

CONTROL DE LA PUDRICIÓN DE LA CORONA DE LOS BANANOS EN CUBA. I. EFICACIA DE BENZIMIDAZOLES, IMIDAZOLES Y TRIAZOLES

L. Pérez, M. Sáenz y F. Mauri

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5a. B y 5a. F, Playa, Ciudad de La Habana, Gaveta 634, CP 11300, c.e.: lperez@inisav.cu; perezl_1999@yahoo.com

RESUMEN

Se estudió la eficacia de diferentes fungicidas triazoles, benzimidazoles y imidazoles en el control de la pudrición de la corona de los bananos mediante tratamientos por inmersión de la fruta inoculada y sin inocular con *Colletotrichum musae* y *Fusarium pallidoseum*. Los racimos fueron desmanados, lavados con agua durante 20 minutos y dejados secar al aire. Las inoculaciones se realizaron utilizando una suspensión de esporas de ambos patógenos obtenida por suspensión del contenido de dos tubos de cultivo en 100 mL de agua estéril y aplicándola sobre las coronas con un pincel. Para cada tratamiento se utilizaron cuatro cajas de seis manos cada una. Los mejores resultados en términos de inhibición y retraso de la pudrición de la corona fueron obtenidos con los tratamientos de propiconazol a 300 µg i.a./mL, el imazalil y prochloraz a concentraciones de 250 µg i.a./mL, seguidos por el tratamiento con benomyl a 250 µg i.a./mL y de TBZ a 400 µg i.a./mL. En ensayos a gran escala, los tratamientos con propiconazol a 300 µg i.a./mL y de prochloraz, imazalil y benomyl a 250 µg i.a./mL fueron superiores a los del tratamiento con TBZ a 400 µg i.a./mL. Fueron encontradas diferencias significativas en relación con la frecuencia y severidad de la enfermedad entre frutos tratados con TBZ y refrigerados a 13°C inmediatamente después de la cosecha, y los refrigerados después de 20 horas de haber sido cosechados y tratados. El manejo de la enfermedad debe ser llevado a cabo integrando el saneamiento de residuos vegetativos en las plantaciones y de los envasaderos con los tratamientos con fungicidas, y la refrigeración a 13-14°C tan pronto como sea posible después de la cosecha.

Palabras claves: bananos, pudrición de la corona, *Colletotrichum musae*, *Fusarium pallidoseum*, propiconazol, imazalil, thiabendazole, prochloraz, benomyl

ABSTRACT

The efficacy of treatments with triazole, benzimidazole and imidazole fungicides on the control of banana crown rot of inoculated and non-inoculated fruits with *Colletotrichum musae* and *Fusarium pallidoseum* were studied. Banana bunches were deheaded, and the hands were washed in water tanks during 20 min and after allowed to dry at the air. The inoculations were carried out using spore suspensions of both pathogens obtained suspending the contents of two cultures tubes in 100 ml of sterile water and applying the suspension on the surface of the crowns with a brush. Four boxes with six hands each (replicates) were used for each fungicide. The best results on crown rot inhibition were obtained with propiconazole 300 µg i.a./ml, imazalil and prochloraz treatments at 250 µg i.a./ml, followed by benomyl at 250 µg i.a./ml and TBZ at 400 µg i.a./ml. In large scale trials, the treatments with propiconazole at 300 µg i.a./ml, and prochloraz, imazalil and benomyl at 250 µg i.a./ml were superior than TBZ at 400 µg i.a./ml. Significant differences were determined in the frequency and severity of crown rot between TBZ treated and immediately refrigerated at 13°C fruits and fruits treated and refrigerated after 20 hours of been harvest. Crown rot management should be carried out integrating field and packinghouse sanitation of vegetative residues and trash, with fungicide treatments and refrigeration at 13-14 °C as soon as possible after fruit harvest.

Key words: Banana, crown rot control, *Colletotrichum musae*, *Fusarium pallidoseum*, propiconazole, imazalil, thiabendazole, prochloraz, benomyl

INTRODUCCIÓN

Debido a la alta susceptibilidad de los frutos de los clones del subgrupo Cavendish a los daños debidos a la manipulación y las pudriciones de poscosecha [Slabaugh y Grove, 1982; Snowdon, 1990; Slabaugh 1994], se hizo necesario durante la década del sesenta cambiar el procedimiento de empaquetamiento de la fruta de racimos enteros a manos aisladas, *clusters* y racimos empaquetados en cajas.

Para preparar las manos, el tejido de la corona es cortado, y por consiguiente se vuelve un sustrato apropiado

para la colonización de diferentes microorganismos y pudriciones [Meredith, 1971; Wardlaw, 1972; Slabaugh y Grove, 1982]. Esto hizo posible que surgiera un nuevo desorden de la fruta, nombrado pudrición de la corona causado por un complejo de hongos.

Se han informado muchas especies de hongos asociadas a la enfermedad de la pudrición de la corona en diferentes partes del mundo. La composición de las especies y su importancia relativa en la pudrición de la

corona es variable de lugar a lugar [Greene y Goos, 1963; Lukezic *et al.*, 1967; Burden, 1974; Snowdon 1990; Slabaugh 1994; Marín *et al.*, 1995]. Pérez *et al.* (1990a), en un estudio conducido entre 1986 y 1989, determinaron las especies de hongos asociadas a este desorden en las dos mayores plantaciones de bananos Cavendish de Cuba. Las especies más frecuentemente aisladas resultaron ser *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Saccardo, *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) von Arx y *Verticillium theobromae* (Turc.) Mason & Hughes, con una frecuencia del 70 % de los aislados realizados, así como también un complejo de especies de *Fusarium* que fue aislado con menor frecuencia.

Pérez *et al.* (1990b) determinaron que la temperatura tiene un efecto marcado en la rapidez e intensidad de crecimiento de *F. pallidoroseum* y *C. musae*, así como en la rapidez de desarrollo de pudrición de la corona causado por estos hongos en las frutas inoculadas. Ambos crecen óptimamente a 25-30°C y se inhiben fuertemente por temperaturas inferiores a 15°C.

Los hongos causantes de la pudrición de la corona son flora saprofítica de las hojas de bananos y plátanos senescentes, tallos de los racimos, residuos florales de los dedos y brácteas de los racimos [Meredith, 1971; Finlay *et al.*, 1994; Slabaugh, 1994; Pérez *et al.*, 1990a]. Meredith (1962a y b) y Kaiser y Lukesic (1966) informaron que los conidios de *Fusarium* spp. y *C. musae* son fácilmente dispersados por las salpicaduras del agua de lluvia. Consecuentemente, las esporas están con frecuencia sobre las coronas, pedúnculos de los frutos y los dedos al momento de la cosecha, y colonizan fácilmente las coronas después del desmane de los racimos. Meredith (1971) y Pérez *et al.* (1990a) enfatizaron la importancia de la higienización de las plantaciones por eliminación periódica de las flores y hojas en descomposición.

Han sido informados múltiples estudios de control de la pudrición de la corona con tratamientos con fungicidas [Eckert, 1969; Shillingford, 1970; Meredith, 1971; Arnesson, 1971; Frossard, 1971a y b; Frossard y Laville, 1973; Frossard *et al.*, 1973; Burden, 1974; Griffie y Burden, 1974; Frossard *et al.*, 1976; Todsporn y Sangchote, 1994; Lapeyre de Bellaire y Nolin, 1994]. Los objetivos del presente estudio fueron:

1. Determinar los ingredientes activos y dosis más eficaces para el control de la pudrición de la corona.
2. Elaborar el procedimiento de manejo agrotécnico y químico en campo y envasaderos que permita minimizar los efectos de esta anomalía durante el transporte y comercialización de la fruta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la eficacia de diferentes fungicidas en el control de la enfermedad, se llevaron a cabo cinco experimentos.

En los tres primeros ensayos, *clusters* de frutas del clon Cavendish Gigante fueron cuidadosamente desmanados para obtener una superficial lisa de la corona. Después de desmanados, las frutas se lavaron inmediatamente en un tanque de agua por 20 minutos y se secaron al aire. Fueron usados suspensiones de conidios de *Fusarium pallidoroseum* y *Colletotrichum musae* para inocular las coronas de las frutas. Los conidios contenidos en dos tubos de cultivos de cada hongo se suspendieron en un erlenmeyer con 100 mL de agua estéril. Se aplicó la suspensión de conidios con un pincel encima de la superficie expuesta de la corona y se dejaron secar al aire. Se trataron las frutas por inmersión en la suspensión del fungicida por un minuto. Las frutas no tratadas de la variante Testigo fueron sumergidas en agua por un minuto. Todas las frutas se secaron al aire, embalaron y se almacenaron a temperatura ambiental. Cada tratamiento contenía cuatro cajas (réplicas) con seis manos o *clusters*.

Los fungicidas usados fueron thiabendazol (Lirotec FI 45%), benomyl (Fundasol 50% PH), imazalil (Imazalil 80% EC), prochloraz (Sportak 45% CE y Octave 50% PH), etaconazol (Sonax 25% PH), penconazol (Topas 10% CE) y diniconazol (Sumi 8 125 PH). Las dosis usadas de ingrediente activo (i.a.) se muestran en las Tablas 2 y 3. En los primeros experimentos se evaluó la pudrición de la corona usando la escala utilizada por Burden (1974). En el segundo ensayo, con el objetivo obtener una descripción más detallada del desarrollo de la pudrición de la corona, se adoptó una escala de ocho grados (Tabla 1).

Se llevó a cabo un cuarto ensayo (a gran escala) con los fungicidas que dieron los mejores efectos en los experimentos anteriores. Treinta cajas con cinco manos de frutos cada una del clon Cavendish Gigante de la plantación de Artemisa se trataron con los fungicidas prochloraz [Sportak 45% EC], 250 µg i.a./mL, imazalil 250 µg i.a./mL, benomyl 250 µg i.a./mL y thiabendazole 400 µg i.a./mL, siguiendo el procedimiento normal usado en el beneficio y empaque usado para la comercialización de la fruta. Después del desmanado se lavó la fruta en los tanques de lavado en la planta de beneficio y se trató por inmersión por un minuto en las suspensiones de fungicida. Una cantidad de fruta similar se quedó sin tratar como control. Después del tratamiento y embalaje, las frutas se guardaron en cámaras frías a 13°C. Para determinar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la pudrición de la corona, las frutas tratadas con benomyl, thiabendazole y las no tratadas (tres cajas/tratamiento), se almacenaron a temperatura ambiental (27 °C aproximadamente) durante las primeras 20 horas de incubación, y más tarde a 13 °C. El desarrollo de la pudrición de la corona se evaluó después de 14, 19 y 23 días del tratamiento con los fungicidas, y se usó la escala de cuatro grados descrita por Burden (1974).

Tabla 1. Escala de severidad para evaluar la pudrición de la corona desarrollo en frutas

| Escala A [Burden, 1974] | | Escala B | |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------|
| Grado | Descripción | Grado | Descripción |
| 0 | Sana | 0 | Sana |
| 1 | Desarrollo de la pudrición de la corona hasta 2 mm de profundidad | 1 | Evidencia de los primeros síntomas |
| 2 | Hasta 1/2 del tejido de la corona afectado | 2 | 1/3 tejido de la corona se pudrió |
| 3 | Todo tejido de la corona afectado | 3 | 1/2 tejido de la corona se pudrió |
| 4 | La pudrición se extiende a pedúnculos | 4 | 2/3 tejido de la corona se pudrió |
| | | 5 | Pudrición del tejido de la corona, pero los pedúnculos parecen sanos |
| | | 6 | Principio de necrosis de los pedúnculos |
| | | 7 | 1/2 de los pedúnculos podridos |
| | | 8 | Todos los pedúnculos de la mano podridos |

Tabla 2. Eficacia de diferentes fungicidas en el control de la pudrición de la corona de los bananos (ensayos 1 y 2)

| Tratamiento | Dosis ($\mu\text{g i.a./mL}$) | Desarrollo de la pudrición de la corona en grados después de siete días de la inoculación y el tratamiento | | | |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------|
| | | Ensayo 1 (Escala A) | | Ensayo 2 (Escala B) | |
| | | X | \sqrt{X} | X | \sqrt{X} |
| Thiabendazol | 250 | 0,84 | 1,75 bcd ¹ | 3,94 | 1,98 bc |
| Thiabendazol | 400 | 0,65 | 1,19 cd | 3,06 | 1,87 cd |
| Benomyl | 250 | 0,63 | 1,27 cd | 3,00 | 1,73 de |
| Benomyl | 400 | 0,38 | 1,17 d | 2,88 | 1,69 de |
| Penconazol | 300 | 1,22 | 1,48 b | 4,56 | 2,12 b |
| Penconazol | 500 | 1,03 | 1,42 bc | 3,75 | 1,93 bc |
| Etaconazol | 250 | 0,94 | 1,30 bcd | 2,88 | 1,69 de |
| Etaconazol | 500 | 1,19 | 1,47 b | 3,0 | 1,73 de |
| Imazalil | 250 | 0,56 | 1,25 cd | 2,25 | 1,49 f |
| Imazalil | 500 | 0,53 | 1,24 cd | 2,25 | 1,49 f |
| Control | — | 2,13 | 1,77 a | 6,63 | 5,57 a |
| SDx ² | | 0,057 | | | 0,062 |

¹ Letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la dócima de rango múltiple de Duncan a un nivel del 95% de probabilidad.

² Desviación estándar de las medias transformadas.

Se realizó un quinto ensayo en la empresa de cultivos varios La Cuba para determinar la eficacia del propiconazol en el control de la pudrición de la corona en comparación con los fungicidas que brindaron los mejores resultados en los ensayos anteriores. Los fungicidas usados fueron thiabendazol (Lirotec FI 45%), benomyl (Fundasol 50% PH), imazalil (Sulima 75% EC), prochloraz (Mirage 45% EC) y propiconazol (Tilt 250 EC). Las dosis usadas de ingrediente activo se muestran en la Tabla 5. Los tratamientos fueron realizados por aspersión de las frutas desmanadas y lavadas en un tanque de agua corriente previamente. Para cada tratamiento se utilizaron 32 *clusters* (cuatro repeticiones de ocho *clusters* cada una), los que fueron envasados

en cajas de cartón de 18 kg de fruta de capacidad. Después de los tratamientos los frutos fueron almacenados a 14°C y tratados 24 horas después con etileno, siguiendo el procedimiento usual de comercialización de la fruta en la empresa.

Para el análisis por ANOVA de los datos obtenidos, los porcentajes de área necrótica de las coronas se transformaron a $\arcsen \sqrt{\%}$, y los grados a \sqrt{x} .

Para determinar la línea base de sensibilidad y los valores de DE₅₀ y DE₉₅ de los diferentes fungicidas a *F. pallidoseum* y *C. musae*, se envenenaron las placas Petri con PDA con los fungicidas benomyl, thiabendazole, imazalil y prochloraz a concentraciones de 0; 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 5; y 10 $\mu\text{g i.a./mL}$. Se

inocularon en el centro cuatro placas por cada concentración y patógeno, con discos de 4 mm de diámetro con micelio del hongo, e incubaron a 25°C hasta que las colonias del control de cada hongo cubrieron la superficie del agar, y entonces se midieron los diámetros de la colonia en todas las concentraciones. Con los datos así obtenidos se calculó el porcentaje de inhibición por cada concentración del fungicida. Se determinaron las DE_{50} y DE_{95} de cada fungicida-patógeno, para lo cual se transformaron los datos de porcentaje de inhibición a valores de probit y las concentraciones a logaritmo (log) de concentraciones. Se realizó un análisis de la regresión de valores de probit sobre log de concentración para un nivel del 95% de probabilidad, y se calcularon los valores de DE_{50} y DE_{95} para cada fungicida y patógeno a partir de las curvas ajustadas obtenidas. Todo el procedimiento estadístico fue realizado con el programa de software Probit desarrollado en el INISAV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 2 y 3 se muestran los datos de las evaluaciones del desarrollo de la pudrición de la corona en frutas tratadas con diferentes fungicidas. La Tabla 2 muestra los datos de la eficacia de los tratamientos de fungicidas llevados a cabo en el primer y segundo ensayos. El desarrollo de la pudrición de la corona en frutas tratadas con fungicidas fue significativamente más bajo que en las no tratadas. Se obtuvieron los mejores resultados por orden de eficacia con benomyl a 400 µg i.a./mL, imazalil a 250 y 400 µg i.a./mL, benomyl a 250 µg/mL y TBZ a µg/mL. Los fungicidas benomyl y imazalil a las dosis usadas brindaron un control significativamente mejor que el penconazol a 300 µg i.a./mL y el etaconazol a 500 µg i.a./mL.

En el segundo ensayo se usó en las evaluaciones del desarrollo de la pudrición de la corona la escala de ocho grados. En este ensayo las frutas tratadas con imazalil a 250 y 500 µg i.a./mL mostraron un desarrollo de la pudrición de la corona significativamente más bajo que en el resto de los tratamientos. En este ensayo no se encontraron diferencias significativas en el control de la pudrición de la corona entre benomyl y el etaconazol a las dos dosis usadas de cada uno y el TBZ a 400 µg i.a./mL; al mismo tiempo, brindaron un control significativamente mejor que el penconazol a 250 y 500 µg i.a./mL y el TBZ a 250 µg i.a./mL.

Se observó un retraso de la maduración de las frutas tratadas con imazalil a las dos dosis, y con benomyl a 400 µg i.a./mL, con respecto al resto de los tratamientos y el testigo no tratado. Esto podría ser debido a la reducción de la liberación de etileno como consecuencia del mejor control de la pudrición de la corona alcanzado en estos tratamientos.

Por los buenos resultados obtenidos con el imazalil, se incluyó en un tercer ensayo el prochloraz, otro fungicida del grupo de los imidazoles, en dos formulaciones

de concentrado emulsionable (CE) y polvo humedecible (PH) (ver Tabla 3). Se llevaron a cabo evaluaciones a los seis, once y trece días después de la inoculación artificial con una suspensión de esporas de *F. pallidoro-seum* y *C. musae*, seguida de un tratamiento por inmersión de las frutas en las suspensiones de los fungicidas. El desarrollo de la pudrición de la corona fue menor en la totalidad de las frutas tratadas que en el control, con la excepción del tratamiento con TBZ a 250 µg i.a./mL, que no mostró un buen control.

En el sexto día el imazalil a 500 µg i.a./mL y el prochloraz 250 µg i.a./mL (en forma de CE) mostraron un efecto significativamente mejor que el resto de los tratamientos. Por orden de eficacia (respecto al porcentaje de coronas necrosadas) fueron seguidos por benomyl a 250 y 400 µg i.a./mL y el TBZ a 400 µg i.a./mL. En esta evaluación la fruta del testigo tenía más de 3/4 de las coronas podridas.

En la segunda evaluación realizada en el oncenno día, todas las coronas de las frutas no tratadas se pudrieron. Imazalil y prochloraz (CE) a 250 y 500 µg i.a./mL y prochloraz (PH) a 500 µg i.a./mL, mostraron la mejor eficacia en el control de la pudrición de la corona, seguido por el benomyl a 400 µg i.a./mL. Se observó de nuevo un retraso en la maduración de las frutas tratadas con imazalil y el prochloraz, fuertemente relacionado con el nivel de control de la pudrición de la corona.

En la última evaluación -13 días después del tratamiento- se observaron los mejores efectos a las dosis más altas de prochloraz y imazalil, los que mostraron una eficacia significativamente mayor que el resto de las variantes.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del ensayo a gran escala con tratamientos de fungicidas y refrigeración de las frutas. Los tratamientos con prochloraz, imazalil y benomyl a razón de 250 µg i.a./mL mostraron una eficacia muy similar y superior al TBZ a 400 µg/mL. Después de 23 días de almacenamiento y durante la maduración de las frutas, el desarrollo de la pudrición de la corona en los frutos tratados con prochloraz era de 2 mm de profundidad en el tejido de la corona, en contraste con el testigo que tenía sus coronas y pedúnculos de los dedos ya podridos. Hubo fuertes diferencias en relación con la frecuencia y severidad de desarrollo de la pudrición de la corona entre las frutas tratadas con TBZ y refrigeradas inmediatamente después de la cosecha, y las refrigeradas 20 horas más tarde.

En la Tabla 5 se muestran los resultados del último ensayo realizado con fruta del clon Gran Enano en la ECV La Cuba, en Ciego de Ávila. En este ensayo, después del tratamiento por aspersión, las frutas fueron inmediatamente refrigeradas a 14°C, y a las 24 horas, siguiendo los procedimientos de comercialización de la empresa, se trataron con etileno. Por este motivo las evaluaciones se condujeron durante una semana hasta que la fruta maduró. Los mejores resultados fueron obtenidos con el propiconazol a la dosis de 300 µg i.a./mL, el cual resultó superior a los tratamientos con prochloraz, imazalil, thiabendazol y benomyl.

TABLA 3. Eficacia de diferentes fungicidas en el control de la pudrición de la corona de los bananos (ensayo 3).

| Tratamientos | Dosis µg i.a./mL | Desarrollo de la pudrición de la corona después de: | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| | | 6 días | 11 días | 13 días | |
| | | Área necrótica (%) | Área necrótica (%) | Área necrótica (%) | Grado ¹ |
| Diniconazol | 250 | 27,9 bc ² | 100 a | 100 a | 7,7 a |
| Diniconazol | 500 | 16,5 bc | 91,9 ab | 100 a | 8,0 a |
| Prochloraz (FC) | 250 | 2,4 bc | 69,9 cde | 98,4 a | 6,6 ab |
| Prochloraz (FC) | 500 | 5,5 c | 53,3 cd | 90,9 a | 6,3 bc |
| Prochloraz (PH) | 250 | 20,5 c | 71,1 bcde | 98,5 a | 6,7 ab |
| Prochloraz (PH) | 500 | 6,6 c | 58,4 cde | 94,9 a | 7,6 ab |
| Imazalil | 250 | 6,4 c | 71,5 bcde | 92,8 a | 6,7 ab |
| Imazalil | 500 | 6,6 c | 47,3 c | 92,8 a | 5,3 c |
| Benomyl | 250 | 13,6 c | 93, ab | 100 a | 8,0 a |
| Benomyl | 500 | 13,8 c | 84,1 bc | 100 a | 8,0 a |
| Thiabendazole | 250 | 44,4 ab | 100 a | 100 a | 8,0 a |
| Thiabendazole | 400 | 17,1 bc | 100 a | 100 a | 8,0 a |
| Control | - | 78,8 a | 100 a | 100 a | 8,0 a |
| ESx | | 0,425 | 0,38 | 0,6 | 0,05 |

¹ Escala B de la *Tabla 1*.

² Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias transformadas a arcsenx de acuerdo con la dición de rango múltiple de Duncan a un nivel del 95% de probabilidad.

³ Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias transformadas a \sqrt{x} de acuerdo con la dición de rango múltiple de Duncan a un nivel del 95% de probabilidad.

TABLA 4. Eficacia de los tratamientos para el control de la pudrición de la corona (ensayo a gran escala)

| Tratamientos | | Desarrollo de la pudrición de la corona después de: (Escala A) | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------|-------|---------------------|--------------------|---------------------|---------|
| | | 10 días | | 19 días | | 23 días | |
| | | Manos afectadas (%) | Grado | Manos afectadas (%) | Grado | Manos afectadas (%) | Grado |
| 1. Tratadas y refrigeradas a 13 °C inmediatamente después: | | | | | | | |
| Prochloraz | 250 µg i.a./mL | 34,8 | 0,4 | 32,3 | 0,4 b ¹ | 82,1 | 1,2 c |
| Imazalil | 250 µg i.a./mL | 39,4 | 0,4 | 38,3 | 0,52 b | 97,7 | 1,75 c |
| Benomyl | 250 µg i.a./mL | 19,2 | 0,19 | 30,7 | 0,3 b | 97,9 | 1,78 bc |
| Thiabendazol | 400 µg i.a./mL | 55,9 | 0,56 | 58,8 | 0,76 b | 97,8 | 2,5 b |
| Control | | 63,9 | 0,67 | 91,7 | 2,2 a | 97,6 | 3,4 a |
| 2. Tratadas y refrigeradas a 13 °C después de 20 horas del tratamiento: | | | | | | | |
| Thiabendazol | 400 µg i.a./mL | 80,0 | 0,86 | 82,6 | 1,05 b | 100 | 3,3 a |
| Benomyl | 250 µg i.a./mL | 46,6 | 0,46 | 30,0 | 0,2 a | 86,6 | 1,8 b |
| Control | | 80,0 | 0,86 | 100 | 3,1 c | 100 | 3,8 a |

¹ Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias transformadas de acuerdo con la dócima de rango múltiple de Duncan al 95 % de probabilidad del error.

Tabla 5. Eficacia de los tratamientos para el control de la pudrición de la corona

| Tratamiento | Dosis µg/mL | Desarrollo de la pudrición de la corona después de: | | | | | |
|--------------|-------------|-----------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | | 3 días | 6 días | 8 días | | | |
| | | Severidad (%) | % de manos atacadas | Severidad (%) | % de manos atacadas | Severidad (%) | % de manos atacadas |
| Thiabendazol | 400 | 3,4 | 27,5 | 3,4 | 27,05 | 30,3 | 100 |
| Prochloraz | 400 | 1,4 | 10,0 | 4,3 | 25,0 | 22,2 | 97,5 |
| Propiconazol | 300 | 2,2 | 12,5 | 3,8 | 27,5 | 16,6 | 75,0 |
| Imazalil | 250 | 1,9 | 15,0 | 5,6 | 27,5 | 30,6 | 100 |
| Imazalil | 400 | 1,6 | 15,0 | 2,5 | 17,5 | 28,1 | 100 |
| Benomyl | 250 | 1,6 | 12,5 | 3,4 | 25,0 | 27,2 | 100 |
| Testigo | | 2,2 | 17,0 | 6,6 | 35,0 | 48,8 | 100 |

Con el objetivo de obtener una línea base de referencia de la sensibilidad de las poblaciones de *C. musae* y *F. pallidoroseum* a estos fungicidas, se estudió la relación dosis-efecto para cada fungicida-patógeno.

En la Tabla 6 se muestran las ecuaciones de la regresión de probit de inhibición sobre log de concentración del fungicida y los valores de DE₅₀ y DE₉₅ para cada patógeno. Estos valores se pueden usar como referencia en estudios de monitoreo de la sensibilidad de las poblaciones de *C. musae* y *F. pallidoroseum*.

En la industria de exportación de bananos es una práctica común lavar la fruta en tanques de agua inme-

diatamente después que los racimos han sido desmanados. Han sido encontradas grandes cantidades de esporas de estos hongos en suspensión en el agua de esos tanques [Greene y Goos, 1963]. El inóculo presente en la superficie de la fruta incrementa la concentración de las esporas en el agua de los tanques, permitiendo que puedan producirse infecciones profundas de hongos en las heridas de las coronas. Todo esto apoya la necesidad de mantener un saneamiento sistemático de las plantaciones, así como el uso de agua corriente y otras medidas de higienización para evitar el incremento de inóculo en los tanques de lavado.

Tabla 6. Líneas bases de sensibilidad y valores de DE_{50} de los fungicidas imazalil, prochloraz, benomyl y thiabendazol a *F. pallidoroseum* y *C. musae*

| Fungicida | <i>Colletotrichum musae</i> | | | <i>Fusarium pallidoroseum</i> | | |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|------|--------------------|
| | Ecuación de regresión Probit de inhibición – log de concentración | r | DE_{50} µg/mL | Ecuación de regresión Probit de inhibición – log de concentración | r | DE_{50} µg/mL |
| Imazalil | $y = 5,08x + 1,75$ | 0,95 | 0,89 | $y = 5,58x + 1,05$ | 0,99 | 0,28 |
| Benomyl | $y = 8,07x + 3,2$ | 0,98 | 0,109 | $y = 5,42x + 1,5$ | 0,91 | 0,52 |
| Thiabendazol | $y = 4,54x + 1,2$ | 0,97 | 2,37 | $y = 5,42x + 1,49$ | 0,97 | 0,61 |
| Prochloraz | $y = 4,98x + 1,65$ | 0,95 | 0,84 | $y = 4,58x + 1,03$ | 0,97 | 0,92 |

Pérez *et al.* (1990b) señalaron la importancia de refrigerar la fruta lo antes posible posterior a la cosecha. El periodo de la incubación a temperaturas inferiores a 15 °C es de más de cinco días. Esto indica que es muy importante refrigerar la fruta lo más pronto posible, y siempre que sea posible antes de 48 horas de la cosecha. Los resultados obtenidos con los diferentes fungicidas en los ensayos con refrigeración y sin ella apoyan esta sugerencia.

Los resultados obtenidos en los ensayos mostraron la eficacia del propiconazol a 300 µg i.a./mL, el cual resultó superior al resto de los fungicidas probados, y apoyan las observaciones realizadas por Lapeyre de Bellaire y Nolin (1994).

El imazalil y el prochloraz a 250 y 500 µg i.a./mL mostraron una excelente eficacia en el control de la enfermedad de la pudrición de la corona. Se pueden usar las dosis más altas cuando las frutas tienen que ser enviadas a mercados que requieren 10 días o más de viaje. Flaishman y Kolattukudy (1994) informaron sobre el papel del etileno como inductor de la germinación de las esporas de diferentes especies de *C. musae*. Las observaciones realizadas indican que los tratamientos con propiconazol, imazalil y prochloraz causaron además un retardo de la maduración de los frutos, que puede contribuir también a obtener mejores niveles de control de la enfermedad.

El tratamiento con benomyl a razón de 250 µg i.a./mL mostró una buena eficacia en el control de la pudrición de la corona sin diferencias con la dosis más alta usada en los experimentos. Sin embargo, su eficacia podría ser insuficiente cuando se requieren periodos más largos de almacenamiento. Frossard *et al.* (1973) comentaron que el incremento en la concentración de benomyl por encima de 250 µg i.a./mL no dio por resultado un incremento de la eficacia en el control de la pudrición de la corona, lo que concuerda con nuestros resultados. El thiabendazol puede ser usado a la dosis de 400 µg i.a./mL bajo las mismas condiciones que se usa el benomyl.

Los valores de DE_{50} y las ecuaciones de regresión de probit de inhibición sobre log de la concentración se pueden usar como valores de referencia y líneas base de la sensibilidad preliminares, hasta tanto se complete un número mayor de aislados, para estudios de monitoreo de la sensibilidad de las poblaciones de *F. pallidoroseum* y *C. musae* al benomyl, thiabendazol, imazalil y el prochloraz. El benomyl y el propiconazol son usualmente utilizados en las aspersiones para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), y las poblaciones de *F. pallidoroseum* y *C. musae* están siendo sometidas a presión de selección para resistencia a estos fungicidas, y por tanto también a los otros inhibidores de mitosis como el thiabendazol y de la $\Delta 7$ - $\Delta 8$ demetilasa, como son el prochloraz y el imazalil. Por este motivo se debe continuar la búsqueda de ingredientes activos pertenecientes a diferentes familias químicas para el control de la enfermedad.

Se propone finalmente una estrategia combinada de saneamiento y uso de fungicidas para el manejo de la pudrición de la corona, la cual permitirá una drástica reducción de las pérdidas causadas por este motivo en la comercialización de los bananos.

CONCLUSIONES

- El propiconazol a la dosis de 300 µg i.a./mL permite un eficiente control de la pudrición de la corona y brindó los mejores niveles de control en los ensayos.
- El imazalil y el prochloraz, a la dosis de 250 µg i.a./mL, pueden ser utilizados para el control de la pudrición de la corona con vistas a la comercialización de frutos. Las dosis de imazalil y prochloraz de 500 µg i.a./mL puede ser empleado cuando la duración de la travesía de los embarques sea superior a los 20 días.
- El benomyl a la concentración de 250 µg i.a./mL mostró una eficacia comparable con la del imazalil y prochloraz en evaluaciones realizadas hasta des-

pués de 20 días del tratamiento de frutas almacenadas a temperatura de 13-14°C.

- El thiabendazol a la dosis de 400 µg i.a./mL mostró una eficacia comparable al benomyl bajo las condiciones de inóculo no muy intenso. Cuando se probó con altas concentraciones de inóculo, su efecto fue inferior al del imazalil, prochloraz y benomyl.
- Los fungicidas diniconazol y penconazol a las dosis empleadas no mostraron una buena eficacia en el control de la pudrición de la corona.
- Después de la cosecha y el tratamiento, la fruta debe ser sometida a temperaturas de 14°C en un período no mayor de cuatro horas. El retardo en someterlas a frío favorece el desarrollo de la pudrición de la corona.
- Las curvas de sensibilidad y los valores de DE₅₀ y DE₉₅ determinados para los diferentes productos pueden ser utilizados como valores de referencia preliminares para el monitoreo de la sensibilidad de las poblaciones de *C. musae* y *F. pallidoroseum* en los envasaderos.
- El control de la pudrición de la corona debe llevarse a cabo integrando el saneamiento en las plantaciones y plantas de empaque, el tratamiento de fungicidas benzimidazoles, imidazoles y triazoles, y un almacenamiento temprano después de la cosecha a temperaturas en el rango de 13-14°C.

REFERENCIAS

- Arnesson, C. A.: «Sensitivity of Postharvest Rot Fungi of Bananas to Chlorine», *Phytopathology* 61, 344-345, 1971.
- Burden, O. J.: *Report on Banana Fruit Quality Research Project*, Windward Island Banana Research Scheme, 1970-1973, Tropical Products Institute, Ministry of Overseas Development Londres, 1974.
- Eckert, J.: «Chemical Treatment for Control of Postharvest Diseases», *World Review Pest Control* 8, 116-137, 1969.
- Flaishman, M. A.; P. E. Kolattukudy: «Timing of Fungal Invasion Using Host's Ripening Hormone As a Signal», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (E.U.), 91, 6579-6583, 1994.
- Finlay, A. R.; C. Lubin; A. E. Brown: «The Banana Stalks as a Source of Inoculum of Fungal Pathogens Which Cause Crown Rot», *Tropical Science* 32, 343-352, 1992.
- Frossard, P.: «Efficacité comparée du thiabendazole et du benomyl contre l'antracnose des bananes», *Fruits* 26, 169-173, 1971a.
- : «Nouveaux fungicides contre l'antracnose des bananes», *Fruits* 26, 819-821, 1971b.
- Frossard, P.; E. Laville: «Etude de traitements fungicides appliqués aux bananes après récolte III. Action de carbendazim (2-methoxy carbamoyl benzimidazole) Bavistine», *Fruits* 28, 617-622, 1973.
- Frossard, P.; E. Laville; J. Moutillon: «Etude des traitements aux bananes après récolte. I Action des thiophanates et methylthiophanate», *Fruits* 28, 195-202, 1973.
- Frossard, P., E. Laville; P. Grand: «Etude des traitements aux bananes après récolte. V Action de l'imazalil», *Fruits* 31, 361-364, 1976.
- Greene, C. L.; G. R. Doos: «Fungi Associated With Crown Rot of Boxed Bananas», *Phytopathology* 53, 271-275, 1963.
- Griffie, P. J.; O. J. Burden: «Incidence and Control of *Colletotrichum musae* on Bananas in the Windward Islands», *Annals of Applied Biology* 77, 1-16, 1974.
- Kaiser, W. J.; F. L. Lukesic: «Occurrence, Sporulation and Pathogenicity Studies With *Glomerella cingulata* Associated with Crown Rot of Boxed Bananas», *Mycologia* 58, 397-405, 1966.
- Lapeyre de Bellaire, L.; J. Nolin: «Amélioration du contrôle du chancre sur les bananes d'exportation et traitements post-récolte», *Fruits* 49, 179-185, 1994.
- Lukesic, F. L.; W. J. Kaiser; M. Martinez: «The Incidence of Crown Rot of Bananas in Relation to Microbial Populations of the Crown Tissue», *Canadian Journal of Botany* 45, 413-421, 1967.
- Marin, D. H.; T. B. Sutton; S. M. Blakenship; W. H. Swallow: «Pathogenicity of Fungi Associated with Crown Rot of Bananas in Latin America», *Plant Disease* 80, 525-528, 1995.
- Meredith, D. S.: «Transport and Storage Disease of Bananas. Biology and Control», *Tropical Agriculture* 48, 413-421, 1971.
- : «Some Fungi on Decaying Leave in Jamaica», *Trans. British Mycol. Society* 45, 335-347, 1962a.
- : «Some Components of Banana Air-Spora in Jamaican Banana Plantations», *Annals of Applied Biology* 50, 57-594, 1962b.
- Pérez, L.; M. Sáenz; M. Milanes; M. O. López; F. Mauri: «Pudrición de la corona de los bananos en Cuba. Etiología y dinámica de las especies de hongos asociadas», *La pudrición de la corona de los bananos en Cuba. Etiología, dinámica y lucha*, Informe final del proyecto 517.05.01, INISAV, 1990a.
- Pérez, L.; I. Vidal: «Aspectos de la biología de *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) v. Arx y *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Saccardo, agentes causales de la pudrición de la corona de los bananos (*Musa* sp.) en Cuba», *La pudrición de la corona de los bananos en Cuba. Etiología, dinámica y lucha*, Informe final del proyecto 517.05.01, INISAV, 1990b.
- Shillingford, C. A.: «Banana Fruit Rot Control in Jamaica», *PANS* 16, 69-75, 1970.
- Slabaugh, W. R.: «Crown Mold, Crown Rot and Pedicel Rot», *Compendium of Tropical Fruit Diseases*, APS Press, St. Paul, MN, E.U., 1994.
- Slabaugh, W. R.; M. D. Grove: «Postharvest Diseases of Bananas and Their Control», *Plant Disease* 66, 747-750, 1982.
- Todsporn, T.; S. Sangchote: «Postharvest Fruit Rot of Banana Caused by *Colletotrichum musae* (Berk. and Curt.) Arx and its Control Measure for Exportation», *Postharvest Handling of Tropical Fruits*, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia, 1994.
- Wardlaw, C. W.: «Banana Diseases Including Plantains and Abaca», 2nd Edition, Ed Longman, London, 1972.