

# ESTUDIO DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO *Isaria fumosorosea* COMO CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LA MOSQUITA BLANCA

## *Bemisia tabaci*

Antonio Flores Macías, Micaela Pucheta Díaz, Miguel Angel Ramos-López, Silvia Rodríguez Navarro, Guadalupe Ramos Espinosa y Daniel Juárez Ruiz

### RESUMEN

Se conocen más de 20 especies de hongos entomopatógenos capaces de infectar a la mosquita blanca *Bemisia tabaci*. En el presente trabajo se evaluó el potencial microbiológico del hongo *I. fumosorosea* en el control de *B. tabaci*. La aplicación del hongo se realizó en cinco ocasiones con intervalos de siete días, a una concentración de  $5 \times 10^9$  conidias/g. La mortalidad de huevos, ninfas de primero, segundo y tercer instar, pupas y adultos fueron contabilizados. Los estados ninfales, el huevo y pupa fueron altamente susceptibles al efecto micoinsecticida del hongo; lo que no ocurrió con el estado adulto. Los instares muertos del estado ninfa mostraron una tendencia creciente en el periodo de estudio, alcanzando una mortalidad de

~70% en la última aplicación, mientras que la de los adultos fue <30%. El análisis de regresión mostró alta correlación ( $R^2 \geq 0,90$ ;  $P \leq 0,05$ ) entre el número individuos muertos de los estados ninfales y huevo con relación a la variable climática humedad ambiental, lo que sugiere que la mortalidad de ambos estados es altamente dependiente de los incrementos de humedad. Esta alta correlación no se presentó para los estados pupa y adulto. Los resultados indican que *I. fumosorosea* tiene el potencial de ser un agente microbiológico para el control de la mosquita blanca en el cultivo de frijol, en los estados de ninfa, huevo y pupa; sin embargo, no tiene acción micoinsecticida sobre los adultos.

### Introducción

Los hongos entomopatógenos son importantes agentes en el control natural de insectos, que pueden ser utilizados con fungicidas en el manejo integrado de plagas (D'Alessandro *et al.*, 2011). *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii* y *Metarhizium anisopliae* son los hongos mayormente estudiados y utilizados ampliamente en el combate de insectos plaga. Sin embargo, durante los últimos años se ha incrementado el interés en el hongo *Isaria fumosorosea* (antes conocido como *Paecilomyces fumosoroseus*; Luangsa-Ard

*et al.*, 2005) porque ha mostrado gran potencial como agente microbiológico para el control de insectos plaga pertenecientes a diferentes Ordenes, además de que ha sido inofensivo contra organismos benéficos y, especialmente, por el interés en utilizarlo para el control de mosquita blanca (Zimmermann, 2008; Avery *et al.*, 2010; Hunter, 2011) solo o en combinación con parasitoides (Avery *et al.*, 2008).

La mosquita blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) es una plaga distribuida mundialmente y de gran importancia debido a los daños

que causa al alimentarse del tejido vegetal y a la transmisión de virus fitopatógenos que ocasiona en los más de 600 cultivos que son sus hospederos (De Barro *et al.*, 2011; Hong y Jeong, 2011). La capacidad de desarrollar resistencia a diferentes insecticidas sintéticos y la necesidad de mejorar el cuidado del ambiente han incrementado el interés de estudiar alternativas biológicas para el control de esta plaga, incluyendo la utilización de hongos (Vázquez-Moreno, 2002).

La temperatura, la humedad relativa y la radiación solar

son los factores abióticos medioambientales más importantes que afectan la germinación, el crecimiento vegetativo y la viabilidad de los hongos entomopatógenos (Vidal y Fargues, 2007). Con relación a estos factores abióticos, se han encontrado resultados contrastantes en estudios de la virulencia de los hongos bajo diferentes condiciones ambientales, entre ellas la humedad. Se ha mencionado que el éxito logrado en el control de mosquita blanca mediante la aplicación de hongos entomopatógenos puede no alcanzarse cuando las condiciones

**PALABRAS CLAVE / *Bemisia tabaci* / Hongo Entomopatógeno / Humedad Ambiental / *Isaria fumosorosea* / Mosquita Blanca / *Phaseolus vulgaris* /**

Recibido: 31/05/2012. Modificado: 06/08/2013. Aceptado: 09/08/2013.

**Antonio Flores Macías.** Ingeniero Agrónomo y Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Docente-Investigador, UAM-Xochimilco, México. e-mail: afloresm@correo.xoc.uam.mx

**Micaela Pucheta Díaz.** Ingeniera Agrónoma y Maestra en Ciencias Agropecuarias, UAM, México. Gerente de Campo, Centro de Investigación y Estudios

Avanzados (CINVESTAV)-IPN, México.

**Miguel Angel Ramos-López.** Ingeniero Agrónomo y Doctor en Ciencias Biológicas, UAM, México. Profesor-Investigador, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), México. Dirección: Facultad de Química, UAQ. Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Qro.

México. e-mail: agromyke@yahoo.com

**Silvia Rodríguez Navarro.** Bióloga, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Doctora en Ciencias Agrícolas, Universidad de la Habana, Cuba. Docente-Investigador, UAM-Xochimilco, México. e-mail: snavarro@correo.xoc.uam.mx

**Guadalupe Ramos Espinosa.** Bióloga, UNAM, México.

Maestra en Ciencias, Colegio Superior de Agricultura Tropical, México. Docente-Investigador, UAM-Xochimilco, México. e-mail: mgramos@correo.xoc.uam.mx

**Daniel Juárez Ruiz.** Ingeniero Agrónomo, UAM, México. Maestro en Ciencias en Fitopatología, Colegio de Postgraduados, México. Docente-Investigador, UAM-Xochimilco, México.

## STUDY OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *Isaria fumosorosea* AS MICROBIOLOGICAL CONTROL OF THE WHITE FLY *Bemisia tabaci*

Antonio Flores Macías, Micaela Pucheta Díaz, Miguel Angel Ramos-López, Silvia Rodríguez Navarro, Guadalupe Ramos Espinosa and Daniel Juárez Ruiz

### SUMMARY

There are more than 20 known species of entomopathogenic fungi capable of infecting the whitefly *Bemisia tabaci*. This paper shows the results of the assessment of microbiological potential of *I. fumosorosea* on the control of *B. tabaci*. Five applications of the fungus were made at seven day intervals, at a rate of  $5 \times 10^9$  conidia/g. The susceptibilities of eggs, nymphs of first, second and third instar, pupae and adults were evaluated. The nymphal, egg, and pupa stages were highly susceptible to the mycoinsecticide effect; however, the pathogenicity was very low in adults. The number of dead nymphs showed an increasing trend during the assessment, reaching a mortality of ~70%

in the last application, while it was <30% in adults. Regression analysis revealed a high correlation ( $R^2 \geq 0.90$ ,  $P \leq 0.05$ ) between dead individuals of the nymphal and egg stages in relation to the climatic variable environmental humidity, suggesting that the mortality of both states is highly dependent on the increase in humidity; although this high correlation was not observed on the pupa and adult stages. The results indicate that *I. fumosorosea* has the potential for microbial control of whitefly infestation of beans crops in the eggs, pupae, and nymphal stage, contrasting with the adults, which showed a very low susceptibility.

## ESTUDO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO *Isaria fumosorosea* COMO CONTROLE MICROBIOLÓGICO DA MOSCA BRANCA *Bemisia tabaci*

Antonio Flores Macías, Micaela Pucheta Díaz, Miguel Angel Ramos-López, Silvia Rodríguez Navarro, Guadalupe Ramos Espinosa e Daniel Juárez Ruiz

### RESUMO

Conhecem-se mais de 20 espécies de fungos entomopatogênicos capazes de infectar a mosca branca *Bemisia tabaci*. No presente trabalho se avaliou o potencial microbiológico do fungo *I. fumosorosea* no controle de *B. tabaci*. A aplicação do fungo se realizou em cinco ocasiões com intervalos de sete dias, em concentração de  $5 \times 10^9$  conídios/g. A mortalidade de ovos, ninfas de primeiro, segundo e terceiro instar, pupas e adultos foram contabilizados. Os estágios ninfais, o ovo e pupa foram altamente susceptíveis ao efeito micoinseticida do fungo; o que não ocorreu com o estágio adulto. Os instares mortos do estágio ninfal mostraram uma tendência crescente no período de estudo, alcançando uma mortalidade de ~70% na última

aplicação, enquanto que a dos adultos foi <30%. A análise de regressão mostrou alta correlação ( $R^2 \geq 0,90$ ;  $P \leq 0,05$ ) entre o número indivíduos mortos dos estágios ninfais e ovo em relação à variável climática de umidade ambiental, o que sugere que a mortalidade de ambos os estágios é altamente dependente do incremento de umidade. Esta alta correlação não se apresentou para os estágios pupa e adulto. Os resultados indicam que *I. fumosorosea* tem o potencial de ser um agente microbiológico para o controle da mosca branca no cultivo de feijão, nos estágios de ninfa, ovo e pupa; no entanto, não tem ação micoinseticida sobre os adultos.

climáticas no son favorables (Wraight *et al.*, 2000). Por ello, resulta necesario investigar el comportamiento de los hongos utilizando diferentes protocolos de investigación y en diferentes condiciones ambientales. El objetivo de este estudio fue evaluar bajo condiciones de invernadero la susceptibilidad de *Bemisia tabaci* al micoinseticida *Isaria fumosorosea*, y en especial identificar su eficacia insecticida en los diferentes estados poblacionales y su relación con variables climáticas.

### Métodos

La evaluación del potencial del hongo entomopatogeno *I.*

*fumosorosea* para el control de *B. tabaci* fue realizada bajo condiciones de invernadero, donde se sembraron semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Flor de Mayo). Los tratamientos evaluados consistieron en la aplicación del hongo y un control (agua). El producto utilizado (de nombre comercial 'Pae-Sin') fue proporcionado por la empresa Agrobiológicos del Noroeste S.A. de Culiacán, Sinaloa, México y depositado en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México, para su conservación. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completa-

mente al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental consistió en una maceta donde se establecieron las plantas de frijol y se dejaron desarrollar hasta contar con dos hojas verdaderas, para posteriormente colocarse en un área aislada con una malla de poro fino (tela de organza). Para lograr su infestación, dentro del área se colocaron hojas conteniendo diferentes estados de mosquita blanca previamente identificada como *B. tabaci*. Una vez que las plantas contaron con una población de al menos 10 pupas, los demás estados fueron eliminados de las plantas, y posteriormente se procedió a realizar la aplica-

ción de los tratamientos. Se corroboró que la concentración de ingrediente activo del hongo fuera de  $5 \times 10^9$  conidias viables por gramo, de acuerdo a lo indicado por el fabricante. El conteo de las conidias se realizó en una cámara de Neubauer, utilizando un microscopio de contraste de fases. La viabilidad de las conidias fue determinada mediante siembra del hongo en cajas de Petri conteniendo agar incubadas durante 24h a 26°C. Las conidias fueron consideradas como viables una vez que emitieron el tubo germinal. Cuando fue necesario, se procedió a realizar un ajuste (García *et al.*, 1999) para ga-

rantizar la concentración de conidias viables antes mencionada.

Se realizaron cinco aplicaciones con intervalos de siete días mediante una aspersora manual (5,27kg·cm<sup>-2</sup>), utilizando una boquilla cónica para aplicar la suspensión sobre el envés de las hojas hasta el punto de goteo.

Tres hojas de cada unidad experimental fueron seleccionadas al azar y sobre ellas se contabilizaron los diferentes estados de mosquita blanca. El muestreo se realizó sobre una superficie circular de 1cm<sup>2</sup> cerca de la base de la hoja, marcada con un sacabocados. El conteo de los diferentes estados (huevos, instares ninfales 1, 2 y 3, pupas y adultos) vivos y muertos fue realizado 24h antes y 96h después de cada aplicación. El número de individuos muertos utilizado para realizar las pruebas estadísticas fue obtenido mediante la diferencia de individuos contabilizados antes y después de la aplicación de los tratamientos. El conteo fue realizado durante las primeras horas de la mañana antes de que los adultos iniciaran su actividad. La mortalidad fue determinada con base en la población total antes y después de cada aplicación.

Utilizando una estación climatológica Hobo H21-001 conectada a detectores, se monitorearon durante el experimento las variables temperatura y humedad relativa (S-THB), y radiación solar (PAR S-LIA-M003).

#### Análisis y procesamiento de datos

Se realizaron pruebas estadísticas para verificar la distribución normal y homocedasticidad de los datos. La significancia del número de individuos en los tratamientos se determinó mediante análisis de varianza y posterior comparación de medias mediante prueba de Tukey (SAS, 2001). En los casos necesarios se realizaron transformaciones para cumplir con las premisas

anteriores, o bien se recurrió a pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis). Se realizaron análisis de regresión simple y correlación entre las variables climáticas y los conteos realizados a los diferentes estados poblacionales.

#### Resultados y Discusión

La temperatura promedio durante el experimento fue de 22,9 (±2,3SD). Se ha reportado que la temperatura óptima para el crecimiento de *I. fumosorosea* es entre los 20 y 30°C (Vidal *et al.*, 1997); sin embargo, se le ha identificado como una especie compleja en el sentido de que existen aislados que pueden crecer entre los 5 y 35°C (Zimmermann, 2008).

La humedad relativa promedio fue de 62,7 ±12,7% (SD) con humedades máximas de 98% durante el atardecer (después de las 18:00) y el amanecer (06:00-08:00). La humedad mínima fue del 16% cerca de las 14:00. Condiciones de alta humedad (>85%) han sido reportadas como necesarias para que *I. fumosorosea* infecte a la mosquita blanca (Landa *et al.*, 1994).

Se observó en pocas ocasiones la formación de esporas sobre la superficie de los insectos muertos, lo que probablemente está asociado a la baja humedad relativa que se presentó durante el experimento. Se ha señalado que una vez que las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie se inicia la formación de esporas cuando la humedad relativa es alta (Pucheta *et al.*, 2006). Wraight *et al.* (2000) observaron esta esporulación y crecimiento externo del hongo durante periodos largos de lluvia o después de muchas noches de exposición a condiciones de alta humedad. Ambientes similares a los antes descritos no se presentaron durante el

TABLA I  
NÚMERO DE ORGANISMOS MUERTOS EN CADA ESTADO DE MOSQUITA BLANCA, PARA CADA UNA DE LAS CINCO APLICACIONES DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO *I. fumosorosea* \*

Estado	Aplicaciones de <i>I. fumosorosea</i>				
	I	II	III	IV	V
Ninfas	56,8 ±8,2 a	72,3 ±6,4 a	35,3 ±4,5 a	37,8 ±37,8 a	26,3 ±3,1 a
Huevo	45,5 ±7,1 ab	13,3 ±2,3 b	30,1 ±2,3 a	18,8 ±18,8 b	18,3 ±2,4 a
Pupa	25,8 ±2,3 ab	32,5 ±4,1 b	21,8 ±3,3 ab	14,5 ±14,5 b	6,3 ±0,7 b
Adulto	0,8 ±0,0 b	1,0 ±0,1 c	1,0 ±0,3 b	1,5 ±0,1 c	0,5 ±0,0 c
Control**	1,4 ±0,1 b	0,9 ±0,0 c	0,8 ±0,0 b	0,9 ±0,1 c	0,3 ±0,0 c
P≤	0,024	0,0006	0,0102	0,0022	0,0106

\* Valores promedio ±SD.

\*\* Valor promedio de todos los estados.

Letras iguales dentro de columnas indican la ausencia de significancia (Tukey≤0,05).

presente experimento, lo que probablemente limitó la esporulación sobre los organismos invadidos por *I. fumosorosea*.

Al realizar la comparación de medias entre el tratamiento y el control en cada uno de los cinco muestreos, se encontró una diferencia altamente significativa (P≤0,01) para los estados ninfa, huevo y pupa de mosquita blanca; sin embargo, esto no ocurrió en los conteos realizados al estado adulto, lo que indica que el hongo logró causar una mortalidad comparativamente superior a la lograda en el control (Tabla I), excepto en adultos.

En cada una de las cinco aplicaciones se encontraron diferencias significativas en el número de individuos muertos ocasionado por *I. fumosorosea* en comparación con el testigo, para los diferentes estados poblacionales (Tabla I), siendo el número de ninfas totales en el que mayor mortalidad ocurrió, mientras que fue el estado adulto en el que se presentó la menor mortalidad (Figura 1). La mortalidad total, que incluyó todos los estados poblacionales en el control, permaneció baja (<5%) durante todo el experimento, mientras que la mortalidad total causada por *I. fumosorosea* mostró una tendencia creciente; sin embargo, el porcentaje de adultos muertos fue prácticamente igual al inicio y al final de las aplicaciones (Figura 1).

La mortalidad de adultos no superó el 30% en ninguna

de las cinco aplicaciones y solo alcanzó un 16% al final de la quinta aplicación, lo que muestra la poca efectividad para controlar este estado poblacional. Resultados similares fueron reportados por Wraight *et al.* (2000), quienes sugirieron que esta baja respuesta está relacionada con factores tales como la cubierta del cuerpo por alas membranosas y escamas cerosas, un menor contacto con las microcondiciones que rodean a las hojas, y a que los adultos están expuestos a humedades más bajas y a la radiación solar que limitan el desarrollo del hongo. Estas condiciones de baja humedad y alta radiación son características que rodean a los estratos altos de las plantas, lugar donde mayormente se encuentran los estados adultos de mosquita blanca (Naranjo y Flint, 1995; Arnó *et al.*, 2006). Se ha reportado que durante varios días posteriores a la aplicación del hongo, algunos adultos mueren o son incapaces de poner huevos aunque hayan emergido e igualmente se ha observado que presentan malformaciones durante su desarrollo adulto; sin embargo, debe considerarse que los adultos, aunque son poco susceptibles al efecto micoinsecticida del hongo, probablemente influyan en la colonización de otros estados poblacionales de mosquita blanca como resultado de la autodi-seminación de esporas realizada durante su movilidad (Zhen *et al.*, 2010).

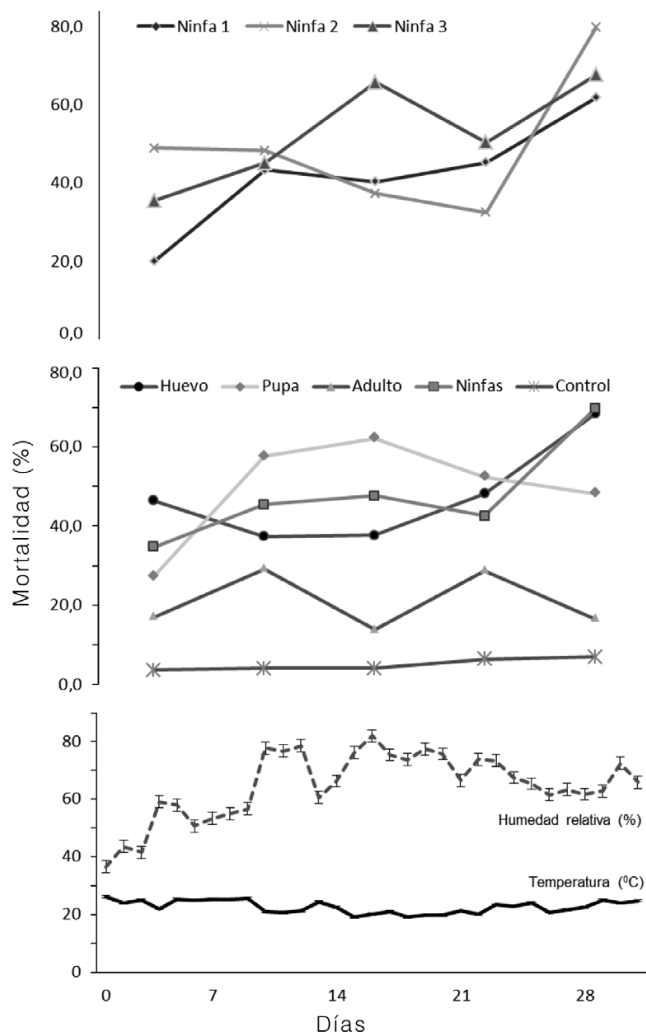


Figura 1. Tendencias en la mortalidad de diferentes estados poblacionales de mosquita blanca durante un periodo de cinco aplicaciones del hongo entomopatógeno *I. fumosorosea*, con datos promedio de temperatura y humedad.

A diferencia de los adultos, la mortalidad causada por *I. fumosorosea* sobre el total de ninfas mostró una tendencia creciente durante el periodo de tiempo en el que se realizaron las diferentes aplicaciones (Figura 1). La mortalidad se incrementó a 48% en las primeras tres aplicaciones, bajó ligeramente a 43% en la cuarta y se incrementó hasta casi un 70% en la quinta aplicación. Aunque la tendencia del número de ninfas muertas totales fue creciente, se presentó un comportamiento errático en el número de ninfas muertas para cada uno de los instares (ninfa 1, 2 y 3), sin encontrarse sin diferencias estadísticas en el número de ninfas muertas entre los diferentes estadios ( $F=1,95$ ;

$P \leq 0,198$ ) para cada aplicación (Figura 1), lo que indica que *I. fumosorosea* causó una mortalidad igual sobre los tres estadios. A diferencia de estos resultados, Cabanillas y Jones (2009) encontraron una mayor patogenicidad sobre los instares segundo y tercero que sobre el cuarto y el estado adulto. Wraight *et al.* (2000) observaron una respuesta similar, en la que *I. fumosorosea* causó una gran mortalidad sobre los instares ninfales pero no así sobre los adultos de *Bemisia argentifolii*.

La correlación entre los estados poblacionales y la variable temperatura fue baja ( $R^2 < 0,4$ ). Sin embargo, el análisis de regresión mostró una correlación alta ( $R^2 = 0,91$ ) con una tendencia polinomial de

segundo grado ( $P \leq 0,05$ ) entre los estados muertos de ninfas totales y la humedad relativa. Una respuesta similar se observó en el número de huevos muertos. Este comportamiento no se observó para los otros estados poblacionales, lo que probablemente indica que otros factores, tales como la temperatura y la radiación solar debieron estar asociados a la ausencia de una correlación mayor. También, se ha sugerido que la transpiración de la hoja y las condiciones microclimáticas presentes en la superficie del insecto pueden modificar la acción micoinsecticida (Wraight *et al.*, 2000; Fargues *et al.*, 2003); sin embargo, estas microvariables no fueron monitoreadas durante el presente experimento.

La mortalidad en el estado de huevo mostró una disminución después de la primera aplicación, pero tuvo un incremento del 48 al 68% entre la cuarta y la quinta aspersión. El número de huevos muertos fue significativamente igual que el alcanzado en el número de ninfas totales en tres de las aplicaciones (Tabla I), lo que indica un nivel eficiente de *I. fumosorosea* como agente de control de ambos estados poblacionales. Como se mencionó anteriormente, el incremento en mortalidad de huevos estuvo fuertemente correlacionado ( $R^2 = 0,92$ ) con el incremento en la humedad y, al igual que en el caso de los instares ninfales, se observó una tendencia polinomial de segundo grado ( $P \leq 0,05$ ). Esta correlación indica que existe una asociación entre las variaciones de mortalidad para ambos estados y los cambios en humedad que se presentaron durante los periodos transcurridos entre las cinco aplicaciones. Estudios previos han mostrado que la epizootia causada por *I. fumosorosea* ha reducido sustancialmente la población de *B. tabaci* durante o inmediatamente después de periodos lluviosos o etapas de frío y condiciones húmedas en campo o invernadero (Castineiras, 1995).

Con respecto a la mortalidad de pupas, ésta inició en un 27%, se incrementó a un 62% en la tercera aplicación y disminuyó hasta un 48% en la última. Sin embargo, se observó una correlación baja entre este estado poblacional y las variables climáticas de temperatura y humedad, por lo que probablemente las variaciones en mortalidad estuvieron asociadas a factores microclimáticos.

Probablemente la mortalidad se incrementó en días posteriores a los días de muestreo, ya que se ha comprobado que en todos los niveles de infestación de *I. fumosorosea* la colonización se incrementa con el tiempo. Zhen *et al.* (2010) encontraron que la mortalidad promedio del segundo instar de *B. tabaci* tratado con una concentración de  $1 \times 10^6$  conidios/ml se incrementó de un 64 a un 93% cuando el conteo se realizó a los 6 y 12 días posteriores a la aplicación. Igualmente era de esperarse una mayor reducción en la población de mosquita blanca después de la quinta aplicación, ya que la longevidad y la fecundidad del insecto se reduce como resultado de la actividad del hongo (Zhen *et al.*, 2010).

## Conclusiones

El hongo *I. fumosorosea* fue patógeno contra las ninfas, huevos y pupas de *B. tabaci*, ocasionando algunas veces la formación de esporas sobre la superficie de los insectos muertos. El estado adulto de mosquita blanca no fue susceptible al efecto micoinsecticida del hongo.

A excepción del estado adulto, la mortalidad ocasionada por el hongo fue significativamente superior que la observada en el control en cada una de las cinco aplicaciones realizadas durante el experimento. La mortalidad en el número de ninfas totales mostró una tendencia creciente en el transcurso de las cinco aplicaciones, lo que no ocurrió con los otros estados poblacionales. Este estado es

el más susceptible al efecto entomopatígeno de *I. fumosorosea* cuando se presentan condiciones ambientales como las ocurridas durante el desarrollo del experimento.

La temperatura no fue un factor asociado de manera importante con el efecto micoinsecticida del hongo y permaneció dentro de los intervalos que han sido reportados como favorables para el crecimiento del hongo. Sin embargo, la humedad ambiental influyó fuertemente sobre el número de estados muertos ninfales y de huevo, lo que sugiere que la patogenicidad del hongo está estrechamente relacionada con los cambios en esta variable.

La mortalidad ocasionada por el hongo *I. fumosorosea* en los estados ninfales, de huevo y de pupa muestra el potencial que tiene el hongo para ser utilizado como agente microbiológico en el control de mosquita blanca en el cultivo de frijol.

#### REFERENCIAS

Arnó J, Albajes R, Gabarra R (2006) Within-plant distribution and sampling of single and mixed infestations of *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) in winter tomato crops. *J. Econ. Entomol.* 99: 331-340.

- Avery PB, Faul J, Simmonds J (2008) Effects of *Paecilomyces fumosoroseus* and *Encarsia formosa* on the control of the greenhouse whitefly: preliminary assessment of a compatibility study. *Biocontrol* 53: 303-316.
- Avery PB, Queeley LQ, Faul J, Monique SJ, Simmonds J (2010) Effect of photoperiod and host distribution on the horizontal transmission of *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) in greenhouse whitefly assessed using a novel model bioassay. *Biocontrol Sci. Technol.* 20: 1097-1111.
- Cabanillas HE, Jones WA (2009) Pathogenicity of *Isaria* sp. (Hypocreales: Clavicipitaceae) against the sweet potato whitefly B biotype, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop. Prot.* 28: 333-337.
- Castineiras A (1995) Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Cuba. *Fla. Entomol.* 78: 538-540.
- D'Alessandro CPS, Padin MI, Urrutia CC, López L (2011) Interaction of fungicides with the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea*. *Biocontrol Sci. Technol.* 21: 189-197.
- De Barro PJ, Liu SS, Boykin LM, Dinsdale AB (2011) *Bemisia tabaci*: A statement of species status. *Annu. Rev. Entomol.* 56: 1-19.
- Fargues J, Vidal C, Smits N, Rougier M, Boulard T, Mermier M, Nicot P, Reich P, Jeannequin RG, Lagier J (2003) Climatic factors on entomopathogenic hiphomyctes infection of *Trialeurodes vaporarium* (Homoptera: Aleyrodidae) in Mediterranean glasshouse tomato. *Biol. Control* 28: 320-331.
- García JM, Ramírez C, Rivera F, Mier T (1999) Evaluación en campo de *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viégras para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (West) (Homóptera: Aleyrodidae) en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Mex. Micol.* 15: 1-9.
- Hong Z, Jeong JK (2011) Susceptibility of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype Q to entomopathogenic fungi. *Biocontrol Sci. Technol.* 21: 1471-1483.
- Hunter WB, Avery PB, Pick D, Powell CA (2011) Broad spectrum potential of *Isaria fumosorosea* against insect pests of citrus. *Fla. Entomol.* 94: 1051-1054.
- Landa Z, Osborne L, Lopez F, Eyal J (1994) A bioassay for determining pathogenicity of entomogenous fungi on whiteflies. *Biol. Control* 4: 341-50.
- Luangsa-Ard JJ, Hywel-Jones NL, Manoch L, Samson RA (2005) On the relationships of *Paecilomyces* sect. *Isarioidea* species. *Mycol. Res.* 109: 581-589.
- Naranjo SE, Flint HM (1995) Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixed-precision sampling plans for estimating population density. *Env. Entomol.* 24: 261-270.
- Pucheta DM, Flores MA, Rodríguez NS, De la Torre MM (2006) Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Inter ciencia* 31: 856-860.
- SAS (2001) *SAS User's Guide: Sstatistics*. Ver. 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, EEUU.
- Vázquez-Moreno LL (2002) Avances del control biológico de *Bemisia tabaci* en la región neotropical. *Man. Integr. Plagas* 66: 82-95.
- Vidal C, Fargues J (2007) Climatic constraints for fungal biopesticides. In Ekesi S, Maniania NK (Eds.) *Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management*. Research Signpost. Kerala, India. pp. 39-55.
- Vidal C, Fargues J, Lacey LA (1997) Intraspecific variability of *Paecilomyces fumosoroseus*: Effect of temperature on vegetative growth. *J. Invert. Pathol.* 70: 1826.
- Wraight SP, Carruthers RI, Jaronsk ST, Bradley CA, Garza CJ, Galaini-Wraight S (2000) Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* microbial control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolli*. *Biol. Control* 17: 203-217.
- Zhen H, Shaukat A, Shun-Xiang, R, Jian-Hui W (2010) Effect of *Isaria fumosoroseus* on mortality and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Plutella xylostella*. *Insect Sci.* 17: 140-148.
- Zimmermann G (2008). The entomopathogenic fungi *Isaria farinose* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. *Biocontrol Sci. Technol.* 18: 865-901.