

Effetti della temperatura sulla coppia ospite-parassita
Galleria mellonella L. - *Gonia cinerascens* Rond. (1).

(Ricerche eseguite col contributo del C.N.R.)

GENERALITÀ.

La temperatura è certamente uno dei fattori climatici più studiati per la sua primaria importanza nel condizionare lo sviluppo e l'attività degli insetti. Tali ricerche, poi, sono particolarmente numerose nei riguardi delle forme entomofaghe e in genere sono ispirate da finalità meramente pratiche, quali l'individuazione del livello termico ottimale per la migliore resa dell'allevamento.

Al solito la bibliografia concernente gli Imenotteri Terebranti sovrasta di gran lunga quella relativa agli altri gruppi di parassitoidi, e ciò non solo perchè essi costituiscono il nucleo più numeroso, ma anche perchè la loro conduzione in cattività è decisamente più facile.

Lungi dal volere esaurire la straripante letteratura che li riguarda, ci limitiamo qui a citare alcuni lavori fra quelli pubblicati nell'ultimo decennio, per fornire un'idea indicativa degli obiettivi perseguiti e dei risultati raggiunti.

La relazione più scontata, che è poi anche la maggiormente indagata, è quella tra livello termico e durata dello sviluppo in questo o quello stadio, ovvero in tutti gli stadi. In ogni caso si giunge alla conclusione che, entro i limiti letali superiore e inferiore, il tempo impiegato nell'ontogenesi è inversamente proporzionale alla temperatura, e similmente dicasi per la longevità degli adulti che diminuisce con il crescere di quella. Al riguardo basti consultare le pubblicazioni di Barfield et alii (1977) su *Bracon mellitor* Say, di Obrycki e Tauber (1978) su *Perilitus coccinellae* (Shrank), di Rechav (1978) su *Chelonus inanitus* (L.), di Stoner e Surber (1971) su *Anaphes oviventatus* (Cros. & Leon.), di Wysoki (1977) su *Hungariella peregrina* Comp.

Influenze pure semplici ed intuitive sono quelle che riguardano il

(1) Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXIX.

volò e l'attività locomotoria degli adulti, che si intensificano con l'innalzarsi della temperatura, come rilevano Barbosa e Frongillo (1977) per *Brachymeria intermedia* (Nees); così dicasi per il ritmo di ovideposizione come illustrato da Barfield et alii (1977) in *Bracon mellitor* Say.

Ma sono emerse anche altre relazioni meno ovvie e più interessanti in altri settori. Così, ad esempio, trattando larve della IV età di *Habrobracon juglandis* (Ashm.) con basse temperature per 1-2 settimane Grosch et alii (1977) ottengono un sensibile incremento nel numero degli ovarioli, mentre Barbosa e Frongillo (1979) trovano che le temperature più basse (15,5 °C), da loro impiegate nella sperimentazione su *Brachymeria intermedia* (Nees), provocano il riassorbimento degli oociti. Legner (1977) segnala che varie specie di microimenotteri evolventisi nei pupari di Muscidi presentano una fecondità maggiore alle alte temperature. Di contro Ram e Sharma (1977) per *Trichogramma fasciatum* (Perk.) e Stoner e Surber (1971) per *Anaphes oviventatus* (Cros. & Leon.) riscontrano una diminuzione progressiva della fecondità con l'aumentare della temperatura. Yeargan et alii (1978), infine, non rilevano differenze significative nella fecondità di femmine di *Bathyplectes curculionis* (Thoms.) allevate a temperatura costante e di altre sottoposte a regime termico variabile.

Influenze si verificano anche nei riguardi della sex ratio: Laraichi (1978) scopre che le femmine di *Ooencyrtus fecundus* Ferr. & Voeg. allevate in permanenza a 30 °C generano esclusivamente individui del loro stesso sesso, mentre quelle tenute a 35 °C hanno una discendenza unicamente maschile. Che le alte temperature favoriscano la produzione di maschi è stato dimostrato pure da Shepard e Gale (1977) nei riguardi di *Pediobius foveolatus* (Crawf.).

E ancora la temperatura può avere ripercussioni sulle percentuali di sfarfallamento, che ad esempio in *Trichogramma fasciatum* (Perk.) diminuiscono con l'innalzarsi del livello termico da 25° a 35 °C (Ram e Sharma, 1977); sulla sincronizzazione degli sfarfallamenti, che è maggiore alle temperature più alte, sia per le forme poliembrioniche quali *Copidosoma truncatellum* (Dalm.) (Stoner e Weeks, 1974) che le altre come *Hungariella peregrina* Comp. (Wysoki, 1977); sulle percentuali di incapsulamento delle uova del parassita da parte degli ospiti, che nella coppia *Heliothis zea* (Boddie) — *Cardiochiles nigriceps* Vier. balzano dal 20 %, a 18 °C, al 78 % a 35 °C (Lynn e Vinson, 1977).

Passiamo ora dai Terebranti ai Ditteri Larvevoridi. Anche per questi parassitoidi le varie condizioni termiche sono state saggiate, nella stragrande maggioranza dei casi, per i loro riflessi sulla durata dello sviluppo preimmaginale e la longevità degli adulti. Al solito viene rilevata una correlazione inversa: lo sviluppo si accelera nei vari stadi con l'elevarsi della temperatura, come era da attendersi, e come hanno quantificato con dati precisi vari Autori, quali Butler et alii (1968)

per *Exorista mella* (Walk.), Fusco et alii (1978) per *Compsilura concinnata* (Meig.), Jackson et alii (1969) per *Voria ruralis* (Fall.), King e Martin (1975) e McPherson e Hensley (1978) per *Lixophaga diatraeae* (Townsend).

Le ricerche di Bryan et alii (1968) su *Lespesia archippivora* (Riley) meritano poi una particolare segnalazione perchè, oltre a confermare siffatti rapporti, pongono in evidenza come sulla durata dello sviluppo del parassitoide influisca contemporaneamente anche la specie ospite, per cui, a parità di temperatura, l'intervallo temporale cambia sensibilmente con il variare della vittima. Essi fanno altresì rilevare che la temperatura ottimale, ai fini della produttività, non è quella più elevata, che pure abbrevia enormemente la durata dello sviluppo, bensì quella intermedia sui 20-25 °C (secondo la specie ospite), che consente una percentuale di sopravvivenza dei pupari più elevata e quindi un rendimento globale in adulti del larvevoride più consistente.

Pure i risultati delle indagini di Fusco et alii (1978) su *Compsilura concinnata* (Meig.) sono degni di speciale menzione; essi infatti dimostrano chiaramente come non esista una temperatura ottimale di allevamento unica per tutti gli stadi del parassitoide, ma ve ne siano varie in relazione ai diversi momenti della sua vita: 21,1 °C per l'attività degli adulti durante la fotofase, 15,6 °C per i medesimi durante la stasi in scotofase, 26,7 °C per lo sviluppo larvale e pupale.

Anche altre caratteristiche tendono ad avere un andamento parabolico compreso entro i limiti termici letali inferiore e superiore. Così è per la resa, espressa in termini di numero di pupari per femmina, che raggiunge il massimo a 25 °C per *Lespesia archippivora* (Riley) (Bryan et alii, 1969); parimenti dicasi per le percentuali di parassitizzazione, quelle di sfarfallamento e il grado di superparassitismo che in *Compsilura concinnata* (Meig.) raggiungono il massimo per valori compresi tra 15,6 e 23,9 °C nei primi due casi e 18,3-26,7 °C nell'ultimo (Fusco et alii, 1978).

Come si vede le relazioni tra temperatura e parassitoidi non differiscono in modo sostanziale da quelle riscontrate in altri insetti, per quanto riguarda i fenomeni biologici generali. Va tuttavia rilevato che, per questa categoria di esapodi, accanto agli effetti diretti del fattore termico si pongono quelli indiretti derivati dalle influenze subite dagli ospiti, le quali in varia misura finiscono col riflettersi sul parassita. Infatti soltanto negli stadi di pupa e di adulto, e solo in certi casi in quello di uovo, è possibile applicare i vari regimi termici direttamente sui nostri entomofagi e quindi coglierne le risposte senza intermediazioni. Per gli stadi larvali, invece, che nella generalità dei casi si evolvono internamente al corpo dell'ospite e che in breve soccombono una volta che ne vengono separati, a meno che non sia stata raggiunta la maturità, non è agevolmente possibile determinare in quale misura gli

effetti riscontrati siano da attribuirsi al fattore termico di per sè e quanto invece derivi da modificazioni intervenute a livello della vittima e quindi trasferite semplicemente all'antagonista.

Da un punto di vista generale è opportuno sottolineare che le ricerche sugli effetti della temperatura sui parassitoidi sono ispirate da motivi pratici legati alla lotta biologica; infatti l'identificazione del livello termico ottimale consente: a) di incrementare al massimo la resa degli allevamenti; b) di procedere alla liberazione degli entomofagi in pieno campo nelle condizioni climatiche più adatte; c) di stabilire a priori in quali aree essi possano essere distribuiti con buone garanzie di sopravvivenza.

Va ancora rilevato che il fattore temperatura è stato studiato principalmente in riguardo agli aspetti quantitativi della produzione degli entomofagi, o quelli in ultima analisi ad essi riconducibili; quasi completamente trascurati risultano invece gli aspetti qualitativi. Ora il presente lavoro si propone di analizzare proprio e soprattutto questi ultimi.

Ricordiamo infine che gli effetti della temperatura sul ritmo dello sviluppo sono stati indagati anche in riguardo all'ospite *Galleria mellonella* L. Recentemente Stairs (1978) ha saggiato livelli termici varianti da 18 a 40° C su larve dell'ultima età e relative crisalidi, giungendo alla conclusione che lo sviluppo è possibile solo per valori compresi tra i 20 e i 35 °C e che il raggiungimento dello stato adulto è tanto più precoce quanto più elevata è la temperatura.

MATERIALE E METODO

La ricerca è stata svolta sulla coppia ospite- parassita *Galleria mellonella* L. - *Gonia cinerascens* Rond.

Le larve di *G. mellonella* L. sono allevate su dieta artificiale in cella climatica a 27 °C e 70 % U.R. e in condizioni di completa oscurità. Ricordiamo che questo lepidottero rappresenta per *Gonia* un ospite di sostituzione al quale essa, al pari di vari altri entomofagi sia Ditteri che Imenotteri Terebranti, si è bene adattata.

Gonia cinerascens Rond. è un larvevoride nemico di Lepidotteri, per quanto si sa nottuidi, che attacca indirettamente mediante l'emissione di uova microtipiche sul substrato trofico delle larve, e che finisce di distruggere solo dopo il conseguimento dello stadio pupale.

L'esperienza consta di 5 ripetizioni, ciascuna condotta nel modo seguente. Vengono isolate dagli allevamenti generali di *Galleria* 200 o 250 larve della VII età iniziale; esse sono subito sottoposte a parasitizzazione in massa mediante l'immissione nel loro contenitore di pezzetti di pabulum contaminati con uova microtipiche. Queste, nel corso delle prime prove, sono state prelevate direttamente dall'utero di fem-

mine morte da non più di 24 ore, mentre nelle successive sono state raccolte da appositi zimbelli di foglie in materiale plastico sui quali le femmine ovidepongono facilmente. In ogni caso la traslazione delle uova viene operata tramite un pennellino inumidito con acqua distillata e sempre avendo cura di inserirle in piccoli gruppi entro minuti incavi praticati nel substrato trofico degli ospiti. A distanza di un giorno, quando oramai il pabulum inquinato è stato completamente ingerito, le larve vengono suddivise a caso in gruppi di 50 individui ⁽²⁾ ciascuno ed allevate entro grandi capsule Petri del diametro di 18 cm; queste sono rifornite, una tantum, del cibo normale sufficiente fino al raggiungimento della maturità, e smistate ai vari livelli termici.

Le crisalidi, man mano si formano, sono estratte dai loro bozzoli e pesate in ogni caso entro le 24 ore dall'ecdisi, visto il graduale, anche se non eccessivo, decremento ponderale che esse subiscono durante la formazione dell'adulto. Contemporaneamente sono isolate ad una ad una, siano esse parassitizzate o meno, entro piccole provette di vetro debitamente etichettate. Qualche giorno dopo, quando cominciano a formarsi i pupari del parassita, si procede ad una loro tempestiva pesatura, dopo averli estratti dalle crisalidi oramai in larghissima parte svuotate ed averli accuratamente ripuliti dai resti della vittima.

Il sesso dell'ospite è determinato sulle crisalidi in base alle ben note caratteristiche degli urosterni genitali, quello del parassita sugli adulti sfarfallati, nonchè, in qualche caso, su quelli morti all'interno del pupario previa demolizione del medesimo.

Tutti i dati relativi ad ogni singola coppia ospite-parassita sono registrati su appositi moduli, uno per ciascuna tesi di ogni ripetizione, nei quali pertanto compaiono peso pupale, sesso, data di impupamento e di sfarfallamento di entrambi i simbionti. A questo punto è bene precisare che sono stati regolarmente rilevati i dati anche delle crisalidi non parassitizzate, poiché queste possono costituire una sorta di testimone per captare eventuali interferenze del parassita.

Oltre ai dati ponderali sono stati sottoposti ad elaborazione statistica quelli relativi alle percentuali di parassitizzazione e di sfarfallamento dai pupari. Non sono stati invece analizzati i valori della durata dello sviluppo, visto, da un lato, che gli effetti della temperatura a loro riguardo sono scontati e, dall'altro, che essi non possono essere rilevati, anche con la migliore buona volontà, con molta precisione.

Il numero complessivo dei dati di cui abbiamo potuto disporre per l'elaborazione statistica è riportato nella tabella I che pertanto ci in-

(2) Solo nell'ultima ripetizione, condotta a differenza delle precedenti con la prole di una singola femmina di *Galleria*, si è ridotto il campione, causa la scarsità del materiale, a 40 individui.

dica chiaramente le dimensioni dell'esperimento e quindi l'attendibilità delle conclusioni cui siamo pervenuti.

Le temperature costanti che abbiamo saggiato sono le seguenti: 20, 24, 27, 30 e 34 °C; quest'ultima, per il vero, è stata introdotta solo nelle ultime tre prove. La temperatura di 24 °C è quella propria della cella climatizzata in cui viene allevato il parassita, mentre i 27 °C rappresentano il valore costante a cui è mantenuta la cella di allevamento dell'ospite e registrabile nel terzo inferiore della medesima; i 30 °C sono la temperatura che si riscontra nei ripiani più alti delle medesime scaffalature. Gli altri due livelli termici sono stati realizzati in armadietti termostatati da istologia, nei quali le condizioni di U.R. intorno al 70 % sono state ottenute, in verità, in modo alquanto approssimativo. Gli abitacoli delle larve sono stati in ogni caso debitamente schermati per ottenere condizioni di oscurità uguali in tutte le tesi (3).

TABELLA I.
Quadro riassuntivo di tutta la sperimentazione.

Temp. °C	N. crisalidi Galleria				N. pupari Gonia				T o t a l e		%	
	♂♂		♀♀		da crisalidi ♂♂		da crisalidi ♀♀		crisalidi	pupari	parass. (*)	sfarfal. pupari
	indenni	parass.	indenni	parass.	sfarf.	non sfarf.	sfarf.	non sfarf.				
20	33	28	37	51	10	12	32	9	149	63	42,3	66,6
24	46	24	44	52	17	3	35	10	166	65	39,1	80,0
27	36	36	49	42	18	8	33	7	163	66	40,5	77,3
30	49	44	55	48	15	11	34	9	196	79	40,3	74,6
34 (**)	33(55)	18(30)	41(70)	16(26)	6(10)	6(10)	1(2)	9(15)	108(185)	22(36)	20,4	31,8

N.B. Per crisalidi parassitizzate si intendono solo quelle in cui si è formato il pupario di *Gonia*.

(*) Le percentuali di parassitizzazione esprimono il numero di pupari riferito al numero di crisalidi ottenute (non a quello delle larve messe in allevamento).

(**) Per questa temperatura sono state fatte solo 3 ripetizioni; fra parentesi compare il numero di dati rapportato a 5 ripetizioni.

(3) Fotoperiodi diversi nelle stesse condizioni di temperatura possono influire in qualche misura sulla durata dello sviluppo preimmaginale, indipendentemente dall'insorgere dello stato di diapausa. Ciò è stato constatato in vari casi, anche se solo a livelli che tendono a sfiorare la significatività, in riguardo ad un altro Larvevoride, la *Lixophaga diatraeae* T.T. (cfr. McPherson e Hensley, 1978).

Precisiamo che le suddette temperature sono quelle realizzate nelle varie celle; in realtà i livelli termici nei « microambienti capsula » in cui si evolvono le larve tendono ad elevarsi alquanto ed in misura variabile nelle varie tesi. Tuttavia per comodità, e poichè dal punto di vista pratico quanto sopra non riveste soverchia importanza, riteniamo valido il riferimento alle temperature nominali e non indispensabile quello alle temperature reali che effettivamente si instaurano.

Come ben si comprende il trattamento termico è stato applicato alla coppia ospite-parassita congiuntamente, durante gli stadi di larva e di pupa, per cui l'entomofago, ripetiamo, oltre a subire gli effetti diretti delle varie temperature risente anche quelli indiretti tramite le modificazioni che subentrano nell'ospite.

RISULTATI

Peso crisalidi indenni. - Come ci mostra il grafico della figura I esso tende a salire col crescere della temperatura, tanto per le forme maschili che per quelle femminili. Le prime passano infat-

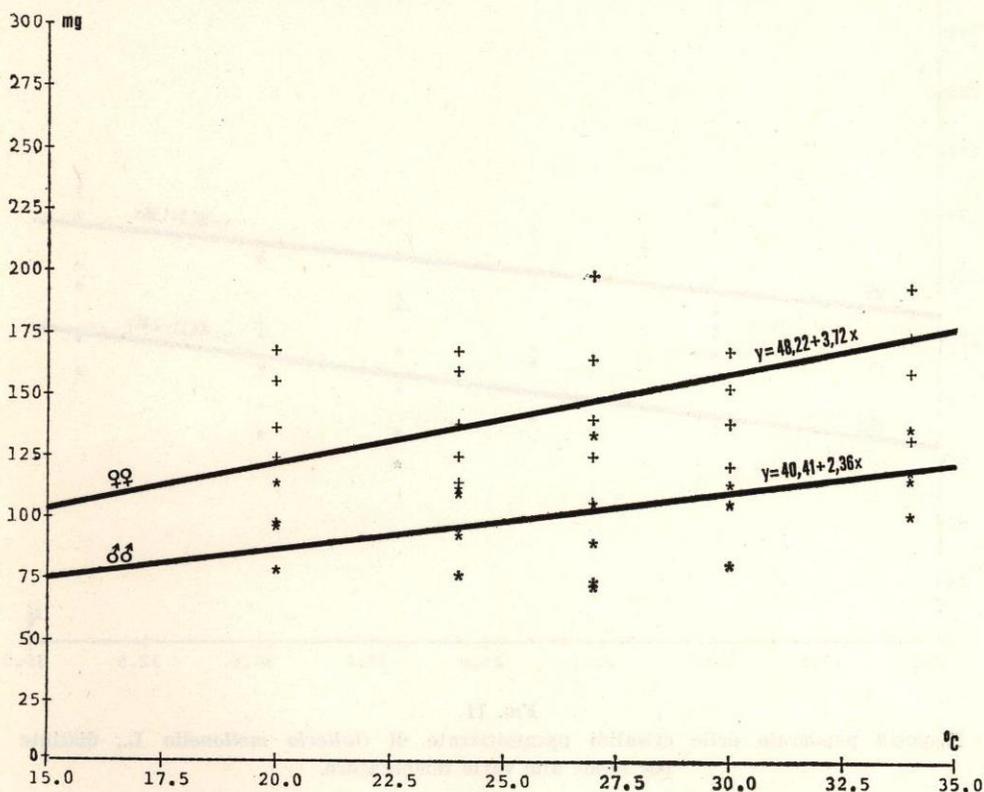


FIG. I

Risposta ponderale delle crisalidi indenni di *Galleria mellonella* L., distinte per sesso, alle varie temperature.

ti da una media di 85 mg, a 20 °C, a 125 mg a 34 °C, con un incremento ponderale, quindi, di ben il 50 %; analogamente le seconde salgono da 120 a 180 mg, realizzando esse pure un aumento di peso del 50 %.

L'analisi della regressione, per le 5 ripetizioni considerate globalmente, dà risultati altamente significativi per entrambi i sessi. Il test di parallelismo dimostra tuttavia che la risposta alla temperatura è diversa tra maschi e femmine indenni, mentre è simile tra maschi e femmine parassitizzati. Va peraltro precisato che non vi è sempre stretto parallelismo fra le 5 ripetizioni.

Peso crisalidi parassitizzate - L'andamento dei pesi delle crisalidi parassitizzate (4), in funzione della temperatura di allevamento delle larve della ultima età, è evidenziato nella fig. II. Le pupe

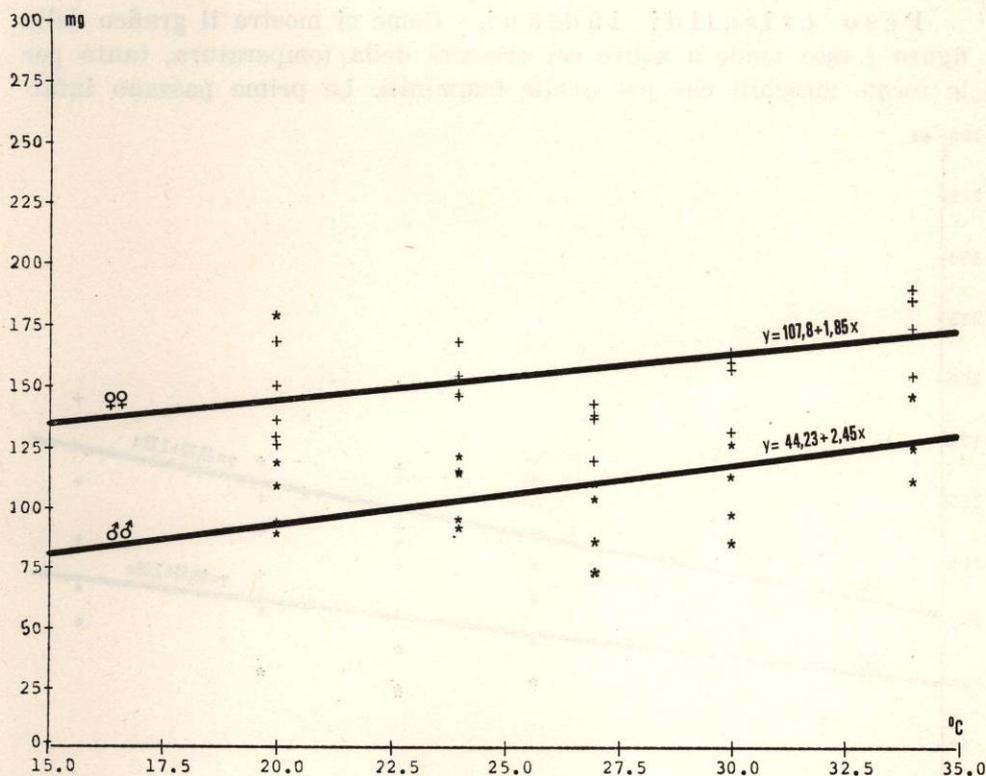


FIG. II

Risposta ponderale delle crisalidi parassitizzate di *Galleria mellonella* L., distinte per sesso, alle varie temperature.

(4) Per crisalidi parassitizzate intendiamo quelle nelle quali si è formato il pupario dell'entomofago.

maschili salgono da una media di 90 mg a una di 130, con l'aumentare della temperatura da 20 a 34° C, e similmente quelle femminili si portano da 140 a 170 mg. Si registra quindi un incremento ponderale di circa il 45 % per i maschi e di circa il 21 % per le femmine, ascendendo dal livello termico inferiore a quello superiore. I test di parallelismo dimostrano tuttavia che le crisalidi femminili parassitizzate crescono nella stessa proporzione delle corrispondenti maschili ed inoltre meno delle crisalidi femminili indenni, mentre per le crisalidi maschili l'incremento si mantiene uguale nelle serie parassitizzate e in quelle indenni. Ciò significa che la presenza del parassita sembra modificare alquanto l'andamento generale del fenomeno limitatamente agli ospiti femminili. Poichè l'accrescimento dell'ospite può avvenire solo durante lo stadio larvale, si dovrebbe dedurre che la larveta parassita, che a quell'epoca si trova alla I età confinata entro un muscolo (passa alla II età solo quando l'ospite diviene eopupa e quindi ha finito di crescere), riesca in qualche modo ad interferire sull'accrescimento della LVII, il che peraltro non è del tutto convincente.

Peso «pupari» del parassita. - Aumenta anch'esso gradualmente col salire della temperatura. I pupari formati in crisalidi maschili avanzano da una media di 38,2 mg, per gli allevamenti condotti a 20 °C, ad una di 62,2 mg per quelli mantenuti a 34 °C, con un incremento del 62,8 %. I pupari formati in crisalidi femminili salgono rispettivamente da 58,9 a 85,8 mg realizzando un aumento del 45,6 % (vedi fig. III). L'analisi statistica avvalorà pienamente, in entrambi i casi, la relazione tra aumento della temperatura e corrispon-

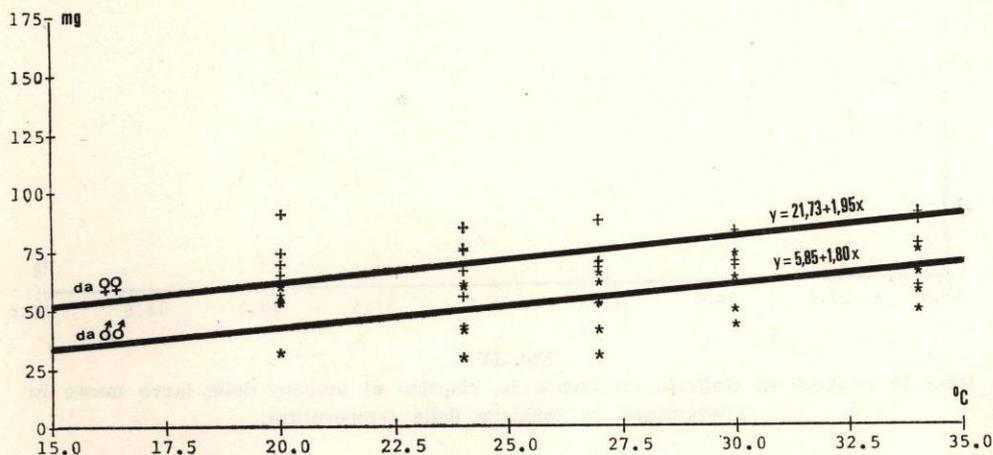


FIG. III

Risposta ponderale dei pupari del parassita *Gonia cinerascens* Rond. ottenuti da ospiti allevati a temperature diverse.

dente incremento nel peso dei pupari. I test di parallelismo dimostrano poi che l'incremento ponderale dei pupari avviene nella stessa misura in ambedue i sessi dell'ospite ed inoltre che tali incrementi tendono ad essere proporzionali a quelli verificatisi nelle rispettive vittime. Si è perciò portati a concludere che il tasso di incremento ponderale del parassita segua semplicemente quello dell'ospite e pertanto che la temperatura di per sè non incida sul fenomeno parassitario come tale variando nel caso specifico l'indice di sfruttamento dell'ospite.

Resa in crisalidi dell'ospite. - La resa dell'allevamento dell'ospite può essere misurata in vario modo e, in assoluto, riferendosi al numero di adulti ottenuti rispetto al numero di larve

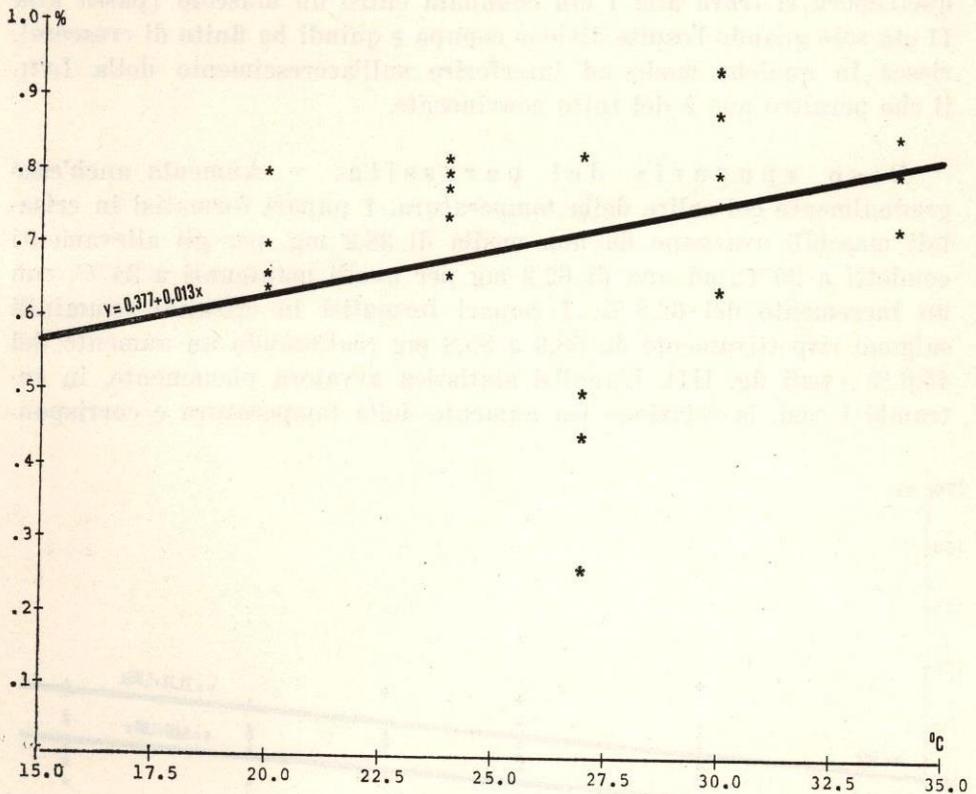


FIG. IV

Resa in crisalidi di *Galleria mellonella* L., rispetto al numero delle larve messe in allevamento, in funzione della temperatura.

non parassitizzate immesse. Date le finalità del presente lavoro, incentrato, in ultima analisi, sul rendimento in parassiti, non ha importanza che l'ospite sfarfalli mentre è determinante che esso si impupi perchè

solo in quello stadio l'endofago può sbloccarsi e completare lo sviluppo.

Ora le percentuali di crisalidi ottenute (siano esse parassitizzate o no) rispetto al numero di larve poste in allevamento tendono leggermente ad aumentare col crescere della temperatura, salendo dal 62 % a 20 °C all'82 % a 30 °C e al 77,1 % a 34 °C come si può rilevare dal grafico di fig. IV che riporta la media delle 5 ripetizioni. Tale apparente relazione non è però confermata dall'analisi della varianza.

In ogni caso va però sottolineato che il tempo impiegato per ottenere le crisalidi (partendo da LVII iniziali) diminuisce enormemente in rapporto all'incremento termico, fino praticamente a dimezzarsi passando dal livello inferiore a quello superiore, per cui, tutto sommato, la resa è più elevata, certamente in termini temporali e in termini qualitativi, come si è veduto a proposito del peso, e forse anche in termini quantitativi, con l'innalzarsi del gradiente termico.

Resa in parassiti. - È stata calcolata in due momenti successivi e cioè alla formazione dei pupari e allo sfarfallamento degli adulti.

In riguardo al I punto si precisa che la percentuale di pupari ottenuti non è riferita al totale delle larve messe in allevamento bensì a quello delle crisalidi dell'ospite che si sono formate, giacchè, come si è detto nel paragrafo che precede, è solo in queste che il parassita può terminare lo sviluppo. Come si vede nella tabella I la resa in pupari, che si mantiene pressochè costante da 20 a 27 °C, sale alquanto a 30 °C per poi precipitare a 34 °; essa scende infatti dal 42 %, a 20 °C, al 20 % a 34 °C, e quindi in pratica si dimezza. Il fenomeno ha trovato conferma in sede di elaborazione statistica però solo al livello termico più elevato e cioè a 34 °C.

In riguardo al II punto si nota che le percentuali di sfarfallamento dai pupari ottenuti e conservati alle varie temperature sperimentate si mantengono pressochè costanti, ed aggirantisi sul 75 % circa, per valori termici compresi tra i 20 e i 30 °C, mentre presentano una brusca caduta a solo il 32 % a 34 °C, come si può rilevare nella medesima tabella. L'analisi della varianza ha indicato differenze significative con $P \leq 0,01$ fra i due livelli termici più elevati, da un lato, e tutti gli altri, dall'altro.

Si conclude quindi che la produzione di adulti del parassita, che dal punto di vista quantitativo si mantiene grosso modo costante per temperature varianti da 20 a 27 °C, presenta un leggero calo a 30 °C per poi precipitare di colpo a 34 °C. A questa temperatura infatti il numero di adulti di *Gonia* che si sono ottenuti nelle varie ripetizioni corrisponde a solo il 23 % di quelli sfarfallati complessivamente negli allevamenti condotti a 27 °C.

CONCLUSIONI

Aumentando da 20 a 34 °C la temperatura, nelle celle di allevamento delle larve dell'ultima età di *Galleria*, si ottengono oltre a risultati ovvi, quali una progressiva riduzione della durata dello sviluppo in quello stadio, anche effetti inattesi, come un notevole e generalizzato incremento del peso medio delle crisalidi, indipendentemente dal loro sesso e dallo status parassitario. Pure la resa dell'allevamento, in termini di crisalidi ottenute rispetto al numero di larve immesse, tende a incrementarsi in misura statisticamente significativa ai due livelli termici più elevati.

Il parassita, che al solito segue abbastanza pedissequamente l'ospite, risente puntualmente di queste sue variazioni. In particolare i pupari, tanto quelli formati in crisalidi maschili quanto quelli derivati da crisalidi femminili, mostrano un incremento ponderale, col crescere della temperatura, praticamente proporzionato a quello delle rispettive vittime.

Tuttavia il livello termico ottimale per il parassita non coincide con quello dell'ospite; infatti alla temperatura più elevata, cioè a 34 °C, il numero dei pupari ottenuti, rispetto a quello delle crisalidi, diminuisce in maniera significativa ed inoltre le percentuali di sfarfallamento dell'entomofago, che si aggirano mediamente sul 75 %, precipitano, a 34 °C, a solo il 31,8 %. È vero che i pupari che si formano a questa temperatura sono in assoluto, come le crisalidi, i più grandi, ma il loro numero e soprattutto il loro indice di sfarfallamento sono incomparabilmente più bassi.

Si conclude quindi che la temperatura ottimale per la produzione di questa coppia ospite-parassita è quella aggirantesi sui 27 °C, che consente all'ospite uno sviluppo abbastanza celere e il raggiungimento di una discreta media ponderale, e al parassita, oltre agli stessi vantaggi, una elevata resa in termini di numero di pupari e di percentuali di sfarfallamento.

È bene aggiungere che mentre il parassita ha goduto dei trattamenti termici sperimentati praticamente fin dall'inizio dello sviluppo, l'ospite ne ha beneficiato solo durante l'ultimo scorcio della vita preimmaginale, per cui c'è da presumere, come del resto si è suggerito a proposito del fattore « affollamento » (Mellini et alii, 1979), che se il fattore temperatura fosse stato applicato fin dagli esordi della vita larvale, le differenze negli effetti avrebbero forse potuto essere maggiori.

Merita ancora rilevare l'esistenza di un certo parallelismo tra i risultati conseguiti innalzando la temperatura e quelli cui si è pervenuti aumentando la densità di popolazione, specialmente per quanto riguarda le ripercussioni di ordine ponderale su ambedue i simbionti. Il peso dell'ospite cresce in entrambi i casi coll'intensificarsi dei fat-

tori applicati, e siccome il maggior affollamento si traduce in un più elevato livello termico nell'ammasso pabulum-larve, è probabile che anche in quel caso il fattore responsabile dell'incremento ponderale possa essere in definitiva la temperatura, più che i supposti « effetti di gruppo » (5).

Non va d'altro canto dimenticato che l'ospite in natura si evolve in ambienti, quali sono gli alveari delle api, caratterizzati, per buona parte dell'anno, da un livello termico regolarmente e notevolmente elevato, aggirantesi sui 35 °C, per cui è presumibile che alle alte temperature esso si trovi avvantaggiato, anche se, in realtà, può svilupparsi pure a spese di favi immagazzinati e quindi a temperature più basse ed inoltre variabili.

C'è ora da chiedersi attraverso quale meccanismo le alte temperature inducano pesi maggiori nell'ospite. Lavori anche recenti (vedi Robert et alii, 1978) indicano che il numero delle mute larvali compiute da certi Lepidotteri può essere influenzato dalla temperatura: per certe specie sono le basse temperature, per altre sono invece le alte che determinano in una certa percentuale della popolazione una muta supplementare. *Grapholitha molesta* (Busck), ad esempio, secondo i suddetti Autori, se allevata a 30 °C tende a compiere 5 mute anzichè le 4 normali. Del resto il fatto che il numero delle mute possa essere variamente influenzato dalla temperatura, è un concetto generale accettato anche dalla trattatistica (Wigglesworth, 1972) interessando insetti di vari ordini. Ritornando alla nostra *Galleria*, è dunque probabile che i maggiori pesi medi riscontrati per le crisalidi ottenute alle temperature più alte siano la conseguenza di una muta aggiuntiva; la gradualità dell'incremento ponderale medio, con l'innalzarsi del livello termico, potrebbe essere spiegata supponendo che col crescere di quest'ultimo aumenti la percentuale di larve che subiscono la muta supplementare.

RIASSUNTO

La temperatura è il fattore climatico più studiato nei riguardi dei parassitoidi che ne appaiono influenzati non solo nella durata dello sviluppo, nella longevità, nella motilità, ecc., ma altresì a livello della fecondità, della sex ratio, della soppressione per incapsulamento, delle percentuali di parassitizzazione, ecc.

Il presente esperimento, condotto su larve di *Galleria* parassitizzate agli inizi dell'ultima età e ripetuto 5 volte, ha posto a confronto gli effetti delle seguenti temperature: 20, 24, 27, 30 e 34 °C. L'elaborazione statistica, condotta mediante analisi della regressione, test di parallelismo e analisi della varianza, del migliaio ed oltre di dati raccolti ha indicato quanto segue.

(5) Abbiamo in programma una semplice esperienza per tentare di risolvere questo problema.

Il peso delle crisalidi parassitizzate tende a crescere, con l'innalzarsi della temperatura da 20 a 34 °C, in uguale misura nei maschi e nelle femmine. Anche il peso delle crisalidi indenni aumenta, ma in misura diversa nei due sessi. Mentre nei maschi si registra lo stesso andamento degli individui parassitizzati, per le femmine l'incremento è invece doppio.

Il peso dei pupari del parassita avanza anch'esso gradualmente col salire della temperatura e in misura proporzionata all'incremento subito dalle vittime di entrambi i sessi; ne consegue che il peso dell'entomofago non è direttamente influenzato dalla temperatura ma soltanto dal peso raggiunto dal suo ospite. Tuttavia le temperature ottimali dei due simbionti non coincidono; mentre *Galleria* mostra esaltati al massimo i parametri vitali a 34 °C, *Gonia*, pure raggiungendo a questo livello i pesi maggiori, forma un minor numero di pupari e soprattutto subisce una forte caduta negli sfarfallamenti, per cui il numero di adulti ottenuti è solo 1/5 di quello raggiunto ai valori termici intermedi.

Si conclude pertanto che per la migliore resa nell'allevamento del parassita la temperatura consigliabile è quella aggirantesi sui 27 °C, che consente, accanto a pesi e a velocità di sviluppo del tutto soddisfacenti, anche l'ottenimento di un maggior numero di adulti.

Effects of temperature on the host-parasite couple *Galleria mellonella* L. - *Gonia cinerascens* Rond.

SUMMARY

The temperature is the climatic factor that has been mostly investigated with respect to parasitoids, which have proved to be influenced by it not only during their development and for their longevity, motility etc. but also as far as fecundity, sex ratio, suppression due to encapsulation, parasitization rate etc. are concerned.

The experiment herein has been carried out on *Galleria* larvae parasitized in the beginning of the last stadium. It has been repeated 5 times and has compared the effects of the following temperatures: 20, 24, 27, 30 and 34 °C. The statistical processing, made through regression analysis, parallelism test and analysis of variance, of the thousand and more data that have been gathered, has shown the following results.

The weight of the parasitized pupae, both male and female, tends to increase with temperature increase from 20 through 34 °C, and to the same extent for the two sexes. Also the weight of the unparasitized pupae increases but to a different extent for males and females. While for the males the weight increment is the same as with the parasitized individuals, for the females the increment is twice as much. The weight of the parasite puparia increases gradually too, with increase of temperature and proportionally to the increment experienced by the victims of both sexes; from this we can deduce that the weight of the parasite is not directly influenced by the temperature but only by the weight reached by its host. Anyhow, the optimum temperatures of the two symbionts do not coincide; while *Galleria* finds its optimum at 34 °C, *Gonia*, even though achieving at this temperature the highest weight increase, develops less puparia and especially it suffers an important drawback with emergence, and thus the number of obtained adults is only 1/5th of that obtained with intermediate temperatures.

We can thus conclude that the best yield in parasite rearing can be reached at temperatures ranging around 27 °C, which allow to obtain, besides absolutely satisfactory weight and speed of growth, also a higher quantity of adults.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- BARBOSA P., FRONGILLO E. A. JR., 1977. — Influence of light intensity and temperature on the locomotory and flight activity of *Brachymeria intermedia* (Hym.: Chalcididae) a pupal parasitoid of the gypsy moth. - *Entomophaga*, 22:405-411.
- 1979. — Photoperiod and temperature influences on egg number in *Brachymeria intermedia* (Hymenoptera: Chalcididae), a pupal parasitoid of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). - *J. New York Ent. Soc.*, 87:175-180.
- BARFIELD C. S., BOTRELL D. G., SMITH J. W. JR., 1977. — Influence of temperature on oviposition and adult longevity of *Bracon mellitor* reared on boll weevils. - *Environ. Ent.*, 6:133-137.
- BLUMBERG D., 1976. - Extreme temperatures reduce encapsulation of insect parasitoids in their insect hosts. - *Experientia*, 32:1396-1397.
- BRYAN D. E., JACKSON C. G., PATANA R., 1968. — Laboratory studies of *Lespesia archippivora* in four Lepidopterous hosts. - *J. Econ. Entomol.*, 61:819-823.
- , 1969. — Effect of temperature on the progeny production and longevity of *Lespesia archippivora* in the laboratory. - *J. Econ. Entomol.*, 62:765-767.
- BUTLER G. D. JR., BRYAN D. E., JACKSON C. G., 1968. — Development of the Salt-Marsh caterpillar parasite, *Exorista mella* at controlled constant and variable temperatures in the laboratory. - *J. Econ. Entomol.*, 61:161-162.
- FUSCO R. A., RHOADS L. D., BLUMENTHAL M., 1978. — *Compsilura concinnata*: effect of temperature on laboratory propagation. - *Environ. Entomol.*, 7:15-18.
- GROSCHE D. S., KRATSAS R. G., PETERS R. M., 1977. — Variation in *Habrobacon juglandis* ovariole number. I. Ovariole number increase induced by extended cold shock of fourth-instar larvae. - *J. Embryol. Exp. Morph.*, 40:245-251.
- JACKSON C. G., BUTLER G. D. JR., BRYAN D. E., 1969. — Time required for development of *Voria ruralis* and its host, the cabbage looper, at different temperatures. - *J. Econ. Entomol.*, 62:69-70.
- KING E. G., MARTIN D. F., 1975. — *Lixophaga diatraeae*: development at different constant temperatures. - *Environ. Entomol.*, 4:329-332.
- LARAICHI M., 1978. — L'effet de hautes températures sur le taux sexuel de *Ooencyrtus fecundus* Hymenoptera: Encyrtidae. - *Ent. exp. & appl.*, 23:237-242.
- LEGNER E. F., 1977. — Temperature, humidity and depth of habitat influencing host destruction and fecundity of muscoid fly parasites. - *Entomophaga*, 22:199-206.
- LITVIN G., VILLAS-BOAS H. D. C., 1975. — Influência da temperatura sobre *Lixophaga diatraeae* (TT., 1916) (Diptera, Tachinidae), parasito da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974) (Lepidoptera, Crambidae). - *Anais da S.E.B.*, 4:33-37.
- LYNN D. C., VINSON S. B., 1977. — Effects of temperature, host age, and hormones upon the encapsulation of *Cardiochiles nigriceps* eggs by *Heliothis* spp. - *J. Inv. Pathol.*, 29:50-55.
- MCPHERSON R. M., HENSLEY S. D., 1978. — Response of the parasite *Lixophaga diatraeae* (Tachinidae) to photoperiod and temperature. - *Environ. Entomol.*, 7:136-138.
- MELLINI E., RAPISARDA V., BRIOLINI G., 1979. — Effetti indiretti della densità dell'ospite (*Galleria mellonella* L.) sullo sviluppo del parassita (*Gonia cinerascens* Rond.) in condizioni sperimentali. - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 35:1-12.

- OBRYCKI J. J., TAUBER M. J., 1978. — Thermal requirements for development of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) and its parasite *Perilitus coccinellae* (Hymenoptera: Braconidae). - *Can. Entomol.*, 110: 407-412.
- RAM A., SHARMA A. K., 1977. — Laboratory assessment at different combinations of temperature and humidity of the efficiency of a strain of *Trichogramma fasciatum* (Perkins) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) selected for high fecundity. - *J. Entomol. Res.*, 1: 47-54.
- RECHAV Y., 1978. — Biological and ecological studies of the parasitoid *Chelonus inanitus* (Hym.: Braconidae) in Israel. III. Effects of temperature, humidity and food on the survival of the adult. - *Entomophaga*, 23: 89-94.
- ROBERTS W. P., PROCTOR J. R., PHILLIPS J. H. H., 1978. — Effect of constant temperatures on the number of larval instars of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). - *Can. Entomol.*, 110: 623-626.
- SHEPARD M., GALE G. T., 1977. — Superparasitism of *Epilachna varivestis* (Col.: Coccinellidae) by *Pediobus foveolatus* (Hym.: Eulophidae): influence of temperature and parasitoid-host ratio. - *Entomophaga*, 22: 315-321.
- STAIRS G. R., 1978. — Effects of a wide range of temperatures on the development of *Galleria mellonella* and its specific Baculovirus. - *Env. Entomol.*, 7: 297-299.
- STONER A., SURBER D. E., 1971. — Development of *Anaphes oviventatus*, an egg parasite of *Lygus hesperus*, in relation to temperature. — *J. Econ. Entomol.*, 64: 1566-1567.
- STONER A., WEEKS R. E., 1974. — *Copidosoma truncatellum*: effect of temperature on the developmental rate, duration of emergence, and longevity. - *Environ. Entomol.*, 3: 957-960.
- WIGGLESWORTH V. B., 1972. — The principles of insect physiology. - Methuen, London, 827 pp.; cfr. pp. 63-64.
- WYSOKI M., 1977. — Overwintering, oversummering, and the effect of extreme temperature and humidity levels on the parasitic wasp *Hungariella peregrina* Compere (Hymenoptera, Encyrtidae). - *Phytoparasitica*, 5: 15-25.
- YEARGAN K. V., PARR J. C., PASS B. C., 1978. — Fecundity and longevity of *Bathyplectes curculionis* under constant and fluctuating temperature. - *Environ. Entomol.*, 7: 36-38.