

GIORGIO NICOLI, MASSIMO BENUZZI

Istituto di Entomologia «Guido Grandi» dell'Università degli Studi di Bologna

Lotta biologica con *Encarsia formosa* Gahan (Hym. Aphelinidae) contro *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Rhyn. Aleyrodidae) su pomodoro in coltura protetta\*

INTRODUZIONE

Tra gli agroecosistemi, indubbiamente la serra è quello più artificiale. Oltre ad eseguire tutte le operazioni del pieno campo, il serricoltore modifica importanti parametri climatici fino a creare un ambiente anche molto diverso, soprattutto alle latitudini maggiori, rispetto all'esterno. Diversi fitofagi, spesso di origine tropicale o sub-tropicale, hanno dimostrato di potersi agevolmente adattare alle colture protette. Tra questi, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) noto da tempo, nella letteratura in lingua inglese, come Greenhouse White Fly (Hargreaves, 1915) è certamente uno dei più importanti.

L'areale di origine della specie viene riconosciuto nel continente americano, nella zona tropicale o sub-tropicale (Vet et al., 1980). L'Aleyrodide oggi è cosmopolita, tuttavia se nei paesi a clima freddo è praticamente confinato nelle serre, in quelli mediterranei può agevolmente svernare e causare danni anche all'esterno come è stato confermato in Liguria da Arzone (1976) e nell'Italia meridionale da Viggiani e Mazzone (1980a).

Russell (1977) ha elencato 249 generi di piante ospiti appartenenti a 84 famiglie e, tra quelle coltivate, soprattutto Solanacee, Cucurbitacee e piante ornamentali. *T. vaporariorum* può causare sia danni diretti (sottrazione di linfa) che indiretti (sviluppo di fumaggini sulla melata e trasmissione di virus o batteri). Gli adulti vivono gregari generalmente sulla pagina inferiore delle giovani foglie e si nutrono infiggendo ripetutamente gli stiletto boccali nelle pagine fogliari. È nota da tempo la loro attrazione verso il colore giallo (Lloyd, 1921). Nel 1915, Hargreaves affermava, in Inghilterra, di avere ottenuto prole del solo sesso femminile da femmine mai accoppiate, mentre Thomsen (1925) riportava la coesistenza, in Danimarca, di due tipi di femmine: uno con partenogenesi telitoca

\* Studio svolto con il supporto del BIOLAB della Centrale Ortofrutticola alla Produzione di Cesena (FO), finanziato dalla Regione Emilia-Romagna ed ENEA - Dipartimento TECAB.

obbligata e uno con partenogenesi arrenotoca facoltativa. Schrandner (1926) concludeva che questa seconda «razza» stava velocemente diffondendosi in numerose nuove località. Più recentemente Vet et al. (1980), riportano semplicemente che le femmine non accoppiate generano solo maschi aploidi.

L'adulto (ca. 1,5 mm di lunghezza) è ricoperto di una pruina cerosa biancastra (da cui il nome improprio di mosca bianca); la femmina depone le uova bianco-giallastre, ellittiche, dotate di un breve peduncolo, a gruppi, nella pagina inferiore delle foglie. Dall'uovo sguscia una neanide mobile che, dopo aver percorso solitamente pochi millimetri, infigge gli stilette e si fissa. I tre stadi pre-immaginali successivi (neanidi II - III - IV) sono tutti sessili avendo zampe rudimentali. Lo stadio IV si trasforma in una sorta di scatoletta per separazione della faccia ventrale da quella dorsale e creazione di una parete cerosa laterale, presenta lunghi processi cerosi dorsali, serve da involucro per la protezione della sub-pupa e diventa pupario (Tremblay, 1981). Una terminologia simile viene oggi generalmente adottata a livello internazionale (Vet et al., 1980) anche se, in passato, diversi autori avevano diviso l'ultimo stadio pre-immaginale in vari sotto-stadi (Hargreaves, 1915; Gerling, 1966; Van Lenteren et al., 1976a; Nechols e Tauber, 1977a e 1977b).

Il problema del contenimento di *T. vaporariorum* si presentava di ardua soluzione anche per i serricoltori nord-europei dell'inizio del secolo. Nel 1922 in Inghilterra, Lloyd, nel suo lavoro sulle possibilità di impiego di insetticidi allora disponibili, poneva in risalto la difficoltà di controllare un fitofago con un potenziale riproduttivo così elevato e con sensibilità ai prodotti diversa a seconda dello stadio di sviluppo. Lo stesso Autore supponeva che le numerose goccioline di melata prodotte da una fitta infestazione di stadi pre-immaginali potessero rappresentare un deterrente verso non meglio identificati «piccoli Imenotteri parassiti». Infatti, proprio in quegli anni, diversi studiosi, occupandosi di *T. vaporariorum*, avevano notato parassitoidi degli stadi giovanili appartenenti al genere *Encarsia*. In particolare, Gahan (1924) descrisse per la prima volta la specie *E. formosa* con individui provenienti da serre degli U.S.A. Oggi, *E. formosa* è il parassitoide di *T. vaporariorum* meglio studiato e si pensa sia originario delle stesse aree del fitofago (Vet et al., 1980).

La femmina è lunga 0,6 mm; il capo è bruno scuro, il torace nero e l'addome giallo provvisto di un ovopositore che si estende oltre la sua estremità. *E. formosa* è conosciuta come uniparentale: i maschi sono molto rari e Gerling (1966) ha dimostrato che derivano dall'iperparassitizzazione delle larve della stessa specie quando il rapporto parassitoide/ospite è molto alto e le femmine non riescono a trovare stadi giovanili indenni. In condizioni normali però, l'Afeelinide è in grado di riconoscere gli ospiti già parassitizzati nei quali, in genere, non ovidepone (Van Lenteren et al., 1976b).

*E. formosa* si riproduce per partenogenesi telitoca. La femmina si nutre sia di melata che dei fluidi che fuoriescono dal foro praticato con l'ovopositore nel corpo dell'ospite (Gerling, 1966). L'«host feeding» riguarda tutti gli stadi, ma la neanide di II età e il pupario da cui già traspaiono le macchie oculari sono in genere preferiti (Vet et al., 1980).

Nichols e Tauber (1976a e 1976b) hanno dimostrato che *E. formosa* ovidepone in tutti gli stadi sessili di *T. vaporariorum*, pur preferendo le neanidi di III e IV età come riportano anche Nell et al., (1986). L'uovo può schiudere in ogni caso, ma lo sviluppo della larva si blocca al I stadio finché l'ospite non raggiunge la IV età. Solo allora *E. formosa* completa il ciclo. Quindi, il tempo necessario allo sviluppo pre-immaginale di *E. formosa* decresce progressivamente con l'aumentare dell'età dell'ospite e risulta ovviamente dipendente anche dalla temperatura, così come la longevità dell'adulto che risulta di pochi giorni a 30°C (Stenseth, 1985). Circa 12-21 giorni dopo la contaminazione, lo stadio pre-immaginale da biancastro diventa nero (Speyer, 1927). Esistono dati discordanti sulla fecondità di *E. formosa* con un numero di uova deposte tra circa 50 e 350 per femmina (Vet et al., 1980).

In Europa, il parassitoide è giunto in modo sconosciuto e venne trovato per la prima volta in Inghilterra nel 1926 da un serricoltore. Constatandone immediatamente le elevate potenzialità per la lotta biologica, Speyer (1927) avviò negli anni seguenti un allevamento massale, presso la Cheshunt Experimental Research Station, in grado di distribuire annualmente, negli anni '30, un milione e mezzo di parassitoidi in Gran Bretagna e in sette Paesi di tutto il mondo (Hussey, 1985a).

Purtroppo dopo la II guerra mondiale, l'avvento degli insetticidi di sintesi sembrò rendere inutili questi sforzi: il DDT rappresentava una soluzione apparentemente più conveniente. Ben presto però la lotta chimica cominciò a manifestare effetti secondari negativi; in particolare si selezionarono rapidamente popolazioni resistenti dell'Acaro fitofago *Tetranychus urticae* Koch dimostrando la necessità di studiare nuove strategie di difesa. I successi ottenuti con il predatore *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot contro questo Acaro fitofago, soprattutto su cetriolo, diedero nuovo impulso agli studi sulla lotta biologica in serra, favorendo il «recupero» di *E. formosa* (Hussey e Bravenboer, 1971).

Negli anni '60, nacquero in Inghilterra e in Olanda le prime biofabbriche (Hussey, 1985a); l'uso soprattutto di questi due ausiliari è, da allora, costantemente aumentato nel mondo con una diffusione che, nel 1985, ha raggiunto per *E. formosa* 1.600 ha di serre trattate in 18 nazioni europee (Van Lenteren, 1987).

L'impiego di *E. formosa* ha interessato soprattutto gli attacchi di *T. vaporariorum* su pomodoro, in numerosi Paesi europei ed extraeuropei a partire dai Paesi Bassi (Vet et al., 1980) e Gran Bretagna dove Helyer e Ledieu (1984) riportano che, già all'inizio degli anni '80, l'applicazione della lotta biologica era pari a circa il 45% della superficie protetta riscaldata coltivata a pomodoro.

Sperimentazioni con *E. formosa* sono state condotte anche in molte altre nazioni, applicando fondamentalmente tre metodi di lancio di *E. formosa* in serra (Hussey, 1985b):

— *Pest in first*: prima si infesta artificialmente la coltura con *T. vaporariorum* poi, dopo un appropriato intervallo, viene lanciato un numero di parassitoidi sufficiente a stabilire una vantaggiosa interazione (Parr et al., 1976).

— *Banker plants*: in vivaio si predispongono una frazione delle piante con numerosi Aleurodidi parassitizzati; queste vengono poi collocate all'interno della serra e fungono da punti di diffusione di *E. formosa* (Stacey, 1977).

— *Dribble method*: (il più diffuso) in cui si provvede a effettuare vari lanci di pupari parassitizzati a distanza di un numero variabile di giorni l'uno dall'altro, a partire dall'inizio dell'infestazione.

L'uso di *E. formosa* rappresenta quindi un classico esempio di quello che Van Lenteren (1986) definisce «lancio inoculativo stagionale».

L'uso combinato di *E. formosa* e trappole gialle invischiate è stato sperimentato con successo in Belgio da Van de Veire e Vacante (1984) dimostrando che le catture del parassitoide aumentano solo quando l'ospite comincia a scarseggiare.

Anche in Italia il problema della lotta «non solo chimica» contro *T. vaporariorum* è stato studiato, in particolare dagli anni '70 (Viggiani e Mazzone, 1980a). Mazzone (1976), in Campania, ha segnalato la presenza di *E. formosa* tra altre specie di parassitoidi di *T. vaporariorum*, così come Nucifora e Vacante (1981) in Sicilia. In Liguria, Arzone (1976) ha rilevato l'azione di *E. tricolor* Först.: parassitoide in grado di svernare come pupa. Viggiani e Mazzone (1980b) hanno introdotto dagli U.S.A. un'altra specie: *E. pergandiella* How..

Su pomodoro si ricordano, tra le altre, prove di lotta guidata (Bellini et al., 1981), anche con l'impiego di trappole cromotropiche (Calabretta, 1982; Vacante, 1982) condotte in Sicilia. In Italia, il lancio di individui provenienti da allevamenti massali è stato effettuato su fragola in Campania (Fiume e Mazzone, 1979), mentre su pomodoro *E. formosa* è stata usata in combinazione con *E. pergandiella* e trappole cromotropiche (Platé e Chiappini, 1983).

*E. formosa* proveniente dalla biofabbrica olandese Koppert B.V. viene utilizzata dal 1985 nell'ambito delle attività del BIOLAB della Centrale Ortofrutticola di Cesena oltre che su pomodoro (il presente lavoro riferisce dei risultati ottenuti nel triennio 1985-87 in Emilia-Romagna) anche su altre colture (Celli et al., 1987; Benuzzi e Nicoli, 1988; Benuzzi e Nicoli, in stampa).

#### MATERIALI E METODI

Il pomodoro rappresenta la coltura protetta maggiormente estesa in Italia con 5.494 ha (ISTAT, 1987). Nella pianura padana si hanno generalmente due cicli di coltivazione in tunnel plastici non riscaldati: uno primaverile con trapianto a marzo e termine a fine luglio-inizio agosto e uno estivo da metà giugno a inizio ottobre.

In queste condizioni *T. vaporariorum* risulta dannoso sia nel ciclo primaverile che, soprattutto, in quello estivo per cui si è inteso sperimentare la possibilità di effettuare lanci inoculativi stagionali di *E. formosa* in entrambi i cicli di produzione.

Le prove sono state condotte in 7 serre commerciali non riscaldate e con copertura in P.E. nella provincia di Forlì (Cesena e Bellaria-Igea Marina) (tab. 1).

Tab. 1 - Prospetto relativo alle 7 serre sperimentali

Serra no.	Anno	Ciclo di coltivazione	Lancio o testimone	Superficie (m <sup>2</sup> )	INFESTAZIONE AL 1° LANCIO		Data 1° lancio	Cadenza dei lanci (gg.)	No. dei lanci	No. pupari parassitizzati/lancio/m <sup>2</sup>	Totale pupari parassitizzati/m <sup>2</sup>	INFESTAZIONE MASSIMA PER PIANTA				parassitizzazione massima (%)	Data
					Adulti/pianta	Adulti/trappola						Adulti/pianta	Data	Stadi pre-immaginali/pianta	Data		
1	1985	primav.	lancio	850	0,03	12,0	07/06	14	4	4,2	16,8	2,6	26/07	0,6	19/07	69,9	19/07
2	1985	primav.	test.	850	0,06	10,4	—	—	—	—	—	100,0	02/08	47,7	02/08	—	—
3	1986	primav.	lancio	850	0,04	7,2	23/05	14	4	4,2	16,8	7,0	22/07	6,1	08/07	59,1	30/06
4	1986	primav.	lancio	850	0,07	12,1	23/05	14	4	4,2	16,8	8,0	15/07	9,2	30/06	88,8	22/07
5	1986	primav.	lancio	370	0,04	7,0	23/05	14	4	4,2	16,8	29,2	29/07	21,2	08/07	85,0	29/07
6	1987	estivo	lancio	220	0,22	3,1	27/06	14	4	5,3	21,2	84,5	10/09	76,6	04/09	68,0	26/09
7	1987	estivo	lancio	180	0,13	9,6	03/07	7	5	4,2	21,0	8,9	13/08	14,9	06/08	65,0	20/08

Si è operato sulla cv. Fandango, con un investimento di circa 26.000 piante/ha, sia nel ciclo primaverile che in quello estivo.

Al momento del trapianto sono state collocate trappole cromotropiche gialle del  $\varnothing$  di 21 cm ricoperte di colla (una circa ogni 100 m<sup>2</sup> di superficie) per rilevare tempestivamente l'inizio dell'infestazione col conteggio settimanale degli adulti di *T. vaporariorum* invischiati. Le trappole sono state mantenute circa 20 cm sopra gli apici vegetativi per gran parte del ciclo di coltivazione primaverile, mentre in estate l'inizio dell'infestazione ha seguito da vicino il trapianto per cui il conteggio delle catture è stato condotto per un arco di tempo più breve.

Distribuite regolarmente nella serra sono state contrassegnate il 5% delle piante, su cui venivano settimanalmente contati:

- il numero di adulti di *T. vaporariorum*;
- il numero di «stadi pre-immaginali» (IV età e pupari) apparentemente indenni o visibilmente parassitizzati da *E. formosa*, cioè di colore nero.

Di seguito, per brevità, con l'espressione «stadi pre-immaginali» verranno compresi solo le neanidi di IV età e i pupari, escludendo quindi le neanidi di I, II e III età.

La percentuale di parassitizzazione è stata calcolata su un totale di almeno 100 stadi pre-immaginali per cui se il numero di fitofagi rilevati sulle piante campione non era sufficiente si proseguiva la ricerca anche su altre piante.

*E. formosa* è stata lanciata allo stadio di pupa nei pupari parassitizzati di *T. vaporariorum* incollati su appositi cartoncini provvisti anche di una piccola quantità di miele per l'alimentazione dei parassitoidi neo-sfarfallati. Ad ogni lancio, su 4 cartoncini presi a caso veniva contato il numero di pupari incollati e, in base a questi conteggi, è stata calcolata la quantità di pupari lanciati/m<sup>2</sup> (tab. 1). In seguito gli stessi cartoncini venivano posti in altrettante gabbiette di materiale plastico e rete collocate in una serra per rilevare il numero degli adulti sfarfallati sul totale dei pupari.

Nelle serre a coltivazione primaverile è stato sperimentato uno schema di 4 lanci distanziati 14 giorni l'uno dall'altro, partendo all'inizio dell'infestazione. Nel 1985, nella stessa azienda, è stato seguito anche un tunnel come testimone (tab. 1). In un'altra azienda, nel 1987, durante il periodo estivo, lo stesso schema è stato posto a confronto con un altro che suddivideva la stessa quantità di parassitoidi in 5 lanci a cadenza settimanale (tab. 1), tenendo anche conto degli studi condotti da Stenseth (1985) che evidenziano la breve longevità della femmina adulta di *E. formosa* ad elevate temperature.

La difesa anticrittogamica è stata condotta, nelle varie serre, con fungicidi a base di Captafol, Chlortalonil, Ossicloruro di Rame e Zineb che risultano almeno parzialmente selettivi verso il parassitoide così come, in parte, l'aficida Pirimicarb (Ledieu, 1985) utilizzato contro l'Afide *Macrosiphum euphorbiae* (Thom.) nelle serre n. 3 e 4.

## RISULTATI

### Controlli di qualità

Dall'osservazione dei cartoncini posti nelle gabbiette è emerso che il numero medio di pupari parassitizzati per cartoncino è stato 96,6 (intervallo di confiden-

za al 99% compreso tra 89,6 e 103,6) e la percentuale media di sfarfallamento 71,0% (intervallo di confidenza al 99% compreso tra il 64,4 e il 77,2%).

#### Ciclo di coltivazione primaverile

In Romagna, in serre non riscaldate, la comparsa dei primi adulti di *T. vaporariorum*, al di là di presenze sporadiche, è stata registrata a partire da maggio: circa due mesi dopo il trapianto. Quindi, a volte, manca il tempo necessario perché il fitofago causi danni rilevanti prima dell'espianto della coltura. Ma può succedere che, a causa di infestazioni precoci e/o prolungamento del ciclo colturale, *T. vaporariorum* raggiunga livelli di densità dannosi, finora normalmente contenuti con insetticidi anche per prevenire grossi focolai in azienda.

Nel 1985, l'infestazione di *T. vaporariorum* è progressivamente aumentata nella serra n. 2 (testimone) rispetto a quella n. 1 difesa biologicamente (fig. I) e l'analisi della varianza applicata ai dati relativi all'ultimo campionamento, corrispondente alla data di espianto della coltura (2/08), ha evidenziato differenze altamente significative sia come numero di stadi pre-immaginali indenni/pianta ( $F=74,25$ ;  $p < 0,001$ ) che come numero di adulti/pianta ( $F=33,75$ ;  $p < 0,001$ ).

Considerando che occorrono diversi giorni perché una neanide di *T. vaporariorum* parassitizzata diventi di colore nero, si può notare (fig. II.1) come l'aumento dell'infestazione sulle piante campione sia sempre stato controllato dal parassitoide nelle settimane seguenti. I cerchi bianchi, indicanti il numero di stadi pre-immaginali indenni su ogni pianta campione sono stati regolarmente affiancati da cerchi neri corrispondenti a quelli parassitizzati. Al contrario, nella serra n. 2 (fig. II.2) l'infestazione, non sottoposta a controllo biologico, è progressivamente aumentata come numero di individui per pianta, fino a causare danni da fumaggine sulle bacche.

Nel 1986 (serre n. 3, 4 e 5) è stato confermato che le trappole cromotropiche gialle sono molto utili per segnalare l'inizio dell'infestazione e integrare i campionamenti visivi sulle piante. Ciò ha consentito di iniziare i lanci di *E. formosa* con catture medie attorno ad una decina di adulti di *T. vaporariorum* per trappola, mentre venivano rilevati da 0,04 a 0,23 adulti per pianta. Nelle figg. III, IV, e V sono riportati gli andamenti dell'infestazione e della parassitizzazione che confermano i risultati ottenuti nel 1985 con il contenimento del fitofago a densità pienamente tollerabili dalla coltura senza alcun imbrattamento di foglie o frutti da melata.

Nella fig. VI è esposto l'andamento delle percentuali di parassitizzazione degli stadi giovanili nelle tre serre, da cui risulta che il massimo è stato raggiunto 5, 7, 9 settimane dopo il primo lancio di *E. formosa* con rispettivamente il 59,1%, 88,8%, 85,0%.

#### Ciclo di coltivazione estivo

In entrambe le serre oggetto di prova, gli adulti di *T. vaporariorum* sono stati rilevati al controllo visivo o nelle trappole cromotropiche già due settimane dopo

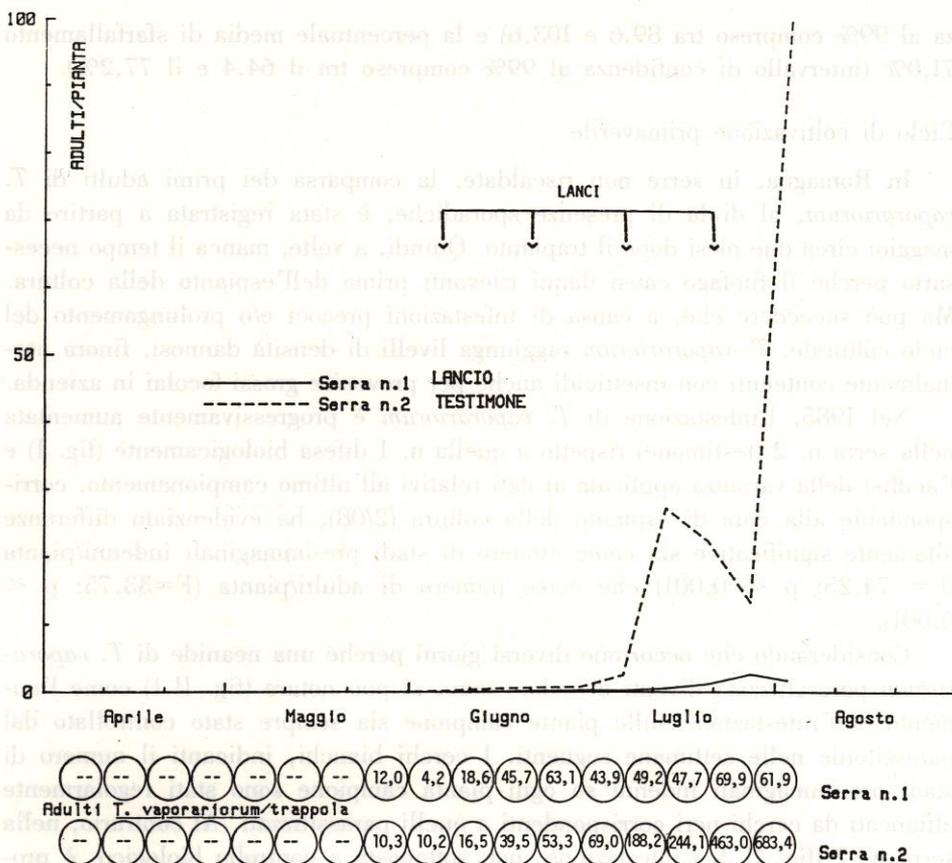


Fig. I. - Andamento dell'infestazione degli adulti di *Trialeurodes vaporariorum* nelle serre n. 1 e 2.

la messa a dimora delle piantine, per cui è stato tenuto un intervallo trapianto - primo lancio molto più breve rispetto al pomodoro a ciclo primaverile.

Dalle figg. VII e VIII risulta che nella serra n. 6, (4 lanci distanziati di 14 giorni) è stata raggiunta una media d'infestazione molto più elevata, con i primi danni da fumaggine rilevati il 4/09 (76,6 stadi pre-immaginali indenni per pianta), mentre nella serra n. 7 (5 lanci a cadenza settimanale) l'infestazione media è stata contenuta in 14,9 stadi pre-immaginali indenni per pianta il 6/08. Il test di Student, operato sui dati rilevati nei 9 campionamenti finali, evidenzia differenza significativa fra le medie del numero di stadi pre-immaginali indenni/pianta ( $t = 2,53$ ;  $p < 0,02$ ) nelle due serre. Lo stesso test, applicato al numero di adulti di *T. vaporariorum* sui 10 campionamenti finali evidenzia un analogo risultato ( $t = 2,69$ ;  $p < 0,01$ ).

La fig. IX mostra come nella serra n. 6 la percentuale massima di parassitizzazione sia stata raggiunta con circa un mese di ritardo rispetto alla n. 7, anche

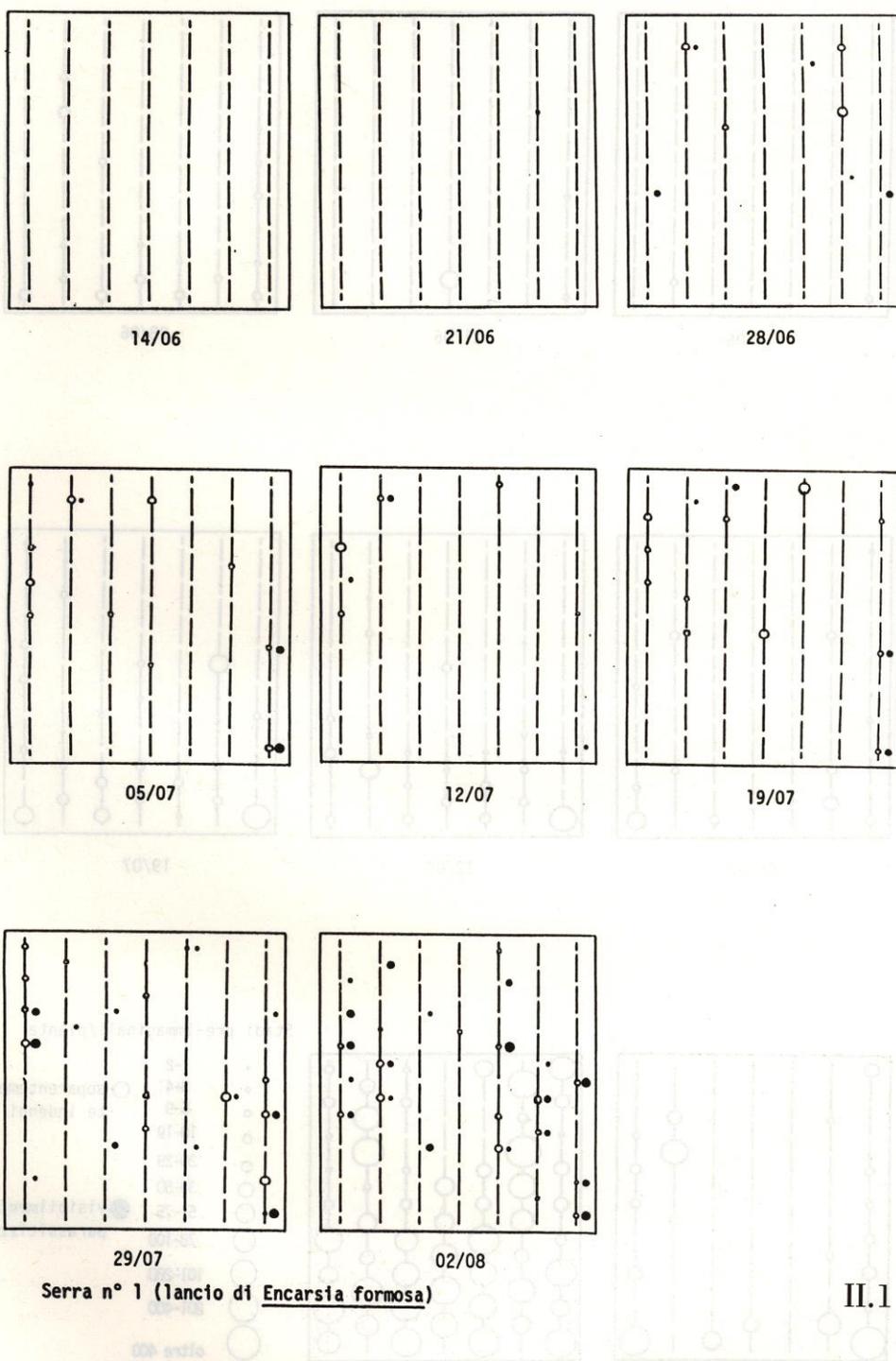
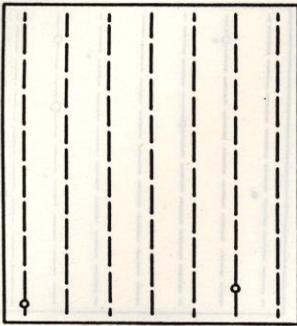
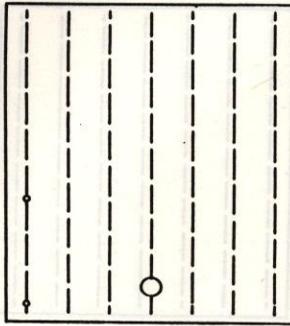


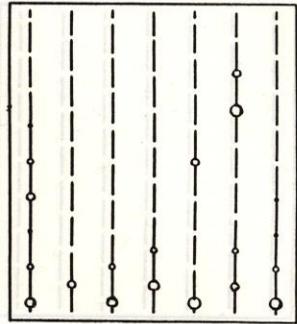
Fig. II. - Stadi pre-immaginali apparentemente indenni e visibilmente parassitizzati nelle piante campione delle serre n. 1 (II.1) e n. 2 (II.2).



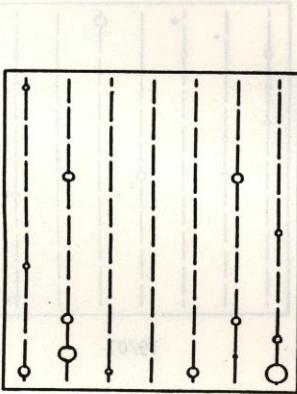
14/06



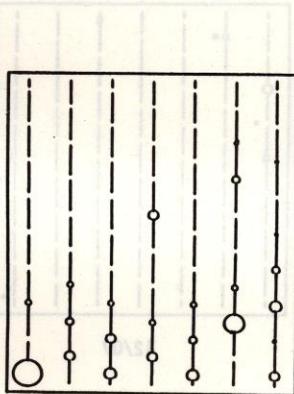
21/06



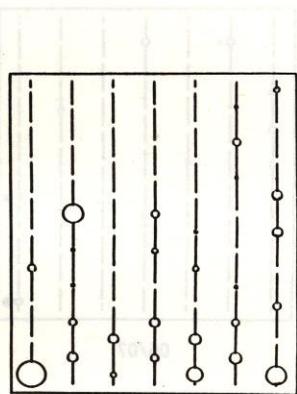
28/06



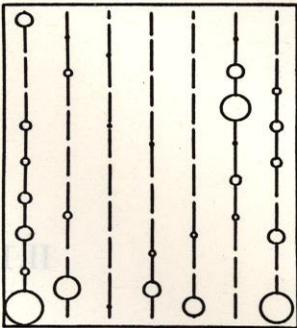
05/07



12/07

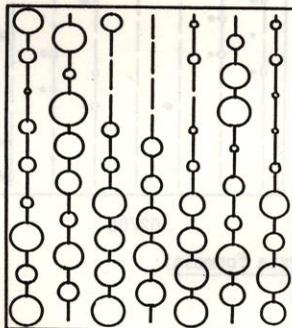


19/07



29/07

Serra n° 2 (testimone)



02/08

Stadi pre-immaginali/pianta

- 1-2
  - 3-4
  - 5-9
  - 10-19
  - 20-29
  - 30-50
  - 51-75
  - 76-100
  - 101-200
  - 201-400
  - oltre 400
- apparentemen  
te indenni
- visibilmente  
parassitizat

II.2

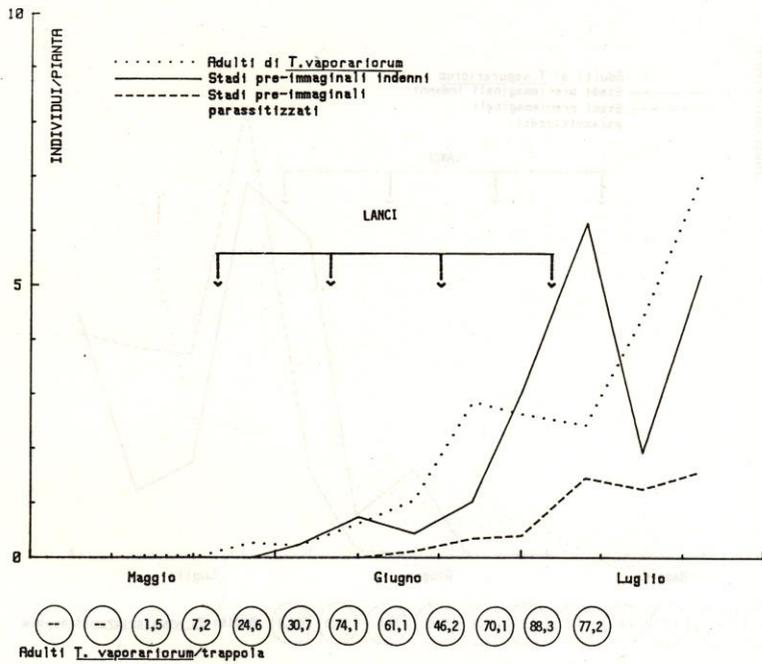


Fig. III. - Andamento dell'infestazione di *Trialeurodes vaporariorum* e della parassitizzazione da parte di *Encarsia formosa* nella serra n. 3.

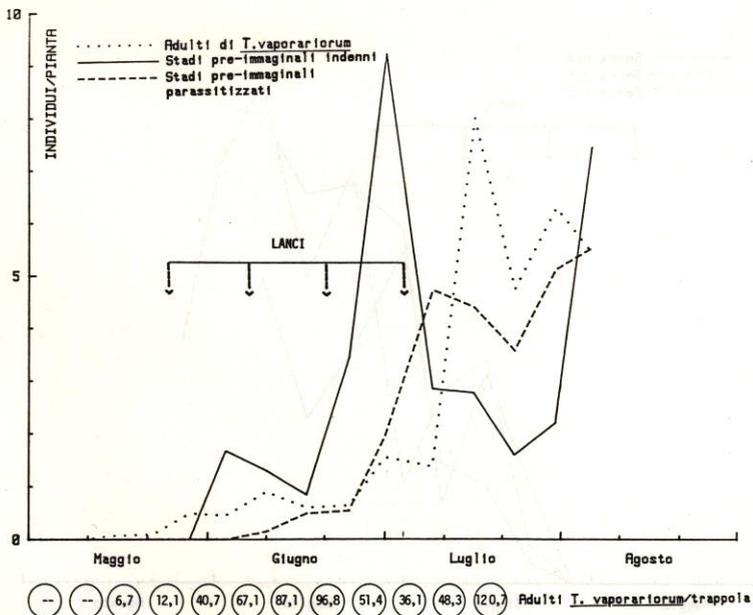


Fig. IV. - Andamento dell'infestazione di *Trialeurodes vaporariorum* e della parassitizzazione da parte di *Encarsia formosa* nella serra n. 4.

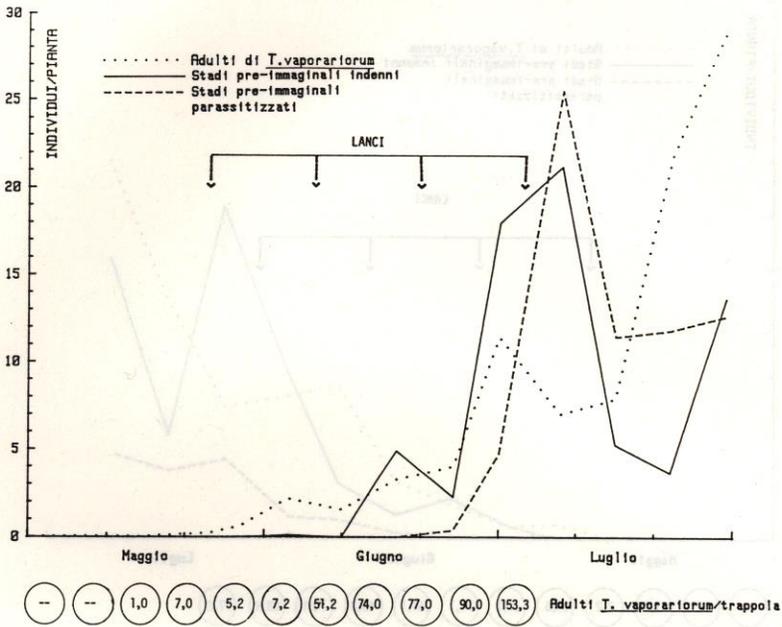


Fig. V. - Andamento dell'infestazione di *Trialeurodes vaporariorum* e della parassitizzazione da parte di *Encarsia formosa* nella serra n. 5.

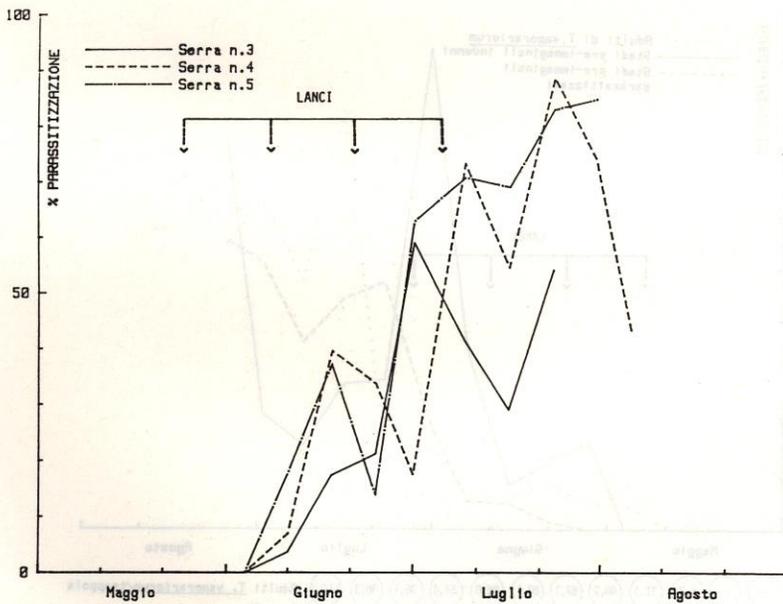


Fig. VI. - Andamento della percentuale di parassitizzazione nelle serre n. 3, 4, 5.

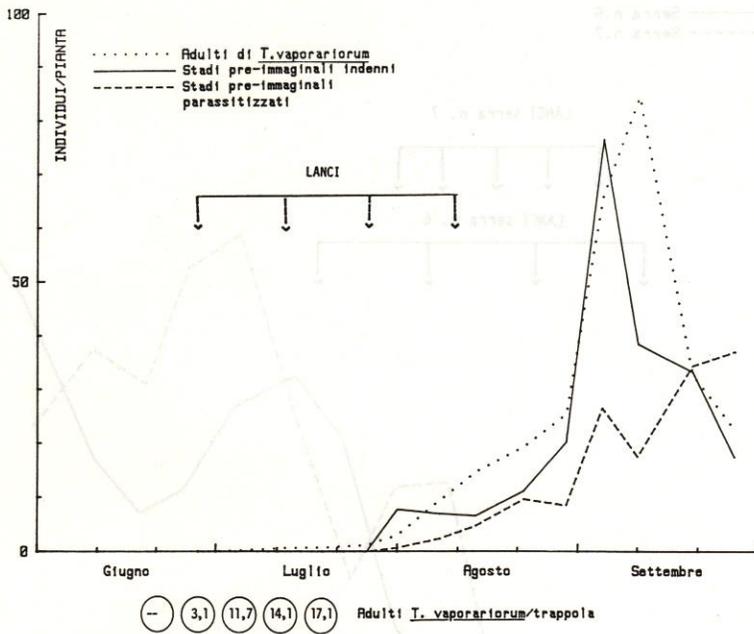


Fig. VII. - Andamento dell'infestazione di *Trialeurodes vaporariorum* e della parassitizzazione da parte di *Encarsia formosa* nella serra n. 6.

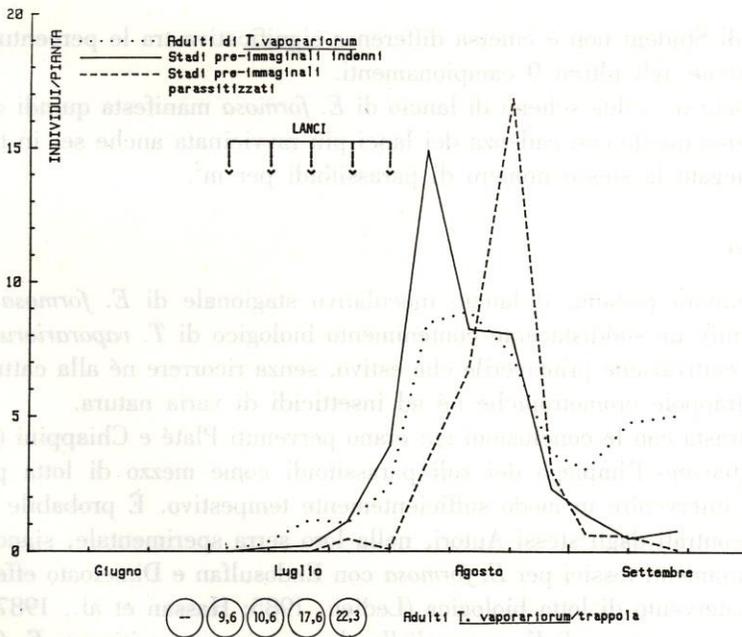


Fig. VIII. - Andamento dell'infestazione di *Trialeurodes vaporariorum* e della parassitizzazione da parte di *Encarsia formosa* nella serra n. 7.

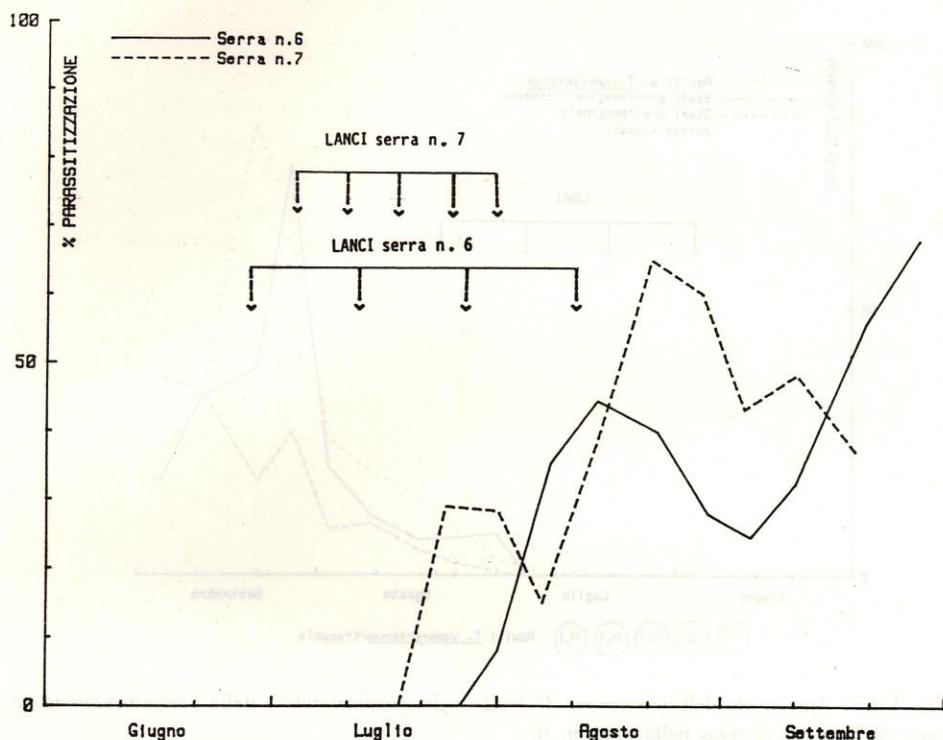


Fig. IX. - Andamento della percentuale di parassitizzazione nelle serre n. 6 e 7.

se al test t di Student non è emersa differenza significativa tra le percentuali di parassitizzazione agli ultimi 9 campionamenti.

Il confronto tra i due schemi di lancio di *E. formosa* manifesta quindi chiaro vantaggio verso quello con cadenza dei lanci più ravvicinata anche se, in totale, è stato impiegato lo stesso numero di parassitoidi per m<sup>2</sup>.

#### CONCLUSIONI

Nella pianura padana, il lancio inoculativo stagionale di *E. formosa* è in grado di fornire un soddisfacente contenimento biologico di *T. vaporariorum* sia nel ciclo di coltivazione primaverile che estivo, senza ricorrere né alla cattura di massa con trappole cromotropiche né ad insetticidi di varia natura.

Ciò contrasta con le conclusioni cui erano pervenuti Platé e Chiappini (1983) che sconsigliavano l'impiego dei soli parassitoidi come mezzo di lotta per la difficoltà di intervenire in modo sufficientemente tempestivo. È probabile che i problemi incontrati dagli stessi Autori, nella loro serra sperimentale, siano stati dovuti ai trattamenti tossici per *E. formosa* con Endosulfan e Dimetoato effettuati prima dell'intervento di lotta biologica (Ledieu, 1985; Hassan et al., 1987), all'impiego contemporaneo di *E. pergandiella* che può iperparassitizzare *E. formosa* e, soprattutto, all'epoca tardiva di intervento con una quantità relativamente bassa di parassitoidi in rapporto all'elevata infestazione iniziale.

Le prove qui esposte dimostrano infatti la necessità di iniziare i lanci di *E. formosa* alla comparsa del fitofago (meno di 1 adulto di *T. vaporariorum*/pianta).

Nel ciclo primaverile è stato spesso rilevato che, se le piante provenienti dal vivaio sono indenni da *T. vaporariorum*, il fitofago riesce ad entrare solo quando inizia con regolarità l'apertura diurna dei tunnel, da maggio in poi. Molto utili allo scopo di segnalare l'inizio dell'infestazione si sono così rivelate le trappole cromotropiche gialle che consentono anche di prevedere la possibilità che l'*A-leurodide* provochi danni prima dell'espianto della coltura. In primavera, in Emilia-Romagna, non appare infatti conveniente adottare alcuna strategia di lotta se le catture non iniziano prima di 40-50 gg. dal termine delle raccolte, a meno che non si vogliano evitare focolai d'infestazione in azienda.

In estate, invece, *T. vaporariorum* è in grado di raggiungere rapidamente livelli di infestazione economicamente insostenibili per cui, oltre al tempestivo inizio dei lanci e alla cadenza settimanale, a volte è consigliabile effettuare 5 o più introduzioni di *E. formosa* fino a quando non viene raggiunto almeno il 60-70% di parassitizzazione.

Le metodologie qui descritte, inserite in un programma di lotta integrata (Benuzzi e Nicoli, 1988), sono state applicate, in prove dimostrative senza sostanziali variazioni, nel periodo 1985-1988 in tunnel plastici in Emilia-Romagna e Veneto per oltre 20 ha di pomodoro, confermando i risultati sopraesposti.

#### RIASSUNTO

Le prove sono state condotte in tunnel plastici non riscaldati nel triennio 1985-87 in Emilia-Romagna dove il pomodoro ha due cicli di coltivazione: uno primaverile (da marzo a fine luglio - inizio agosto) e uno estivo (da giugno a inizio ottobre). In primavera i primi adulti di *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) sono stati ritrovati sulle piante circa due mesi dopo il trapianto (maggio) e le trappole cromotropiche gialle si sono rivelate molto utili per segnalare l'inizio dell'infestazione. A partire da quell'epoca, in 4 tunnel, sono stati effettuati 4 lanci, distanziati di 14 giorni l'uno dall'altro, di *Encarsia formosa* Gahan (4,2 pupari parassitizzati/m<sup>2</sup> per lancio) che sono risultati in grado di contenere efficacemente l'infestazione, giungendo a percentuali di parassitizzazione comprese tra il 59,1 e l'88,8%. Nel 1985, *T. vaporariorum* ha raggiunto un'infestazione significativamente superiore nella serra testimone rispetto alla serra difesa biologicamente, causando anche danni da melata. Durante il ciclo di coltivazione estivo del 1987, in due tunnel sono stati introdotti in totale circa 21 pupari parassitizzati da *E. formosa* per m<sup>2</sup>, seguendo due diversi schemi di lancio: nel primo sono stati effettuati 4 lanci distanziati di 14 giorni l'uno dall'altro; nel secondo 5 lanci a cadenza settimanale. Nel primo tunnel si è avuto un'infestazione massima di *T. vaporariorum* pari a 84,5 adulti per pianta e 76,6 stadi pre-immaginali (neanidi di IV età e pupari) per pianta che ha causato danni da melata. Nel secondo schema l'infestazione media più elevata è stata pari a 8,9 adulti per pianta e 14,9 stadi pre-immaginali per pianta. Queste differenze sono risultate altamente significative. Nel primo tunnel la percentuale massima di parassitizzazione (68,0%) è stata registrata 13 settimane dopo il primo lancio mentre nel secondo questa (65,0%) è stata raggiunta dopo 7 settimane. In estate, risulta quindi necessario effettuare i lanci a cadenza settimanale.

#### Biological Control of *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) by *Encarsia formosa* Gahan in Tunnel-Grown Tomato

#### SUMMARY

The trials were conducted over a three-year period (1985-87) in Italy's Emilia-Romagna Region (Po Valley), where tomato has two growing seasons, i.e. the spring from March to late

July-early August and the summer from June to early October. In spring, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) adults were found on plants in plastic tunnels in May, about two months following transplant. The yellow sticky traps proved to be very useful in detecting the onset of infestation. *Encarsia formosa* Gahan was released four times at fortnightly intervals (4.2 black scales/m<sup>2</sup> per release) in four tunnels. Parasitization rates ranging from 59.1 to 88.8% were recorded. During 1985, in the untreated tunnel, *T. vaporariorum* reached a significantly higher infestation than biocontrol tunnel and honeydew damage was found. During the 1987 summer cycle two release systems were used to introduce a total of about 21 *E. formosa* black scales/m<sup>2</sup> in two tunnels. The first included 4 releases at fortnightly intervals and the second 5 releases at weekly intervals. In the first tunnel the maximum *T. vaporariorum* infestation was equivalent to 84.5 adults per plant and 76.6 pre-imaginal instars (last two instars) per plant, which caused honeydew damage. In the second tunnel the maximum infestation was only 8.9 adults/plant and 14.9 pre-imaginal instars per plant. The differences were highly significant. In the first tunnel the maximum parasitization rate (68.0%) was recorded 13 weeks after the first release, while in the second the maximum rate (65.0%) only 7 week later. Weekly releases during the summer are suggested.

#### BIBLIOGRAFIA CITATA

- ARZONE A., 1976. - Indagini su *Trialeurodes vaporariorum* ed *Encarsia tricolor* in pien'aria. - *Inf.tore fitopatol.*, 11/12 : 5-10.
- BELLINI G., SCHILIRÒ E., VACANTE V., 1981. - Si può attuare la «lotta guidata» anche sul pomodoro coltivato sotto serra. - *Informatore Agrario*, 24 : 16107-16114.
- BENUZZI M., NICOLI G., 1988. - Lotta biologica e integrata nelle colture protette (Strategie e tecniche disponibili) - 168 pp. *Edizioni Centrale Ortofrutticola*, Cesena.
- BENUZZI M. NICOLI G., in stampa. - Integrated pest control on aubergine in unheated greenhouses in Northern Italy (Po Valley): Initial Results. - Joint Expert's Meeting, Cabriels, Spagna, 27-29 Maggio 1987: 15 pp.
- CALABRETTA C., 1982. - Lotta con trattamenti insetticidi e trappole cromotropiche gialle contro *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) su pomodoro in coltura protetta primaverile-estiva. - *Atti Giorn. Fit.* : 301-307.
- CELLI G., NICOLI G., BENUZZI M., 1987. - Biological Control in Protected Crops in Northern Italy's Po Valley. - *Bull. O.I.L.B./S.R.O.P.*, X/2 : 37-40.
- FIUME F., MAZZONE P., 1979. - Risultati preliminari sull'uso di *Encarsia formosa* Gahan (Hym. Aphelinidae) per il controllo di *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hom. Aleyrodidae) su fragola. - *Boll. Lab. Ent. Agr. Portici*, 36 : 150-159.
- GAHAN B., 1924. - Some new parasitic Hymenoptera with notes on several described forms. - *Proc. U.S. Nat. Mus. Washington*, 65 : 1-23.
- GERLING D., 1966. - Biological Studies on *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). - *Ann. Entom. Soc. America*, 59 : 142-143.
- HASSAN S.A., ALBERT R., BIGLER F., BLAISINGER P., BOGENSCHÜTZ H., BOLLER E., BRUN J., CHIYERTON P., EDWARDS P., ENGLERT W.D., HUANG P., INGLESFIELD C., NATION E., OOMEN P.A., OVERMEER W.P.J., RIECKMANN W., SAMSØE - PETERSEN L., STAUBLI A., TUSET J.J., VICCIANI G., VANWETSVINKEL G., 1987. - Results of the third joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS - Working Group «Pesticides and Beneficial Organisms». - *J. Appl. Ent.*, 103: 92-107.
- HARGREAVES E., 1915. - The life-history and habits of the Greenhouse White Fly (*Aleyrodes vaporariorum* Westd.). - *Ann. Appl. Biol.*, 1 (1914-15): 303-334.
- HELYER N.L., LEDIEU M.S., 1984. - Maintenance of integrated pest control programmes. - *G.C.R.I. Annual Report*, Littlehampton (GB): 86-90.
- HUSSEY N.W., BRAVENBOER L., 1971. - Control of Pests in Glasshouse Culture by the Introduction of Natural Enemies. - In: Huffaker C.B. (ed.). - *Biological Control*. - *Plenum Press*, New York: 195-216.

- HUSSEY N.W., 1985a. - History of Biological Control in Protected Culture: Western Europe. - In: Hussey N.W., Scopes N. (eds.). - Biological Pest Control: the Glasshouse Experience. - Blandford Press, Poole (GB): 11-22.
- HUSSEY N.W., 1985b. - Whitefly Control by Parasites - In: Hussey N.W., Scopes N. (eds.). - Biological Pest Control: the Glasshouse Experience. - Blandford Press, Poole (GB): 104-115.
- ISTAT, 1987. - Statistiche dell'Agricoltura, Foreste, Zootecnia, Caccia e Pesca anni 1985-1986. - Collana d'informazione, 2 : 68-76.
- LEDIEU M., 1985. - Evaluation of Side-Effects of Pesticides by the Glasshouse Crops Research Institute. - In: Hussey N.W., Scopes N. - Biological Pest Control: the Glasshouse Experience. - Blandford Press, Poole (GB): 153-161.
- LENTEREN J.C. VAN, NELL H.W., SEVENSTER - VAN DER LELIE L.A., WOETS J., 1976a - The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) - I. Host finding by the parasite. - *Ent. exp. and appl.*, 20: 123-130.
- LENTEREN J.C. VAN, NELL H.W., SEVENSTER - VAN DER LELIE L.A., WOETS J., 1976b - The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) III. Discrimination between parasitized and unparasitized hosts by the parasite. - *Z. ang. Ent.*, 81: 377-380.
- LENTEREN J.C. VAN, 1986 - Parasitoids in the greenhouse successes with seasonal inoculative release systems. - In: Greathead D.J., Waage J.K. (eds.). - Insect Parasitoids. - Academic Press, London: 341-374.
- LENTEREN J.C., 1987 - World situation of biological control in greenhouses and factors limiting use of biological control. - *Bull. O.I.L.B./S.R.O.P.*, X/2:78-81.
- LLOYD L.L., 1921 - Notes on a colour tropism of *Asterochiton (Aleurodes) vaporariorum*, Westwood. - *Bull. Entomol. Res.*, 12: 355-359.
- LLOYD L.L., 1922 - The control of the greenhouse white fly (*Asterochiton vaporariorum*) with notes on its biology. - *Ann. Appl. Biol.*, 9:1-32.
- MAZZONE P., 1976 - Notizie preliminari sui parassiti di *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Homoptera: Aleyrodidae) in Campania. - *Boll. Lab. Ent. Agr., Portici*, 33: 232-235.
- NECHOLS J.R., TAUBER M.J., 1977a - Age-specific interaction between the greenhouse whitefly and *Encarsia formosa*: influence of host on the parasite's ovideposition and development. - *Env. Ent.*, 6 (1): 143-149.
- NECHOLS J.R., TAUBER M.J., 1977b - Age-specific interaction between the greenhouse whitefly and *Encarsia formosa*: influence of the parasite on host development. - *Env. Ent.*, 6 (2): 207-210.
- NELL H.W., SEVENSTER - VAN DER LELIE L.A., WOETS J., LENTEREN J.C. VAN, 1976 - The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) II. Selection of host stages for ovideposition and feeding by the parasite. - *Z. ang. Ent.*, 81: 372-276.
- NUCIFORA A., VACANTE V., 1981 - Lotta integrata su gerbera contro *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) - *Colture protette*, 10 (3): 33-36.
- PARR W.J., GOULD H.J., JESSOP N.H., LUDLAM F.A.B., 1976 - Progress towards a biological control programme for glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) on tomatoes. - *Ann. appl. biol.*, 83: 349-363.
- PLATÈ M., CHIAPPINI E., 1983 - Prove di lotta con mezzi biologici e biotecnici contro *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) in serra. - *Boll. Zool. agr. Bachic.*, Ser. II,17:113-135.
- RUSSELL L.M., 1977 - Hosts and distribution of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). - *U.S.D.A. Coop. plant. pest rep.*, 2: 449-458.
- SCHRANDER F., 1926 - Notes on the english and american races of the Greenhouse White-Fly (*Trialeurodes vaporariorum*). - *Ann. Appl. Biol.*, 13: 189-196.
- SPEYER E.R., 1927 - An important parasite of the greenhouse white-fly (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood). - *Bull. Ent. Res.*, 17:301-308.

- STACEY D.L., 1977 - «Banker» plant production of *Encarsia formosa* Gahan and its use in the control of glasshouse whitefly on tomatoes. - *Pl. path.*, 26:63-66.
- STENSETH C., 1985 - Whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. - In: Hussey N.W., Scopes N. (eds.) - *Biological Pest Control: The Glasshouse Experience*. - Blandford Press, Poole (GB): 30-33.
- THOMSEN M., 1925 - Sex-determination in *Trialeurodes vaporariorum*. - *Nature*, 116:448.
- TREMBLAY E., 1981 - *Entomologia applicata*. Vol. 2/1, 310 pp. - Liguori Editore, Napoli.
- VACANTE V., 1982 - Effetto comparato di trappole cromotropiche e chinometionato, a raffronto con insetticidi di sintesi, nella lotta contro *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.). - *Atti Giorn. Fit.*: 295-300.
- VET L.E.M., LENTEREN J.C. VAN., WOETS J., 1980 - The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) IX. A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future research., - *Z. ang. Ent.*, 90:26-51.
- VIGGIANI G., MAZZONE P., 1980a - Non usiamo solo e male insetticidi per la lotta alla mosca bianca delle serre. - *Informatore Agrario*: 8947-8952.
- VIGGIANI G., MAZZONE P., 1980b - Sull'introduzione in Italia di *Encarsia pergandiella* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae), parassita di *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Homoptera: Aleyrodidae). - *Boll. Lab. Ent. Agr., Portici*, 37: 39-43.
- VEIRE M. VAN DE, VACANTE V., 1984 - Greenhouse whitefly control through the combined use of the colour attraction system with the parasite wasp *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae). - *Entomophaga*, 29 (3): 303-310.