

CONTROL DE DOS ESPECIES DE *Colletotrichum* CAUSANTES DE ANTRACNOSIS EN FRUTOS DE PAPAYA MARADOL*

CONTROL OF TWO SPECIES OF *Colletotrichum* CAUSING ANTHRACNOSE IN MARADOL PAPAYA FRUITS

Felipe Santamaría Basulto^{1§}, Raúl Díaz Plaza², Omar Gutiérrez Alonso¹, Jorge Santamaría Fernández³ y Alfonso Larqué Saavedra³

¹Campo Experimental Mocochoá. INIFAP. Carretera antigua Mérida-Motul, km 24. Mocochoá, Yucatán. C. P. 97454. Tel. 01 991 9162215. Ext. 120 y 148. (gutierrez.omar@inifap.gob.mx). ²Centro Regional de Investigación Sureste. INIFAP. Calle 6, Núm. 398 X13. Av. Correa Rachó, colonia Díaz Ordaz, Mérida, Yucatán. C. P. 97130. Tel. 01 999 1961182. Ext. 201. (diaz.raul@inifap.gob.mx). ³Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43, Núm. 130. Colonia Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, México. C. P. 97200. Tel. 01 999 9428330. Ext. 215 y 260. (jorgesm@cicy.mx), (larque@cicy.mx). [§]Autor para correspondencia: santamaria.felipe@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La antracnosis es una limitante de la vida útil de los frutos de papaya, es causada principalmente por *Colletotrichum gloeosporioides*, aunque es posible encontrar otras especies de *Colletotrichum* causando enfermedades en un mismo cultivo. Para el control de la antracnosis en Yucatán se recomiendan varios fungicidas, pero no todos están permitidos por la agencia de protección al ambiente (EPA) de los Estados Unidos de América, principal país al cual se exporta la papaya yucateca. El presente estudio tuvo como objetivos identificar el agente causal de la antracnosis de papaya en Yucatán, evaluar el efecto de fungicidas que cuentan con registro de EPA sobre las especies que causan antracnosis y explorar el efecto de inductores a resistencia en el control de esta enfermedad. Durante marzo y mayo de 2006 se obtuvieron nueve aislamientos de *Colletotrichum* en frutos de tres regiones productoras de Yucatán, los cuales se identificaron mediante claves taxonómicas. La evaluación de los productos se hizo mediante bioensayos de sensibilidad *in vitro* y la efectividad en frutos inoculados, posteriormente en agosto de 2007, noviembre de 2007 y febrero de 2008, se evaluó el efecto de la aplicación poscosecha de los fungicidas e inductores de resistencia sobre la antracnosis

ABSTRACT

Anthracnose is a limitation of papaya fruits' life, mainly caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, although it is possible to find other *Colletotrichum* species causing diseases in the same crop. In order to control anthracnose in Yucatán, several fungicides are recommended, but not all of them are allowed by the Environmental Protection Agency (EPA) of the United States, the main country to which Yucatan's papaya is exported. This study aimed to identify the causal agent of anthracnose of papaya in Yucatan, to evaluate the effect of fungicides that have EPA registration on species that cause anthracnose and to explore the effect of resistance inducers in controlling this disease. During March and May 2006, nine isolates of *Colletotrichum* were obtained from fruits of three producing regions of Yucatán, which were identified using taxonomic keys. The product evaluation was done by sensitivity *in vitro* bioassays and the effectiveness in inoculated fruits, ensuing in August 2007, November 2007 and February 2008, the effect of postharvest application of fungicides and resistance inducers on anthracnose on naturally infected fruits from the field were evaluated. In the three sites, two species that cause anthracnose

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: septiembre de 2011

en frutos infectados naturalmente desde campo. En las tres localidades se encontraron dos especies que causan antracnosis identificadas como *C. gloeosporioides* y *C. dematium*. En condiciones *in vitro* el desarrollo de *C. gloeosporioides* fue inhibido por prochloraz, ferbam, azoxystrobin, tryfloxystrobin y clorotalonil; el desarrollo de *C. dematium* fue inhibido sólo por prochloraz, ferbam y clorotalonil. En frutos inoculados prochloraz tuvo 100% de efectividad para las dos especies, mientras que azoxystrobin tuvo 87.5% de efectividad para *C. gloeosporioides* y 3.3% para *C. dematium*.

Palabras clave: *Carica papaya*, *Colletotrichum dematium*, *Colletotrichum gloeosporioides*, EPA.

INTRODUCCIÓN

La producción de papaya Maradol en Yucatán se ha incrementado durante varios años hasta mantenerse en cerca de 55 000 t anuales, convirtiéndose en uno de los principales cultivos del estado. La presencia de antracnosis es una de las limitantes de la vida útil de los frutos, ésta enfermedad es causada principalmente por *Colletotrichum gloeosporioides*; sin embargo, de acuerdo con Freeman *et al.* (1998) es posible encontrar a una misma especie de este género atacando a diversos hospederos, así como varias especies de *Colletotrichum* causando enfermedades en un mismo cultivo.

En Venezuela, se ha reportado a *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum dematium*, como causantes de la antracnosis en papaya (Albornett y Sanabria, 1994) y en la península de Yucatán también se han aislado diferentes especies de *Colletotrichum* de frutos de papaya (Tapia-Tussell *et al.*, 2008).

Para el control químico de la antracnosis se han recomendado los fungicidas azoxystrobin, benomilo, captan, clorotalonil, imazalil, mancozeb, metil kresoxim, prochloraz y thiabendazol (Gobierno del estado de Yucatán, 1997; Zavala-León *et al.*, 2005; Cristóbal *et al.*, 2006). De estos fungicidas recomendados, solo azoxystrobin, clorotalonil, mancozeb y thiabendazol están permitidos para su uso en papaya por parte de la agencia de protección al ambiente (EPA) de los Estados Unidos de América, principal país al cual se exporta la papaya yucateca. Otros fungicidas que cuentan con registro de

were found and identified as *C. gloeosporioides* and *C. dematium*. Under *in vitro* conditions, *C. gloeosporioides* development was inhibited by prochloraz, ferbam, azoxystrobin, tryfloxystrobin and chlorothalonil; *C. dematium* development was inhibited only by prochloraz, ferbam and chlorothalonil. In inoculated fruits, prochloraz was 100% effective for both species, while azoxystrobin was 87.5% effective in *C. gloeosporioides* and 3.3% in *C. dematium*.

Key words: *Carica papaya*, *Colletotrichum dematium*, *Colletotrichum gloeosporioides*, EPA.

INTRODUCTION

Maradol papaya production in Yucatán has increased for several years and has remained near to 55 000 t per year, becoming one of the State's main crops. The presence of anthracnose is one of the limitations of fruit's life, this disease is mainly caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, however, according to Freeman *et al.* (1998), it is possible to find a species of this genus attacking different hosts, as well as several species of *Colletotrichum* causing diseases in a crop.

Venezuela has reported *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum dematium* as responsible for anthracnose in papaya (Albornett and Sanabria, 1994) and in Yucatán Peninsula different species of *Colletotrichum* have also been isolated from papaya fruits (Tapia-Tussell *et al.*, 2008).

For chemical control of anthracnose, fungicides have been recommended such as azoxystrobin, benomyl, captan, chlorothalonil, imazalil, mancozeb, kresoxim methyl, prochloraz and thiabendazole (Government of Yucatán, 1997; Zavala-León *et al.*, 2005; Christóbal *et al.*, 2006). Out of these recommended fungicides, only azoxystrobin, chlorothalonil, mancozeb and thiabendazole are permitted for use on papaya by the Environmental Protection Agency (EPA) of the United States, the main country to which Yucatan's papaya is exported. Other fungicides that have EPA registration are ferbam, maneb, mfenoxam, pyraclostrobin and tryfloxystrobin (U. S. Environmental Protection Agency, 2008), but there are no recommendation reports of these products for control of papaya anthracnose in Yucatán.

EPA son ferbam, maneb, mfenoxam, pyraclostrobin y tryfloxystrobin (US Environmental Protection Agency, 2008); sin embargo, no hay reportes de la recomendación de estos productos para el control de la antracnosis de papaya en Yucatán.

Como alternativa para el control y manejo de enfermedades y para reducir la dependencia de los fungicidas sintéticos, se ha explorado el fortalecimiento de la resistencia de la planta en los cultivos hortícolas usando inductores físicos, biológicos y químicos (Terry y Joyce, 2004). La aplicación de ácido salicílico ha reducido la severidad de la antracnosis en poscosecha, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* en mango (Zainuri *et al.*, 2001); el benzothiadiazole, compuesto con estructura química similar al ácido salicílico, incrementó la tolerancia a la infección de *Phytophthora palmivora* en papaya (Zhu *et al.*, 2003); con la aplicación de quitosano fue menor infección y severidad a la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya (Hernández *et al.*, 2001).

El presente estudio tuvo como objetivos identificar el agente causal de la antracnosis de papaya en Yucatán, evaluar el efecto de fungicidas que cuentan con registro de EPA, para utilizarla en papaya sobre las especies que causan antracnosis y explorar el efecto de inductores de resistencia en el control de ésta enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de aislamientos de *Colletotrichum*

Durante marzo y mayo de 2006, se recolectaron frutos en plantaciones ubicadas en las localidades de Becanchén, Ucu y Sucilá (sur, centro y oriente del estado de Yucatán). En cada muestreo se obtuvieron 12 frutos, los cuales se lavaron y se almacenaron a 24 ± 1 °C y 70-75% de humedad relativa. Cuando los frutos presentaron síntomas de antracnosis, se seleccionaron dos lesiones representativas, manchas hundidas de color rosa-salmón y manchas hundidas oscuras. Del tejido sintomático se sembraron fragmentos previamente desinfectados con hipoclorito de sodio 0.6% P/V por 1 min, seguida de dos enjuagues de agua destilada esterilizada. Las siembras se hicieron en cajas petri que contenían medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA, DIBICO®), se incubaron a 24 °C y fotoperiodo de 12 h luz

As an alternative for control and management of diseases and in order to reduce reliance on synthetic fungicides; strengthening of plant resistance in horticultural crops using physical, biological and chemical inducers, has been explored (Terry and Joyce, 2004). The application of salicylic acid has reduced the severity of post-harvest anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on mango (Zainuri *et al.*, 2001); benzothiadiazole, a compound with similar chemical structure to salicylic acid's, increased tolerance to *Phytophthora palmivora* infection in papaya (Zhu *et al.*, 2003); with the application of chitosan, infection and severity of anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* were lower in papaya (Hernández *et al.*, 2001).

This study aimed to identify the causal agent of anthracnose of papaya in Yucatán, to evaluate the effect of fungicides that have EPA registration for use on papaya on the species that cause anthracnose and to explore the effect of resistance inducers in the control of this disease.

MATERIALS AND METHODS

Obtaining isolates of *Colletotrichum*

During March and May 2006, fruits were collected from plantations located in the towns of Becanchen, Ucu and Sucila (south, central and eastern Yucatán State). At each sampling, 12 fruits were obtained, which were washed and stored at 24 ± 1 °C and 70-75% of relative humidity. When fruits showed symptoms of anthracnose, two representative lesions were selected, salmon-pink sunken spots and dark sunken spots. Fragments of symptomatic tissue were planted, previously disinfected with sodium hypochlorite 0.6% W/V for 1 min, followed by two rinses of sterile distilled water. Plantings were made in petri dishes containing culture medium potato dextrose agar (PDA, DIBICO®), which were incubated at 24 °C and photoperiod of 12 h light and 12 h darkness, until they develop reproductive structures. Subsequently monoconidial cultures were made for its identification.

Identification of isolates

The morphological identification was based on monoconidial cultures, taxonomic keys of Ainsworth *et al.* (1973); Barnett and Hunter (1998) were used in

y 12 h oscuridad, hasta que se desarrollaron estructuras de reproducción. Posteriormente se hicieron cultivos monoconidiales para su identificación.

Identificación de los aislamientos

La identificación morfológica se basó en cultivos monoconidiales, se utilizaron las claves taxonómicas de Ainsworth *et al.* (1973); Barnett y Hunter (1998) para identificar a género y las referencias de Sutton (1992) para la especie. El tamaño de conidios de cada aislamiento fue determinado midiendo el largo y ancho de 50 conidios seleccionados al azar.

Comprobación de los postulados de Koch

En abril de 2006 se cosechó un lote de 20 frutos en el Rancho San Pedro (Sucilá), se lavaron con detergente y se dejaron madurar hasta que se presentaron síntomas de antracnosis. Se seleccionaron dos síntomas representativos de las lesiones observadas en las localidades muestreadas, el síntoma A corresponde a la mancha hundida de color rosa-salmón y el síntoma B corresponde a la mancha hundida de color oscuro. De cada síntoma se hicieron los aislamientos correspondientes y a partir de éstos se prepararon soluciones de 1.2×10^6 esporas por mL, para hacer inoculaciones en frutos de la misma localidad cosechados en mayo de 2006. De cada aislamiento se hicieron cuatro inoculaciones en tres frutos utilizando un volumen de 15 μ L de la preparación de conidios, como testigo en cada fruto se hicieron tres aplicaciones de un volumen de 15 μ L agua destilada esterilizada, después de la inoculación los frutos se almacenaron a 24 ± 1 °C y 74% de HR hasta que se observaron los síntomas de antracnosis en los sitios inoculados.

Bioensayos de sensibilidad *in vitro*

Los bioensayos de sensibilidad se realizaron de acuerdo con la metodología de difusión de disco en agar reportado por Davis y Scout (1971); Adaskaveg y Hartin (1997), utilizando los dos aislamientos de *Colletotrichum* que se emplearon en la comprobación de los postulados de Koch.

Se probaron cuatro fungicidas que cuentan con registro de EPA (azoxystrobin, clorotalonil, ferbam, trifloxystrobin), dos fungicidas que se utilizan comúnmente (benomilo y prochloraz) y tres inductores de resistencia (ácido salicílico, benzothiadiazole y quitosano). De cada producto se evaluaron

order to identify the genus and Sutton's references (1992) for species identification. The conidia size of each isolate was determined by measuring the length and width of 50 randomly selected conidia.

Testing Koch's postulates

In April 2006, a batch of 20 fruits was harvested at Rancho San Pedro (Sucilá), they were washed with detergent and were allowed to ripen until they showed anthracnose symptoms. Two representative symptoms of lesions observed in the localities sampled were selected; symptom A corresponds to the salmon-pink sunken spot and B is the dark sunken spot. From each symptom corresponding isolates were made and from these, solutions were prepared of 1.2×10^6 spores per mL, in order to make inoculations in fruits from the same locality harvested in May 2006. From each isolate, four inoculations were made in three fruits using a volume of 15 μ L of the conidia preparation, as a control in each fruit three applications of a 15 μ L volume of sterile distilled water were made, after the inoculation, fruits were stored at 24 ± 1 °C and 74% of HR until anthracnose symptoms were observed in inoculated sites.

Sensitivity *in vitro* bioassays

The sensitive bioassays were performed according to the disk diffusion method, reported by Davis and Scott (1971), Adaskaveg and Hartin (1997), using two isolates of *Colletotrichum* that were employed in testing Koch's postulates.

Four fungicides that have EPA registration were tested (azoxystrobin, chlorothalonil, ferbam, trifloxystrobin), two commonly used fungicides (benomyl and prochloraz) and three resistance inducers (salicylic acid, benzothiadiazole and chitosan). From each product three concentrations were evaluated: used or recommended dose, a lower and a higher concentration, thus, evaluated concentrations were: azoxystrobin, 125, 250 and 500 mg L⁻¹; chlorothalonil, 750, 1 500 and 3 000 mg L⁻¹; ferbam, 760, 1 520 and 3 040 mg L⁻¹; trifloxystrobin, 62, 125 and 250 mg L⁻¹; benomyl, 500, 1 000 and 2 000 mg L⁻¹; prochloraz, 56, 112 and 225 mg L⁻¹; salicylic acid, 1×10^{-4} , 1×10^{-6} and 1×10^{-8} Molar (M); benzothiadiazole, 1×10^{-2} , 1×10^{-3} and 1×10^{-4} M; chitosan, 2 000, 4 000 and 8 000 mg L⁻¹.

tres concentraciones, la dosis usada o recomendada, una concentración inferior y una superior, de esta forma, las concentraciones evaluadas fueron: azoxystrobin, 125, 250 y 500 mg L⁻¹; clorotalonil, 750, 1 500 y 3 000 mg L⁻¹; ferbam, 760, 1 520 y 3 040 mg L⁻¹; trifloxystrobin, 62, 125 y 250 mg L⁻¹; benomilo, 500, 1 000 y 2 000 mg L⁻¹; prochloraz, 56, 112 y 225 mg L⁻¹; ácido salicílico, 1*10⁻⁴, 1*10⁻⁶ y 1*10⁻⁸ Molar (M); benzothiadiazole, 1*10⁻², 1*10⁻³ y 1*10⁻⁴M; quitosano, 2 000, 4 000 y 8 000 mg L⁻¹.

Se utilizó un volumen de 10 µL de cada una de las concentraciones de los fungicidas a evaluar y se vertió sobre un disco de papel filtro de 6 mm de diámetro. Para cada producto se utilizaron tres cajas petri desechables de 100*15 mm, conteniendo medio PDA previamente inoculada con 200 µL de una preparación que contenía 1.1*10⁶ conidios de *Colletotrichum* por mililitro. En cada caja se colocaron cuatro discos que contenían las concentraciones alta, intermedia, baja y agua sin producto que sirvió como testigo. Las cajas inoculadas se incubaron a 24±1 °C y fotoperiodo de 12/12 h de luz/oscuridad. Se evaluó el diámetro de inhibición del crecimiento de cada asilamiento. A los resultados se les practicó un análisis de varianza (diseño completamente al azar), las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) usando el programa Statgraphics plus 4.1 (Statistical Graphics Corp.).

Effectividad de fungicidas e inductores de resistencia en frutos inoculados

Los frutos se lavaron con detergente axión líquido (25 mL L⁻¹ de agua), se enjuagaron con agua destilada esterilizada y se les aplicó el tratamiento correspondiente: azoxystrobin, 250 mg L⁻¹; prochloraz, 112 mg L⁻¹; ácido salicílico, 1*10⁻⁸ M; benzothiadiazole 1*10⁻⁴; quitosano 2 000 mg L⁻¹. Como testigo se utilizaron frutos que fueron tratados únicamente con agua destilada esterilizada.

Al día siguiente se hicieron cuatro punciones en la cáscara del fruto con una aguja esterilizada de 0.8 mm de diámetro, sobre la punción se aplicaron 15 µL de una suspensión de esporas de *Colletotrichum*, con una concentración de 1.2*10⁶ esporas por mL. Como testigo se aplicó agua destilada esterilizada en cuatro punciones por fruto. Se utilizaron cuatro frutos por tratamiento para las inoculaciones con *C. gloeosporioides* y tres frutos por tratamiento para las inoculaciones con *C. dematium*. Después de la inoculación los frutos se envolvieron en papel revolución y se almacenaron a 24 ±1 °C y 70-75% de humedad relativa.

A volume of 10 µL of each concentration of fungicides to be assessed was used and it was poured on a filter paper disc of 6 mm diameter. For each product, three disposable petri boxes of 100*15 mm were used, which contained PDA medium previously inoculated with 200 µL of a preparation containing 1.1*10⁶ conidia of *Colletotrichum* per milliliter. In each box were placed four discs containing high, medium, low concentrations and water without product that was used as control. Inoculated boxes were incubated at 24 ±1 °C and photoperiod of 12/12 h light/dark. The diameter of growth inhibition in each isolation was evaluated. An analysis of variance was performed to the results (completely randomized design), means were compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$) using the Statgraphics plus 4.1 program (Statistical Graphics Corp.).

Effectiveness of fungicides and resistance inducers in inoculated fruits

Fruits were washed with liquid detergent "axion" (25 mL L⁻¹ water), rinsed with sterile distilled water and the appropriate treatment was administered: azoxystrobin, 250 mg L⁻¹; prochloraz, 112 mg L⁻¹; salicylic acid, 1*10⁻⁸ M, benzothiadiazole 1*10⁻⁴; chitosan 2 000 mg L⁻¹. As a control, fruits that were treated only with sterile distilled water were used.

At the next day four punctures in the fruit's skin were made with a sterile needle of 0.8 mm diameter, over the puncture were applied 15 µL of a spore suspension of *Colletotrichum*, with a concentration of 1.2*10⁶ spores per ml. As a control sterile distilled water was applied in four punctures per fruit. Four fruits per treatment were used for inoculation with *C. gloeosporioides* and three fruits per treatment for inoculations with *C. dematium*. After inoculation, the fruits were wrapped in recycled paper and stored at 24 ±1 °C and 70-75% of relative humidity.

The number of positive inoculations was evaluated in order to determinate the products' effectiveness using the formula: % efficiency = (control-treatment)/ control*100 (Abbott, 1925). The effectiveness rates underwent an arcsine transformation and results underwent an analysis of variance (completely randomized design). Means were compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$), using the program Statgraphics plus 4.1 (Statistical Graphics Corp.).

Se evaluó el número de inoculaciones positivas y con esto se determinó la efectividad de los productos mediante la fórmula: % de efectividad = (testigo-tratamiento)/testigo*100 (Abbot, 1925). A los porcentajes de efectividad se realizó una transformación arco seno y a los resultados un análisis de varianza (diseño completamente al azar). Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) usando el programa Statgraphics plus 4.1 (Statistical Graphics Corp.).

Efecto de fungicidas e inductores de resistencia sobre el control de antracnosis

Con base en los resultados obtenidos en los trabajos anteriores, se evaluó el efecto del ácido salicílico y los fungicidas azoxystrobin y prochloraz aplicados en poscosecha sobre el control de la antracnosis en frutos infectados naturalmente desde campo. Se realizaron tres ensayos, en agosto de 2007, noviembre de 2007 y febrero de 2008. Los tratamientos fueron: azoxystrobin, 250 mg L⁻¹; prochloraz, 112 mg L⁻¹; ácido salicílico, 1*10⁻⁸ M; ácido salicílico + azoxystrobin, 1*10⁻⁸ M + 250 mg L⁻¹; ácido salicílico + prochloraz, 1*10⁻⁸ M + 112 mg L⁻¹.

En cada ensayo se utilizaron cinco frutos por tratamiento, los frutos se cosecharon cuando presentaron una raya amarilla bien definida en la cáscara, al día siguiente se dejaron en inmersión por 2 min en la solución correspondiente, posteriormente se almacenaron por 17 días a 24 ± 1 °C y 70-75% de humedad relativa hasta alcanzar la madurez de consumo.

El porcentaje de infección se calculó considerando el número de frutos que presentaron cualquier grado de daño de antracnosis, con base en el total de frutos utilizados en el tratamiento correspondiente. Para medir el área afectada, se diseñó una escala de siete grados de severidad que considera un rango de diámetro de cada grado (Cuadro 1). El número de manchas de cada grado de severidad se multiplicó por el área de un círculo que tiene el diámetro del promedio de los diámetros del rango. Posteriormente se sumaron las áreas afectadas de cada grado para obtener la superficie afectada por fruto. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (diseño completamente al azar) usando el programa Statgraphics plus 4.1 (Statistical Graphics Corp.). Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Effect of fungicides and resistance inducers on anthracnose control

Based on the results of the previous work, the effect of salicylic acid and fungicides azoxystrobin and prochloraz applied postharvest were evaluated, on the control of anthracnose on naturally infected fruits from the field. Three studies were conducted in August 2007, November 2007 and February 2008. The treatments were: azoxystrobin, 250 mg L⁻¹; prochloraz, 112 mg L⁻¹; salicylic acid, 1*10⁻⁸ M; salicylic acid + azoxystrobin, 1*10⁻⁸ M + 250 mg L⁻¹; salicylic acid + prochloraz, 1*10⁻⁸ M + 112 mg L⁻¹.

In each trial were used five fruits per treatment, fruits were harvested when they presented a well-defined yellow stripe in the shell, the next day they were submerged for 2 min in the corresponding solution and then they were stored for 17 days at 24 ± 1 °C and 70-75% of relative humidity until ripening.

The infection rate was calculated considering the number of fruits that had any degree of anthracnose damage, based on the total number of fruits used in the corresponding treatment. In order to measure the affected area, a scale of seven degrees of severity was designed which considers a diameter range of each grade (Table 1). The number of spots in each severity grade was multiplied by the area of a circle with the diameter of the average diameters range. Subsequently, affected areas of each grade were added in order to obtain the affected area per fruit. Results were subjected to analysis of variance (completely randomized design) using the program Statgraphics plus 4.1 (Statistical Graphics Corp.). Means were compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Identification of isolates

The results showed that in the three locations both symptoms of anthracnose were observed. From the pink-salmon sunken spots straight, elongated conidia were obtained, with both rounded ends, from 14.4 to 18.3 μm long and 4.3 to 5.6 μm wide, which were identified as *C. gloeosporioides* (Figure 1A, 1B, 1C and Table 2). From the sunken dark spots curved hyaline conidia were obtained, with both rounded ends, from 25.1 to 26.3 μm long and 3.5 μm wide, these isolates were identified as *C. dematium*. (Figure 1D, 1E, 1F and Table 2).

Cuadro 1. Escala para determinar el área afectada con antracnosis de frutos de papaya.
Table 1. Scale to determine the affected area with anthracnose of papaya fruits.

Grado	Rango de tamaño de mancha inducida por la enfermedad	Diámetro promedio (mm)	Área promedio (mm ²)
1	Desde un punto hasta 0.25 cm de diámetro	0.125	0.049
2	Manchas mayores de 0.25 cm hasta 0.5 cm	0.375	0.441
3	Mayores de 0.5 cm hasta 1 cm	0.75	1.767
4	Mayores de 1 cm hasta 1.5 cm	1.25	4.908
5	Mayores de 1.5 cm hasta 2 cm	1.75	9.621
6	Mayores de 2 cm hasta 2.5 cm	2.25	15.904
7	Mayores de 2.5 cm hasta 3 cm	2.75	23.758

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de los aislamientos

Los resultados mostraron que en las tres localidades se observaron los dos síntomas de antracnosis. De las manchas hundidas de color rosa-salmón se obtuvieron conidios rectos, alargados, con ambos extremos redondeados, de 14.4 a 18.3 μm de largo y de 4.3 a 5.6 μm de ancho, los cuales fueron identificados como *C. gloeosporioides* (Figura 1A, 1B, 1C y Cuadro 2). De las manchas hundidas oscuras se obtuvieron conidios hialinos curvados, con ambos extremos redondeados, de 25.1 a 26.3 μm de largo y de 3.5 μm de ancho. Estos aislamientos fueron identificados como *C. dematium*. (Figura 1D, 1E, 1F y Cuadro 2).

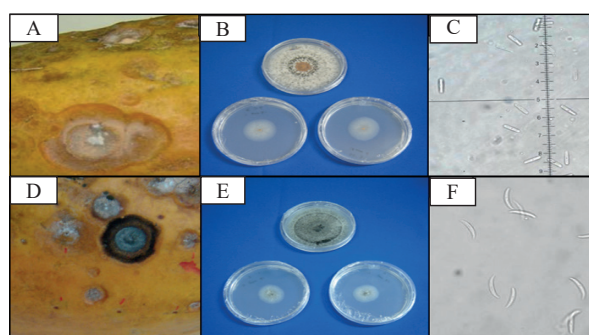


Figura 1. Síntomas de antracnosis en frutos de papaya Maradol, crecimiento en PDA y forma de conidios de los aislamientos identificados como *C. gloeosporioides* (A, B y C) y *C. dematium* (D, E y F).

Figure 1. Symptoms of anthracnose in Maradol papaya fruits, growth on PDA and conidia shape of isolates identified as *C. gloeosporioides* (A, B and C) and *C. dematium* (D, E and F).

Cuadro 2. Tamaño y forma de conidios de dos especies de *Colletotrichum* aislados en frutos de papaya Maradol, en tres localidades de Yucatán.

Table 2. Size and shape of conidia of two *Colletotrichum* species, isolated in Maradol papaya fruits in three locations of Yucatán.

Aislamiento	Síntoma	Tamaño promedio de conidio (μm)*		Forma de conidio	Presencia de setas en PDA	Color de masa conidial	Especie
		Largo	Acho				
Sucilá 15-9	Mancha hundida rosa-salmón	17.72±0.22	4.3 ±0.08	Recto con ambos extremos redondeados	Negativo	Naranja	<i>C. gloeosporioides</i>
Sucilá 15-10	Mancha hundida oscura	25.15±0.32	3.58±0.07	Curvado con ambos extremos redondeados	Positivo	Blanco	<i>C. dematium</i>

*promedio de 50 conidios ± error estándar.

Cuadro 2. Tamaño y forma de conidios de dos especies de *Colletotrichum* aislados en frutos de papaya Maradol, en tres localidades de Yucatán (Continuación).

Table 2. Size and shape of conidia of two *Colletotrichum* species, isolated in Maradol papaya fruits in three locations of Yucatán (Continuation).

Aislamiento	Síntoma	Tamaño promedio de conidio (μm)*		Forma de conidio	Presencia de setas en PDA	Color de masa conidial	Especie
		Largo	Acho				
Becanchén 6-1-5	Mancha hundida rosa-salmón	18.3 \pm 0.2	4.6 \pm 0.09	Recto con ambos extremos redondeados	Negativo	Naranja	<i>C. gloeosporioides</i>
Becanchén 12-1-1	Mancha hundida rosa-salmón	15.5 \pm 0.2	5.31 \pm 0.11	Recto con ambos extremos redondeados	Negativo	Naranja	<i>C. gloeosporioides</i>
Becanchén 12-4-1	Mancha hundida rosa-salmón	14.45 \pm 0.14	5.64 \pm 0.07	Recto con ambos extremos redondeados	Negativo	Naranja	<i>C. gloeosporioides</i>
Becanchén 12-4-2	Mancha hundida oscura	26.31 \pm 0.21	3.54 \pm 0.06	Curvado con ambos extremos redondeados	Negativo	Blanco	<i>C. dematium</i>
Ucú 8-2-1	Mancha hundida oscura	25.7 \pm 0.26	3.56 \pm 0.06	Curvado con ambos extremos redondeados	Negativo	Blanco	<i>C. dematium</i>
Ucú 8-3-1-2	Mancha hundida rosa-salmón	16.03 \pm 0.26	5.02 \pm 0.09	Recto con ambos extremos redondeados	Negativo	Naranja	<i>C. gloeosporioides</i>
Ucú 8-3-2-2	Mancha hundida rosa-salmón	15.87 \pm 0.19	4.44 \pm 0.08	Recto con ambos extremos redondeados	Negativo	Naranja	<i>C. gloeosporioides</i>

*promedio de 50 conidios \pm error estándar.

Comprobación de los postulados de Koch

Del síntoma A, mancha hundida de color rosa-salmón, se observaron acérvulos en forma de almohadilla sin setas de los cuales se obtuvieron conidios rectos y alargados. En los sitios de inoculación se observaron los síntomas típicos de antracnosis, aunque no siempre se observó la coloración rosado-salmón, de estos lugares se re-aislaron conidios alargados. Este aislamiento fue identificado como *C. gloeosporioides*. En el síntoma B, mancha hundida de color oscuro, se observaron acérvulos con abundantes setas de color oscuro los cuales producen conidios curvados. En los sitios de inoculación se volvió a presentar el síntoma de mancha hundida de color oscuro, de los cuales se observaron acérvulos con abundantes setas, de los cuales se obtuvieron conidios curvados. Este aislamiento fue identificado como *C. dematium*. Estos resultados confirman que *C. dematium* es un hongo patógeno a diferencia del reporte de Doihara y Silva (2003), quienes reportan que la prueba de patogenicidad fue negativa para *C. dematium* en frutos de papaya en Brasil.

Testing Koch's postulates

In symptom A (pink-salmon sunken spot), pad-like without setae acervuli were observed from which were obtained straight and elongated conidia. At inoculation sites typical symptoms of anthracnose were observed, but salmon-pink coloration was not always observed, from these sites elongated conidia were re-isolated. This isolation was identified as *C. gloeosporioides*. In symptom B (sunken dark spot), there were acervuli with abundant dark setae, which produce curved conidia. At the inoculation sites the symptom of sunken dark spot was reintroduced, of which acervuli with abundant setae were observed and curved conidia were obtained. This isolate was identified as *C. dematium*. These results confirm that *C. dematium* is a pathogenic fungus, unlike that reported by Doihara and Silva (2003), who claims that pathogenicity test was negative for *C. dematium* in papaya fruits in Brazil.

Bioensayos de sensibilidad *in vitro*

En los ensayos de sensibilidad *in vitro*, los inductores de resistencia (ácido salicílico, benzothiadiazole y quitosano) no inhibieron el crecimiento de ninguna de las dos especies. Respecto a los ensayos de sensibilidad a fungicidas, prochloraz fue el mejor producto para inhibir el desarrollo de las dos especies, incluso a dosis tan bajas como 112 mg L⁻¹ de agua. A las 72 h el diámetro del halo de inhibición fue de 3.2, 3.7 y 4.2 cm con *C. gloeosporioides* y de 2.7, 3.5 y 4.4 cm para *C. dematium*, en las dosis baja, intermedia y alta, respectivamente.

La actividad del fungicida ferbam fue similar con las dos especies; sin embargo, el diámetro de inhibición fue aproximadamente una tercera parte del observado con prochloraz. Clorotalonil tuvo una leve actividad con las dos especies; en cambio, benomilo no tuvo efecto sobre el crecimiento de ninguno de las dos especies, aún a concentraciones de 2 000 mg L⁻¹, que equivale a 4 g de producto comercial por litro de agua. La resistencia de *Colletotrichum* hacia los bencimidazoles, grupo al cual pertenece el benomilo ha sido reportada por Waller (2004); Tavares y Souza (2005); en condiciones *in vitro* Peres *et al.* (2002); Zavala-León *et al.* (2005) también observaron que benomil no tuvo efecto sobre *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de papaya. *Colletotrichum gloeosporioides* mostró sensibilidad hacia las estrobilurinas ya que tanto azoxystrobin como tryfloxystobin inhibieron su desarrollo *in vitro*, en cambio, estos fungicidas no inhibieron el crecimiento de *Colletotrichum dematium* (Figura 2).

Sensitivity *in vitro* bioassays

During the *in vitro* susceptibility assays, the resistance inducers (salicylic acid, benzothiadiazole and chitosan) did not inhibited the growth of either species. Regarding the sensitivity to fungicides assays, prochloraz was the best product for inhibiting the development of both species, even at doses as low as 112 mg L⁻¹ of water. At 72 h, the diameter of inhibition zone was 3.2, 3.7 and 4.2 cm in *C. gloeosporioides* and 2.7, 3.5 and 4.4 cm for *C. dematium* in low, intermediate and high dose, respectively.

Ferbam fungicidal activity was similar with both species however; its inhibition diameter was approximately one-third of that obtained by prochloraz. Chlorothalonil had a low activity with the two species, whereas benomyl had no effect on the growth of either of them, even at concentrations of 2 000 mg L⁻¹, which corresponds to 4 g of commercial product per liter of water. *Colletotrichum* resistance to benzimidazoles, a group to which benomyl belongs, has been reported by Waller (2004); Tavares and Souza (2005), *in vitro* by Peres *et al.* (2002); Zavala-León *et al.* (2005) also found that benomyl had no effect on *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from papaya. *Colletotrichum gloeosporioides* showed sensitivity to strobilurin, since azoxystrobin as well as tryfloxystobin inhibited its development *in vitro* however, these fungicides did not inhibit the growth of *Colletotrichum dematium* (Figure 2).

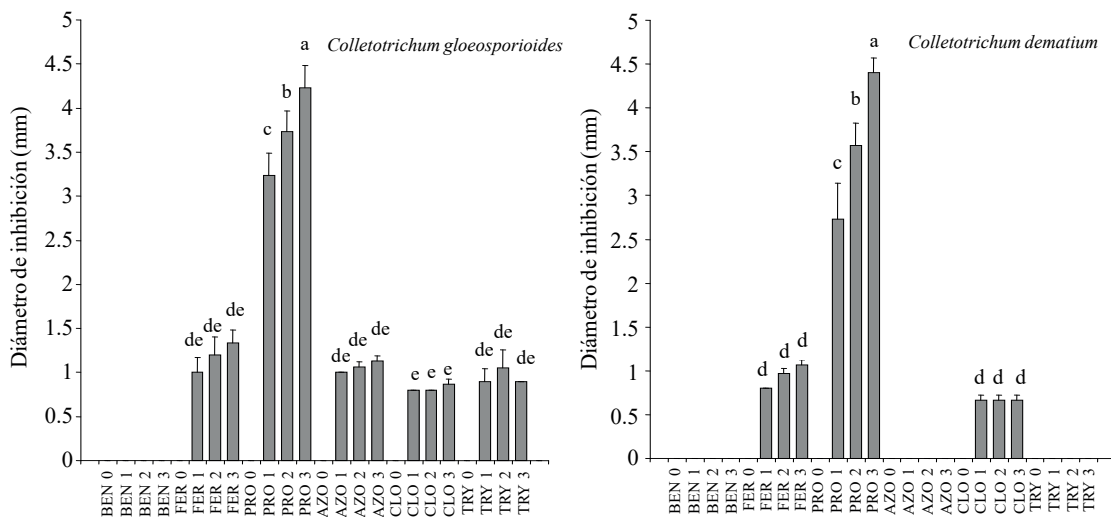


Figura 2. Diámetro de inhibición del desarrollo de *C. gloeosporioides* y *C. dematium* con tres dosis de seis fungicidas en el bioensayo de difusión en disco.

Figure 2. Diameter of growth inhibition of *C. gloeosporioides* and *C. dematium* with three doses of six fungicides on disk diffusion bioassay.

En la Figura 2 las dosis usadas fueron: testigo (0), baja (1), recomendada (2), alta (3). Fungicidas: benomilo (BEN), 0, 500, 1 000 y 2 000 mg L⁻¹; ferbam (FER) 0, 760, 1 520 y 3 040 mg L⁻¹; prochloraz (PRO), 0, 56, 112 y 225 mg L⁻¹; azoxystrobin (AZO), 0, 125, 250 y 500 mg L⁻¹; clorotalonil (CLO), 0, 750, 1 500 y 3 000 mg L⁻¹; Tryfloxystrobin (TRY) 0, 62, 125 y 250 mg L⁻¹. Las medias con letras iguales dentro de cada especie son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Dado que ferbam y clorotalonil inhibieron el crecimiento de las dos especies de *Colletotrichum*, se propuso el uso para el manejo de antracnosis en campo, estos fungicidas con actividad de contacto multisitio tienen un riesgo bajo de desarrollar resistencia; en cambio, las estrobilurinas presentan un alto riesgo de desarrollar resistencia (FRAC, 2010), por lo que se sugiere que las estrobilurinas se utilicen únicamente en poscosecha.

Efectividad de fungicidas e inductores de resistencia en frutos inoculados

En los frutos del testigo se presentaron síntomas en todos los sitios de inoculación. En cuanto a la efectividad de fungicidas e inductores de resistencia, en los frutos inoculados con *C. gloeosporioides*, prochloraz resultó el mejor fungicida al obtener una efectividad 100%, seguido de azoxystrobin con 87.5%, siendo estos tratamientos estadísticamente iguales. El ácido salicílico tuvo 6.25% de efectividad, lo cual fue estadísticamente igual al testigo, al quitosano y al benzothiadiazole que tuvieron 0% de efectividad (Cuadro 3). Para el caso del *C. dematium*, prochloraz también presentó 100% de efectividad. Azoxystrobin tuvo únicamente 33% de efectividad, que fue igual al tratamiento con ácido salicílico y benzothiadiazole y estadísticamente igual al testigo y al tratamiento con quitosano.

In the Figure 2 the doses used were: control (0), low (1), recommended (2), high (3). Fungicides: benomyl (BEN) 0, 500, 1 000 and 2 000 mg L⁻¹; ferbam (FER) 0, 760, 1 520 and 3 040 mg L⁻¹; prochloraz (PRO) 0, 56, 112 and 225 mg L⁻¹, azoxystrobin (AZO) 0, 125, 250 and 500 mg L⁻¹; chlorothalonil (CLO) 0, 750, 1 500 and 3 000 mg L⁻¹; tryfloxystrobin (TRY) 0, 62, 125 and 250 mg L⁻¹. Means with same letters within each species are statistically equal (Tukey, 0.05).

Since ferbam and chlorothalonil inhibited the growth of two species of *Colletotrichum*, its use for anthracnose management in the field was proposed. These fungicides with multisite contact activity have low risk of developing resistance, whereas strobilurins have a high risk of developing resistance (FRAC, 2010), so it is suggested using strobilurins only in post-harvest.

Effectiveness of fungicides and resistance inducers in inoculated fruits

Control fruits showed symptoms in all inoculated sites. Regarding to effectiveness of fungicides and resistance inducers in fruits inoculated with *C. gloeosporioides*, prochloraz was the best fungicide obtaining 100% effectiveness, followed by azoxystrobin with 87.5%, being these treatments statistically equal. Salicylic acid had a 6.25% effectiveness, which was statistically equal to control, chitosan and benzothiadiazole who had 0% effectiveness (Table 3). In the case of *C. dematium*, prochloraz also showed 100% effectiveness, azoxystrobin had only 33% effectiveness, which was equal to the treatment with salicylic acid and benzothiadiazole and statistically equal to the control and chitosan treatment.

Cuadro 3. Incidencia de antracnosis después de 9 y 11 días de la inoculación con *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum dematium* en frutos de papaya Maradol tratados con fungicidas e inductores de resistencia.

Table 3. Incidence of anthracnose after 9 and 11 days after inoculation with *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum dematium* in Maradol papaya fruits, treated with fungicides and resistance inducers.

Tratamiento	Dosis	% de efectividad con base en el número de inoculaciones positivas	
		<i>C. gloeosporioides</i> (9 días)	<i>C. dematium</i> (11 días)
Testigo		0 b	0 b
Azoxystrobin	250 mg L ⁻¹	87.5 a	33.3 b
Prochloraz	112 mg L ⁻¹	100 a	100 a
Quitosano	2 g L ⁻¹	0 b	22.2 b
Ácido Salicílico	1*10 ⁻⁴ M	6.25 b	33.3 b
Benzothiadiazole	1*10 ⁻⁸ M	0 b	33.3 b

Sitios de inoculación por tratamiento: 16 para *C. gloeosporioides*, 12 para *C. dematium*. Las medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Efecto de fungicidas e inductores de resistencia sobre la antracnosis en frutos infectados naturalmente

En los frutos infectados naturalmente desde campo, el mayor número de manchas de antracnosis por fruto se obtuvo con el testigo, seguido del tratamiento con ácido salicílico en las tres evaluaciones (agosto de 2007, noviembre de 2007 y febrero de 2008). Los tratamientos con fungicidas forman otro grupo donde se encuentran menores valores, los frutos tratados con prochloraz presentaron valores más bajos, tanto en número de manchas como en el área dañada; promedios con la misma letra entre número de manchas y entre área dañada en cada fecha de evaluación son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05) (Figura 3); Zavala-León *et al.* (2005) también reportaron que en frutos de papaya, prochloraz fue el fungicida con mayores perspectivas para el control de *C. gloeosporioides*. En términos generales, hubo mayor severidad de la antracnosis en agosto de 2007, que está relacionado con la época de mayor humedad.

El ácido salicílico no tuvo efecto sobre la antracnosis, únicamente en el ensayo de noviembre de 2007 se observó que la combinación del ácido salicílico con prochloraz, mostró menor número de manchas y de área afectada, los cuales fueron incluso menores que cuando se aplicó prochloraz sólo; sin embargo, esto no fue consistente en las otras evaluaciones. Hewajulige *et al.* (2009) tampoco encontraron respuesta en el control de antracnosis al tratamiento de inmersión de los frutos de papaya en ácido salicílico.

Estos resultados difieren de los trabajos reportados en mango, Jianliang *et al.* (1998) observaron reducción del daño de antracnosis en los frutos, cuando el ácido salicílico se aplicó a las inflorescencias de mango y Zainuri *et al.* (2001) encontraron que las aplicaciones pre o poscosecha de 2 mg L⁻¹ de ácido salicílico tendió a suprimir la severidad de la antracnosis en poscosecha causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. Es probable que los inductores de resistencia hayan funcionado porque se aplicaron en precosecha o que en mango haya mejor respuesta que en papaya, dado que se reporta que el quitosano (Zhu *et al.*, 2008a) y el benzothiadiazole (Zhu *et al.*, 2008b) indujeron resistencia en frutos de mango cuando se inocularon con *Colletotrichum gloeosporioides*.

El fungicida prochloraz mostró mejor resultado en el control de las dos especies de *Colletotrichum*, tanto en los ensayos *in vitro* como en las evaluaciones con frutos inoculados y en los frutos infestados desde campo; sin embargo, su recomendación para el control de antracnosis está limitada debido a que no tiene registro de tolerancia por parte de EPA, éste fungicida

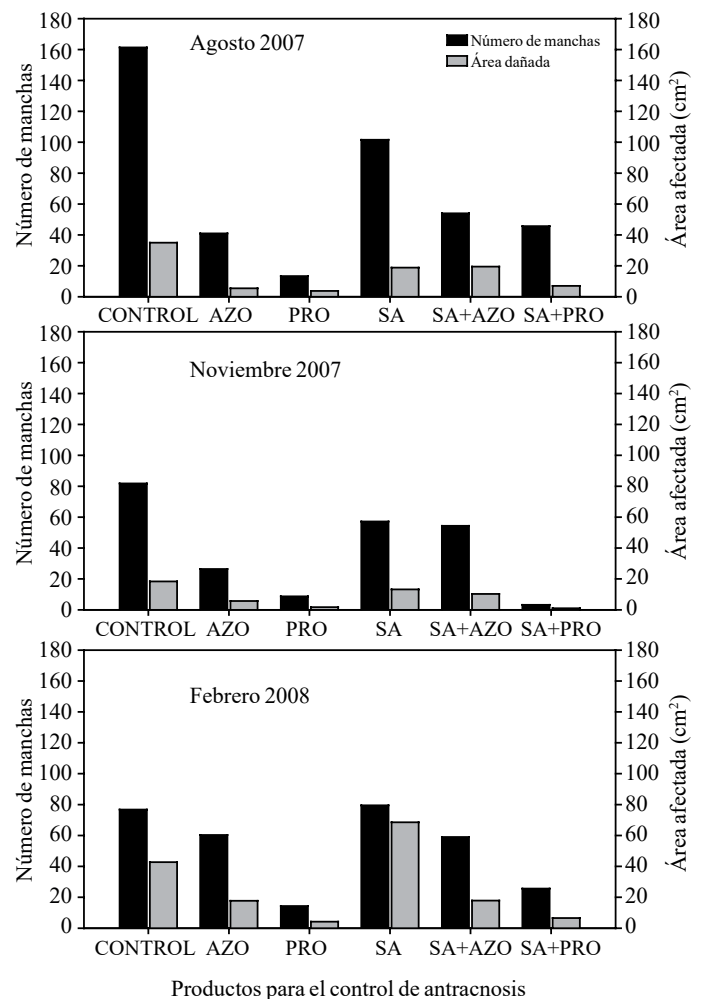


Figura 3. Número y área de manchas de antracnosis en frutos de papaya Maradol tratados con ácido salicílico y los fungicidas azoxystrobin y prochloraz.

Figure 3. Number and spot area of anthracnose on Maradol papaya fruits, treated with salicylic acid and fungicides azoxystrobin and prochloraz.

Effect of fungicides and resistance inducers on anthracnose in naturally infected fruits

In fruits naturally infected from field, the greater number of anthracnose spots per fruit was obtained with the control, followed by treatment with salicylic acid at the three evaluations (August 2007, November 2007 and February 2008). Fungicide treatments form the group with lower values, fruits treated with prochloraz had the lowest values, both in spots number as well as in damaged area; averages with the same letter between spots number and damaged area on each evaluation date are statistically equal (Tukey, 0.05) (Figure 3); Zavala-

está clasificado como posible cancerígeno en humanos (IRIS, 2010). La respuesta de los fungicidas ferbam y clorotalonil en los bioensayos abre la posibilidad de usarlos en precosecha, debido a que tienen registro de tolerancia en EPA y ejercen control contra las dos especies de *Colletotrichum* encontradas.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que en el estado de Yucatán, se encuentran al menos dos especies de *Colletotrichum*, que causan antracnosis en papaya Maradol. Estas especies identificadas como *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum dematium*, presentan diferente sensibilidad a los fungicidas.

En los ensayos *in vitro*, prochloraz tuvo efecto sobre las dos especies mientras que azoxystrobin tuvo efecto sobre *C. gloeosporioides* pero no contra *C. dematium*.

El mayor efecto sobre frutos infestados desde campo se obtuvo con prochloraz seguido de azoxystrobin.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Adaskaveg, J. E. and Hartin, R. J. 1997. Characterization of *Colletotrichum acutatum* isolates causing anthracnose of almond and peach in California. *Phytopathology.* 87:979-987.
- Ainsworth, G. C.; Sparrow, F. K. and Sussman, A. S. 1973. *The fungi. An Advanced Treatise.* Vol. IV. Academic Press. London, UK. 621 p.
- Albornett, Y. J. y Sanabria, A. N. 1994. Diagnóstico de las enfermedades fúngicas en frutos de lechosa (*Carica papaya*) y melón (*Cucumis melo*) para exportación. *Rev. Fac. Agron.* 20:13-20.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi.* American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. USA. 218 p.
- Cristóbal, A. J.; Tun-Suárez, J. M. y Méndez-González, R. 2006. Prevención y control integral de enfermedades. *In: paquete tecnológico de producción de papaya (Carica papaya L.),* Cituk, C. D. E. SEP-Instituto Tecnológico de Conkal. 33-37 pp.

León *et al.* (2005), also reported that in papaya fruits, prochloraz was the fungicide with the greatest potential to control *C. gloeosporioides*. Overall, there was greater severity of anthracnose in August 2007, which is related to the period of greatest moisture.

Salicylic acid had no effect on anthracnose; only in the November 2007 assay was observed that the combination of salicylic acid with prochloraz showed fewer spots and a less affected area, which were even lower than when prochloraz was applied alone; however, this was not consistent in other evaluations. Hewajulige *et al.* (2009) did not find response in the control of anthracnose with immersion of papaya fruits in salicylic acid treatment.

These results differ from those reported in mango. Jianliang *et al.* (1998), observed reduction of anthracnose damage in fruits when salicylic acid was applied to mango inflorescences and Zainuri *et al.* (2001), found that pre or post-harvest application of 2 mg L⁻¹ of salicylic acid, tended to suppress the severity of post-harvest anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. It is likely that the resistance inducers have worked because they were applied pre-harvest or that mango has better response than papaya, as it is reported that chitosan (Zhu *et al.*, 2008a) and benzothiadiazole (Zhu *et al.*, 2008b) induced resistance in mango fruit when they were inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*.

Prochloraz fungicide showed the best results in the control of the two species of *Colletotrichum*, both *in vitro* assays and in evaluations with inoculated fruits and infested fruits from field, but its recommendation for anthracnose control is limited because it is not permitted by EPA, this fungicide is classified as a possible human carcinogen (IRIS, 2010). The response of fungicides ferbam and chlorothalonil in bioassays opens the possibility of using them pre-harvest, because they have EPA registration and both can control the two found *Colletotrichum* species.

CONCLUSIONS

Results show that in Yucatán State exist at least two species of *Colletotrichum* causing anthracnose in Maradol papaya. These species are identified as *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum dematium* and have different sensitivities to fungicides.

- Davis, W. W. and Scout, T. R. 1971. Disc plate method of microbiological antibiotic assay. I. Factors influencing variability and error. *Applied Microbiol.* 22:659-665.
- Doihara, I. P. and Silva, G. S. 2003. Fungi associated with fruit rots of papaya in the State of Maranhao, Brazil. *Summa Phytopathologica.* 29:365-366.
- FRAC. 2010. FRAC Code list: fungicides sorted by modes of action. Fungicide resistance action committee. URL: <http://www.frac.info/frac/publication/anhang/FRAC.Code.List.2010.pdf>.
- Freeman, S.; Katan, T. and Shabi, E. 1998. Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose disease of various fruits. *Plant Dis.* 82:596-605.
- Gobierno del estado de Yucatán. 1997. Experiencias obtenidas en el cultivo de papaya Maradol en el estado. Secretaría de Desarrollo Rural. Editorial DAHEMONT, Mérida, Yucatán. 115 p.
- Hernández, L.; Bautista, B.; Montes, B.; Bravo, L. y Bosquez, M. 2001. Evaluación del quitosano y extracto de semilla de papaya en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en el fruto de la papaya. IX Congreso SOMECH. *Hortic. Mexicana.* 8:160-163.
- Hewajulige, I. G. N.; Perera, M. G. D. S. and Wijeratnam, R. S. W. 2009. Efficacy of irradiated chitosan in controlling papaya anthracnose relative to other recommended postharvest treatments. *Acta Hortic.* 837:199-204.
- Integrated Risk Information System (IRIS). 2010. Prochloraz (CASRN 67747-09-5). URL: <http://www.epa.gov/iris/subst/0378.htm#woe>.
- Jianliang, L.; Xiaodan, H.; Zhidong, F. and Songlin, H. 1998. Induced resistance effect of salicylic acid on anthracnose of mango fruits (*Colletotrichum gloeosporioides*). *J. Trop. Subtrop Botany.* 6(3):245-248.
- Peres, N. A. R.; Kurame, E. E.; Dias, M. S. C. and Sousa, N. L. 2002. Identification and characterization of *Colletotrichum* ssp. affecting fruit alter Harvest in Brazil. *J. Phytopathol.* 150:128-134.
- Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: *Colletotrichum: biology, pathology and control.* Bailey, J. A. and Jeger, M. J. (eds). CAB International, Oxon, UK. 1-26 pp.
- Tapia-Tussell, R.; Quijano-Ramayo, A.; Cortes-Velázquez, A.; Lappe, P.; Larqué-Saavedra, A. and Pérez-Brito, D. 2008. PCR-Based detection and characterization of the fungal pathogens *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum capsici*, causing anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.) in the Yucatán Peninsula. *Mol. Biotechnol.* 40:293-298.
- In the assays conducted *in vitro*, prochloraz had effect on both species, while azoxystrobin had effect on *C. gloeosporioides* but not against *C. dematium*.
- The greater effect on infested fruits from field was obtained with prochloraz followed by azoxystrobin.

End of the English version



- Tavares, G. M. and Souza, P. E. 2005. Effects of fungicides on the *in vitro* control of *Colletotrichum gloeosporioides*, the anthracnose etiologic agent of the papaya tree (*Carica papaya* L.). *Ciência e Agrotecnologia.* 29:52-59.
- Terry, L. A. and Joyce, D. C. 2004. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. *Postharvest Biol. Technol.* 32:1-13.
- US Environmental Protection Agency (EPA). 2008. Pesticide reregistration status. URL: <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm>.
- Waller, J. M. 2004. *Colletotrichum* diseases of perennial and other cash crops. In: *Colletotrichum: biology, pathology and control.* Bailey, J. A. and Jeger, M. J. (eds). CAB International, Oxon, UK. 167-185 pp.
- Zainuri, J. D. C.; Wearing, A. H.; Coates, L. and Terry, L. 2001. Effects of phosphonate and salicylic acid treatments on anthracnose disease development and ripening of 'Kensigtown Pride' mango fruit. *Aust. J. Exp. Agric.* 41:805-813.
- Zhu, X.; Wang, Q.; Cao, J. and Jiang, W. 2008a. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* cv Tainong) fruits. *J. Food Proc. Pres.* 32(5):770-784.
- Zhu, X.; Cao, J.; Wang, Q. and Jiang, W. 2008b. Postharvest infiltration of BTH reduces infection of mango fruits (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) by *Colletotrichum gloeosporioides* and enhances resistance inducing compounds. *J. Phytopathol.* 156(2):68-74.
- Zavala-León, M. J.; Tun-Suárez, J. M.; Cristóbal-Alejo, J.; Ruiz-Sánchez, E.; Gutiérrez-Alonso, O.; Vázquez-Calderón, M. y Méndez-González, M. 2005. Control poscosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. a fungicidas organosintéticos. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 11:251-255.
- Zhu, Y. J.; Qiu, X.; Moore, P. H.; Borth, W.; Hu, J.; Ferreira, S. and Albert, H. H. 2003. Systemic acquired resistance induced by BTH in papaya. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 63:237-248.