

Escala logarítmica diagramática de severidad de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en papaya (*Carica papaya*)

Manuel Jesús Zavala León¹ y Jairo Cristóbal Alejo²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CIRSE, Campo Experimental Mocochoá Km 25,5, antigua carretera a Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, México, C.P. 97454
zavala.manuel@inifap.gob.mx

² Instituto Tecnológico de Conkal, Km 16.3, antigua carretera a Merida-Motul, Conkal, Yuc. México, C.P. 97345

RESUMEN

La antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, representa la enfermedad fungosa que más afecta la calidad de los frutos de papaya en poscosecha. Se desarrolló un trabajo con el objetivo de elaborar y validar una escala logarítmica diagramática de severidad para el patosistema papaya-antracnosis. Para ello se inocularon 130 frutos de papaya con conidios de *C. gloeosporioides* a una concentración 1×10^6 conidios/mL. Los frutos inoculados al madurar manifestaron diferentes grados de severidad, la cual se estimó con ayuda de programas computacionales. Posteriormente se fotografió cada cara de los frutos y algunas imágenes con diferentes grados de daño que se proyectaron a un grupo de 18 evaluadores sin experiencia, para que estimaran la severidad con la escala previamente elaborada. Los datos generados por cada evaluador se sometieron a un análisis de regresión lineal simple. Se generó una escala de seis clases, que abarcaban frutos sin daño hasta frutos con la mayor severidad calculada. El rango de precisión fluctuó entre 0,66-0,81 y la exactitud entre 0,78-0,95; sin embargo, la precisión y exactitud mejoraron o al menos se mantuvieron durante la segunda evaluación. La escala logarítmica generada para el patosistema papaya-antracnosis puede emplearse como una herramienta confiable, pues es fácil de usar, resulta aplicable a un amplio rango de condiciones y, además, proporciona resultados reproducibles, rápidos y exactos.

Palabras claves: antracnosis, papaya, enfermedades fungosas, enfermedades poscosecha

ABSTRACT

Anthrachnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* represents the fungal disease that affects the quality of papaya fruits in postharvest. A study was realized with the objective of develop and validate a logarithmic scale for severity diagrammatic papaya anthracnose pathosystem. This was inoculated with 130 conidia papaya fruits *C. gloeosporioides* at concentration of 1×10^6 conidia per mL. The inoculated fruits when ripe expressed different degrees of severity, which was estimated using computer programs. Subsequently, each face photographed fruit and some images with different degrees of damage were projected to a group of 18 inexperienced evaluators to estimate the severity scale developed previously. The data generated by each evaluator were subjected to a simple linear regression analysis. It generated a scale consisted of six classes, covering fruit without damage to fruits with the highest severity calculated. Precision range varied from 0.66 to 0.81 and accuracy from 0.78 to 0.95, however, precision and accuracy were improved or at least maintained during the second evaluation. The logarithmic scale generated for papaya pathosystem anthracnose, can be used as a reliable tool, it is easy to use, is applicable to a wide range of conditions and further provides reproducible, rapid and accurate.

Key words: anthracnose, papaya fruit, fungal diseases, postharvest decay

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas poscosecha en papaya fluctúan entre 18 y el 30% [Flórez *et al.*, 2009]; sin embargo, la antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., constituye la principal enfermedad en esta etapa. El síndrome característico de la antracnosis inicia con una emisión de látex sobre la superficie del fruto, seguido de una aparición de lesiones de color rojizo, que conforme avanzan se

tornan circulares, acuosas y con los márgenes claros y translúcidos. En una severidad avanzada de la enfermedad, en el centro de la lesión se producen masas de esporas de color salmón [Álvarez y Nishijima, 1987].

En la actualidad se conoce poco acerca de la relación e intensidad de la enfermedad (severidad o incidencia) y pérdidas en los cultivos. Una de las razones es debido a

lo costoso que resulta su medición y también porque los métodos de medición son arbitrarios, de manera que la información obtenida resulta imprecisa e inexacta para la toma de decisiones de control. Una opción son los métodos visuales que resultan ampliamente utilizados por su simpleza y costos. De estos métodos, el uso de escalas logarítmicas basadas en el principio de Weber-Fechner resultan los más adecuados, ya que permiten la asignación de clases con base en un sistema logarítmico; además se incluye una representación fotográfica para cada clase o categoría de la enfermedad [Tovar *et al.*, 2002; Sherwood *et al.*, 1983]. En este contexto se han implementado con éxito escalas logarítmicas diagramáticas en varios patosistemas agrícolas [Cristóbal *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2004; Spósito *et al.*, 2004; Tovar *et al.*, 2002]. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en elaborar y validar una escala logarítmica diagramática de severidad para el patosistema papaya-antracnosis (*Carica papaya-Colletotrichum gloeosporioides*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de la escala logarítmica diagramática

Se colectaron 130 frutos de papaya cv. Maradol en madurez fisiológica de un huerto del municipio de Tekax, Yucatán, México. Después de un acondicionamiento bajo condiciones de laboratorio por 24 h, se procedió a lavar los frutos con agua potable para eliminar polvo y residuos de campo, luego se desinfectaron con alcohol y agua estéril, y por último se dejaron secar. Posteriormente se preparó una concentración de conidios de *C. gloeosporioides* a 1×10^6 conidios/mL, que se asperjó sobre los frutos con ayuda de un atomizador de plástico de 500 mL, se esperó a que se secaran y se colocaron dentro de cajas plásticas con algodón húmedo, donde se mantuvieron bajo condiciones de laboratorio por un período de diez días, momento en que los frutos comenzaron a madurar, y se procedió a la estimación de la severidad de la antracnosis. Para ello, cada cara del fruto se fotografió con una cámara digital (Olympus), luego cada imagen se procesó con ayuda del programa Photo Magic (versión 1.0 de Micrografx Inc.), donde se diferenció la parte dañada con rojo y la parte sana con azul rey, después con el programa Image Tool (versión 1.28 de la Universidad de Texas). Cada imagen se redujo a blanco y negro para estimar el área sana y enferma de cada fruto. El máximo porcentaje de severidad obtenido se introdujo al programa 2 log, así como el número de clases, según el criterio de una distribución

normal de los porcentajes calculados y sin exceder un número no práctico de clases, y se procedió a validar la escala.

Validación de la escala logarítmica diagramática

Para la validación de la escala se realizaron dos evaluaciones con 18 evaluadores que emplearon la escala previamente elaborada para valorar 50 de los 130 frutos fotografiados. Catorce días después de la primera evaluación se proyectaron nuevamente las imágenes a los mismos evaluadores con la finalidad de evaluar la reproducibilidad de la escala.

Análisis de los datos

La precisión y exactitud visual estimada por cada evaluador se determinó mediante un análisis de regresión lineal simple, en el que se consideró a la severidad real como variable independiente, y a la severidad estimada como variable dependiente. La precisión y exactitud de cada evaluador correspondió al valor del coeficiente de determinación (r^2) y pendiente (b_1), respectivamente [Tovar *et al.*, 2002, Nutter y Schultz, 1995; Campbell y Maden, 1990].

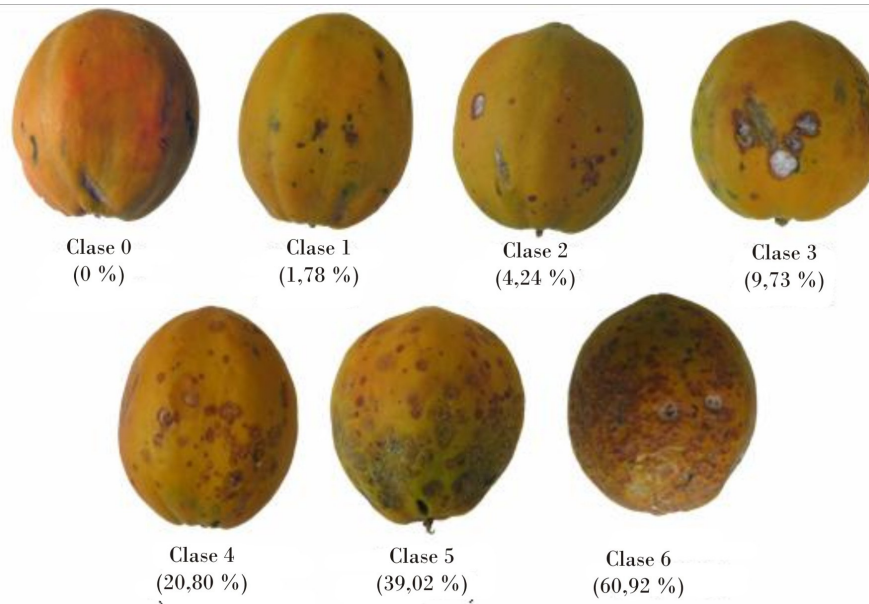
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La escala logarítmica diagramática generada para cuantificar la severidad de la antracnosis en frutos de papaya constó de siete clases o niveles de severidad, donde correspondió la clase 0 a frutos sin daño, y la 7 a frutos con el máximo porcentaje de daño o severidad estimado, que fue del 60,92 % (Figura).

En la validación de la escala se formaron dos segmentos de evaluadores, uno comprendido por los evaluadores del 1-9 y otro del 10-18. Durante la primera evaluación, el segmento de evaluadores del 1-9 obtuvo un rango de precisión (r^2) de 0,66-0,81, y una exactitud (b_1) entre 0,78-0,95; sin embargo, la precisión y exactitud mejoró o al menos se mantuvo durante la segunda evaluación (Tabla). Esta tendencia de mejora entre evaluaciones resulta común en otros patosistemas [Cristóbal *et al.*, 2006; Villanueva *et al.*, 2005], y se debe principalmente al conocimiento acerca de los síntomas de la enfermedad y al uso de la escala adquirido en la primera evaluación [Tovar *et al.*, 2002]. Por su parte, en los evaluadores del segundo segmento (10-18) se observó una tendencia contraria a los evaluadores del primero, ya que inicialmente lograron una precisión entre 0,68-0,84 y una exactitud entre 0,82-0,96; sin embargo, ambos atributos disminuyeron para la segunda eva-

luación. Al respecto, Sherwood *et al.* (1983) mencionaron que existen factores externos como el tamaño y color de la lesión, la intensidad de luz, la fatiga del evaluador al momento de la evaluación, que afectan la

precisión y exactitud de las evaluaciones visuales. Además, es importante señalar que ambos segmentos de evaluadores mostraron una tendencia a subestimar positivamente la severidad de la enfermedad.



Escala logarítmica diagramática para evaluar la severidad de la antracnosis en el patosistema *Carica papaya-Colletotrichum gloeosporioides*.

Coefficiente de determinación y pendiente de la regresión lineal simple obtenidos entre la severidad de la antracnosis estimada por cada evaluador, con auxilio de la escala diagramática, y la severidad real

Evaluador	Primera evaluación		Segunda evaluación	
	r^2	b_1	R^2	b_1
1	0,73	0,78	0,80	0,83
2	0,70	0,86	0,82	0,90
3	0,81	0,82	0,81	0,84
4	0,75	0,90	0,79	1,00
5	0,81	0,95	0,81	0,88
6	0,76	0,80	0,76	0,80
7	0,66	0,81	0,81	0,82
8	0,75	0,79	0,87	0,80
9	0,66	0,84	0,78	0,83
10	0,76	0,82	0,67	0,71
11	0,68	0,84	0,65	0,91
12	0,82	0,82	0,78	0,85
13	0,84	0,88	0,83	0,88
14	0,78	0,83	0,70	0,80
15	0,80	0,94	0,72	0,87
16	0,80	0,92	0,74	0,90
17	0,72	0,87	0,71	0,79
18	0,82	0,96	0,79	0,96

Basado en estos resultados, la escala logarítmica generada para el patosistema papaya-antracnosis puede emplearse como una herramienta confiable, ya que proporciona resultados reproducibles, rápidos y exactos [Nutter *et al.*, 1993].

CONCLUSIONES

- La escala diagramática propuesta para la evaluación de la severidad de la antracnosis en papaya en poscosecha demostró ser de fácil uso y confiable, cumple con las condiciones de facilidad de uso y es capaz además de proporcionar estimaciones rápidas de la enfermedad con una buena precisión, exactitud y reproducibilidad.
- La escala se puede emplear como una guía en la toma de decisiones en los esquemas de certificación de calidad de las empacadoras; también puede ser usado por asesores y profesionales fitosanitarios encargados de realizar pruebas de efectividad biológica de plaguicidas para verificar niveles de control de la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es producto del proyecto «Estrategias para el mejoramiento de la papaya» con número SINASO: 159570287.

REFERENCIAS

Alvarez, A. M.; W. T. Nishijima: «Postharvest diseases of papaya», *Plant Disease* 71 (8): 681-686, EE. UU., 1987.

Campbell, C. L.; L. V. Madden: *Introduction to Plant Disease Epidemiology*, John Wiley and Sons, Nueva York, 1990.

Cristóbal, A. J.; L. E. Caamal; J. M. T. Suárez; A. G. Pérez; L. M. Latournerie: «Epidemiología del mildiú de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt) en materiales de melón (*Cucumis melo* L.)», *Fitosanidad* 10 (3): 197-201, Cuba, 2006.

Florez, O. A.; H. F. Marín; J. A. Zapata: «Estudio de las prácticas de cosecha y poscosecha de papaya (*Carica papaya* cv. Maradol), en el departamento del Huila, Colombia», *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 0 (1): 29-36, Colombia, 2009.

Martins, M. C.; R. A. Guerzoni; G. M. S. Camara; P. Mattiazzi; S. A. Lourenco; L. Amorim. «Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja», *Fitopatologia Brasileira* 29 (2): 179-184, 2004.

Nutter, F. W. Jr.; M. L. Gleason; J. H. Jenco; N. C. Christians: «Assessing the Accuracy, Intra-Rater Repeatability, and Inter-Repeteability of Diseases Assessment Systems», *Phytopathology* 83 (8): 806-812, EE. UU., 1993.

Nutter, F. W. Jr.; P. M. Schultz: «Improving the Accuracy and Precision of Disease Assessments: Selection of Methods and Use of Computer-Aided Training Programs», *Canadian Journal of Plant Pathology* 17 (2): 174-184, 1995.

Sherwood, R. T.; C. C. Berg; M. R. Hoover; K. E. Zeiders: «Illusions in Visual Assessment of Stagonospora Leaf Spot of Orchardgrass», *Phytopathology* 73: 173-177, EE. UU., 1983.

Spósito, M. B.; L. Amorim; J. J. Belasque; R. B. Bassanezi; R. de Aquino: «Elaboração e validação de escala diagramática para aviação da severidade da mancha preta em frutos cítricos», *Fitopatologia Brasileira* 29 (1): 81-85, 2004.

Tovar, A., M. Hernández; J. Cristóbal; R. Romero; G. Mora: «Escala logarítmica diagramática de severidad de la mancha negra (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en Chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.)», *Revista Mexicana de Fitopatología* 20 (1): 103-109, 2002.

Villanueva, E.; M. A. Sánchez; J. Cristóbal; E. Ruiz; J. M. Tún: «Diagnóstico y alternativas de manejo del tizón foliar (*Alternaria chrysanthemi* Simmons y Crosier) del crisantemo (*Crysanthemum morifolium* Ramat.) Kitamura en Yucatán, México», *Revista Mexicana de Fitopatología* 23 (1): 49-56, 2005.