

S. LIZZIO, G. SISCARO, S. LONGO

Analisi dei principali fattori di mortalità di *Aonidiella aurantii* (Maskell) in agrumeti della Sicilia

Riassunto - In relazione all'ampia diffusione di *Aonidiella aurantii* (Maskell) registrata nell'ultimo decennio negli agrumeti meridionali, sono stati analizzati i principali fattori di mortalità naturale agenti a carico delle sue popolazioni. I rilievi di campo sono stati condotti in due aziende della piana di Catania, caratterizzate da condizioni mesoclimatiche, cultivar e intensità di infestazione differenti. L'individuazione dei fattori "chiave" è stata basata sull'analisi di regressione lineare multipla tra la mortalità naturale della cocciniglia e alcuni indici ambientali dei principali fattori di contenimento biotici e abiotici. Nell'ambito di quest'ultimi, i più importanti sono risultati le basse temperature e, in minor misura, le elevate temperature; nessuna influenza, invece, è stata esercitata dall'umidità relativa. Fra i fattori biotici, l'ectoparassitoide *Aphytis melinus* DeBach, è risultato il principale fattore di regolazione delle popolazioni del diasmino indipendentemente dalla densità di quest'ultimo; mentre il predatore *Chilocorus bipustulatus* (L.) è risultato efficace solo ad alte densità di popolazione della cocciniglia, determinandone in questo caso un rapido declino.

Abstract - *Mortality key factors analysis of Aonidiella aurantii (Maskell) in Sicilian Citrus groves.*

The spreading of *Aonidiella aurantii* (Maskell) during the last ten years throughout the Italian citrus-groves led to carry out studies on its mortality key factors. The latter ones were detected by means of multiple linear regression analysis. Field investigations were carried out in two citrus orchards with different infestation levels, cultivars and mesoclimatic conditions. Low temperatures have been more effective than the higher ones in containing the insect populations, while relative humidity had no influence. Among natural enemies, *Aphytis melinus* De Bach and *Chilocorus bipustulatus* (L.) have been the most effective. Particularly the ectoparasitoid *A. melinus* resulted the most important regulating factor of *A. aurantii* population at any host density levels. On the contrary, the predator *C. bipustulatus* has been effective only at the high prey population level, causing, in that case, the rapid decline of the scale population.

Key words: California red scale, mortality, temperature, relative umidity, natural enemies.

INTRODUZIONE

Aonidiella aurantii (Mask.), comunemente nota come "cocciniglia rossa" o "rossa di California", è uno dei diasmini più perniciosi agli agrumi in tutto il mondo; essa è particolarmente dannosa in molte regioni temperate e subtropicali dell'Australia, del Sud Africa, della California e del Bacino del Mediterraneo, mentre in quelle tropicali non determina, in genere, danni economicamente apprezzabili (Compere, 1961; Ebeling, 1959).

In Italia la sua prima segnalazione è avvenuta in Campania agli inizi di questo secolo (Leonardi, 1907); successivamente, sono stati rinvenuti focolai d'infestazione in altre regioni della penisola (Puglia, Lazio, Liguria), senza mai interessare ampi complessi agrumicoli (Boselli, 1928; Silvestri, 1933). A partire dagli anni settanta la cocciniglia si è gradualmente diffusa in quasi tutta l'Italia meridionale. In Sicilia, le prime infestazioni hanno riguardato esclusivamente il limone rimanendo confinate in alcune località delle province di Messina (Inserra, 1966) e Palermo (Liotta, 1970), il diasmino si è successivamente diffuso nei limoneti litorali della Sicilia orientale e negli aranceti della Piana di Catania (Longo & Russo, 1986); allo stato attuale è presente in tutte le zone agrumate dell'isola (Longo *et al.*, 1994; Lizzio, 1996). Le infestazioni più gravi si verificano in genere negli ambienti caldo-aridi, ove l'efficacia degli agenti biotici di contenimento sembra essere assai modesta e quindi insufficiente a mantenere la cocciniglia al di sotto della soglia economica d'intervento chimico. Allo stato attuale tale soglia viene orientativamente indicata nella presenza di una femmina per 10 cm di rametto e può variare in funzione di diversi parametri ecologici, agronomici ed economici (Barbagallo *et al.*, 1994).

In Italia le ricerche su *A. aurantii* hanno riguardato essenzialmente la morfologia (Lupo, 1936), la diffusione e la biologia (Inserra, 1969; Liotta 1970), il controllo chimico (Inserra, 1968; Barbagallo *et al.*, 1975; Di Martino & Benfatto, 1982), la dinamica di popolazione (Liotta *et al.*, 1985), la fenologia (Benfatto & Carroccio, 1996), l'introduzione di alcune specie di entomofagi esotici (Inserra, 1966; Liotta *et al.*, 1990) e il complesso parassitario (Battaglia & Viggiani, 1982; Perricone & Liotta, 1988; Benfatto & Cucinotta, 1994). Allo stato attuale, comunque, non si hanno sufficienti elementi per valutare le cause determinanti l'elevata dannosità del diasmino e il ruolo svolto dai vari fattori di mortalità. La conoscenza di tali aspetti è tuttavia importante per la messa a punto di idonei programmi di controllo, mediante i quali è possibile esaltare l'azione dei fattori di controllo naturale delle popolazioni dei fitofagi con opportuni interventi biologici, chimici e agronomici, nel rispetto dei principi ecologici, tossicologici ed economici sui quali poggia la lotta integrata (Viggiani, 1977).

Scopo dell'indagine è stato quello di verificare, mediante analisi biometriche computerizzate, l'influenza sulle popolazioni del diasmino di alcuni fattori biotici e abiotici di mortalità, ritenuti di notevole importanza in ambienti a clima mediterraneo.

MATERIALI E METODI

Descrizione dei campi sperimentali

Lo studio è stato condotto in due agrumeti della Piana di Catania. Il primo, di

seguito denominato "Azienda Sisinna", è sito nel comune di Ramacca (CT), contrada "Iannarella", esteso circa 60 ettari e coltivato quasi esclusivamente ad arancio della cultivar Tarocco comune. All'inizio delle osservazioni tutte le piante presentavano un livello d'infestazione sufficientemente uniforme, valutato intorno a 4 femmine per dmq di superficie vegetale. Il campo sperimentale, delimitato in tale azienda, era esteso circa 1,7 ettari, di forma pressoché triangolare e con giacitura pianeggiante; le piante - di 25 anni di età - erano disposte al sesto di m 5 x 4. I dati climatici sono stati rilevati mediante un termoigrografo posto nel campo sperimentale. Le osservazioni sono state condotte da gennaio 1994 a novembre 1995.

Il secondo agrumeto, di seguito denominato "Azienda Costantina", di circa 450 ettari, è sito nel comune di Paternò (CT), contrada "Ponte Barca". Il campo sperimentale aveva forma rettangolare e un'estensione di circa 4 ettari; le piante - dell'età di 20 anni, della cultivar Valencia late - erano disposte al sesto d'impianto di m 6 x 4. La densità media di infestazione iniziale era di 10 femmine per dmq. I dati climatici sono stati rilevati con un termoigrografo posto a una distanza di circa 500 metri dal campo sperimentale. In tale biotopo le osservazioni sono state condotte da maggio 1994 a novembre 1995.

In ambedue i campi sperimentali, per tutta la durata delle osservazioni, non sono stati effettuati trattamenti fitosanitari.

Campionamenti e osservazioni di laboratorio

Nei due agrumeti le indagini sono state condotte su un blocco di 32 piante contigue, poste al centro di ciascun campo sperimentale. I blocchi, così individuati, sono stati suddivisi in otto gruppi di quattro piante ciascuno. A intervalli quindicinali, da ogni pianta di ciascun gruppo, dopo aver scelto a caso l'esposizione e l'altezza dal suolo (0 \div 1,5 m e $>$ 1,5 m), veniva prelevato un rametto di due anni lungo circa 40 cm, completo di foglie e, se presenti, di frutti. Essendo noto che la mortalità e i tassi di sviluppo e di riproduzione di *A. aurantii* differiscono significativamente nei diversi organi della pianta (Atkinson, 1977), è stata considerata separatamente la popolazione presente sui rametti e quella sui frutti.

La densità delle femmine fecondate è stata determinata conteggiando quelle presenti sull'asse principale di 24 rametti e sui relativi frutti. La frazione di popolazione presente sulle foglie non è stata considerata ai fini delle elaborazioni in relazione alla sua esiguità. Di ciascun campione è stata calcolata, quindi, la superficie dei rametti e quella dei frutti. Ai fini delle successive elaborazioni statistiche è stata considerata la "densità di popolazione assoluta" (Southwood, 1978) riferendo il numero delle femmine all'unità di superficie dei rispettivi organi infestati (numero di femmine per dmq di rametto e di frutto).

La distribuzione percentuale degli stadi biologici e i tassi di parassitizzazione e predazione sono stati valutati sui rimanenti 8 rametti del campione; a tal fine sono stati osservati 500 esemplari sui rametti e 200 sui frutti.

Il monitoraggio dei predatori è stato condotto su 16 piante adiacenti a ciascun blocco sperimentale. L'intensità di popolazione dei predatori (*sensu* Southwood,

1978), espressa come numero di esemplari per rametto (della lunghezza di circa 40 cm), è stata valutata mediante battitura.

L'intensità dei parassitoidi, è stata determinata sfruttando l'effetto kairomonico del feromone sessuale di *A. aurantii* nei confronti di *Aphytis melinus* DeBach (Samways, 1988a). A tal fine in ciascun campo sperimentale sono state collocate tre trappole del tipo a "fermaglio" (*paper clip card trap*) (AA.VV., 1984), poste a una distanza di circa 100 m l'una dall'altra e a un'altezza dal suolo di circa 1,5 m. Ogni trappola era costituita da un rettangolo di polipropilene bianco di 7,6 x 12,7 cm (3 x 5 pollici), spalmato di vischio entomologico su entrambi i lati, e da un fermaglio metallico al quale veniva agganciato il dispenser contenente il feromone sessuale sintetico. Si è optato per tali trappole in quanto risultano meno attrattive, rispetto a quelle gialle, nei confronti di afidi, aleirodi, ditteri e imenotteri (Samways, 1986; 1988a). Le trappole sono state sostituite settimanalmente e il dispenser ogni quattro settimane.

Stima della mortalità naturale

Come è noto, per lo studio della dinamica delle popolazioni animali è necessario mettere a punto delle specifiche tavole demografiche (*life tables*), dalla cui analisi è possibile individuare i principali fattori di mortalità (*key factors*) e/o di regolazione.

Considerato che nelle regioni meridionali, similmente a quelle subtropicali, le generazioni di *A. aurantii* si sovrappongono totalmente solo durante la tarda estate, la messa a punto di tavole demografiche "tempo-specifiche" (Southwood, 1978) è inattuabile, mentre la realizzazione di tavole "età specifiche" (Bellows *et al.*, 1992) può risultare difficoltosa a causa della contemporanea presenza di più stadi biologici e dell'azione criptica (es. *host feeding*) di alcuni fattori di mortalità (es. parassitoidi, predatori, temperature estreme); inoltre, gli esemplari morti tendono ad accumularsi sul substrato determinando una sovrastima della mortalità complessiva (Atkinson, 1977).

Per ovviare ai suddetti inconvenienti nel presente studio è stato adottato un modello di analisi in cui la mortalità (K), intesa come espressione congiunta di tutti i fattori di riduzione della popolazione, è stata riferita all'intera generazione e nel cui ambito è stata considerata solo la densità delle femmine feconde. L'analisi è stata limitata alla sola frazione di popolazione vivente sui rami, poiché quest'ultima è quella che maggiormente condiziona la dinamica del sistema pianta-fitofago. La popolazione sui frutti è stata esclusa dall'analisi in quanto, per la temporanea presenza di tali organi, il numero di generazioni osservate è risultato insufficiente per una corretta applicazione del modello. La stima della mortalità (K) è stata effettuata mediante i due metodi di seguito illustrati.

Metodo "Rogers-Moran"

Inizialmente messo a punto da Moran (1950) per l'analisi delle fluttuazioni delle popolazioni, il metodo è stato descritto da Rogers (1979). Graficamente vengono riportati sulle ascisse di un sistema di assi cartesiani (*Moran's scatter-diagram*) i valori

(N_t) della densità al tempo t e sulle ordinate quelli (N_{t+1}) al tempo $t+1$ (Williamson, 1972). Esprimendo i valori della densità, relativi a ciascuna generazione, in logaritmi e tracciando una retta in corrispondenza del massimo tasso di accrescimento netto tra una generazione e l'altra ($\log R_0$), la differenza tra il livello della retta e ciascun punto, rappresenta la mortalità della generazione (K), in quanto differenza tra i logaritmi della densità massima osservata e della densità attuale (fig. 1).

Il metodo può essere applicato sia a popolazioni con parziale o totale sovrappo-

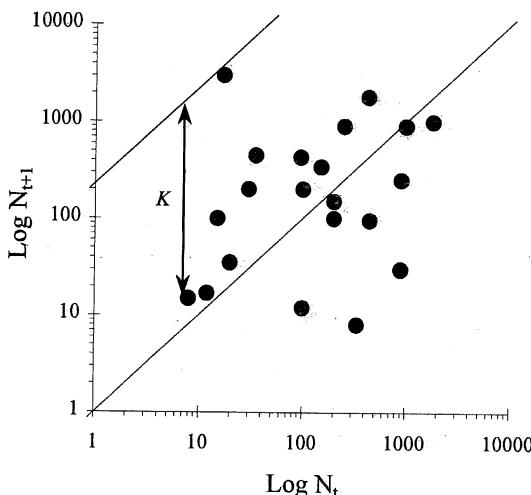


Fig. 1 - Diagramma "Rogers-Moran".

sizione delle generazioni, a condizione che vengano determinati esattamente i limiti delle singole generazioni. Per *A. aurantii* la loro durata è stata espressa in gradi giorno (GG), considerando quale soglia termica di sviluppo 12°C (Atkinson, 1977). La costante termica media della generazione del diasmino sui rami, determinata in insettario, è pari a circa 910 GG (Atkinson, 1983); tuttavia considerato che, in pieno campo, si verifica una parziale sovrapposizione delle generazioni, l'autore suggerisce di ridurre tale valore a 870 GG.

Il calcolo dei gradi giorno è stato effettuato mediante un software appositamente realizzato; il programma prevede l'impiego di diversi algoritmi di calcolo e la possibilità di modificare le soglie termiche di sviluppo. Nel corso dello studio è stato utilizzato l'algoritmo della curva seno (Allen, 1976).

Metodo "Southwood modificato"

Originariamente descritto da Southwood *et al.* (1972) il metodo è basato sul calcolo della densità prevista alla fine di una generazione partendo dal numero di uova deposte dalle femmine della generazione precedente; la mortalità (K) viene ottenuta

dalla differenza tra il logaritmo della densità prevista e il logaritmo della densità osservata alla fine della generazione.

Atkinson (1983) ha calcolato il numero delle neanidi di *A. aurantii* ottenibili nel corso di una generazione per mezzo di un'equazione polinomiale, derivante dall'analisi di regressione tra il numero di neanidi nate giornalmente da ogni femmina e i seguenti fattori: età riproduttiva delle femmine, numero di giorni necessario alla maturazione delle uova, temperatura e umidità relativa riferite al giorno dell'emergenza. La densità, prevista alla fine della generazione, veniva quindi ottenuta dalla sommatoria delle neanidi nate dalle femmine presenti all'inizio della generazione considerata.

Nel presente studio il numero delle neanidi per generazione è stato calcolato utilizzando un modello di sviluppo della popolazione del diaspino, basato sulla metodologia descritta da Wit & Goudriaan (1978) e realizzato con il software di simulazione CSMP (*Continuos System Modelling Program*) (Lizzio, 1996). La versione del modello impiegata, escludeva qualsiasi fattore di mortalità e considerava i tempi di sviluppo e la loro variabilità nonché i tassi di deposizione e di senescenza delle femmine in funzione della temperatura. All'inizio di ogni generazione, assumendo una sex-ratio di 1:1, il modello veniva inizializzato inserendo la densità delle femmine osservata in campo; la densità attesa veniva automaticamente calcolata dal modello, sommando le neanidi femminili fino al momento in cui la sommatoria dei gradi giorno raggiungeva il valore assunto quale durata della generazione (870 GG). Considerato che le femmine osservate in campo comprendevano esemplari di diversa età la loro densità iniziale è stata distribuita, nel modello, in sottoclassi di età.

Analisi dei fattori chiave

L'individuazione dei fattori chiave è stata basata sull'analisi di regressione tra la mortalità rilevata in ciascuna generazione (K) e alcuni indici ambientali ritenuti potenziali fattori limitanti della popolazione. Nella tabella 1 sono elencati gli indici utilizzati nell'analisi. Ogni indice rappresenta la media aritmetica o la sommatoria dei valori assunti dai singoli fattori nel corso dell'intera generazione; in alcuni casi si è ritenuto opportuno valutare l'azione di alcuni di essi limitatamente alla prima o alla seconda metà della generazione.

Nell'ambito dei fattori abiotici sono state considerate solo la temperatura e l'umidità relativa; la piovosità è stata esclusa dall'analisi a causa della mancanza di dati affidabili relativi ai campi sperimentali.

Al fine di evidenziare gli effetti della temperatura sono stati considerati i seguenti indici: media della temperatura massima giornaliera durante la generazione (MAXT); media della temperatura minima giornaliera durante la prima metà (MINT-1) e durante l'intera generazione (MINT). Il riferimento alla temperatura minima nella prima metà della generazione, ha lo scopo di evidenziarne i potenziali effetti sui primi stadi preimmaginali del diaspino o sui tassi di deposizione delle femmine. Gli indici relativi alla sommatoria dei gradi giorno sono stati calcolati in rapporto alla soglia termica di sviluppo ($GG < 12$) (Atkinson, 1977) e alle temperature in grado di causare

Tab. 1 - Fattori ambientali e relativi indici considerati nell'analisi di regressione.

Fattori	Indici	Intervallo	Simbolo
Temperatura	Media della temperatura massima giornaliera	Generazione	MAXT
	Media della temperatura minima giornaliera	Generazione	MINT
	Media della temperatura minima giornaliera	Prima metà generazione	MINT-1
	Accumulazione GG superiori a 30 °C (log x)	Generazione	GG>30
	Accumulazione GG inferiori a 20 °C (log x)	Generazione	GG<20
	Accumulazione GG inferiori a 15 °C (log x + 1)	Generazione	GG<15
	Accumulazione GG inferiori a 12 °C (log x + 1)	Generazione	GG<12
Umidità relativa	Media dell'umidità relativa media giornaliera	Generazione	URMED
	Media dell'umidità relativa minima giornaliera	Generazione	URMIN
	Media dell'umidità relativa massima giornaliera	Generazione	URMAX
	Media dell'umidità relativa massima giornaliera	Prima metà generazione	URMAX-1
Parassitoidi	Intensità media <i>A. melinus</i> per trappola (log 10x)	Generazione	APHT
	Intensità media <i>A. melinus</i> per trappola (log 10x)	Prima metà generazione	APHT-1
	Intensità media <i>A. melinus</i> per trappola (log 10x)	Seconda metà generazione	APHT-2
Predatori	Intensità media <i>C. bipustulatus</i> per ramo (log 100x)	Generazione	PRED
	Intensità media <i>C. bipustulatus</i> per ramo (log 100x)	Prima metà generazione	PRED-1

un significativo incremento della mortalità ($GG < 15$) (Willard, 1972) o una repentina diminuzione del tasso di accrescimento intrinseco (r_m) ($GG < 20$, $GG > 30$) (Mc Laren, 1971).

L'azione dell'umidità relativa è stata valutata mediante i seguenti indici: media dell'umidità relativa giornaliera durante la generazione (URMED), media dell'umidità relativa minima e massima giornaliera durante la prima metà (URMIN-1, URMAX-1) e durante l'intera generazione (URMIN, URMAX).

Nell'ambito dei fattori biotici sono stati considerati il parassitoide (*A. melinus*) e il predatore (*Chilocorus bipustulatus* (L.)) più frequentemente riscontrati. Gli indici riguardanti il primo entomofago esprimevano l'intensità media, intesa quale numero di adulti catturati settimanalmente con le trappole a feromone nel corso dell'intera generazione del diaspino (APHT), nonché durante la prima (APHT-1) e la seconda metà (APHT-2) di quest'ultima. Quelli relativi al predatore sono stati riferiti esclusivamente all'intensità degli adulti catturati durante l'intera generazione (PRED) e nella prima metà di essa (PRED-1). Di entrambi gli entomofagi è stata considerata l'intensità degli adulti, in quanto tale parametro presenta maggiore oggettività rispetto alle osservazioni effettuabili in laboratorio su parassitizzazione e predazione; infatti, a causa del difficile rilevamento strumentale (es. uova del parassitoide non facilmente osservabili; *host feeding*; esemplari interamente divorati dai predatori, ecc.), tali osservazioni risultano estremamente laboriose e i dati ottenuti non sono idonei per analisi di tipo quantitativo.

L'ipotesi di dipendenza funzionale tra la mortalità e le suddette variabili ambientali è stata verificata mediante l'analisi di regressione multipla, saggiando preliminarmente gli indici di ogni fattore mediante regressione semplice. Tale procedura, unitamente alle considerazioni di ordine biologico, rappresenta uno dei criteri fondamentali su cui si basa, almeno in prima approssimazione, l'individuazione delle variabili da analizzare con la regressione multipla. L'eliminazione delle variabili non significative è stata effettuata mediante la *stepwise analysis* (Camussi *et al.*, 1986) o per tentativi, escludendo di volta in volta le variabili con i valori più bassi del *t* di Student e le regressioni con il minore coefficiente di determinazione multipla (R^2).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Andamento delle fluttuazioni della densità di A. aurantii e della parassitizzazione di A. melinus.

Nella fig. 2 è riportata la densità delle femmine fecondate osservata sui rametti e sui frutti nei due biotopi d'indagine.

Nell'“Azienda Sisinna” la densità media sui rametti, riferita all'intero periodo di osservazione, è stata di 2,46 femmine per dmq ($DS = 1,76$). In particolare, nel 1994 essa si è mantenuta intorno a 2,92 femmine per dmq ($DS = 1,75$) rimanendo al di sotto della soglia d'intervento, che corrisponde a circa 5,5 femmine per dmq. Solo nella prima decade di aprile (8,3 femmine per dmq), all'inizio di maggio (6,1 femmine per

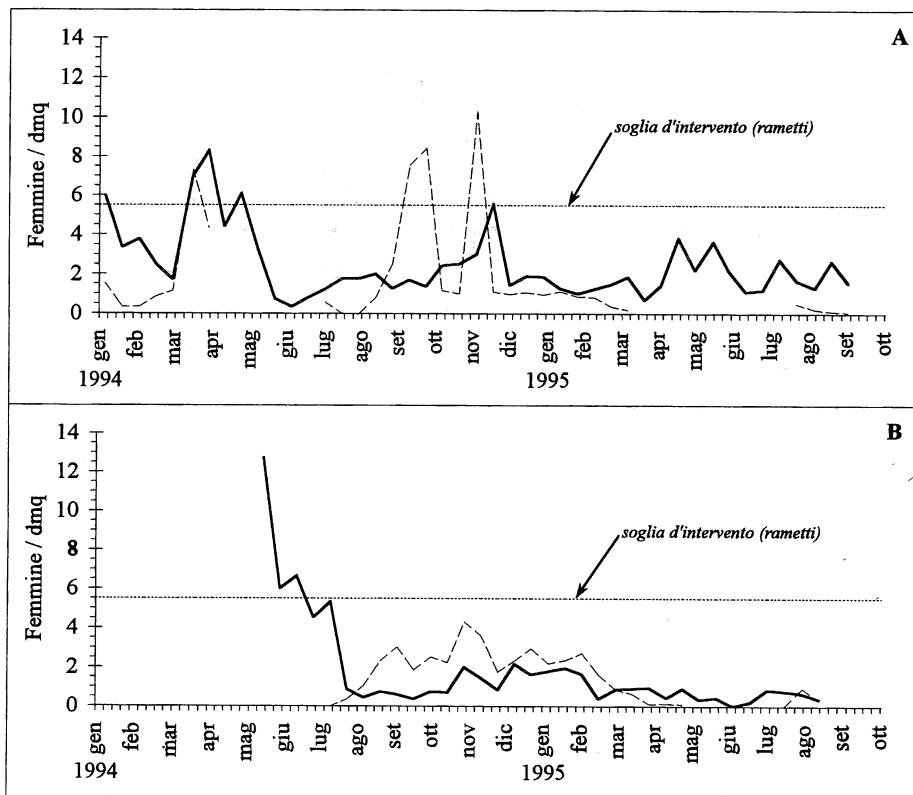


Fig. 2 - Densità delle femmine di *A. aurantii* osservata nel biennio 1994-95 nell'“Azienda Sisinna” (A) e nell’“Azienda Costantina” (B) sui rametti (linea continua) e sui frutti (linea tratteggiata).

dmq) e alla fine del mese di novembre (5,6 femmine per dmq) del 1994 è stata superata la suddetta soglia. Sui frutti la densità media ha raggiunto valori elevati nel mese di marzo (7,28 femmine per dmq), agli inizi del mese di ottobre (8,4 femmine per dmq) e nel mese di novembre (10,27 femmine per dmq). Nel 1995, la densità media è stata nettamente inferiore ($M = 1,83$) e ha mostrato minori oscillazioni ($DS = 0,87$). La parassitizzazione attiva a opera di *A. melinus* è stata in media del 16% sui rametti e del 21% sui frutti.

Nell’“Azienda Costantina”, la densità media sui rametti è stata di 1,8 femmine per dmq ($DS = 2,54$). Nel 1994, sino al mese di giugno, essa si è mantenuta costantemente al di sopra della soglia d'intervento, con un massimo di 12,7 femmine per dmq di rametto alla fine di maggio. A partire dal mese di agosto la densità si è notevolmente ridotta, mantenendosi intorno a 0,89 femmine per dmq ($DS = 0,58$) fino al termine delle osservazioni. La densità sui frutti ha raggiunto un valore massimo di

4,32 femmine per dmq, nella prima decade di novembre del 1994. La parassitizzazione attiva a opera dell'afelinide è stata in media del 12% sui rametti e del 26% sui frutti.

Nel 1994, in entrambi i biotopi, la densità delle femmine ha spesso superato la soglia d'intervento, determinando rilevanti danni ai frutti. Nel 1995, nell'“Azienda Sisinna”, la densità sui rametti è diminuita solo leggermente, mentre nell'“Azienda Costantina” si è verificata una drastica riduzione della popolazione, culminata, nel mese di giugno, con l'assenza di femmine sui rametti campionati.

Stima della mortalità naturale

Nella fig. 3 sono illustrati gli andamenti della mortalità ottenuti con i due metodi di stima.

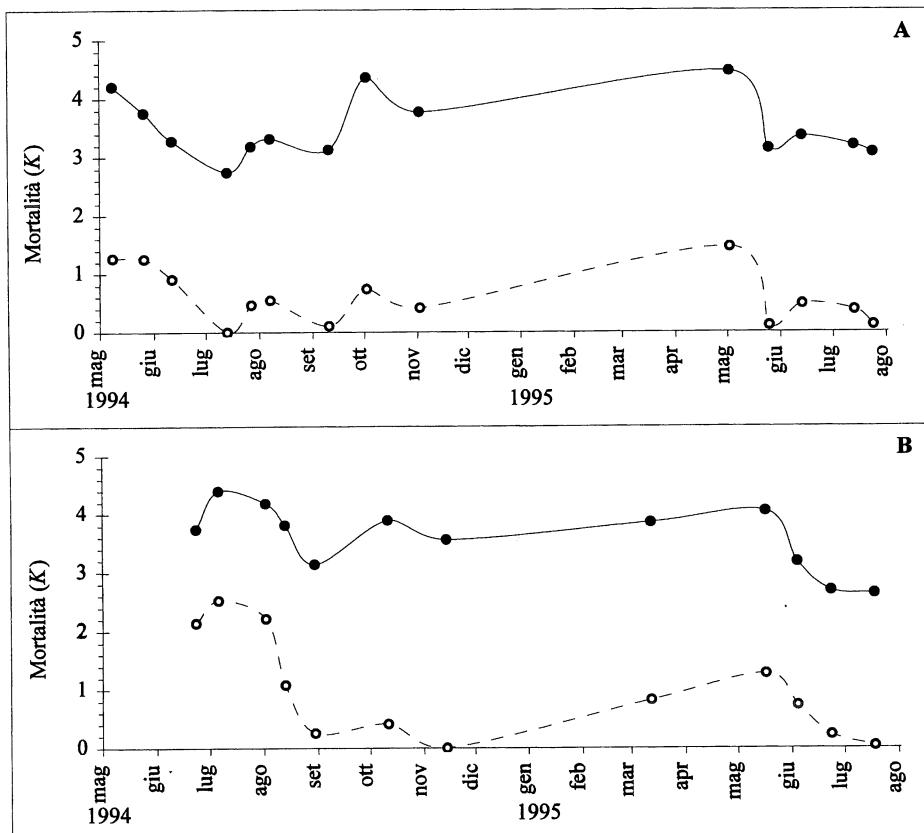


Fig. 3 - Andamento della mortalità totale della popolazione di *A. aurantii* presente sui rametti nell'“Azienda Sisinna” (A) e nell'“Azienda Costantina” (B), calcolata con i metodi “Rogers-Moran” (linea tratteggiata) e “Southwood modificado” (linea continua).

In ciascun biotopo le due curve mostrano andamento simile; il livello medio della mortalità determinata con il metodo "Rogers-Moran", è sempre inferiore a quello del metodo "Southwood modificato".

Tali differenze sono in parte imputabili alla sottostima della mortalità con il primo metodo; esso, infatti, presuppone che il massimo tasso di accrescimento netto osservato sia il più elevato possibile per quelle specifiche condizioni ambientali e che a esso corrisponda una mortalità nulla. In realtà vi è sempre una certa quota di mortalità (Atkinson, 1983). Con il metodo "Southwood modificato", al contrario, probabilmente viene sovrastimata la mortalità, a causa degli inevitabili errori di valutazione della fertilità delle femmine. Nel modello di simulazione, infatti, sono stati inseriti i valori della fertilità ottenuti in laboratorio su dischi di foglia (Willard, 1972) cautelativamente diminuiti del 20%. Comunque, la mortalità stimata con tale metodo, nonostante la suddetta approssimazione, è da considerare più verosimile in quanto non presenta gli artificiosi valori nulli ottenuti con il metodo "Rogers-Moran".

Analisi di regressione e individuazione dei fattori chiave

I risultati dell'analisi di regressione lineare semplice, relativi ai due biotopi, sono riportati nelle tabelle 2 e 3.

A causa della presenza di valori nulli della mortalità stimata con il metodo "Rogers-Moran", la quasi totalità delle relative regressioni lineari non sono risultate significative.

Considerando le regressioni lineari semplici relative al metodo "Southwood modificato", si evidenzia una correlazione negativa tra la mortalità naturale e la temperatura in entrambi i biotopi. Nell'"Azienda Sisinna", in particolare, gli indici relativi alle temperature minime sono risultati significativi ($P \leq 0,05$) (MINT-1) o altamente significativi ($P \leq 0,01$) (MINT-1, GG < 20 , GG < 15 , GG < 12), mentre, nell'"Azienda Costantina", è risultato significativo solo l'indice relativo alla prima metà della generazione (MINT-1). In tale azienda, l'azione limitante di questo fattore, non sembra essere stata determinante; infatti, la media delle temperature minime, registrate da dicembre '94 a marzo '95, è stata più elevata di 2,8 °C rispetto a quella dell'"Azienda Sisinna" (fig. 4). In quest'ultimo biotopo anche i due indici riguardanti le temperature massime (MAXT, GG > 30) sono risultati altamente significativi e con un coefficiente di correlazione negativo, indicando quindi che tale fattore non ha influenzato la mortalità delle popolazioni. L'analisi di regressione semplice, com'è stato confermato dalla successiva analisi di regressione multipla, può comunque risultare fuorviante (Barrai, 1984); l'effetto di un fattore, infatti, può essere mascherato da quello di altri fattori a cui è strettamente correlato. Nel caso in esame, l'indice relativo alla temperatura massima (MAXT) è correlato con quello della temperatura minima (MINT) sia nell'"Azienda Sisinna" ($R = 0,97$; $P < 0,001$) che nell'"Azienda Costantina" ($R = 0,98$; $P < 0,001$) e non è da escludere quindi che anche le elevate temperature abbiano avuto un effetto limitante sulle popolazioni del fitomizo.

Gli indici dell'umidità relativa sono risultati significativi e correlati positivamente

Tab. 2 - "Azienda Sisinna", statistiche riassuntive delle regressioni semplici. "n.s." non significativo; " * " e " ** " indicano rispettivamente significatività per $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$.

Azienda Sisinna									
Metodo "Rogers-Moran"					Metodo "Southwood"				
Indice	R	R ²	Stat. t	Sign.	Indice	R	R ²	Stat. T	Sign.
MAXT	-0,415	0,172	-1,58	n.s.	MAXT	-0,802	0,644	-4,66	**
MINT	-0,521	0,271	-2,11	*	MINT	-0,845	0,715	-5,48	**
MINT-1	-0,693	0,480	-3,33	**	MINT-1	-0,643	0,413	-2,91	*
GG > 30	-0,279	0,078	-1,01	n.s.	GG > 30	-0,697	0,486	-3,37	**
GG < 20	0,496	0,246	1,98	n.s.	GG < 20	0,808	0,653	4,75	**
GG < 15	0,486	0,236	1,93	n.s.	GG < 15	0,771	0,595	4,20	**
GG < 12	0,468	0,219	1,83	n.s.	GG < 12	0,783	0,613	4,36	**
URMED	0,116	0,013	0,40	n.s.	URMED	0,614	0,377	2,70	*
URMIN	0,079	0,006	0,27	n.s.	URMIN	0,560	0,314	2,34	*
URMAX	0,233	0,054	0,83	n.s.	URMAX	0,708	0,501	3,47	**
URMIN-1	0,132	0,017	0,46	n.s.	URMIN-1	0,565	0,319	2,37	*
URMAX-1	0,262	0,069	0,94	n.s.	URMAX-1	0,527	0,278	2,15	n.s.
APHT	0,162	0,026	0,57	n.s.	APHT	0,549	0,301	2,27	*
APHT-1	0,510	0,260	2,06	n.s.	APHT-1	0,667	0,445	3,10	**
APHT-2	-0,089	0,008	-0,31	n.s.	APHT-2	0,343	0,117	1,26	n.s.
PRED	0,097	0,009	0,34	n.s.	PRED	0,221	0,049	0,79	n.s.
PRED-1	0,013	0,018	0,47	n.s.	PRED-1	0,388	0,151	1,46	n.s.

Tab. 3 – “Azienda Costantina”, statistiche riassuntive delle regressioni semplici. “n.s.” non significativo; “*” e “**” indicano rispettivamente significatività per $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$.

Azienda Costantina									
Metodo “Rogers-Moran”					Metodo “Southwood”				
Indice	R	R ²	Stat. t	Sign.	Indice	R	R ²	Stat. T	Sign.
MAXT	0,456	0,208	1,62	n.s.	MAXT	-0,149	0,022	-0,48	n.s.
MINT	0,366	0,134	1,25	n.s.	MINT	-0,221	0,049	-0,72	n.s.
MINT-1	0,127	0,016	0,40	n.s.	MINT-1	-0,796	0,634	-4,16	**
GG > 30	0,472	0,223	1,69	n.s.	GG > 30	-0,085	0,007	-0,27	n.s.
GG < 20	-0,243	0,059	-0,79	n.s.	GG < 20	0,186	0,035	0,60	n.s.
GG < 15	-0,421	0,177	-1,47	n.s.	GG < 15	0,122	0,015	0,39	n.s.
GG < 12	-0,421	0,177	-1,47	n.s.	GG < 12	0,173	0,030	0,56	n.s.
URMED	-0,436	0,190	-1,53	n.s.	URMED	0,108	0,012	0,34	n.s.
URMIN	-0,439	0,193	-1,54	n.s.	URMIN	0,068	0,004	0,21	n.s.
URMAX	0,433	0,188	1,52	n.s.	URMAX	0,635	0,403	2,60	*
URMIN-1	-0,405	0,164	-1,40	n.s.	URMIN-1	0,120	0,008	0,38	n.s.
URMAX-1	0,310	0,096	1,03	n.s.	URMAX-1	0,482	0,232	1,74	n.s.
APHT	-0,716	0,513	-3,24	**	APHT	-0,167	0,028	-0,54	n.s.
APHT-1	-0,605	0,366	-2,40	*	APHT-1	0,037	0,001	0,12	n.s.
APHT-2	-0,726	0,528	-3,34	**	APHT-2	-0,125	0,016	-0,40	n.s.
PRED	0,310	0,096	1,03	n.s.	PRED	0,667	0,368	2,41	*
PRED-1	0,235	0,055	0,76	n.s.	PRED-1	0,665	0,429	2,74	*

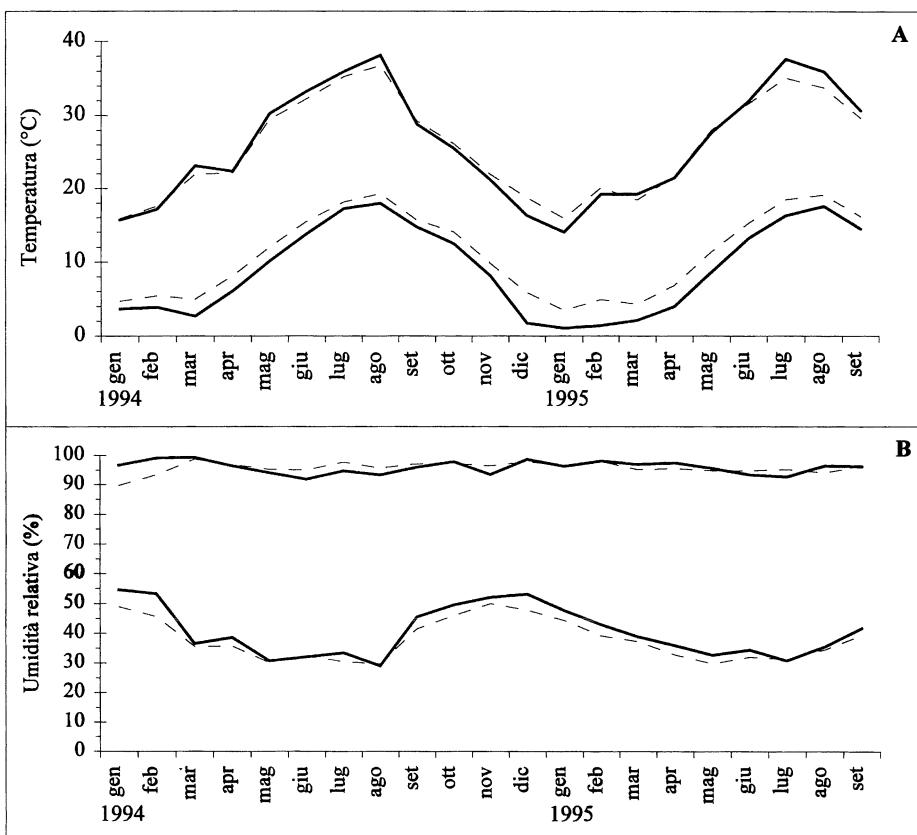


Fig. 4 - Medie mensili della temperatura massima e minima giornaliera (A) e dell'umidità relativa massima e minima giornaliera (B) registrate nel biennio 1994-95 nell'“Azienda Sisinna” (linea continua) e nell’“Azienda Costantina” (linea tratteggiata).

te con la mortalità sia nell’“Azienda Sisinna” (URMED, URMIN, URMAX, URMIN-1) che nell’“Azienda Costantina” (URMAX). Anche in questo caso l’azione limitante del fattore rimane dubbia, in quanto l’umidità relativa è fortemente condizionata dalla temperatura ambientale (fig. 4).

Per quanto riguarda l’azione dei fattori biotici di contenimento, gli indici relativi all’azione di *A. melinus* (APHT, APHT-1) nell’“Azienda Sisinna”, e quelli relativi a *C. bipustulatus* (PRED, PRED-1) nell’“Azienda Costantina” sono risultati significativi e correlati positivamente con la mortalità.

Tutti gli indici che nell’analisi preliminare di regressione semplice sono risultati significativi, sono stati successivamente sottoposti all’analisi di regressione multpla.

Le statistiche delle regressioni relative ai due biotopi sono riassunte nelle tabelle 4 e 5.

L'esclusione progressiva delle variabili non significative ha evidenziato che, nell'“Azienda Sisinna”, circa il 60% ($R^2 = 0,59$) della variabilità della mortalità è attribuibile alle temperature minime verificatesi durante la prima metà della generazione (MINT-1) e all'intensità media di *A. melinus* (APHT) (tab. 4). Considerando tale regressione, la temperatura minima rappresenta il fattore da cui è dipesa la maggiore quota di variabilità ($t = -2,79$, $P = 0,017$) mentre l'indice relativo ad *A. melinus*, anche se appena significativo ($P = 0,05$), ha determinato una quota di variabilità quasi pari a quella dell'indice ambientale ($t = 2,19$). La successiva esclusione dell'indice relativo all'afelinide mediante la *stepwise analysis* ha evidenziato che la sola temperatura minima, riferita all'intera generazione (MINT), è in grado di spiegare il 71% della mortalità ($P < 0,0001$). In questo biotopo, quindi, l'azione del parassitoide, anche se evidente, non sembra sia stata determinante in quanto il fattore che ha assicurato la maggiore percentuale di mortalità è stato, come detto, la temperatura minima.

Tab. 4 - “Azienda Sisinna”: statistiche della regressione multipla.

B	$R = 0,77$	$R^2 = 0,59$	$P = 0,007$
	ES di B	t	P
Intercetta	3,85	0,37	< 0,001
MINT-1	-0,06	0,02	0,017
APHT	0,38	0,17	0,05

Tab. 5 - “Azienda Costantina”: statistiche della regressione multipla.

	$R = 0,89$		$R^2 = 0,79$	$P = 0,004$
	B	ES di B	t	P
Intercetta	-1,87	1,34	1,38	0,20
MAXT	0,40	0,10	3,94	0,004
MINT	-0,51	0,13	-4,03	0,003
PRED	0,83	0,18	4,58	0,001

Nell'“Azienda Costantina” circa l'80 % ($R^2 = 0,79$) della variabilità della mortalità è imputabile alle temperature minime (MINT) e massime (MAXT) nonché all'intensità di *C. bipustulatus* durante l'intera generazione (PRED) (tab. 5). Contrariamente a quanto emerso dall'analisi di regressione semplice, le temperature massime sono risultate correlate positivamente con la mortalità, contribuendo quindi significativamente alla sua variazione ($t = 3,94$; $P = 0,004$). Anche le temperature minime sono state uno dei fattori da cui è dipesa un'elevata quota di variabilità della mortalità ($t = -4,02$; $P = 0,003$); tuttavia l'indice che spiega la maggiore frazione di mortalità, è l'intensità di *C. bipustulatus* ($t = 4,58$; $P = 0,001$). In questo

biotopo infatti, il predatore ha svolto un ruolo determinante nel controllo della popolazione del diaspino.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nei due biotopi indagati, caratterizzati da differenti livelli di infestazione iniziale e da diverse condizioni mesoclimatiche, l'analisi dei fattori di mortalità naturale delle popolazioni di *A. aurantii*, ha consentito di evidenziare il ruolo di alcuni dei principali fattori di limitazione del diaspino.

In tali ambienti lo sviluppo delle popolazioni di *A. aurantii* è stato sostanzialmente limitato dagli estremi termici, dall'afelinide *A. melinus* e dal coccinellide *C. bipustulatus*.

Le temperature minime hanno manifestato un'azione limitante più efficace rispetto alle massime; infatti l'analisi di regressione multipla ha evidenziato una significatività dell'indice relativo alle temperature minime in entrambi i biotopi, mentre quello relativo alle massime ha mostrato significatività solamente nell'"Azienda Costantina". Ciò indica una maggiore suscettibilità della specie nei confronti delle basse temperature, in buon accordo con quanto già evidenziato da Abdelrahman (1974), circa la tolleranza di gran parte degli stadi biologici di *A. aurantii* alle elevate temperature. Gli estremi termici, tuttavia, non sono sufficienti da soli a garantire la regolazione delle popolazioni, in quanto determinano solo temporanee e periodiche diminuzioni della densità, a prescindere dal livello raggiunto da quest'ultima (Huffaker *et al.*, 1971).

DeBach *et al.* (1971) hanno evidenziato che l'esclusione dei nemici naturali e quindi la sola azione dei fattori di contenimento abiotici determina, nel lungo periodo, una crescita esponenziale delle popolazioni del diaspino. Infatti, nella situazione indagata *A. melinus* ha svolto un importante ruolo di regolazione della popolazione del diaspino, con elevate percentuali di parassitizzazione nel periodo invernale e in primavera, mentre, all'inizio dell'estate, probabilmente a causa della ridotta disponibilità di stadi suscettibili dell'ospite, la parassitizzazione osservata è stata quasi nulla.

La mortalità attribuita all'attività dell'afelinide, anche se apparentemente modesta, nell'"Azienda Sisinna" è risultata sufficiente a mantenere le popolazioni del fitomizo entro densità medie inferiori alla soglia economica di dannosità. Le basse percentuali di parassitizzazione e il conseguente elevato punto di equilibrio, come già evidenziato da Reeve & Murdoch (1986), sono, probabilmente, conseguenza dei meccanismi responsabili della stessa stabilità del sistema ospite-parassitoide. Gli stessi Autori (1985; 1986) hanno accertato che l'azione di *A. melinus*, a livello spaziale, non è influenzata dalla densità dell'ospite e che i principali meccanismi stabilizzanti sono rappresentati sia dall'invulnerabilità alla parassitizzazione di alcuni stadi biologici dell'ospite ("rifugio temporale") che dalla ridotta suscettibilità alla parassitizzazione della popolazione vivente sui rami più grossi e sulle branche ("rifugio spaziale"). Tale equilibrio può essere facilmente turbato nell'agrumeo da diversi fattori naturali e antro-

pici, quali ad esempio i trattamenti fitosanitari con principi attivi non selettivi, la presenza di formiche, il particolare andamento climatico. L'elevato livello d'infestazione riscontrato all'inizio delle osservazioni nell'"Azienda Costantina" è da attribuire probabilmente alla pregressa gestione fitosanitaria basata su reiterati trattamenti con vari principi attivi, alle limitate escursioni termiche stagionali, nonché alla notevole diffusione della formica argentina (*Iridomyrmex humilis* Mayr), della quale è nota l'interferenza anche sugli afelinidi. Verosimilmente in tali condizioni a ogni generazione, una frazione crescente della popolazione del diasmino è sfuggita alla parassitizzazione di *A. melinus*, determinando così il progressivo incremento della sua densità.

L'attività di *C. bipustulatus* è stata rilevante solo quando la popolazione dell'ospite ha raggiunto densità superiori alla soglia d'intervento. Il chilocorino dunque, ha rappresentato un efficace ostacolo alla crescita della popolazione del diasmino, la quale, grazie alla repentina risposta funzionale e numerica del predatore, anziché raggiungere un nuovo punto di equilibrio è stata rapidamente ricondotta a livelli molto bassi e di gran lunga inferiori a quelli determinati da *A. melinus*. Concordemente a quanto evidenziato da Samways (1988b), quindi, anche negli agrumeti mediterranei quando il fitofago "sfugge" al controllo del parassitoide, l'unico fattore biotico capace di contenere lo sviluppo delle sue popolazioni è rappresentato dai coleotteri coccinellidi, tra i quali la specie più attiva negli ambienti di studio è risultata *C. bipustulatus*.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Prof. Salvatore Sisinna e il Sig. Francesco Mauro per aver gentilmente messo a disposizione i campi sperimentali.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1984 - Integrated Pest Management for citrus. - University of California, Publication 3303, 144 pp.
- ABDELRAHMAN I., 1974 - The effect of extreme temperatures on California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Hemiptera: Diaspididae) and its natural enemies. - Aust. J. Zool. 22: 203-212.
- ALLEN J.C., 1976 - A modified sine wave method for calculating degree days. - Environ. Entomol. 5: 388-396.
- ATKINSON P.R., 1977 - Preliminary analysis of a field population of citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) and the measurement and expression of stage duration and reproduction for life tables. - Bull. Ent. Res. 67: 65-87.
- ATKINSON P.R., 1983 - Estimates of natural mortality related to environmental factors in a population of citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). - Bull. Ent. Res. 73: 239-258.
- BARBAGALLO S., LONGO S., MINEO G., 1994 - Integrated control of Citrus pest in Italy. - Proc. Int. Soc. Citricolture, Acireale, 1992, 3: 978-984.
- BARBAGALLO S., DI MARTINO E., INSERRA S., LANZA G., 1975 - Prove di lotta estiva eseguite in Sicilia contro l'*Aonidiella aurantii* (Mask.). - Entomologica XI: 161-172.

- BARRAI I., 1984 - Metodi di regressione e classificazione in biometria. Edagricole, Bologna, 170 pp.
- BATTAGLIA D. & VIGGLANI G., (1982) – Osservazioni sulla distribuzione e sulla fenologia dell’*A. aurantii* (Mask.) (Homoptera: Diaspididae) e dei suoi nemici naturali in Campania. Ann. Fac. Agr. Portici, S. IV, 16 (2): 125-132.
- BELLOWS T.S., VAN DRIESCHE R.G., ELKINTON J.S., 1992 - Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. - Ann. Rev. Entomol. 37: 587-614.
- BENFATTO D. & CARROCCIO A., 1996 - Cocciniglia rossa forte degli agrumi: quando intervenire? -Inf.tore Agrario 38: 73-76.
- BENFATTO D., CUCINOTTA P., 1994 - Indagine sui parassitoidi di *Aonidiella aurantii* (Mask.) nell’Italia meridionale. Estr. Vol. Maf - Convegno “Lotta biologica”, Acireale 1991.
- BOSELLI F., 1928 - Elenco delle specie di insetti dannose e loro parassiti ricordati in Italia dal 1911 al 1925. Della Torre ed., Portici: 265 pp.
- CAMUSSI A., MÖLLER F., OTTAVIANO E., SARI GORLA M., 1986 - Metodi statistici per la sperimentazione biologica. Zanichelli, Bologna: 500 pp.
- COMPERE H., 1961 - The red scale and its insect enemies. - Hilgardia, 31: 173-278.
- DEBACH P., ROSEN D., KENNEDY C.E., 1971 - Biological control of coccids by introduced natural enemies. Chap. 7. In: C.B. HUFFAKER (Ed.), Biological Control. Plenum Press, New York & London.
- DI MARTINO E., BENFATTO D., 1982 - Prove invernali di lotta contro *Aonidiella aurantii* (Mask.). Atti Giornate Fitopatologiche, 1982, 3: 147-154.
- EBELING W., 1959 - Subtropical fruit pests. - University of California, Division of Agricultural Sciences: 436 pp.
- HUFFAKER C.B., MESSENGER P.S., DEBACH P., 1971 - The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. In: C.B. HUFFAKER (Ed.), Biological Control. Plenum Press, New York & London.
- INSERRA S., 1966 - Introduzione e acclimatazione di *Aphytis* parassiti ectofagi di alcune cocciniglie dell’agrume. - Tecnica Agricola 18: 1-11.
- INSERRA S., 1968 - Prove di lotta integrata contro l’*Aonidiella aurantii* Mask. ed altre cocciniglie degli agrumi in Sicilia. - Entomologica IV: 45-77.
- INSERRA S., 1969 - La cocciniglia rossa forte degli agrumi (*Aonidiella aurantii* Maskell) in Sicilia. - Boll. Lab. Ent. agr. Filippo Silvestri 27: 1-26.
- LEONARDI G., 1907 - Notizie sopra una cocciniglia degli agrumi nuova per l’Italia (*Aonidiella aurantii* Mask.). - Annali della R. Scuola sup. d’Agr., Portici VII: 1-20.
- LIOTTA G., 1970 - Diffusion des cochenilles des agrumes en Sicilie et introduction d’une nouvelle espèce en Sicilie occidentale. - El Awamia 37: 33-38.
- LIOTTA G., AGRÒ A., PERRICONE M., 1985 - Population dynamic for *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera, Diaspididae) and its parasitoids on lemon trees in Sicily. - Proc. Experts’ Meeting, Acireale, 26-29 March 1985: 51-58.
- LIOTTA G., MANIGLIA G., AGRÒ A., SALVIA F., 1990 - Sull’introduzione in Italia di *Comperiella bifasciata* How. (Hym. Encyrtidae) ed *Encarsia herndonii* (Girault) (Hym. Aphelinidae) parassitoidi di diaspididi degli agrumi. Atti Giornate Fitopatologiche, 1990, 1: 273-280.
- LIZZIO S., 1996 - Studi sulla dinamica di popolazione di *Aonidiella aurantii* (Maskell) in ambiente mediterraneo. - Tesi di dottorato, Università degli studi di Catania: 221 pp.
- LONGO S., MAZZEO G., RUSSO A., SISCARO G., 1994 - *Aonidiella citrina* (Coquillett) nuovo parassita degli agrumi in Italia. - Inf.tore fitopat. 12: 19-25.
- LONGO S., RUSSO A., 1986 - Distribution and density of scale insects (Homoptera Coccoidea) on citrus-groves in Eastern Sicily and Calabria. - Proc. Experts’ Meeting, Acireale, 26-29 March 1985; 41-49.
- LUPO V., 1936 - Revisione delle specie di *Aonidiella* Berl. et Leon. del gruppo *A. aurantii* (Mask.). - Boll. Lab. Zool. gen. agr., Portici 29: 249-261.

- MC LAREN I.W., 1971 - A comparation of the population growth potential in California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), and yellow scale, *A. citrina* (Coquillett), on citrus. Aust. - J. Zool. 19: 189-204.
- MORAN P.A.P., 1950 - Some remark on animal population dynamics. - Biometrics, 6: 250-258.
- PERRICONE M., LIOTTA G., 1988 - Osservazioni preliminari sugli Afelinidi parassitoidi di *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera Diaspididae) in Sicilia. - Atti XV Congr. Naz. Ital. Ent., L'Aquila, 1988: 521-525.
- REEVE J.D., MURDOCH W.W., 1985 - Aggregation by parasitoids in the successful control of the California red scale: a test of theory. - J. Anim. Ecol. 54: 797-816.
- REEVE J.D., MURDOCH W.W., 1986 - Biological control by the parasitoid *Aphytis melinus*, and population stability of the California red scale. - J. Anim. Ecol. 55: 1069-1082.
- ROGERS D., 1979 - Tsetse population dynamics and distribution: a new analytical approach. - J. Anim. Ecol. 48: 825-849.
- SAMWAYS M.J., 1986 - Spatial and temporal population patterns of *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) parasitoids (Hymenoptera Aphelinidae and Encirtidae) caught on yellow sticky traps in citrus. - Bull. Ent. Res. 76: 265-274.
- SAMWAYS M.J., 1988a - Comparative monitoring of red scale *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Hom., Diaspididae) and its *Aphytis* spp. (Hym., Aphelinidae) parasitoids. - J. Appl. Ent. 105: 483-489.
- SAMWAYS M.J., 1988b - A pictorial model of the impact of natural enemies on the population growth rate of the scale insect *Aonidiella aurantii*. - South African Journal of Science 84: 270-272.
- SILVESTRI F., 1933 - Le cocciniglie degli agrumi. - Atti I congresso agrumario, Palermo 27-28 marzo 1923: 123-133.
- SOUTHWOOD T.R.E., 1978 - Ecological methods with particular reference to the study of insect population. - Chapman & Hall, London: 524 pp.
- SOUTHWOOD T.R.E., MURDIE G., YASUMO M., TONN R.J., READER P.M., 1972 - Studies on the life budget of *Aedes aegypti* in Wat Sampahaya, Bangkok, Thailand. - Bull. Wld. Hlt. Org. 46: 211-226.
- VIGGIANI G., 1977 - Lotta biologica ed integrata. - Liguori Ed., Napoli: 709 pp.
- WILLARD J.R., 1972 - Studies on rates of development and reproduction of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera: Diaspididae) on citrus. - Aust. J. Zool. 20: 37-47.
- WILLIAMSON M., 1972 - The analysis of biological population. - Edward Arnold, London, 180 pp.
- WIT C.T., GOUDRIAAN J., 1978 - Simulation of ecological processes. - Pudoc, Wageningen: 175 pp.

DR. SALVATORE LIZZIO, DR. GAETANO SISCARO, PROF. SANTI LONGO - Istituto di Entomologia Agraria, Università degli studi di Catania, Via Valdisavoia 5, I-95123 Catania (I).

Accettato il 16 novembre 1998

Gli Autori hanno partecipato congiuntamente alla impostazione e alla stesura del lavoro. Il Dott. Salvatore Lizzio, inoltre, nell'ambito delle attività del Dottorato di ricerca in "Produttività delle piante coltivate in ambiente mediterraneo", ha effettuato i rilievi di campo e l'elaborazione dei dati.

