12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 275

Bol. San. Veg. Plagas, 34: 275-285, 2008

Umbral de temperatura para el inicio del vuelo de los pulgones de la lechuga, *Nasonovia ribisnigri* y *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae)

I. MORALES, A. FERERES

Los pulgones *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) (Hemiptera: Aphididae) y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae)**,** son dos de las principales plagas de los cultivos de la lechuga. La dispersión de dichos pulgones por el cultivo tiene una gran importancia tanto por los daños directos que producen como por la transmisión de virus. En este trabajo se estudiaron los umbrales de temperatura para el inicio del vuelo de estas dos especies de pulgones, en condiciones de campo (*M. euphorbiae*) y laboratorio (*N. ribisnigri*). En el caso de *N. ribisnigri* se estudió en condiciones controladas los distintos comportamientos en el comienzo del vuelo sobre distintas plataformas de despegue: una planta huésped (lechuga), una planta no huésped (pimiento) y una plataforma de vuelo inerte de color negro. La temperatura a la que alzó el primer vuelo *N. ribisnigri* fue de 15 ºC desde pimiento, de 16 ºC desde la plataforma inerte y 17 ºC desde la lechuga, por lo que el umbral de vuelo de este pulgón se puede situar entre 15 y 17 ºC. Los resultados obtenidos muestran que los pulgones situados sobre el pimiento y la plataforma inerte vuelan prácticamente en su totalidad (98,5% y 99%) mientras que únicamente alzaron el vuelo el 8,4% del total de los pulgones ensayados sobre la planta huésped (lechuga). Para el caso de *M. euphorbiae*, se realizaron numerosas capturas en diferentes días mediante una malla de hilos situada en una finca experimental en la zona Centro de España y se correlacionaron dichas capturas con los valores de temperatura. En este caso, el umbral mínimo de vuelo resultó ser de 14 ,7ºC.

I. MORALES, A. FERERES. Departamento de Protección Vegetal. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA-CSIC). C/ Serrano 115 dpdo. 28006 Madrid. E-mail: afereres@ccma.csic.es

Palabras clave: virus, vector, despegue, trampa vertical de hilos.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* tiene una gran importancia en la agricultura española. En la actualidad están destinadas 36.200 hectáreas a su cultivo, llegándose a una producción que supera el millón de toneladas (FAO, 2005). Entre los agentes que producen un mayor daño en lechuga, destaca el grupo de los pulgones (Hemiptera: Aphididae). Estos constituyen la plaga más importante que asola este cultivo en Europa (PARKER *et al.*, 2002). Dichos insectos atacan a la lechuga produciendo daños directos a la planta, como puede ser la secreción de melaza que impide el buen funcionamiento de los estomas y promueve la aparición de negrillas. Sin embargo, el daño directo más perjudicial es el de tipo cosmético, ya que la presencia de pulgones en la lechuga produce rechazo en el mercado, provocando un descenso en el valor comercial de la planta. También producen daños indirectos muy importantes debido a que actúan como vectores de virus tales como el virus del mosaico de la lechuga, LMV (NEBREDA *et al.*, 2004).

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 276

Dos de las principales especies de pulgones que aparecen habitualmente atacando cultivos de lechuga en la Comunidad de Madrid son *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (NEBREDA *et al.*, 2005). El control rutinario de esta plaga se realiza mediante aplicaciones reiteradas de insecticidas que suponen un riesgo importante para el medioambiente y para la salud pública (KIFT *et al.*, 2004).

La dispersión de los pulgones por vuelo activo sobre la vegetación local o vuelo pasivo trasportados por los vientos para alcanzar largas distancias, es una buena estrategia vital que utilizan para localizar su planta huésped (DIXON Y LAIRD, 1967; DIXON *et al.*,1968; DIXON, 1969; KRING, 1972; ROBERT, 1987). Los umbrales de temperatura para el inicio del vuelo vienen definidos principalmente por factores ambientales como son la luz y la temperatura (TAYLOR, 1965). Aun así, entre las variables ambientales que afectan a los pulgones, la reacción del vuelo frente a la luz parece menos sensible que su respuesta frente a la temperatura (DRY Y TAYLOR, 1970).

A parte de los factores meteorológicos hay otros factores ambientales que pueden afectar al comportamiento del inicio del vuelo de los pulgones como son la calidad de la planta huésped o si están situados sobre hojas jóvenes o maduras en la planta (DIXON Y MERCER, 1983).

El vuelo de los pulgones tiene una clara relación con la propagación de los virus que transmiten a los cultivos como han podido comprobar muchos autores como por ejemplo VAN HARTEN (1983), el cual observó una buena correlación entre la dispersión del virus Y de la patata (PVY^N) y los vuelos del pulgón *M. persicae*.

Debido a la importancia que tiene el vuelo tanto en la migración y dispersión de los pulgones dentro del propio cultivo como en la propagación de los virus que transmiten, es indispensable conocer el umbral de temperatura en el que inician los vuelos estos insectos con el fin de llegar a implementar medidas de control en el momento oportuno.

MATERIALES Y METODO

Ensayos de campo

Los ensayos se han llevado a cabo en la finca experimental del CSIC "La Poveda" (Arganda del Rey) durante la primavera y el otoño de 2004, y la primavera de 2005. Todos ellos han sido realizados sobre un cultivo de lechuga en una parcela experimental de 1092 m^2 infestados artificialmente con las especies de pulgón *N. ribisnigri* (0,5 pulgones/planta) y de manera espontánea por la especie *M. euphorbiae*, que ya estaba instalada en la finca en el momento de los ensayos.

Para llevar a cabo la captura de pulgones utilizamos una trampa vertical de hilos similar a la descrita por HALBERT *et al.* (1981). Esta trampa consiste en una malla de 2,08 m de ancho y 3,08 m de largo, con 8x8 hilos por cm^2. La trampa se sujetó mediante una serie de cuerdas a unos postes de hierro de 2,5 m de altura clavados fuertemente al suelo. Posteriormente esta tela se tensó mediante la ayuda de cuerdas fijadas al suelo con piquetas. Esta trampa se instaló en la parcela experimental antes aludida en sentido perpendicular a la dirección del viento dominante.

El muestreo se realizó dos veces por semana, si la climatología era propicia, durante el ciclo de crecimiento del cultivo en los periodos mencionados anteriormente, desde las 9:00 hasta las 13:30 horas, hasta disponer de alrededor de un total de cien conteos por ciclo de cultivo. Se tomaron con ayuda de un pincel todos los pulgones que interceptaban la trampa de las especies *M. euphorbiae* y *N. ribsinigri* a intervalos de media hora con un registro continuo de la temperatura siguiendo la metodología descrita por TAYLOR (1963). Los pulgones capturados seintrodujeron en tubos de ensayo rellenos de alcohol al 70% para mantener las muestras en buen estado hasta su posterior identificación en el laboratorio mediante las claves de REMADIÈRE Y SECO (1990).

El umbral de temperatura se obtuvo mediante una correlación entre el porcentaje

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 277

Figura 1. Captura de pulgones atrapados en la trampa vertical de hilos

de frecuencia de capturas positivas, sin tener en cuenta el tamaño de captura y la temperatura a la que se obtuvieron dichas capturas. La temperatura a la que corresponde el 50% de frecuencia de capturas es el umbral de temperatura para el inicio del vuelo (TAYLOR, 1963).

Ensayos de laboratorio

Estos experimentos fueron llevados a cabo en un fitotrón con control de temperatura, luz y fotoperiodo. Para iniciar los ensayos se sincronizó una cría de pulgones de la especie *N. ribisnigri* con el objetivo de disponer de adultos alados de la misma edad y peso aproximado. Para ello se seleccionaron adultos alados que fueron colocados sobre una hoja de lechuga en el interior de cajas redondas de 9 cm de diámetro y 3 cm de altura con ventilación central en su tapadera. El peciolo de la hoja se envolvió en papel absorbente y se introdujo en un tubo Eppendorf® de 1,5 ml desprovisto de tapa y lleno de agua para mantener la turgencia de la hoja. En la base de la caja se colocaron dos discos de papel de filtro y luego entre la caja y la tapa se colocó papel absorbente para reducir la condensación y otorgarles mayor oscuridad. 24 horas después se retiraron los adultos, dejando únicamente las ninfas nacidas en ese periodo de tiempo. Estas se introdujeron en un jaulón y se dejaron crecer hasta su emergencia como adultos alados.

Los pulgones alados adultos recién emergidos se mantuvieron durante 24 horas a 23 ºC en la cámara de crecimiento, para que pudieran evolucionar en individuos maduros y aptos para el vuelo siguiendo una metodo-

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 278

logía similar a la descrita por DRY Y TAYLOR (1970). Posteriormente, y con el fin de que no iniciaran el vuelo hasta comenzar el ensayo, los pulgones fueron mantenidos a 10 ºC en cajas petri con ventilación dentro del fitotrón en el que se iban a realizar los experimentos, durante toda la noche anterior al ensayo.

A la mañana siguiente los pulgones fueron dispuestos en el fitotrón donde se realizó el ensayo con una luz de 94 µmol/m^{2}s y a una temperatura inicial de 10 ºC que fue incrementándose grado a grado hasta los 40 ºC manteniendo a los pulgones alrededor de 5 minutos en cada uno de los intervalos de temperatura. El número de despegues fueron contados a intervalos de 1 ºC y se fue retirando cada pulgón de la cámara después de haber realizado el vuelo. Se llevaron a cabo distintos ensayos en los que grupos de aproximadamente 50 pulgones fueron colocados en distintas plataformas de despegue: una planta huésped (lechuga), una planta no huésped (pimiento) y una plataforma de plástico de color negro suspendida en el aire. Estos ensayos se repitieron en varias ocasiones hasta disponer de datos suficientes (un mínimo de 200 intentos de vuelo en cada una de las plataformas). Se tomó como umbral de vuelo aquella temperatura a la que volaron el 50% de los pulgones sin contar aquellos que permanecieron en la plataforma una vez alcanzados los 40 ºC (DRY Y TAYLOR, 1970). Para ello, se llevó a cabo el test estadístico de Kaplan-Meier.

Todos los análisis estadísticos y regresiones realizadas en este trabajo fueron llevados a cabo con el programa informático SPSS statistical package, version 14.01 (SPSS, 2003).

RESULTADOS

Umbral de temperatura para el inicio de vuelo de *M. euphorbiae* y *N. ribisnigri* en condiciones de campo

Las capturas obtenidas de alados de *M. euphorbiae* fueron muy abundantes durante el ciclo de cultivo de primavera de 2004. En este periodo se realizó un total de 105 observaciones (conteos) sumando tanto las veces en las que hubo captura como en las que no la hubo.

Los valores obtenidos en cuanto a capturas a las diferentes temperaturas fueron ajustados a una regresión curvilínea cúbica ($Y= -1,56 - 3,51x + 0,77x^2 - 0,02x^3$) que dio un muy buen ajuste (R^2: 0,892). El valor correspondiente a la temperatura a la que se registraron el 50 % de las capturas de alados de *M. euphorbiae* (umbral para el inicio del vuelo) se situó en 14 ,7 ºC (Figura 2).

En el caso del pulgón *N. ribisnigri* se intentó hallar dicho umbral en la primavera y en otoño de 2004 y en primavera de 2005. En todos los casos fue imposible calcularlo por falta de una frecuencia suficiente de capturas en la trampa de hilos a pesar de la presencia abundante de alados en el cultivo de lechuga próximo. El año en el que más frecuencia de capturas hubo en la trampa únicamente se superó el 50 % a una sola temperatura (25 ºC). Por ello, decidimos realizar los experimentos de laboratorio antes descritos en condiciones de temperatura controlada para conocer el comportamiento de vuelo de esta especie en diferentes plataformas de despegue.

Cuadro 1. **Tasa de vuelo y temperatura a la que se inicia el primero vuelo de *N. ribisnigri* sobre las distintas plataformas de despegue**

N. ribisnigri			
Plataforma	**Tasa de vuelo**	**% de vuelo**	**Tª (ºC) a la que se produce el 1º vuelo**
Pimiento	202/205	98,5	15
Plataforma Inerte	199/201	99	16
Lechuga	17/203	8,4	17

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 279

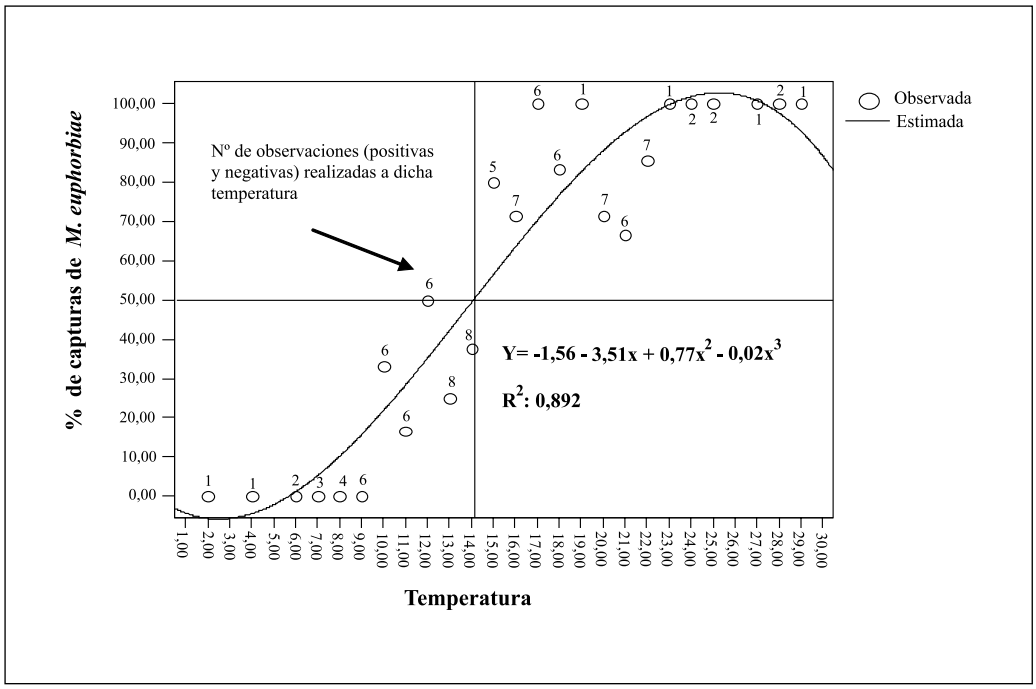

Figura 2. Cálculo del umbral de temperatura para el inicio del vuelo de *M. euphorbiae*en condiciones de campo.

Comportamiento de vuelo del pulgón *N. ribisnigri* en laboratorio sobre diferentes plataformas de despegue

La temperatura a la que alzó el primer vuelo *N. ribisnigri* en laboratorio fue de 15 ºC desde pimiento, de 16 ºC desde la plataforma inerte y 17 ºC desde la lechuga. Ningún pulgón de los ensayados alzó el vuelo por debajo de los 15 ºC (Cuadro 1) y la mayoría requirió de temperaturas superiores a los 20 ºC para realizar el despegue. El intervalo de temperatura en el que volaron los pulgones sobre la plataforma inerte es mucho mayor que el intervalo de temperaturas en el que volaron sobre pimiento (Figura 2). Esto nos indica que los pulgones optan por volar antes desde la planta no huésped que desde la plataforma inerte. Ello sugiere que de alguna manera esta planta repele al pulgón incluso más que un sustrato no vegetal. Tanto los pulgones ensayados sobre pimiento como en los ensayados sobre la plataforma de plástico sufren un descenso en el número de vuelos realizados a partir de los 25 ºC. La mayoría de los pulgones que alzaron el vuelo desde la lechuga lo hicieron a temperaturas superiores a los 30 ºC (Figura 2).

En los ensayos realizados sobre pimiento y sobre la plataforma inerte, el conjunto de los pulgones volaron prácticamente en su totalidad (98,5% en el caso del pimiento y 99% en el caso de la plataforma inerte). Sin embargo, cuando los pulgones partieron desde la planta huésped (lechuga) únicamente alzaron el vuelo el 8,4% del total de los pulgones ensayados (Cuadro 1), a pesar de que las temperaturas alcanzaron valores muy elevados (40ºC).

Los valores calculados para los umbrales de vuelo según el procedimiento descrito por DRY Y TAYLOR (1970) resultaron ser muy elevados. En el caso de los pulgones situados sobre el pimiento y la plataforma inerte dichos umbrales distaron únicamente en un

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 280

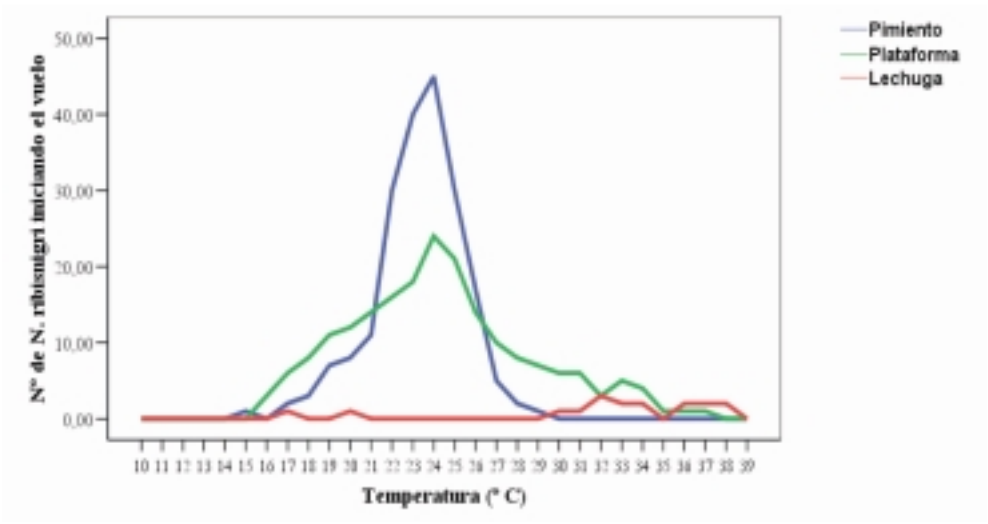

Figura 3. Número de *N. ribisnigri* que inician el vuelo desde distintas tipos de plataformas a las temperaturas de ensayo.

grado centígrado (23 ºC y 24 ºC respectivamente) mientras que para los pulgones situados sobre la lechuga, el bajo porcentaje de vuelos obtenidos hace imposible establecer un umbral válido para el inicio del vuelo (Cuadro 2).

DISCUSIÓN

Para realizar un buen control de una plaga es muy importante conocer en que momento se producen los vuelos migratorios y la colonización del cultivo por los pulgones. Por ello, desde hace tiempo se han elaborado distintos trabajos para poder modelizar y pronosticarla llegada de diferentes plagas al cultivo. Algunos de estos trabajos tienen por objetivo conocer los umbrales de temperatura para el inicio del vuelo o la creación de modelos matemáticos de migración para diferentes pulgones como *Sitobion avenae* (Fabricius) y *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) sobre cultivos de cereal (HANSEN, 2006).

Se han hallado umbrales de temperatura para el inicio del vuelo de muchas especies

Cuadro 2. **Umbral de temperatura (según Dry y Taylor, 1970) para el inicio del vuelo de *N. ribisnigri* sobre las diferentes superficies ensayadas.**

Especie de pulgón	Superficie de despegue	Umbral de Tª (ºC) para el inicio del vuelo (Mediana ± error típico)
Nasonovia ribisnigri	Pimiento (no huésped)	23 ± 0,167
	Plataforma inerte	24 ± 0,292
	Lechuga (huésped)	-

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 281

de pulgones. Ejemplos de estos umbrales son el que hallaron ROHITHA Y PENMAN (1986) para *Acyrthosiphon kondoi* Shinji estimado en 8,75 ºC o los hallados por WALTERS Y DIXON (1984) para *S. avenae* en campo (16 ºC) y en laboratorio (17,5 ºC). En algunos casos la misma especie de pulgón puede presentar diferente umbral de temperatura para el vuelo dependiendo de la estación del año. Así *R. padi* presentó un umbral de 16-17 ºC en primavera, 9-10 ºC durante el otoño y 13-14 ºC durante el verano (WIKTELIUS, 1981).

El umbral de temperatura que hemos determinado en nuestras condiciones experimentales para el inicio del vuelo de *M. euphorbiae* en cultivos de lechuga al aire libre es de 14,7 ºC. Este umbral no difiere mucho de los 16 ºC obtenido por BOITEAU (1986) para la misma especie de pulgón con la misma metodología y sobre cultivos de patata en New Brunswick, Canadá. Esta diferencia podría ser atribuible a los diferentes factores meteorológicos de las zonas de estudio (DIXON Y MERCER, 1983) o a las distintas plantas huésped utilizadas. Esta especie de pulgón es bastante polífaga y dependiendo de la atracción que tenga por cada especie de cultivo tardará más o menos en alzar el vuelo (BOITEAU,1986).

El alto coeficiente de correlación de la regresión obtenida y el hecho de que el umbral calculado para el vuelo de *M. euphorbiae* se asemeje al hallado sobre patata por BOITEAU (1986), hacen que este resultado esté bien contrastado.

El umbral de temperatura para el inicio del vuelo de *M. euphorbiae* no es muy alto por lo que se capturan alados volando durante todo el ciclo de cultivo de lechuga tanto de primavera como de otoño. Este aspecto unido a que esta especie es un vector eficaz del virus del mosaico de la lechuga (LMV) (NEBREDA *et al.*, 2004), hace que sea imprescindible elaborar una buena estrategia de control en la que es fundamental conocer el momento de inicio de vuelo del pulgón.

La temperatura a la que alzó el primer vuelo *N. ribisnigri* en laboratorio fue de 15 ºC desde pimiento, de 16 ºC desde la plataforma inerte y 17 ºC desde la lechuga. Los umbrales obtenidos para el pulgón *N. ribisnigri* sobre el pimiento y sobre la plataforma inerte en el laboratorio según el procedimiento descrito por Dry & Taylor 1970 son demasiado altos como para poder extrapolarlos al campo. Está misma especie en campo probablemente tiene unos umbrales de vuelo en campo mucho menores a los obtenidos en laboratorio desde las distintas superficies de despegue, ya que su llegada a los primeros cultivos de lechuga de la Comunidad de Madrid se observan en primavera a mediados de marzo donde la temperatura máxima no alcanza valores superiores a los 20 ºC a lo largo del día (datos no publicados). Los altos umbrales obtenidos son debidos en parte a la metodología llevada a cabo similar a la descrita por DRY Y TAYLOR (1970) puesto que también en sus estudios los umbrales de temperatura dieron valores altos. Este es el caso de *Aphis fabae* Scopoli, pulgón que en campo dio un umbral de 17,5 ºC para el inicio del vuelo desde judía (TAYLOR, 1963), y en los ensayos de laboratorio para este mismo pulgón DRY Y TAYLOR (1970) obtuvieron un umbral superior a 21 ºC . Esto puede ser debido a que la cámara en la que se han llevado a cabo los ensayos no está adaptada para el vuelo de insectos como las elaboradas por investigadores como KENNEDY Y BOOTH (1963) y KRING (1966) en la que hay un punto de entrada de aire y de luz al que se dirigen los pulgones. En nuestro caso no hay entrada de aire y la luz se encuentra en todos los puntos de la cámara lo que puede distraer al pulgón retrasando el inicio del vuelo. Por ello, creemos que es más útil en términos epidemiológicos conocer la temperatura a la que el primer pulgón alzó el vuelo en cada una de las plataformas que marcar un umbral de temperatura erróneo. Otras metodologías usadas en laboratorio para hallar el umbral de temperatura para el inicio del vuelo como la de BOITEAU (1986) también utilizan como temperatura umbral la que corresponde al vuelo del primer pulgón en lugar de utilizar la temperatura a la que inicia el vuelo el 50 % de los pul-

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 282

gones. Este autor no utilizó ninguna plataforma de despegue en sus experimentos, sino que dejaba caer desde un pincel a 1 metro de altura al pulgón y veía si antes de caer realizaba un vuelo corto. Esta metodología obliga al pulgón a volar pero no permite apreciar diferencias de comportamiento del pulgón en diferentes situaciones, razón por la que no fue seguida a la hora de realizar nuestro trabajo. La metodología de DRY Y TAYLOR (1970) puede ser poco apropiada para estimar un umbral que se pueda extrapolar al campo pero nos permite comparar los distintos comportamientos de los pulgones dependiendo de si la planta en la que se encuentra en un determinado momento es planta huésped y se encuentra a gusto sobre ella, o si es una planta no huésped de la que no se puede alimentar.

El umbral de temperatura para el vuelo obtenido sobre la planta no huésped de pimiento es menor que el obtenido sobre la plataforma inerte. Esto nos indica que el pimiento repele de alguna manera al "pulgón de la lechuga". La razón por la que esto sucede puede deberse a que esta especie de pulgón es oligófago y éstos muestran más rechazo a las ceras de las plantas no huésped que los pulgones polífagos. Esto ocurre debido a que los pulgones polífagos tienden a encontrar sus plantas huésped utilizando principalmente el sentido de la vista mientras que los pulgones oligófagos o monófagos tienden a utilizar también el sentido del olfato además del de la vista para localizar a sus plantas huésped (HORI, 1999).

Un 1,5 % de los pulgones situados sobre pimiento y un 1 % situados sobre la plataforma inerte no despegaron de sus respectivas plataformas durante los ensayos. Las principales razones de estos fallos pueden estar relacionados con daños en las alas durante la ultima muda o por la manipulación del insecto antes de iniciar el ensayo o bien a que el pulgón puede estar en proceso reproductivo tal como sugieren DRY Y TAYLOR (1970).

Los resultados de *N. ribisnigri* sobre lechuga no nos permitieron hallar un umbral de temperatura para el vuelo cuando fueron colocados sobre plantas de lechuga, ya que para que este umbral fuera estadísticamente fiable deberían haber volado como mínimo el 50% de los pulgones ensayados. En este caso sólo alzó el vuelo un 8,4% de los pulgones colocados sobre lechuga. El 91,6% prefirió quedarse en la planta a pesar de que la temperatura ascendió hasta los 40 ºC. Sin embargo, podríamos concluir a la vista de nuestros resultados (Cuadro 1) que el umbral de vuelo para esta especie se sitúa entre los 15 y 17ºC.

Estos resultados hallados indican que mientras la planta de lechuga se encuentre en condiciones óptimas, *N. ribisnigri* no alza el vuelo hasta que se produzcan temperaturas superiores a los 17ºC. Por ello creemos que su distribución dentro del cultivo se realiza mayoritariamente por individuos ápteros que andan de una planta a otra. Estos resultados coinciden con los obtenidos por DÍAZ DESANI (2005) que indican la importancia de los adultos ápteros de *N. ribisnigri* en la colonización de nuevas plantas caminando de una hoja a otra de la planta huésped y entre plantas sobre el suelo desnudo, lo que resulta en una permanente redistribución de los elementos demográficos de la población de pulgones en un cultivo. Esta capacidad de caminar sobre el suelo desnudo fue estudiada para pulgones que colonizan patata, para determinar como sus movimientos influyen sobre los patrones de dispersión espacio-temporal de virus dentro de un cultivo de patata (ALYOKHIN Y SEWELL, 2003) ya sea por el aumento de los focos de plantas enfermas como en la creación de nuevos focos dentro de un campo (IRWIN Y THRESH 1990).

Existen distintas teorías a cerca de la disminución de la población de *N. ribisnigri* a medida que las plantas maduran y se aproxima el día de la cosecha. Una aboga por el abandono de las lechugas por los adultos alados que mayoritariamente aparecen en las colonias cuando las hojas se endurecen (PASCUAL-VILLALOBOS *et al*., 2003) mientras que la otra aboga por la acción de los enemigos naturales, particularmente depredadores

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 283

(ARNÓ *et al*., 2002). Según los resultados obtenidos en este trabajo, en los que se muestran que sólo una proporción muy pequeña de la población de pulgones (8,4%) alza el vuelo ni siquiera cuando las temperaturas son extremas, creemos que la segunda teoría mencionada es la más acertada.

El hecho de conocer el momento en el que se produce el inicio del vuelo de los distintos pulgones puede ser también importante por otros motivos. Siempre se ha mirado la migración de los pulgones como algo negativo para los cultivos debido a las virosis que transmiten y al daño directo que producen en el cultivo. Pero esta visión puede virar a un aspecto positivo. Así, existen estudios que demuestran que con la migración de los pulgones alados también se produce la entrada de agentes entomopatógenos como hongos o bacterias provenientes de los pulgones inmigrantes del cultivo, que a su vez inician epizootias en las colonias sanas de pulgones que ya estaban asentados previamente en el cultivo (FENG Y CHEN, 2002; CHEN Y FENG, 2006; FENG *et al*., 2007). Dichos autores demuestran la entrada de pulgones con hongos entomophthorales entre los que predomina *Pandora neoaphidis* (Remaudière y Hennebert) Humber (Zygomycetes: Entomphthorales), cuyas epizootias son unas de las principales causantes del descenso de la población de los pulgones que atacan los cultivos de lechuga de la comunidad de Madrid durante los ciclos de primavera (MORALES *et al*., 2006; MORALES *et al*., 2007).

Estos estudios abren alternativas muy interesantes en las que la migración de las plagas puede ser utilizada de forma beneficiosa. Si se consiguiera producir un formulado a partir de hongos entomopatógenos y aplicarlo sobre una población de pulgones que no fueran colonizadores ni vectores de virus de la lechuga pero que aterricen en el cultivo de forma abundante, o sobre una población que pudieran establecerse en los márgenes del cultivo sobre flora espontánea, podría utilizarse para diseminar las esporas del hongo sobre el resto de pulgones que constituyen plaga para el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la beca predoctoral del Ministerio de Ciencia y tecnología AGL2003-0753-C03-01 y forma parte de la Tesis Doctoral de I. Morales (BES-2004-5217).

ABSTRACT

MORALES, I., A. FERERES. 2008. Temperature threshold for take-off of *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) and *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera : Aphididae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **34:** 275-285.

Nasonovia ribisnigri (Mosley) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Homoptera:Aphididae) are two of the main pests of lettuce. These aphids cause significant direct and indirect damage due to the transmission of virus diseases. We determined the temperature thresholds for the beginning of flight of *M. euphorbiae* and *N. ribisnigri*. Different take-off platforms were used to study the temperature threshold needed for flight of *N. ribisnigri* under controlled conditions: a host plant (lettuce), a non-host plant (pepper) and an inert black flying platform. The temperature in which *N. ribisnigri* made its first flight was 15 ºC in pepper, 16 ºC in the inert platform and 17 ºC in lettuce. Therefore, we concluded that the temperature threshold for this aphid species varied within the range of 15-17 ° C. Our results showed that almost all of the aphids took-off from the pepper plant and from the inert platform (98,5% and 99%, respectively), while only 8.4% of the aphids took-off from lettuce. In the case of *M. euphorbiae*, the occurrence of catches on a vertical net trap placed in an experimental farm in the Central region of Spain was correlated with the air temperature on different sampling dates. In this case, the temperature threshold for the flight of *M. euphorbiae* was 14,7 °C.

Key words: virus, vector, take-off, vertical net trap.

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 284

REFERENCIAS

ALYOKHIN, A., SEWELL, G. 2003. On-soil movement and plant colonization by walking wingless morphs of three aphid species (Homoptera: Aphididae) in greenhouse arenas. *Environmental Entomology* **32**: 1393–1398.

ARNÓ, J., ROIG, J., GABARRA, R. 2002. Avaluació de varietats dénciam resistents al pugo *Nasonovia ribisnigri*. *Catalunya Rural, Agraria* 34-37.

BOITEAU, G. 1986. Diurnal flight periodicities and temperature thresholds for three potato-colonizing aphids (Homoptera: Aphididae) in New Brunswick. *Annals of the Entomological Society of America* **79**: 989-993.

CHEN, C., FENG, M. G. 2006. Probability model for the postflight fecundity of viviparous alatae infected pre-flight by the obligate aphid pathogen *Pandora neoaphidis*. *Biological Control* **39**: 26-31.

DÍAZ DESANI, B. M. 2005. Bioecología, modelización del pulgón *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) y evaluación de barreras fotoselectivas para el control de plagas de la lechuga. Tesis Doctoral. Depto. de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

DIXON, R. C., LAIRD, E. F. 1967. Fall dispersal of green peach aphids to desert valleys. *Annals of the Entomological Society of America* **60**: 1088-1091.

DIXON, A. F. G., BURNS, M. D., WANGBOONKONG, S. 1968. Migration in aphids: response to current adversity. *Nature* **220**: 1337-1338.

DIXON, A. F. G. 1969. Population dynamics of the sycamore aphid *Drepanosiphum platanoides* (Schr.) (Homoptera: Aphididae): migratory and trivial flight activity. *Journal of Animal Ecology* **38**: 585-606.

DIXON, A. F. G., MERCER, D. R. 1983. Flight behaviour in the sycamore aphid : Factors affecting take-off. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **33**: 43-49.

DRY, W. W., TAYLOR, L. R. 1970**.** Light and temperature thresholds for take-off by aphids. *Journal of Animal Ecology* **39**: 493-504.

FAO. 2005. Base de datos FAOSTAT. 3-02-2007. http://faostat.fao.org/ DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es

FENG, M. G., CHENG, C. 2002. Incidence of infected *Myzus persicae* alatae trapped in flight imply place-to-place dissemination of entomophthoralean fungi in aphid populations through migration. *Journal of Invertebrate Pathology* **81**: 53-56.

FENG, M. G., CHENG, C., SHANG, S. W., YING, S. H., SHEN, Z. C., CHEN, X. X. 2007. Aphid dispersal fkight disseminates fungal pathogens and parasitoids as natural control agents of aphids. *Ecological Entomology* **32**: 97-104

HALBERT, S. E., IRWIN, M. E., GOODMAN,R. M. 1981. Alate aphid (Homoptera: Aphididae) species and their relative importance as field vectors of soybean mosaic virus. *Annals of Applied Biology***97**: 1-9.

HANSEN, L. M. 2006. Models for spring migration of two aphid species *Sitobion avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.) infesting cereals in areas where they are entirely holocyclic. *Agricultural and Forest Entomology* **8**: 83-88.

HORI, M. 1999. Role of host plant in the host finding behaviors of aphids. *Applied Entomology and Zoology* **34** (3): 293-298.

IRWIN, M. E., THRESH, J. M. 1990. Epidemiology of barley yellow dwarf a study in ecological complexity. *Annual Review of Phytopathology* **28**:393–424.

KENNEDY, J. S., BOOTH, C. O.1963. Free flight of aphids in the laboratory. *Journal of Experimental Biology* **40**: 67-85.

KIFT, N. B., MEAD, A., REYNOLDS, K., SIME, S., BARBER, M. D., DENHOLM, L., TATCHELL, G. M. 2004. The impact of insecticide resistance in the currant-lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri*, on pest management in lettuce. *Agricultural and Forest Entomology* **6** (4): 295-309.

KRING, J. B. 1966. An aphid flight chamber: construction and operation. *Journal of Economic Entomology* **59**: 1518-1520.

KRING, J. B. 1972. Flight behaviour of aphids. *Annual Review of Entomology* **17**: 461-491.

MORALES, I, AGUADO, J. M., NEBREDA, M., DÍAZ, B. M., ROMERO, A., PINEDA, A., MARCOS-GARCIA, M. A., FERERES, A. 2006. Diversidad de enemigos naturales de pulgones en cultivos de lechuga. *Cuadernos de Biodiversidad* **21**: 15-19.

MORALES, I, AGUADO, J. M., DÍAZ, B. M., NEBREDA, M., LOPEZ-LASTRA, C., GOLDARAZENA, A., SANCHEZ, J. A., PINEDA, A., MARCOS-GARCIA, M. A., FERERES, A. 2007. Principales agentes de biocontrol en cultivos de lechuga en la zona centro de España. *Horticultura* **201**: 46-49.

NEBREDA, M., MORENO, A., PÉREZ, N., PALACIOS, I., SECO-FERNANDEZ, V., FERERES, A. 2004. Activity of aphids associated with lettuce and brócoli in Spain and their efficiency as vectors of *Lettuce mosaic virus*. *Virus Research* **100**: 83-88.

NEBREDA, M., MICHELENA, J. M., FERERES, A. 2005. Seasonal abundance of aphid species on lettuce crops in Central Spain and identification of their main parasitoids. *Journal of Plant Disease and Protection* **112** (4): 405-415.

PARKER, W. E., COLLIER, R. H., ELLIS, P. R., MEAD, A., CHANDLER, D., BLOOD SMYTH, J. A., TATCHELL, G. M. 2002. Matching control options to a pest complex: the integrated pest management of aphids in sequentially-planted crops of outdoor lettuce. *Crop Protection* **21**: 235-248.

PASCUAL-VILLALOBOS, M. J., SANCHEZ, J. A., KABALUK, T., LACASA, A., GONZÁLEZ, A., VARÓ, P. 2003. Distribución espacial del pulgón *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) en un cultivo intercalado de lechugas ecológico. III Congreso Nacional de Entomología Aplicada de la SEEA, Ávila, 20-24 de octubre.

REMADIÉRE, G., SECO, M. V. 1990. Claves de pulgones alados de la región mediterránea. *Rústica*. **2 Vol**. 110p.

ROBERT, Y. 1987. Dispersion and migration. In: A. K. Minks and P. Harrewijn (eds.) Aphids, their biology, natural enemies and control, **vol. 2A**. Elsevier, Amsterdam. p. 299-314.

ROHITHA, B. H., PENMAN, D. R. 1986. Flight of the blue-green aphid, *Acyrthosiphon kondoi* Shinji (Homop-

12 I. MORALES.qxd 8/7/08 12:04 Página 285

tera: Aphididae). II. The effect of weather: multiple regression and flight threshold analyses. . *New Zealand Journal of Zoology* **13**: 209-214.

SPSS. 2003. SPSS statistical package, version 14.01. SPSS, Chicago, IL.

TAYLOR, L. R. 1963**.** Analysis of the effect of temperature on insects in flight. *Journal of Animal Ecology* **32**: 99-117.

TAYLOR, L. R. 1965. Flight behaviour and aphid migration. *Proc. N. Centr. Br. Entomol. Soc. Am.* **20**: 9-19.

VAN HARTEN, A. 1983. The relation between aphid flights and the spread of patato virus Y^N (PVY^N) in the Netherlands. *Potato Research* **26**: 1-15.

WALTERS, K. F. A., DIXON, A. F. K. 1984. The effect of temperature and wind on the flight activity of cereal aphids. *Annals of Applied Biology* **104**: 17-26.

WIKTELIUS, S. 1981. Diurnal flight periodicitiesand temperature thresholds for flightfor different migrant forms of *Rhopalosiphum padi* L. (Hom., Aphididae). *Z. angew Entomology* **92**: 449-457.

(Recepción: 11 febrero 2008)
(Aceptación: 21 mayo 2008)