

ARTÍCULO ORIGINAL

Manejo de epifitias del *Virus de la mancha anular de la papaya* utilizando barreras de *Zea mays* L. en *Carica papaya* L.

Dariel Cabrera Mederos^I, Dahert García Hernández^{II}, José Efraín González^{II}, Orelvis Portal^I

^IUniversidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Correo electrónico: dcabreram@uclv.edu.cu; ^{II}Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales. Apartado 6, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de barreras de maíz (*Zea mays* L.) intercaladas en plantaciones de papaya (*Carica papaya* L.) var. Maradol roja en el progreso de epifitias del *Virus de la mancha anular de la papaya* (PRSV). Con este propósito, se realizaron evaluaciones de plantas sintomáticas cada 15 días, durante 240 días después del trasplante. Los tratamientos fueron dos: el manejo integral de la papaya mediante la protección de viveros, barreras perimetrales de sorgo forrajero y maíz intercalado (MIP-Maíz), y manejo con las prácticas descritas en el tratamiento anterior, sin incluir el maíz intercalado (MIP). En el MIP-Maíz se observó disminución del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (*abcpe*) en relación al MIP. Las barreras intercaladas de maíz tuvieron un efecto en la reducción de epifitias y disminuyeron la incidencia y severidad final del PRSV en 25 y 17% respectivamente, comparado con el MIP. Se demostró que la adición de barreras de maíz intercaladas en plantaciones de papaya reducen las afectaciones producidas por el PRSV en zonas con endemismo de esta enfermedad viral.

Palabras clave: *Carica papaya*, manejo integrado, Maradol roja, PRSV, *Zea mays*.

Epiphyte management of *Papaya ringspot virus* using *Zea mays* L. barriers in *Carica papaya* L.

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the effect of corn (*Zea mays* L.) barriers intercropped in plantations of papaya (*Carica papaya* L.) var. Maradol roja on the progress of *Papaya ringspot virus* (PRSV) epiphytes. For this purpose, evaluations of symptomatic plants were developed every 15 days during 240 days after transplanting. Two treatments were used: the inclusion or not of intercropped corn (MIP-Corn) in the integrated management of papaya with nursery protection and edge barriers of forage sorghum. In the MIP-Corn, a reduction in the area under the disease progress curve (*audpc*) was observed in comparison with MIP. The intercropped maize barriers had a reducing effect on epiphytes and decreased the incidence and final severity of PRSV in 25 and 17% respectively, compared with MIP. It was demonstrated that the addition of intercropped corn barriers in papaya plantations reduced the damages caused by PRSV in endemic areas of this viral disease.

Key words: *Carica papaya*, integrated management, Maradol roja, PRSV, *Zea mays*.

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) se encuentra distribuida a lo largo de las regiones tropicales y subtropicales del mundo (1). La amplia adaptación de esta planta y la aceptación de sus frutos le confieren considerables ventajas comerciales locales y de exportación. En Cuba, *C. papaya* constituye el tercer frutal en importancia económica y la variedad más extendida es Maradol roja. Esta variedad puede producir hasta 100 t.ha⁻¹ en un

período de 10 meses a partir del trasplante (2), aunque en la actualidad los rendimientos que se obtienen son bajos, debido fundamentalmente a deficientes atenciones agrotécnicas y problemas fitosanitarios.

El *Virus de la mancha anular de la papaya* (PRSV) es transmitido de forma no persistente por varias especies de áfidos (3,4) y causa una de las enfermedades más destructivas en este cultivo a nivel mundial (5). Estos áfidos que transmiten la enfermedad, pero

que no colonizan las plantaciones, se consideran vectores transeúntes (6,7) y la aplicación de insecticidas no resulta una práctica efectiva para su manejo. Adicionalmente, la transmisión del PRSV, tal y como se informó para otros potyvirus (8), ocurre antes de que los insecticidas actúen sobre los insectos vectores.

Ante esta situación, para el manejo del PRSV se implementó en México el uso de barreras vegetales (9,10), como método eficiente en la reducción de epifitias. Otras medidas evaluadas fueron el uso de malla antiáfidos en la protección de viveros (11) y la eliminación de plantas infectadas (12), aunque esta última no resulte viable en zonas de alta presión de inóculo.

En Cuba, se evaluó el efecto de la protección de viveros, y el empleo de barreras perimetrales de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) en el manejo del PRSV (13), las que ofrecen la posibilidad de reducir la infección del PRSV y extender el ciclo de las plantaciones. No obstante; los estudios conducidos en el país para el manejo de este virus resultan aún escasos y no se conoce el efecto de otras especies de plantas como barreras en la reducción de epifitias.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto individual de la adición de barreras intercaladas de maíz (*Zea mays* L.) en plantaciones de papaya var. Maradol roja sobre la incidencia y severidad del PRSV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron durante el período comprendido entre agosto de 2010 y abril de 2011, en áreas de producción del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales en Santo Domingo, Cuba. La zona presenta media anual de precipitación acumulada de 1 348 mm y temperatura de 24 °C.

Los viveros se establecieron con semilla básica de papaya var. Maradol roja, y el trasplante se realizó siete semanas después de la germinación.

Los tratamientos de manejo de la papaya fueron:

- I) MIP, que incluyó las siguientes tácticas: vivero protegido con malla antiáfidos; fertilización química y orgánica del suelo y follaje, control cultural de arvenses y control químico de insectos y enfermedades fúngicas; establecimiento barrera perimetral de *S. vulgare*, variedad forrajera y deshoje semanal en 1 666 plantas por hectárea a un marco de plantación de 4 x 1,50 m.
- II) MIP-Maíz: vivero protegido con malla antiáfidos, incluyendo las prácticas agrotécnicas y fitosanitarias

descritas en el tratamiento anterior, pero con 1 915 plantas por hectárea y diferente marco de plantación (4 x 1,80 x 1,80 m). Además, en todo el tratamiento se adicionó un surco de *Z. mays* var. Tusón, intercalado entre la doble hilera de plantas de papaya.

Para la fertilización química de ambos tratamientos se utilizó N-P-K (9-15-17%) a razón de 100 a 150 g.planta⁻¹ cada 30 días, y se combinaron aplicaciones de 100 g.planta⁻¹ de N-0-0 (46%) y 1,5 L.ha⁻¹ de Bayfolan forte (Bayer CropScience, Alemania). La fertilización orgánica y el control fitosanitario se realizaron durante todo el ciclo de las plantaciones, según recomendaciones del Instructivo Técnico de la Papaya (14). Los plaguicidas empleados fueron Monarca SE 11,25 (tiacloprid + ciflutrin (beta)), Amidor CS 60 (metamidofos), Rogor L 40 (dimetoato), Amistar 25 SC (Azoxistrobina), Oxicloruro de cobre PH 50 (oxicloruro de cobre), Bayfidan GR (triadimenol), Benomilo PH 50 (benomilo) y Mancozeb PH 80 (mancozeb), a las dosis recomendadas para cada producto.

Se evaluó la incidencia y severidad del virus cada 15 días, durante 240 días después del trasplante (ddt). En cada tratamiento se establecieron parcelas de una hectárea y los muestreos se realizaron en diagonal en zig-zag, en 220 plantas al azar por tratamiento.

Para calcular la incidencia de la enfermedad en cada tratamiento se empleó la fórmula:

$$I(\%) = \frac{n}{N} \times 100 \quad (15)$$

Donde: I = incidencia de la enfermedad en el campo (%); n: total de plantas afectadas; N: total de plantas muestreadas.

Por su parte, para el cálculo de la severidad se empleó la fórmula de Townsend y Heuberger (16):

$$IA(\%) = \frac{\sum(axb)}{N \times K} \times 100$$

Donde: IA = índice de afectación (%); a= total de plantas en cada grado de la escala; b= grado de la escala correspondiente; N= número total de plantas evaluadas; K= grado máximo de la escala (K=5).

La escala evaluativa empleada de 6 grados, abarca desde 0, que representa plantas asintomáticas hasta 5, donde las plantas exhiben síntomas severos (mosaico intenso y distorsión de las hojas en más del 75% del área foliar).

Con los valores de incidencia y severidad final se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (abcpe) según Shaner y Finney (17):

$$\sum_{i=1}^n [(Y_{i+n1} + Yi) / 2] [(X_{i+n1} - Xi)]$$

Donde: Y_i = Índice de afectación en la i observación, X_i = Tiempo en días a la i -ésima observación y n = Número total de observaciones.

En las primeras evaluaciones, las plantas con síntomas poco definidos se analizaron mediante el uso de un sistema de diagnóstico ELISA-DAS utilizando un anticuerpo anti-PRSV (Agdia, EE.UU.) (18), según recomendaciones del fabricante, donde se utilizó como criterio de positividad aquellos valores de absorbancia mayores que el duplo de la media del control negativo. Para medir la absorbancia a 405 nm, se empleó un lector automatizado de placas Biotek® ELx-800 (BioTek Instruments, Inc., Winooski, Vermont, EE.UU.).

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó con la ayuda del paquete estadístico para Windows Statistical Package for the Social Science (SPSS Inc.) versión 18. Los valores del *abcpe* se procesaron estadísticamente mediante la prueba no paramétrica de Mann Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las primeras plantas sintomáticas se observaron en los tratamientos evaluados a partir de los 180 ddt. Los síntomas iniciales en estas plantas fueron clorosis internerval, mosaico ligero y anillos concéntricos en los frutos, cuyas muestras se confirmaron como positivas al PRSV mediante ELISA-DAS.

Se produjeron diferencias significativas en cuanto a incidencia y severidad (*abcpe*) del PRSV en la papaya entre los tratamientos evaluados (Tabla 1). El manejo donde se incluyó maíz como cultivo intercalado (MIP-Maíz) presentó menores valores de *abcpe* en relación al MIP, y se redujo la incidencia y severidad final del

PRSV en 25 y 17% respectivamente. En los tratamientos evaluados la manifestación de los síntomas se inició de forma simultánea (Fig. 1).

Como en ambos tratamientos se incorporó la protección de viveros y barreras perimetrales de sorgo forrajero en el manejo de epifitias del PRSV, la adición de maíz intercalado en el tratamiento MIP-Maíz, debió ser un factor determinante en la reducción de los valores de incidencia y severidad de este virus. Esta disminución pudo estar relacionada con la interferencia provocada por las barreras en la diseminación de la enfermedad entre plantas, debido al efecto que estas producen en la limpieza del estilete de los áfidos vectores del PRSV. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Hernández-Castro *et al.* (10), los que emplearon diferentes marcos de plantación en sus experimentos. También resultaron satisfactorias en el manejo de esta enfermedad, el uso de otras barreras vegetales y de combinaciones de alternativas (9, 19, 20).

En Veracruz, México, Hernández-Castro *et al.* (12) evaluaron el manejo del PRSV en *C. papaya* var. Maradol roja mediante protección de viveros, barreras perimetrales e intercaladas y demostraron su factibilidad comparado con el manejo regional aplicado por los productores. Además, determinaron que al existir una tasa de infección baja, el desarrollo de la epifitia es lento, tal y como se observó en el tratamiento MIP-Maíz evaluado.

Aunque la severidad del PRSV se relaciona con el proceso de patogénesis, la disminución de plantas infectadas influye en esta variable epifitológica. Las plantas que se emplearon como barreras son colonizadas por áfidos (12), pero al no constituir hospedantes del PRSV se convierten en sitios de limpieza del estilete de los alados infectados que puedan ingresar en las plantaciones y contribuyen así a evitar la diseminación

TABLA 1. Incidencia y severidad del PRSV en plantaciones de papaya var. Maradol roja empleando dos sistemas de manejo. MIP con maíz intercalado (MIP-Maíz) y sin maíz (MIP) en Santo Domingo, Cuba. / *Incidence and severity of PRSV in plantations of papaya var. Maradol roja with two management systems. MIP with intercropped corn (MIP-Corn) and without corn (MIP) in Santo Domingo, Cuba*

Tratamiento	Incidencia				Severidad			
	Y_f (%)	Rangos medios	Medias reales	EE (±)	Y_f (%)	Rangos medios	Medias reales	EE (±)
MIP	57,30	251,08 a	2086,36	137,08	29,70	253,60 a	1020,00	70,13
MIP-Maíz	31,82	189,92 b	1036,36	107,40	12,18	187,40 b	463,64	50,75

Y_f = Incidencia y severidad final; *abcpe* = área bajo la curva de progreso de la enfermedad.

a, b: Rangos medios con letras desiguales en una columna difieren según Mann Whitney ($p \leq 0,05$).

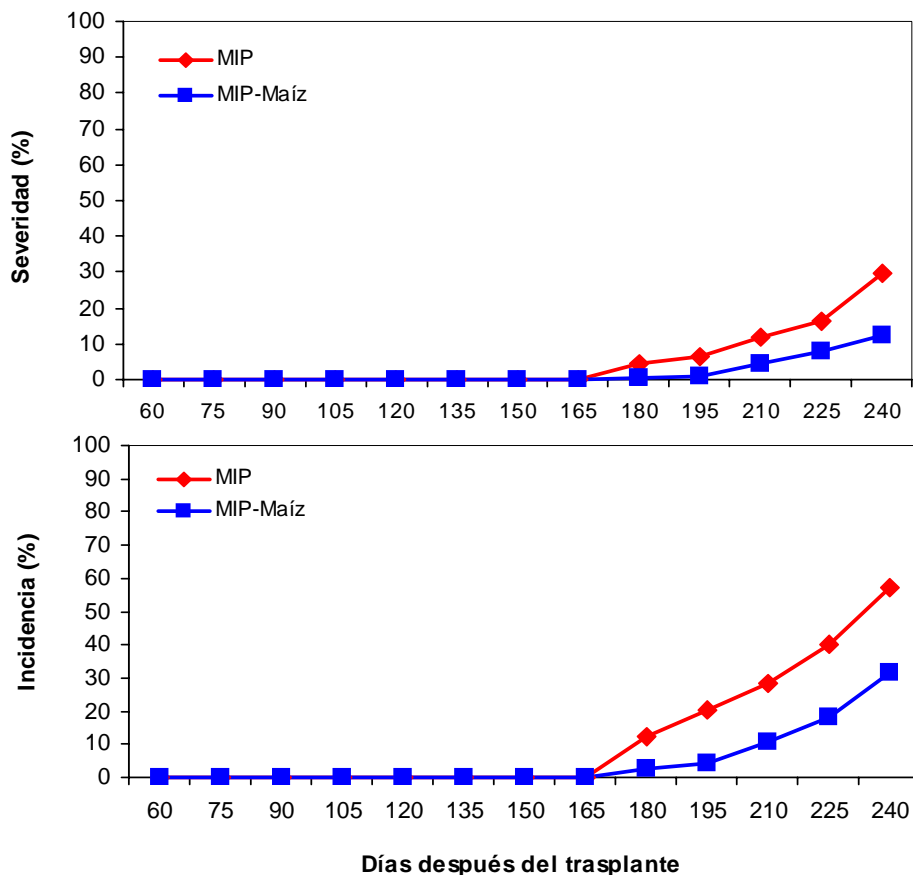


FIGURA 1. Progreso de la incidencia y severidad del PRSV en plantaciones de papaya var. Maradol roja en sistemas de manejo MIP con maíz intercalado (MIP-Maíz) y sin maíz (MIP) en Santo Domingo, Cuba. / *Progress of the incidence and severity of PRSV in plantations of papaya var. Maradol roja using management systems MIP with intercropped corn (MIP-Corn) and without corn (MIP) in Santo Domingo, Cuba.*

de la enfermedad. Además, estas barreras pueden interferir en el comportamiento de vuelo de los áfidos, contribuyendo así al manejo de virus transmitidos de forma no persistente por áfidos (21, 22).

Debido al endemismo de la enfermedad en la zona de estudio, las barreras no evitaron la llegada de insectos a los tratamientos evaluados y la infección se pudo iniciar de forma simultánea. Sin embargo; estas barreras contribuyeron a mitigar las afectaciones del PRSV, no necesariamente dado por el momento de inicio de los síntomas, sino por la menor dispersión de la enfermedad dentro de las plantaciones, como se observó en el tratamiento MIP-Maíz.

En esta investigación no se evaluó la fluctuación poblacional de áfidos, pero García y Cabrera (23) realizaron evaluaciones similares en esta zona e informaron abundancia de estos insectos y alta incidencia del PRSV debido a su rápida dispersión en las plantaciones. Los valores de incidencia del PRSV observados

en ambos tratamientos demuestran la presencia de insectos vectores de este virus.

Los resultados de este trabajo sugieren la posibilidad de incluir barreras intercaladas de *Z. mays* en el manejo integral de *C. papaya* en zonas con endemismo del PRSV en Cuba y abundantes poblaciones de insectos vectores, debido a la interferencia que provoca esta planta en la dispersión del virus y la reducción de epifitias.

REFERENCIAS

1. Yeh SD, Bau HJ, Kung YJ, Yu TA. Papaya. En: Pua EC, Davey MR (Eds) *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 60, Transgenic Crops V., Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2007. pp. 73-96.
2. Rodríguez AA, Sánchez P. *Especies de frutales cultivadas en Cuba en la agricultura urbana y suburbana*. 4^{ta} ed., Instituto de Investigaciones

- Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt», La Habana, Cuba; 2009. 150pp.
3. Mora-Aguilera G, Nieto D, Téliz D, Campbell CL. Development of a prediction model for papaya ringspot in Veracruz, Mexico. *Plant Dis.* 1993;77:1205-1211.
 4. Kallelshwaraswamy CM, Krishna-Kumar NK. Transmission efficiency of *Papaya ringspot virus* by three aphid species. *Phytopathology.* 2008;98:541-546.
 5. Tripathi S, Suzuki JY, Ferreira SA, Gonsalves D. *Papaya ringspot virus*-P: characteristics, pathogenicity, sequence variability and control. *Mol. Plant Pathol.* 2008;9:269-280.
 6. Irwin ME, Kampmeier GE, Weisser WW. Aphid movement: process and consequences. In: van Emden, H.F., Harrington, R. (Eds.), *Aphids as Crop Pests.* CABI Publishing, Wallingford; 2007. pp. 153-186.
 7. Fereres A, Moreno A. Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. *Virus Res.* 2009;141:158-168.
 8. Webb SE, Linda SB. Effect of oil and insecticide on epidemics of potyviruses in watermelon in Florida. *Plant Dis.* 2007;77:869-874.
 9. Rivas-Valencia P, Mora-Aguilera G, Téliz-Ortiz D, Mora-Aguilera A. Evaluación de barreras vegetales en el manejo integrado de la mancha anular del papayo en Michoacán, México. *Summa Phytopathologica.* 2008;34:307-312.
 10. Hernández-Castro E, Villanueva-Jiménez JA, Mora-Aguilera JA, Nava-Díaz C. Barreras de maíz en una estrategia de manejo integral para controlar epidemias del *Virus mancha anular del papayo* (PRSV-P). *Agrociencia.* 2010;44:339-349.
 11. Hernández-Castro E, Marín-Lara NED, Villanueva-Jiménez JA. Malla de polipropileno para prevenir los daños del Virus de la mancha anular en semilleros de papayo (*Carica papaya* L.) cv. Maradol roja. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecol.* 2005;74:59-64.
 12. Hernández-Castro E, Villanueva-Jiménez JA, Mosqueda-Vázquez R, Mora-Aguilera JA. Efecto de la erradicación de plantas enfermas por el PRSV-P en un sistema de manejo integrado del papayo (*Carica papaya* L.) en Veracruz, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 2004;22:382-388.
 13. Cabrera D, García D, Caballero MW, García PL, Portal O. Manejo de la mancha anular de la papaya mediante el uso de malla antiáfidos en viveros de *Carica papaya* L. var. Maradol roja. *Fitosanidad.* 2011;15:241-244.
 14. Ministerio de la Agricultura (MINAG). Instructivo técnico del cultivo de la fruta bomba. INIVIT, Villa Clara, Cuba, 2008; 17pp.
 15. Cooke BM. Disease assessment and yield loss. En: Cooke, B. M.; D. Gareth Jones; B. Kaye (eds) *The epidemiology of plant diseases*, 2^{da} ed., Springer, the Netherland; 2006. pp. 43-80.
 16. Townsend GR, Heuberger JW. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Dis. Rep.* 1943;27:340-343.
 17. Shaner G, Finney RE. The effect of nitrogen fertilization on the expression of show-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology.* 1977;67:1051-1056.
 18. Clark MF, Adams AN. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.* 1977;34:475-483
 19. Opina OS, Tomines RL. Management of papaya ringspot by isolation and intercropping of papaya. *Philip. Phytopathol.* 1996;32:51-56.
 20. Damicone JP, Edelson JV, Sherwood JL, Myers LD, Motes JE. Effects of border crops and intercrops on control of cucurbit virus diseases. *Plant Dis.* 2007;91:509-516.
 21. Fereres, A. Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses. *Virus Res.* 2000;71 :221-31.
 22. Shelton AM, Badenes-Perez FR. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 2006; 51:285-308.
 23. García D, Cabrera D. Efecto de la posición cardinal y dirección predominante de los vientos en la fluctuación poblacional de áfidos e incidencia del *Virus de la mancha anular de la papaya*. *Centro Agrícola.* 2012; 39:81-84.

Recibido: 12-7-2012.

Aceptado: 13-1-2013.