

EFFECTOS DEL SISTEMA DE MANEJO DE LAS SIGATOKAS Y LA FRECUENCIA DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (*Musa AAB*)

Manuel Aristizábal L.¹, Maria Luisa Orozco P.² y Milena Andrea Ostos A.³

¹Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Fitotecnia. E-mail: manuel.aristizabal@ucaldas.edu.co

²Programa Patología de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. E-mail: magro2702@yahoo.es

³Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, La Dorada. E-mail: milenaostos@colombia.com

Recibido: 13 de junio, 2006; aprobado: 2 de agosto, 2006

RESUMEN

Con el fin de conocer los efectos de la frecuencia de fertilización y del manejo de las Sigatokas negra y amarilla en plátano Dominico Hartón sobre la altura de la planta, el diámetro del pseudotallo, el número de hojas funcionales, la hoja más joven manchada y el peso del racimo, se realizó un experimento en la granja 'Montelindo' localizada en la región de Santágueda. En él se compararon los sistemas calendario y preaviso biológico de manejo de las sigatokas en combinación con dos frecuencias de fertilización con N y K (cada 2 y 3 meses) y un testigo absoluto, en un diseño experimental de parcelas divididas, con tres repeticiones. Ni el sistema de manejo de las sigatokas ni la interacción de este con la frecuencia de fertilización tuvieron efectos significativos sobre las variables de respuesta estudiadas. No hubo efecto estadístico diferencial entre las dos frecuencias de fertilización, pero sí de ellas con el control. El testigo fue más tardío para florecer y para ser cosechado que los tratamientos de frecuencia, pero a su vez demoró menos tiempo para llenar el racimo. En ambos sistemas de manejo de las sigatokas negra y amarilla, los mayores pesos del racimo, peso promedio del dedo y rendimiento, correspondieron a la frecuencia de tres meses, la cual, a su vez, produjo los ingresos netos más altos. El sistema de preaviso biológico, gracias a que implica menor número de aplicaciones y mayor rendimiento, sería el más recomendable para el manejo de ambas enfermedades.

Palabras clave: preaviso biológico, fases fenológicas, rendimiento.

ABSTRACT

EFFECTS OF SIGATOKAS MANAGEMENT SYSTEM AND FERTILIZATION FREQUENCY ON THE GROWTH AND PRODUCTION OF DOMINICO HARTÓN PLANTAIN (*Musa AAB*)

In order to know the effects of fertilization frequency and black and yellow Sigatokas management on plant height, as well as the pseudostem diameter, number of functional leaves, the youngest leaf spotted and cluster weight of the Dominico Harton plantain, an experiment was carried out at the 'Montelindo' farm located in the Santagueda region. The calendar and biological forecasting systems of sigatokas management were compared in combination with two frequencies of fertilization with N and K (every 2 and 3 months) and an absolute control, in a split-plot experimental design with three replications. Neither the management system of sigatokas nor its interaction with the fertilization frequency had significant effects on the response variables studied. There were not differential statistical effects between the two fertilization frequencies, but they differed from the control. The control took longer to flower and to be harvested in comparison to the frequency treatments, but at the same time its cluster filling was faster. In both Sigatokas management systems the highest cluster weight, average weight and yield did correspond to the 3 months frequency, creating a higher net yield. The biological forecasting, since it implies a fewer number of fungicide applications, would be the most advisable for the management of both diseases.

Key words: biological forecasting, phenological phases, yield.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se estima un área de 400.000 ha sembradas en plátano, de las cuales el 60% corresponde a la zona cafetera (Merchán, 1996), donde es un cultivo insustituible para la economía campesina como base de la alimentación y como fuente de recursos económicos; en el resto del país es importante, además, por el volumen de la producción, por la generación de fuentes de trabajo y por las posibilidades presentes y futuras para la apertura y consolidación de mercados internacionales.

En la producción de Musáceas en el mundo, las enfermedades conocidas como Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach) y Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), son los problemas fitopatológicos más limitantes. La Sigatoka negra se ha diseminado rápidamente en todas las áreas de cultivo de banano y plátano, y en la mayor parte de las tierras bajas del trópico húmedo ha desplazado rápidamente a la Sigatoka amarilla, aunque ésta continúa siendo importante. A pesar de la gran importancia económica de ambas enfermedades, es escasa la investigación para la zona cafetera acerca del manejo de las mismas (Merchán, 1996). La alta agresividad de la Sigatoka negra, en comparación con la Sigatoka amarilla, implica pérdidas significativas de rendimiento que pueden alcanzar hasta un 100% si no se implementan medidas de manejo. Otro efecto de la Sigatoka negra es el incremento de los costos de producción debido a la aplicación intensiva de fungicidas para su manejo; en América Central el número de aplicaciones puede llegar a ser de 40 al año, lo que es cuatro veces mayor que la cantidad de aplicaciones de fungicidas utilizadas para el manejo de la Sigatoka amarilla (Maciel *et al.*, 1998).

Aunque existen materiales mejorados con resistencia a las dos enfermedades, en la mayoría de las plantaciones el manejo químico es el predominante. A este respecto, los fungicidas sistémicos permiten obtener un efecto más eficaz contra la Sigatoka negra en las plantaciones comerciales, pero sus efectos sobre el medio ambiente son preocupantes. Aunque es posible reducir notablemente la frecuencia de los tratamientos si éstos se realizan en el marco de un sistema de predicción

de la enfermedad, las poblaciones de *M. fijiensis* y *M. musicola* han desarrollado resistencia a algunos productos sistémicos en el Caribe y América Central. La solución más apropiada a largo plazo es sin duda la resistencia genética, sobre todo para los pequeños productores que, por razones económicas, no pueden adquirir los productos químicos (Mourichon *et al.*, 1997).

Para el manejo de la Sigatoka negra se requieren aspersiones aéreas cada 2 semanas, especialmente en épocas de lluvia. En el departamento del Quindío se tienen reportes de 22 aspersiones año⁻¹ con fungicidas protectantes o de 6-8 con fungicidas sistémicos (Merchán, 1996). En plantaciones comerciales el manejo de la Sigatoka negra es altamente dependiente del uso de fungicidas, el cual es complementado con prácticas de cultivo como el deshoje, despunte fitosanitario, manejo de malezas y fertilización, para reducir fuentes de inóculo y evitar condiciones favorables para el desarrollo del agente causante (Marín & Romero, 1992).

Las dificultades ligadas al manejo químico de las Sigatokas se hacen mayores cuando los patógenos desarrollan resistencia a los principales fungicidas empleados para su manejo, particularmente a los sistémicos; razón por la cual se plantea la posibilidad de integrar diferentes prácticas de manejo como el deshoje y fertilización, con un sistema de preaviso biológico que permita aplicar productos químicos sólo cuando se requiera.

Para obtener un resultado favorable en el manejo de las Sigatokas amarilla y negra en plátano Dominic Hartón, es necesario evaluar el estado sanitario del cultivo y definir la incidencia y severidad de ambas enfermedades, parámetros que se estiman deficientemente. Un programa eficiente de manejo de las Sigatokas debe contemplar: métodos de detección de ambas Sigatokas, análisis epidemiológicos, toma de decisiones y sistemas eficientes de aspersión de fungicidas (Mayorga, 2001). Estos últimos involucran los sistemas de preaviso biológico y bioclimáticos.

La técnica de 'preaviso' fue desarrollada en Costa Rica para banano, con el propósito de permitir el manejo

de la Sigatoka negra en forma más sostenible ambiental y económicamente. Existen varias técnicas de preaviso que han sido modificadas o ajustadas, especialmente para plátano, según el sistema de producción, el tipo de productor y el destino de la producción (Aranzazu *et al.*, 2000).

Los objetivos del presente estudio fueron: (1) determinar si el preaviso biológico es una estrategia económicamente válida para el manejo de las Sigatokas en la región Santágueda, y (2) establecer el efecto de la frecuencia de fertilización sobre las Sigatokas y el crecimiento y producción de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la granja Montelindo, ubicada en la región Santágueda (Palestina, Caldas), a 5° 05'N y 75° 40'W, a 1.010 msnm, con temperatura media de 23.5°C, precipitación anual de 2.000 mm, humedad relativa media del 71% y brillo solar anual de 1.770 h, con suelos franco arenosos, de origen volcánico, de la clase Typic Dystrandept.

Como material de siembra se emplearon agujas recortadas de la cultivariedad Dominico Hartón (aproximadamente 500 g de peso), con distancia de siembra de 3 x 2 m entre surcos y plantas, respectivamente. Para la siembra se emplearon hoyos de 40 x 30 cm de profundidad y diámetro, respectivamente. Al fondo del hoyo y antes de la siembra, se aplicaron 100 g de cal Dolomita, 10 g de óxido magnesio, 3 g de Bórax y 5 g de Carbofuran (Furadán 5G).

Preaviso biológico vs. aplicaciones calendario

Con una aspersora motorizada de espalda marca Efcó AT 2080 y capacidad de 12 L con boquilla de cono a bajo volumen (60 L de mezcla ha⁻¹), se aplicaron propiconazole (preventivo curativo y erradicante) (400 mL ha⁻¹) y/o clorotalonil (protectante) (1.0 Kg ha⁻¹).

Se emplearon dos tratamientos: 1) aplicación calendario de Mancozeb cada 14 días en épocas lluviosas y cada 30 días en épocas secas, y 2) aplicación de acuerdo con el preaviso biológico modificado, el cual consistió en ordenar la aplicación de fungicidas cuando la suma total del nivel de infección de la hoja Nro. 4 (NIH4) en 10 plantas, superaba en 200 puntos la lectura anterior.

En el sistema calendario la primera aplicación se efectuó cuando en la hoja Nro. 4 las enfermedades se encontraban en el estado de mancha grado 4 (manchas ovales de color café en el envés y negro en la haz). La primera aplicación con base en el preaviso se realizó cuando la primera lectura en la evolución de las enfermedades sobrepasó los 200 puntos, lo cual ocurrió en el tercer mes después de la siembra. En etapas tempranas, las enfermedades se manejaron sólo con deshoje y despunte. Para los dos criterios de aplicación (calendario y preaviso biológico) se registró el número de aplicaciones realizadas durante el primer ciclo del cultivo.

Frecuencia de aplicación de fertilizantes

Se emplearon dos frecuencias de aplicación: cada 2 y 3 meses, a partir de la fecha de siembra. La dosis total por hectárea-año fue de 300 kg de N y 600 kg de K₂O, y se emplearon como fuentes para dichos elementos el nitrato de amonio y el cloruro de potasio, respectivamente. De esta forma, en la primera frecuencia (cada 2 meses) se aplicaron 50 kg ha⁻¹ de N y 100 kg ha⁻¹ de K₂O, y en la segunda frecuencia (cada 3 meses) se aplicaron 75 kg ha⁻¹ de N y 150 kg ha⁻¹ de K₂O. Las plantas testigo solamente recibieron el manejo inicial al momento de la siembra, sin aplicaciones posteriores de fertilizantes. Las aplicaciones de fertilizantes se realizaron en corona, alrededor de la base de la planta. En cada época de aplicación, cada planta recibió la cantidad de fertilizante correspondiente a una densidad de 1.666 plantas ha⁻¹.

Para la distribución de los tratamientos se empleó un diseño experimental de parcelas divididas, con la siguiente distribución: en las parcelas principales se ubicaron los tratamientos para el manejo de las

Sigatokas y en las sub-parcelas se distribuyeron al azar los tratamientos para la frecuencia de la aplicación de fertilizantes.

Las variables de respuesta que se evaluaron fueron, en floración: número de hojas funcionales por planta (NHF), hoja más joven manchada (HMJM), altura de la planta (AP) y diámetro del pseudotallo (DP); en cosecha: peso del racimo (PR) y peso promedio del dedo (PPD). También se hicieron registros del número de semanas a floración (SaF), semanas a cosecha (SaC) y semanas de floración a cosecha (SFC). Con los datos de PR se calculó el rendimiento por hectárea (RNTO).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos de frecuencia de fertilización para NHF, HMJM, PR, PPD y RNTO. Los tratamientos sobre manejo de las Sigatokas y la interacción entre estos y los tratamientos de frecuencia de fertilización no presentaron significancia estadística; esto significa, en el primer caso, que las distintas variables estudiadas tuvieron comportamientos similares en los dos criterios de manejo de las enfermedades y, en el segundo, que el efecto del criterio de manejo de ellas fue similar para las distintas variables evaluadas a través de los tratamientos de frecuencia de fertilización (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de los análisis de varianza para los efectos del tipo de manejo de las Sigatokas negra y amarilla, la frecuencia de fertilización y su interacción.

Fuente de variación	G. L	Cuadrados medios						
		AP ¹	DP	NHF	HMJM	PR	PPD	RNTO
Manejo (M)	1	0.05	0.96	0.5	0.89	3.13	159	8.7
Frecuencia (F)	2	0.02	0.56	2.4	17.8**	36.3**	14**	100.7
M * F	2	0.01	0.57	0.004	0.26	2.2	1101	6.2
Error	66	0.03	1.1	0.46	0.57	4.1	2.077	11.4

1/AP: Altura de la planta; DP: Diámetro del pseudotallo; NHF: Número de hojas funcionales; HMJM: Hoja más joven manchada; PR: Peso del racimo; PPD: Peso promedio del dedo; RNTO: Rendimiento.

2/ **: Denota diferencias altamente significativas según la prueba de Fisher.

Crecimiento, Sigatokas y producción

La AP y el DP, como criterios de crecimiento de la planta, en cada uno de los sistemas de manejo de las Sigatokas negra y amarilla presentaron valores similares que, en el primer caso, estuvieron por debajo de los 3.5 m y, en el segundo, por debajo de los 20 cm. Estos valores son similares a los reportados por Aristizábal y Herrera (2003) en la misma cultivariedad y en la misma zona de estudio. Así mismo, dichos valores encajan en los rangos establecidos por Belalcázar *et al.* (1994) para el plátano Dominico Hartón en la zona cafetera central.

El NHF al momento de la floración fue ligeramente menor en las plantas testigo que en las correspondientes

a los tratamientos de frecuencia de fertilización, en ambos criterios de manejo de las Sigatokas negra y amarilla (Tabla 2). Dichos valores son superiores a los reportados por Herrera y Aristizábal (2003) en la misma zona de estudio. El NHF en floración es considerado por Álvarez (1997) un índice de la susceptibilidad de la planta a las enfermedades; sin embargo, dicha apreciación es relativa porque la presión de inóculo y la ocurrencia de condiciones climáticas apropiadas son factores determinantes para la severidad de las Sigatokas. En el híbrido de plátano FHIA-20, reconocido por Álvarez (1997) como resistente a la Sigatoka negra, Herrera y Aristizábal (2003) reportan la presencia de 12 hojas funcionales en floración. En todo caso, dicho parámetro es de gran importancia para el llenado del racimo, pues según Martínez (1984)

se requiere un mínimo de ocho hojas funcionales para producir un racimo de valor comercial.

La HMJM, entendida como un índice de la severidad de ambas Sigatokas (Gauhl *et al.*, 1995), tuvo valores más bajos en las plantas testigo que en las correspondientes a los tratamientos de frecuencia de fertilización en ambos criterios de manejo de las enfermedades. En preaviso biológico y en la frecuencia de 2 meses se alcanzó el valor más alto para dicho parámetro, lo cual permite inferir que con dicha combinación de tratamientos se restringe el avance de las enfermedades y, en consecuencia, la planta tiene mayor área foliar disponible para el llenado del racimo.

A este respecto, cabe anotar que Álvarez (1997) estableció una correlación positiva entre el NHF en floración y PR, criterio que igualmente podría aplicarse a la asociación entre HMJM y PR. Aristizábal *et al.* (1991) concluyeron que la incidencia y la severidad de la Sigatoka amarilla en plátano Dominic Hartón pueden reducirse mediante la aplicación de programas adecuados de fertilización, ya que encontraron que el número de la HMJM fue más alto y el índice de severidad más bajo en las plantas que recibieron dosis altas de K en combinación con dosis medias o altas de N. En el presente estudio, el número de la HMJM fue menor en las plantas testigo que en los tratamientos de frecuencia de fertilización. De esta manera se confirma la apreciación de Usherwood (1980) en el sentido de que una fertilización balanceada, en nuestro caso a base de N y K, puede reducir la susceptibilidad de las plantas al ataque de las Sigatokas negra y amarilla.

Gómez y Castaño (2000), por ejemplo, en trabajos con plátano África en la región Santágueda, encontraron que las Sigatokas negra y amarilla afectaron con mayor severidad las plantas que no recibieron un plan de fertilización óptimo, y concluyeron que el manejo nutricional logró satisfacer los requerimientos potenciales del cultivo para reducir los factores que, como una nutrición deficiente, podrían resultar predisponentes a las Sigatokas en el plátano África.

El PR presentó los valores más bajos en las plantas control en ambos sistemas de manejo de las

enfermedades. No se presentaron diferencias notables en dicho parámetro entre las frecuencias de fertilización en cada criterio de manejo de las enfermedades. En preaviso biológico, el PR en las plantas testigo fue 15 y 17% menor que el de los racimos obtenidos en las frecuencias de 2 y 3 meses, respectivamente; en calendario, los valores correspondientes fueron 8 y 12% (Tabla 2), lo cual evidencia el efecto de la frecuencia de fertilización sobre el tamaño del racimo. Dichos valores, sin embargo, son inferiores a los reportados por Aristizábal y Herrera (2003) en la misma zona de estudio, lo cual se debe probablemente a diferencias en las condiciones ambientales predominantes y, más especialmente, en el manejo agronómico del cultivo.

El PPD tuvo un comportamiento similar a través de los tratamientos de fertilización en cada sistema de manejo de las Sigatokas; en ambos casos los valores más bajos correspondieron a las plantas control y los más altos a la frecuencia de 3 meses (Tabla 2). En el sistema de preaviso biológico, el PPD de la frecuencia de 3 meses superó en un 9% al PPD del control, mientras que en el sistema calendario la diferencia fue del 14%. Los valores correspondientes para la frecuencia de 2 meses fueron del 6 y 13%. No obstante, los valores obtenidos en todos los tratamientos superan el límite inferior del rango correspondiente al plátano de primera calidad (Peláez *et al.*, 1995).

El rendimiento del cultivo, calculado sobre la base de 1.666 plantas ha⁻¹, tuvo los valores más bajos y similares entre sí en las plantas testigo en ambos sistemas de manejo de las enfermedades que los obtenidos con los tratamientos de frecuencia de fertilización. En el sistema de preaviso biológico y con la frecuencia de 2 meses se obtuvieron 4.0 ton ha⁻¹ más que en el control; la diferencia con la frecuencia de 3 meses fue de 4.5 ton ha⁻¹. En el sistema calendario el rendimiento en la frecuencia de 3 meses fue 3.2 ton ha⁻¹ mayor que en el control, mientras que en la frecuencia de 2 meses dicha diferencia fue de 2.0 ton ha⁻¹. El rendimiento más alto se obtuvo con la frecuencia de 3 meses en el sistema de preaviso biológico; en este sistema, además, el rendimiento en la frecuencia de 3 meses también fue mayor al obtenido en el sistema calendario (Tabla 2).

Tabla 2. Efectos de la interacción entre el sistema de manejo de Sigatokas y la frecuencia de fertilización sobre el crecimiento y producción de la planta y la severidad de las Sigatokas negra y amarilla.

Manejo de Sigatokas	Frecuencia (meses)	AP (m)	DP (cm)	NHF	HMJM	PR (kg)	PPD (g)	RNTO kg ha ⁻¹
Preaviso	Control	3.4	17.9	10	8	15.7	363	26.2
	2	3.3	17.4	11	10	18.1	386	30.2
	3	3.4	18.0	11	9	18.4	398	30.7
Calendario	Control	3.3	17.6	10	8	15.9	344	26.5
	2	3.3	17.5	11	9	17.1	393	28.5
	3	3.4	17.5	11	9	17.8	401	29.7

1/AP: Altura de la planta; DP: Diámetro del pseudotallo; NHF: Número de hojas funcionales; HMJM: Hoja más joven manchada; PR: Peso del racimo; PPD: Peso promedio del dedo; RNTO: Rendimiento.

Sistemas de manejo de las Sigatokas negra y amarilla

Como se indicó previamente, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los dos sistemas de manejo de las enfermedades, para las distintas variables estudiadas. Esto sugiere que el sistema de manejo de las Sigatokas negra y amarilla no tiene mayor influencia en el crecimiento y producción de la planta, así como en el desarrollo de las enfermedades en términos de la HMJM. Los valores de NHF en floración fueron superiores a los reportados por Aranzazu *et al.* (2003), que en preaviso biológico obtuvieron plantas con siete hojas funcionales, lo cual puede deberse a diferencias en las condiciones climáticas y en la severidad de las enfermedades. Esto significa que las aplicaciones de fungicidas con base en el preaviso biológico son suficientes para contrarrestar el avance de ambas Sigatokas, de modo que en floración las plantas tengan al menos 10 hojas funcionales para garantizar el llenado del racimo, tal como lo sugiere Martínez (1984). Más aún, en este sistema el rendimiento promedio fue 700 kg ha⁻¹ mayor que en el sistema calendario, diferencia que se debe a que el PR y el PPD fueron mayores en el sistema de preaviso biológico (Tabla 3). Comparando las técnicas de deshoje fitosanitario y el preaviso biológico, Aranzazu *et al.* (2003) reportaron pesos del racimo de 13.2 y 14.9 kg, respectivamente; valores estos inferiores a los obtenidos en el presente estudio.

En el sistema de preaviso biológico se realizaron 12 aplicaciones, mientras que en sistema calendario el número de aplicaciones fue de 25, diferencia que muestra las ventajas que, desde el punto de vista de la contaminación ambiental y de los costos de producción, se derivan de un sistema de manejo de las enfermedades basado en la dinámica de las mismas, que otro basado en aplicaciones cronológicas. A este respecto, Aranzazu *et al.* (2002) consideran que las técnicas de preaviso biológico tienen como finalidad efectuar un manejo más racional de las Sigatokas determinando el momento más oportuno para ordenar la aplicación de fungicidas y así alcanzar la máxima efectividad. Según Aranzazu *et al.* (2003), un manejo integrado que combine el deshoje fitosanitario y el manejo químico racional, tomando como criterio el preaviso biológico, se convierte en una herramienta fundamental para alcanzar eficiencia en el manejo de los niveles de infección de las Sigatokas negra y amarilla.

Tabla 3. Efecto del sistema de manejo de Sigatokas sobre el crecimiento y producción de la planta y la severidad de las Sigatokas negra y amarilla (promedios a través de los tratamientos de fertilización).

Manejo de Sigatokas	AP (m)	DP (cm)	NHF	HMJM	PR (kg)	PPD (g)	RNTO kg ha ⁻¹
Preaviso	3.4	17.8	10	9	17.4	382	29.0
Calendario	3.4	17.5	10	9	16.9	380	28.2

1/AP: Altura de la planta; DP: Diámetro del pseudotallo; NHF: Número de hojas funcionales; HMJM: Hoja más joven manchada; PR: Peso del racimo; PPD: Peso promedio del dedo; RNTO: Rendimiento.

Frecuencias de fertilización

En comparación con las plantas control, el crecimiento de la planta en términos de AP y DP fue similar (Tabla 4) y los valores obtenidos encajan en los rangos establecidos para dichos parámetros por Belalcázar *et al.* (1994) para el plátano Dominicano Hartón en la zona cafetera central.

El NHF en floración fue significativamente inferior en las plantas testigo que en las dos frecuencias de fertilización (Tabla 4); sin embargo, en los tres casos los valores obtenidos superan el límite fijado por Martínez (1984) para obtener un racimo de tamaño comercial. Un comportamiento similar al de NHF se observó con la HMJM, aunque, como es de esperarse, los valores fueron más bajos (Tabla 4). Cabe anotar que tanto para el control como para los tratamientos de frecuencia de fertilización, los valores de HMJM estuvieron por encima del valor de línea crítica establecido por Aranzazu *et al.* (2000), que para mercados especializados en canastilla debe situarse en la hoja Nro. 7. Según Aranzazu *et al.* (2002), la línea crítica corresponde a la hoja más joven manchada que un agricultor decide mantener en su finca para obtener una calidad de racimo determinada.

El PR, el PPD y el RNTO presentaron los valores más bajos en las plantas testigo y los más altos en las que fueron fertilizadas cada 3 meses. En las plantas que fueron fertilizadas cada 2 meses el PR fue un 10.2% mayor que en el control, mientras que en las que fueron fertilizadas cada 3 meses la diferencia porcentual con el

control fue de 12.7%. El rendimiento en la frecuencia de 2 meses fue 3 ton ha⁻¹ mayor que en el control, mientras que en la frecuencia de 3 meses la diferencia fue de 3.9 ton ha⁻¹; de hecho, la diferencia en rendimiento entre las dos frecuencias de fertilización fue de 0.9 ton ha⁻¹ a favor de la frecuencia menor (Tabla 4).

Nambiar *et al.* (1979), en estudios sobre respuestas del plátano a aplicaciones de N, P y K, encontraron que el mayor peso de los racimos se lograba con la aplicación repartida en dos épocas a los 30 y 150 días después de la siembra. Por su parte, Echeverri y García (1976) no encontraron influencia del fraccionamiento del fertilizante completo (12-6-22) en dos o cuatro aplicaciones por año. Obiefuna *et al.* (1981) establecieron que para los dos primeros ciclos de producción de plátano, la aplicación de 200 g de N por planta año repartida en ocho dosis, el rendimiento y el número de frutos por racimo fueron superiores a los obtenidos con otras cantidades de N aplicado.

También encontraron que las plantas que no recibieron N, como en este estudio, florecieron más tarde y dieron menor rendimiento. De otra parte, Obiefuna (1984) estableció que las plantas de plátano que eran fertilizadas a los 2 meses a partir de la siembra eran superiores en crecimiento, maduraban más rápido y producían racimos de mayor peso en comparación con las que recibían la primera aplicación a los 6 meses después de la siembra.

Tabla 4. Efecto de la frecuencia de fertilización sobre el crecimiento y producción de la planta (promedios a través de los sistemas de manejo de la enfermedad).

Frecuencia de fertilización	AP ¹ (m)	DP (cm)	NHF	HMJM	PR (kg)	PPD (g)	RNTO (Ton ha ⁻¹)
Control	3.4	17.7	10b ²	8b	15.8b	354b	26.3b
2 meses	3.2	17.5	11a	9a	17.6a	390a	29.3 ^a
3 meses	3.4	17.7	11a	9a	18.1a	399a	30.2 ^a

1/AP: Altura de la planta; DP: Diámetro del pseudotallo; NHF: Número de hojas funcionales; HMJM: Hoja más joven manchada; PR: Peso del racimo; PPD: Peso promedio del dedo; RNTO: Rendimiento.

2/ Promedios en cada columna acompañados de letras distintas denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey.

Efectos sobre la fenología del cultivo

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el efecto de la frecuencia de fertilización para las semanas de floración a cosecha (SFC) y altamente significativas para las semanas de siembra a floración (SaF) y semanas a cosecha (SaC). El sistema de manejo de las Sigatokas negra y amarilla y la interacción de este con la frecuencia de fertilización no indicó efectos significativos (Tabla 5).

En ambos sistemas de manejo de las Sigatokas las plantas testigo fueron más tardías para florecer y para ser cosechadas. En el sistema de preaviso biológico, el testigo tardó un 15.4% más del tiempo requerido por los tratamientos de fertilización para florecer, mientras que en el sistema calendario dicho valor fue del 12.8%. Para la cosecha de los racimos en el sistema de preaviso biológico, las plantas control tardaron 5 y 6 semanas más que las frecuencias de 2 y 3 meses, respectivamente; en el sistema calendario los valores correspondientes fueron 5 y 4 semanas (Tabla 6).

Tabla 5. Resultados de los análisis de varianza para los efectos sobre el tiempo a floración y cosecha y su interacción.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio		
		SaF ¹	SaC	SFC
Manejo(M)	1	4.5	0.347	0.06
Frecuencia (F)	2	176**	302.2**	12.1*
C * F	2	454	4.8	7.1
Error	66	10.9	8.1	2.63

1/ SaF: Semanas a floración; SaC: Semanas a cosecha; SFC: Semanas de floración a cosecha.

* Denota diferencias significativas según la prueba de Fisher.

** Denota diferencias altamente significativas según la prueba de Fisher.

Por el contrario, las SFC (tiempo de llenado del racimo) fueron más cortas en las plantas control que en los tratamientos de frecuencia de fertilización, en ambos sistemas de manejo de las enfermedades, con mayores diferencias en preaviso biológico (3 y 2 semanas para las frecuencias de 2 y 3 meses, respectivamente) que en el

sistema de calendario (1 semana para ambas frecuencias de fertilización) (Tabla 6).

Recientemente, Aristizábal y Herrera (2003) reportaron 43 y 59 semanas para floración y cosecha, respectivamente, para el plátano Dominicano Hartón en

la misma región, con un sistema de manejo agronómico similar al aplicado en el presente estudio. Aquí puede inferirse que la frecuencia de fertilización acelera notablemente el tiempo requerido para la cosecha del racimo. Este hecho es de suma importancia para el retorno del cultivo, ya que este establece la productividad en función del número de racimos por unidad de área y por unidad de tiempo; de este modo, una plantación precoz para florecer ofrece mayores posibilidades de tener un retorno alto.

El menor tiempo para llenado del racimo exhibido por las plantas testigo en comparación con los tratamientos de frecuencia de fertilización, se explica en el hecho de que el peso del racimo en los controles fue menor que en los tratamientos de fertilización (Tabla 6); o sea que racimos de menor tamaño requieren menos

tiempo para completar su madurez fisiológica. En general, el tiempo de llenado del racimo estuvo en el rango planteado por Aranzazu *et al.* (2002) de 14 a 16 semanas. En promedio, el tiempo a floración y a cosecha fue 5 y 6 semanas más prolongado en las plantas testigo que en los tratamientos de frecuencia de fertilización. Estas diferencias fueron significativas según la prueba de Tukey y confirman el análisis realizado previamente. La falta de nutrición o una fertilización defectuosa en suelos con desbalances nutricionales, repercuten en el alargamiento del ciclo productivo, en el deterioro del vigor de la planta y en la predisposición de la misma a ser más afectada por ambas Sigatokas (Aranzazu *et al.*, 2003).

Tabla 6. Efectos de la interacción entre el sistema de manejo de Sigatokas y la frecuencia de fertilización sobre los tiempos a floración y cosecha.

Manejo de Sigatokas	Frecuencia de fertilización	SaF ¹	SaC	SFC
Preaviso	Control	45	59	14
	2 meses	39	53	15
	3 meses	39	53	16
Calendario	Control	44	59	15
	2 meses	39	54	15
	3 meses	39	55	16

1/ SaF: Semanas a floración; SaC: Semanas a cosecha; SFC: Semanas de floración a cosecha

CONCLUSIONES

El sistema de preaviso biológico es una estrategia apropiada para el manejo de las Sigatokas amarilla y negra del plátano, ya que con menor número de aplicaciones en comparación con el sistema calendario, el daño causado por las enfermedades se mantiene en un nivel que le permite a la planta la producción de un racimo de calidad comercial. Dicho sistema, además, representa menores costos de producción y menor contaminación ambiental.

La fertilización periódica con nitrógeno y potasio mejora la expresión del potencial de producción de la planta, debido a la menor severidad de las Sigatokas y a la mayor disponibilidad de hojas funcionales para la formación del racimo. A su vez, la distribución del total de fertilización con dichos elementos en dosis iguales trimestrales es suficiente para dicho propósito, así como para disminuir los costos de producción.

Para el manejo de las Sigatokas en la región de Santágueda, es conveniente emplear el sistema de preaviso biológico, complementado con deshojes y

despunte fitosanitarios, en combinación con fertilizaciones trimestrales con nitrógeno y potasio; no obstante, se debe estudiar si con el solo despunte y deshoje fitosanitarios, como criterio de manejo de las Sigatokas, es factible lograr la producción de racimos de tamaño comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J. (1997). Introducción, evaluación, multiplicación y disseminación de los híbridos FHIA en Cuba. *Revista Internacional sobre Bananos y Plátanos INFOMUSA*, 6(2): 10-14.
- Aranzazu, L. F.; Arcila, M. I.; Bolaños, M. M.; Castellanos, P. A.; Castrillón, C.; Pérez, J. C.; *et al.* (2000). Manejo integrado del cultivo de plátano. CORPOICA, Manizales (Colombia). p. 51-54.
- Aranzazu, L. F.; Valencia, J. A.; Arcila, M. I.; Castrillón, C.; Bolaños, B. M. M.; Castellanos, P. A.; *et al.* (2002). El Cultivo de Plátano. Manual Técnico. PRONATA, CORPOICA, Manizales.
- Aranzazu, L. F.; Valencia, J. A.; Zuluaga, A. E.; Castrillón, C.; Castellanos, P. A.; Bolaños, B. M. M.; *et al.* (2003). Validación y ajuste de tecnología para el manejo integrado de las Sigatokas amarilla y negra del cultivo del plátano, en el eje cafetero, bajo la modalidad de parcelas en coautoría con productores e instituciones. Boletín Técnico, PRONATA, CORPOICA, Manizales. 73 p.
- Aristizábal, L. M.; Arias, A. R.; González, L. G.; Alfonso, S. G. E. & Arroyave, A. J. R. (1991). Efectos de la fertilización con N y K sobre la Sigatoka amarilla del plátano. *Revista Agronomía* 4(3): 2-6.
- Aristizábal, L. M. & Herrera, J. W. (2003). Características agronómicas de híbridos y cultivariedades de plátano en la región de Santágueda. Boletín FITOTECNIA 082, Universidad de Caldas, Manizales.
- Belalcázar, S.; Valencia, J.; Arcila, M. & García, H. (1994). Evaluación de materiales comerciales de plátano y banano bajo condiciones de la zona cafetera central. En: *Mejoramiento de la Producción del Cultivo del Plátano*. Comité de Cafeteros del Quindío, SENA, INIBAP, INPOFOS, CORPOICA. Armenia. p. 11- 40.
- Echeverri, L. M. & García, R. F. (1976). Efecto de varias dosis y frecuencias de aplicación de fertilizantes en la producción de plátano. *CENICAFÉ*, 27(3): 104-114.
- Gauhl, F.; Pasberg-Gauhl, C.; Vuylsteke, D. & ORTÍZ, R. (1995). Multilocal evaluation of black Sigatoka resistance in banana and plantain. In: *International Institute of Tropical Agriculture*. Research Guide-47.
- Gómez, B. L. A. & Castaño, Z. J. (2000). Manejo integrado de las Sigatoka negra y amarilla en la cultivariedad de plátano África. *Revista Internacional sobre Bananos y Plátanos INFOMUSA*, 10(2): 3-7.
- Herrera, M. J. W. & Aristizábal, M. L. (2003). Caracterización del crecimiento y producción de híbridos y cultivariedades de plátano en Colombia. *Revista Internacional sobre Bananos y Plátanos INFOMUSA*, 12(2): 22-24.
- Maciel, Z. J.; De Matos, A. P. & De Oliveira, S. (1998). La Sigatoka negra en Brasil. *Revista Internacional sobre Bananos y Plátanos INFOMUSA*, 7(1): 30-31.
- Marín, V. D. & Romero, C. R. (1992). El combate de la Sigatoka negra en banano. *Boletín No. 4*. Corporación Bananera Nacional, Costa Rica.
- Martínez, G. A. (1984). Determinación del área mínima foliar en plátano en el trópico húmedo. *Revista ICA*, 19(2): 183-187.

Efectos del sistema de manejo de las Sigatokas y la frecuencia de fertilización...

- Mayorga, P. M. (2001). Experiencias en el manejo de manchas de Sigatoka en la zona central cafetera de Colombia. *Memorias Seminario Taller Manejo Integrado de Sigatokas, Moko y Picudo negro del Plátano en el Eje Cafetero*. Armenia, Colombia. p. 18- 21.
- Merchán, V. M. (1996). Prevención y manejo de la Sigatoka negra. *Boletín Informativo*, ICA.
- Mourichon, X.; Carlier, J. & Foure, E. (1997). Enfermedades de Sigatoka. En: *Enfermedades de Musa*. Hoja Divulgativa No. 8.
- Nambiar, I. P. (1979). Effect of split application of N and K on banana var. 'Nendran'. *Agricultural Research Journal of Kenia*, 17(2): 275-277.
- Obiefuna, J. C. (1984). Effect of delayed fertilizer application on the growth and yield of plantain in South Western Nigeria. *Fertilizer Research*, 5(3): 309-313.
- Obiefuna, J. C.; Majunder, P. K.; Ucheagwu, A.C. (1981). *The effect of the various nitrogen levels on the growth and yield of false horn plantain cv. Agbagba*. Conference on International Association for Research on Plantain and other Cooking Bananas, 2, Ibadan, Nigeria, 28 jul.-1 aug.
- Peláez, M. C.; González, G. S.; Díaz, E. J. & Amaya, A. (1995). *La comercialización del plátano clon Dominico Hartón cultivado en el departamento del Quindío*. Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad La Gran Colombia, Armenia. 240 p.
- Usherwood, N. R. (1980). *The effects of potassium on plant diseases. A situation analysis*. Atlanta, Potash-Phosphate Institute.