

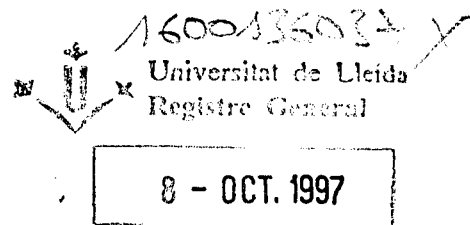
Bases biològiques per el disseny d'un programa
de control integrat de plagues en tomaqueres
de tardor-hivern sota plàstic

Judit Arnó i Pujol

FE D'ERRATES

- Pàg. 20, línia 18: on diu "...era d'un adult per planta..." ha de dir "...era major o igual a un adult per planta..."
- Pàg. 27, línia 17: on diu "...factors com l'estadi de desenvolupament..." ha de dir "...factors com l'estat de desenvolupament..."
- Pàg. 39, línia 22: on diu "...els estadis preimaginals de *Diglyphus* sp." ha de dir "...els estats preimaginals de *Diglyphus* sp."
- Pàg. 53, línia 10: on diu "...l'estadi que interessa mostrejar." ha de dir "...l'estat que interessa mostrejar."
- Pàg. 58, línia 23: on diu "...pel nivell de mosca blanca..." ha de dir "...pel nivell de fulla..."
- Pàg. 60, línia 3: on diu "...d'aquell estadi i espècie..." ha de dir "...d'aquell estat i espècie..."
- Pàg. 60, línia 5: on diu "...d'una combinació d'espècie i estadi..." ha de dir "...d'una combinació d'espècie i estat..."
- Pàg. 61, línia 20: on diu "...combinació d'estadi i espècie..." ha de dir "...combinació d'estat i espècie..."
- Pàg. 80, taula 2.5: on diu "Estadi" ha de dir "Estat"
- Pàg. 81, línia 2: on diu "Per a cada estadi..." ha de dir "Per a cada estat..."
- Pàg. 84, línia 27: on diu "...de la distribució dels diferents estadis..." ha de dir "...de la distribució dels diferents estats"
- Pàg. 122, línia 13: on diu "...temperatura, també és menor..." ha de dir "...temperatura, també pot ser menor..."
- Pàg. 128, línia 14: on diu "...s'alimenten de "tots" els estadis..." ha de dir "...s'alimenten de "tots" els estats..."
- Pàg. 129, línia 8: on diu "...se li ofería una barreja d'estadis preimaginals..." ha de dir "...se li ofería una barreja d'estats preimaginals..."

(043) 1997 Arn



Universitat de Lleida

E: 6296

S:

Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal

**Bases biològiques per al disseny d'un programa de
control integrat de plagues en tomaqueres de
tardor-hivern sota plàstic**

Memòria presentada per optar al grau de Doctora Enginyera Agrònoma
per

JUDIT ARNÓ i PUJOL



Directora: ROSA GABARRA
Dra. en Ciències Biològiques
Institut de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries

Tutor: RAMON ALBAJES
Dr. Enginyer Agrònom
Universitat de Lleida

Agost 1997

0115-37060

Índex

Índex	i
Agraïments	iv
Resum	vi
Resumen	viii
i. Introducció general	1
i.1. Objectius de la tesi	3
1. Plagues que afecten el tomàquet de tardor-hivern sota plàstic a la zona de Múrcia i Alacant i possibilitats de control biològic	5
1.1. Introducció	5
1.1.1. Objectius	8
1.2. Material i Mètodes	8
1.2.1. Caracterització dels hivernacles	8
1.2.2. Metodologia del seguiment	15
1.2.2.1. Mosques blanques	15
1.2.2.2. Minadors de fulla	18
1.2.2.3. Altres plagues	18
1.2.2.4. Malalties	19
1.3. Resultats i Discussió	20
1.3.1. Mosques blanques	20
1.3.1.1. Colonització dels hivernacles	20
1.3.1.2. Importància de la plaga de mosca blanca i danys que produeix	23
1.3.1.3. Composició d'espècies de la població de mosca blanca	28
1.3.1.4. Control biològic de la mosca blanca	32
1.3.2. Minadors de fulla	36
1.3.3. Altres plagues	39
1.3.3.1. Lepidòpters	39
1.3.3.2. Àcars	43
1.3.3.3. Trips	44
1.3.3.4. Pugons	45
1.3.4. Malalties	46
1.3.4.1. Virosis	46
1.3.4.2. Malalties fúngiques	48
1.3.5. Discussió general	48
1.4. Conclusions	50

2. Distribució vertical de *Trialeurodes vaporariorum* i *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en tomaquera i implicacions en la presa de mostres

2.1. Introducció	52
2.1.1. Objectius.....	55
2.2. Material i Mètodes.....	56
2.2.1. Distribució vertical dels adults i dels ous de <i>T. vaporariorum</i> i de <i>B. tabaci</i> en tomaquera en un assaig de semicamp.	56
2.2.2. Distribució vertical dels ous i de les larves de <i>T. vaporariorum</i> i de <i>B. tabaci</i> en tomaqueres d'hivernacles comercial i implicacions en la presa de mostres.....	59
2.2.2.1. Distribució vertical, definició i selecció de la unitat de mostratge.....	59
2.2.2.2. Càlcul de la grandària de mostra.....	61
2.2.2.3. Simplificació del processat de les mostres en el laboratori....	61
2.3. Resultats i Discussió.....	63
2.3.1. Distribució vertical dels adults i dels ous de <i>T. vaporariorum</i> i de <i>B. tabaci</i> en tomaquera en un assaig de semicamp.	63
2.3.2. Distribució vertical dels ous i de les larves de <i>T. vaporariorum</i> i de <i>B. tabaci</i> en tomaqueres d'hivernacles comercial i implicacions en la presa de mostres.....	73
2.3.2.1. Distribució vertical, definició i selecció de la unitat de mostratge.....	73
2.3.2.2. Càlcul de la grandària de mostra.....	80
2.3.2.3. Simplificació del processat de les mostres en el laboratori....	87
2.3.3. Discussió general	93
2.4. Conclusions	94

3. Paràmetres biològics de *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera:Miridae) quan s'alimenta de *B. tabaci* en condicions hivernals i estudis de preferència enfront de les seves preses *B. tabaci* i *T. vaporariorum*.....

3.1. Introducció	96
3.1.1. Objectius.....	99
3.2. Material i Mètodes.....	99
3.2.1. Paràmetres biològics de <i>D. tamaninii</i> alimentat amb <i>B. tabaci</i> en condicions hivernals	100
3.2.1.1. Durada del desenvolupament embrionari	100
3.2.1.2. Durada del desenvolupament postembrionari, supervivència nimfal i consum de larves de <i>B. tabaci</i>	102
3.2.1.3. Supervivència i fecunditat de les femelles	104
3.2.2. Estudis de preferència de <i>D. tamaninii</i> enfront de <i>B. tabaci</i> i <i>T. vaporariorum</i>	104

3.3. Resultats i Discussió	108
3.3.1. Paràmetres biològics de <i>D. tamaninii</i> alimentat amb <i>B. tabaci</i> en condicions hivernals	108
3.3.1.1. Durada del desenvolupament embrionari	108
3.3.1.2. Durada del desenvolupament postembrionari, supervivència nimfal i consum de larves de <i>B. tabaci</i>	111
3.3.1.3. Supervivència i fecunditat de les femelles	118
3.3.2. Estudis de preferència de <i>D. tamaninii</i> en front de <i>B. tabaci</i> i <i>T. vaporariorum</i>	122
3.3.3. Discussió general	131
3.4. Conclusions	133
4. Conclusions generals	135
5. Bibliografia	138

Agraïments

Les dades més antigues recollides en aquesta tesi es van obtenir l'octubre del 1991. En aquests sis anys molta gent m'ha ajudat d'una manera o altra. A tots, moltes gràcies!. Hi ha persones, però, a les quals vull reconèixer especialment la seva col·laboració.

A la Dra. Rosa Gabarra, directora de la tesi, li agraeixo els seus consells científics i també personals, que m'han ajudat durant aquests anys a superar les dificultats que comporta la realització de la tesi doctoral.

Al Dr. Ramon Albajes, li dono les gràcies pels seus suggeriments i correccions i per haver exercit la tutoria d'aquesta tesi.

Als meus companys de la Unitat d'Entomologia Aplicada. El Dr. Òscar Alomar, la Dra. Cristina Castañé i el Dr. Jordi Riudavets m'han donat bons consells i sempre m'han ajudat quan els ho he demanat, que ha estat força sovint!. La Pilar Hernández, la María del Carmen Montero i en Víctor Muñoz, auxiliars de laboratori de la Unitat, m'han estalviat molta feina i han fet que tot fos molt més senzill. A tots ells, a la Rosa Gabarra, a la Núria Agustí i a la Marta Montserrat els dono, a més, les gràcies perquè amb el seu tarannà, sens dubte, han contribuït positivament en la realització d'aquest treball.

Vull fer constar també la meva gratitud a l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) que ha posat al meu abast tots els mitjans tècnics i personals que han permès dur a terme aquesta tesi.

Al Dr. Frank G. Zalom de la Universitat de Califòrnia li agraeixo el seu ajut per dissenyar part dels assaigs de camp descrits en aquesta memòria.

Agraeixo a les empreses Alfonso y Ginés, S.A., Bonny, S.A., Desarrollo Agrario Hacienda El Campillo, S.A., Explotaciones Agrícolas Duran S.A.T., i Pascual

Hermanos S.A., la cessió dels hivernacles per fer els seguiments i la seva disposició en col·laborar en aquest projecte.

Gràcies també al personal de Ciba-Geigy, S.A. que va participar en aquest projecte. En Nicolás López de Hierro i en Fernando Soto em van ensenyar a tractar amb els "tomateros" i a no perdrem per les carreteres de Múrcia i Alacant. En Jordi Ticó sempre em va encoratjar en el meu treball.

Vull agrair al Dr. Bartlett del Western Cotton Research Laboratory (USDA-ARS, Arizona), a la Dra. Goula de la Universitat de Barcelona, al Dr. Martinez de l'INRA (Montpellier), i al Dr. Perring de la Universitat de Califòrnia (Riverside) la identificació d'algunes de les espècies d'insectes recol·lectades durant els seguiments.

Gràcies a l'Eulàlia Piñol que ha fet la correcció lingüística del text i a la Pia Llamas i l'Oriol Domènech que han revisat pacientment les referències bibliogràfiques .

Finalment, i en l'aspecte més personal, vull agrair als meus pares, Maria Dolors i Isidre, el seu constant recolzament. La resta de la meva família i els meus amics han patit els meus nervis, han escoltat pacientment els meus discursos i m'han donat un cop de mà quan ha fet falta.

A en Pere, que m'ha ajudat fora d'hores, m'ha donat suport i m'ha suportat, vull dedicar-li aquest treball.

Aquest treball ha estat parcialment finançat per Ciba-Geigy, S.A.

Resum

BASES BIOLÒGIQUES PER AL DISSENY D'UN PROGRAMA DE CONTROL INTEGRAT DE PLAGUES EN TOMAQUERES DE TARDOR-HIVERN SOTA PLÀSTIC.

Judit Arnó i Pujol

El tomàquet és una de les hortalisses més importants a escala mundial i el sud-est espanyol n'és una de les majors zones productores. Part de la producció fora de temporada s'obté en hivernacles en els quals el control de plagues i malalties del cultiu es basa en aplicacions freqüents de pesticides. L'objectiu d'aquesta tesi és el d'establir les bases biològiques per al disseny d'un programa de control integrat de plagues en cultiu de tomàquet de tardor-hivern sota plàstic.

El seguiment de les plagues i de la seva fauna útil associada, en 10 hivernacles de tomàquet de Múrcia i Alacant durant les campanyes de tardor-hivern del 1991-1992 i del 1992-1993, va posar de manifest que les plagues principals d'aquest conreu són els aleuròdids *Trialeurodes vaporariorum* i *Bemisia tabaci*. L'abundància relativa d'aquestes espècies va anar canviant en el decurs del cultiu. *B. tabaci* va ser l'espècie majoritària després del trasplantament mentre que *T. vaporariorum* ho va ser a finals del cultiu. En aquestes condicions les alliberacions inoculatives d'*Encarsia formosa* no varen controlar les poblacions de mosca blanca. D'altra banda, la fauna útil autòctona associada a les mosques blanques va ser escassa, tant pel petit nombre d'espècies identificades (*Eretmocerus mundus* i *Nesidiocoris tenuis*) com per la seva abundància. Les plagues secundàries més importants van ser els minadors de fulla *Liriomyza bryoniae* i *L. trifolii* (en alguns casos controlats per poblacions autòctones de *Diglyphus* sp.), l'àcar *Aculops lycopersici* i el noctúid *Helicoverpa armigera*.

Amb l'objectiu de definir una unitat de mostratge que permeti avaluar poblacions barrejades de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*, es va estudiar la distribució vertical d'aquestes dues espècies en tomaquera. En un assaig de semicamp fet a la primavera, els adults i els ous de *T. vaporariorum* van presentar una estratificació molt acusada i se situaren principalment en les fulles més joves, mentre que els adults i els ous de *B. tabaci* es van situar en fulles més madures. A les densitats enregistrades en aquest experiment, cap de les dues espècies va modificar la seva distribució vertical a dins de la planta pel fet d'estar barrejada amb l'altra. En el seguiment fet en tomaqueres de tardor-hivern cultivades en hivernacles sense calefacció, els ous de *T. vaporariorum* es van trobar principalment en el terç superior de la planta i els de *B. tabaci* en el terç central. Les

larves dels darrers estadis i les pupes de les dues espècies es van localitzar majorment en el terç baix de la tomaquera. A l'hora de definir la millor unitat de mostratge es va estudiar la possibilitat de comptar els ous i les larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en un o dos cercles ($\varnothing=1,15$ cm) tallats a l'atzar de cada folioli, en lloc de fer-ho en el folioli sencer. Els resultats indiquen que aquesta simplificació pot usar-se per estimar la població d'ous però no la de larves. Tenint en compte el cost d'agafar i processar les mostres, per densitats inferiors a 25 ous per folioli, el menys laboriós és fer el recompte d'ous de mosca blanca en un cercle per folioli agafat de foliols del terç alt de la planta. Per densitats majors a 25 ous per folioli i, segons la proporció relativa de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*, és menys treballós fer el recompte en un cercle per folioli de foliols del terç mig. En canvi, l'estimació de la densitat de larves s'ha de fer en foliols sencers de l'estrat de baix de la planta, i es redueix el temps de mostreig comptant les larves a ull nu.

Per avaluar la possibilitat d'utilitzar el mírid depredador *Dicyphus tamaninii* per al control biològic de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en tomaqueres de tardor-hivern, es van estudiar alguns paràmetres de la seva biologia en condicions hivernals, així com la seva preferència enfront d'aquests aleuròdids. A termofotoperíode 16:11°C i 9,5L:14,5F, tant les femelles de *D. tamaninii* criades a 25°C i fotoperíode 16L:8F, com les criades en condicions d'hivern van pondre ous. Aquests ous van trigar 3,4 vegades més en descloure que a 25°C. En condicions hivernals, el mírid va completar el desenvolupament postembrionari en 62 dies alimentant-se només de larves de *B. tabaci* però amb una baixa supervivència postembrionària (53%), la supervivència de les femelles als 60 dies va ser elevada i la seva fecunditat diària baixa. A 25 °C, *D. tamaninii* va matar més larves de mosca blanca que adults. Els mascles i les nimfes del mírid van depredar menys larves d'aleuròdid que les femelles. *D. tamaninii* no va mostrar preferència entre els adults de *T. vaporariorum* i els de *B. tabaci*. En oferir-li larves de les dues mosques blanques i, quan només es va considerar el nombre total de larves depredades, ni les femelles ni les nimfes del mírid van tenir preferència per cap de les dues espècies, mentre que els mascles van preferir les larves de *T. vaporariorum*. En canvi, quan es va considerar l'ordre en què es van depredar les preses (índex de Rodgers) tant les nimfes com els mascles i les femelles del mírid van preferir les larves de *T. vaporariorum* a les de *B. tabaci*. Els resultats obtinguts indiquen que *D. tamaninii* pot sobreviure i reproduir-se a termofotoperíode 16:11°C i 9,5L:14,5F i, per tant, es pot descartar l'existència de diapausa de les femelles o dels ous en aquestes condicions ambientals. Aquest depredador accepta bé alimentar-se de larves de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*, fins i tot quan estan barrejades, tot i tenir una certa preferència per les larves de *T. vaporariorum*.

Paraules clau: *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, *Dicyphus tamaninii*, tomàquet, termofotoperíode, preferència, hivernacle, Miridae, Aleyrodidae, control integrat de plagues

Resumen

BASES BIOLÓGICAS PARA EL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN TOMATERAS DE OTOÑO-INVIERNO BAJO PLÁSTICO

Judit Arnó i Pujol

El tomate es, a nivel mundial, una de las hortalizas más importantes, siendo el sudeste español una de las mayores zonas productoras. Parte de la producción fuera de temporada se obtiene en invernaderos en los que el control de plagas y enfermedades del cultivo se basa en frecuentes aplicaciones de pesticidas. El objetivo de esta tesis es establecer las bases biológicas para el diseño de un programa de control integrado de plagas en cultivos de tomate de otoño-invierno bajo plástico.

El seguimiento de las plagas y de su fauna útil asociada en 10 invernaderos de tomate de Murcia y Alicante en las campañas de otoño-invierno de 1991-1992 y 1992-1993, puso de manifiesto que las principales plagas del cultivo son los aleuródidos *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*. La abundancia relativa de estas especies fue variable en el curso del cultivo. *B. tabaci* fue la especie mayoritaria después del trasplante mientras que *T. vaporariorum* lo fue al final del cultivo. En estas condiciones las introducciones inoculativas de *Encarsia formosa* no controlaron las poblaciones de mosca blanca. Por otra parte, la fauna útil asociada a estas moscas blancas fue escasa tanto en el número de especies identificadas (*Eretmocerus mundus* y *Nesidiocoris tenuis*) como en su abundancia. Las plagas secundarias más importantes fueron los minadores de hoja *Liriomyza bryoniae* y *L. trifolii* (en algunos casos controlados por poblaciones autóctonas de *Diglyphus* sp.), el ácaro *Aculops lycopersici* y el noctuido *Helicoverpa armigera*.

Con objeto de definir una unidad de muestreo que permita evaluar poblaciones mezcladas de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* se estudió la distribución vertical de estas dos especies en tomatera. En un ensayo de semicampo realizado en primavera, los adultos y los huevos de *T. vaporariorum* presentaron una estratificación muy acusada situándose principalmente en las hojas más jóvenes, mientras que los adultos y los huevos de *B. tabaci* se situaron en hojas más maduras. A las densidades registradas durante el experimento ninguna de las dos especies modificó su distribución vertical en la planta como consecuencia de hallarse mezclada con la otra especie. En el seguimiento realizado en tomate de otoño-invierno cultivado en dos invernaderos sin calefacción, los huevos de *T. vaporariorum* se hallaron principalmente en el tercio superior de la planta y los de *B. tabaci* en el tercio central. Las larvas de los últimos estadios y las pupas de ambas especies se localizaron mayoritariamente en el tercio inferior de la tomatera. Para definir la mejor unidad de muestreo se ha estudiado, también, la posibilidad de contar los huevos y las larvas de *T. vaporariorum* y de *B. tabaci* en uno o dos círculos ($\varnothing=1,15$ cm)

cortados al azar de cada foliolo, en vez de contarlos en el foliolo entero. Los resultados indican que esta simplificación puede usarse en el caso de los huevos pero no en el de las larvas. Teniendo en cuenta el coste de recoger y procesar las muestras, para densidades inferiores a 25 huevos por foliolo, lo menos trabajoso es realizar el recuento en un círculo por foliolo de foliolos del tercio superior de la planta. Para densidades mayores de 25 huevos por foliolo, y según de la proporción relativa de *T. vaporariorum* y *B. tabaci*, resulta menos laborioso hacer el conteo en un círculo por foliolo de foliolos del tercio central de la planta. La estimación de la densidad de larvas debe realizarse en foliolos enteros tomados del tercio inferior de la tomatara y se reduce el tiempo de muestreo contando las larvas sin la ayuda del binocular.

Para evaluar la posibilidad de utilizar el mírido depredador *Dicyphus tamaninii* para el control biológico de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* en tomate de otoño-invierno, se estudió algunos parámetros de su biología en condiciones invernales, así como su preferencia frente a estos aleuródidos. A termofotoperíodo 16:11°C y 9,5L: 14,5O, las hembras de *D. tamaninii* criadas a 25°C y fotoperíodo 16L:8O y las criadas en condiciones de invierno pusieron huevos. Estos huevos tardan 3,4 veces más en eclosionar que a 25°C. En condiciones invernales, el mírido completó su desarrollo postembrionario en 62 días alimentándose únicamente de larvas de *B. tabaci*, aunque con una supervivencia postembrionaria baja (53%), la supervivencia de las hembras a los 60 días fue elevada y su fecundidad diaria baja. A 25 °C, *D. tamaninii* mató más larvas de mosca blanca que adultos. Los machos y las ninfas depredaron menos larvas de aleuródido que las hembras. El mírido no mostró preferencia entre los adultos de *T. vaporariorum* y los de *B. tabaci*. Al ofrecerle larvas de las dos moscas blancas y, cuando únicamente se tuvo en cuenta el número total de larvas depredadas, ni las hembras ni las ninfas del mírido tuvieron preferencia por ninguna de las dos especies mientras que los machos prefirieron las larvas de *T. vaporariorum*. En cambio cuando se tuvo en cuenta el orden en que se depredaron las presas (índice de Rodgers), las ninfas, los machos y las hembras del mírido prefirieron las larvas de *T. vaporariorum* a las de *B. tabaci*. Los resultados obtenidos indican que *D. tamaninii* puede sobrevivir y reproducirse a termofotoperíodo 16:11°C y 9,5L:14,5O, por lo que puede descartarse la existencia de diapausa de las hembras o de los huevos en estas condiciones ambientales. Este depredador acepta bien alimentarse de larvas de *T. vaporariorum* y *B. tabaci*, incluso cuando se encuentran mezcladas, aunque tiene cierta preferencia por las larvas de *T. vaporariorum*.

Palabras clave: *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, *Dicyphus tamaninii*, tomate, termofotoperíodo, preferencia, invernadero, Miridae, Aleyrodidae, control integrado de plagas

i. Introducció general

En la societat actual existeix una preocupació creixent per la contaminació del medi ambient i per la seguretat dels aliments. L'agricultura no queda al marge d'aquest sentit col·lectiu i arreu són nombroses les iniciatives per a oferir al consumidor productes "més sans". Algunes pràctiques agrícoles tenen un impacte important en el medi, com per exemple l'ús de fertilitzants i de productes fitosanitaris, el consum de carburants, la generació de grans volums de deixalles com plàstics, envasos, substrats, etc. D'entre aquestes activitats, l'aplicació de pesticides és però, una de les que afecta més directament l'home, ja que al seu impacte ambiental s'afegeix l'efecte sobre la salut humana, sigui per la presència de residus en els aliments o en les aigües, sigui per l'exposició directa als fitosanitaris durant els tractaments. Com a conseqüència, la disminució de l'ús de pesticides està convertint-se per a molts dels països industrialitzats en un objectiu a curt termini. La reducció de la utilització de fitosanitaris en la Unió Europea és un objectiu de la política comunitària (Reus *et al.* 1994) i alguns països europeus com Suècia, Dinamarca i Holanda han anat més lluny, aprovant legislacions que obliguen a una reducció de la utilització de pesticides del 50% o més per l'any 2000 (incloent-hi insecticides, fungicides, herbicides, desinfectants de sòl...) (Matteson 1995).

La producció hortícola és especialment sensible a la utilització de plaguicides. En primer lloc i, comparant-les amb altres productes agrícoles, les hortalisses per consum en fresc són productes d'alt valor econòmic, en les quals l'aspecte estètic té una ampla ressonància en la qualitat i, en conseqüència, en el seu preu. Per tant, pèrdues teòricament petites de producció poden repercutir considerablement en la rendibilitat del cultiu, mentre que el cost dels tractaments és relativament baix si es compara amb el valor final de la collita. Això fa que sovint els agricultors emprin els pesticides per reduir els riscos associats a la producció i acabin utilitzant-los de forma molt rutinària basant-se en calendaris de tractaments. Aquesta pràctica és especialment indesejable en els aliments de consum en fresc com fruites i verdures, que tenen més probabilitat de contenir



residus de plaguicides ja que aquests sovint s'apliquen directament sobre el producte de consum (Coscollá 1993).

D'altra banda, l'elevat ús de pesticides en el sector hortícola s'agreuja a causa de l'elevada concentració en l'espai de la producció hortícola intensiva. Per exemple, segons l'Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas (AEPLA), l'any 1994 la producció hortícola va absorbir el 21% de la despesa de pesticides a Espanya (AEPLA 1995), mentre que les dades del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) indicaven que ocupava menys del 3% del sòl agrícola nacional (MAPA 1996).

D'entre tots els productes hortícoles, el tomàquet és el de major importància econòmica mundial i la major part de l'oferta es concentra a l'àrea mediterrània on s'hi produeix el 40% del total (Segura i Caballer 1996). En aquesta zona, a més, s'hi aplega el 34% de la superfície mundial sota hivernacle (Wittwer i Castilla 1995), fet que permet obtenir una bona part de la producció fora d'època. La importància econòmica del tomàquet fora de temporada, és a dir de tardor-hivern, és gran ja que en general aconseguix una major cotització. Al sud-est espanyol un 25% de la producció total s'exporta fora d'època (Aldanondo 1996). Per aquests motius, la reducció en l'ús de pesticides en aquest tomàquet de tardor-hivern en una important zona productora com és el sud-est espanyol, pot tenir una important repercussió en tot el sector.

Els programes de control integrat de plagues semblen a hores d'ara l'alternativa més realista per aconseguir disminuir la utilització de pesticides sense que se'n ressenti ni la productivitat del conreu ni la seva qualitat. El control integrat de plagues és, segons la definició proposada l'any 1973, el procés que fa servir tots els mètodes satisfactoris des dels punts de vista ecològic, econòmic i toxicològic per a mantenir les plagues sota el llindar econòmic de danys, donant prioritat a l'ús d'elements de regulació naturals (Steiner 1988). Per tant, desenvolupar un programa de control integrat de plagues per tomàquet de tardor-hivern, és l'estratègia més viable per aconseguir la pretesa reducció en l'ús de pesticides.

i.1. Objectius de la tesi

L'objectiu d'aquesta tesi és el d'establir les bases biològiques pel disseny d'un programa de control integrat de plagues en el cultiu del tomàquet de tardor-hivern sota hivernacle a la zona del sud-est espanyol. Amb aquesta finalitat es van plantejar diversos objectius més concrets que s'han analitzat en els tres capítols de què consta aquesta tesi.

L'objectiu del capítol 1 és el de definir la problemàtica fitosanitària real del cultiu i avaluar les possibilitats del control biològic de les plagues que l'afecten. Per això es determina l'espectre de plagues i els danys que produeixen en el conreu en reduir el nombre de tractaments pesticides. També s'avalua l'eficàcia de les alliberacions inoculatives del parasitoid *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) en el control de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) i de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), espècie, aquesta última, que s'està estenent pel Mediterrani en cultius ornamentals i d'horta. D'altra banda i, atesa l'abundància a l'àrea mediterrània de fauna útil autòctona, que en moltes ocasions permet desenvolupar programes de tipus conservatiu o augmentatiu, s'avaluen les possibilitats d'aprofitament dels enemics naturals que espontàniament colonitzen el cultiu.

L'objectiu del capítol 2 és el d'establir una unitat de mostratge que permeti avaluar una població barrejada de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en tomaquera amb la finalitat de poder adoptar mesures per al seu control. Com a pas previ, s'estudia la distribució vertical d'aquestes mosques blanques a dins de la planta, tant quan hi ha una única espècie infestant, com quan estan barrejades.

L'objectiu del capítol 3 és el d'avaluar les possibilitats d'utilitzar el depredador autòcton *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) com agent de control biològic d'aleuròdids en el cultiu de tardor-hivern del sud-est espanyol. Com que una part important del cicle de cultiu de la tomaquera de tardor-hivern transcorre en una època de baixes temperatures i fotoperíode curt, es determinen alguns

paràmetres de la biologia d'aquest mírid en condicions simulades d'hivern. També s'estudia la preferència de *D. tamaninii* per les dues espècies d'aleuròdid presents a l'àrea mediterrània i que són *T. vaporariorum* i *B. tabaci*.

CAPÍTOL 1

Plagues que afecten el tomàquet de tardor-hivern sota plàstic a la zona de Múrcia i Alacant i possibilitats de control biològic

1.1. Introducció

El tomàquet és, d'entre els productes hortícoles, el de major importància econòmica mundial (Segura i Caballer 1996). Segons Aldanondo (1996), l'any 1992 la Unió Europea (UE) va produir el 19% del tomàquet mundial, de la que Itàlia i Espanya van ser els principals productors comunitaris amb un 30% del total cadascun. L'estat espanyol envia als mercat intracomunitaris la meitat de la seva producció, especialment aquella que s'obté fora d'època. El sud-est peninsular és la principal zona productora d'Espanya de tomàquet sota hivernacle per consum en fresc. L'any 1994 Almeria va produir el 29% i Múrcia i Alacant el 23% del total nacional (MAPA 1996).

A Múrcia i Alacant una bona part de la producció s'obté durant l'hivern. Els hiverns suaus d'aquesta zona costanera fan possible aquest cicle de cultiu amb l'ajut d'hivernacles d'estructura relativament senzilla, coberta de plàstic, amb obertures laterals i zenitals per facilitar la ventilació i sense calefacció. Però aquesta bondat climatològica, unida a la intensificació dels cultius pròpia de l'horticultura intensiva, té també la seva contrapartida. La pressió de plagues que suporten els cultius protegits de la zona meridional d'Europa és sovint molt més elevada que la que es dona en els hivernacles del nord del continent. La bona supervivència hivernal dels insectes, la nul·la hermeticitat dels hivernacles i la necessitat de ventilar afavoreixen el moviment de plagues entre els cultius d'hivernacle i els d'exterior (Alomar *et al.* 1992).

En aquestes condicions la protecció fitosanitària és complexa i cara. Lenteren i Woets l'any 1988 consideraven que el control de plagues no era un factor limitador de la producció del tomàquet d'hivernacle ja que, segons dades de

Ramakers (1982), en els hivernacles holandesos només representava entre l'1 i el 2% dels costos totals de la producció. Però en un estudi recent fet a la província d'Almeria s'ha posat de manifest que, en el sud-est espanyol, els costos de la protecció fitosanitària del tomàquet sota plàstic són elevats i representen quasi el 12% dels costos totals de la producció (Cabello i Cañero 1994a). Aquests mateixos autors destaquen la importància de reduir aquesta despesa per a millorar la rendibilitat del cultiu. Amb una mitjana de 15 tractaments per cicle de cultiu de tomàquet (Cabello 1996) i un 72% de les aplicacions amb més d'un producte pesticida (Cabello i Cañero 1994b), el nombre de matèries actives que es dipositen sobre el conreu és molt elevat.

La conseqüència directa d'aquest elevat ús de fitosanitaris és l'aparició de residus. En els controls de residus d'insecticides i fungicides fets a la Regió de Múrcia en el marc del "Programa Nacional de Vigilancia de Productos Fitosanitarios", l'any 1992 de 21 mostres de tomàquet analitzades el 24% tenien residus d'algun pesticida i, l'any 1993 en tenien el 41% de les 54 mostres analitzades (Toledano *et al.* 1993, 1995). Segons aquests mateixos treballs, el 5 i el 22% de les mostres, respectivament, superaven el límit màxim de residus (LMR) establert per la legislació espanyola per algun dels pesticides analitzats. Aquests resultats són especialment preocupants si es té en compte que sovint el tomàquet és un producte que es consumeix en cru. A més, una part important de la producció de tomàquet d'aquesta zona, especialment la que s'obté fora d'època, es destina a l'exportació cap a països del centre i nord d'Europa, amb una població cada cop més preocupada per la seguretat dels aliments i més crítica amb els sistemes productius que es perceben com a contaminants (Aldanondo 1996). D'altra banda la reducció en la utilització de pesticides és un dels objectius de la política de la UE (Reus *et al.* 1994).

La utilització de programes de control integrat de plagues en tomàquet s'ha mostrat eficaç per reduir el nombre de tractaments pesticides en altres zones de la costa mediterrània espanyola. Per exemple, en el tomàquet primerenc d'hivernacle, l'aplicació d'un programa de control integrat de plagues fa possible

que en el decurs del cultiu només s'apliqui de mitjana menys d'un tractament insecticida i entre 1,4 i 2,2 tractaments fungicides, el que suposa una reducció del 80% respecte a les pràctiques convencionals (Albajes *et al.* 1994). Per la seva banda Alomar *et al.* (1991) constaten que l'aplicació d'un programa de control integrat de plagues per tomàquet a l'aire lliure redueix en un 60% el número de tractaments insecticides i en un 80% el de fungicides. Entre 1991 i 1994, aquest mateix programa ha permès reduir el 76% dels tractaments insecticides i el 61% dels fungicides utilitzats en el conreu (Arnó *et al.* 1996).

La posta a punt de programes de control integrat en cultiu de tomàquet de cicle d'hivern a la zona de Múrcia i Alacant pot ser especialment important si es confirma la tendència de la darrera dècada, en què els increments de consum de tomàquet fresc han estat lligats a la demanda fora d'estació (Aldanondo 1996). L'existència de productes de producció integrada pot actuar com a dinamitzador d'aquesta demanda.

L'establiment d'un programa de control integrat de plagues en una zona passa per varies etapes, la primera de les quals és, ineludiblement, l'estudi de l'espectre de plagues del conreu en un cicle de cultiu concret en reduir la pressió de tractaments fitosanitaris. Aquests aspectes estan poc estudiats en cultius de tomàquet de tardor-hivern poc tractats de la zona de Múrcia i Alacant. És conegut que *T. vaporariorum* és una plaga important del tomàquet d'hivernacle. Un altre aleuròdid, *B. tabaci*, s'està dispersant ràpidament per l'àrea mediterrània (Gerling 1996) i ja es va detectar com a plaga en pebrot a la província d'Almeria la primavera de l'any 1990 (Rodríguez 1991). Aquesta plaga de nova introducció a la península Ibèrica és molt problemàtica perquè al seu caràcter de plaga afegeix el de vector d'una important virosi. D'altra banda es té poca experiència de l'ús d'*E. formosa*, parasitoid tradicionalment utilitzat en el control de *T. vaporariorum* en tomàquet d'hivernacle (Lenteren i Woets 1988), en aquesta zona i en aquest cicle de cultiu. També és fonamental el coneixement de la fauna útil autòctona, molt abundant en l'àrea mediterrània, que pot ser una peça clau en aquests tipus de programes com ho demostren els resultats d'Alomar (1994), Albajes *et al.*

(1994) i Rodríguez *et al.* (1994). Cal aprofundir, doncs, en el coneixement d'aquests aspectes com a pas previ a valorar les possibilitats d'un programa de control integrat de plagues per aquest cicle de conreu.

1.1.1. Objectius

L'objectiu del present capítol és definir la problemàtica fitosanitària real del cultiu del tomàquet de tardor-hivern sota plàstic al sud-est espanyol i avaluar les possibilitats de control biològic. Aquest objectiu general es concreta en els següents objectius específics:

- (1). Conèixer les espècies de plagues principals i secundàries;
- (2). Determinar l'eficàcia de les alliberacions del parasitoid *E. formosa* en el control de les poblacions de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci*;
- (3). Conèixer les possibilitats d'aprofitament de la fauna útil autòctona associada a les diferents plagues.

1.2. Material i Mètodes

1.2.1. Caracterització dels hivernacles

El seguiment es va fer en 10 hivernacles de tomàquet de tardor-hivern de la zona de Múrcia i Alacant durant les campanyes 1991-1992 i 1992-1993 (taula 1.1). Tots eren hivernacles amb ventilació lateral i zenital i sense ventilació forçada ni calefacció. Alguns disposaven d'estufes de llenya que únicament s'encenien en cas de glaçada. La majoria eren de tipus "parral" i el cultiu es feia en sacs o contenidors més o menys rudimentaris. La superfície dels hivernacles era molt

variable: entre 1200 i 6500 m². Totes les varietats conreades eren de creixement indeterminat. El maneig del cultiu i la fertilització van ser decidides pel productor.

En la campanya del 1991-1992 en iniciar-se el seguiment tots els hivernacles excepte l'H-1.5 feia aproximadament dos mesos que s'havien trasplantat, i les tomaqueres tenien de 12 a 15 fulles. En aquest temps els tractaments fitosanitaris els havia decidit el productor segons la pràctica habitual en la zona (taula 1.2). En canvi en la campanya del 1992-1993 els seguiments van iniciar-se just després del trasplantament. En les dues campanyes els hivernacles es van mostrejar fins que els productors, atenent-se a criteris de tipus agronòmic o comercial, van donar els cultius per finalitzats. Les temperatures enregistrades durant els seguiments s'han representat en la figura 1.1.

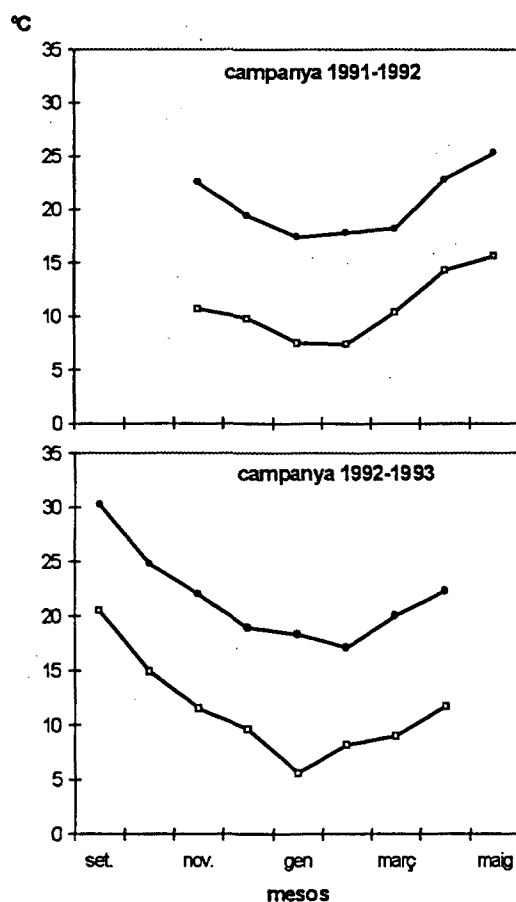


Figura 1.1. Temperatures mitjanes de les màximes (●) i temperatures mitjanes de les mínimes (□) enregistrades durant els períodes de cultiu a l'estació meteorològica d'Àguilas.

Taula 1.1. Caracterització dels hivernacles en que es va fer el seguiment.

Hivernacle ^(a)	superfície (m ²)	tipus d'hivernacle	tipus de cultiu	núm. de plantes	varietat	data trasplantament	data final programa	origen planter	cultiu precedent
H-1.1	2142	parral	hidropònic	5400	experimental	31/8/91	6/5/92	propi	tomàquet
H-1.2	1600	parral	hidropònic	3589	experimental	11/9/91	25/3/92	propi	meló
H-1.3	1990	parral	hidropònic	4464	experimental	11/9/91	25/3/92	propi	meló
H-1.4	2500	parral	hidropònic	5760	Yaiza/Matador	5/9/91	25/3/92	Bonny,s.a.	tomàquet
H-1.5	1200	parral	sòl	3000	Daniela	23/10/91	20/5/92	propi	meló
H-2.1	6500	parral	hidropònic	16200	Daniela	5/9/92	20/4/93	propi	tomàquet
H-2.2	2815	parral	hidropònic	5600	Rambo	2/9/92	23/2/93	propi	meló
H-2.3	2600	parral	hidropònic	5200	Rambo	2/9/92	23/2/93	propi	meló
H-2.4	3400	parral	hidropònic	6800	Bornia	11/9/92	23/2/93	propi	meló
H-2.5	2000	multi-túnel	hidropònic	3608	Daniela	25/8/92	31/3/93	propi	tomàquet

(a): la primera xifra indica la campanya de seguiment: 1 per 1991-1992 i 2 per 1992-1993. La segona xifra és un número d'ordre assignat aleatòriament.

Taula 1.2. (continuació)

		introduccions d' <i>E. formosa</i>		tractaments fitosanitaris	
		tardor	primavera		
Hivernacle	dosi ⁽¹⁾	període	dosi ⁽¹⁾	previs a l'inici del seguiment	durant el seguiment ⁽²⁾
H-1.4	31,0	4/11→23/12	8,8	18/2→10/3	
				9/9 metiocarb / cipermetrin / metomil / metiram 13/9 metiocarb / cipermetrin / metomil / ciromazina / buprofezin / metiram 19/9 metiocarb / permetrin / metomil / mancozeb 20/9* malation / sofre 24/9 metiocarb /permetrin / metomil / mancozeb 26/9* permetrin / sofre 30/9 metomil / deltametrin+heptenofòs/ ciromazina / metiram 2/10* malation / sofre 7/10 metiocarb / metomil / cipermetrin / ciromazina / triadimenol / mancozeb 14/10 metiocarb / metomil / permetrin / mancozeb 18/10* malation / sofre 22/10 deltametrin+heptenofòs / mancozeb	4/1* procimidona (R) 24/1 buprofezin a focus (R)
H-1.5	26,4	4/11→23/12	41,2	10/3→12/5	
				31/10 metamidofòs / metiram (R) 27/11 buprofezin a focus (R) 10/1 diethofencarb+ carbendazim (R) 16/1* procimidona / sofre+coure (R) 1/2* procimidona / sofre+coure (R) 7/2 diethofencarb+carbendazim(R) 26/2* procimidona / sofre+coure (R) 11/3 procimidona (R)	

(1) dosi en pupes d'*E. formosa*/planta; (2) R: tractament recomanat; NR: tractament no recomanat; (3) Bt: *Bacillus thuringiensis*

Taula 1.2. (continuació)

		introduccions d' <i>E. formosa</i>		tractaments fitosanitaris	
		tardor	primavera		
Hivernacle	dosi ⁽¹⁾	període	dosi ⁽¹⁾	període	previs a l'inici del seguiment
H-2.1	17,6	15/9→28/10	-	-	durant el seguiment (2) 18/9 Bt (R); 25/9 Bt (R); 22/10 Bt (R) 24/11 imidacloprid / buprofezin / ciromazina (R) 5/12 buprofezin / procimidona / folpet (R) 19/12* procimidona / sofre+coure (R) 11/1* procimidona / sofre+coure (R) 18/1 diethofencarb+carbendazim / coure+mancozeb (R) 6/2 buprofezin (R) 8/2 imidacloprid / procimidona (R) 13/2* procimidona / sofre+coure (R) 6/3* procimidona / sofre+coure (només en una nau) (NR) 24/3 buprofezin (R)
H-2.2	13,4	15/9→28/10	-	-	21/9 Bt (R) 17/10 buprofezin (R) / bromopropilat (R) / nuarimol (NR) 24/10 Bt (R) 11/11 ciromazina (R) / nuarimol (NR) 21/11 buprofezin / imidacloprid / metiocarb / ciromazina (R) 11/12 buprofezin / procimidona (R) 15/1* vinclozolina (R)
H-2.3	13,6	15/9→28/10	-	-	21/9 Bt (R) 17/10 buprofezin (R) / bromopropilat (R) / nuarimol (NR) 24/10 Bt (R) 11/11 ciromazina (R) / nuarimol (NR) 21/11 buprofezin / imidacloprid / metiocarb / ciromazina (R) 11/12 buprofezin / procimidona (R) 15/1* vinclozolina (R)

(1) dosi en pupes d'*E. formosa*/planta; (2) R: tractament recomanat; NR: tractament no recomanat; (3) Bt: *Bacillus thuringiensis*

Taula 1.2. (continuació)

		introduccions d' <i>E. formosa</i>		tractaments fitosanitaris	
Hivernacle	dosi ⁽¹⁾	tardor	primavera	previs a l'inici del seguiment	durant el seguiment ⁽²⁾
		període	dosi ⁽¹⁾	període	
H-2.4	22,2	21/9→25/11	-	-	21/9 Bt (R); 30/9 Bt (R) 5/10 Bt / metamidofós / metiram (NR) 10/12 metil-pirimifós (NR) / imidacloprid (R) / buprofezin (R) / Bt (R) / bromopropilat (R) / mancozeb (R) / diethofencarb+carbendazim(R) 26/1 mancozeb (NR) / terbuconazole+diclofluanida (R)
H-2.5	19,8	15/9→19/11	-	-	17/9 Bt (R), 26/9 Bt (R) 15/10 kasugamicina+ciorur de coure / oxiquinolet de coure (NR) 20/10 bromopropilat (R) 27/10 triadimenol (NR) 7/11 buprofezin / Bt (R) 25/11 buprofezin (R) 7/12 vinclozolina (R) 14/12 vinclozolina (R) 28/12 diethofencarb+carbendazim (R) 19/1 buprofezin /diethofencarb+carbendazim (R) 5/12 vinclozolina (R) 9/2* iprodiona (R) 12/2 vinclozolina (R)

(1) dosi en pupes d'*E. formosa*/planta; (2) R: tractament recomanat; NR: tractament no recomanat; (3) Bt: *Bacillus thuringiensis*

Pel control de la mosca blanca, en els hivernacles es va introduir *E. formosa* seguint el programa de control integrat de plagues que s'utilitza a la costa catalana i Menorca (Albajes *et al.* 1994). Atès que el cicle de cultiu i la zona eren diferents i l'escàs coneixement de l'eficàcia del parasitoid en aquestes condicions, es van alliberar dosis d'*E. formosa* superiors a les recomanades en l'esmentat programa. A la primera campanya les alliberacions es van fer en dues tandes, una a la tardor i l'altra a partir del mes de febrer, mentre que a la segona campanya només s'en van fer a la tardor. En quan l'abundància de larves de mosca blanca, el percentatge de folíols amb pupes parasitades i/o l'aparició de negreta pronosticaven l'aparició de danys en el cultiu, es van aplicar productes insecticides. El control de les malalties es va fer amb fungicides escollits tenint en compte el seu efecte sobre *E. formosa*. Les dosis d'*E. formosa* i els tractament fets en cadascun dels hivernacles es recullen en la taula 1.2.

Les *E. formosa* i els *Diglyphus isaea* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) introduïts en els hivernacles procedien de les cries mantingudes al Centre de l'IRTA a Cabriels.

1.2.2. Metodologia del seguiment

Per fer el seguiment de plagues i símptomes de malalties, cada hivernacle es va dividir en dues zones d'acord amb el proposat per Castañé *et al.* (1989): la lateral (les dues files de tomaqueres del perímetre del conreu) i la central (la resta de l'hivernacle). Setmanalment es feia un mostratge de 50 plantes escollides a l'atzar, 30 en la zona lateral i 20 en la zona central.

1.2.2.1. Mosques blanques

En les 50 plantes incloses en el mostratge es va comptar el nombre d'adults de mosca blanca, sense diferenciar-ne l'espècie, presents en tota la planta fins que aquesta va tenir 9 o 10 fulles. A partir d'aquell moment, el recompte es va fer en

les tres fulles apicals. Durant la campanya del 1991-1992 el recompte d'adults es va dur a terme fins que les plantes van ser despuntades o van superar l'1,7 m d'alçada. En la segona campanya el nombre d'adults es va comptar fins a finals d'octubre. A partir de la quarta setmana del seguiment, la població d'adults es va estimar utilitzant les següents classes d'abundància (Alomar i Albajes 1996): 0=0 adults, 1=1 a 5 adults, 2=6 a 20 adults, 3=21 a 100 adults i 4=101 a 400 adults.

En cadascuna de les 50 plantes es va estimar l'abundància de larves del quart estadi i pupes de mosca blanca, sense separar-les per espècies, presents en dos folíols, escollits a l'atzar en l'estrat de la planta on hi havia larva desenvolupada no emergida, segons les següents classes: 0=0 larves, 1=1-10 larves, 2=11-50 larves i 3= més de 50 larves. També s'anotava la presència de símptomes de negreta en fulla i en fruit, independentment de la gravetat d'aquest símptomes.

Per estudiar la composició d'espècies en la població de mosca blanca i la presència i abundància de parasitoids en cada campanya, es van recollir cinc mostres de folíols (de la zona lateral i central per separat) del nivell de fulla on començaven a emergir els adults de mosca blanca. Com que la infestació de mosca blanca no va ser regular ni en tots els hivernacles ni durant els seguiments, el nombre de folíols recollits en cada data va ser de $82,9 \pm 7,0$ durant la campanya del 1991-1992 i $88,1 \pm 7,0$ en la segona campanya. Cada mostra de la zona lateral estava formada per $52,5 \pm 4,6$ folíols i les de la zona central tenien de mitjana $35,7 \pm 3,4$ folíols. De cada folíol es va tallar un cercle de 3,5 cm de diàmetre que es va col·locar dins d'una placa de Petri (3 cercles/placa) en la base de la qual hi havia un paper de filtre humit. Les plaques es van mantenir durant una setmana a la cambra climàtica a 25°C. Transcorregut aquest temps, cada cercle es va observar al binocular anotant, separatament per a cada espècie, el nombre de larves del quart estadi i de pupes presents i el nombre de pupes parasitades. Les pupes parasitades es van conservar fins a l'emergència del parasitoid per poder identificar-ne l'espècie. La distinció entre larves de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* es va fer a partir de la forma del contorn de les larves (més punxeguda per *B. tabaci* i més arrodonida per *T. vaporariorum*) i de la

presència de l'estructura en forma de palissada, típica del gènere *Trialeurodes*, tal com resumeixen Benuzzi *et al.* (1990b).

Per cada hivernacle i cada data de mostratge s'ha calculat la mitjana d'adults per planta, el nivell mitjà de larves per folíol i el percentatge de folíols ocupats, així com el percentatge de plantes amb símptomes de negreta en fulla i/o en fruit. S'ha calculat també el nivell d'insectes-dia (*ID*) per les larves de mosca blanca segons l'equació proposada per Ruppel (1983), utilitzant el valor del nivell d'abundància mitjà en lloc del recompte d'insectes:

$$ID = (x_{i+1} - x_i)(y_i + y_{i+1})/2$$

en la qual x_i i x_{i+1} són dates de mostratges consecutius i y_i i y_{i+1} són els nivells mitjans corresponents a les dates de mostratge x_i i x_{i+1} . El nivell d'insectes-dia acumulats s'ha calculat afegint els nivells d'insectes-dia calculats per cada període de temps. D'altra banda s'ha calculat el percentatge de larves de cada espècie respecte al total de larves de mosca blanca i també el percentatge de larves parasitades de cadascuna de les espècies. Mitjançant regressions lineals (Statgraphics 1989) s'ha estudiat la relació existent entre el nivell mitjà de larves per folíol i el percentatge de folíols ocupats (equació que s'ha forçat a passar per l'origen de coordenades), entre el percentatge de plantes amb símptomes de negreta en fulla i el percentatge de plantes amb símptomes de negreta en fruit i entre el nivell d'insectes-dia acumulats i el percentatge de plantes amb negreta en fulla i el percentatge de plantes amb negreta en fruit.

Mostres de *B. tabaci* es van enviar al Dr. Perring (Universitat de Califòrnia-Riverside) i al Dr. Bartlett (Western Cotton Research Laboratory, USDA-ARS, Arizona) per determinar-ne el biotipus. Els parasitoids autòctons i els mírids trobats es van enviar al C.A.B. International Institute of Entomology (Anglaterra) i a la Dra. Goula (Universitat de Barcelona), respectivament, per confirmar-ne les espècies.

1.2.2.2. Minadors de fulla

El grau d'infestació al llarg del cultiu es va classificar com a lleu, moderat o greu.

Periòdicament es van fer controls per conèixer l'espècie o espècies de *Liriomyza* sp. (Diptera: Agromyzidae) presents, l'abundància i el grau de control de la plaga exercit pels parasitoids autòctons. Els controls es van iniciar en observar-ne els primers símptomes i van continuar fins que l'atac va estar aturat o es van adoptar mesures per al seu control. En aquest temps es van recollir mensualment folíols amb mines joves de les quals, al laboratori i sota binocular, es feia la dissecció anotant si en la mina hi havia o no la larva del minador. En cas afirmatiu s'anotava si estava viva, morta o si s'observava l'ou, larva o pupa del parasitoid. En cas que la mina es trobés buida, es va enregistrar si el forat d'emergència corresponia al fet per el minador (forat en forma de mitja lluna) o bé si l'havia fet un himenòpter (forat rodó). S'anotava l'espècie de minador a partir de la forma de la mina: sinuosa per *L. trifolii* (Burgess) i més rectilínia per *L. bryoniae* (Kaltenbach). Es van enviar mostres de minadors de fulla al Dr. Martinez (INRA-Montpellier) per confirmar-ne l'espècie.

El grau de control exercit pels parasitoids s'ha calculat com el percentatge de larves de *Liriomyza* spp. trobades mortes o parasitades (amb presència de l'ou o la larva del parasitoid o bé amb forat d'emergència rodó) respecte al total de mines obertes.

1.2.1.3. Altres plagues

Lepidòpters. Setmanalment es va anotar el nombre d'ous i erugues presents en les tres fulles apicals i els dos folíols on s'estimava l'abundància de larva de mosca blanca (vegeu 1.2.2.1.). Es van recollir mostres d'ous i larves i es van fer evolucionar al laboratori fins a obtenir-ne els adults i poder confirmar-ne l'espècie. Pel control dels lepidòpters es van utilitzar preparats a base de *Bacillus thuringiensis* Berliner.

Àcars. En cada data de mostratge es va anotar l'existència de plantes amb símptomes d'atac de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) i de l'àcar del bronzejat del tomàquet *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae). La presència d'aquesta darrera espècie es va confirmar al laboratori sota binocular.

Trips. En cada planta es va anotar la presència de danys, adults i larves de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae).

Pugons. Es va anotar la presència de colònies de pugó en les tres fulles apicals i en els dos folíols per planta on s'avaluava l'abundància de mosca blanca o en aquelles plantes fora de recompte en què la presència d'exúvies posava de manifest la presència de la plaga. Les plantes en què es va trobar pugó, es van marcar per veure l'evolució de la colònia i poder decidir un tractament en cas que fos necessari per evitar danys econòmics.

1.2.2.4. Malalties

De les 50 plantes incloses en el mostratge, s'anotava la presència de símptomes d'oïdi o d'altres malalties. Els símptomes de les malalties víriques tomato spotted wilt tospovirus (TSWV) i tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV), de botritis en tija i de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Fol) es van observar en les cinc o vuit plantes adjacents (segons fos una planta de la vora de l'hivernacle o no) a cadascuna de les 50 plantes en que es feia el recompte de plagues. En el cas de que s'arrenqués alguna planta s'anotava amb el nom de "baixa".

El nombre de plantes afectades s'ha calculat tot sumant el nombre de plantes amb símptomes i el nombre de "baixes" (si es coneixia la causa de l'arrencada). Amb aquest valor s'ha calculat el percentatge de plantes afectades respecte al nombre de plantes observades més les "baixes".

1.3. Resultats i Discussió

1.3.1. Mosques blanques

En la primera data del mostreig, el 30 d'octubre del 1991, ja es va observar en les tomaqueres la presència de dues espècies de mosca blanca: *T. vaporariorum* i *B. tabaci*. Durant les dues campanyes, el seguiment d'adults i de larves dels dos aleuròdids es va fer sense distingir-ne l'espècie, tal com s'exposa en l'apartat 1.2.2.1 de Material i Mètodes. Per tant, sempre que no s'indiqui el contrari, l'expressió "mosca blanca" s'utilitza com a sinònim de "població de mosca blanca", tenint en ment que en aquesta població hi coexistien dues espècies diferents. Per a conèixer l'abundància relativa de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en la població de mosca blanca, es va realitzar un mostratge especial, els resultats del qual es troben a l'apartat 1.3.1.3.

1.3.1.1. Colonització dels hivernacles

Els resultats del primer mostreig de mosca blanca de la campanya del 1991-1992 en les plantes de la zona lateral es recullen en la taula 1.3. També s'hi resumeix el nombre de tractaments insecticides realitzats entre el trasplantament i el primer recompte (en quatre dels cinc hivernacles havien transcorregut gairebé dos mesos). Com s'observa, la mitjana de mosca blanca en la zona lateral era de un adult per planta i el percentatge de folíols ocupats per larves dels darrers estadis oscil·lava entre el 10 i el 65%. Aquests percentatges indiquen que en el moment d'iniciar els seguiments, la mosca blanca era una plaga ben establerta en els hivernacles, tot i els nombrosos tractaments insecticides realitzats des del trasplantament. Destaca sobretot l'hivernacle H-1.4 que, amb 12 tractaments i 28 matèries actives (m.a.) en 55 dies de cultiu, és el que presenta una població larvària més important (65% dels folíols ocupats i nivell mitjà de larves d'1,2).

Taula 1.3. Infestació de mosca blanca en les plantes de la zona lateral dels hivernacles en el primer recompte (30/10/1991) i tractaments insecticides previs a l'inici del seguiment. Campanya del 1991-1992.

Hivernacle	ddt ⁽¹⁾	recompte de mosca blanca en la zona lateral			tractaments insecticides ⁽²⁾	
		mitjana d'adults	%folíols ocupats per larves	mitjana nivell larves	núm.	núm. m.a.
H-1.1	61	0,9	25	0,4	3	4
H-1.2	49	4,8	10	0,2	7	9
H-1.3	49	1,9	17	0,2	7	9
H-1.4	55	1,0	65	1,2	12	28
H-1.5	7	10,0	-	-	0	0

(1) ddt: dies després del trasplantament; (2): no s'han considerat els tractaments amb ciromazina, abamectina ni *Ba. thuringiensis* perquè no tenen cap efecte sobre les poblacions de mosca blanca

Taula 1.4. Mitjana d'adults de mosca blanca (mb) en el recompte en què es supera el llindar d'1 adult de mb per planta (n=30 plantes de la zona lateral). Percentatge de folíols ocupats i nivell mitjà de larves de mb per folíol, 30 dies després d'haver superat el llindar d'1 adult mb per planta (n=50 plantes per hivernacle). Campanya del 1992-1993.

Hivernacle	núm. adults mb/planta >1		30 dies després de superar el llindar	
	ddt ⁽¹⁾	mitjana d'adults	%folíols ocupats	mitjana nivell de larves
H-2.1	3	1,1	61	0,8
H-2.2	6	3,3	89	1,6
H-2.3	6	6,3	78	1,2
H-2.4	6	4,4	31	0,5
H-2.5	14	1,8 ⁽²⁾	65	0,8

(1) ddt: dies després del trasplantament; (2) dos dies després del trasplantament es va fer un tractament insecticida amb metamidofòs+ cipermetrin

La taula 1.4 resumeix l'evolució de les poblacions de mosca blanca en les primeres fases del cultiu de tardor-hivern del 1992-1993. Com s'observa abans d'una setmana després del trasplantament, quatre dels cinc hivernacles estudiats ja van superar el llindar d'intervenció d'un adult de mosca blanca de mitjana en les plantes de la zona lateral. Trenta dies després d'haver-se assolit aquest llindar, el percentatge de folíols ocupats en 50 plantes del conjunt de l'hivernacle oscil·lava entre el 31 i el 89%, mentre que els nivells mitjans de larves mosca

blanca variaven entre el 0,5 de l'hivernacle H-2.4 i l'1,6 de l'H-2.2. Per tant l'establiment de la mosca blanca i el seu creixement durant aquest període va ser molt ràpid.

Durant els dos primers mesos de cultiu de la campanya del 1992-1993, les poblacions d'adults van ser generalment més altes en les plantes de la zona lateral que en les de la zona central (figura 1.2), fet que suggereix que la colonització dels hivernacles es va produir per la zona lateral. L'hivernacle H-2.1, que havia estat buit des del maig del 1992, i l'hivernacle H-2.5, en el que s'havia fet planter de tomaquera, van patir una colonització progressiva amb el temps i no es van produir variacions sobtades en el nombre d'adults de mosca blanca en les plantes de la zona lateral. En canvi, en la resta d'hivernacles, H-2.2, H-2.3 i H-2.4, el nombre d'adults per planta en la zona lateral va incrementar-se sobtadament entre la primera i segona data de mostratge com a conseqüència d'una immigració d'adults de mosca blanca des de l'exterior. Just abans del trasplantament de les tomaqueres, aquests tres hivernacles havien estat conreats amb meló.

Els resultats dels seguiments realitzats en 10 hivernacles de la zona de Múrcia i Alacant durant les campanyes del tomàquet d'hivern dels anys 1991-1992 i 1992-1993 permeten afirmar que la mosca blanca (*T. vaporariorum* + *B. tabaci*) és una plaga que apareix en tots els hivernacles. La colonització dels hivernacles es produeix de forma molt primerenca i fonamentalment a partir de les obertures laterals, igual que succeeix en els hivernacles de la costa catalana (Albajes *et al.* 1988). Per tant, també en els hivernacles del sud-est espanyol és correcte d'establir el llindar d'intervenció a partir del mostratge de les plantes de la zona lateral tal com proposen Albajes *et al.* (1994). A partir d'aquestes plantes de la vora de l'hivernacle, la plaga s'escampa per tot el cultiu fins a estar present en un elevat percentatge de folíols (89%).

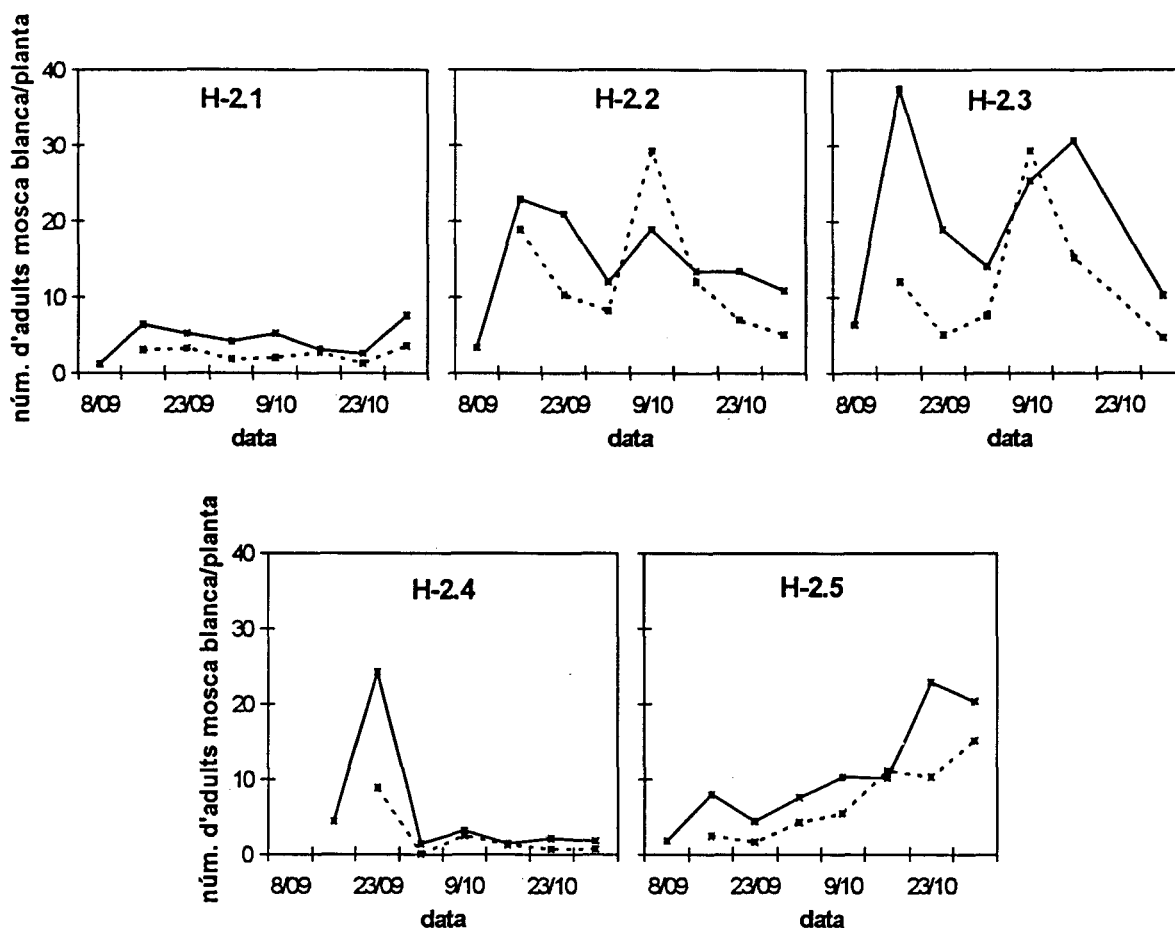


Figura 1.2. Evolució de les poblacions de mosca blanca en les plantes de la zona lateral (línia contínua, n=30) i en les de la zona central (línia discontinua, n=20) durant els dos primers mesos de cultiu. Campanya del 1992-1993.

1.3.1.2. Importància de la plaga de mosca blanca i danys que produeix

Les mitjanes dels valors màxims del percentatge de folíols ocupats, del nivell de larves per folíol i dels percentatges de plantes amb símptomes de negreta en fulla o en fruit de cadascun dels hivernacles (taula 1.5), poden considerar-se indicadores de la severitat de l'atac de mosca blanca en cada campanya. Com s'observa, tan la infestació mitjana com els percentatges de plantes afectades per negreta en fulla i en fruit, van ser lleugerament més elevats en els hivernacles durant la campanya del 1992-1993 que durant la del 1991-1992.

Taula 1.5. Mitjanes (\pm error típic) del percentatge màxim de folíols ocupats, nivell màxim de larves per folíol i dels percentatges màxims de plantes amb negreta en fulla o en fruit a què s'ha arribat en cada campanya.

Campanya	núm. hivernacles	% folíols ocupats	nivell larves/folíol	% plantes	
				negreta fulla	negreta fruit
1991-1992	5	81,2 \pm 4,16	1,2 \pm 0,06	32,8 \pm 9,22	12,8 \pm 4,18
1992-1993	5	88,6 \pm 3,08	1,4 \pm 0,07	45,6 \pm 1,16	13,6 \pm 2,56

S'ha trobat una relació lineal significativa i positiva entre el nivell mitjà de larves per folíol (variable independent) i el percentatge de folíols ocupats per les larves de mosca blanca (variable dependent) que s'ha forçat a passar per l'origen ($y=73,937x$, $r^2=0,98$; g.l.=177; $P<0,001$). L'elevat coeficient de determinació suggereix una estreta relació entre ambdós paràmetres i indica que l'augment de les poblacions larvàries és paral·lela a la dispersió de la mosca blanca dins de l'hivernacle. Aquesta relació podria utilitzar-se en un hipotètic pla de mostreig per estimar la densitat de larves d'aleuròdid a partir d'un recompte de presència o absència.

El nivell de larves i el nivell d'insectes-dia acumulats corresponent a cada hivernacle s'han representat conjuntament en la figura 1.3, on també es recull la data de la primera observació de negreta en fulla i de negreta en fruit. S'observa que en vuit dels deu hivernacles en què es va fer el seguiment, els símptomes de negreta en fulla van precedir els de negreta en fruit. Per tant, habitualment la negreta en fulla és un pas previ a l'aparició de negreta en fruit. S'ha trobat una regressió lineal positiva i significativa entre el percentatge de plantes afectades per negreta en fulla (variable independent) i el de plantes amb negreta en fruit (variable dependent) ($y=0,241x - 0,272$; $r^2=0,60$, g.l.=180, $P<0,001$).

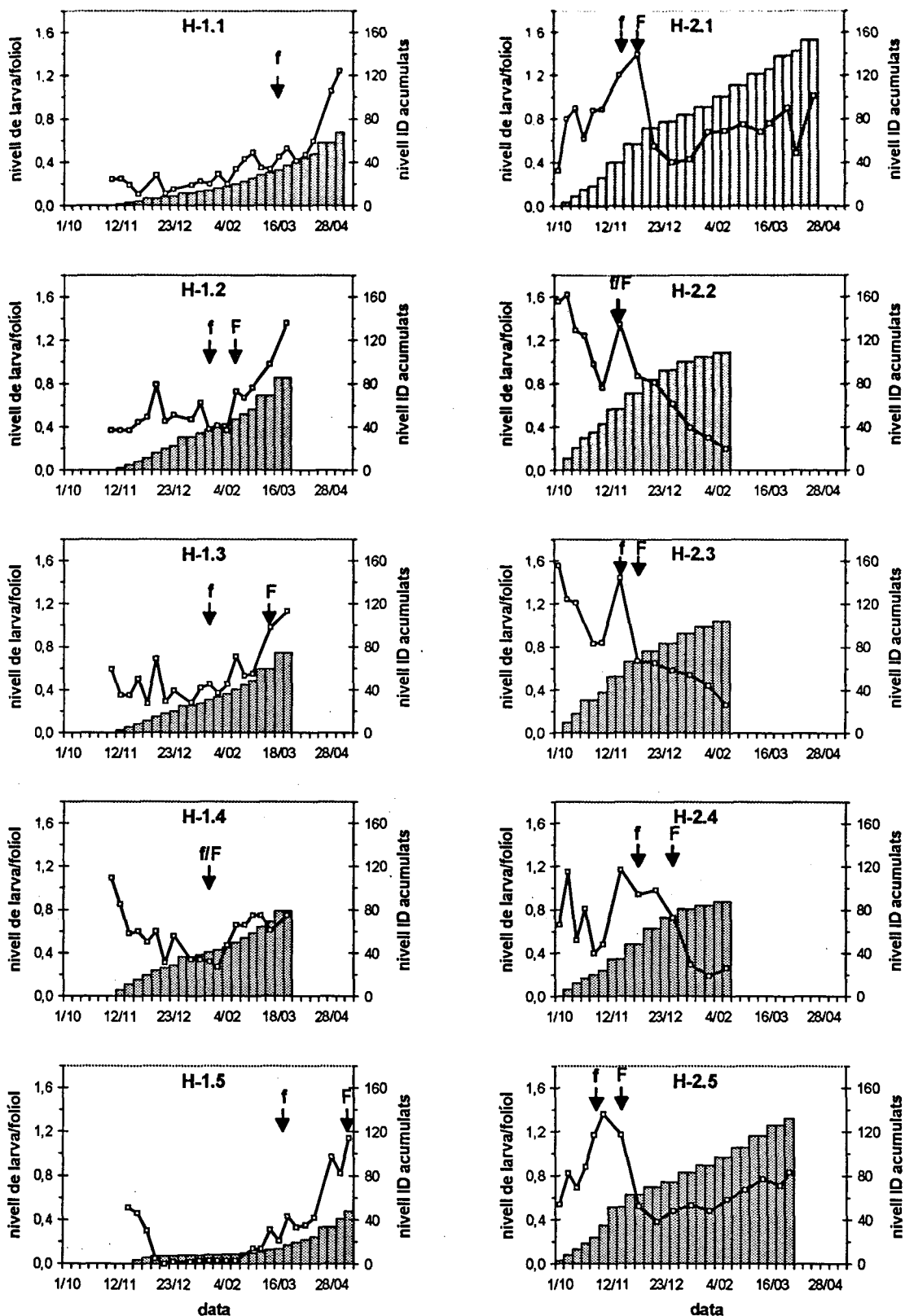


Figura 1.3. Evolució setmanal del nivell de larves per foioli, el nivell d'insectes-dia (nivell ID) acumulats per les larves de mosca blanca i data en què es va observar per primer cop símptomes de negreta en fulla (f) i en fruit (F) en cadascun dels hivernacles durant les dues campanyes de seguiment. Les barres consecutives amb igual valor de nivell ID corresponen a mostratges quinzenals.



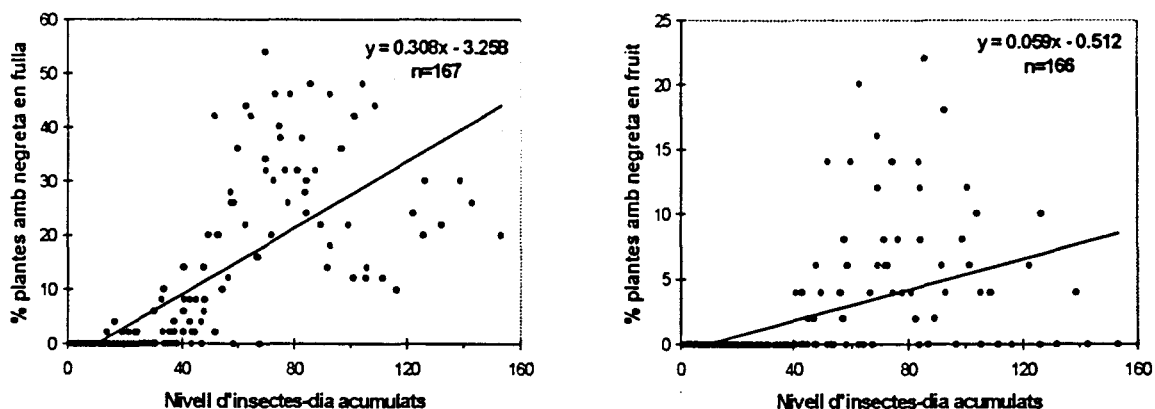


Figura 1.4. Percentatges de plantes amb símptomes de negreta en fulla o en fruit associats als nivells d'insectes-dia acumulats.

La regressió lineal entre el nivell d'insectes-dia acumulats i el percentatge de plantes amb negreta en fulla ha resultat altament significativa ($y=0,308 x - 3,258$; $r^2=0,56$; g.l.=166; $P<0,001$). També ha resultat significativa la regressió lineal entre el nivell d'insectes-dia acumulats i el percentatge de plantes amb negreta en fruit ($y=0,059 x - 0,512$, $r^2=0,24$, g.l.=165, $P<0,001$) (figura 1.4).

El nivell d'abundància màxim mitjà de plaga assolit en cada hivernacle ha estat d'entre l'1,1 i l'1,6 (per tant entre 1 i 50 larves de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* per folíol) que suposa una densitat màxima d'1,1 larves/cm² en folíols de 45 cm² (apartat 2.3.2.1.). Aquesta densitat està molt per sota dels llindars de danys per negreta causada per *T. vaporariorum* citats a la bibliografia: 7 larves/cm² (Hussey *et al.* 1969) i 8,3 larves/cm² (Johnson *et al.* 1992). Però, tot i la baixa densitat de larves per folíol enregistrada durant el cultiu, quasi el 14% de les plantes han presentat algun símptoma de negreta en fruit. El percentatge de fruits afectats per planta no pot deduir-se a partir de l'avaluació de plantes amb presència de símptomes, tal com s'ha fet en aquest treball.

Els resultats obtinguts indiquen que el percentatge de plantes amb símptomes de negreta en fulla o en fruit està significativament relacionat amb el nivell

d'insectes-dia acumulats. Aquest índex combina en un únic valor el nivell de plaga i el temps que aquest nivell està present a la planta, proporcionant així una millor estimació de l'impacte de la plaga sobre el cultiu (Ruppel 1983). S'observa que amb nivell d'insectes-dia inferiors a 20, quasi en cap cas va aparèixer negreta en fulla. D'altra banda mai es van observar símptomes de negreta en fruit mentre el nivell d'insectes-dia acumulats va ser menor de 40 (figura 1.4). Johnson *et al.* (1992) van concloure que es necessitaven 298 insectes-dia/cm² acumulats per tenir danys en el 5% dels fruits de diàmetre superior a 6,3 cm. La diferent forma d'avaluar l'abundància de larva no permet comparar el valor d'insectes-dia/cm² obtingut per aquests autors amb el nivell d'insectes-dia calculat en el present treball.

Els relativament baixos coeficients de determinació de les regressions del nivell d'insectes-dia amb el percentatge de plantes amb símptomes de negreta en fulla i en fruit (0,56 i 0,24 respectivament) suggereixen que l'abundància de larva no és l'únic factor que influeix en l'aparició de negreta. La negreta creix sobre la melassa excretada per la mosca blanca i la quantitat de melassa produïda està influïda per factors com l'estadi de desenvolupament de l'aleuròdid, la temperatura ambient (Hong i Xu 1993) i el contingut en nitrogen de la planta (Blua i Toscano 1994). Hussey i Scopes (1977) també destaquen la importància de la humitat relativa ambiental en el desenvolupament de la negreta. D'altra banda i, segons els resultats de Byrne i Miller (1990), els diferents biotipus de *B. tabaci* produeixen diferents quantitats de melassa. Tot això dificulta la generalització d'un llindar de danys especialment en aquest cas en què la població de mosca blanca és una barreja de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*.

En el present treball no s'ha avaluat si la mosca blanca ha produït o no reducció de la collita. El grau d'infestació que han patit aquests cultius d'hivernacle (densitat <1,1 larves/cm²) no permet, però, descartar aquests tipus de danys donada la similitud d'aquest valor al de 0,7 larves/cm² proposat per Johnson *et al.* (1992) com a llindar de danys per minva de producció. Segons aquests autors, en règims de fotoperíodes curts, com és el cas dels cultius d'hivern, la tomaquera

produeix menys assimilats i això provoca pèrdues de collita a densitats de larves de mosca blanca molt inferiors a les que causen danys per contaminació dels fruits amb negreta.

1.3.1.3. Composició d'espècies de la població de mosca blanca

En tots els hivernacles es van trobar dues espècies de mosca blanca: *T. vaporariorum* i una segona espècie identificada com a *B. tabaci* biotipus "B" pel Dr. Perring (Universitat de Califòrnia, Riverside) i com a *B. tabaci* mescla de biotipus pel Dr. Bartlett (Western Cotton Research Laboratory, USDA-ARS, Arizona). Segons aquest darrer científic la mostra estava composta per un 20% d'individus del biotipus "A", un 70% del biotipus "B" i un 10% que no pertanyien a cap dels dos biotipus. Basant-se en estudis del genoma, de comportament i morfològics, Bellows *et al.* (1994) mantenen que el biotipus "B" és en realitat una espècie a la qual han anomenat *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring. En el present treball s'ha mantingut la denominació clàssica de *B. tabaci* perquè no existeix unanimitat entre ambdues determinacions.

Al desembre del 1991, quan es van començar els seguiments dels hivernacles, *B. tabaci* era l'espècie majoritària. El percentatge relatiu de *B. tabaci* va anar disminuint a mida que la campanya avançava, passant d'un 80% al mes de desembre a poc més del 2% al mes de maig (figura 1.5). Aquesta mateixa tendència es va observar durant la campanya del 1992-1993: *B. tabaci* representava el 74% de les pupes de mosca blanca en el més d'octubre i només el 7% en el mes d'abril. En general en ambdues campanyes s'observa que, a mida que disminueix el nombre de larves de *B. tabaci* per cercle, augmenta el de *T. vaporariorum*, i en conjunt es va incrementant el nivell d'infestació. Dels resultats presentats en la figura 1.5 també es dedueix que el percentatge de *B. tabaci* per hivernacle va ser més variable durant el cultiu d'hivern del 1991-1992.

Durant els dos anys de seguiment s'ha observat que la mosca blanca que infesta els cultius de tomàquet d'hivern sota plàstic és en realitat una barreja de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*. La coexistència de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* és un fet comú a molts països de la Mediterrània (Traboulsi 1994). En aquesta àrea, *B. tabaci* ja era una plaga important a Turquia i a Israel des de mitjans dels anys 70 i s'ha anat estenent recentment cap als països més occidentals afectant sobretot els cultius de ponsètia (Gerling 1996). *B. tabaci*, citada a Espanya des de

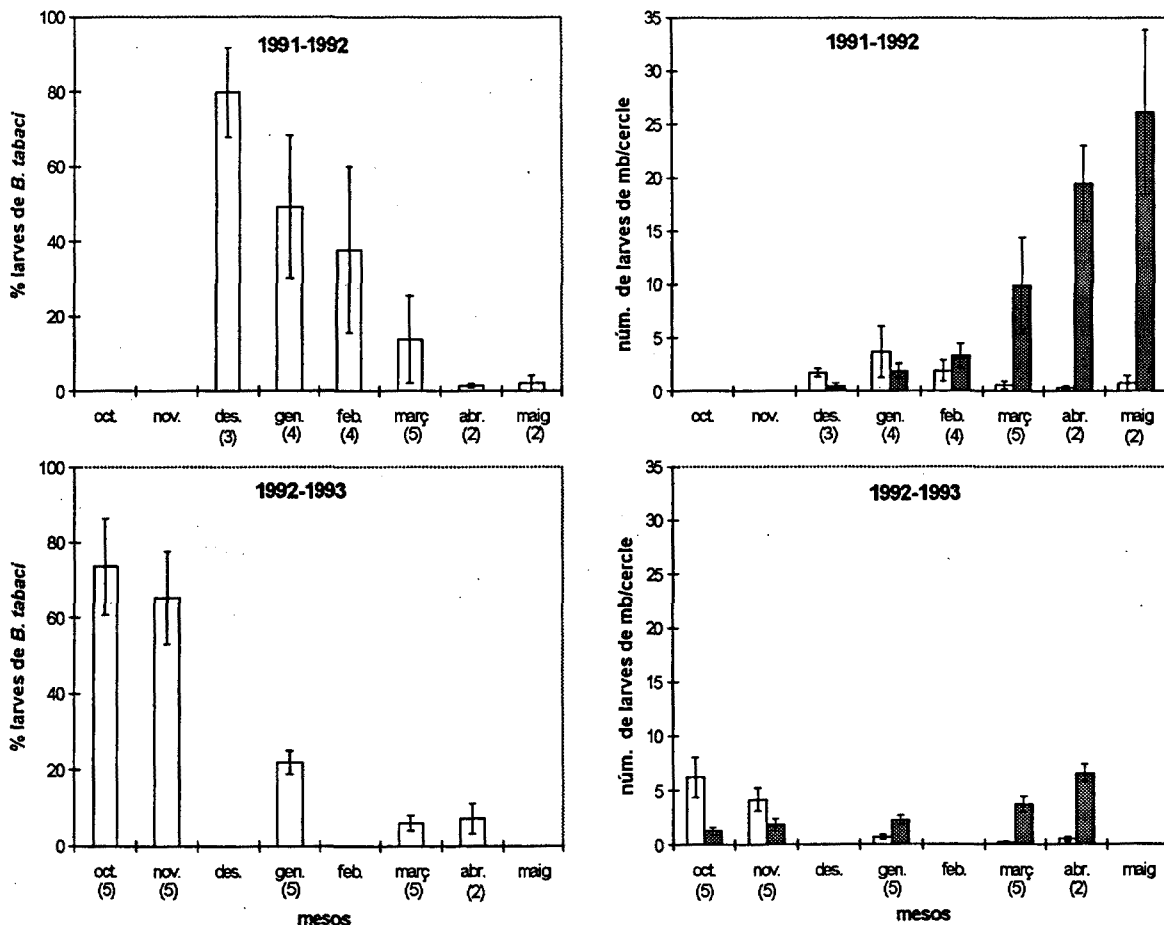


Figura 1.5. Percentatge (mitjana \pm error típic) de *B. tabaci* per hivernacle i nombre de larves de cada espècie de mosca blanca (mb) per cercle (mitjana \pm error típic), durant les campanyes 1991-1992 i 1992-1993. Les barres blanques representen *B. tabaci* i les grises a *T. vaporariorum*. Entre parèntesi s'indica el nombre d'hivernacles inclosos en la mostra.

la dècada dels 40 (Gómez-Menor 1943), es detecta com a plaga en pebrot a Almeria la primavera del 1990 (Rodríguez 1991). La recent introducció de *B. tabaci* a la zona del sud-est espanyol pot ser la causa de la major variabilitat observada en el percentatge relatiu de les dues espècies en els hivernacles de la campanya del 1991-1992 respecte a la del 1992-1993.

Las determinacions del biotipus de la *B. tabaci* recollida en aquests hivernacles fetes pel Dr. Perring i el Dr. Bartlett no són del tot coincidents. Altres autors han estudiat els biotipus de *B. tabaci* presents a Espanya i els seus resultats tampoc coincideixen en identificar un únic biotipus. Així, per exemple, mostres de *B. tabaci* en síndria han estat identificades com a biotipus "no-B" per Bedford *et al.* (1993). Per la seva part Guirao *et al.* (1996) en un ampli estudi de mostres procedents de diverses zones i cultius, demostren l'existència a l'estat espanyol de dos tipus genètics de *B. tabaci*: el "B" i el que s'ha anomenant "no-B". La polèmica sobre l'existència o no d'una espècie diferent resta encara oberta (Brown *et al.* 1995).

La proporció relativa de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* va canviar en el decurs del cultiu: *B. tabaci* era l'espècie majoritària a la tardor, després del trasplantament, i *T. vaporariorum* ho va ser a la primavera. Aquesta mateixa tendència ha estat observada, també, per Montserrat (1994) en hivernacles de tomàquet de la mateixa Regió de Múrcia. Les temperatures dels mesos d'hivern poden explicar, en bona part, el perquè d'aquesta substitució. En no disposar de sistemes de calefacció, en els hivernacles del sud-est espanyol les temperatures a dins de l'hivernacle estan molt condicionades per les temperatures de l'exterior. D'acord amb les revisions de Gerling *et al.* (1986) i Roermund i Lenteren (1992), *T. vaporariorum* té un cicle de desenvolupament més curt que *B. tabaci* a temperatures baixes, mentre que a temperatures elevades és el desenvolupament d'aquesta segona espècie el que es veu afavorit. Durant els mesos de desembre a febrer es van registrar temperatures inferiors a 20°C (figura 1.1), que són més desfavorables per *B. tabaci* que per *T. vaporariorum*. A més l'alentiment del desenvolupament de *B. tabaci* fa que les larves quedin en les

fulles més velles, que sovint moren abans de l'emergència de l'adult. La senectut de les fulles és considerada per Ohnesorge *et al.* (1981) el principal factor de mortalitat hivernal de *B. tabaci* a la vall del Jordà. De la mateixa manera, els desfullats que sovint es fan durant la tardor contribueixen a eliminar part de la població de *B. tabaci* en més mesura que la de *T. vaporariorum*.

A l'estiu, amb temperatures màximes superiors a 30°C [dades de les estacions Alacant-Ciudad Jardín i Águilas (León i Forteza del Rey 1986)], el desenvolupament de *B. tabaci* és més curt que el de *T. vaporariorum*. Això s'afegeix al fet que durant l'estiu una part important dels hivernacles de la zona es dediquen al cultiu del meló, un bon hoste vegetal de *B. tabaci* (Coudriet *et al.* 1985). La importància de la planta hoste en la substitució de *T. vaporariorum* per *B. tabaci* o a l'inrevés ja ha estat posada de manifest per Liu *et al.* (1994) que van demostrar que a una mateixa temperatura *T. vaporariorum* desplaça a *B. tabaci* en mongeta, mentre que *B. tabaci* desplaça a *T. vaporariorum* en ponsètia. Per tant, en el sud-est espanyol, la combinació de temperatures favorables i la planta hoste possibiliten un important creixement de les poblacions de *B. tabaci* durant l'estiu i la converteixen en l'espècie de mosca blanca majoritària al setembre quan es trasplanta el tomàquet de tardor-hivern sota plàstic. La importància del meló en la reproducció de *B. tabaci* durant l'estiu es va posar també de manifest en les immigracions més importants que van patir aquells hivernacles de tomàquet en els quals aquesta cucurbitàcia havia estat el cultiu precedent (figura 1.2).

Els danys per negreta apareguts en els hivernacles són atribuïbles a les dues espècies de mosca blanca ja que en les dues campanyes, els primers símptomes en fruit es van observar entre el gener i el febrer del 1992 i el novembre i el desembre del 1992 respectivament, dates en què existeixen proporcions notables tant de *T. vaporariorum* com de *B. tabaci* (figura 1.5).

1.3.1.4. Control biològic de la mosca blanca

Durant la campanya del 1991-1992 les introduccions d'*E. formosa* (taula 1.2) es van fer en dos períodes: el primer o de tardor els mesos de novembre i desembre, i el segon o de primavera a partir de febrer-març. Els parasitoids introduïts durant la tardor no van instal·lar-se i, com a conseqüència en les avaluacions fetes en els mesos de gener i febrer del 1992, no es va trobar cap pupa de mosca blanca parasitada. En els hivernacles que es van aixecar durant el mes de maig (H-1.1 i H-1.5) l'*E. formosa* introduïda a partir de febrer sí que va instal·lar-se. El 13 de maig, en l'H-1.1, es va trobar un 39,9% de pupes de *T. vaporariorum* parasitades (n=3386) i un 13% de pupes de *B. tabaci* parasitades (n=145). En l'H-1.5, en la darrera avaluació de parasitisme feta el 28 d'abril, es va detectar un parasitisme sobre *T. vaporariorum* del 14,8% (n=1435 pupes de *T. vaporariorum* + 13 pupes de *B. tabaci*). Aquests dos hivernacles van enregistrar els percentatges més baixos de plantes amb símptomes de negreta en fruit (0 i 6% respectivament). En la campanya del 1992-1993, les introduccions es van realitzar en el període de setembre a desembre (taula 1.2). Tot i que *T. vaporariorum* era l'espècie minoritària durant els mesos d'octubre i de novembre del 1992, els parasitismes d'*E. formosa* van ser molt més alts sobre *T. vaporariorum* que sobre *B. tabaci* (figura 1.6).

La davallada important observada en el percentatge de pupes de mosca blanca parasitades per *E. formosa* entre els mesos d'octubre i de novembre en l'hivernacle H-2.4 va ser conseqüència d'un desfullat molt sever que va efectuar el productor i amb el qual es va retirar bona part del parasitoid instal·lat.

En l'únic hivernacle on es va incrementar el percentatge de pupes de mosca blanca parasitades per *E. formosa* (H-2.5), *T. vaporariorum* sempre va ser l'espècie majoritària. En les avaluacions del mes de gener tan sols es va trobar una pupa de *B. tabaci* parasitada per *E. formosa* en l'hivernacle H-2.4 (n=26 pupes de *B. tabaci* + 102 pupes de *T. vaporariorum*) i un 7,6% de les pupes de

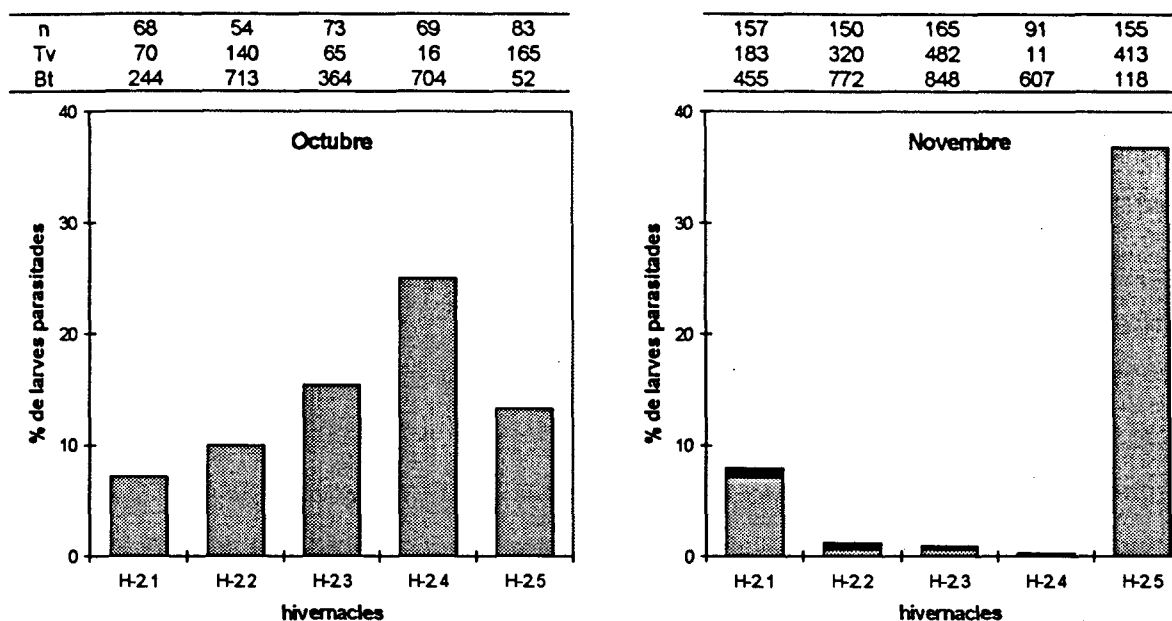


Figura 1.6. Percentatge de larves de *T. vaporariorum* (barres grises) i de *B. tabaci* (barres negres) parasitades per *E. formosa* en les avaluacions d'octubre i de novembre de 1992. Les introduccions del parasitoid es van iniciar el 17 de setembre (el 23 de setembre en H-1.5). En la part superior del gràfic "n" indica el nombre de cercles observats i "Tv" i "Bt" el nombre de pupes de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* respectivament.

T. vaporariorum parasitades en l'H-2.5 (n=118 pupes de *T. vaporariorum* + 15 pupes de *B. tabaci*). En el mostratge realitzat el mes de març únicament en l'H-2.5 es va trobar un 4% de pupes de *T. vaporariorum* parasitades (n=227 pupes de *T. vaporariorum* + 15 pupes de *B. tabaci*). Per tant, fins i tot en l'hivernacle en què el parasitoid estava ben instal·lat sobre *T. vaporariorum*, el percentatge de pupes parasitades va disminuir durant els mesos d'hivern i no es va recuperar en millorar les condicions ambientals. Les mesures culturals inapropiades, altra vegada, van influir en la pràctica desaparició del parasitoid. D'una banda, un desfullat important va retirar part de l'*E. formosa*. D'altra, els brots tendres de la planta que no es van esporgar durant el mes de març van actuar com a atraient pels adults que migraven des dels cultius a l'aire lliure i sota malla que s'arrencaren durant aquest mes.

Taula 1.6. Percentatge de pupes de *B. tabaci* parasitades per *Er. mundus*.

Hivernacle	data	% pupes parasitades	n
H-1.1	13/5/92	2,1	145
H-2.1	5/11/92	2,4	455
H-2.2	8/10/92	2,1	713
H-2.2	5/11/92	0,5	772
H-2.3	5/11/92	2,9	848

L'únic parasitoid autòcton detectat durant els dos anys de seguiment va ser *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) sempre sobre larves de *B. tabaci*. Durant el cultiu del 1991-1992, només es va detectar en l'hivernacle H-1.1,i en la segona campanya (1992-1993) es va trobar en tres dels cinc hivernacles. Els percentatges de pupes de *B. tabaci* parasitades mai van superar el 3% (taula 1.6). En els hivernacles H-2.4 i H-2.5 es va observar la presència d'adults d'aquest parasitoid entre finals d'octubre i principis de novembre.

L'únic depredador trobat en aquests hivernacles, tot i que de forma molt esporàdica, va ser el mírid *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera: Miridae). El 5/11/92 (H-2.1) i el 24/2 (H-2.5) es van localitzar dues nimfes en 50 plantes, essent aquest el màxim de població detectada en un recompte.

Els nivells de parasitisme detectats en els hivernacles inclosos en el seguiment permeten afirmar que *E. formosa* no ha controlat les poblacions de mosca blanca, compostes bàsicament per *B. tabaci* en les fases inicials del cultiu, malgrat les elevades dosis alliberades en els hivernacles durant les dues campanyes. La baixa eficiència d'aquest parasitoid controlant *B. tabaci* ja ha estat demostrada en diversos treballs (Boisclair *et al.* 1990, Enkegaard 1993, Szabo *et al.* 1993, Lenteren i Brasch 1994). Aquests autors i Benuzzi *et al.* (1990a) suggereixen que *E. formosa* pot controlar les dues espècies, però calen quantitats molt elevades d'*E. formosa* si *B. tabaci* és present. Tal com es desprèn dels resultats presentats, dosis de parasitoid d'aproximadament el doble de les recomanades

per Albajes *et al.* (1994) no han estat suficients i han fet falta tractaments amb insecticides per reduir les poblacions barrejades de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*. De fet, fins i tot quan *T. vaporariorum* és l'única espècie present en el cultiu del tomàquet les introduccions d'*E. formosa* no sempre donen un resultat satisfactori durant el cicle de conreu de tardor-hivern (Trottin-Caudal i Millot 1994).

La fauna útil associada a les dues espècies de mosca blanca ha estat escassa, tant pel que fa a varietat d'espècies trobades com a la seva abundància. Els tractaments adulticides, fets per evitar danys majors per mosca blanca, poden haver motivat aquesta escassetat. L'única espècie de parasitoid autòcton detectat en els hivernacles estudiats ha estat *Er. mundus*. Aquest parasitoid, àmpliament distribuït a l'àrea mediterrània (Gerling 1986), ha estat també citat a Múrcia per Lacey *et al.* (1993). Alguns autors com Rodríguez *et al.* (1994) i González *et al.* (1996) li adjudiquen un paper important en el control de les poblacions de *B. tabaci* en els hivernacles de la província d'Almeria.

Pel que fa als depredadors només s'han trobat *N. tenuis*, tot i que altres mírids com *D. tamaninii* i *Macrolophus caliginosus* Wagner han estat citats, també, en la zona del sud-est espanyol (Goula i Arnó 1994). A la costa catalana la conservació d'aquests dos depredadors constitueix la base del control de mosca blanca en tomaqueres a l'aire lliure i també colonitzen habitualment els hivernacles de tomàquet de primavera (Alomar *et al.* 1991). D'entre les dues espècies *D. tamaninii* és la més voraç i per tant la seva utilització pot considerar-se especialment apropiada en cultius que pateixen infestacions inicials elevades (Albajes *et al.* 1996). Existeixen treballs que estudien paràmetres de la biologia d'aquest mírid a temperatures estàndard de laboratori (25°C) (Barnadas 1993, Riudavets 1995) però es desconeix quin és el seu potencial a temperatures més baixes, pròpies d'un cicle de cultiu de tardor-hivern en hivernacles sense calefacció.

1.3.2. Minadors de fulla

Aquesta plaga es va observar en nou dels deu hivernacles en què es va fer el seguiment. Les espècies presents van ser: *L. trifolii* i *L. bryoniae*, però l'abundància relativa d'aquestes dues espècies no va ser constant, ni en tots els hivernacles, ni en el decurs del cicle de cultiu.

La importància d'aquesta plaga va ser desigual en les dues campanyes. Durant el cultiu del 1991-1992, l'atac va ser lleu en tots els hivernacles i no va ser necessari fer introduccions de *Di. isaea* ni tractaments específics. En canvi, la campanya del 1992-1993 la severitat de la plaga va ser molt variable: des de nul·la en l'hivernacle H-2.4 a greu en els H-2.2 i H-2.3 (taula 1.7).

Els resultats de les avaluacions del control exercit pels parasitoids autòctons, percentatge de larves de *Liriomyza* spp. parasitades o mortes respecte al total de mines observades, es presenten en la taula 1.8. Com s'observa el primer any de seguiment, es van trobar nivells de control força importants, enregistrant-se els valors més elevats durant els mesos de desembre i gener. Durant la segona campanya, ja en la primera avaluació realitzada poc després del trasplantament (setembre de 1992), es va detectar l'acció del parasitoid en tots els hivernacles (mitjana de percentatge de control $13,1 \pm 3,7\%$).

Taula 1.7. Nivell d'atac de *Liriomyza* spp. en els diferents hivernacles i mesures de control adoptades. Campanya del 1992-1993.

Hivernacle	grau d'atac	Introduccions <i>Di. isaea</i>	tractaments amb ciromazina
H-2.1	moderat	-	24/11*
H-2.2	greu	5/11	11/11, 22/11
H-2.3	greu	8/10, 15/10, 5/11	11/11, 22/11
H-2.4	nul	-	-
H-2.5	lleu	-	-

* Es va realitzar directament un tractament amb ciromazina sense haver realitzat introduccions de *Di. isaea* ja que en la mateixa data es va recomanar un adultícida pel control de mosca blanca

Taula 1.8. Control exercit pels parasitoid autòctons de *Liriomyza* sp. expressat com el percentatge de mines en què s'observen larves de minador parasitades, mortes o de les quals han emergit parasitoids respecte al total de mines observades (entre parèntesi). En els mesos en què es va fer més d'un control s'ha inclòs a la taula el valor màxim.

Hivernacle	setembre	octubre	novembre	desembre	gener	febrer	maig
H-1.1	-	-	23,1 (65)	54,3 (70)	58,3 (48)	26,2 (65)	30,8 (26)
H-1.2	-	-	-	-	36,7 (30)	31,4 (35)	
H-1.3	-	-	-	-	31,4 (35)	45,5 (16)	
H-1.4	-	-	-	58,8 (97)	73,3 (60)	25,0 (32)	
H-1.5	-	-	1,0 (100)	14,7 (34)	50,0 (82)	52,9 (17)	40,0 (25)
H-2.1	21,9 (32)	-	22,5 (40)	-	-	-	
H-2.2	4,8 (42)	22,9 (35)	33,3 (51)	-	-	-	
H-2.3	10,0 (30)	8,9 (45)	-	-	-	-	
H-2.5	15,8 (38)	45,7 (46)	63,0 (46)	-	-	71,4 (35)	

El percentatge de control més elevat exercit per parasitoids autòctons es va trobar en una mostra recollida el 10 de febrer i per tant en una època encara força freda.

En els hivernacles H-2.2 i H-2.3, la gravetat de l'atac i el baix grau de control exercit pels parasitoids autòctons van fer necessari realitzar introduccions de *Di. isaea*. En l'hivernacle H-2.3, després de dues introduccions de parasitoid, el percentatge de control només s'havia incrementat fins el 18,3%. L'insuficient control de la plaga va obligar a realitzar en els dos hivernacles tractaments amb ciromazina. En un tercer hivernacle es va optar directament per un tractament amb aquest regulador de creixement en coincidir, en el temps, l'atac de minadors de fulla i la necessitat de tractar amb un adulticida per mosca blanca.

Com ja s'ha esmentat, el control per *Diglyphus* sp. es basa no només en la seva actuació com a parasitoid de *Liriomyza* sp. sinó també en l'acció depredadora de les seves femelles sobre les larves del minador. En el conjunt dels dos anys de seguiment es va fer la dissecció d'un total de 1226 mines de les quals en 428 es va observar l'atac del parasitoid. D'aquestes, en un 59,4% s'hi va trobar l'ou o la larva, un 4,4% estaven buides però el forat d'emergència completament rodó

indicava que n'havia emergit un himenòpter i en el 36,2% restant la larva de minador es va trobar morta sense signes de parasitisme.

Les espècies de minadors de fulla trobades als hivernacles estudiats, *L. trifolii* i *L. bryoniae*, han estat tradicionalment les espècies més habituals en els hivernacles de la costa mediterrània espanyola (Albajes *et al.* 1994 i Cabello *et al.* 1994). L'any 1992 l'aparició de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) a Almeria (Cabello i Belda 1992) i a la zona propera a València (Echevarría *et al.* 1994), va afegir una nova espècie desconeguda fins aleshores al litoral mediterrani espanyol. Tot i que la zona on s'han fet els seguiments està geogràficament situada entre Almeria i València, en les mostres de minadors recollides en les tomaqueres de tardor-hivern en les campanyes del 1991-1992 i del 1992-1993 a la zona de Múrcia i Alacant no es va detectar la presència d'aquesta espècie.

Durant els dos cicles de cultiu en què s'ha fet el seguiment, *Liriomyza spp.* s'ha mostrat una plaga d'aparició freqüent però d'incidència molt variable. Aquests resultats coincideixen amb els d'Albajes *et al.* (1994) i Cabello *et al.* (1994) en cultius protegits de Catalunya i d'Andalusia respectivament. D'altra banda diversos autors han posat de manifest que la tomaquera pot suportar nivells alts d'infestació sense que es produeixin reduccions importants en la collita com es recull a les revisions de Minkenbergh i Lenteren (1986) i Parrella (1987). També Kotze i Dennill (1996) més recentment han arribat a conclusions similars. Segons aquests autors, infestacions d'entre 10 i 1092 mines de *L. trifolii* per planta no tenen cap efecte sobre la producció de tomàquet. Aquests motius, severitat de la plaga variable i relativament escassa incidència en la productivitat del cultiu, fan que *L. trifolii* i *L. bryoniae* puguin considerar-se plagues secundàries en el tomàquet de tardor-hivern sota plàstic.

En els hivernacles estudiats, el control exercit per les poblacions autòctones de l'ectoparasitoid *Diglyphus sp.* és notable i en alguns casos suficient per controlar la plaga. La importància de poblacions autòctones de *Di. isaea* en el control de *Liriomyza spp.* ja ha estat descrit per altres autors en diverses zones de l'àrea

mediterrània (Lyon 1984, Nucifora 1989, Castañé *et al.* 1989, Benuzzi i Raboni, 1992 i Albajes *et al.* 1994). Segons Cabello *et al.* (1994), en canvi, és l'endoparasitoid *Chrysonotomyia formosa* (Westwood) qui exerceix un millor control de *Liriomyza* spp. a Andalusia Oriental, mentre que *Di. chabrias* (Walker) i *Di. isaea* presenten uns nivells de parasitisme molt baixos i tenen poca incidència en el control dels minadors de fulla. Aquesta conclusió, però, podria estar esbiaixada atès que aquests autors no han avaluat la depredació de *Diglyphus* sp. sobre les larves de minador. Contràriament als resultats exposats a la taula 1.8, aquests mateixos autors no detecten parasitisme per *Diglyphus* spp. durant el mes de gener, tot i que sí en troben en la resta del període comprès entre els mesos de setembre i maig.

La relació depredació/parasitisme que es dedueix de les dades del preset treball és de 0,6. Aquesta relació és molt similar a la que obté Minkenbergh (1989) a 15°C i superior a la que el mateix autor troba a temperatures més altes (0,2-0,3) per *L. bryoniae* en tomàquet. Els resultats de Lyon *et al.* (1989) i Franco i Baudry (1993) indiquen, per *L. trifolii* en fulla de mongetera i a temperatures entre 15 i 30°C, una relació depredació/parasitisme sempre superior a u.

Les pràctiques culturals poden tenir una importància capital en la conservació dels parasitoids autòctons. Així, per exemple, el desfullat de finals de setembre a l'H-2.1 va impedir, probablement, un increment en la instal·lació del parasitoid ja que es van retirar de l'hivernacle les fulles baixes on es concentraven les larves de minadors de fulla i, també, els estadis preimaginals de *Diglyphus* sp.

1.3.3. Altres plagues

1.3.3.1. Lepidòpters

Durant la campanya del 1991-1992 es va trobar ous i/o larves de *Chrysodeixis chalcites* (Esper) (Lepidoptera: Noctuidae) en els cinc hivernacles estudiats, però només es va realitzar un tractament de *Ba. thuringiensis* en dos dels hivernacles.

Taula 1.9. Nombre d'ous i larves d'*H. armigera* en 50 plantes (* 30 plantes del lateral) i nombre de tractaments realitzats amb *Ba. thuringiensis*. Campanya del 1992-1993.

Hivernacle	2/9	8/9	17/9	23/9	1/10	8/10	15/10	22/10	27/10	núm. tractaments
H-2.1	NT	1*	18	13	2	3	1	4	1	3
H-2.2	NT	0*	1	4	5	3	1	4	4	2
H-2.3	NT	0*	5	5	0	1	4	NR	0	2
H-2.4	NT	NT	1*	3	12	0	0	0	0	4
H-2.5	0*	2*	1	17	3	1	0	0	0	3

NT: cultiu no trasplantat; NR: no es va fer recompte

Els defoliadors es van anar trobant durant tot el cicle de cultiu, però en cap mostreig es va superar la quantitat de cinc erugues i ous en 50 plantes. La presència de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) va ser encara més minsa. Només es va trobar una larva a dins d'un fruit en l'hivernacle H-1.5 a mitjan maig.

Durant la segona campanya i, a més de les dues espècies ja citades, es va trobar *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) en tots cinc hivernacles.

En la taula 1.9 es recullen els resultats dels recomptes d'ous i larves de *H. armigera*. S'observa que la seva presència va ser continuada des del trasplantament fins a finals de novembre (a principis de desembre es va observar encara en un dels hivernacles una eruga del darrer estadi). La segona quinzena de setembre es van trobar les poblacions més elevades i els danys es van produir sobretot en tija ja que en aquesta època les plantes tenien entre 6 i 10 fulles i no s'havia iniciat la floració. L'hivernacle H-2.5 estava més avançat fenològicament i durant aquest període estava florint entre el primer i el tercer pom. Tot i amb això no es van observar danys en fruit, fet que indica que els tractaments de *Ba. thuringiensis* van ser efectius.

Taula 1.10. Període de cultiu en què es van trobar ous i/o larves de *C. chalcites*, nombre total d'ous i larves trobades en el conjunt dels mostratges, densitat màxima (número d'ous+larves/50 plantes) enregistrada i la data corresponent. Campanya del 1992-1993.

Hivernacle	període de presència	núm. d'ous+larves totals	densitat màxima (data)
H-2.1	17/9→20/4	12	3 (17/9;15/10)
H-2.2	17/9→13/1	6	2 (13/1)
H-2.3	23/9→28/12	5	2 (1/12)
H-2.4	17/9→1/12	58	27 (23/9)
H-2.5	18/9→5/11	8	3 (5/11)

Pel que fa als lepidòpters fil·lòfags (taula 1.10) la seva presència en els hivernacles es va concentrar majorment en el parell de mesos posteriors al trasplantament. A partir del 27 d'octubre ja no es van observar ous, mentre que d'erugues s'en van anar trobant fins al 13 de gener. A partir d'aquesta data no es va observar presència de *C. chalcites* fins al 20 d'abril. Com es desprèn de la taula 1.10, el nivell d'atac va ser baix en tots els hivernacles llevat de l'H-2.4. En aquest hivernacle es va registrar un pic de població el 23 de setembre (23 ous i 4 larves) i un segon pic a principis de desembre en què es van comptar 14 larves en 50 plantes.

Els resultats dels recomptes de larves de *S. exigua* realitzats durant la segona campanya s'exposen en la taula 1.11. De larves d'aquest noctúid s'en van trobar en el període setembre-octubre. Aquesta plaga va tenir una certa importància en dos dels hivernacles, mentre que en els altres tres la seva presència va estar molt escassa. Per tant, el període en què va causar problemes coincideix amb el d'*H. armigera* i, com en el cas d'aquesta última, els tractament amb *Ba. thuringiensis* van ser efectius. En cap dels hivernacles es van observar danys adjudicables a *S. exigua*.

Taula 1.11. Període de cultiu en què es van trobar larves de *S. exigua* i nombre total de larves trobades en el conjunt dels mostratges, densitat màxima (nombre d'ous+larves/50 plantes) enregistrada i la data corresponent. Campanya del 1992-1993.

Hivernacle	període de presència	núm. d'ous+larves totals	densitat màxima (data)
H-2.1	17/9→27/10	22	9 (17/9)
H-2.2	8/9→8/9	(a)	(a) (8/9)
H-2.3	17/9→28/12	3	1 (17/9;15/10;28/12)
H-2.4	17/9→17/9	2	2 (17/9)
H-2.5	15/9→16/10	(b)	(b) (15/9)

(a) no és disposa del nombre de larves, es va anotar "un folioli ple de larves"; (b) el 15 de setembre el personal encarregat de l'hivernacle va advertir d'un atac important de *S. exigua*, es va tractar amb *Ba. thuringiensis* (17/9), el 18/9 es va fer un mostreig però totes les larves es veien afectades pel tractament i no es van comptar.

En resum, en l'època posterior al trasplantament els lepidòpters poden causar danys a les plantes recent plantades i en força casos és necessària l'aplicació de tractaments a base de *Ba. thuringiensis* per al seu control. D'entre les espècies que s'han detectat en els cultius de tomàquet de tardor-hivern sota plàstic, *H. armigera* és la que ocasiona més problemes. Els ous i larves d'aquest noctúid es van registrar de forma generalitzada entre el setembre i el novembre, amb poblacions elevades durant la segona quinzena de setembre. L'existència d'un vol d'*H. armigera* entre el setembre i l'octubre ha estat descrit a la zona mediterrània per diversos autors (Cabello i Salmerón 1989, Gabarra 1990a, Arnó *et al.* 1994). També Bues *et al.* (1989) indiquen l'existència d'aquest vol i constaten que produeix danys en el tomàquet d'hivernacle de cicle de tardor-hivern al sud-est francès. Segons aquests autors l'absència de cultius a l'aire lliure i la baixada de temperatures fan concentrar les papallones del noctúid a dins dels hivernacles. Entre l'octubre i el novembre el 100% de les pupes entren en diapausa (Gabarra 1990b) i per això a partir de mitjans d'octubre no es van trobar ous d'*H. armigera* en el cultiu. La diapausa hivernal també va ser la causa que durant la primera campanya no es detectessin atacs d'aquest lepidòpter atès que el seguiment es va iniciar a finals d'octubre. El primer vol després de

l'aturada hivernal es produeix entre el maig i el juny quan el cultiu de tomàquet de tardor-hivern ja ha finalitzat.

Els resultats presentats i l'apreciació de danys realitzada suggereixen que a l'època posterior al trasplantament i, per tant, en planta petita, els recomptes d'ous i larves dels primers estadis en la totalitat de la planta, si aquesta té menys de nou fulles, i en les tres fulles apicals quan en té més, proporcionen una bona estimació de les poblacions d'ous d'aquestes plagues i permeten decidir els tractaments amb *Ba. thuringiensis* necessaris per controlar noctúids, especialment *H. armigera*.

En no trobar-se en la bibliografia l'indar de tractaments per *H. armigera* en tomàquet d'hivernacle, els tractaments de *Ba. thuringiensis* es van recomanar al superar el llindar de quatre ous i larves de *H. armigera* per hivernacle (0,08 ous+larves per planta) similar al que s'utilitza en la zona del Maresme en tomaquera d'exterior [0,07 ous+larves per planta (M. Martí i J. Ariño comunicació personal)]. Per tant l'estratègia de basar els tractaments en els recomptes d'ous i larves sembla adequada en aquest cultiu. Tot i això, cal tenir present que també es van recomanar tractaments amb *Ba. thuringiensis* a partir dels recomptes d'altres noctúids: per exemple dos tractaments per *C. chalcites* a l'hivernacle H-2.4. En general, el llindar utilitzat ha estat suficientment conservador i no es van observar danys importants en els cultius.

1.3.3.2. Àcars

Van aparèixer les dues espècies: l'àcar del bronzejat del tomàquet *A. lycopersici* i l'aranya roja *Te. urticae*.

En la primera campanya es va observar la presència de símptomes d'*A. lycopersici* únicament en un focus en l'hivernacle H-1.1 a principis d'abril. L'atac es va estendre ràpidament per tot cultiu durant el mes següent. Tanmateix

no es van produir danys en la producció, atès que a finals del mes d'abril el cultiu es va donar per finalitzat.

La campanya del 1992-1993, en quatre dels cinc hivernacles estudiats es van detectar símptomes d'aquest àcar entre els mesos d'octubre i de desembre. En aquesta ocasió els tractaments amb bromopropilat, tal com es recomana al Maresme (Albajes *et al.* 1994), es van fer en el termini màxim d'una setmana i el control va ser bo en tots els casos. Probablement al bon control aconseguit hi va contribuir el clima dels mesos de tardor, temperatures en descens i humitats relatives elevades, poc propícies per al desenvolupament de l'àcar que prefereix per la seva multiplicació temperatures al voltant dels 27°C i humitats relatives del 30% (Perring i Farrar 1986).

Pel que fa a l'aranya roja només van aparèixer focus molt localitzats en dos hivernacles (H-2.2 i H-2.4). En tots dos casos les plantes afectades estaven situades a la zona lateral, pròximes a males herbes (*Convolvulus* sp.) que presentaven infestacions molt altes. Un cop detectada la plaga en tomaquera es van arrencar les herbes i es van treure de l'hivernacle, però no es va realitzar cap tractament acaricida. Amb una aplicació més estricta d'unes bones mesures culturals, aquests focus de *Te. urticae* s'haurien evitat.

1.3.3.3. Trips

Durant el cultiu 1991-1992, en tres dels cinc hivernacles no es van trobar ni adults ni larves de *F. occidentalis* ni tampoc símptomes en fulla de l'alimentació dels trips. En els hivernacles H-1.1 i H-1.5 es va observar algun individu o símptomes de danys en fulla en un màxim de tres plantes del total de 50 plantes mostrejades.

La taula 1.12 recull els resultats dels mostratges realitzats entre el trasplantament del cultiu de tardor-hivern del 1992-1993 i mitjans de novembre. A partir d'aquesta data la presència de *F. occidentalis* en el cultiu va ser molt minsa i com

Taula 1.12. Nombre de plantes per 50 plantes (30 plantes del lateral en els valors marcats amb *) en què es van observar la presència d'adults, larves i/o danys d'alimentació en fulla de *F. occidentalis*. Campanya del 1992-1993.

Hivernacle	2/9	8/9	17/9	23/9	1/10	8/10	15/10	22/10	27/10	5/11	18/11
H-2.1	NT	0*	1	1	1	2	6	12	8	5	0
H-2.2	NT	0*	12	4	2	8	2	4	7	9	6
H-2.3	NT	0*	9	4	11	5	7	NR	10	9	3
H-2.4	NT	NT	0*	4	2	0	1	0	1	0	0
H-2.5	0*	1*	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NT: cultiu no trasplantat; NR: no es va fer recompte

a màxim es van trobar dues plantes afectades de 50 plantes mostrejades (13/1) en l'hivernacle H-2.1.

La importància d'aquest insecte en tomàquet és molt reduïda si no fos pel seu caràcter vector del TSWV que el converteix en un insecte temut. De fet, una bona part de les matèries actives aplicades als cultius abans de l'inici del seguiment de la tardor-hivern del 1991-1992, els productors les havien escollit pel control de *F. occidentalis*.

1.3.3.4. Pugons

En general ha estat una plaga d'escassa, per no dir nul·la, importància. Durant el cultiu del 1991-1992 es va detectar la presència de pugons en el 100% dels hivernacles sempre a finals del cultiu. En quatre dels cinc hivernacles s'hi van trobar petites colònies, mentre que al cinquè només s'hi van veure individus aïllats. Associat a aquesta plaga en tres dels hivernacles es va observar un parasitisme important.

En el cultiu de tardor-hivern del 1992-1993, concretament entre el desembre i el març, només es va trobar pugó en un hivernacle. Es van anar observant petits

focus de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) i *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), però en cap cas va ser necessari recomanar un tractament insecticida.

Per tant el pugó, durant aquestes dues campanyes, va ser una plaga secundària d'escassa importància i no va ser precis aplicar cap mesura per al seu control. En altres zones i per altres cicles de cultiu s'han de fer tractaments en tomaqueres d'hivernacle per evitar danys per pugó. En els hivernacles de la costa catalana i Menorca, per exemple, quan s'aplica el programa de control integrat de plagues en el tomàquet de primavera, entre un 18 i un 75% dels hivernacles (depenent dels anys) necessiten al menys un tractament localitzat amb pirimicarb (Albajes *et al.* 1994).

1.3.4. Malalties

1.3.4.1. Virosis

Dues virosis van tenir rellevància en els hivernacles en que es va fer el seguiment: el TSWV o virus del bronzejat del tomàquet i el TYLCV o virus del rissat groc del tomàquet. En la taula 1.13 es recullen les incidències màximes

Taula 1.13. Incidència màxima del TSWV i TYLCV en els hivernacles en què s'ha fet el seguiment. El número de plantes observades en cada mostreig va oscil·lar entre 195 i 400.

Campanya	hivernacle	% plantes amb TSWV	% plantes amb TYLCV
1991-1992	H-1.1	6,0	-
	H-1.2	<1,0	-
	H-1.3	<1,0	-
	H-1.4	1,5	-
	H-1.5	<1,0	-
1992-1993	H-2.1	2,1	1,9
	H-2.2	16,0	41,5
	H-2.3	8,3	31,0
	H-2.4	1,5	0,8
	H-2.5	0,0	0,0

enregistrades en cadascun dels hivernacles, estimades a partir de la presència de símptomes.

La incidència de TSWV (virus transmès per *F. occidentalis*) durant la primera campanya va ser força baixa i el percentatge de plantes amb símptomes va oscil·lar entre menys de l'1% fins el 6%. El cultiu de l'any següent va ser més dispar pel que fa a aquesta malaltia d'origen víric. Mentre que en l'hivernacle H-2.5 no es va observar cap planta amb símptomes d'aquesta virosi, en l'H-2.2 va tenir una incidència de fins el 16% de les plantes. La repercussió econòmica d'aquesta malaltia és important ja que una planta infectada pot perdre més del 90% de la producció, principalment perquè els fruits produïts no són comercialitzables (J. Aramburu, J. Arnó, J. Riudavets, A. Laviña i E. Moriones dades no publicades).

El TYLCV és un virus transmès per *B. tabaci* i que no estava present a Espanya fins a la tardor del 1992. La primera cita correspon a Moriones *et al.* (1993) sobre cultius de tomàquet de Múrcia i Almeria. La seva incidència va ser important únicament en dos hivernacles, H-2.2 i H-2.3. Aquests hivernacles van patir una colonització molt ràpida i important de la mosca blanca, bàsicament *B. tabaci*.

La repercussió en la collita d'aquesta virosi és força variable i depèn de l'estat fenològic de la planta en el moment de la infecció. Per exemple Al-Musa (1982) va demostrar que, mentre plantes infectades 10 setmanes després de la sembra perdien el 63% de la collita, aquesta no es reduïa si la infecció tenia lloc 15 setmanes després de la sembra. Lacasa *et al.* (1996), a partir d'observacions realitzades entre les campanyes del 1993 i del 1997 a la zona de Múrcia, conclou que en cultius d'hivernacle la incidència mitjana es pot considerar baixa, entre l'1 i el 2%, tot i que els nivells d'infecció a final dels cultius són preocupants ja que són font d'inòcul pels conreus d'exterior amb els quals coincideixen durant un cert període de temps.

1.3.4.2. Malalties fúngiques

Dos fongs van causar problemes importants en el cultiu del tomàquet de tardor-hivern sota plàstic: *Botrytis cinerea* Pers. i *F. oxysporum*.

Van aparèixer símptomes de *Botrytis* en la pràctica totalitat dels hivernacles estudiats, tot i que la incidència va ser molt variable. El dany més important que va causar aquesta micosis es va produir quan la podridura afectava el tronc i, com a conseqüència, en la majoria dels casos, la planta moria. El percentatge de plantes afectades per *Botrytis* en tija va oscil·lar entre 0% (H-2.4) i el 24,5% (H-2.5). Es van aplicar entre un i set tractaments antibotritis per hivernacle (mitjana $3,4 \pm 0,7$) amb formulats a base de vinclozolina, iprodiona, procimidona (de vegades en pols i barrejada amb sofre cúpric), terbuconazole + diclofluanida i diethofencarb + carbendazim.

El fusari va aparèixer en set dels deu hivernacles. El percentatge de plantes amb símptomes d'aquesta malaltia vascular oscil·lava entre el 0,9% (H-2.5) i el 30% enregistrat en l'hivernacle H-1.4. Els danys associats a aquesta malaltia van ser importants perquè el *Fusarium* arriba a produir la mort de la planta.

D'altra banda, es van observar taques d'oïdi en fulles en set dels deu hivernacles. Tanmateix aquest fong no va produir danys importants i el nombre de tractaments per hivernacle va ser variable, entre zero i dos (mitjana $0,7 \pm 0,3$). Les matèries actives utilitzades per al seu control van ser penconazol, triadimenol, nuarimol i sofre cúpric.

1.3.5. Discussió general

En el cultiu de tomàquet de tardor-hivern sota plàstic a la zona de Múrcia i Alacant *T. vaporariorum* i *B. tabaci* són les plagues principals, i *Liriomyza* spp., *H. armigera* i *A. lycopersici* les secundàries. Ocasionalment n'apareixen d'altres com lepidòpters defoliadors, *S. exigua*, aranya roja, *F. occidentalis* i pugons però

els danys directes que produeixen al conreu són escassos si no nuls. La importància de *F. occidentalis* deriva però, no tant de la seva condició de plaga, sinó de la seva capacitat de transmetre el TSWV. Aquest espectre de plagues és molt similar al que descriu Montserrat (1994) pel mateix cicle de cultiu en hivernacles de la mateixa Regió de Múrcia. Aquest autor, però, considera que *B. tabaci* no ocasiona danys al cultiu ja que les poblacions enregistrades són petites i es donen només en les primeres fases del cultiu.

Els aleuròdids són una de les plagues més importants que afecten els hivernacles de tomàquet a la Mediterrània, però les espècies presents no són les mateixes arreu. *T. vaporariorum* és l'única espècie que afecta les tomaqueres de Catalunya i Menorca (Albajes *et al.* 1994), de la zona nord d'Itàlia (Bennuzi i Nicoli 1993) i de bona part de França (Trottin-Caudal i Millot 1994), mentre que *B. tabaci* és la principal plaga d'aquest conreu a Israel (Berlinger i Dahan 1989, Berlinger *et al.* 1996). A part de Múrcia i Alacant, existeixen altres zones on es troben poblacions barrejades de les dues espècies de mosca blanca com, per exemple, Almeria (Moreno *et al.* 1993), el sud d'Itàlia (Bennuzi i Nicoli 1993) i de França (Trottin-Caudal i Millot 1994), Algèria (Benmessaoud-Boukhalfa 1991), Grècia peninsular (Argyriour 1987) i Creta (Kirk *et al.* 1993).

La interacció entre aquestes espècies d'aleuròdids en tomaquera es desconeix. Entre d'altres, no s'ha estudiat la distribució vertical conjunta de les dues espècies, un aspecte imprescindible pel disseny d'un pla de mostreig en el si d'un programa de control integrat de plagues. Atès que *E. formosa* no controla poblacions barrejades de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en el tomàquet de tardor-hivern (apartat 1.3.1.4), una altra qüestió pendent és l'elecció d'un enemic natural comú a ambdues espècies de mosca blanca que permeti el seu control tot i les elevades infestacions inicials de mosca blanca que succeeixen immediatament després del trasplantament.

En una situació d'alts nivells de plaga i nombroses plagues secundàries, típica de la zona mediterrània (Lenteren *et al.* 1992), unes pràctiques culturals correctes

són una de les bases principals per a l'èxit dels programes de control integrat de plagues (Alomar *et al.* 1989). Durant els dos anys de seguiment, sovint es va observar com el maneig del conreu interferia negativament en el pla de protecció. Per exemple, les males herbes al voltant dels hivernacles i la manca d'un període sense cultiu va produir colonitzacions molt primerenques, les males herbes de dins de l'hivernacle van servir de focus d'infestació d'aranya roja, els desfullats van retirar part dels parasitoids (*E. formosa* i/o *Di. isaea*) instal·lats en el conreu dificultant per tant el control biològic de les plagues corresponents i l'abandó de l'esporga va afavorir l'immigració d'adults de mosca blanca atrets pels brots tendres. L'adequació del maneig del cultiu als interessos del control de plagues pot ser, de ben segur, un punt de partida important per implementar un programa de control integrat de plagues.

1.4. Conclusions

1. Els aleuròdids *T. vaporariorum* i *B. tabaci* són les principal plagues que afecten el conreu de tomaquera de tardor-hivern sota plàstic al sud-est espanyol. Els adults d'aquestes mosques blanques colonitzen els hivernacles de forma molt primerenca bàsicament a partir de les obertures laterals.
2. La quantitat de larves d'aleuròdid per folíol (avaluada amb un índex d'abundància) està positivament relacionada amb el percentatge de folíols ocupats. També hi ha una relació positiva entre el percentatge de plantes amb negreta en fulla i/o fruit i l'abundància de larva acumulada (nivell d'insectes-dia acumulats). Amb valors de nivell d'insectes-dia acumulats inferiors a 20, rarament apareix negreta en fulla, i amb valors menors de 40 mai s'observa negreta en fruit.



3. En el tomàquet de tardor-hivern al sud-est espanyol, la composició d'espècies de mosca blanca varia en el decurs del cultiu. *B. tabaci* és l'espècie majoritària a la tardor, després del trasplantament, i *T. vaporariorum* ho és a la primavera, quan el cultiu finalitza.
4. Les alliberacions realitzades, seguint una estratègia inoculativa del parasitoid *E. formosa*, no controlen les poblacions barrejades de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en cultiu de tomaqueres de tardor-hivern sota plàstic.
5. En aquest mateix cicle de cultiu, la fauna útil associada a *T. vaporariorum* i *B. tabaci* ha estat escassa, tan pel que fa a la varietat d'espècies trobades com a la seva abundància.
6. Els agromíctids, *L. trifolii* i *L. bryoniae*, són plagues secundàries en tomàquet protegit de tardor-hivern i presenten nivells d'infestació molt variable. En alguns casos, el control exercit pels parasitoids autòctons del gènere *Diglyphus* és suficient per controlar la plaga.
7. L'àcar *A. lycopersici* i el lepidòpter *H. armigera* són altres plagues secundàries d'aquest cultiu i sovint s'han de prendre mesures per al seu control. Ocasionalment també és necessari tractar per controlar *S. exigua* i *C. chalcites*.
8. El trips *F. occidentalis*, l'àcar *Te. urticae* i els pugons *Ma. euphorbiae* i *Ap. gossypii* són plagues d'escassa importància en les tomaqueres sota plàstic de tardor-hivern en el sud-est espanyol.

CAPÍTOL 2

Distribució vertical de *Trialeurodes vaporariorum* i *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en tomaquera i implicacions en la presa de mostres

2.1. Introducció

Les mosques blanques són plagues de gran impacte econòmic. D'entre totes les espècies d'aleuròdids que han estat citades en cultius hortícoles, només *T. vaporariorum* i *B. tabaci* produeixen danys de consideració en cultius d'hivernacle (Lenteren *et al.* 1992). Com ha quedat demostrat en el capítol 1 d'aquesta tesi, aquestes dues espècies són les plagues principals del tomàquet de tardor-hivern sota plàstic al sud-est espanyol.

En la tomaquera els danys més importants produïts per la mosca blanca s'han associat tradicionalment a la producció de melassa sobre la qual es desenvolupa la negreta. Els fruits que resulten tacats han de netejar-se abans de posar-los a la venda i la negreta que cobreix les fulles redueix la funció clorofíl·lica tot produint el debilitament de la planta. Aquest debilitament s'afegeix al que produeixen les larves i els adults en alimentar-se de la saba del floema i consumir nutrients que en altres condicions la planta hauria aprofitat per al seu creixement. Els resultats de Johnson *et al.* (1992) indiquen que, en certes condicions, les densitats de *T. vaporariorum* que produeixen pèrdua de collita són inferiors a les que produeixen danys estètics en els fruits. *B. tabaci*, a més, pot produir desordres en la maduració del tomàquet (Schuster *et al.* 1990) i és vector de certs virus, com el TYLCV (Brunt 1986). Sovint, el que més preocupa als productors són els danys associats a les malalties víriques transmeses per *B. tabaci* (Schuster *et al.* 1996). Brown (1994), en una ampla revisió del paper de *B. tabaci* com a plaga i com a vector, indica que els danys causats per aquestes malalties poden xifrar-se en una reducció de la collita de fins el 80%. La mateixa autora assenyala que la possibilitat d'eliminar completament el vector per controlar aquestes virosis no és

practicable, donada l'elevada virulència de *B. tabaci* biotipus "B" i al fet que fins i tot poblacions molt baixes poden produir pèrdues notables de collita.

La importància econòmica d'aquestes dues plagues fa necessari adoptar estratègies de control que evitin els danys que produeixen als cultius. L'actual tendència de reducció en l'ús de pesticides, implica que qualsevol sistema de control inclogui plans de mostratge per a determinar el nivell de plaga present. Els resultats obtinguts en aquestes avaluacions i els llindars d'intervenció són els paràmetres en què es basa la presa de decisions.

Un primer punt que cal considerar en un programa de presa de mostres és definir l'estadi que interessa mostrejar. Les larves de mosca blanca són probablement el millor indicador del dany que causa la plaga i en base a elles s'ha establert la majoria dels llindars de danys en tomàquet (Hussey i Scopes 1977, Hussey *et al.* 1969 i Johnson *et al.* 1992). Però els recomptes de larves són difícils i laboriosos. En el cas de poblacions barrejades de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*, la separació entre les dues espècies és difícil en els primers estadis larvaris, tanmateix la seva aparença es va diferenciant amb el temps. Així, a finals del tercer estadi, les vores de la larva de *T. vaporariorum* comencen a elevar-se i a formar l'estructura en forma de palissada o muralla característica del gènere *Trialeurodes* (Gill 1990).

En el cas dels adults, a més dels recomptes directes, existeixen mètodes de mostratge basats en la utilització de trampes enganxoses i aspiradors, entre d'altres. Els mètodes de recompte directe es veuen afectats per la mobilitat dels adults que poden conduir a avaluacions menys acurades (Butler *et al.* 1986), i la relació de les captures en trampes o amb aspirador amb la població total d'adults de mosca blanca no està encara prou clara (Natwick *et al.* 1996). A més, els adults de les dues espècies són molt similars. Per això, quan *T. vaporariorum* i *B. tabaci* es troben mesclades és molt difícil obtenir estimacions d'abundància per cadascuna de les espècies. Les diferències es concreten bàsicament en la mida més petita de *B. tabaci* i les vores de les ales divergents per *T. vaporariorum* i

paral·leles per *B. tabaci*, segons resumeixen Benuzzi *et al.* (1990b). Els ous, segons aquests mateixos autors, que són indistingibles recent posats, són fàcils de separar quan maduren ja que canvien de color: de blanc a negre per a *T. vaporariorum* i a groc ataronjat per a *B. tabaci*. Alguns autors han establert líndars econòmics de danys en cotó per *B. tabaci* basats en recomptes d'ous (Naranjo *et al.* 1996).

En cas de poblacions barrejades de mosca blanca, els ous proporcionen estimacions prou primerenques de l'establiment dels adults en el cultiu i informació de la composició d'espècies que, en cas d'aplicar control biològic, permet l'elecció de l'enemic natural més idoni. Si s'utilitzen pesticides, la creixent especificitat dels compostos insecticides i la capacitat de les mosques blanques de produir resistències (Dittrich *et al.* 1990) fa imprescindible conèixer, no només l'abundància sinó també les espècies presents en el cultiu. Alguns insecticides reguladors del creixement, com el buprofezín, són particularment actius sobre els primers estadis de mosca blanca (Yasui *et al.* 1985) i, per tant, l'estimació d'ous pot proporcionar-nos informació útil per a la planificació dels tractaments.

Un altre punt essencial per a establir un programa de presa de mostres és el coneixement de la distribució horitzontal i vertical de la plaga. En els hivernacles, la distribució horitzontal de les mosques blanques s'inicia a partir d'uns primers focus de colonització en els quals es produeix la generació de reproducció que dispersa la plaga pel conreu (Eggenkamp *et al.* 1982, Noldus *et al.* 1986b i Martin *et al.* 1991). Aquests primers focus poden provenir de planters infestats, immigració d'adults des de l'exterior i males herbes o restes de cultiu (Alomar *et al.* 1989). La distribució vertical dels aleuròdids a dins de la planta és conseqüència de la interacció entre el comportament d'ovoposició de les femelles, la molt reduïda mobilitat dels estadis juvenils i el creixement de la planta. Lenteren i Noldus (1990) revisen els factors que afecten la selecció del lloc de posta i que són principalment l'edat de la fulla, la presència i abundància de tricomes, el gruix de la cutícula, la distància entre aquesta i el feix de vasos del floema, les condicions climàtiques, la presència de repel·lents, la qualitat

nutritiva de la fulla (determinada entre d'altres pel contingut en nitrogen i sucres i el pH), la fototaxis, la geotaxis, la posició dorsal de l'anus i el que aquests autors denominen factors biòtics o capacitat de la femella per seleccionar fulles amb una esperança de vida major que la durada del desenvolupament de la seva descendència immòbil.

La distribució vertical de poblacions barrejades de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en hortícoles ha estat escassament estudiada. Únicament Vacante *et al.* (1994) han estudiat la dinàmica de la població de les dues espècies de mosca blanca en hivernacles d'albergínia aportant algunes dades respecte a la seva distribució a dins de la planta. El coneixement de la distribució vertical dels adults, dels ous i de les larves de les dues espècies resulta imprescindible per poder mostrejar conjuntament ambdues plagues.

2.1.1. Objectius

L'objectiu general del present capítol és el de conèixer la distribució vertical de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en tomaquera, per tal d'establir una unitat de mostratge que permeti avaluar una població barrejada de les dues espècies d'aleuròdids en cultiu de tomàquet. Els objectius concrets plantejats són els següents:

- (1). Determinar la distribució vertical en tomaquera dels adults i dels ous de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* per separat i quan es troben barrejades;
- (2). Determinar la distribució vertical dels ous i de les larves de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en cultiu de tomàquet de tardor-hivern en hivernacles sense calefacció quan aquestes dues espècies estan mesclades;
- (3). Definir la millor unitat de mostratge que permeti una avaluació conjunta de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en tomaquera.

2.2. Material i Mètodes

2.2.1. Distribució vertical dels adults i dels ous de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en tomaquera en un assaig de semicamp

L'experiment va fer-se en un hivernacle de vidre multicapella situat al Centre de l'IRTA, a Cabrils (Barcelona), durant el mes de maig de 1994. En aquest hivernacle, i damunt de les banquetes de cultiu, es van construir amb perfils de ferro tres gàbies de 173 x 126 cm² de base i 116 cm d'alçada. Les gàbies es van cobrir amb Agryl®, una manta de polipropilè no teixit de color blanc. En cadascuna es van col·locar 10 tomaqueres (cv. Carmelo) de 10 a 15 fulles plantades en testos de plàstic (Ø 16 cm) i entutorades amb una canya de bambú. Abans de començar l'experiment totes les plantes es van revisar per a assegurar que estaven netes d'ous, de larves i d'adults de mosca blanca. També se'ls hi van treure els poms de flor i els fruits. Com a fertilitzant es va aplicar Osmocote® Plus 15.11.13.2MgO (Scotts®).

En cada gàbia es va realitzar una de les següents infestacions:

- 1000 adults de *T. vaporariorum*
- 1000 adults de *B. tabaci*
- 500 adults de *T. vaporariorum* i 500 de *B. tabaci* (infestació amb Mescla)

Amb aquestes tres infestacions van quedar definits quatre tractaments de mosca blanca:

- *T. vaporariorum*-tv: *T. vaporariorum* en el tractament en què està sola
- *B. tabaci*-bt: *B. tabaci* en el tractament en què està sola
- *T. vaporariorum*-M: *T. vaporariorum* en el tractament barrejada amb *B. tabaci*
- *B. tabaci*-M: *B. tabaci* en el tractament barrejada amb *T. vaporariorum*

Els adults utilitzats en aquest experiment procedien de les cries que es mantenen a l'IRTA de Cabrils i eren d'edat desconeguda. *T. vaporariorum* s'havia criat en hivernacle sobre plantes de tabac (cv. Brazilian Blend) i *B. tabaci* sobre col (cv. Asa de Cántaro) en cambra climàtica a 22°C i fotoperíode de 16 hores de llum i 8 hores de fosc (16L:8F). La cria de *B. tabaci* es va iniciar l'any 1992 amb material de camp recol·lectat en tomaqueres d'hivernacle a Múrcia. La determinació del biotipus de *B. tabaci* (Dr. Perring i Dr. Bartlett) és igual a la descrita en l'apartat 1.3.1.3.

Els adults de mosca blanca es van recollir amb l'ajut d'un aspirador de boca. Per a realitzar les infestacions, cada recipient, amb 100 individus cadascun, es va clavar superficialment en un test obrint l'extrem superior per on van sortir els adults.

Durant els set dies que va durar l'experiment, la mitjana de les temperatures màximes va ser de $32,3 \pm 0,5$ °C i la de les mínimes de $16,4 \pm 0,4$ °C. La humitat relativa (HR) arribava al 100% durant la nit i la mitjana de les HR mínimes va ser de $47,25\% \pm 3,4$. El fotoperíode corresponent al mes de maig a la latitud de Cabrils és de 14L:10F.

A les 24 hores, 48 hores i 7 dies després d'haver alliberat la mosca blanca, es va comptar el nombre d'adults de cada espècie present en cadascuna de les fulles. Un cop fet el recompte d'adults corresponent als set dies de cada fulla es van tallar tres folíols. Sota binocular es van comptar el nombre d'ous de *T. vaporariorum* (ous negres) i de *B. tabaci* (ous groc-ataronjats) en cada folíol. No es van tenir en compte els ous acabats de pondre (ous blancs) ja que podien pertànyer a ambdues espècies. També es va obtenir la superfície de cadascun dels folíols amb un planímetre marca LI-COR model LI-3000.

Per cada fulla i cada espècie de mosca blanca s'ha calculat la mitjana d'ous per folíol a partir dels recomptes dels tres folíols. Amb les dades d'adults per fulla obtingudes en els recomptes a les 24 i 48 hores i als 7 dies i, amb les dades

d'ous per folioli, s'ha calculat la localització mitjana dels ous i dels adults de cada espècie a dins de la planta segons la fórmula utilitzada per Perring *et al.* (1987):

$$L_m = \frac{\sum l_i \cdot m_i}{\sum m_i}$$

en la qual L_m és la localització mitjana de la fulla o posició mitjana dels individus a dins de la planta, l_i és el nivell de la fulla ($i = 1, 2, 3, \dots, n$; essent 1 la fulla més propera a l'àpex de la planta), m_i és el nombre d'adults o d'ous trobats en la corresponent fulla. S'ha calculat també el percentatge d'adults (sense tenir en compte les plantes en què el número d'adults era inferior a 15) i d'ous de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* presents en cada fulla respecte al total d'adults i d'ous d'aquella espècie en el conjunt de la planta. Ni en els càlculs de la localització mitjana, ni en els càlculs del percentatge d'adults en cada fulla, no s'han tingut en compte aquelles plantes en què faltava el recompte d'alguna de les fulles.

La localització mitjana dels ous i dels adults s'ha analitzat per separat amb una anàlisi de la variància (ANOVA) (Statgraphics 1989) pels factors temps i tractament de mosca blanca. La separació de mitjanes per cadascun dels factors s'ha fet per separat ($P=0,05$), calculant la fórmula del test de Tukey amb la variància de l'error de l'ANOVA global. La localització mitjana dels adults, set dies després de la infestació, i dels ous, s'ha comparat amb un ANOVA (Statgraphics 1989) realitzat per cada tractament de mosca blanca per separat.

La proporció d'adults i d'ous de cada espècie en cada fulla s'ha analitzat amb una ANOVA (Statgraphics, 1989) pels factors tipus de mosca blanca i nivell de fulla. Prèviament les dades s'havien transformat per arcsinus $\sqrt{x/100}$ per a assolir l'homogeneïtat de les variàncies, essent x el percentatge d'adults o d'ous de cada espècie en cada fulla. Les mitjanes obtingudes pel nivell de mosca blanca s'han separat utilitzant el test Tukey ($P=0,05$).

2.2.2. Distribució vertical dels ous i de les larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en tomaqueres d'hivernacles comercials i implicacions en la presa de mostres

L'assaig es va dur a terme, durant la campanya del 1992-93 en els hivernacles H-2.1 i H-2.5 descrits en l'apartat 1.2.1. d'aquesta tesi. Les mostres es van prendre quinzenalment des del 8 d'octubre del 1992 fins al 10 de març del 1993 (12 dates de mostratge). En cada data es van seleccionar a l'atzar 30 plantes de cada hivernacle (8 de la zona perimetral i 22 del centre) cadascuna de les quals es va dividir en tres estrats: l'**alt** corresponent al terç superior de la planta, el **mig** corresponent al terç central i el **baix** o terç inferior de la planta. De cada planta i de cada estrat es va agafar un folíol. Tots els folíols d'un mateix estrat de cada hivernacle i cada data es van recollir junts.

Un cop al laboratori i sota binocular, es van comptar el nombre d'ous de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* i les larves de finals del tercer estadi, del quart estadi i les pupes (larves en el text) de les dues espècies per separat presents en cada folíol. La separació dels ous i de les larves es va fer a partir de les característiques resumides per Benuzzi *et al.* (1990b). També es va mesurar la superfície dels folíols amb un planímetre marca LI-COR model LI-3000.

2.2.2.1. Distribució vertical, definició i selecció de la unitat de mostratge

El nombre d'ous i larves de cada espècie per folíol presents en cada estrat s'ha analitzat setmana darrera setmana mitjançant una anàlisi de la variància no paramètrica segons el procediment de Kruskal-Wallis (Statgraphics 1989). En les dates en què s'han detectat diferències significatives entre les densitats d'individus en cada estrat, s'ha fet un test no paramètric de comparació múltiple tipus Tukey, substituint en el càlcul d'aquest test la diferència de mitjanes per la diferència de la mitjana de rangs (Zar 1984).

Per cada data, el percentatge d'ous i de larves de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* presents en els 30 folíols de cada estrat, s'ha calculat respecte al total d'individus d'aquell estadi i espècie presents en el total de folíols agafats d'un hivernacle. Les mostres en què en el conjunt dels 90 folíols es van trobar menys de 10 individus d'una combinació d'espècie i estadi, no s'han introduït en el procediment del càlcul corresponent.

El percentatge d'individus en cadascun dels estrats s'ha analitzat estadísticament pel conjunt de les dades amb una ANOVA (Statgraphics 1989) pels factors hivernacle i estrat. La separació de mitjanes pel factor estrat s'ha fet amb el test Tukey (P=0,05).

La selecció de l'estrat on s'hauria d'agafar la mostra s'ha fet d'acord amb l'abundància de la plaga, ja que la unitat de mostra que registra quantitats majors de plaga és, sovint, considerada com més efectiva (Zalom *et al.* 1993). En fer la selecció també s'ha tingut en compte la variabilitat de les mostres. Pedigo *et al.* (1972) van utilitzar la variació relativa (VR) per a comparar la variabilitat de les mostres obtingudes segons els diferents mètodes. En les mostres procedents dels dos estrats on les densitats d'ous i de larves de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* són més altes, s'ha calculat la seva VR segons la fórmula (Southwood 1978):

$$VR = 100 \cdot \frac{et}{X}$$

en la qual *et* és l'error típic de la mostra i *X* és la mitjana de les dades.

La variabilitat de les mostres agafades en cadascun dels estrats s'ha analitzat, pel conjunt dels dos hivernacles i per totes les dades, amb una ANOVA (Statgraphics, 1989). Les dades s'havien transformat prèviament per $\sqrt{x+0,5}$ per a assolir l'homogeneïtat de les variàncies, essent *x* la VR de cada mostra en tant per u. Les mitjanes corresponents a cada estrat es van separar amb un test Tukey (P=0,05).

2.2.2.2. Càlcul de la grandària de la mostra

El nombre de folíols necessaris per a obtenir una determinada precisió en el mostratge es va calcular amb la fórmula (Southwood 1978):

$$n = E^{-2} \cdot a \cdot x^{b-2}$$

en la qual n és el nombre de mostres necessàries, E és el nivell de precisió (en tant per u), x és la densitat de població en cada unitat de mostra i a i b són els índex d'agregació resultant de la llei de la potència de Taylor (Taylor 1961, 1971) que relaciona la mitjana (x) i la variància (s^2) mitjançant una regressió lineal després de transformar ambdues dades amb la funció logaritme.

$$\log s^2 = \log a + b \log x$$

2.2.2.3. Simplificació del processat de les mostres en el laboratori

Es van estudiar dues possibles simplificacions del processat de les dades en el laboratori que consistien en comptar els ous i les larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en un o dos cercles, d'1,15 cm de diàmetre, tallats a l'atzar de cada folíol. El recompte dels ous i de les larves es va fer amb els mateixos criteris que en l'apartat 2.2.2.1.

Els valors obtinguts en el primer cercle tallat de cada folíol s'han utilitzat per a l'anàlisi del primer mètode de simplificació. La mitjana dels dos cercles tallats de cada folíol són els valors utilitzats per a avaluar el segon mètode de simplificació.

S'ha estudiat la relació existent entre el recompte en el folíol total i el recompte en un o dos cercles mitjançant regressions lineals (Statgraphics 1989) per cada combinació d'estadi i espècie per separat i per cadascun dels estrats. El valor del recompte corresponent al folíol sencer ha entrat en el model com a variable

independent i el recompte obtingut en un o dos cercles s'ha considerat la variable dependent.

El nombre de mostres necessàries per les unitats de mostra "un cercle per folíol" i "dos cercles per folíol" s'ha calculat, a continuació, segons les fórmules de l'apartat 2.2.2.2.

S'ha calculat, també, el temps necessari per a poder realitzar l'estimació d'ous i de larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en les diferents unitats de mostra i pels diferents mètodes de processat de les mostres. El càlcul de temps (T) s'ha fet segons la fórmula:

$$T_{total} = T_{recollida} + T_{processat}$$

El **temps de recollida** dels folíols en un hivernacle es va avaluar per dos supòsits: recollir 30 o 90 folíols d'un únic estrat en un hivernacle de 5400 m². Es va fer un total de sis repeticions, tres per cada nombre de folíols. El **temps de processat** de folíols sencers en comptar ous de mosca blanca, es va avaluar per mostres de 30 folíols en un total de 12 repeticions. En cada repetició les densitats mitjanes oscil·laven entre 3 i 175 ous (*T. vaporariorum*+*B. tabaci*) per folíol. En el cas de les larves comptades sota binocular es van realitzar quatre repeticions amb densitats mitjanes d'entre 1,6 i 9,1 larves (*T. vaporariorum*+*B. tabaci*) per folíol. En aquests mateixos folíols es va avaluar el temps necessari per a fer el recompte sense l'ajut del binocular, és a dir a ull nu. D'altra banda, es va estimar el temps necessari per a tallar 60 cercles (dos cercles per folíol) i fer el recompte d'ous de cada espècie de mosca blanca en cadascun dels cercles. Es van fer un total de nou repeticions amb densitats mitjanes que oscil·laven entre 0,2 i 30,3 ous per cercle.

2.3. Resultats i Discussió

2.3.1. Distribució vertical dels adults i dels ous de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en tomaquera en un assaig de semicamp

El percentatge d'adults de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* presents en cada fulla en cadascun dels quatre tractaments i en els tres controls realitzats, s'ha representat en la figura 2.1. En els controls a les 24 i 48 hores el nombre total d'adults sobre les 10 plantes de cada gàbia era major que 750, i als set dies oscil·lava entre 455 i 632. En les infestacions amb una única espècie de mosca blanca, la contaminació detectada per adults de l'altra espècie ha estat sempre inferior al 2,5%. En la infestació Mescla la mitjana del percentatge de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* present en cada planta (n=10) ha estat respectivament de 61,3 i 38,7% en el recompte de les 24 hores, de 49,8 i 50,2% en el recompte a les 48 hores i de 40,8 i 59,2% als set dies. Totes les plantes van ser colonitzades per les dues espècies de mosca blanca.

La localització mitjana dels adults de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en la tomaquera (mitjana del nivell de fulla ocupat per cadascun dels individus a dins de la planta) s'ha estudiat en els tres controls efectuats a les 24 i 48 hores i als set dies després d'alliberats els adults (taula 2.1). L'ANOVA va posar de manifest diferències significatives pel factor temps ($F=76,66$, g.l.=2;109, $P<0,001$) i pel factor mosca blanca ($F=5,44$, g.l.=3;109, $P=0,002$) i una interacció significativa entre aquests dos factors ($F=5,10$, g.l.=6;109, $P<0,001$). A continuació es va fer la separació de mitjanes fixant cadascun dels factors per separat i utilitzant el test de Tukey amb la variància de l'error de l'ANOVA global.

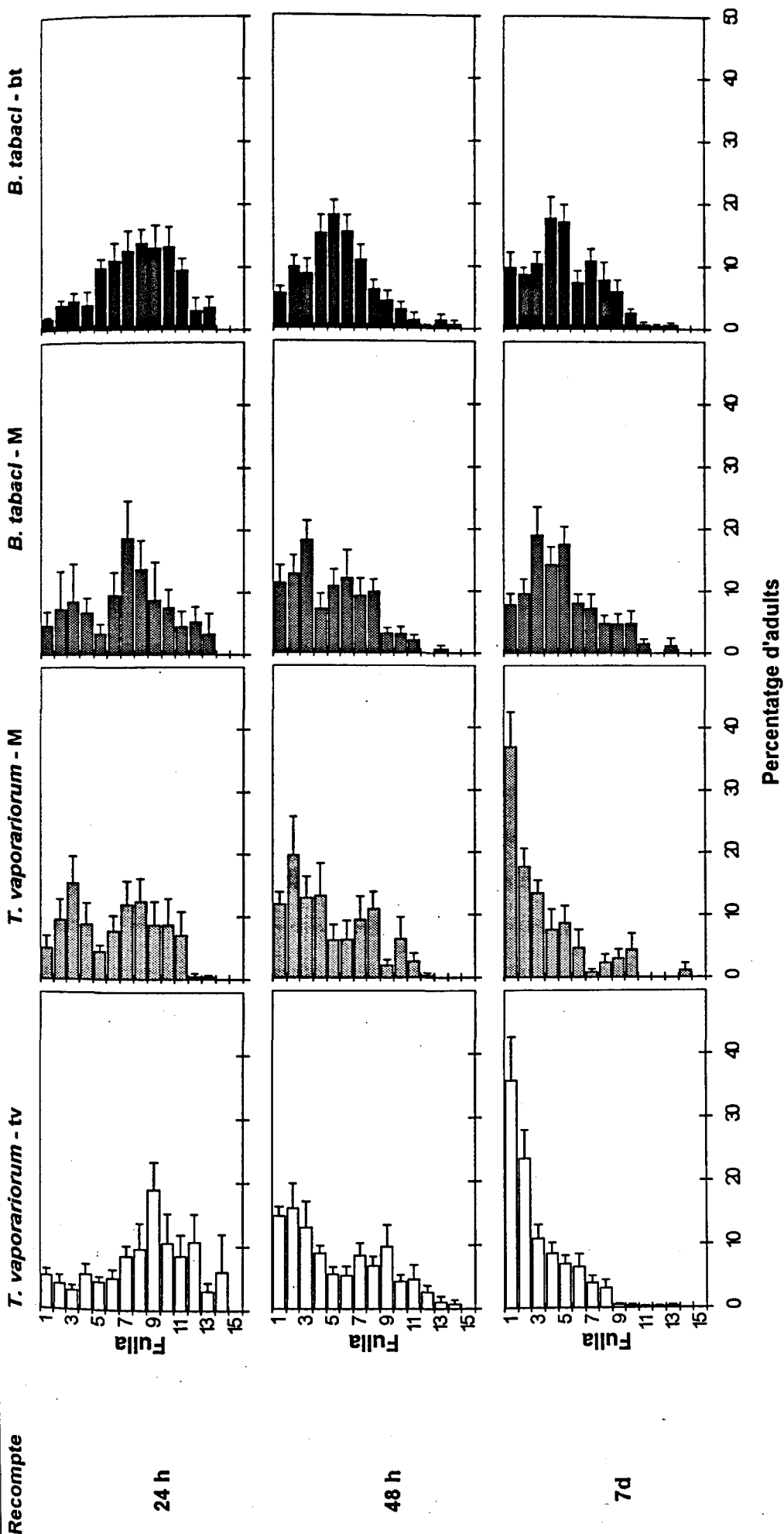


Figura 2.1. Percentatge (mitjana \pm error típic) d'adults de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* present en cada fulla respecte al total d'adults de cada espècie trobats en cada planta en els tractaments en que cadascuna de les espècies de mosca blanca està sola (*T. vaporariorum* - tv i *B. tabaci* - bt) o les dues espècies estan barrejades (*T. vaporariorum* - M i *B. tabaci* - M). La fulla 1 és la més jove. El número de plantes per tractament oscil·la entre 8 i 10. El número de fulles per nivell oscil·la entre 3 i 10.

Taula 2.1. Localització mitjana de la fulla (\pm error típic) on es troben els adults de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en la tomaquera en els tres controls realitzats. El nombre de repeticions oscil·la entre 8 i 10.

Mosca blanca ⁽¹⁾	número de fulla					
	24 hores (a) (b)		48 hores (a) (b)		7 dies (a) (b)	
<i>T. vaporariorum</i> - tv	8,2 \pm 0,42	a A	5,2 \pm 0,47	a B	2,8 \pm 0,17	b C
<i>T. vaporariorum</i> - M	6,1 \pm 0,48	b A	4,7 \pm 0,53	a B	3,2 \pm 0,31	b C
<i>B. tabaci</i> - M	6,7 \pm 0,67	ab A	4,8 \pm 0,26	a B	4,8 \pm 0,17	a B
<i>B. tabaci</i> - bt	7,4 \pm 0,31	ab A	5,2 \pm 0,29	a B	4,9 \pm 0,22	a B

(1) *T. vaporariorum* - tv: *T. vaporariorum* sola; *T. vaporariorum* - M: *T. vaporariorum* en el tractament Mescla; *B. tabaci* - M: *B. tabaci* en el tractament Mescla; *B. tabaci* - bt: *B. tabaci* sola.

(a) En cada columna els valors seguits per diferents lletres (minúscules) són significativament diferents ($P < 0,05$, prova Tukey).

(b) En cada fila els valors seguits per diferents lletres (majúscules) són significativament diferents ($P < 0,05$, prova Tukey).

Com s'observa a mida que passa el temps, la localització mitjana va variant per tots els tractaments de mosca blanca i tendeix cap a valors més baixos, és a dir les mosques es van atansant a l'àpex de la planta. La localització mitjana dels adults de *B. tabaci* no varia significativament entre les 48 hores i els 7 dies, tant en el tractament en què estan sols com en el que estan barrejats amb *T. vaporariorum*. En canvi, els adults d'aquesta darrera espècie modifiquen significativament la seva localització mitjana en aquest mateix període.

En el recompte fet a les 24 hores de la infestació, els valors més alts de la localització mitjana a dins de la planta, corresponen als adults del tractament *T. vaporariorum*-tv i els valors més baixos als del tractament *T. vaporariorum*-M. Els adults de *B. tabaci* dels dos tractaments se situen en posicions intermèdies. En el recompte fet a les 48 hores no existeixen diferències en la localització mitjana dels adults de cap dels quatre tractaments de mosca blanca. En canvi, en el recompte efectuat set dies després d'haver alliberat els adults, la localització mitjana dels adults de *T. vaporariorum* és significativament menor que la dels adults de *B. tabaci*. Per tant, els adults de *T. vaporariorum* se situen en una posició més propera a l'àpex que els de

B. tabaci. No existeixen diferències significatives en la localització mitjana dels adults de *T. vaporariorum* entre el tractament en què aquesta mosca blanca està sola i el tractament en què està barrejada amb *B. tabaci*. Tampoc la localització mitjana d'aquesta darrera espècie varia pel fet de trobar-se mesclada amb *T. vaporariorum*.

En el control realitzat als set dies, l'ANOVA de la proporció d'adults presents en cada fulla detecta interacció significativa entre els factors mosca blanca i fulla pels tractaments *T. vaporariorum*-tv i *B. tabaci*-bt ($F=7,55$, g.l.=13;266, $P<0,001$) fet que indica que la distribució vertical d'aquestes dues espècies a dins de la planta de tomàquet és diferent. L'ANOVA de la proporció d'adults de *T. vaporariorum* en cada fulla en els tractaments *T. vaporariorum*-tv i *T. vaporariorum*-M dona una interacció no significativa entre els factors mosca blanca i fulla ($F=1,15$, g.l.=13;256, $P=0,323$). L'ANOVA no resulta significativa pel factor mosca blanca ($F=0,41$, g.l.=1;256, $P=0,531$) mentre sí que ho és pel factor fulla ($F=39,37$ g.l.=13;256, $P<0,001$). Tampoc hi ha interacció significativa entre els factors mosca blanca i fulla en l'ANOVA de la proporció d'adults de *B. tabaci* en cada fulla ($F=0,89$, g.l.=13;245, $P=0,563$). En aquesta anàlisi el factor mosca blanca és no significatiu ($F=0,32$, g.l.=1;245, $P=0,581$) i el factor fulla és significatiu ($F=21,43$, g.l.=13;245, $P<0,001$). Per tant, i a les densitats a què s'ha fet l'assaig, ni els adults de *T. vaporariorum* ni els de *B. tabaci* modifiquen la seva distribució vertical a dins de la tomaquera pel fet d'estar barrejades en una mateixa planta.

En la figura 2.2 s'ha representat la proporció d'adults de *T. vaporariorum* (plantes dels tractaments *T. vaporariorum*-tv i *T. vaporariorum*-M) i *B. tabaci* (plantes dels tractaments *B. tabaci*-bt i *B. tabaci*-M) en cada fulla. Com s'observa *T. vaporariorum* té una tendència molt marcada a situar-se a la part apical de la planta, mentre que els adults de *B. tabaci* tendeixen a repartir-se més per tota la planta i són les fulles tercera, quarta i cinquena les que hostatgen un percentatge més elevat de la població.

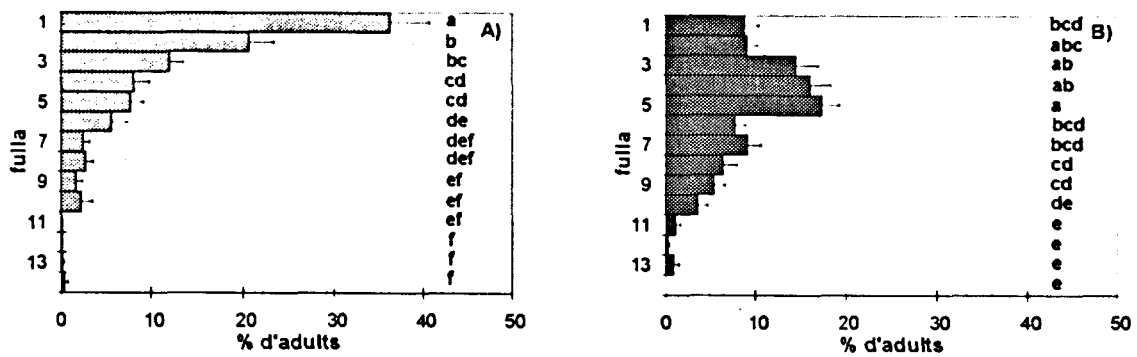


Figura 2.2. Distribució vertical dels adults de *T. vaporariorum* (A) i *B. tabaci* (B) 7 dies després de la infestació (mitjanes dels percentatges d'adults en cada fulla ± errors típics). Les lletres indiquen la separació de mitjanes segons la prova Tukey (P=0,05) de les dades transformades ($\arcsinus \sqrt{x/100}$).

La localització mitjana dels ous a dins de la tomaquera es resumeix en la taula 2.2. Aquestes dades indiquen que els ous de *T. vaporariorum* se situen en fulles significativament més joves que els de *B. tabaci* (F=18,27, g.l.=3;39, P<0,001). D'altra banda no s'observen diferències significatives entre la localització mitjana dels ous d'una espècie de mosca blanca, estigui o no barrejada amb l'altra espècie d'aleuròdid.

Taula 2.2. Localització mitjana de la fulla (± error típic) on es troben els ous de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en la tomaquera.

Mosca blanca ⁽¹⁾	número de fulla ^(a)
<i>T. vaporariorum</i> - tv	2,5 ± 0,13 b
<i>T. vaporariorum</i> - M	2,8 ± 0,20 b
<i>B. tabaci</i> - M	4,3 ± 0,19 a
<i>B. tabaci</i> - bt	4,6 ± 0,39 a

(1) *T. vaporariorum* - tv: *T. vaporariorum* sola; *T. vaporariorum* - M: *T. vaporariorum* en el tractament Mescla; *B. tabaci* - M: *B. tabaci* en el tractament Mescla; *B. tabaci* - bt: *B. tabaci* sola
(a) Els valors seguits per lletres diferents són significativament diferents (P<0,05, prova Tukey)

L'ANOVA de la proporció d'ous presents en cada fulla en els tractaments *T. vaporariorum*-tv i *B. tabaci*-bt pels factors mosca blanca i fulla, detecta una interacció significativa entre els dos factors ($F=13,81$, g.l.= 13;268, $P<0,001$) i, per tant, la distribució vertical dels ous de mosca blanca a dins de la tomaquera no és igual per aquestes dues espècies. En l'ANOVA del percentatge d'ous de *T. vaporariorum* per fulla en els tractaments *T. vaporariorum*-tv i *T. vaporariorum*-M, no existeix interacció significativa entre els factors mosca blanca i fulla ($F=0,81$, g.l.=13;269, $P=0,647$). El factor mosca blanca no és significatiu ($F=0,04$, g.l.=1;269, $P=0,852$), mentre que sí que ho és el factor fulla ($F=79,49$, g.l.= 13;269, $P<0,001$). L'ANOVA del percentatge d'ous de *B. tabaci* per fulla en els tractaments *B. tabaci*-bt i *B. tabaci*-M no ha detectat interacció significativa entre els factors mosca blanca i fulla ($F=0,93$, g.l.=13;258, $P=0,522$). Tampoc és significatiu el factor mosca blanca ($F=0,07$, g.l.=1;258, $P=0,799$), però sí que ho és el factor fulla ($F=30,87$, g.l.=13;258, $P<0,001$).

En la figura 2.3. s'ha representat la distribució vertical dels ous de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* a dins de la tomaquera.

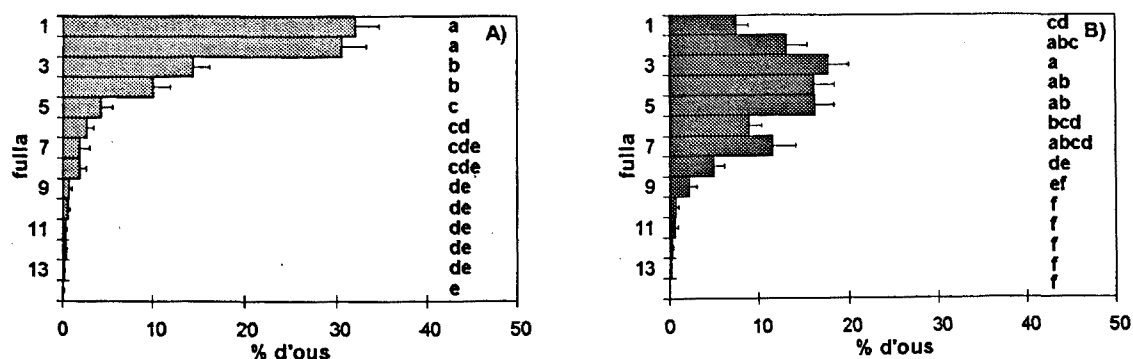


Figura 2.3. Distribució vertical dels ous de *T. vaporariorum* (A) i *B. tabaci* (B) (mitjanes dels percentatges d'ous en cada fulla \pm errors típics). Les lletres indiquen la separació de mitjanes de les dades transformades ($\arcsinus \sqrt{x/100}$) segons la prova Tukey ($P=0,05$).

Les ANOVA comparant les localitzacions mitjanes dels adults als set dies de la infestació i dels ous, no han trobat diferències significatives per cap dels quatre tractaments de mosca blanca definits en el present experiment: *T. vaporariorum*-tv ($F=2,05$, g.l.=1;19, $P=0,169$), *T. vaporariorum*-M ($F=0,86$, g.l.=1;18, $P=0,377$), *B. tabaci*-M ($F=4,43$, g.l.=1;18, $P=0,051$) i *B. tabaci*-bt ($F=0,54$, g.l.=1;19, $P=0,482$). Això indica que, per cada espècie, la posició a dins de la planta dels adults i dels ous coincideixen.

En l'assaig presentat en aquest apartat, els valors obtinguts de la localització mitjana dels adults són, en tots els casos, més alts (corresponents per tant, a fulles més velles) a les 24 hores que als 7 dies. Això està possiblement influït pel disseny experimental ja que els adults, d'edat desconeguda, s'alliberaven des de la base de la planta. En aquest experiment es produeix un moviment ascendent similar al que realitzen els adults recent emergits cap a les fulles més joves i que ha estat descrit per Noldus *et al.* (1985). Els adults de *B. tabaci* ja presenten una posició estable a dins de la planta en el recompte realitzat a les 48 hores (28 hores de llum). En aquest temps s'han mogut des de la base de la planta, aproximadament fulla 14, fins a la fulla 5. L'estabilització es produeix abans que en l'experiment d'Onillon *et al.* (1994) en què a les 48 hores d'alliberats, els adults no havien arribat a la seva posició definitiva. L'estabilització també és primerenca si es compara amb els resultats de Gerling i Lindenbaum (1991). Segons aquests autors els adults de *B. tabaci* triguen aproximadament 36 hores de llum en arribar a la fulla apical de la planta de cotó des que abandonen la fulla 9 on han emergit. La diferència de temps observada entre aquest darrer experiment i el descrit en el present treball pot atribuir-se a les distintes edats dels adults utilitzats (desconeguda i no homogènia en el present assaig), ja que l'experiència escurça el temps que l'adult esmerça en provar el substrat i decidir si abandona la fulla o si s'hi queda (Noldus *et al.* 1986a).

A les 28 hores de llum els adults de *T. vaporariorum* no presenten una posició estabilitzada a dins de la planta, tot i que els resultats de Noldus *et al.* (1985)

indiquen que només calen 31 hores des que *T. vaporariorum* abandona la fulla en què ha emergit per arribar a la seva posició definitiva. En l'experiment d'aquests autors, però, les mosques blanques es movien des de la fulla 8 (la d'emergència) fins a la 2,5, mentre que en el present assaig s'han mogut des de la base de la planta fins la fulla 3, remuntant aproximadament 11 fulles. Aquesta diferència en el nombre de fulles podria explicar que, en el control realitzat a les 48 hores, la població de *T. vaporariorum* no estigués encara en la seva localització definitiva a dins de la planta. La posició dels adults de *T. vaporariorum* als set dies podem considerar-la com a definitiva ja que s'han superat amb escreix les 31 hores de llum.

A les densitats estudiades, la localització mitjana definitiva s'assoleix en el mateix temps per una determinada espècie, estigui o no barrejada amb l'altre aleuròdid, suggerint que el moviment ascendent dels adults a dins de la planta no es veu pertorbat per la presència de la segona espècie de mosca blanca.

Dels resultats presentats es desprèn que la distribució vertical dels ous de les dues espècies de mosca blanca és un clar reflex de la posició dels adults, conseqüència de què les femelles de mosca blanca s'alimenten en les mateixes fulles on té lloc l'ovoposició (Lenteren i Noldus 1990). Per tant, la selecció del lloc on fer la posta sorgeix del compromís, no només de l'ovoposició pròpiament dita i la qualitat del substrat per a mantenir la descendència (Thompson 1988), sinó també de la capacitat nutritiva d'aquest mateix substrat per a l'alimentació de les femelles.

El 69% dels adults i un 76% dels ous de *T. vaporariorum* es concentren en les tres fulles apicals (figures 2.2 i 2.3). Un cop establitzada la població, la localització mitjana dels adults i dels ous d'aquesta espècie a dins de la planta se situa al voltant de la fulla 3. Aquesta distribució és similar a la descrita per altres autors. Noldus *et al.* (1985) observen una forta concentració dels adults en les tres fulles de l'àpex de la tomaquera (fins un 100%) i situen la localització mitjana dels adults en la fulla 2,5. Onillon *et al.* (1989) troben que

la posició dels adults de mosca blanca segueix el creixement de la planta de tomaquera amb els adults situats majorment en les fulles altes. També en alberginiera, els resultats d'Onillon *et al.* (1976) reflecteixen una clara preferència dels adults de *T. vaporariorum* per les fulles més joves (80% dels adults en les tres fulles apicals).

La posició de *B. tabaci* a dins de la planta, comparat amb la de *T. vaporariorum*, és més baixa i se situa aproximadament en la fulla número 5, tant pels adults com pels ous. Els resultats d'altres autors confirmen les dades presentades en aquest treball. Segons Ohnesorge *et al.* (1980), tot i que les femelles d'aquest aleuròdid prefereixen fulles joves per fer la posta, aquestes fulles han d'haver assolit un determinat grau de maduresa (diferent segons l'edat de la planta) abans de ser acceptades per l'ovoposició. La mateixa tendència s'observa en els resultats d'Onillon *et al.* (1994), que demostren que els adults de *B. tabaci* escullen per l'ovoposició fulles madures situades al centre de la planta, fins i tot quan les plantes són joves, com és en el cas del present assaig. També *B. argentifolii* és més abundant en fulles joves però madures de certes hortícoles, com patatera i favera, però aquesta distribució no pot generalitzar-se ja que depèn de l'hoste vegetal (Zalom *et al.* 1995).

La preferència de *B. tabaci* per fulles més baixes a dins de la planta, podria estar relacionada amb l'existència de microclimes més protegits on la humitat relativa no és tan extremadament baixa ni la temperatura tan alta. Cohen *et al.* (1992) van determinar que, si es compara amb altres insectes adaptats a zones àrides, *B. tabaci* té una elevada taxa de pèrdua d'aigua a altes temperatures ($\approx 40^{\circ}\text{C}$). L'adaptació a les condicions àrides, en què ha sobreviscut tradicionalment la plaga, pot haver-la portat a ocupar aquestes posicions més favorables des del punt de vista climàtic.

La distribució conjunta de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en una mateixa planta ha estat objecte de pocs treballs. En alberginiera, Vacante *et al.* (1994) observen que *T. vaporariorum* està atreta per les fulles més joves, mentre que *B. tabaci*

accepta fulles més madures. Per tant, els resultats d'aquests autors, com els d'aquesta tesi, coincideixen amb la bibliografia existent sobre la distribució vertical de cadascuna de les dues espècies de mosca blanca per separat.

La competència interespecífica és molt freqüent en el cas dels homòpters. Algunes característiques de la seva biologia, com l'elevada taxa de creixement, l'agregació, la immobilitat que pateixen durant gran part del seu cicle i el fet de compartir uns recursos comuns (la saba del floema), fan que sigui un grup especialment afectat per aquest tipus d'interacció (Denno *et al.* 1995). Els resultats de la distribució vertical de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* obtinguts en el present treball suggereixen que, l'existència d'una segona espècie d'aleuròdid no modifica la selecció del lloc d'alimentació i posta. El fet que en el tractament Mescla totes les plantes i nombroses fulles estiguin colonitzades per adults de les dues espècies i també els ous es trobin barrejats, fa pensar que no existeix cap repel·lent que impedeixi la colonització, l'alimentació i l'ovoposició. Liu *et al.* (1994) van observar, però, que la distribució dels adults a dins de la fulla sí que s'altera quan són presents les dues espècies. A densitats baixes els adults s'escampen uniformement per la fulla, mentre que, a densitats més altes, els individus d'una mateixa espècie tendeixen a agrupar-se. Aquest fenomen no el van observar en les larves, i és per això que cal pensar que les larves mòbils dels primers estadis no eviten barrejar-se. Els resultats d'aquests autors demostren que entre *T. vaporariorum* i *B. tabaci* existeix competència, essent la planta hoste la que determina el domini d'una espècie sobre l'altra. Així per exemple, en dues o tres generacions *T. vaporariorum* desplaça *B. tabaci* en mongeta, mentre que en ponsètia és *B. tabaci* la que desplaça *T. vaporariorum*. Els autors creuen que el desplaçament de l'espècie subordinada està relacionat amb una disminució de l'alimentació o la posta, un increment de la mortalitat preimaginal o combinacions d'aquests i, potser, altres factors en la planta hoste desfavorable. L'exclusió d'una espècie per l'altra ha estat provada en altres parelles d'aleuròdids com *Dialeurodes citri* (Ashmead) i *Parabemisia myricae* (Kuwana) en els cítrics a Turquia (Uygun *et al.* 1990).

2.3.2. Distribució vertical dels ous i de les larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en tomaqueres d'hivernacles comercials i implicacions en la presa de mostres

2.3.2.1. Distribució vertical, definició i selecció de la unitat de mostratge

En les figures 2.4, 2.5, 2.6 i 2.7 s'han representat les densitats d'ous i de larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* durant el període de mostratge. Per cada data, s'indiquen els resultats dels test de comparació de les densitats enregistrades en els tres estrats.

En ambdós hivernacles, les densitats d'ous de *T. vaporariorum* per folíol van estar clarament superiors a les d'ous de *B. tabaci* per folíol. Els resultats dels test de comparació de les densitats indiquen que, durant tot el període i en els dos hivernacles (H-2.1 i H-2.5), els ous de *T. vaporariorum* es van concentrar majorment en l'estrat alt amb una presència important en el terç del mig de la planta, mentre que les densitats més elevades d'ous de *B. tabaci* es van detectar en la part central de la tomaquera. A partir de principis de desembre, en l'hivernacle H-2.1, i de finals del mateix mes en l'H-2.5, les densitats d'ous de *B. tabaci* enregistrades varen ser nul·les o molt petites. En els dos hivernacles i durant tot el cicle de cultiu, les larves de finals del tercer estadi, del quart estadi i les pupes de les dues espècies van ser significativament més abundants en l'estrat baix. La densitat de larves de *T. vaporariorum* en els folíols del terç inferior de la planta es va mantenir notablement constant al llarg del temps. En canvi, les densitats més altes de *B. tabaci* es van registrar, en els dos hivernacles, a principis de campanya i van anar davallant clarament a mida que avançava el cultiu.

La superfície dels folíols de cada estrat (figura 2.8) es va mantenir força constant durant tot el període de mostreig i en els dos hivernacles, tot i que l'H-2.5 estava fenològicament més avançat en haver-se trasplantat 11 dies abans. La mateixa varietat (cv. Daniela) utilitzada en els dos hivernacles va contribuir, possiblement, a aquesta uniformitat. La superfície mitjana dels folíols durant la campanya pel

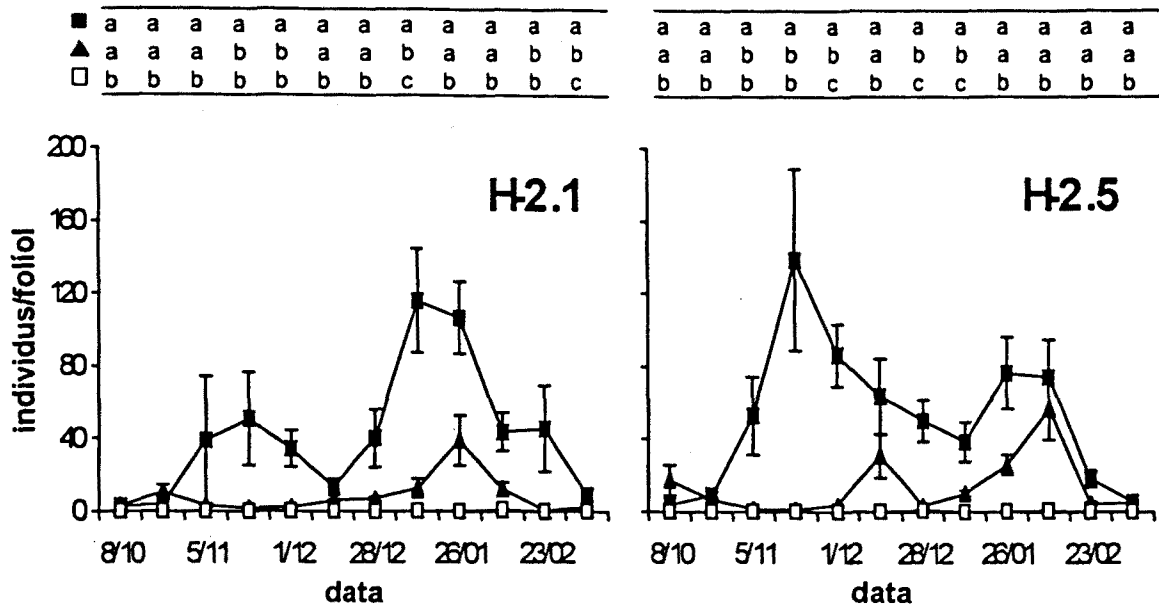


Figura 2.4: Evolució de la població d'ous de *T. vaporariorum* (mitjanes \pm errors típics) en els hivernacles H-2.1 i H-2.5 i per cadascun dels estrats definits: alt (■), mig (▲) i baix (□). En la part superior del gràfic es presenta el resultat del test de comparació múltiple basat en la diferència de mitjana de rangs (Zar 1984).

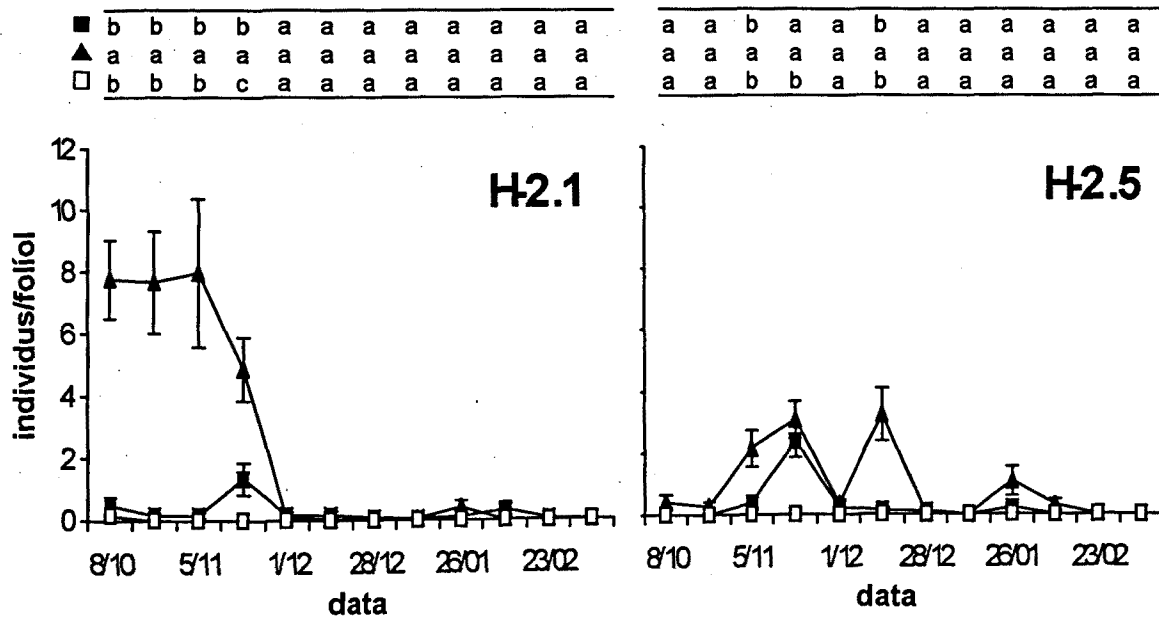


Figura 2.5: Evolució de la població d'ous de *B. tabaci* (mitjanes \pm errors típics) en els hivernacles H-2.1 i H-2.5 i per cadascun dels estrats definits: alt (■), mig (▲) i baix (□). En la part superior del gràfic es presenta el resultat del test de comparació múltiple basat en la diferència de mitjana de rangs (Zar 1984).

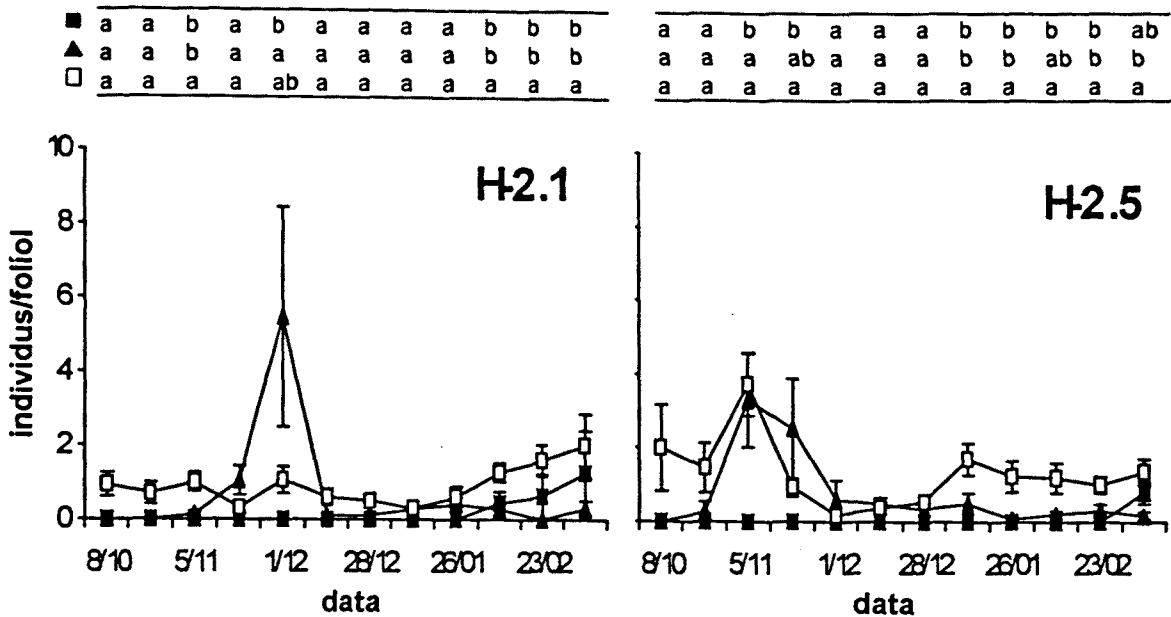


Figura 2.6: Evolució de la població de larves de *T. vaporariorum* (mitjanes ± errors típics) en els hivernacles H-2.1 i H-2.5 i per cadascun dels estrats definits: alt (■), mig (▲) i baix (□). En la part superior del gràfic es presenta el resultat del test de comparació múltiple basat en la diferència de mitjana de rangs (Zar 1984).

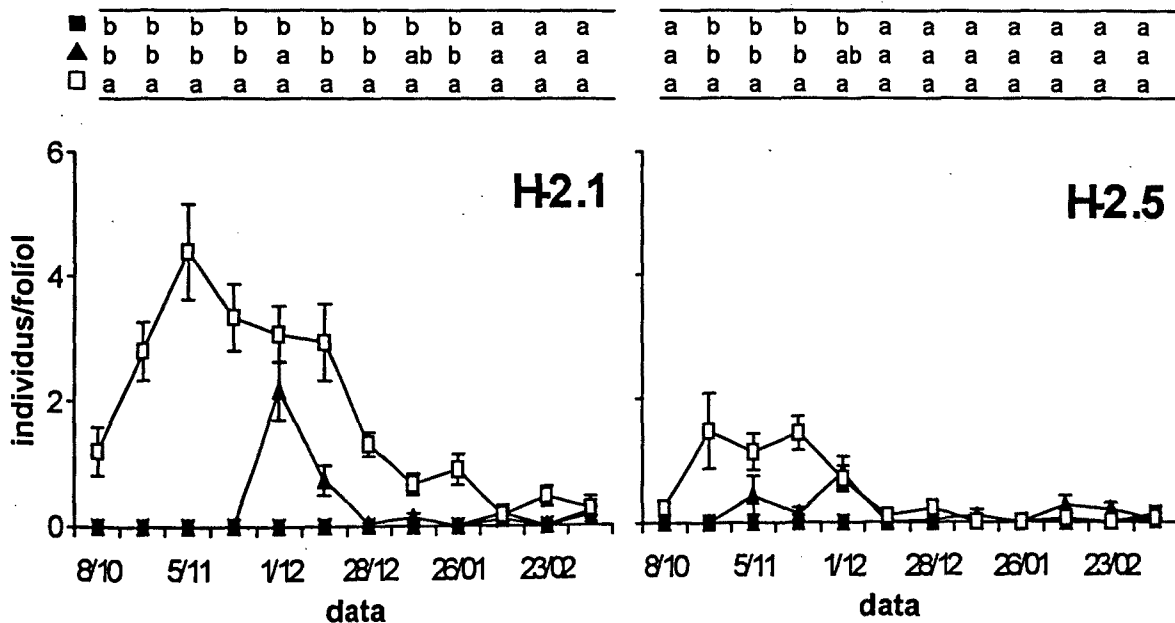


Figura 2.7: Evolució de la població de larves de *B. tabaci* (mitjanes ± errors típics) en els hivernacles H-2.1 i H-2.5 i per cadascun dels estrats definits: alt (■), mig (▲) i baix (□). En la part superior del gràfic es presenta el resultat del test de comparació múltiple basat en la diferència de mitjana de rangs (Zar 1984).



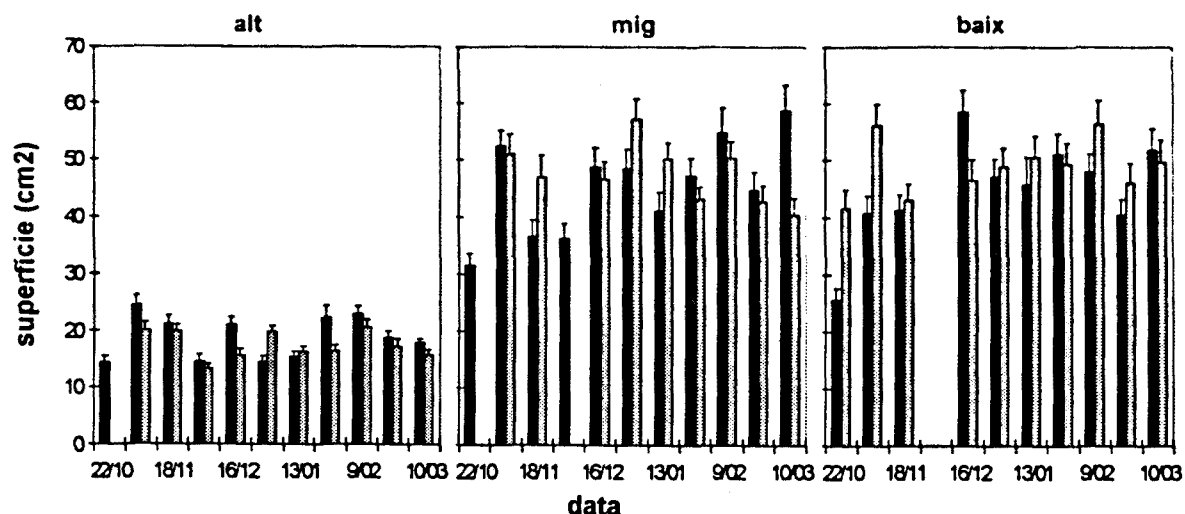


Figura 2.8. Superfície foliar dels folíols de cadascun dels estrats (mitjana \pm error típic). Les barres negres representen l'hivernacle H-2.1 i les grises l'hivernacle H-2.5.

conjunt dels dos hivernacles va ser $18,0 \pm 0,84 \text{ cm}^2$ ($n=11$) pels de l'estrat alt, $45,4 \pm 2,05 \text{ cm}^2$ ($n=11$) pels de l'estrat mig i $47,0 \pm 1,83 \text{ cm}^2$ ($n=10$) pels de l'estrat baix. La similitud en la superfície dels folíols de l'estrat mig i baix indica que, en l'estrat del mig les fulles ja havien arribat a la seva maduresa i no eren, per tant, fulles en creixement.

El percentatge d'individus present en cadascun dels estrats durant tot el seguiment (taula 2.3) s'ha analitzat amb una ANOVA pels factors hivernacle i

Taula 2.3. Percentatge d'individus en cadascun dels estrats (mitjana \pm error típic) al llarg de tot el període de mostratge.

Estrat	ous		larves	
	<i>T. vaporariorum</i> ($n=24$)	<i>B. tabaci</i> ($n=11$)	<i>T. vaporariorum</i> ($n=24$)	<i>B. tabaci</i> ($n=17$)
Alt	$75,0 \pm 4,65$ a	$15,6 \pm 4,61$ b	$5,0 \pm 2,38$ c	$3,3 \pm 2,35$ b
Mig	$24,7 \pm 4,62$ b	$84,2 \pm 4,57$ a	$28,9 \pm 5,62$ b	$18,7 \pm 5,75$ b
Baix	$0,3 \pm 0,13$ c	$0,2 \pm 0,18$ c	$66,3 \pm 5,27$ a	$78,0 \pm 6,63$ a

En cada columna les mitjanes seguides de la mateixa lletra no són significativament diferents ($P > 0,05$, test de Tukey)

estrat. En cap dels quatre casos s'ha detectat una interacció significativa entre aquests dos factors ($P > 0,05$) i també en tots els casos el factor hivernacle ha resultat no significatiu ($P > 0,05$). Les fulles del terç baix de la planta varen tenir significativament menys ous de les dues espècies que els altres dos estrats. Entre aquests, el percentatge d'ous de *T. vaporariorum* va ser significativament més gran a l'estrat alt ($F=98,28$, g.l.=2;71, $P < 0,001$), i el percentatge d'ous de *B. tabaci* va ser significativament més elevat a l'estrat del mig, ($F=142,45$, g.l.=2;32, $P < 0,001$). D'altra banda, les larves de les dues espècies es van situar majorment en l'estrat baix. En el cas de *T. vaporariorum*, l'estrat alt va tenir un percentatge significativament inferior de larves i el terç central de la planta va presentar un valor intermedi ($F=42,22$, g.l.=2;71, $P < 0,001$). El percentatge de larves de *B. tabaci* en l'estrat baix va ser significativament superior al dels altres dos estrats que no van presentar diferències significatives entre si ($F=60,20$, g.l.=2;50, $P < 0,001$).

La variació relativa ($100 \times \text{error típic/mitjana}$) del nombre d'individus per folíol s'ha calculat per les mostres dels dos estrats on es concentren els ous i les larves de mosca blanca. Les ANOVA de la variació relativa de la densitat d'ous de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* no han estat significatives pel factor estrat: ($F=1,20$, g.l.=1;47, $P=0,279$) i ($F=2,91$, g.l.=1;33, $P=0,098$) respectivament. En canvi, la variació relativa de les mostres de larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* va ser significativament més petita en l'estrat baix que en el mig: ($F=37,76$, g.l.=1;43, $P < 0,001$) i ($F=10,66$, g.l.=1;34, $P=0,003$) respectivament. En la taula 2.4 es recull

Taula 2.4. Variació relativa (mitjana \pm error típic) al llarg de totes les dades de mostratge. El nombre de repeticions oscil·la entre 14 i 24.

Estrat	ous		larves	
	<i>T. vaporariorum</i>	<i>B. tabaci</i>	<i>T. vaporariorum</i>	<i>B. tabaci</i>
Alt	33,9 \pm 3,27 a	66,8 \pm 6,03 a	-	-
Mig	29,5 \pm 1,98 a	51,4 \pm 7,51 a	62,7 \pm 4,58 a	66,2 \pm 7,30 a
Baix	-	-	34,6 \pm 2,05 b	37,7 \pm 5,46 b

En cada columna les mitjanes seguides d'una mateixa lletra no són significativament diferents ($P > 0,05$, test de Tukey de les dades transformades per $\sqrt{x/100 + 0,5}$)

el valor mitjà de les variacions relatives durant el temps en què s'han pres mostres i la separació de mitjanes corresponents al factor estrat.

La posició dels ous de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en plantes de tomaquera en un cultiu comercial de cicle de tardor-hivern, confirma els resultats de l'assaig de la distribució vertical dels ous d'aquests mateixos insectes en condicions de semicamp fet a la primavera (apartat 2.3.1.). *T. vaporariorum* realitza la posta en fulles més joves (estrat alt) que *B. tabaci*, que pon els ous en fulles més madures (estrat mig). Els resultats de Vacante *et al.* (1994) en estudiar la dinàmica d'una població de les dues espècies de mosca blanca en alberginiera, així com els de diversos autors (Onillon *et al.* 1976, Ohnesorge *et al.* 1980, Noldus *et al.* 1985, Onillon *et al.* 1989 i Onillon *et al.* 1994) que estudien la distribució de cada espècie per separat, apunten en aquest mateix sentit (vegeu la discussió de l'apartat 2.3.1.). La selecció del lloc de posta, la pràctica immobilitat dels estadis larvaris i el creixement de la tomaquera fan que les larves es trobin en posicions més baixes a dins de la planta.

Tot i aquesta coincidència en els resultats, la posició dels ous d'ambdues espècies de mosca blanca en les tomaqueres de l'assaig de camp està desplaçada cap a la base de la planta, si es compara amb la distribució dels ous en l'assaig de semicamp. En els hivernacles comercials estudiats, el 24% dels ous de *T. vaporariorum* i el 84% dels de *B. tabaci* es van trobar en l'estat del mig (taula 2.3), mentre que en l'assaig de distribució fet en gàbies, només el 8 i el 25% dels ous de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci*, respectivament, es van localitzar en el terç central de la planta. En l'estrat baix mai s'hi va comptar més de l'1% dels ous de qualsevol de les dues espècies. Aquestes diferències observades poden estar influïdes per les distintes condicions en què van créixer les plantes d'ambdós assaigs (condicions climàtiques, varietats, adobats, cultiu en test o en sacs, fenologia de les plantes, etc.). Les condicions climàtiques poden haver tingut un paper important, ja que l'assaig de semicamp es va fer a la primavera, mentre que l'assaig de camp es va fer durant la tardor i l'hivern. Els adults de mosca blanca quasi no es mouen durant les hores de foscor, i durant les hores de

llum l'activitat està afavorida per les altes temperatures. Això és cert tant per *T. vaporariorum* (Ekbon 1982 i Noldus *et al.* 1985) com per *B. tabaci* (Bellows *et al.* 1988). Per tant en el cultiu de tardor-hivern, el fotoperíode més curt i les temperatures més baixes poden haver reduït el moviment dels adults, produint-se una emigració més lenta des de la fulla d'emergència cap a l'àpex de la planta. Jauset (1990) ja indica que la preferència dels adults de *T. vaporariorum* per les fulles joves de tomaquera s'expressa en major grau quan les condicions de llum i de temperatura afavoreixen l'activitat dels adults.

Per a triar l'estrat on agafar la mostra, s'ha tingut en compte quin és el que hostatja major quantitat de plaga i, alhora, de quin s'obtenen mostres menys variables durant tot el període de cultiu. És a dir, en quin estrat coincideixen el percentatge d'individus més gran (taula 2.3) i la variació relativa més petita (taula 2.4).

El fet que els ous de les dues plagues estiguin majorment presents en estrats diferents, l'alt pels de *T. vaporariorum* i el mig pels de *B. tabaci*, dificulta l'elecció d'una unitat de mostratge que permeti una avaluació simultània dels ous d'ambdues espècies, desitjable segons Binns i Nyrop (1992) en el cas d'existir més d'una plaga. El criteri de la variabilitat no aporta, en el cas de les estimacions de les densitats d'ous d'aquests dos aleuròdids, elements que permetin l'elecció d'un únic estrat, donada la similar variació relativa de les mostres dels estrats alt i mig. Tant en el cas de les larves de *T. vaporariorum* com en el de les de *B. tabaci*, els dos criteris citats anteriorment coincideixen en assenyalar l'estrat baix com l'idoni per mostrejar les larves de les dues espècies de mosca blanca. En aquest estrat es concentren la major part de les larves presents a la planta i les mostres que d'ell procedeixen són les que presenten una menor variabilitat. També, en base al compromís entre aquests dos criteris, d'abundància i de variabilitat, Naranjo i Flint (1994) escullen la millor fulla on poder avaluar la població d'ous i de larves de *B. tabaci* en plantes de cotó. Alomar (1994) i Castañé *et al.* (1996b) segueixen procediments similars en triar

les millors unitats de mostratge per a avaluar les poblacions de mírids depredadors en tomaqueres.

El temps necessari per poder fer les estimacions amb un cert nivell de precisió és un factor important a l'hora de comparar unitats de mostratge (Binns i Nyrop 1992). Com que normalment el temps és un factor limitant, d'entre les possibles unitats de mostratge i els diferents mètodes per processar-les, cal escollir la combinació que resulti menys laboriosa i per tant més econòmica d'obtenir. El temps a invertir en el mostratge pot ser el tercer factor que permeti triar un únic estrat per fer l'avaluació conjunta del ous de les dues espècies.

2.3.2.2. Càlcul de la grandària de la mostra

El nombre de mostres necessàries per a poder estimar una població de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* s'ha calculat pels estrats alt i mig en el cas dels ous, i per l'estrat baix en el cas de les larves. Els paràmetres de la llei de la potència de Taylor obtinguts per a aquestes unitats de mostratge es presenten a la taula 2.5. Com s'observa, en tots els casos existeix una bona correlació entre les mitjanes i

Taula 2.5. Paràmetres de les regressions de la llei de la potència de Taylor per ous i larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* en tomaqueres d'hivernacle amb poblacions barrejades de les dues espècies.

Estadi	espècie	estrat	n	log a ± error típic ^(a)	a	b ± error típic ^(b)	r ²
ous	<i>T. vaporariorum</i>	alt	24	0,510 ± 0,227 *	3,236	1,967 ± 0,147 *	0,89
ous	<i>T. vaporariorum</i>	mig	24	0,401 ± 0,100 *	2,518	1,961 ± 0,108 *	0,94
ous	<i>B. tabaci</i>	alt	17	0,580 ± 0,070 *	3,802	1,328 ± 0,081 *	0,95
ous	<i>B. tabaci</i>	mig	17	0,629 ± 0,039 *	4,256	1,395 ± 0,045 *	0,98
larves	<i>T. vaporariorum</i>	baix	24	0,508 ± 0,050 *	3,221	1,765 ± 0,162 *	0,84
larves	<i>B. tabaci</i>	baix	21	0,340 ± 0,046 *	2,188	1,176 ± 0,079 *	0,92

(a) Els valors seguit d'un asterisc són significativament diferents de 0 (P<0,05, prova t de Student)

(b) Els valors seguit d'un asterisc són significativament diferents d'1 (P<0,05, prova t de Student)

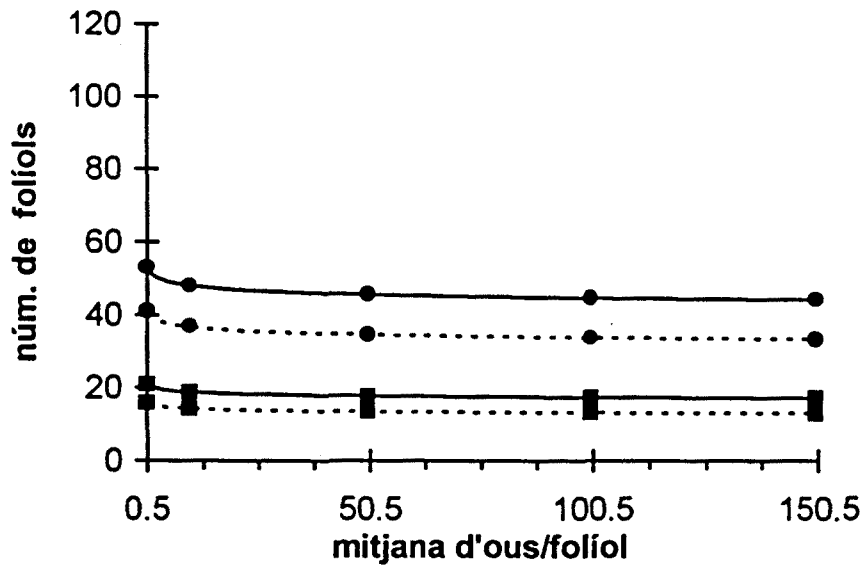


Figura 2.9. Nombre de folíols necessaris per avaluar la densitat d'ous de *T. vaporariorum* amb un nivell de precisió del 25% (●) o del 40% (■). La línia contínua representa l'estrat de dalt i la discontinua l'estrat del mig.

les variàncies ($r^2 > 0,84$). Els valors del paràmetre "b" són sempre significativament més grans d'u. Per a cada estadi són majors els corresponents a *T. vaporariorum* que els calculats per *B. tabaci* i, dins de cada espècie són més alts pels ous que per les larves. També els valors d' "a" són més grans d'u (al ser "log a" significativament major que zero).

En la figura 2.9 s'ha representat el nombre de folíols necessaris per a avaluar densitats d'entre 0,5 i 150 ous de *T. vaporariorum* per folíol. S'observa que la grandària de la mostra és força constant i que resulta més avantatjós agafar la mostra en el terç mig de la planta ja que, per un mateix nivell de precisió (25% o 40%), la mida de la mostra és menor.

El nombre de folíols que cal agafar per a estimar densitats entre 0,5 i 10 ous de *B. tabaci* per folíol s'ha reproduït en la figura 2.10. En aquest cas, la grandària de la mostra varia notablement amb la densitat a avaluar. D'altra banda, per a cada densitat, el nombre de mostres és similar tant si els folíols es prenen de l'estrat alt com de l'estrat mig, encara que en el primer és lleugerament inferior.

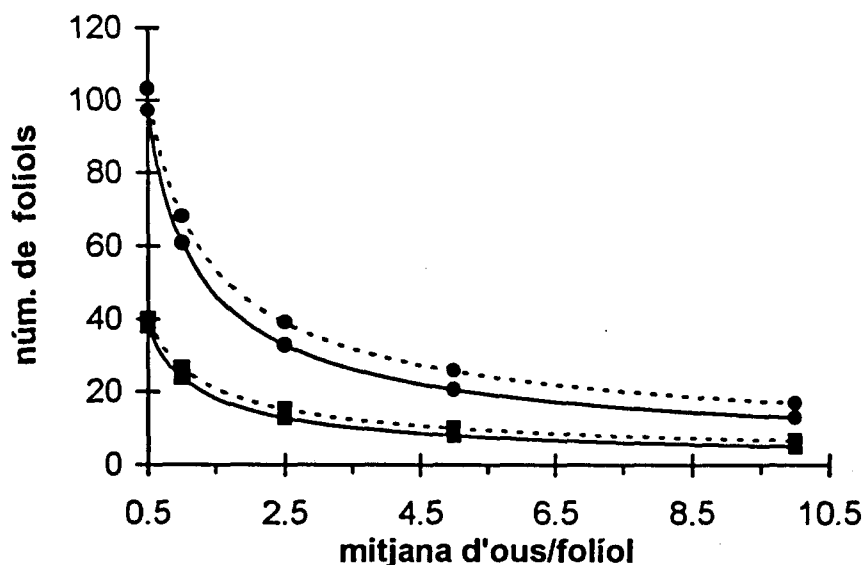


Figura 2.10. Nombre de folíols necessaris per a avaluar la densitat d'ous de *B. tabaci* amb un nivell de precisió del 25% (●) o del 40% (■). La línia contínua representa l'estrat de dalt i la discontinua l'estrat del mig.

El número de folíols necessari per a avaluar una densitat d'ous entre 0,5 i 10 ous per folíol de *T. vaporariorum* o de *B. tabaci*, quan aquestes dues espècies estan barrejades en un hivernacle de tomaqueres, pot deduir-se de la figura 2.11. És interessant notar que, en la major part de l'interval estudiat, la grandària de la mostra és major quan l'objectiu del mostratge és el d'avaluar la densitat d'ous de *T. vaporariorum*.

La figura 2.12 recull la mida de mostra necessària per a avaluar, en l'estrat baix, densitats de larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* entre 0,5 i 10 larves per folíol. També en aquest cas s'observa que la mida de mostra és més constant en el cas de *T. vaporariorum* que en el cas de *B. tabaci*. En el rang de densitats estudiat i per un determinat nivell de precisió, el nombre de mostres necessàries per a avaluar la densitat de larves de *T. vaporariorum* és superior al necessari per a avaluar la densitat de larves de *B. tabaci*.

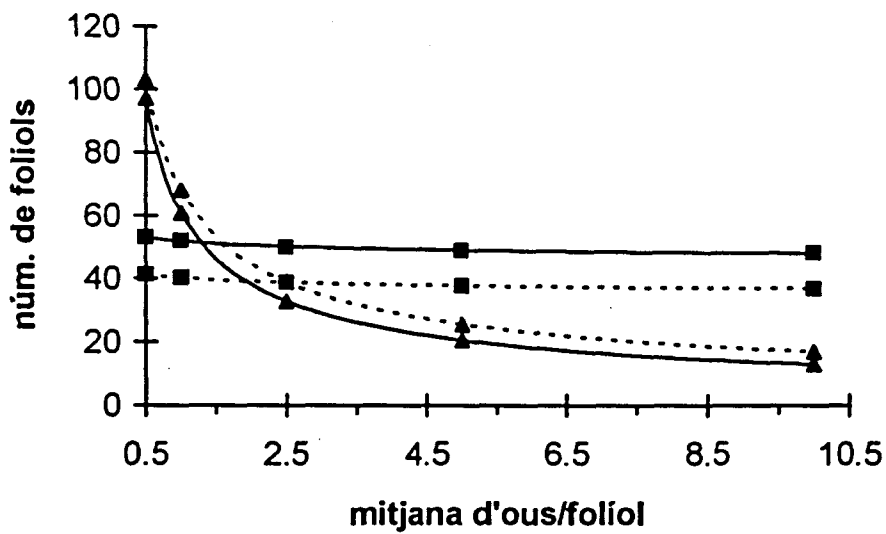


Figura 2.11. Comparació de la mida de mostra necessària per a avaluar la densitat d'ous de *T. vaporariorum* (■) i de *B. tabaci* (▲) amb un nivell de precisió del 25%. La línia contínua representa l'estrat de dalt i la discontinú l'estrat del mig.

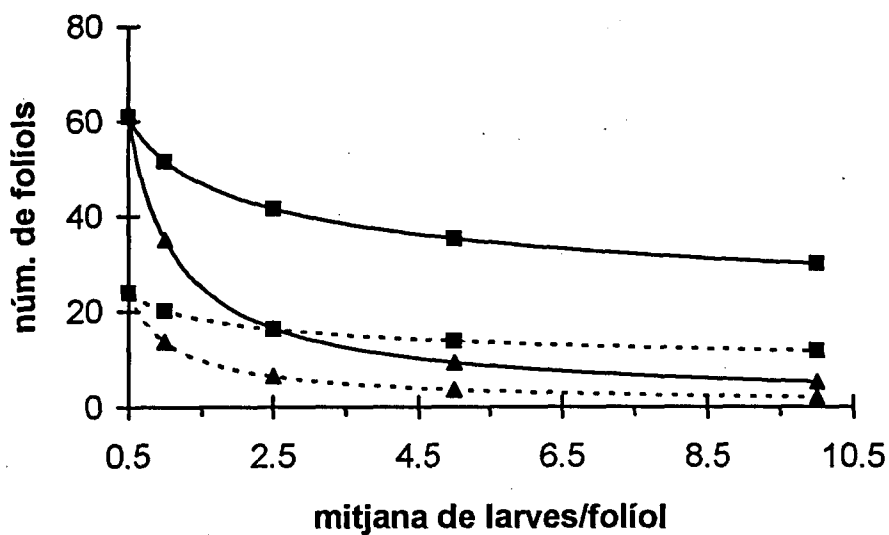


Figura 2.12. Nombre de foliols necessaris per a avaluar la densitat de larves de *T. vaporariorum* (■) i de *B. tabaci* (▲) en l'estrat baix de la tomaquera amb un nivell de precisió del 25% (línia contínua) o del 40% (línia discontinú).

Els valors obtinguts dels paràmetres "a" i "b" de la llei de la potència de Taylor (sempre >1) indiquen que tant els ous com les larves de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci* tenen una distribució entre plantes agregada. Segons Wilson (1985), "b" >1 indica poblacions agregades excepte si les "a" corresponents són molt inferiors a u.

Els índex d'agregació per ous ("b" $\approx 2,0$) i per larves ("b" $\approx 1,8$) de *T. vaporariorum* trobats en el present treball coincideixen amb els 1,9 i 2,0, respectivament, trobats per Liu *et al.* (1993) per aquesta mosca blanca en crisantem i ponsètia. En canvi, pel que fa a ous i larves de *B. tabaci*, els valors de la pendent "b", entre 1,3 i 1,4 per ous i 1,2 per larves, són més baixos que els citats a la bibliografia. Així Liu *et al.* (1993) indiquen que "b" $\approx 2,0$ per ous i larves en ponsètia, Naranjo i Flint (1994) troben que el valor de "b" varia entre 1,6 i 1,9 per ous i larves en cotó (depenent de si la unitat de mostratge és la fulla sencera, un sector de la fulla o bé un cercle del limbe), i Tonhasca *et al.* (1994) donen valors de "b" d'1,6 i 1,9 pels ous (depenent de la posició de la fulla on es faci l'avaluació) i d'1,0 i 1,8 per les larves en meló. Les diferents plantes hoste i les condicions de cultiu són, possiblement la causa d'aquestes diferències en la distribució de *B. tabaci* a dins del conreu. D'altra banda, Noldus *et al.* (1986b), en estudiar l'agregació de les pupes, parasitades o no per *E. formosa*, en un hivernacle de tomàquet utilitzant la llei de la potència de Taylor, no varen trobar bona correlació entre les mitjanes i les variàncies. Els mateixos autors ho adjudiquen al petit nombre de mostres utilitzades en la regressió i a l'extremadament baix rang de densitats que presentaven les mostres (màxim de 0,3 pupes per planta).

Els valors més elevats de "b" per ous que per larves, trobats en el present treball, poden ser conseqüència de la mortalitat larvària i del moviment del primer estadi, factors que tendeixen a disminuir l'agregació tal com proposa Xu (1985) a partir de l'estudi de la distribució dels diferents estadis de *T. vaporariorum* en fulla de mongeta. També Tonhasca *et al.* (1994) troben valors de "b" més baixos per les larves de *B. tabaci* que pels ous de la mateixa espècie, mentre que ni els resultats de Liu *et al.* (1993) i ni els de Naranjo i Flint (1994) suggereixen aquesta

tendència. En el cas dels darrers autors, això pot ser conseqüència de què avaluen simultàniament tots els estadis larvaris.

La grandària de la mostra, en l'interval de densitats enregistrat en el seguiment, és més fixa per *T. vaporariorum* que per *B. tabaci*. Aquest fet, particularment evident en el cas dels ous, és conseqüència dels valors pròxims a 2,0 de les "b" calculades per la primera espècie. Cal notar que si "b"=2 la mida de la mostra resulta independent de la densitat. Així, per a avaluar densitats entre 1 i 1000 ous o larves per fulla en cotó ("b"=1,9), el nombre de mostres necessari només varia entre cinc i set fulles (Naranjo i Flint 1994).

La conveniència de realitzar un mostratge simultani de les dues plagues fa que, en el cas de poblacions barrejades, el nombre de mostres necessari a cada densitat vingui definit per aquella espècie que en requereixi un nombre més elevat i, per tant, amb una distribució més variable (Binns i Nyrop 1992). Seguint aquest criteri, en el cas dels ous de mosca blanca mescla de *T. vaporariorum* i de *B. tabaci*, la grandària de la mostra ve dictada a densitats inferiors a 2,5 per l'avaluació de *B. tabaci* i a densitats superiors per *T. vaporariorum* (figura 2.11). Per a avaluar la densitat de larves dels darrers estadis d'aquestes dues espècies, la mida de la mostra es defineix a qualsevol densitat entre 0,5 i 10 larves per folíol, a partir del nombre de folíols necessaris per a estimar la població de *T. vaporariorum* (figura 2.12).

Xu *et al.* (1993) revisen diferents mètodes de mostratge de mosca blanca i conclouen que existeix una important disparitat en els mètodes, els nivells de precisió, els graus d'agregació i també els rangs de densitats de plaga amb què s'han realitzats els treballs, cosa que dificulta la seva comparació. Malgrat tot, es pot fer una aproximació a les mides de la mostra proposada per diferents autors per mostrejar mosca blanca. Per exemple, segons els càlculs presentats en aquest treball, per estimar amb una precisió del 25%, densitats tan baixes com un ou per folíol, es necessita un mínim de 61 folíols agafats del terç superior de la planta. Aquesta quantitat és un valor intermedi entre els 135 folíols de tomàquet

(45 plantes x 3 fulles/planta x 1 folíol/fulla) proposats per Yano (1983) per a avaluar una densitat d'un ou de *T. vaporariorum* per folíol amb una precisió del 20% i, les 13 fulles que Naranjo i Flint (1994) consideren necessàries per a estimar una densitat similar d'ous de *B. tabaci* per fulla de cotó ($\approx 5,5$ ous per fulla) amb una precisió del 25%.

També, en el cas de voler mostrejar larves d'aleuròdid, les mides de la mostra citades a la bibliografia són força variables. Segons els resultats d'aquesta tesi, calen 52 folíols agafats de 52 plantes diferents per a avaluar densitats d'una larva per folíol amb una precisió del 25%. Aquest és un valor similar als 60 folíols (20 plantes x 3 fulles/planta x 1 folíol/fulla) que segons Yano (1983) es necessiten per a estimar la mateixa densitat de larves de *T. vaporariorum* en tomàquet d'hivernacle amb una precisió del 20%. En canvi, Martin i Dale (1989) necessiten una mostra major, 140 fulles de tomaquera, per a detectar una densitat de 10 pupes de *T. vaporariorum* per fulla amb una precisió del 10% (percentatge d'error respecte a la mitjana del 20% i un 95% de certesa). Per *B. tabaci* en cotó, segons Naranjo i Flint (1994), el nombre mínim de fulles per estimar una densitat de dues larves per fulla amb una precisió del 25% és de vuit fulles, mentre que a partir dels resultats d'Arx *et al.* (1984), calen més de 500 fulles per a avaluar amb una precisió del 10% (percentatge d'error respecte a la mitjana del 20% i un 95% de certesa), una mitjana de dues "larves d'ulls vermells" per fulla fent el recompte en un únic sector de la fulla.

Per alguns autors els mostreigs a l'atzar no són útils per a descriure la infestació de *T. vaporariorum* en tomaquera d'hivernacle. Per exemple, Eggenkamp *et al.* (1978) comparen un mostreig a l'atzar amb un d'absolut i conclouen que el primer reflecteix malament el nivell d'infestació i la distribució de la mosca blanca. Cal tenir en compte, però, que aquests autors treballen amb una densitat de plaga extremadament baixa (màxim de $\approx 0,2$ pupes per planta fent el recompte en la planta sencera). Ekbohm (1980), per la seva part, també arriba a la conclusió que, per estimar el grau d'infestació per *T. vaporariorum* amb un percentatge d'error respecte a la mitjana del 10% i un 95% de certesa (precisió del 5%), seria

necessari mostrejar totes les plantes de l'hivernacle i suggereix que, per avaluacions tan precises, el mostreig a l'atzar no és d'utilitat.

2.3.2.3. Simplificació del processat de les mostres en el laboratori

En la taula 2.6 es recullen els coeficients de les regressions obtingudes a l'estudiar la relació entre recompte d'ous i de larves en folíols sencers (variable depenent) i el recompte en un o dos cercles agafats de cada folíol (variable independent).

Els coeficients de les regressions permeten concloure que existeix una bona relació entre el nombre d'ous per folíol de cada espècie de mosca blanca i el nombre d'ous en cercle, tant quan s'agafa un cercle com quan se n'agafen dos de cada folíol i pels dos estrats considerats (alt i mig). En tots els casos s'obtenen $r^2 > 0,7$ i F significatives ($P < 0,001$) en les ANOVA de la regressió. També hi ha bona correlació entre el recompte total (folíol sencer) i cadascun dels dos tipus de recompte en cercles en el cas de larves de *B. tabaci*, obtenint-se en el cas dels dos estrats $r^2 > 0,6$ i valors significatius de F ($P < 0,001$) en l'ANOVA. En canvi no existeix relació entre el nombre de larves de *T. vaporariorum* en folíol sencer i cap de les dues opcions de recompte en cercles. Com que l'objectiu del present assaig és trobar una unitat de mostratge que permeti l'estimació simultània de larves de les dues espècies de mosca blanca presents en el cultiu del tomàquet de tardor-hivern al sud-est espanyol, el recompte de larves no podrà fer-se ni en un ni en dos cercles per folíol.

Per aquestes unitats de mostratge (un cercle per folíol o dos cercles per folíol) s'han calculat els coeficients de la llei de la potència de Taylor (taula 2.7) com a pas previ al càlcul de la grandària de la mostra necessària per a estimar les densitats d'ous a partir del recompte en cercles (figura 2.13).

Taula 2.6. Paràmetres estadístics de les regressions entre els recomptes d'ous i larves de mosca blanca en foliols sencers (variable dependent) i els recomptes en 1 cercle/foliol o 2 cercles/foliol (variable independent) (n=22 per 1 cercle/foliol i n=21 per 2 cercles/foliol).

Mètode	pendent \pm e.t.	intercepte	t _{intercepte}	P _{intercepte}	r ²	F	P
ous de <i>T. vaporariorum</i> en l'estrat alt							
1 cercle/foliol	0,072 \pm 0,009	0,477	0,85	0,404	0,76	65,01	<0,001
2 cercles/foliol	0,074 \pm 0,010	0,205	0,34	0,739	0,76	60,55	<0,001
ous de <i>T. vaporariorum</i> en l'estrat mig							
1 cercle/foliol	0,057 \pm 0,007	0,144	1,20	0,225	0,79	73,74	<0,001
2 cercles/foliol	0,054 \pm 0,005	0,107	1,14	0,269	0,85	110,89	<0,001
ous de <i>B. tabaci</i> en l'estrat alt							
1 cercle/foliol	0,149 \pm 0,008	-0,004	-0,80	0,434	0,95	351,77	<0,001
2 cercles/foliol	0,089 \pm 0,011	0,004	0,64	0,532	0,78	67,28	<0,001
ous de <i>B. tabaci</i> en l'estrat mig							
1 cercle/foliol	0,042 \pm 0,006	-0,002	-0,14	0,894	0,71	49,17	<0,001
2 cercles/foliol	0,048 \pm 0,007	-0,007	-0,34	0,739	0,72	48,15	<0,001
larves de <i>T. vaporariorum</i> en l'estrat baix							
1 cercle/foliol	-0,001 \pm 0,015	0,034	1,77	0,093	0,00	0,00	0,949
2 cercles/foliol	-0,009 \pm 0,017	0,035	1,63	0,121	0,01	0,28	0,606
larves de <i>B. tabaci</i> en l'estrat baix							
1 cercle/foliol	0,049 \pm 0,009	-0,002	-0,16	0,873	0,61	31,10	<0,001
2 cercles/foliol	0,035 \pm 0,005	-0,001	-0,11	0,914	0,70	44,34	<0,001

e.t. error típic

Taula 2.7. Paràmetres de les regressions de la llei de Taylor per ous de *T. vaporariorum* (Tv) i *B. tabaci* (Bt) en cercles agafats de foliols d'un hivernacle de tomaqueres amb poblacions barrejades de les dues espècies.

Mètode	espècie	estrat	n	log a \pm error típic ^(a)	a	b \pm error típic ^(b)	r ²
1 cercle/foliol	Tv	alt	22	0,558 \pm 0,104 *	3,614	1,867 \pm 0,167 *	0,86
2 cercles/foliol	Tv	alt	21	0,578 \pm 0,100 *	3,784	1,796 \pm 0,160 *	0,87
1 cercle/foliol	Tv	mig	21	0,466 \pm 0,088 *	2,924	1,562 \pm 0,162 *	0,83
2 cercles/foliol	Tv	mig	21	0,361 \pm 0,095 *	2,296	1,532 \pm 0,138 *	0,87
1 cercle/foliol	Bt	alt	8	0,240 \pm 0,111	1,738	1,182 \pm 0,089	0,97
2 cercles/foliol	Bt	alt	8	- 0,001 \pm 0,167	0,998	1,161 \pm 0,124	0,94
1 cercle/foliol	Bt	mig	7	0,417 \pm 0,086 *	2,612	1,209 \pm 0,089	0,97
2 cercles/foliol	Bt	mig	9	0,247 \pm 0,059 *	1,766	1,307 \pm 0,048 *	0,99

(a) Els valors seguits d'un asterisc són significativament diferents de 0 (P<0,05, prova t de Student)

(b) Els valors seguits d'un asterisc són significativament diferents d'1 (P<0,05, prova t de Student)

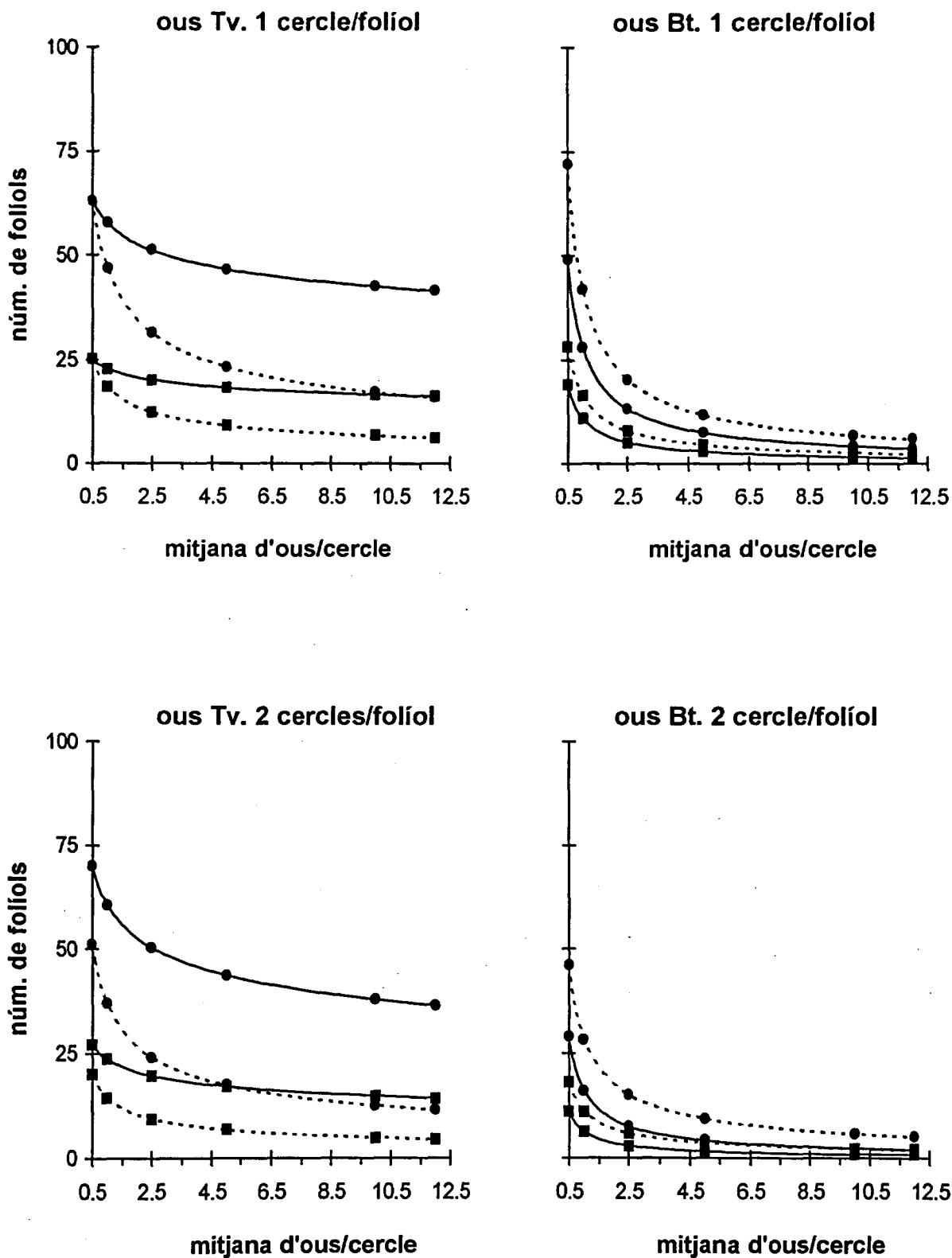


Figura 2.13. Nombre de foliols necessaris per a avaluar la densitat d'ous de *T. vaporariorum* (Tv) i de *B. tabaci* (Bt) en cercles d'1,15 cm de diàmetre, amb un nivell de precisió del 25% (●) o del 40% (■) quan la mostra s'ha agafat en l'estrat alt (línia contínua) o en l'estrat del mig (línia discontinua). En els dos gràfics de la part superior, la unitat de mostratge és un cercle per folioll, i en els dos de la part inferior la unitat de mostratge és dos cercles per folioll.

El cost d'obtenir i processar cada unitat de mostratge és funció, respectivament, del nombre de folíols i de la densitat d'ous (*T. vaporariorum* + *B. tabaci*). Els paràmetres de les línies de regressió que descriuen aquestes relacions es recullen en la taula 2.8. En el temps de recollida no s'ha inclòs el de desplaçament fins a l'hivernacle ja que és el mateix en tots els mètodes i no afecta, per tant, la comparació entre ells. En el temps del recompte en cercle s'ha inclòs el temps necessari per tallar el cercle del folíol. Per fer el recompte de larves de les dues espècies de mosca blanca en un folíol sencer es triga $0,4 \pm 0,04$ minuts quan el recompte es fa sota binocular, i $0,2 \pm 0,03$ minuts si l'estimació es fa a ull nu.

En la taula 2.9 es recull el temps total necessari per estimar, amb una precisió del 25%, densitats d'ous (mescla de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* en diverses proporcions) d'entre 1 i 100 ous per folíol. S'observa que, per densitats inferiors a 25 ous per folíol, resulta menys treballós recollir els folíols del terç superior de la planta i fer el recompte d'ous de mosca blanca només en un cercle d'1,15 cm de diàmetre. A densitats més altes pot resultar més ràpid comptar els ous en cercles tallats de folíols de l'estrat del mig. Per tant, en un cert rang de densitats l'increment de temps de recompte a la lupa que es produeix en augmentar la densitat, es veu compensat pel menor nombre de mostres que són necessàries, fet que condueix en aquests casos a un menor temps per realitzar l'estimació a densitats més altes. Malgrat tot, l'estalvi de temps que pot suposar escollir folíols de l'estrat mig a densitats més altes no sembla justificar un canvi en la localització de la mostra.

Taula 2.8. Coeficients de les regressions lineals entre el temps de recollida i el nombre de foliols a recollir i entre el temps de processat i la densitat d'ous total (*T. vaporariorum* +*B. tabaci*) en folioli o cercle. El temps s'expressa en minuts.

Concepte	n	pendent	intercepte	r ²
recollida	6	0,09	7,88	0,78
recompte en folioli sencer	12	0,01	1,66	0,84
recompte en cercle	9	0,01	0,31	0,92

Taula 2.9. Temps necessari (minuts) per realitzar l'estimació d'ous de *T. vaporariorum* i *B. tabaci* barrejats en tres proporcions diferents, amb tres diferents mètodes de recompte (folioli sencer, 1 cercle/folioli i 2 cercles/folioli) i agafant la mostra del terç superior (E1) o del terç mig (E2) de la planta amb una precisió del 25%. Els valors en el requadre indiquen el nombre de mostres més petit per a cada densitat.

Ous/folioli	folioli sencer		1 cercle/folioli		2 cercles/folioli	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
75% ous de <i>T. vaporariorum</i> i 25% ous de <i>B. tabaci</i>						
1	279	284	191	777	250	1300
5	102	115	54	196	78	166
10	98	81	34	116	56	100
25	104	81	31	61	51	56
50	115	90	31	40	48	39
100	140	108	32	28	47	28
50% ous de <i>T. vaporariorum</i> i 50% ous de <i>B. tabaci</i>						
1	178	189	107	413	152	277
5	98	78	34	114	62	95
10	99	79	33	69	58	62
25	106	83	32	38	54	39
50	118	92	33	26	51	33
100	143	111	34	21	51	27
25% ous de <i>T. vaporariorum</i> i 75 % ous de <i>B. tabaci</i>						
1	137	150	78	293	113	253
5	53	80	34	85	65	76
10	37	80	34	52	63	61
25	25	84	34	34	59	49
50	20	93	35	29	57	41
100	18	112	38	25	57	35

Els mostratges realitzats per a prendre decisions de control, tant en el si d'un programa de control integrat de plagues com en el d'un de control químic, tenen el temps com un factor limitant. Nombrosos autors han demostrat que és factible estimar l'abundància de larves i en algun cas d'ous de *B. tabaci* en porcions de la unitat de mostratge original (Arx *et al.* 1984, Ohnesorge i Rapp 1986, Abisgold i Fishpol 1990, Lynch i Simmons 1993, Naranjo i Flint 1994). Johnson *et al.* 1992, per la seva part, utilitzen el recompte de larves de *T. vaporariorum* en quatre quadrats per folíol, d'1 cm² cadascun, per a establir els llindars de danys en el cultiu de tomàquet. Alguns autors constaten la possibilitat de fer més econòmic el procés de recompte estimant la densitat de larves en base a un índex d'abundància (Ohnesorge i Rapp 1986 i Abisgold i Fishpool 1990). Aquest mètode és de gran utilitat quan el nombre de larves a comptar és molt alt. Per l'interval de densitats enregistrades en aquest experiment (número total de larves per folíol < 5,5) i dues espècies de mosca blanca, la utilització dels índex d'abundància no sembla tan pràctic. El recompte a ull nu requereix menys temps per unitat de mostratge que el recompte sota binocular i a més té l'avantatge de no usar equipament de laboratori. Aquest recompte, però, precisa de personal entrenat capaç de distingir, sense l'ajut de la lupa, les larves de *T. vaporariorum* de les de *B. tabaci*.

Tot i l'estalvi de temps que suposa poder realitzar les estimacions a partir del recompte d'ous en un cercle per folíol agafat de l'estat alt de la planta (taula 2.9), queda clar que els recomptes de densitats petites d'ous, especialment amb proporcions baixes de *B. tabaci*, són molt laboriosos. Descartar la presència de *B. tabaci* pot ser útil donada la seva capacitat de transmetre el TYLCV, i també perquè, a hores d'ara, no existeix cap programa de control integrat de plagues desenvolupat per poblacions barrejades de *T. vaporariorum* i *B. tabaci*. Estudiar la composició d'espècies a partir dels recomptes d'ous pot servir per decidir, per exemple, si la minsa presència de *B. tabaci* en el cultiu fa possible utilitzar *E. formosa* pel control biològic de *T. vaporariorum*.