):607-613.
- LIP, LIN B., SHEN H., PU X. 2011. Species-specific detection of *Dickeya* sp. (*Pectobacterium chrysanthemi*) in infected banana tissues, soil and water. *African Journal of Biotechnology* 10(74):16774-16780.
- MADDEN L.V., HUGHES G., van DEN BOSCH F. 2007. *The Study of Plant Disease Epidemics*. APS Press. St. Paul, Brazil. 650 p.
- MADR (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL). 2005. Observatorio Agrocadenas Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Consultado 14 de diciembre del 2013. Disponible en www.minagricultura.gov.co
- MUÑOZ M., MORALES J.G., RAMÍREZ J.G. 2013. Dióxido de cloro e inductores de resistencia como alternativas de manejo del Moko (*R. solanacearum*) en Banano (*Musa* sp.). XXXI Congreso Colombiano de Fitopatología, Pereira Colombia. Ascolfi, p 21.
- NAGARAJ M.S., UMASHANKAR N., PALANNA K.B., KHAN A. 2012. Etiology and management of tip-over disease of banana by using biological agents.

- International Journal of Advanced Biological Research 2(3):483-486.
- OCHOA A., POVEDA G. 2004. Diagnostics of spatial distribution of climate change signals in Colombia. Geophysical Research Abstracts. Consultado 20 octubre del 2013. Disponible en <http://www.geophysical-research-abstracts.net>
- OLIVIERI F.P., LOBATO M.C., GONZÁLEZ E., DALEO G.R., HUARTE M., GUEVARA M.G. ANDREU A.B. 2009. BABA effects on the behaviour of potato cultivars infected by *Phytophthora infestans* and *Fusarium solani*. European Journal Plant Pathology 123:47-56.
- RODGERS S.L., CASH N.J., SIDDIQ M., RYSER E.T. 2004. A Comparison of diferent chemical sanitizers for inactivating *Echerichia coli* 0157H7 y *Listeria monocytogenes* in solution and in apple, lettuce, stawberries and cantaloupe. Journal of food protection 69(4):721-731.
- SAMSON R., LEGENDRE J.B., CHRISTEN R., FISCHER-LE SAUX M., ACHOUAK W., GARDAN L. 2005. Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et ál. 1953) Brenner et ál. 1973 and *Brenneria paradisiacato* the genus *Dickeya* gen. nov as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov and *Dickeya paradisiaca* comb. nov and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp nov., *Dickeya dianthicola* sp nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp nov and *Dickeya zea* sp nov. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 55:1415-1427.
- SNEHALATHARANI A., KHAN N.A. 2010. Biochemical and physiological characterisation of *Erwinia* species causing tip-over disease of banana. Archives Of Phytopathology And Plant Protection 43(11):1072-1080.
- SILVA L.H., RESENDE M.L., SOUZA R.M., CAMPOS-SILVA J.R., CASTRO A.S. 2003. Indução de resistência contra *Xanthomonas vesicatoria* em tomateiro por acibenzolar-S-metil. Summa Phytopathologica 29:177-181.
- TZORTZAKIS N.G. 2007. Methyl jasmonate-induced suppression of anthracnose rot in tomato fruit. Crop Protection 26:1507-1513.
- WALTERS D.R. 2010. Induced resistance: destined to remain on the sidelines of crop protection?. Phytoparasitica 38:1-4.
- WATKINS C.H., HAMMERSCHLAG R.S. 1984. The toxicity of chlorine to a common vascular aquatic plant. Water Research 18 (8):1037-1043.
- ZHANG S., FARBER J.M. 1996. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. Food Microbiology 13:311-321.