

EVALUACIÓN EN CAMPO DE *VERTICILLIUM LECANII* (ZIMMERMANN) VIÉGAS PARA EL CONTROL DE *TRIALEURODES VAPORARIORUM* (WEST.) (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE) EN UN CULTIVO DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

MARTHA GARCÍA-JUÁREZ, CLAUDIA RAMÍREZ, FACUNDO RIVERA & TERESA MIER

Depto. El Hombre y su Ambiente, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, D.F., 04960.

ABSTRACT

FIELD EVALUATION OF *VERTICILLIUM LECANII* (ZIMMERMANN) VIÉGAS AS A CONTROL AGENT FOR *TRIALEURODES VAPORARIORUM* (WEST.) (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE) ON BEANS (*PHASEOLUS VULGARIS* L.). *Rev. Mex. Mic.* 15: 1-9 (1999). The effectiveness of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas as control agent of the whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (West.) was evaluated on bean, *Phaseolus vulgaris* L., planted plots by determining mortality of the pest and the fluctuation of its population, the yield of the plants and the damage on infested plants. The innocuity of the fungus was also ratified on the treated plants. A randomized complete block design was used, three replicates per treatment in six planted plots of 126 m² each. Fungal conidia were applied in three of the plots, five times at 15-day intervals with 10¹² conidia/ha. The remainder lots were controls without treatment. Average values of temperature and relative humidity were 33°C and 26% during the day, and of 8°C and 96% during the night. The density of the total population was reduced from the first application of *V. lecanii* to the end of the study ($p < 0.05$). Fungal applications affected population dynamics of the whitefly causing, during the fructifying period (75 days), the highest mortality rates in pupal (84.3 and 79.8%), nymphal 2 (72.7%) and nymphal 3 (51.2%) stages. At 30, 45 and 60 days, the mortality observed for eggs was of 43.3, 24.8 and 49.8%, respectively. At the end of the study, eggs were the most resistant to treatment, no mortality was found among them. The yield of the fungal applied plants increased 51.3% as compared to non-treated plants. A higher amount of healthy plants and with slight damage both in flowering (45 and 48% respectively) and fructifying (19 and 59% respectively) was found among the treated plots, whereas the non-treated plots yielded plants with moderate and severe damage, with no recovery tendencies, for the flowering (39 y 19% respectively) and fructifying (42 y 52% respectively) periods. The highest damage was recorded during the fructifying period both in treated (21 and 1% respectively) and non-treated (42 and 52% respectively) plants. Phytopathogenicity by *V. lecanii* was not observed in bean treated plants. The results suggest that *V. lecanii* is efficacious for the control of the whitefly in open-field bean plantations, under the environmental conditions described in this study.

Key words: *Verticillium lecanii*, biological control, whitefly, beans.

RESUMEN

La eficiencia del hongo entomopatógeno *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas, como controlador de la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* (West.), en un cultivo de frijol, *Phaseolus vulgaris* L., fue evaluada a través de la determinación de la mortalidad y fluctuación de la plaga, la producción de frijol y el nivel de daño de las plantas infestadas. También se constató la inocuidad del hongo en el cultivo tratado. El estudio se llevó a cabo con base en un diseño experimental completamente aleatorio de bloques al azar considerando tres réplicas por tratamiento en seis parcelas de 126 m² cada una. Tres de ellas fueron asperjadas en cinco ocasiones cada 15 días, con una cantidad de conidios proporcional a 10¹² conidios/ha, las parcelas restantes no recibieron tratamiento. En el día, los valores promedio de temperatura y humedad relativa fueron de 33°C y 26%; en la noche, de 8°C y 96%, respectivamente. Se logró abatir la densidad de la población total de la plaga a partir de la primera aplicación de *V. lecanii* hasta el final del estudio ($p < 0.05$). Las aspersiones del hongo repercutieron en la dinámica poblacional de la mosca blanca ocasionando, durante la etapa de fructificación, los porcentajes de mortalidad más elevados en los estadios de pupa (84.3 y 79.8%), ninfa 2 (72.7%) y ninfa 3 (51.2%). A los 30, 45 y 60 días, la mortalidad observada para huevos fue de 43.3, 24.8 y 49.8%, respectivamente. Al concluir el estudio, el estadio más resistente al tratamiento fue el de huevo, donde no se registró mortalidad. La producción de frijol se incrementó en un 51.3% en las parcelas asperjadas en comparación con las parcelas testigo. En las parcelas tratadas se obtuvo una proporción mayor de plantas sanas y con daño leve, tanto en floración (45 y 48% respectivamente) como en fructificación

(19 y 59% respectivamente); en las testigo, predominaron las plantas con daño moderado y severo, sin tendencia a la recuperación, en los periodos de floración (39 y 19% respectivamente) y de fructificación (42 y 52% respectivamente). Los niveles de daño más altos (moderado y severo) se registraron en el periodo de fructificación, tanto en plantas tratadas (21 y 1% respectivamente) como testigo (42 y 52% respectivamente). No se observó fitopatogenicidad por el hongo en las plantas asperjadas. Los resultados sugieren la eficiencia de *V. lecanii* para el control de la mosquita blanca en cultivos de frijol en campo abierto, bajo las condiciones ambientales del estudio.

Palabras clave: *Verticillium lecanii*, control biológico, mosquita blanca, frijol.

Introducción

El hongo entomopatógeno *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas ha sido aislado a partir de plagas de importancia agrícola, como áfidos (Hall, 1976; Yanssem de Romero, 1985), cóccidos o insectos escama (Easwaramoorthy & Jayaraj, 1978), trips (Saito, 1992; Helyer, 1993), y de hongos fitopatógenos como la roya del café (Carrión, 1988) y la roya blanca del crisantemo (Whipps, 1993). Este hongo parasita también a mosquitas blancas pertenecientes a los géneros *Trialeurodes* y *Bemisia* consideradas, a nivel mundial, dentro de las plagas más dañinas por la magnitud de las pérdidas económicas que ocasionan (Meade & Byrne, 1991; Hall, 1982; Osborne & Landa, 1992; Landa *et al.*, 1994) al alimentarse de la savia de las plantas y actuar como vectores de virus fitopatógenos en cultivos como el algodón, calabaza, berenjena, soya, pepino, tomate, lechuga, frijol y flores de ornato como el crisantemo y la nochebuena, entre otros cultivos de importancia económica. El frijol, *Phaseolus vulgaris* L., que usualmente presenta altas infestaciones de mosquita blanca (Osoria, 1982; Ramírez-Villapudua, 1996), es uno de los cultivos básicos más importantes dado que una gran proporción de la población de muchas regiones del mundo depende de este alimento como fuente de proteínas y carbohidratos. La mosquita blanca ha sido controlada tradicionalmente con insecticidas químicos tóxicos que inducen la aparición de insectos resistentes a estos compuestos, además de provocar la contaminación del ambiente (Prabhaker *et al.*, 1985). Actualmente, la aplicación de biorreguladores biológicos ha experimentado un auge, entre otros factores, porque no inducen resistencia en los insectos/plaga y conservan los agroecosistemas (Osborne & Landa, 1992). La mayoría de los estudios referentes a la evaluación de *V. lecanii* para el control de la mosquita blanca se han llevado a cabo en invernaderos donde, bajo condiciones de temperatura y humedad relativa (HR)

controladas, el hongo ha sido capaz de ocasionar epizootias considerables (Hall, 1982; Galani & Almasan, 1984; Harper & Huang, 1986; Landa, 1990; Hsiao *et al.*, 1992).

Los trabajos sobre la aplicación de este hongo en campo abierto para el control de plagas son limitados (McMillan, 1985; Alarcón & Carrión, 1994; Miranpuri & Khachatourians, 1996; Meyer *et al.*, 1997) y en especial, hay pocos reportes sobre su acción sobre insectos pertenecientes a la familia Aleyrodidae (Rovesti *et al.*, 1997) en cultivos extensivos. Es probable que esta situación se deba al efecto de factores ambientales, como temperatura, humedad relativa o radiaciones solares, dados en determinadas regiones o estaciones del año que resulten desfavorables para la acción del hongo entomopatógeno en condiciones de campo abierto (Chandler & Heale, 1990; Helyer *et al.*, 1992; Hsiao *et al.*, 1992; Pfrommer & Mendgen, 1992). Por otra parte, *V. lecanii* no ha sido registrado como agente causal de enfermedades de plantas (Ekbom, 1979) a diferencia de *V. albo-atrum*, patógeno de la alfalfa (Gordon *et al.*, 1989) y *V. dahliae*, patógeno del tabaco (Latorre *et al.*, 1989). Además, *V. lecanii* es considerado como un agente de control biológico seguro por su inocuidad en mamíferos (Hall, 1981; Mier *et al.*, 1994).

En el presente estudio, el hongo *V. lecanii* fue asperjado en campo abierto en un cultivo de frijol infestado en forma natural con *T. vaporariorum* (West.) en Tenancingo, región de clima húmedo-templado del Estado de México, con el objeto de evaluar su eficiencia en el control de la plaga. El estudio se llevó a cabo por medio del registro de la mortalidad y la fluctuación poblacional del insecto, la producción de frijol y el nivel de daño ocasionado por el insecto en las plantas tratadas. También se constató la inocuidad de este hongo sobre *P. vulgaris* L., con el objeto de demostrar su eficiencia para el control biológico de la mosquita blanca en cultivos extensivos.

Materiales y métodos

Hongo. *V. lecanii* fue aislado a partir de ninfas de mosquita blanca, *T. vaporariorum* en un cultivo de frijol en el estado de Morelos, México (Mier *et al.*, 1991). El hongo fue mantenido en medio H (dextrosa al 0.5%, sacarosa al 1.0%, extracto de levadura al 0.5%, peptona al 0.05%, agar al 1.5%) a 4°C, y conservado en cristales de gel de sílice, glicerol al 10% y aceite mineral, en el cepario del Laboratorio de Microbiología, Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Antes de la aplicación en campo, la virulencia del hongo fue reactivada infectando ninfas de la mosquita blanca *in vitro*, depositadas en portaobjetos cubiertos con agar-agua al 1.5%, e incubando a 26°C durante 10 días.

Producción del hongo. La propagación del hongo se llevó a cabo en arroz comercial pulido (Morelos, México). Se emplearon frascos Roux conteniendo, cada uno, 300 g de arroz adicionado de extractos de levadura industrial (Arancia, México) y de malta (Bioxon, México), ambos al 1% y esterilizado a 121°C durante 40 minutos. Cada frasco fue inoculado con 20 ml de una suspensión de 10^8 conidios/ml e incubado durante 10-12 días a 26°C. Para las aspersiones, se elaboró en cada ocasión el biopreparado fúngico, adicionando 500 ml de agua destilada estéril con Tween 80 al 0.05% a cada frasco. Estos se agitaron manualmente y la suspensión conidial obtenida se filtró a través de gasa fina y papel filtro de 1 mm de grosor en un sistema de vacío estéril. Se le adicionó leche descremada (Sveltes, Nestlé, México) al 0.7% y glicerol (Merck, México) al 10%. La suspensión obtenida se ajustó a una concentración de 1×10^{12} conidios/ha y se conservó en refrigeración durante 24 horas antes de ser asperjada en el campo.

Tratamientos. Se llevaron a cabo conforme a un diseño experimental aleatorio de bloques al azar en una superficie de 760 m² dividida en seis parcelas de 7 x 18 m, con un área correspondiente a 126 m² para cada una, sembradas con frijol infestado de manera natural en campo, con la mosquita blanca *T. vaporariorum*, que empezó a aparecer a partir del surgimiento de los primeros folíolos. En cada parcela se sembraron 756 plantas conforme a la proporción de 60,000 plantas/ha sugerida por Hernández *et al.* (1979). Tres parcelas fueron tratadas con el hongo y tres consideradas como testigo sin ningún tratamiento.

Se llevaron a cabo cinco aspersiones de la suspensión fúngica, con una concentración equivalente a 10^{12} conidios/ha, a partir de las 17:00 h, entre los meses de diciembre a marzo. La primera aplicación se llevó a cabo en la etapa de emergencia de las hojas cotiledonarias a los 15 días de la siembra y posteriormente, en cuatro ocasiones más, a los 30, 45, 60 y 75 días de la siembra del frijol.

En cada parcela, las plantas se distribuyeron en un total de siete surcos: tres surcos centrales fueron destinados para registrar la producción de frijol, dos surcos laterales, a ambos lados de los primeros, fueron utilizados para los muestreos y, entre una y otra parcela, se consideró un surco para efecto de orilla. Durante el tiempo que duró el experimento, se practicó el riego por aspersión, y la temperatura y humedad relativa (HR) se midieron diariamente durante el tiempo del estudio.

Densidad poblacional y mortalidad del insecto. La densidad poblacional fue monitoreada durante el curso del experimento, cada 15 días antes de cada aspersión. Previo a cada aplicación se tomaron al azar, en cada parcela, 20 folíolos de las plantas sembradas en los surcos de muestreo. En cada folíolo se revisó, cerca de la nervadura central, una superficie de 6.25 cm² al microscopio estereoscópico con el objeto de registrar la densidad de los estadios de la mosquita correspondientes a huevo, ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3 y pupa (Ortega, 1992). Las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado y se reportaron de acuerdo al número de organismos/cm². La mortalidad de la población total de la plaga, así como de cada uno de los estadios se calculó con base en la diferencia en la densidad del insecto entre las parcelas tratadas y testigo.

Producción de frijol. Se determinó el peso en kg de la producción de frijol obtenida a partir de las plantas sembradas en los surcos destinados a ese fin en cada una de las parcelas y se calculó el promedio de la producción de frijol en las parcelas tratadas y testigo.

Evaluación de daño. Para determinar el daño ocasionado por la plaga en el cultivo, se realizó una evaluación cualitativa de las plantas a los 60 y 75 días, al final de las etapas de floración (45-60 días del cultivo) y fructificación (60-75 días del cultivo), tanto en las parcelas tratadas como testigo. Se seleccionaron al azar 100 plantas en los surcos de producción de cada parcela, éstas fueron observadas y clasificadas conforme a una escala de 4 niveles, de acuerdo al nivel de daño presentado con base en los

criterios siguientes: plantas con tamaño y color característicos, ausencia de daño aparente (sana); plantas con síntomas de virosis solamente en las hojas inferiores (daño leve); plantas con síntomas de virosis en hojas inferiores y superiores (daño moderado); plantas de tamaño comparativamente muy pequeño con hojas completamente cloróticas, sin producción, sin tendencia a la recuperación, con daño severo o muertas (daño severo).

Inocuidad de *V. lecanii* en las plantas de frijol.

Para determinar el efecto del hongo sobre la planta se siguió el método de Latgé (1983). De cada una de las parcelas tratadas se tomaron aquellas plantas con daño severo que presentaban síntomas de clorosis o manchas foliares fungosas y se trasladaron en bolsas estériles de papel al laboratorio. Se tomaron fragmentos de 1 cm² a partir de los bordes de las lesiones presentes en hojas, tallos y raíces de las plantas seleccionadas. Los fragmentos se lavaron con agua destilada estéril, se mantuvieron en solución diluida 1:10 de hipoclorito (4% de cloro libre) durante 10 seg, se lavaron con agua destilada estéril, se mantuvieron en alcohol de 70° durante 10 seg y se enjuagaron con agua destilada estéril. Posteriormente, los fragmentos foliares se depositaron en cajas de Petri con agar de dextrosa Sabouraud (Bioxon, México) adicionado de cloranfenicol (Mckesson, México) al 0.05%, se incubaron a 26°C durante 10 días y se revisaron diariamente para detectar el crecimiento del hongo (Király *et al.*, 1974).

Análisis estadístico. Se evaluó la mortalidad y dinámica de la plaga, con base en los datos de densidad poblacional de los organismos registrados por cm², a los resultados de la densidad de la población total y de los estadios de huevo, ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3 y pupa; por separado, se aplicaron pruebas estadísticas de análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de 0.05. Para el análisis de la producción de frijol se aplicó la prueba de Student. Con los datos obtenidos de la evaluación del daño ocasionado por la plaga se elaboró una matriz con el número de frecuencias de cada nivel de daño observado durante las épocas de floración y de fructificación y se llevó a cabo el análisis ANOVA. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics, versión 2.6.

Resultados

La temperatura y la humedad relativa (HR) que

prevalecieron en la región de Tenancingo en el día y la noche, durante los meses de diciembre a marzo del estudio, correspondieron a los valores promedio de 33°C y 26% de HR durante el día y 8°C y 92% de HR en la noche.

Porcentaje de mortalidad y densidad poblacional del insecto. El porcentaje de mortalidad registrado en la población total que incluye los estadios de huevo, ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3 y pupa, y en cada uno de éstos por separado, se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentaje de mortalidad de los diferentes estadios de desarrollo de *Trialeurodes vaporariorum* en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) tratado con *Verticillium lecanii* en campo abierto.

| Días de cultivo | Porcentaje de mortalidad* | | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------|---------|---------|------|-----------------|
| | Huevo | Ninfa 1 | Ninfa 2 | Ninfa 3 | Pupa | Población total |
| 15 | 0 | - | - | - | - | 0 |
| 30 | 43.3 | 0 | - | - | - | 48.3 |
| 45 | 24.8 | 58.9 | 0 | 0 | 0 | 28.6 |
| 60 | 49.8 | 0 | 72.7 | 39.0 | 84.3 | 56.1 |
| 75 | 0 | 40.6 | 10.1 | 51.2 | 79.8 | 19.1 |

*El porcentaje de mortalidad se calculó con base en la diferencia en la densidad del insecto entre las parcelas testigo y tratadas.

0 No se registró mortalidad.

- No se llevó a cabo esta determinación debido a que aún no habían aparecido estos estadios.

En la población total de insectos, el porcentaje de mortalidad más elevado (56.1%) se alcanzó a los 60 días, al inicio de la etapa de fructificación de la planta. Posteriormente, se registró un porcentaje de mortalidad de 19.1% a los 75 días. De acuerdo al análisis de varianza aplicado con base en la mediana, el efecto del tratamiento en la población total de la mosquita blanca fue significativo ($p < 0.05$).

Al inicio del experimento, el número de organismos fue similar, tanto en parcelas tratadas como testigo. A partir del primer tratamiento con *V. lecanii* la densidad de la población total siempre observó valores menores en las parcelas tratadas con respecto a las testigo (Fig. 1). Se observó una similitud en la dinámica de la plaga a través de las fluctuaciones de la densidad poblacional del insecto en las parcelas que recibieron tratamiento con respecto a las testigo (Fig.1) lo cual denota la acción reguladora del entomopatógeno. La población total del insecto comenzó a descender a partir de la

segunda y tercera aplicación del hongo, a los 30 y 45 días, respectivamente. Después de la cuarta aspersión, a los 60 días, se registró un aumento paulatino en la población que alcanzó, a los 75 días, un nivel similar al observado a los 45 días, pero menor al de las parcelas testigo (Fig. 1).

Durante el transcurso del experimento, la susceptibilidad de los diferentes estadios del insecto a la infección del hongo, fue variable (Tabla 1). Puede apreciarse que la mayor susceptibilidad, expresada en porcentajes de mortalidad, se registró para los estadios de pupa, con 84.3 y 79.8%, a los 60 y 75 días, respectivamente, y para el estadio de ninfa 2, con 72.7%, a los 60 días. La mayor susceptibilidad en la población total se observó a los 30 y 60 días con porcentajes de mortalidad de 48.8 y 56.1%, respectivamente.

En la figura 2 se ilustra la fluctuación de la plaga en las parcelas tratadas y testigo por los cambios de la

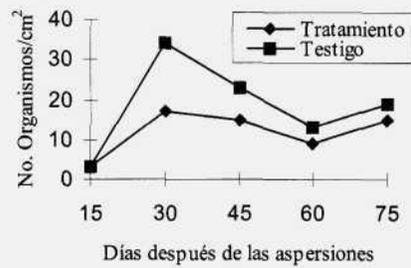


Fig. 1. Efecto del tratamiento de *Verticillium lecanii* sobre la población total de la mosquita blanca, *Trialeurodes vaporariorum* en plantas de frijol, en comparación a la población total del área testigo.

densidad de la población (organismos/cm²) de cada uno de los estadios durante el curso del experimento.

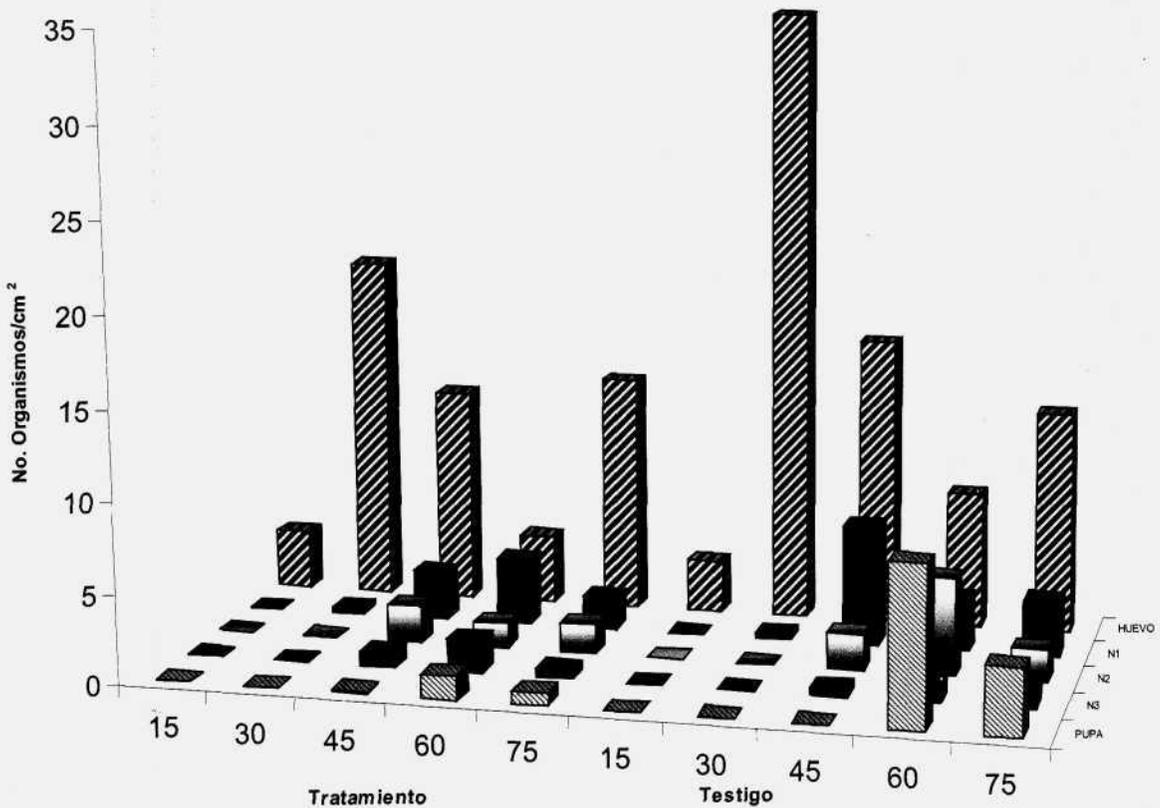


Fig. 2. Efecto del tratamiento de *Verticillium lecanii* sobre los estadios de huevo, ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3 y pupa de la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en plantas de frijol, en comparación a los mismos estadios del área testigo.

Tanto en las parcelas tratadas como testigo, a los 30 días se registró un incremento en la densidad de los huevos, posteriormente comenzó a disminuir y a los 75 días volvió a aumentar. La densidad de los huevos fue siempre mayor que la de cada uno de los estadios ninfales, con excepción a los 60 días, que en las parcelas tratadas, para las ninfas 1 fue registrada una densidad similar a los huevos, y en las parcelas testigo, las pupas superaron en un 15.7% el valor de la densidad reportada para huevos. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la densidad de la población de los estadios correspondientes a ninfa 2, ninfa 3 y pupa, entre parcelas tratadas y testigo en los días 60 y 75.

Producción. En las parcelas tratadas se obtuvo un incremento del 51.3% en la producción de frijol cosechado (kg) con respecto a las parcelas testigo, con una diferencia significativa ($p < 0.05$; prueba de Student) entre parcelas.

Evaluación de daño. En la figura 3 se ilustra la proporción de plantas sanas, con daño leve, moderado o severo durante los periodos de floración (45 a 60 días de cultivo) y fructificación (60 a 75 días de cultivo).

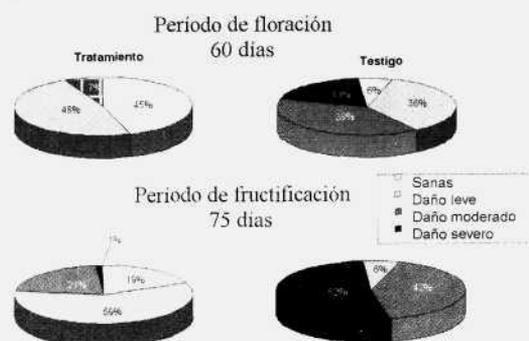


Fig. 3. Porcentaje de plantas de frijol sanas, con daño leve, moderado y severo ocasionado por la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), en las áreas de tratamiento con *Verticillium lecanii* y testigo, en los periodos de floración (a los 60 días) y fructificación (a los 75 días) del cultivo.

En las parcelas tratadas predominaron las plantas sanas y con daño leve, tanto en el periodo de floración (45 y 48%, respectivamente) como de fructificación (19 y 59%, respectivamente). En cambio, en las parcelas testigo predominaron las

plantas con daño moderado y severo, tanto en el periodo de floración (39 y 19%, respectivamente) como de fructificación (42 y 52%, respectivamente). Al final del experimento, se observó en las parcelas que recibieron aspersiones del hongo un porcentaje mínimo (1%) de plantas que tienden al daño severo sin recuperación en contraste con un 52% de plantas de las parcelas testigo.

Inocuidad de *V. lecanii* en las plantas de frijol. No se obtuvieron cultivos de *V. lecanii* a partir de ninguno de los fragmentos de las plantas estudiadas. Además, tanto en las plantas de las parcelas tratadas, como de las testigo se observó clorosis y manchas fungosas de aspecto similar. Los resultados descartan a *V. lecanii* como el agente causal de estas lesiones y confirman su inocuidad hacia el frijol.

Discusión

Según Ferron (1978) todos los estadios de desarrollo de los insectos son susceptibles a las micosis; sin embargo, Osborne y Landa (1992) y Meade y Byrne (1991) mencionan que los estadios correspondientes a ninfa 1, ninfa 2 y ninfa 3 de la mosquita blanca son los más susceptibles a la infección por *V. lecanii*. Meade y Byrne (1991) no encontraron diferencias significativas entre la mortalidad registrada por estos estadios de la mosquita blanca después de haber sido tratados con *V. lecanii*, en un estudio llevado a cabo bajo condiciones controladas. En el presente estudio se encontró que los estadios más susceptibles ($p < 0.05$) a la infección por este hongo fueron los de ninfa 2, ninfa 3 y pupa. Al final del experimento, a los 75 días de cultivo, el estadio más susceptible ($p < 0.05$) fue el de pupa. El elevado número de huevos, cuya proporción es muy representativa dentro de los valores consignados como población total, es un factor que tiende a enmascarar el comportamiento del resto de los estadios. Por ejemplo, el incremento de la población total observado a los 30 y 75 días (Fig. 1) está sustentado por la gran proporción de huevos reportada para esos tiempos (Fig. 2). Además, indica que los huevos juegan un papel muy importante en el incremento de la población del insecto, observada a partir de los 60 días de cultivo (Fig. 1) y consecuentemente, en la continuidad del ciclo de vida de la mosquita. Sin embargo, también debe considerarse que la migración de adultos provenientes de cultivos cercanos que hayan ovipositado en las plantas de las parcelas estudiadas

es un elemento importante que pudo haber repercutido en el número tan elevado de huevos.

La similitud observada en la fluctuación de la plaga en los cultivos tratados y testigos (Fig. 1) es congruente con la acción biorreguladora de los hongos entomopatógenos en la naturaleza. Este comportamiento contrasta con la respuesta derivada de la aplicación de los insecticidas químicos que tienden a interrumpir bruscamente el ciclo de vida de los insectos alterando el equilibrio natural que se da entre la plaga y sus biorreguladores (Adkison, 1987; Restrepo, 1988).

El incremento significativo de la producción de frijol como resultado del tratamiento es un dato de importancia económica ya que se logró un alza de un 51.3% en la producción, sin que ello implicara costo ambiental alguno.

El estudio de evaluación de daño indicó que las plantas de las parcelas tratadas con *V. lecanii* tendieron a mantener un aspecto sano debido a la atenuación de los daños por la plaga. Considerando el rendimiento por planta, se demostró el efecto benéfico del hongo en el cultivo asperjado donde predominaron, incluso en la etapa de fructificación, las plantas sanas y con daño leve, cuyo potencial de producción es mayor que el de las plantas con daño moderado o severo (Fig. 3).

La ausencia de fitopatogenicidad para el frijol confirma lo reportado por Ekbohm (1979), en cuanto a la seguridad de *V. lecanii* en tomate y pepino.

Por otra parte, es necesario considerar que en el campo las condiciones de humedad, temperatura y radiaciones solares cambiantes juegan un papel crucial en la permanencia y éxito del entomopatógeno contra la plaga. Sin embargo, en las zonas tropicales o sub-tropicales, cuyo clima generalmente es suave, la lluvia propicia que el nivel de humedad se mantenga elevado durante períodos de tiempo prolongados, haciendo que esta situación favorezca el desarrollo de los hongos en el campo. El estrecho rango de variabilidad de los valores promedio de temperatura y HR registrados en el transcurso del día (33°C y 26% respectivamente) y durante la noche (8°C y 92% respectivamente) propiciaron el mantenimiento de condiciones ambientales relativamente estables en el día y en la noche, independientemente, que pudieron haber proporcionado estabilidad al hongo durante el transcurso de este trabajo. En concordancia con lo reportado por Helyer *et al.* (1992), la elevada HR promedio registrada durante la noche (92%) pudo ser

un factor que influyó en la acción del entomopatógeno, además de la utilización de una cepa de *V. lecanii* proveniente de una región agroclimática muy similar a la de la zona de estudio. Se ha reportado eficiencia en el control de la mosquita blanca, aún bajo condiciones de humedad del 75%, al llevar a cabo aplicaciones frecuentes del hongo (Ravensberg *et al.*, 1990).

Los adultos de *T. vaporariorum* (Hall, 1981) y de *B. tabaci* (Byrne & Draeger, 1989) tienden a ovipositar una cantidad mayor de huevos en las hojas jóvenes que en las maduras, de ahí la relevancia de la frecuencia de las aspersiones, debido a que los brotes nuevos requieren ser tratados con el hongo a medida que vayan surgiendo. Como puede observarse en la Tabla 1 y en la figura 2, las tres primeras aplicaciones fueron muy importantes, ya que la mortalidad de los huevos se reflejó en una disminución significativa de los otros estadios en la etapa posterior (60 y 75 días), al comparar con el área testigo.

Entre otros métodos de control que pueden repercutir favorablemente en la acción biorreguladora de los entomopatógenos pueden mencionarse la introducción de parasitoides como *Encarsia formosa*, conjuntamente con la aspersión del hongo, (Landa, 1990). Los recombinantes parasexuales o cepas fúngicas mejoradas en su virulencia hacia los insectos y resistencia a condiciones ambientales pueden aportar ventajas competitivas que favorezcan la permanencia en campo de *V. Lecanii*, e incrementen su efecto biorregulador aún bajo condiciones de temperatura y humedad relativa desfavorables (Jackson & Heale, 1987; Chandler & Heale, 1990). El uso de prácticas agrícolas como riego por aspersión o por goteo para elevar o mantener las condiciones de humedad (Hincapie *et al.*, 1990), la utilización de adherentes y surfactantes como leche descremada, aceites vegetales y tween en la suspensión fúngica (Sopp *et al.*, 1989; Helyer, 1993), así como asperjar el hongo a media tarde, cerca de la puesta del sol, cuando las radiaciones solares no afecten su colonización en campo, como se hizo en este estudio, también son medidas adecuadas para favorecer el efecto biorregulador del hongo. También, la introducción de un fertilizante natural como las micorrizas, podría propiciar un microhábitat más favorable al hongo, debido al incremento que provoca en la humedad de la porción foliar de las plantas micorrizadas (Nelsen, 1987).

Los resultados obtenidos en este estudio indican la efectividad de *V. lecanii* para el control de la mosquita blanca en un cultivo de frijol a campo abierto, dado el incremento obtenido en la cosecha de las parcelas tratadas así como por la regulación exitosa de la plaga mediante la acción del hongo, preferencialmente, sobre los estadios de desarrollo más cercanos a la madurez del insecto.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la M. en C. Yolanda Domínguez-Rubio la valiosa asesoría brindada para la realización de este estudio así como al M. en C. Alfonso Esquivel y al Biól. Derik del Castillo su colaboración para llevar a cabo el análisis estadístico.

Literatura citada

- Adkison, P.L., 1987. Beneficios económicos y ambientales del manejo integrado de plagas. **Problemas de Contaminación en México** 2: 2-7.
- Alarcón, R., G. Carrión, 1994. Uso de *Verticillium lecanii* en cafetales como control biológico de la roya del café. **Fitopatología** 29: 82-85.
- Byrne, D.N., E.A. Draeger, 1989. Effect of plant maturity on oviposition and nymphal mortality of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Environ. Entomol.** 18: 429-432.
- Carrión, G., 1988. Estudios sobre el control biológico de la roya del café mediante *Verticillium lecanii* en México. **Mic. Neotrop. Aplic.** 1: 79-86.
- Chandler, D., J.B. Heale, 1990. Laboratory screening as part of a strain improvement programme for *Verticillium lecanii*, an important mycopathogen of glasshouse pests. **Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases** 1: 259-264.
- Easwaramoorthy, S., S. Jayaraj, 1978. Effectiveness of the white halo fungus, *Cephalosporium lecanii*, against field populations of coffee green bug, *Coccus viridis*. **J. Invertebr. Pathol.** 32: 88-96.
- Ekbom, B.S., 1979. Investigations on the potential of a parasitic fungus (*Verticillium lecanii*) for biological control of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). **Swed. J. Agr. Res.** 9: 129-138.
- Ferron, P., 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. **Ann. Rev. Entomol.** 23: 409-442.
- Galani, G., L. Almasan, 1984. Detection of a natural fungal epizootic in the whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* West. **Buletinul de Protecția Plantelor** 1: 33-36.
- Gordon, T.R., J.C. Correll, D.G. Gilchrist, A.N. Martensen, 1989. *Verticillium wilt* of alfalfa in California. **Plant Dis.** 73: 18-20.
- Hall, R.A., 1976. A bioassay of the pathogenicity of *Verticillium lecanii* conidiospores on the Aphid, *Macrosiphoniella sanborni*. **J. Invertebr. Pathol.** 27: 41-48.
- Hall, R.A., 1981. The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In: H.D. Burges (ed.), **Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980**. Academic Press, London, pp.483-498.
- Hall, R.A., 1982. Control of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and cotton aphid, *Aphis gossypii* in glasshouses by two isolates of the fungus *Verticillium lecanii*. **Ann. Appl. Biol.** 101: 1-11.
- Harper, A.M., H.C. Huang, 1986. Evaluation of the entomophagous fungus *Verticillium lecanii* (Moniliales: Moniliaceae) as a control agent for insects. **Environ. Entomol.** 15: 281-284.
- Helyer, N., G. Gill, A. Bywater, R. Chambers, 1992. Elevated humidities for control of chrysanthemum pests with *Verticillium lecanii*. **Pestic. Sci.** 36: 373-378.
- Helyer, N., 1993. *Verticillium lecanii* for control of aphids and thrips on cucumber. **Bulletin OILB/SROP** 16: 63-66.
- Hernández, E., A. Ramos, M.A. Martínez, 1979. Etnobotánica. In: M.E. Engleman (ed.), **Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México**. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, pp. 113-123.
- Hincapie, V.R., Z.H.A. Ospina, P.A.E. Bustillo, V.A. Saldarriaga, 1990. Evaluación del entomopatógeno *Verticillium lecanii* en el control del áfido *Myzus persicae* en crisantemos. **Rev. Colomb. Entomol.** 16: 21-27.
- Hsiao, W.F., M.J. Bidochka, G.G. Khachatourians, 1992. Effect of temperature and relative humidity on the virulence of the entomopathogenic fungus, *Verticillium lecanii*, toward the oat-bird berry aphid, *Rhopalosiphum padi* (Hom., Aphididae). **J. Appl. Entomol.** 114: 484-490.
- Jackson, C.W., J.B. Heale, 1987. Parasexual crosses by hyphal anastomosis and protoplast fusion in the entomopathogen *Verticillium lecanii*. **J. Gen. Microbiol.** 133: 3537-3547.
- Király, Z., Z. Klement, F. Solymosy, F., J. Vörös, 1974. **Methods in Plant Pathology**. Elsevier, Amsterdam.
- Landa, Z., 1990. Control of glasshouse whitefly in the programs of integrated protection of glasshouse cucumber in Czechoslovakia. **Sting** 10: 10.
- Landa, Z., L.S. Osborne, F. López, J. Eyal, 1994. A bioassay for determining pathogenicity of entomogenous fungi on whiteflies. **J. Biol. Control** 4: 341-350.
- Latgé, J.P., 1983. *Conidiobolus obscurus* et les entomophthorales pathogènes de pucerons. Tesis de Doctorado, Universidad de Paris, Orsay, Francia.
- Latorre, B.A., M. Lolas, G. Marholz, 1989. *Verticillium wilt*, a limiting factor for tobacco in Chile. **Plant Dis.** 73: 664-666.
- McMillan, R.T., 1985. Biological control of frangipani rust with *Verticillium lecanii*. **Proc. Fl. State Hort. Soc.** 98: 328-329.
- Meade, D.L., D.N. Byrne, 1991. The use of *Verticillium lecanii* against subimaginal instars of *Bemisia tabaci*. **J. Invertebr. Pathol.** 57: 296-298.
- Meyer, S.L.F., G. Johnson, M. Dimock, J.W. Fahey, R.N. Huettel, 1997. Field efficacy of *Verticillium lecanii*, sex pheromone, and pheromone analogs as potential management agents for soybean cyst nematode. **J. Nematol.** 29: 282-288.
- Mier, T., F. Rivera, J.C. Bermúdez, Y. Domínguez, C. Benavides, M. Ulloa, 1991. Primer reporte en México del aislamiento de *Verticillium lecanii* a partir de la mosquita blanca y pruebas

- de patogenicidad *in vitro* sobre este insecto. **Rev. Mex. Mic.** 7: 149-156.
- Mier, T., F. Rivera, M.P. Rodríguez-Ponce, J. Carrillo-Farga, C. Toriello, 1994. Infectividad del hongo entomopatógeno *Verticillium lecanii* en ratones y cobayos. **Rev. Lat.-Amer. Microbiol.** 36: 107-111.
- Miranpuri, G.S., G.G. Khachatourians, 1996. Application of *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii* against saskatoon berry leaf aphid, *Acyrtosiphon macrosiphum* (Wilson). **J. Insect. Sci.** 8: 93-95.
- Nelsen, C.E., 1987. The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems. In: G.R. Safir (ed.), **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. CRC Press, Boca Ratón, pp. 71-91.
- Ortega, A.D.L., 1992. Mosquitas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) vectores de virus en hortalizas. In: R. Anaya, N. Socorro, M.Y. Bautista y B. Domínguez (eds.), **Manejo Fitosanitario de las Hortalizas en México**. Centro de Entomología y Acarología, Chapingo, México, pp. 20-31.
- Osborne, L.S., Z. Landa, 1992. Biological control of whiteflies with entomopathogenic fungi. **Fla. Entomol.** 75: 456-471.
- Osoria, R.L., 1982. **Logros de la investigación agrícola en la República Mexicana**. SARH, México.
- Pfrommer, W., K. Mendgen, 1992. Control of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) with the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* in the laboratory and field. **Z. Pflanzenk. Pflanzen.** 99: 209-217.
- Prabhaker, N., D.L. Coudried, D.E. Meyerdirk, 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **J. Econ. Entomol.** 78: 748-752.
- Ramírez Villapudua, J., 1996. **Manejo integrado de la mosquita blanca de la hoja plateada**. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía, Culiacán Rosales, México.
- Ravensberg, W.J., M. Malais, D.A. Van der Schaaf, 1990. *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against glasshouse whitefly. **Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases 1**. Thornton Heath, UK, British Crop Protection Council, pp. 265-268.
- Restrepo, L., 1988. **Naturaleza muerta. Los plaguicidas en México**. Editorial Andrómeda, México.
- Rovesti, L., G. Grazzi, R. Viccinelli, R. Albajes, A. Carnero, 1997. Use of entomopathogenic fungi for pest control in protected crops in Italy. Integrated control in protected crops, Mediterranean climate. **Proceedings of the meeting at Tenerife. Bulletin OILB/SROP 20**. Canary Island, 3-6 November, pp. 285-292.
- Saito, T., 1992. Control of *Thrips palmi* and *Bemisia tabaci* by a mycoinsecticidal preparation of *Verticillium lecanii*. **Proceedings of the Kanto Tosan Plant Protection Society 39**: 209-210.
- Sopp, P.I., A.T. Gillespie, A. Palmer, 1989. Application of *Verticillium lecanii* for the control of *Aphis gossypii* by a low-volume electrostatic rotary atomiser and a high-volume hydraulic sprayer. **Entomophaga 34**: 417-428.
- Yanssem de Romero, M.G., 1985. *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas en áfidos de la provincia de Tucumán, Argentina. **CIRPON Revista de Investigación III**: 63-66.
- Whipps, J.M., 1993. A review of white rust (*Puccinia horiana* Henn.) disease on chrysanthemum and the potential for its biological control with *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. **Ann. Appl. Biol.** 122: 173-187.

Recibido: 9 de junio, 1999. Aceptado: 13 de Diciembre, 1999.

Solicitud de sobretiros: Teresa Mier