La mosca blanca fue descrita hace más de 100 años como una plaga de la patata en Grecia y se ha convertido en una de las plagas más importantes que afectan a la agricultura mundial.

Mortalidad de *Bemisia tabaci* en un sistema de cultivos múltiples

STEVEN E. NARANJO[1], LUIS A. CAÑAS[2], PETER C. ELLSWORTH[3]

[1] USDA-ARS, Western Cotton Research Laboratory, Phoenix, Arizona, USA, snaranjo@wcrl.ars.usda.gov

[2] The Ohio State University, Department of Entomology

[3] University of Arizona, Department of Entomology



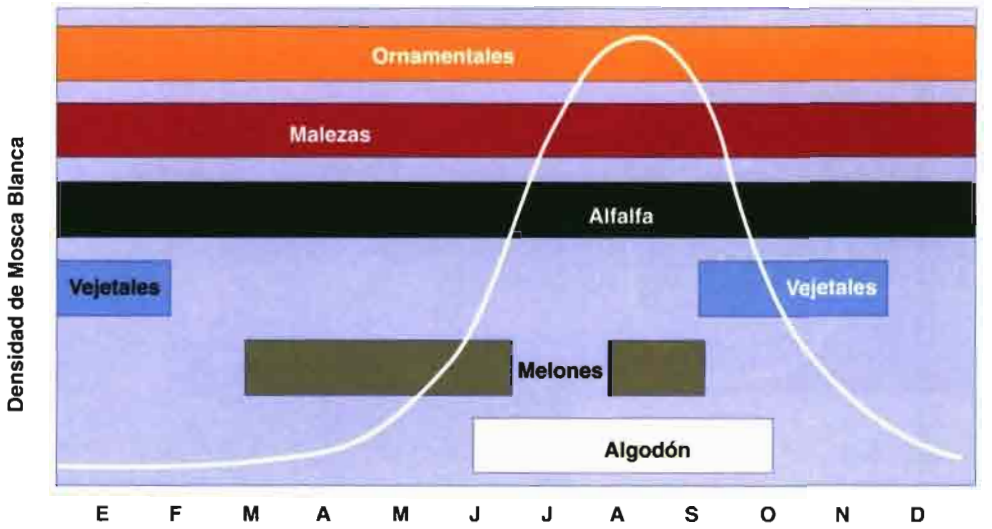
La mosca blanca, *Bemisia tabaci*, es una plaga cosmopolita de cultivos de campo y hortícolas; en causa daños directos al alimentarse, transmite virus, causa desórdenes fisiológicos y contamina los productos mediante la excreción de mielecilla. (Foto: Scott Bauer)

La mosca blanca *Bemisia Tabaci* (Gennadius) fue descrita hace más de 100 años como una plaga de la patata en Grecia y desde entonces se ha convertido en una de las plagas más importantes que afectan a la agricultura mundial. Además del daño directo que causan adultos y ninfas al alimentarse, se conocen más de 110 virus vegetales que son transmitidos por este insecto. Esta plaga causa otros desórdenes de etiología desconocida en las plantas y además reduce la calidad de los productos a causa de la mielecilla que excreta. Existen numerosas dificultades para el desarrollo de sistemas de control de *B. tabaci* que sean económicamente eficientes y a la vez tengan un impacto mínimo en el medio ambiente. Se conocen más 500 especies de plantas hospederas de este insecto, el cual además tiene una alta tasa reproductiva, gran capacidad para diseminarse de huésped a huésped y es capaz de desarrollar resistencias a muchas clases de insecticidas. La distribución geográfica de la mosca blanca se limitaba hasta hace poco tiempo a regiones ubicadas entre los paralelos 30° de latitud norte y sur. No obstante, en las últimas dos décadas, *B. tabaci* ha invadido todos los continentes, con excepción de la Antártida, y los intercambios comerciales han facilitado la aparición regular de poblaciones en sistemas de producción bajo invernadero en climas templados a través de Europa, Asia y América del Norte. Para complicar aun más las cosas, actualmente se cree que la especie *B. tabaci* representa un complejo de especies con numerosos biotipos distintos, cada uno de los cuales tiene características biológicas distintas, tales como la afinidad por

diferentes plantas hospederas y la capacidad para actuar como vector de diferentes virus vegetales. En España se conoce la presencia de *B. tabaci* desde la década de 1940; no obstante ha sido solo en los últimos 10 a 15 años que este insecto ha asumido la condición de plaga «clave», particularmente en las regiones agrícolas de Andalucía y Murcia, a lo largo de la costa mediterránea del sur del país, y en las Islas Canarias.

La transmisión de virus que provocan serias patologías en tomate y en cucurbitáceas y de otros tipos sumamente importantes para los cultivos hortícolas ha sido causa de gran preocupación durante las últimas décadas. La invasión por parte del biotipo «B» de *B. tabaci* se ha asociado repetidas veces con un incremento dramático de problemas los agrícolas y hortícolas en todo el mundo, y su aparición en España no ha constituido una excepción a esta norma. Además, el descubrimiento del biotipo «Q» de *Bemisia* en los últimos años de la década de los noventa en España ha exacerbado los problemas causados por la plaga dada la alta capacidad de resistencia a insecticidas que presenta este biotipo, especialmente los ampliamente utilizados compuestos neonicotinoides como el imidacloprid.

Desde comienzos de esa década de los noventa, nuestros laboratorios del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos - USDA - y de la Universidad de Arizona han estado realizando investigaciones a fin de comprender la biología y la ecología de *Bemisia tabaci* y de desarrollar sistemas de manejo integrado para esta plaga en el estado norteamericano de Arizona. Estos esfuerzos se han centrado principalmente en algodón, el huésped más importante de las moscas blancas durante el verano. No obstante, muy pronto se aprendió que un manejo exitoso de esta plaga en el algodón está estrechamente ligado a la comprensión de la dinámica de la misma en otras plantas hospederas, y en sistemas agrícolas y no agrícolas dentro de la zona de producción.



Ciclo estacional típico de *Bemisia tabaci* en un sistema de cultivos múltiples en Arizona. La población del insecto utiliza una amplia gama de huéspedes a lo largo del año. La población se mantiene baja durante los meses de invierno y alcanza niveles epidémicos durante el verano.

Bemisia no presenta etapa de quiesencia o diapausa *(estado de baja actividad metabólica inducido hormonalmente, que se caracteriza por reducción de cambios morfológicos, incremento de la resistencia a condiciones medioambientales extremas y actividad reducida o alterada. Nota del traductor)* y sus formas inmaduras son inmóviles. En consecuencia, los adultos de *B. tabaci* se reproducen continuamente a lo largo del año, moviéndose de forma secuencial de una especie de plantas hospederas a otra, sean estas cultivos comerciales o no.

En áreas afectadas de Arizona, *Bemisia* se encuentra durante el invierno en plantas hortícolas como brócoli, coliflor o lechuga, y también en numerosas malezas de invierno. Hacia el fin del invierno y comienzos del verano, los huéspedes incluyen melones y otras plantas hortícolas, además de malezas. El algodón es el huésped más abundante y el preferido de la plaga durante el verano, y melón de otoño y otras plantas hortícolas completan el ciclo anual. Cultivos perennes, tales como alfalfa y cítricos, y huéspedes ornamentales como *Lantana* e *Hibiscus* alojan a *B. tabaci* durante todo el año.

La capacidad de distintas plantas hospederas para favorecer la supervivencia y la reproducción de *Bemisia* varía considerablemente. Los melones, por ejemplo, son un huésped predilecto y muy nutritivo, mientras que la alfalfa es, en cierto modo, marginal. La población de esta plaga está a sus niveles más bajos y vulnerables durante los meses de invierno y alcanza niveles de epidemia en el verano. Ciclos similares pueden ser encontrados en todas las áreas subtropicales y tropicales donde el insecto persiste a lo largo de todo el año.

Dado que *B. tabaci* es plaga de numerosos cultivos, el desarrollo de estrategias de manejo ecológicas, sostenibles, dependerá de que se comprenda la mecánica de los factores que controlan el desarrollo de la población de la plaga en el mosaico de cultivos y plantas silvestres hospederas disponibles para el insecto a lo largo del año. Este ciclo estacional es sumamente complejo y es controlado por una amplia palestra de

■ La distribución geográfica de la mosca blanca se limitaba hasta hace poco tiempo a regiones ubicadas entre los paralelos 30° de latitud norte y sur. En las últimas dos décadas, *B. tabaci* ha invadido todos los continentes, con excepción de la Antártida





La mortalidad de *Bemisia tabaci* se estudió en el campo localizando individualmente a los huevos y ninfas sobre las hojas de la planta huésped y observando frecuentemente su crecimiento hasta que morían o alcanzaban el estadio adulto. (Fotos: Steve Naranjo y Luis Cañas)

factores bióticos y abióticos que varían espacial y estacionalmente. El insecto debe dispersarse entre y adaptarse a una gran cantidad de huéspedes potenciales. Los hábitats de estos huéspedes, a su vez, varían también espacial y temporalmente; muchos son especies anuales o cultivos que crecen durante períodos muy breves del año. Una vez que localiza un nuevo huésped, el insecto debe desarrollarse y reproducirse exitosamente sobre él antes que toda la planta o las hojas hospederas mueran. Cada especie hospedera presenta problemas diferentes. Pueden diferir en su estacionalidad (anuales o perennes), abundancia e idoneidad. Las plantas también pueden reaccionar de forma diferente a factores medioambientales, como la tolerancia a las heladas, por ejemplo, y albergar a un complejo diferente de enemigos naturales.

Un gran número de factores de mortalidad afectan la supervivencia de *B. tabaci*. Estas fuerzas pueden ocurrir de forma natural - enemigos naturales, clima o efectos de la planta huésped - o artificial - insecticidas o medidas de cultivo al gestionar el sistema. El comprender la ocurrencia temporal, la distribución espacial y la magnitud de estos factores de mortalidad es de importancia central para el estudio de la dinámica poblacional y es también la clave para predecir apariciones de la plaga y para desarrollar mejores sistemas de manejo de la misma que puedan aprovechar esas fuerzas de mortalidad existentes.

Las tablas de supervivencia son un método conveniente y robusto para describir la mortalidad de una población y para cuantificar probabilidades de muerte debidas a distintas causas. En los últimos años de la década de los noventa se utilizó un enfoque basado en tablas de supervivencia para estudiar la dinámica poblacional de *B. tabaci* en algodón de Arizona durante el verano y para comprender el papel complementario de insecticidas selectivos y enemigos naturales en el combate de la plaga.

En 2000 se amplió el foco para incluir el estudio de la dinámica poblacional de *B. tabaci* a medida que se mueve de un huésped a otro a lo largo del año. El objetivo era comparar y contrastar los factores de mortalidad que afectan a la población de *Bemisia* en distintos momentos del año como medio de comprender la mecánica de la dinámica poblacional de la plaga sobre una gran area.

Contando con éste y otros conocimientos se esperaba poder explotar mejor los eslabones débiles del ciclo estacional del insecto y llegar de esta manera a un control mejorado y más sostenible de la plaga. Para ello se establecieron sitios de estudio en tres regiones agrícolas de Arizona, climática y geográficamente diferentes. En cada una de ellas se establecieron «ecosistemas» de mosca blanca, consistentes en una secuencia de seis huéspedes representativos, incluyendo brócoli de invierno, melones de primavera y otoño, algodón de verano, alfalfa perenne, varias malezas anuales y la planta ornamental perenne *Lantana*. Ninguno de los cultivos fue tratado con insecticidas. En cada una de las plantas se midieron los niveles de población de mosca blanca y de los insectos enemigos naturales asociados. Se

■ Desde comienzos de los noventa, laboratorios del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y de la Universidad de Arizona realizan investigaciones a fin de comprender la biología y la ecología de *Bemisia tabaci*





Una larva de *Chrysoperla sp.*, depredando a *Bemisia tabaci*. Estas especies representan algunos de los muchos depredadores generales que se encuentran en los sistemas agrícolas de Arizona y de otras regiones.

Un adulto de *Geocoris punctipes* (Fotos: Jack Dykinga)

utilizaron tablas de supervivencia para identificar y cuantificar los factores de mortalidad que afectan los estadios inmaduros (huevos y ninfas) de *B. tabaci* en cada planta hospedera. El artículo se centra en este último aspecto de la investigación.

Para estudiar la mortalidad se sacó partido de la inmovilidad de la mayor parte de los estadios inmaduros del insecto. Los huevos se ovipositan individualmente, generalmente en la superficie inferior de la hoja, donde permanecen hasta la eclosión de la larva, el único estadio inmaduro con movilidad. La larva, que es en realidad una ninfa joven en primer instar, se mueve generalmente una distancia muy corta, de unos cuantos centímetros, antes de establecerse nuevamente unas tres a seis horas más tarde. Una vez establecida, esta ninfa de primer instar y todos los estadios ninfales subsecuentes permanecen exactamente en el mismo lugar sobre la hoja.

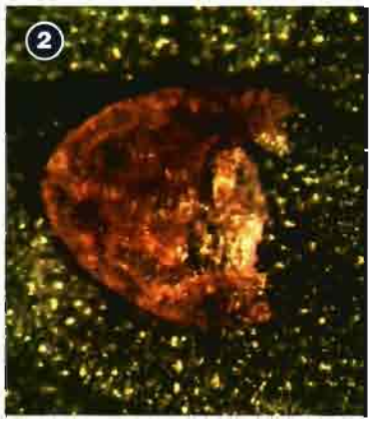
Se marcó la ubicación de los huevos y de las ninfas de primer instar establecidas en las hojas y se les observó cada pocos días con ayuda de una lupa para determinar el estadio de desarrollo o la causa de la muerte si el insecto moría. Estos estudios se repitieron varias veces en cada planta a lo largo de los tres años que duró el estudio.

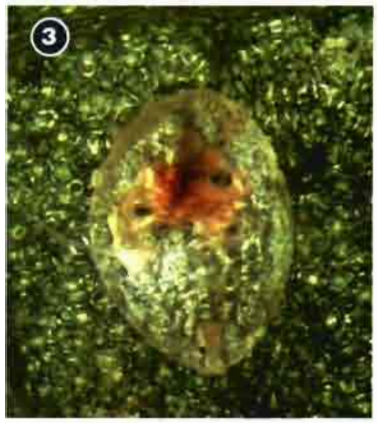
Como se ha señalado, muchos factores pueden causar la muerte de moscas blancas inmaduras, incluyendo enemigos naturales (predadores), parasitoides y patógenos, factores climáticos, como lluvia y viento, y otros factores dependientes de la planta huésped y de factores fisiológicos naturales. Se desarrollaron tablas de supervivencia para estimar cuantitativamente el efecto de cada factor y para estimar el estadio de desarrollo afectado por cada uno de ellos. Un resumen de los resultados para un número de generaciones de mosca blanca observados en uno de los cuatro lugares estudiados en la región central de Arizona. Estos diagramas circulares muestran la incidencia relativa de cada factor para la mortalidad total de huevos y ninfas; la tasa de supervivencia total de las formas inmaduras se muestra sobre el diagrama. Los factores que causan la mortalidad son los mismos en todas las plantas hospederas, pero la contribución relativa de distintos factores varía considerablemente de huésped a huésped y de estación a estación.

En brócoli, un cultivo de invierno, la mayor parte de la mortalidad es causada por el desprendimiento físico de los insectos de la superficie de la planta y por la desecación causada por las bajas temperaturas. El desprendimiento está relacionado probablemente con la acción de depredadores con aparato bucal masticador,

■ Un gran número de factores de mortalidad afectan la supervivencia de *B. tabaci*. Estas fuerzas ocurren de forma natural - enemigos naturales, clima o efectos de la planta huésped - o artificial - insecticidas o medidas de cultivo al gestionar el sistema







Ejemplos de factores de mortalidad que afectan a ninfas de *Bemisia Tabaci*. 1- *Paecilomyces fumosoroseus* es uno de varios hongos que atacan a las moscas blancas. No se observaron casos de mortalidad por hongos en el presente trabajo (Foto: Stephen Wraight). **2- Evidencia de depredación por parte de un depredador con aparato bucal masticador. 3- Depredación por parte de una larva de *Chrysoperla carnea*. Obsérvense el par de marcas puntuales en el sitio donde el depredador introdujo sus mandíbulas en forma de hoz. 4- Depredación por parte de *Orius tristicolor*. Estos depredadores chupadores a menudo dejan pequeños restos del contenido del cuerpo de la mosca. 5- Depredación por *Geocoris punctipes*. El contenido del cuerpo de la mosca ha sido eliminado completamente, quedando solo una carcaza transparente como resto. 6- Parasitismo por un estado larvario temprano de *Eretmocerus sp.* o *Encarsia sp.* La larva parasitoide no está a la vista, pero las dos estructuras amarillas apareadas (mycetomas) que normalmente se encuentran en el centro del cuerpo de la mosca están desplazadas hacia la parte externa del mismo.**

pero puede estar también vinculado a la acción de factores climáticos como el viento y la lluvia. Parte de la mortalidad de mosca blanca en brócoli es causada por depredadores con aparato bucal chupador, mientras que solo un porcentaje mínimo de la mortalidad puede ser atribuido a parasitismo o a que los huevos no hayan eclosionado. Las formas inmaduras de *B. tabaci* prácticamente no sobreviven en brócoli. La alfalfa está presente a lo largo de todo el año. No obstante, las moscas blancas se encuentran sobre este cultivo principalmente durante el otoño. También en esta planta, el desprendimiento de insectos de la superficie por acción de insectos masticadores depredadores y de factores climáticos y la acción de depredadores chupadores son las causas principales de mortalidad. Parte de la misma es causada por parasitismo, mientras que la mortalidad por otras causas o por inviabilidad de los huevos es rara. La supervivencia promedio desde el huevo hasta la forma adulta es de aproximadamente del 7% sobre alfalfa.

Las moscas blancas ubicadas sobre otro hospedero perenne, la planta ornamental *Lantana*, están sometidas a altos niveles de depredación y otros factores desfavorables, principalmente desecación durante fines de otoño e invierno. El parasitismo y el desprendimiento de moscas inmaduras fueron moderadamente altos en *Lantana*. De hecho, la *Lantana* es relativamente sensible a las heladas y las bajas temperaturas causan defoliación en las plantas durante diciembre y enero, lo que conduce a altos niveles de mortalidad debida al desprendimiento de las ninfas durante esta estación del año. En promedio, menos del 2% de los huevos depositados sobre *Lantana* alcanzaron el estadio adulto.

Moscas blancas inmaduras alojadas sobre melones de primavera mueren principalmente por desprendimiento y depredación, con relativamente pocas muertes debidas a parasitismo, inviabilidad de los huevos u otras causas. Un promedio de casi 33% de los huevos depuestos sobre melón de primavera alcanzaron la fase adulta. La contribución relativa de distintos factores a la mortalidad es similar en melones cultivados durante el verano tardío y otoño. Sin embargo, en este caso la tasa total de supervivencia es mucho menor, apenas sobre el 3%.

El algodón es el principal hospedero cultivado de *B. tabaci* durante el verano en Arizona. La mayor causa de mortalidad de mosca blanca sobre este hospedero es, sobre todo, la acción de los depredadores. El parasitismo y desprendimiento también contribuyen con niveles moderados de mortalidad. Se sospecha que gran parte de la mortalidad por desprendimiento es causada por las severas tormentas que son típicas













7- Estadio de pupa de *Encarsia sp.* Nótese los gránulos de color naranja colocados en la parte exterior del cuerpo de la mosca blanca, productos de desecho excretados por el parasitoide. 8- Estadio de pupa de *Eretmocerus sp.*; obsérvse la ausencia de gránulos con productos de desecho. Estos gránulos ayudan a distinguir los dos tipos de parasitoide en estadio de pupa. 9- Un parasitoide devorado por el depredador *Geocoris punctipes.* A veces es difícil determinar la causa de la muerte de la mosca blanca (Otras fotos: Steven Naranjo).

en Arizona durante los meses centrales y tardíos del verano. Estas tormentas se caracterizan a menudo por vientos fuertes, polvaredas y, a veces, densas lluvias. En promedio, un poco más del 9% de los huevos ubicados sobre algodón alcanzan la fase adulta.

Finalmente, toda una secuencia de malezas anuales actúan como plantas huésped para la mosca blanca a lo largo del año. Se estudiaron las siguientes malezas: *Physalis wrightii* A. Gray, *Malva parviflora L.* y *Sonchus asper* (L) Hill. El desprendimiento, la depredación y otras fuentes de mortalidad contribuyeron con aproximadamente los mismos niveles de mortalidad, siendo las tasas de parasitismo y de inviabilidad de los huevos muy reducidas. La tasa de supervivencia promedio de mosca blanca inmadura sobre malezas es de aproximadamente el 3%. Si se examina la tasa de mortalidad en base a los estadios de desarrollo del insecto sobre todas las plantas huésped, se encuentra que gran parte de la mortalidad ocurre durante el cuarto y último estadio ninfal, con tasas de mortalidad aproximada-



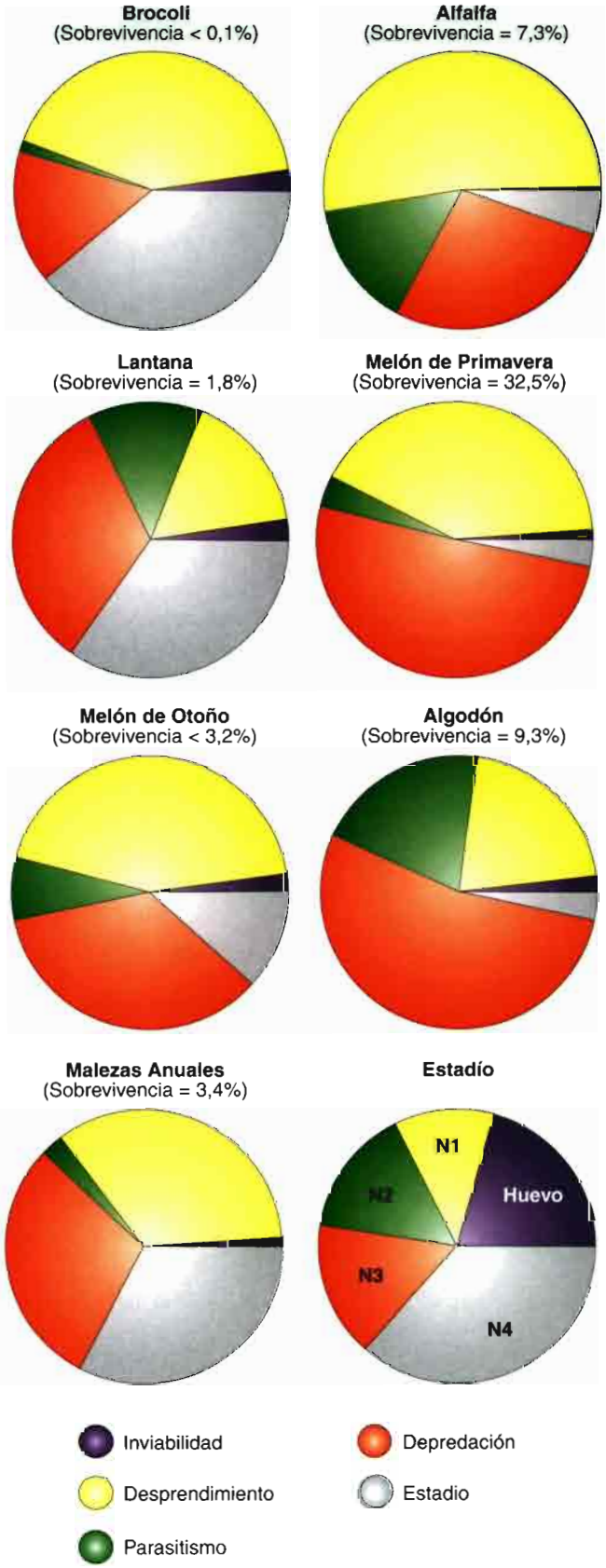
mente similares en huevos y en los otros tres instares ninfales.

El estudio a lo largo del ciclo anual de este insecto polífago nos ha enseñado la importancia de la perspectiva espacial para el manejo de plagas. Las poblaciones de un cultivo o planta hospedera están inexorablemente ligadas a otras que las rodean, tanto espacial como temporalmente. Las poblaciones de *B. tabaci* son extremadamente bajas durante los meses de invierno en Arizona. Pese a este hecho y a las altas mortalidades de mosca blanca observadas sobre todas las plantas hospederas, las poblaciones se incrementan inevitablemente durante la primavera y alcanzan niveles epidémicos hacia fines del verano.

Este fenómeno enfatiza la alta capacidad reproductiva de esta plaga, pero también destaca la importante contribución de cultivos tales como el melón de primavera, que facilita el desarrollo del potencial biótico de *B. tabaci*. Se ha estimado que una sola hembra de *B. tabaci* puede poner una cantidad de huevos que oscila entre un poco menos de 100 a más de 400 durante su corta vida, dependiendo de la planta hospedera y de variables ambientales tales como la temperatura. Con tasas tan elevadas de reproducción, se necesitarían tasas de mortalidad de inmaduros mayores al 98-99% para mantener a la población estable, y tasas aun mayores se necesitarían para una supresión económicamente adecuada de esta plaga.

Se sabe por estudios similares realizados con tablas de supervivencia en algodón que los insecticidas pueden elevar la tasa de mortalidad hasta el punto necesario para suprimir el crecimiento de la población de la plaga. También se sabe que la elección del insecticida a utilizar es crucial.

Si se utilizan de forma moderada insecticidas más selectivos, como reguladores de crecimiento de insectos como el buprofezin y el piriproxifen, entonces se obtiene un control a lo



Resumen de los factores determinantes de la mortalidad afectando a *Bemisia tabaci* sobre diferentes plantas huésped en el campo a lo largo del año. Cada diagrama circular muestra la importancia relativa de cada factor a la mortalidad total de huevos y ninfas; la tasa total de sobrevivencia de formas inmaduras se muestra encima de cada diagrama. El círculo de abajo a la derecha muestra la distribución de la mortalidad en huevos y en los cuatro estadios. (Valores porcentajes aproximados).

largo de toda la temporada, a través de la acción combinada y complementaria del insecticida y de los enemigos natruales de la plaga.

Si, por lo contrario, se utiliza un insecticida con amplio espectro de toxicidad, entonces se depende para el control de la mosca casi completamente de las aplicaciones repetidas de estos materiales, porque numerosos enemigos naturales son también eliminados y no pueden contribuír a incrementar los niveles de mortalidad de la mosca.

El presente artículo da una visión muy general del esfuerzo de investigación centrado en intentar comprender la compleja dinámica de *B. tabaci* en el sistema de cultivos múltiples de Arizona. Observando a través de una «lente» regional, los resultados dan una visión útil para mejorar el manejo de todos los cultivos afectados por medio de la evasión de la plaga. Por ejemplo, un mejor manejo de las malas hierbas, eliminación o retraso de la siembra de determiandos cultivos en ciertas áreas y el fortalecimiento de las poblaciones de enemigos naturales mediante prácticas conservacionistas o refuerzo de las mismas puede ayudar a prevenir brotes epidémicos en campos individuales o a través de toda la región.

Estos resultados pueden también mejorar modelos para predecir el crecimiento poblacional y los brotes epidémicos, lo que conduciría a planificar mejor las actividades de control. Finalmente, nuestros resultados tienen amplias implicaciones para la planificación de la distribución espacial de cultivos y para el desarrollo de planes de manejo de la plaga a nivel regional.

■ Moscas blancas inmaduras alojadas sobre melones de primavera mueren por desprendimiento y depredación, con pocas muertes debidas a parasitismo, inviabilidad de los huevos u otras causas. Un promedio de casi 33% de los huevos depuestos sobre melón de primavera alcanzaron la fase adulta

Nota de los autores:
Este artículo presenta solamente resultados de investigación. La mención en el mismo de productos o marcas comerciales no implica apoyo o recomendación de su uso por parte del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Para saber más...

- www.horticom.com/tematicas/lucha_integrada/

