

AVANCES EN EPIDEMIOLOGIA Y MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA DEL BANANO¹

Ronald A. Romero*

RESUMEN

El efecto de la Sigatoka Negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, sobre los rendimientos del banano y otros cultivares del *Musa*, es muy significativo, y el costo de su control representa uno de los rubros más altos en la producción. Entre los factores epidemiológicos que dificultan el control de esta enfermedad están los numerosos ciclos de reproducción sexual del hongo durante el año, la gran producción de inóculo y la ocurrencia de gran cantidad de infecciones en la parte abaxial de las hojas nuevas durante su apertura, que son difíciles de controlar porque la mayor deposición de fungicidas ocurre en la parte adaxial. Además, el ritmo de emisión foliar de la planta de banano, que produce una hoja cada 7 a 15 días, permite que existan hojas nuevas susceptibles en diferentes estadios de apertura. El sistema perenne del cultivo que caracteriza la producción comercial de bananos en Costa Rica, con plantas de todas las edades que coexisten en todo momento, acentúa esta situación. La interacción de estos factores con condiciones de clima favorables a la enfermedad durante la mayor parte del año, propicia el incremento de las infecciones y los riesgos de desarrollo de resistencia del patógeno a los fungicidas de tipo sistémico, que han sido los más eficaces. En Costa Rica se utilizó un sistema de pronóstico para decidir la aplicación de los fungicidas, basado en la identificación de los primeros estadios de los síntomas en las hojas más jóvenes, y en la capacidad de los fungicidas de acción sisté-

ABSTRACT

Advances in epidemiology and management of Black Sigatoka of bananas. Black Sigatoka disease, caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis*, severely affects the foliage of bananas and other cultivars of the genus *Musa*. Black Sigatoka causes a significant effect on yield of bananas, and the cost of its control is one of the highest in banana production. Epidemiologically, there are several factors that make disease control difficult, related to the numerous sexual reproduction cycles of the fungus throughout the year, the great amount of inoculum produced, and the occurrence of a high number of infections on the abaxial leaf surface which is first exposed during unfurling, which are difficult to control because most fungicide deposits are on the upper leaf surface. The rate of leaf emission of the banana plant, where a new leaf is produced every 7 to 15 days, depending on weather and age of the plant, makes leaves coexist at different stages of unfurling, all of them being susceptible to the disease. The perennial cropping system that characterizes banana production in Costa Rica, with plants of all ages present all the time, represents an advantage for the pathogen, since there is always young tissue available for infections. The interaction of these factors with favorable weather during most of the year, favors the increase of epidemics and also increases the risk of resistance build-up in the pathogen against the main fungicides used for its control. In Costa Rica, an early warning system was successfully used fungicide sprays for more than 4 years, based on the detection of early stages of infection and the ability of the systemic fungicides to halt them. However, the development of resistance by

1/ Documento expuesto en el III Congreso Nacional de Fitopatología. Julio 1996. San José. Costa Rica.

* Dirección de Investigaciones Agrícolas, Corporación Bananera Nacional. Apartado 6504-1000. San José. Costa Rica.

mica de controlar dichas infecciones. Se utilizó en la práctica por más de 4 años, con resultados muy satisfactorios. Sin embargo, el desarrollo de resistencia del hongo a los fungicidas benomil y propiconazole, provocó un aumento en los niveles de infección en muchas fincas y lo volvió inoperante. La integración del conocimiento que se va generando sobre la epidemiología de la Sigatoka Negra debe en el futuro permitir el diseño de estrategias mejores de manejo de la enfermedad.

INTRODUCCION

La Sigatoka negra, o la raya negra de la hoja, es la enfermedad más importante de los cultivos de banano y plátano en Costa Rica y en muchos países a nivel mundial. El agente causal es el hongo *Mycosphaerella fijiensis* MORELET, patógeno que fue reportado por primera vez en Costa Rica en 1979 en el cultivo de plátano en San Carlos. En 1981 ya se encontraba diseminado en toda el área bananera de la costa del Caribe.

El control de la Sigatoka negra representa alrededor del 27% del costo de producción (Stover 1986), que asciende a un promedio de US \$1000/ha/año. Las mayores causas de pérdidas provocadas por la Sigatoka negra se deben a la severa defoliación, que produce una marcada disminución en el peso y la calidad de los racimos (Chuang 1981) y a un marcado efecto en acelerar la maduración de las frutas, lo cual ocurre durante el transporte a los mercados.

El principal medio de combate de la Sigatoka negra es con fungicidas, ya que el combate cultural por sí solo es insuficiente para obtener niveles satisfactorios de severidad o pérdidas aceptables. De hecho, dadas las exigencias del mercado y la fuerte defoliación causada por la enfermedad, los niveles de control en bananos a nivel comercial deben ser muy altos.

En este resumen se discuten en forma general algunos aspectos importantes de la epidemiología de la Sigatoka negra, desde la perspectiva de la utilización de sistemas de pronóstico utilizados a nivel comercial y de otros a nivel experimental, que podrían ser la base de sistemas de manejo a nivel comercial de la enfermedad en el futuro.

M. fijiensis to benomyl and propiconazole fungicides caused an increase in disease levels in many farms, rendering the warning system ineffective due to its dependence on the postinfection efficacy of benomyl and propiconazole, which was significantly reduced by the presence of high populations of resistant forms. The integration of the knowledge that is being achieved on the epidemiology of the disease, may allow us to design better strategies for the control of Black Sigatoka in the future.

CICLO DE VIDA DEL PATOGENO

Las infecciones por Sigatoka negra pueden ser causadas tanto por ascósporas como por conidios, ya que ocurre tanto la reproducción sexual como la asexual en el ciclo de vida del hongo. Las esporas son depositadas en las hojas, donde en presencia de una película de agua o una alta humedad relativa germinan, para luego penetrar por los estomas. Las hifas se ramifican y colonizan los espacios intercelulares, y los primeros síntomas (período de incubación) aparecen entre 12 y 18 días después de la infección, como pequeñas decoloraciones amarillas en forma de puntos en la superficie abaxial de las hojas. Las infecciones progresan hasta alcanzar manchas necróticas de 1 a 2 cm de longitud, de forma ovalada, con el centro seco, donde se producen gran cantidad de pseudotecios, proceso que tarda entre 25 y 60 días desde la inoculación (período de latencia). Los pseudotecios, que son estructuras de sobrevivencia, se producen principalmente en las hojas más viejas.

Por su parte, los conidios se producen desde los primeros estadios de estría, los cuales se encuentran con frecuencia en las hojas jóvenes o de edad intermedia, hasta cerca de la aparición de las manchas necróticas; los conidios se forman sobre conidióforos individuales o grupos de 2 ó 3 que salen de los estomas, sin la presencia de un esporodocio, lo que distingue a este patógeno de *M. musicola*, causante de la Sigatoka amarilla del banano.

CRECIMIENTO DE LA PLANTA Y DEL CULTIVO DEL BANANO

La forma en que se desarrolla y crece la planta de banano tiene un efecto importante

sobre la epidemiología de la enfermedad, y por ende sobre su manejo. Paralelamente, la forma en que se cultiva el banano como sistema perenne (aunque las plantas individuales no lo sean), con cosechas cada semana, hace que las plantas de todas las edades deban coexistir en todo momento, lo cual tiene un claro impacto en la epidemiología de la enfermedad.

La emisión foliar en bananos se da en intervalos de 7 y 15 días. El proceso de desenvolvimiento de la nueva hoja se inicia con la aparición de la misma en una forma de cilindro, conocida como la hoja candela o cigarro, que paulatinamente se levanta y se abre. La apertura de la candela comienza con la parte apical del cilindro, expone primero la superficie abaxial del semilimbo izquierdo de la hoja, forma una estructura cónica en forma de embudo para luego abrir el otro semilimbo. Durante el desarrollo de la hoja esta tiene una posición vertical con respecto al suelo, la cual pasa luego a ser horizontal conforme envejece. La mayor parte de las infecciones ocurren durante el proceso de desenvolvimiento de la hoja candela en la superficie abaxial donde hay mayor cantidad de estomas que en la parte adaxial (Soto 1985). Además, la hoja candela, en posición vertical y de forma más o menos cilíndrica, representa un mejor flanco para el impacto de las esporas del patógeno pues hay menos tensión superficial. Existen también investigaciones que demuestran que las hojas más jóvenes son también más susceptibles a las infecciones por el hongo de la Sigatoka negra que las hojas más viejas (Romero y Sutton 1995). La emisión foliar cesa al momento de la floración, con lo cual el llenado del racimo, que tarda alrededor de 90 días, debe darse con las hojas existentes en ese momento.

Debido a la disminución paulatina de la tasa de emisión de hojas y el cese de la misma al momento de la floración, las plantas adultas por lo general muestran niveles de infección más elevados que las plantas jóvenes, lo que no permite la reposición del tejido infectado.

Como se mencionó anteriormente, el cultivo del banano en forma comercial requiere de la coexistencia de plantas en todas las edades para poder satisfacer las necesidades del mercado en forma permanente, con lo cual las plantas adultas se convierten en una importante fuente de inóculo para las plantas jóvenes. Esto, unido a que las hojas no abren en forma sincronizada en la plantación, hace que al existir fuentes de

inóculo en forma constante y condiciones propicias para la liberación de ese inóculo y para el desarrollo de las infecciones, la mayoría de las hojas nuevas en desarrollo sean infectadas en forma considerable.

Considerando los aspectos comentados anteriormente, el tipo de fungicida y el intervalo entre aplicaciones se vuelven factores muy importantes para un control satisfactorio de la enfermedad. Una aplicación de fungicidas no puede cubrir en forma eficiente toda la hoja que se está desarrollando, ni todas las hojas en la plantación, por la desincronización en su emisión y las diferencias de edades en las plantas. Los fungicidas de tipo protector tienen que usarse en forma muy periódica, acorde con el ritmo de emisión foliar, cada 7 días, mientras que los sistémicos y con actividad de posinfección permiten mayores intervalos entre aplicaciones.

SISTEMAS DE PRONOSTICO O ADVERTENCIA TEMPRANA EN BANANOS

De los sistemas de pronóstico o advertencia, dos han sido comercialmente utilizados para decidir las aplicaciones de fungicidas en bananos. Ambos fueron originalmente desarrollados para la Sigatoka amarilla. Klein (1960) en Honduras utilizó un método basado en el conteo de estrías amarillas en el semilimbo izquierdo de las hojas más jóvenes de la planta, hojas 2, 3 y 4. Si el número de estrías era de 50 a 100 en la hoja 4 ó 3 se recomendaba una aplicación de aceite agrícola, ya que el mismo autor había determinado que el aceite era capaz de parar o retardar en forma significativa el desarrollo posterior de las estrías jóvenes (Stover 1990). Con la llegada de la Sigatoka negra a Honduras, el sistema se volvió ineficiente, pues por la mayor agresividad y mayor potencial de inóculo de *M. fijiensis* comparado con *M. musicola*, el primero no podía ser controlado en forma satisfactoria con fungicidas de tipo protector. En 1972, Ganry y Meyer (1972) desarrollaron un sistema basado en mediciones semanales de evaporación Piche, acoplado con la evaluación del desarrollo de los estadíos iniciales de los síntomas en las hojas más jóvenes. La tasa de emisión foliar se registra también cada semana y a los estadíos de los síntomas se les califica asignando un coeficiente de ponderación de acuerdo

con la edad de la hoja donde están presentes, calificando con mayor severidad la presencia de estadíos 2 de los síntomas en una hoja 3 que en una hoja 4, por ser la primera más joven. Las sumas de los coeficientes obtenidos de acuerdo con las infecciones y la edad de la hoja, son posteriormente corregidos por los estados de desarrollo de la hoja candela, para conjuntamente con el ritmo de emisión foliar obtener el valor de estado de evolución de la enfermedad, que es la variable utilizada para definir las aplicaciones de fungicidas sistémicos en mezcla o suspensión en aceite agrícola. Este sistema de evaluación de los estadíos tempranos de la enfermedad fue luego adaptado para utilizarse con la Sigatoka negra en Camerún y fue ampliamente utilizado en Costa Rica entre 1988 y 1991 (Marín y Romero 1992). Tal como se utiliza en Camerún y la experiencia en Costa Rica, el sistema se basa fundamentalmente en la actividad de posinfección de los fungicidas sistémicos aplicados en aceite, sobre los estadíos iniciales de la enfermedad. Los resultados obtenidos con este sistema fueron sorprendentes, pues se pudo reducir el número de aplicaciones en 50% durante 3 años. Sin embargo, el sistema se volvió ineficiente a partir de finales de 1991, cuando muchas fincas empezaron a mostrar niveles de infección extraordinariamente elevados y pérdidas significativas de la producción. Los valores del estado de evolución se mantenían en forma constante por encima del umbral económico, sin que, como era usual, se notaran los efectos de los tratamientos fungicidas en la disminución de estos valores. Por esta razón, el sistema de pronóstico se abandonó y las aplicaciones continuaron con base en intervalos calendarizados, dependiendo de si el fungicida era protector o sistémico, de las condiciones de lluvia y del estado de infección de la finca, lo cual continúa manejándose de esta manera hasta la fecha.

Uno de los principales factores que hicieron el sistema de pronóstico inoperante, fue el desarrollo de resistencia en la población del hongo a los 2 fungicidas más activos, primero al benomil y posteriormente al propiconazole (Romero y Sutton 1995), lo cual limitó severamente su actividad de posinfección, con lo que muchas infecciones no fueron controladas y pudieron producir gran cantidad de inóculo y en forma persistente, dada la naturaleza perenne del cultivo y a la presencia de condiciones favorables a la enfermedad durante la mayor parte del año.

Este sistema de pronóstico se ha utilizado también en parcelas de plátano, donde los resultados son muy satisfactorios, inclusive hasta la fecha, especialmente si el sistema de siembra de plátano es anual o bianual, dado que la uniformidad en el crecimiento de las plantas favorece mucho el control de los niveles de inóculo, y porque el plátano es menos susceptible a la Sigatoka negra que el banano (Romero y Sutton 1995), lo cual hace que responda a los tratamientos fungicidas en mejor forma que el cultivo de banano. Jiménez (1994) demostró en el cultivo del plátano que las variaciones en el nivel de infección de la hoja 4 correlacionan con la duración acumulada de las lluvias durante las primeras 4 semanas anteriores a la fecha de evaluación de la enfermedad, y que dicha variable puede ser utilizada para pronosticar el momento de hacer las aplicaciones de fungicidas en este cultivo. Este sistema de pronóstico es una derivación del sistema de Ganry y Meyer (1972) descrito anteriormente.

En un estudio reciente a nivel de campo (Romero y Sutton 1995), se desarrollaron modelos de predicción del período de incubación y de latencia, con el objeto de que estas variables puedan ser utilizadas en lugar de la hoja más joven enferma y la hoja más joven necrótica, comúnmente utilizadas a nivel comercial para evaluar el estado del control y el nivel de infección, pero que, por su naturaleza, son extemporáneas para decidir sobre el tipo de fungicida o la dosis de aceite a emplear. El modelo de predicción de la duración del período de latencia muestra potencial para ser utilizado en la práctica, dado que la validación del mismo demostró su capacidad de predecir con precisión dicho período. Este modelo está en proceso de validarse a escala comercial.

Chuang y Jeger (1987) desarrollaron un modelo para pronosticar la tasa de progreso de la Sigatoka negra en Taiwán, basado en valores previos de la incidencia de la enfermedad y en el número de días con 90% de humedad relativa (Ganry y Meyer 1972) y la lluvia acumulada en las semanas precedentes. El sistema de pronóstico desarrollado por estos autores dio valores de precisión considerados bastante aceptables. Sin embargo, su utilización a nivel comercial no se ha dado.

Otros modelos han sido desarrollados en forma mecanística para explicar y predecir las condiciones de infección y de desarrollo de la enfermedad, en condiciones de laboratorio y de cámaras de crecimiento. Se ha encontrado que el óptimo de temperatura para el desarrollo de las

infecciones es entre 25 y 28°C, con un período de "mojadura" de la hoja de 18 h, el cual es especialmente importante para infecciones causadas por ascósopras, que son la principal fuente de inóculo (Jácome y Schuh 1992).

La disponibilidad de información epidemiológica generada recientemente sobre la Sigatoka negra debe permitir, en el futuro, un manejo más eficiente de la misma, que envuelva mejores prácticas de manejo cultural para reducir el inóculo y mejores estrategias de utilización de los fungicidas.

LITERATURA CITADA

- CHUANG, T.Y. 1981. Chemical control of banana leaf spot caused by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Plant Prot. Bull. (Taiwan) 23:87-94.
- CHUANG, T.Y.; JEGER, M. 1987. Predicting the rate of development of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*) disease in southern Taiwan. Phytopathology 77: 1542-1547.
- GANRY, J.; MEYER, J.P. 1972. La lutte contrôlée contre le Cercospora aux Antilles. Bases climatiques de l'avertissement. Fruits 27: 665-676.
- JACOME, L.H.; SCHUH, W. 1992. Effects of leaf wetness duration and temperature on development of black Sigatoka disease on banana infected by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Phytopathology 82:515-520.
- JIMENEZ, F. 1994. Etudes agrométéorologiques appliquées a la lutte contre la Sigatoka noire (*Mycosphaerella fijiensis*) du bananier plantain (*Musa* AAB). These Doc-Ing. Institut National Agronomique Paris-Grignon. 128 p.
- KLEIN, H.H. 1960. Control of Cercospora leaf spot of bananas with applications of oil spray based on the disease cycle. Phytopathology 50: 488-490.
- MARIN, D.; ROMERO, R.A. 1992. El combate de la Sigatoka negra. Boletín No.4 Departamento de Investigaciones. CORBANA. Costa Rica.
- ROMERO, R.A.; SUTTON, T.B. 1995. Dynamics of fungicide-resistant populations of *Mycosphaerella fijiensis* and epidemiology of black Sigatoka of bananas. PhD thesis. Department of Plant Pathology, NCSU, Raleigh. 113 p.
- SOTO, M. 1985. Bananos cultivo y comercialización. LIL. San José. 648 p.
- STOVER, R.H. 1986. Disease management strategies and the survival of the banana industry. Annual Rev. Phytopathol. 24:83-91.
- STOVER, R.H. 1990. Sigatoka leaf spot: Thirty years of changing control strategies. Pages 66-74 In: Sigatoka Leaf Spot Diseases of Bananas. R.A. Fullerton and R. H. Stover, eds. Proceedings of an international workshop held at San José, Costa Rica. INIBAP. France.