

ALESSANDRO BRATTI - WILLIAM COSTANTINI

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

Effetti di nuove diete artificiali dell'ospite sulla coppia ospite-parassita *Galleria mellonella* L. (Lep. Galleriidae) - *Archytas marmoratus* (Town.) (Dipt. Tachinidae)(*)(¹)

INTRODUZIONE

Lo sviluppo e la messa a punto delle diete artificiali, per allevare gli insetti, derivano dall'esigenza di avere a disposizione grandi quantità di questi artropodi per le prove di efficacia degli insetticidi, per ricerche sulla fisiologia, genetica ed ecologia, e per studi applicati riguardo al controllo dei fitofagi: tecnica del maschio sterile, produzione di patogeni, estrazioni e studio di ormoni e feromoni, allevamento di entomofagi da utilizzare in programmi di lotta biologica ed integrata (Reinecke, 1985).

Allo stato attuale gli entomofagi, fatta eccezione per alcune specie, non possono essere ottenuti in grandi quantità direttamente su substrati di sintesi (Bratti, 1990). Di conseguenza la ricerca di un ospite che si adatti alle condizioni di laboratorio, in grado di svilupparsi su una dieta nutrizionalmente adeguata ed economica, diventa indispensabile.

Il Lepidottero *Galleria mellonella* L. è una specie che presenta alcune caratteristiche che lo rendono particolarmente idoneo ad essere allevato in grandi quantità, tra cui l'adattabilità alle condizioni di laboratorio e a diete artificiali prive di acqua, o con un contenuto minimo, che consentono di limitare lo sviluppo di microrganismi dannosi.

Numerosi substrati artificiali sono stati predisposti per questo Galleriide (Haydalak, 1936; Balazs, 1958; Beard, 1958; Waterhouse, 1959; Beck, 1960)⁽²⁾. In una comparazione eseguita da Martson e Campbell (1973) è emerso che la validità di una dieta dipende dallo scopo che si intende perseguire. Gli Autori,

(*) Lavoro accettato il 2 maggio 1991.

(¹) Lavoro eseguito nell'ambito del P.F.- M.A.F «Lotta biologica e integrata per la difesa delle piante agrarie e forestali».

(²) Le diete sviluppate nell'ultimo trentennio sono in gran parte derivate da quella di Beck (1960).

infatti, concludono che, mentre per studi a carattere scientifico la dieta di Beck è nettamente la migliore, per scopi pratici, considerati i costi, anche le altre possono ritenersi soddisfacenti.

Nel corso della sperimentazione è stata adottata come base la dieta di Beck (1960) modificata da Campadelli (1973). A questa è stata addizionata farina integrale di soia che, in alcune tesi, è stata utilizzata al posto del mais e di quella integrale di grano.

L'obiettivo era quello di aumentare il contenuto totale di proteine⁽³⁾ al fine di equilibrare il substrato, nella concentrazione dei suoi componenti fondamentali, per migliorare l'uniformità di sviluppo e la qualità delle larve. Infatti, come riportato da House (1969), un'insoddisfacente proporzionalità fra i vari nutrienti può causare problemi nella crescita, nello sviluppo e nella riproduzione degli insetti oltrechè renderli più suscettibili nei confronti di eventuali microrganismi patogeni.

Inoltre, poichè *G. mellonella* viene utilizzata come ospite di sostituzione per l'allevamento di numerosi entomofagi (Campadelli, 1987), si è cercato di determinare quanto le modificazioni effettuate nella dieta incidessero sulla crescita e lo sviluppo del parassitoide larva-pupale obbligato *Archytas marmoratus* (Town.)⁽⁴⁾ Sovente, infatti, la qualità di un entomofago dipende direttamente da quella dell'ospite su cui si sviluppa e, indirettamente, dal substrato di cui quest'ultimo si nutre (Mellini, 1960; Barbosa *et al.*, 1982).

MATERIALE E METODO

La colonia dell'ospite *G. mellonella* è mantenuta sulla dieta di Beck (1960), modificata da Campadelli (1973), in condizioni di completa oscurità ad una temperatura di 30° C.

Il Dittero Tachinide *A. marmoratus* parassitizza numerose specie di Lepidotteri Nottuidi negli Stati Uniti (Arnaud, 1978). La sua biologia è stata ampiamente descritta da Hughes (1975). Nei nostri laboratori, gli adulti sono tenuti all'interno di gabbie di plexi-glass, di dimensioni pari a 40x30x30 cm, provviste di aperture laterali sulle quali sono poste reticelle in ottone che assicurano la circolazione dell'aria.

Le gabbie vengono poste in cella climatizzata ad una temperatura di 27 ± 1 C°, una U.R del 70%, un fotoperiodo di 16:8 ed un'intensità luminosa di 4000 e 2000 lux rispettivamente sul tetto e sul fondo.

Le femmine, dopo circa 10 giorni dallo sfarfallamento, depongono i planidi sopra dischetti di carta bibula del diametro di 12 cm. Questi vengono estratti ogni 24 ore e posti in contenitori chiusi, di dimensioni pari a 12x12x10 cm, nei

⁽³⁾ L'ingrediente nella dieta, contenente proteine in concentrazioni significative, è il lievito di birra (circa il 40%).

⁽⁴⁾ *A. marmoratus* viene allevato ininterrottamente dal 1986 su *G. mellonella*.

quali sono state riposte precedentemente le larve dell'ospite. Dopo alcune ore (in genere 4-6), i dischetti vengono asportati e le larve, così «contaminate», sono nutrite fino all'incrisalidamento. Con questo sistema si hanno valori di parassitizzazione, intesa come il rapporto numerico fra pupe del Tachinide e crisalidi del Lepidottero, attorno al 70%.

Le diete utilizzate nella sperimentazione derivano da quella base così composta: farina di mais 250 g, farina integrale di grano 250 g, farina bianca di grano 500 g, latte in polvere 250 g, lievito di birra 125 g, glicerina 250 g, miele 500 g e cera d'api 225 g.

Gli ingredienti che sono stati tolti o sostituiti sono la farina di mais e la farina integrale di grano, mentre quello nuovo è rappresentato dalla farina integrale di soia che contiene una percentuale di proteine attorno al 42.2 % contro il 10-12 % delle prime due. In tabella 1 si riportano le diete utilizzate nel corso della prima parte del lavoro riguardante le larve di *G. mellonella*.

Tale ricerca consta di tre ripetizioni di 8 tesi ciascuna, per le quali è stato usato, come materiale biologico di partenza, un gruppo di 50 crisalidi (25 maschi e 25 femmine) isolato dall'allevamento e collocato negli appositi contenitori. Gli adulti, dopo lo sfarfallamento e l'accoppiamento, hanno ovideposto sopra dei dischetti di carta bibula. Le uova sono state isolate in gruppi di 100, per ogni tesi, e messe all'interno di recipienti di allevamento provvisti dei diversi tipi di dieta.

Nella seconda parte, delle 8 diete precedentemente saggiate, ne sono state selezionate solo 4, la cui composizione è indicata sempre nella tabella 1.

Sopra queste diete sono state allevate le larve di *G. mellonella* le quali, raggiunta la settima età, riconosciuta mediante le dimensioni della capsula cefalica (Senhal, 1965), sono state selezionate e sottoposte a parassitizzazione utilizzando i planidi di *A. marmoratus*. Questi sono stati trasferiti, dai substrati di deposizione, nelle gabbie dell'allevamento in numero di 200, mediante un pennellino, sopra un dischetto di carta bibula diviso in quattro settori (50 per ogni settore). Così facendo si è potuto controllare la vitalità e la distribuzione dei planidi per larva ospite. Infatti essendo di 200 il numero dei planidi e di 50 quello delle larve ospiti per contenitore, ne è risultata una somministrazione media di 4 planidi/larva che, come riportato da Hughes (1975) per *Heliothis virescens* (F.), garantisce una parassitizzazione elevata.

Sono state effettuate 4 ripetizioni, per 4 tesi, di 200 larve ciascuna (50 per tesi).

I parametri rilevati sono per quanto riguarda *G. mellonella*:

- la percentuale di incrisalidamento (N° crisalidi formate / N° uova schiuse);
- il peso delle crisalidi, distinte per sesso, formatesi nelle 24 ore;
- i tempi di sviluppo;
- le percentuali di sfarfallamento (N° adulti sfarfallati / N° crisalidi formate).

Per *A. marmoratus*:

- le percentuali di parassitizzazione (N° pupe del parassita / N° crisalidi dell'ospite ottenute dalle larve sottoposte a parassitizzazione);

- il peso delle pupe, considerando in maniera distinta quelle formatesi nelle crisalidi maschili e femminili;
- l'indice di trasferimento (peso delle pupe del parassita/peso delle crisalidi parassitizzate);
- la resa in adulti (N° adulti sfarfallati/ N° larve dell'ospite sottoposte a parassitizzazione);
- la percentuale di sfarfallamento (N° adulti sfarfallati/ N° pupe).

L'analisi statistica dei parametri considerati è stata effettuata tramite l'analisi della varianza (Snedecor e Cochran, 1980). Nella comparazione delle medie è stato eseguito il test della differenza minima significativa. I valori percentuali sono stati trasformati usando le tavole di Mosteller e Youtz (1961).

Tab. 1 - Tipo e quantità di ingredienti (espressa in grammi) utilizzati nelle diete per il Lepidottero *Galleria mellonella*.

INGREDIENTI	DIETE							
	A*	B	C	D*	E	F*	G*	H
Farina di mais	—	250	—	250	250	—	—	250
Farina integr. di grano	—	—	250	250	—	250	—	250
Farina integr. di soia	—	—	—	—	250	250	250	250
Farina di grano	500	500	500	500	500	500	500	500
Latte in polvere	250	250	250	250	250	250	250	250
Lievito di birra	125	125	125	125	125	125	125	125
Glicerina	250	250	250	250	250	250	250	250
Miele	500	500	500	500	500	500	500	500
Cera d'api	225	225	225	225	225	225	225	225

* Diete utilizzate nella parte sperimentale relativa alle larve dell'ospite parassitizzate.

RISULTATI

1 - Ospite non sottoposto a parassitizzazione

Percentuali di incrisalidamento e sfarfallamento. Le percentuali di incrisalidamento si sono mantenute su valori elevati in tutte le 8 tesi a confronto (da un minimo dell'86.5% della tesi B, ad un massimo del 97.7% della G), non mostrando differenze significative ($df=7$, $F=1.069$, $P=0.4311$) (Col. 1, Tab. 2). Solo nella prima ripetizione si sono ottenute percentuali variabili fra le diverse diete.

La situazione si è riproposta per le percentuali di sfarfallamento. In questo

caso i valori relativi a ciascuna ripetizione sono omogenei oltrechè elevati, dall'88% della tesi E al 96.3% dell'H (df=7, F=1.806, P=0.1641) (Col. 2, Tab. 2).

Tab. 2 - Percentuali di incrisalidamento e sfarfallamento relative all'ospite *Galleria mellonella* non sottoposto a parassitizzazione.

Dieta	% di incrisalidamento	% di sfarfallamento
	Colonna 1	Colonna 2
A	91.2 ± 3.1 a	89.2 ± 3.7 a
B	86.5 ± 7.3 a	89.6 ± 2.3 a
C	90.2 ± 4.6 a	91.7 ± 1.7 a
D	94.0 ± 1.0 a	92.2 ± 0.4 a
E	92.8 ± 2.1 a	88.2 ± 5.3 a
F	97.6 ± 0.9 a	94.9 ± 1.0 a
G	97.7 ± 1.4 a	92.6 ± 2.5 a
H	91.3 ± 6.7 a	96.3 ± 2.4 a

Le medie nelle colonne seguite dalla stessa lettera non differiscono statisticamente ($P \leq 0.05$; L.S.D multiple range test).

Pesi medi delle crisalidi. I dati relativi alle pupe femminili (Col.2, Tab.3) non indicano nessuna differenza statisticamente significativa fra le diverse diete (df=7, F=1.233, P=0.3847). In ogni caso quelle che hanno dato crisalidi con valori ponderali maggiori sono la A, B, C, D ed F (attorno ai 220 mg). I valori relativi alle singole ripetizioni sono stati molto variabili e, di conseguenza, anche differenze di peso fra le pupe maggiori del 10%, si sono rivelate non statisticamente significative.

L'andamento si è ripetuto, con connotazioni più marcate, per i pesi delle crisalidi maschili (df=7, F=2.824, P=0.0466). La dieta C si è rivelata la migliore, con un valore ponderale attorno ai 180 mg, differendo statisticamente dalla H, la E e la G (Col. 1, Tab. 3).

Tempi medi di sviluppo. Il tempo medio, impiegato da uovo allo sfarfallamento degli adulti, non differisce fra le tesi nè per gli individui maschili (df=7, F=0.394, P=0.8903), nè per quelli femminili (df=7, F=0.639, P=0.7176), raggiungendo valori dai 30 ai 32 gg per i primi e dai 31 ai 33 per gli ultimi (Col. 3 e 4, Tab. 4).

Analoga situazione si presenta prendendo in considerazione i tempi intercorrenti da uovo alla formazione della crisalide: sia per i maschi (df=7, F=1.133,

Tab. 3 - Pesì delle crisalidi maschili e femminili dell'ospite *Galleria mellonella* non sottoposto a parassitizzazione.

Dieta	Peso delle crisalidi maschili (mg)	Peso delle crisalidi femminili (mg)
	Colonna 1	Colonna 2
A	162.4 ± 18.6 abc	226.1 ± 27.0 a
B	162.1 ± 7.5 abc	224.5 ± 17.9 a
C	181.9 ± 19.4 c	222.0 ± 28.4 a
D	168.0 ± 15.9 bc	220.9 ± 19.4 a
E	140.2 ± 3.5 a	200.2 ± 8.5 a
F	163.9 ± 16.2 abc	220.8 ± 13.7 a
G	155.8 ± 14.5 ab	212.8 ± 16.6 a
H	140.1 ± 6.8 a	190.3 ± 9.9 a

Le medie nelle colonne seguite dalla stessa lettera non differiscono statisticamente ($P \leq 0.05$; L.S.D multiple range test).

$P=0.3971$) che per le femmine ($df=7$, $F=0.996$, $P=0.4729$) si hanno valori dai 25 ai 27 gg (Col. 1 e 2, Tab. 4).

Tab. 4 - Tempo medio di sviluppo da uovo a crisalide e da uovo allo sfarfallamento dell'adulto, relativo all'ospite *Galleria mellonella* non parassitizzato.

Dieta	Tempo di sviluppo da uovo a crisalide (Maschi)	Tempo di sviluppo da uovo a crisalide (Femmine)	Tempo di sviluppo da uovo allo sfarfallamento (Maschi)	Tempo di sviluppo da uovo allo sfarfallamento (Femmine)
			(gg)	
	Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3	Colonna 4
A	26.9 ± 1.0 a	27.7 ± 1.4 a	32.1 ± 1.3 a	33.6 ± 1.5 a
B	25.1 ± 1.0 a	25.7 ± 1.1 a	30.8 ± 1.1 a	31.9 ± 1.3 a
C	26.3 ± 0.7 a	26.3 ± 0.7 a	31.7 ± 0.9 a	32.2 ± 0.7 a
D	25.4 ± 0.9 a	26.1 ± 1.1 a	31.2 ± 1.1 a	32.2 ± 1.1 a
E	25.6 ± 1.5 a	25.9 ± 1.2 a	31.0 ± 1.6 a	32.1 ± 1.1 a
F	25.3 ± 0.9 a	25.6 ± 0.8 a	31.1 ± 1.1 a	31.8 ± 0.8 a
G	25.6 ± 1.0 a	25.9 ± 0.9 a	31.0 ± 1.3 a	31.9 ± 1.0 a
H	25.7 ± 1.5 a	25.7 ± 1.4 a	31.1 ± 1.6 a	31.4 ± 1.5 a

Le medie nelle colonne seguite dalla stessa lettera non differiscono statisticamente ($P \leq 0.05$; L.S.D multiple range test).

2 - Ospite sottoposto a parassitizzazione

Percentuali di incrisalidamento. Nell'ambito delle 4 diete confrontate emergono delle differenze altamente significative ($df=3$, $F=34.249$,

P=0.001). In particolare come si può notare dalla colonna 1, tabella 5, la dieta A con una media del 57% indica una grande difficoltà da parte delle larve ad incrisalidarsi e, di conseguenza, una forte mortalità larvale rispetto alle altre tre (dal 96 al 99% circa di larve impupate).

Pesi medi delle crisalidi. In generale i pesi rilevati in questa serie di ripetizioni sono più bassi rispetto a quelli delle crisalidi non sottoposte a parassitizzazione. Per quanto riguarda le crisalidi maschili si sono riscontrate differenze significative (df=3, F=41.359, P=0.001) fra i valori megetici ottenuti con la dieta A, 76.8 mg e quelli conseguiti con le altre tre (Col. 2, Tab. 5), che comunque non hanno mai superato i 135 mg.

Un andamento simile si è verificato anche nei pesi relativi alle pupe femminili (df=3, F=36.669, P=0.001). La dieta A è risultata la meno idonea, 101.3 mg, mentre la F e la G hanno permesso di ottenere crisalidi con un buon peso medio (174.8 e 173 mg) (Col. 3, Tab. 5).

Tab. 5 - Percentuali di incrisalidamento e pesi medi delle pupe dell'ospite *Galleria mellonella* sottoposto a parassitizzazione.

Dieta	% di incrisalidamento	Pesi delle crisalidi maschili	Pesi delle crisalidi femminili
		(mg)	(mg)
	Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
A	57.0 ± 5.2 a	76.8 ± 5.5 a	101.3 ± 2.9 a
D	99.5 ± 0.5 b	121.4 ± 3.6 b	155.7 ± 3.7 b
F	96.7 ± 1.4 b	131.1 ± 2.5 b	174.8 ± 6.9 c
G	96.2 ± 1.5 b	133.3 ± 4.2 b	173.0 ± 7.7 bc

Le medie nelle colonne seguite dalla stessa lettera non differiscono statisticamente (P ≤ 0.05; L.S.D multiple range test).

Tempi medi di sviluppo. Sono stati considerati i tempi intercorrenti da uova, deposte da un giorno, alla formazione della crisalide. Per la tesi A, negli individui maschili, si sono registrati valori medi attorno ai 29 gg, di gran lunga superiori rispetto alle altre tre diete, 24 gg circa, (df=3, F=37.012, P=0.001) (Col. 1, Tab. 6). L'andamento è risultato lievemente diverso per gli individui femminili che manifestano differenze più marcate tra le diverse tesi (df=3, F=155.473, P=0.001). Nella colonna 2, tabella 6 si può notare che la tesi A con 31 gg e la D, 25 gg circa, differiscono dalle altre due (23 e 24 gg).

Tab. 6 - Tempi medi di sviluppo da uovo alla formazione della crisalide dell'ospite, *Galleria mellonella*, sottoposto a parassitizzazione.

Dieta	Tempo di sviluppo da uovo a crisalide (Maschi)	Tempo di sviluppo da uovo a crisalide (Femmine)
	(gg)	
	Colonna 1	Colonna 2
A	29.7 ± 0.8 a	31.1 ± 0.3 a
D	24.5 ± 0.4 b	24.9 ± 0.3 b
F	23.8 ± 0.3 b	23.9 ± 0.3 c
G	23.6 ± 0.2 b	24.1 ± 0.2 c

Le medie nelle colonne seguite dalla stessa lettera non differiscono statisticamente ($P \leq 0.05$; L.S.D multiple range test).

3 - Parassitoide

Percentuali di parassitizzazione. Questo parametro si assesta su livelli ottimali nelle tesi D,F,G con valori oscillanti tra il 73.9 ed il 79.8% (Col.1, Tab.7). Differente è il risultato per la dieta A, dove la percentuale è estremamente bassa, 17.9%. La differenza fra quest'ultima e le medie relative alle altre tre diete è statisticamente significativa ($df=3$, $F=49.48$, $P=0.001$).

Percentuali di sfarfallamento e resa in adulti. Le percentuali di sfarfallamento seguono l'andamento del parametro precedente, differendo fra loro in maniera significativa ($df=3$, $F=14.177$, $P=0.0003$). Più precisamente, la dieta A ha provocato una minor emergenza degli adulti, 26.9% rispetto alle altre tre, dal 68.1 all'81.45 (Col. 2, Tab. 7).

Analizzando le rese in adulti, le differenze tra le varie tesi risultano marcate ($df=3$, $F=83.49$, $P=0.001$). La dieta dell'ospite che permette di ottenere il valore più elevato è la G, seguita dall F, dalla D ed infine dalla A, che al solito si è dimostrata la meno idonea (Col. 3, Tab. 7).

Tab. 7 - Percentuali di parassitizzazione, di sfarfallamento e rese in adulti relative ad *Archytas marmoratus*.

Dieta dell'ospite	% di parassitizzazione	% di sfarfallamento	Rese in adulti (%)
	Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
A	17.9 ± 4.0 a	26.9 ± 10.9 a	2.5 ± 1.3 a
D	73.9 ± 3.4 b	68.1 ± 5.8 b	49.5 ± 2.2 b
F	79.6 ± 5.1 b	72.1 ± 3.5 b	57.3 ± 4.3 bc
G	79.8 ± 2.0 b	81.4 ± 1.3 c	64.9 ± 1.6 c

Le medie nelle colonne seguite dalla stessa lettera non differiscono statisticamente ($P \leq 0.05$; L.S.D multiple range test).

Pesi medi delle pupe ed indici di trasferimento. Le diete F e G, entrambe contenenti farina di soia, permettono di ottenere pesi delle pupe, da ospiti maschili, di 62.6 e 65.1 mg (Col. 1, Tab. 8) che differiscono statisticamente dalle diete D ed A ($df=3$, $F=32.276$, $P=0.001$). L'andamento è simile per le pupe formatesi in ospiti femminili ($df=3$, $F=8.46$, $P=0.0043$) che nelle diete F e G spuntano valori ponderali attorno agli 85 mg contro i 58 e 66 mg delle diete A e D (Col. 2, Tab. 8).

La capacità di sfruttamento dell'ospite, espressa mediante il rapporto tra il peso medio delle pupe del parassitoide e quello dell'ospite, pur non differendo statisticamente sia per gli ospiti maschili ($df=3$, $F=2.925$, $P=0.0772$) che femminili ($df=3$, $F=3.145$, $P=0.689$), aumenta nelle due diete dove è presente la farina di soia (Col. 3 e 4, Tab. 8).

Tab. 8 - Pesi medi delle pupe ed indici di trasferimento relativi ad *Archytas marmoratus*.

Dieta dell'ospite	Pesi delle pupe da ospite maschile (mg)	Pesi delle pupe da ospite femminile (mg)	Indice di trasferimento da ospite maschile %	Indice di trasferimento da ospite femminile %
	Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3	Colonna 4
A	37.3 ± 2.9 a	58.0 ± 7.9 a	0.447 ± 0.02 a	0.459 ± 0.22 a
D	55.7 ± 2.7 b	66.2 ± 0.6 a	0.461 ± 0.01 a	0.443 ± 0.01 a
F	62.6 ± 1.1 c	83.3 ± 3.5 b	0.473 ± 0.01 a	0.474 ± 0.01 a
G	65.2 ± 1.6 c	84.4 ± 3.6 b	0.493 ± 0.01 a	0.487 ± 0.01 a

Le medie nelle colonne seguite dalla stessa lettera non differiscono statisticamente ($P \leq 0.05$; L.S.D multiple range test).

CONCLUSIONI

Una netta differenza emerge confrontando i dati relativi all'ospite non parassitizzato rispetto a quello sottoposto a parassitizzazione.

Nel primo caso le diete saggiate, compresa quella testimone, D, e quella priva sia di farina di mais che di farina integrale di soia, A, per i parametri considerati, hanno consentito di raggiungere buoni risultati, conseguendo percentuali di incrisalidamento e di sfarfallamento più elevate rispetto a quelle ottenute con le 9 diete sperimentate da Martson e Campbell (1973). Per quanto concerne i pesi delle crisalidi, le diete E, priva di farina di soia, ed H, con tutte e tre le farine, si sono rivelate le meno idonee. La ragione di questo fenomeno, soprattutto per la H, testimonia, molto probabilmente, quanto sia importante il rapporto tra i vari ingredienti nella dieta. Infatti in questo substrato, che presenta tutte e tre le farine, pur aumentando il contenuto proteico rispetto al testimone, si aumenta anche complessivamente il contenuto di lipidi e carboidrati. D'altronde, come riportato da Singh (1977), il bilancio quantitativo dei nutrienti è il fattore domi-

nante per il successo di una dieta. Egli sostiene che se un nutriente è presente in condizioni non ottimali può causare il sottoutilizzo degli altri componenti. Ciò tuttavia non esclude che vi possano essere diversi rapporti in grado di garantire la crescita e lo sviluppo dell'insetto (House, 1966).

In base ai risultati conseguiti, la dieta C, priva sia di farina di mais che di soia, è quella migliore, confermando la poca importanza rivestita dalla farina di mais in questi substrati. Anche la farina di soia non ha apportato nessun miglioramento nella resa dell'allevamento, intesa come incrementi ponderali e diminuzione di mortalità. Comunque va ricordato, come dimostrato da Bloem e Duffey (1990) in uno studio accurato riguardo all'influenza della quantità e della qualità delle proteine nelle diete sullo sviluppo di *Heliothis zea* (Boddie) e *Spodoptera exigua* (Hübner), che non sempre un aumento del contenuto proteico nel substrato si traduce in una situazione positiva per l'insetto.

L'idoneità dei substrati assume un altro significato se si considera l'ospite sottoposto a parassitizzazione. In questo caso infatti si introduce una terza componente nel sistema rappresentata dal parassitoide *A. marmoratus*.

L'influenza esercitata dal parassitoide sull'ospite si può esplicitare in tanti modi. Mellini e Campadelli (1980) sostengono che una netta distinzione deve essere eseguita tra Imenotteri e Ditteri. I primi possono inibire, rallentare, o al contrario, accelerare lo sviluppo della vittima mediante l'iniezione nel suo corpo, al momento dell'ovideposizione, di secreti elaborati a vari livelli dell'apparato genitale femminile (Guillot e Vinson, 1972; Jones e Lewis, 1971; Vinson, 1972; Vinson e Iwantsch, 1980; Dindo, 1987). Non sono da ignorare inoltre, le attività svolte dalle larvette endofaghe che, pur non svolgendo una vera e propria funzione di «regolazione», provocano uno stress nella loro vittima (Jones, 1986).

Per i Ditteri Tachinidi, poichè le femmine sono sprovviste di ovodepositore sclerificato, non si verifica mai, salvo casi del tutto eccezionali, la deposizione delle uova nel corpo dell'ospite, quindi neppure l'inoculazione di secreti in grado di modificare la fisiologia del «partner». Di conseguenza le influenze esercitate dai Ditteri entomofagi si esplicano solo attraverso l'attività delle larvette endofaghe. Dindo (1983), riferendosi a questo gruppo di entomofagi, distingue 7 categorie principali di effetti sull'ospite: interferenze sui movimenti, modificazioni della morfologia, ripercussioni sull'assunzione del cibo e sul peso, effetti sulla durata dello sviluppo e sulla riproduzione, reazioni di difesa nei confronti del parassita e modificazioni dell'emolinfa.

Nel nostro caso *A. marmoratus* oltre a portare a termine il proprio sviluppo larvale uccidendo la vittima, potrebbe, come L_1 , anche interferire sullo sviluppo dell'ospite provocandone un indebolimento generale che si manifesta in una maggior mortalità larvale ed in un decremento dei valori ponderali delle pupe. Una diminuzione dei pesi dell'ospite, causato dal parassitoide, era già stato messo in evidenza da Brewer e King (1978) per la coppia *Diatrea saccharalis* (F.)-*Lixophaga diatreae* Town. e da Dindo (1983) per i simbionti *G. mellonella-Gonia cinerascens* (= *P. rufifrons*). Questo fenomeno è reso ancor più evidente se si considerano i valori dei parametri biologici relativi alle larve di *G. mellonella*

sviluppatasi sulla dieta A, priva della farina integrale di grano, di quella di mais e di quella di soia, che sono di molto inferiori rispetto a quelli delle altre tesi. Il motivo è molto probabilmente da ricercarsi nel fatto che l'ospite, indebolito dalla simbiosi parassitaria, nutrendosi di una dieta sbilanciata in alcuni dei suoi componenti, subisce una serie di alterazioni fisiologiche che ne condizionano lo sviluppo.

In ogni caso, almeno per quanto riguarda i pesi medi delle crisalidi, non vi è dubbio, in base ai risultati conseguiti, che la farina integrale di soia, qualora si sottopongano a parassitizzazione le larve di *Galleria*, espliciti un effetto positivo consentendo di conseguire valori megetici più elevati.

Per quanto riguarda i dati relativi ai parametri biologici afferenti ad *A. marmoratus*, emerge che il parassitoide attecchisce con molta difficoltà nelle larve ospiti cresciute sulla dieta A, mentre manifesta pesi delle pupe, rese in adulti e percentuali di sfarfallamento più elevate qualora si sviluppi in ospiti allevati sulle diete contenenti la farina di soia.

Questi risultati sono spiegabili se si considera che la composizione della dieta può influire non solo sulle caratteristiche vitali dell'insetto ospite che la utilizza ma anche sul suo parassitoide. Vinson e Iwantsch (1980), trattando di idoneità dell'ospite per i parassitoidi, sostengono che un'insufficienza nutrizionale dell'ospite può provocare una mortalità larvale accentuata ed una scarsa emergenza dell'entomofago. Vinson (1984) afferma che il problema dell'idoneità nutrizionale dell'ospite è legato a numerosi fattori tra cui la scelta del cibo da parte dell'ospite stesso.

Una nutrizione ottimale di *Lymantria dispar* L., data da foglie di melo, si riflette positivamente sui parassitoidi *Parasetigena silvestris* (R.D) e *Sturmia scutellata* (R.D); in ospiti indeboliti, quali quelli nutriti con foglie di quercia, la crescita dei Tachinidi è ridotta, come pure il peso, il contenuto in grassi e la sopravvivenza (Sapiro, 1956). Etienne (1974) ha riportato che il Tachinide *L. diatraeae* non poteva essere allevato per più generazioni su larve di *G. mellonella* alimentate con cera d'api e polline a meno che questa dieta non fosse integrata con vitamina E e germe di grano. Il problema fu risolto rafforzando la dieta con un cereale ad alto contenuto proteico, 120 g di germe di grano per Kg di dieta (Morrison e King, 1977; King *et al.*, 1979). Uno studio particolareggiato di House e Barlow (1961), sulla coppie ospite parassita *Agria affinis* (Fall.)- *Aphaereta pallipes* (Say), ha mostrato che variando le percentuali ed il rapporto tra aminoacidi e carboidrati nella dieta dell'ospite variava l'emergenza del Braconide. Zohdy (1976) ha rilevato, per il parassitoide *Aphelinus asychis* Walker, che lo sviluppo preimmaginale era ritardato e l'emergenza degli adulti risultava bassa quando gli ospiti erano allevati su diete nutrizionalmente povere rispetto al testimone.

Nel nostro caso, oltre al fenomeno sopra citato, potrebbe manifestarsene un'altro, come fatto notare in precedenza, legato all'attività delle larvette di *A. marmoratus* durante la prima età larvale. Esse infatti potrebbero provocare un'effetto traumatico sull'ospite che si ripercuoterebbe sul parassita causando

una crescita stentata ed il raggiungimento di pesi minori delle pupe. A questo proposito Mellini e Campadelli (1980) riportano che le larve dei Ditteri Ciclorrafi possono emettere dei liquidi digestivi in grado di liquefare il pabulum di cui si nutrono. Quindi, almeno teoricamente, vi è la possibilità di un intervento di ordine chimico sull'ospite, senza escluderne, per così dire, uno di ordine meccanico, dovuto alle migrazioni ed ai movimenti delle larvette endofaghe durante alcune fasi ontogenetiche dell'ospite.

In conclusione si può affermare, in base ai risultati della presente sperimentazione, che la dieta di Beck, modificata da Campadelli (D), qualora venga allevato unicamente il Lepidottero *G. mellonella* risulta soddisfacente e pare non necessiti di ulteriori modifiche in relazione alla quantità e al tipo di farine considerate. Addirittura, in questo caso, si potrebbe adottare la dieta A, che pur priva della farina di soia, di mais e di grano ha dato buoni risultati.

Se invece il Lepidottero viene impiegato come ospite di sostituzione per il Dittero Tachinide *A. marmoratus*, le diete F e G, contenenti farina integrale di soia sono quelle che consentono di ottenere il maggior numero di entomofagi aventi, tra l'altro, dimensioni maggiori. Infine volendo fare qualche considerazione sul costo delle diete D,F,G, elemento di primaria importanza per l'allevamento massale degli entomofagi, la dieta G è quella che risulta la più economica, presentando un costo di circa il 2% in meno rispetto alla dieta standard D.

Effetto di nuove diete artificiali dell'ospite sulla coppia ospite parassita *Galleria mellonella* L. (Lep. Galleriidae) - *Archytas marmoratus* (Town.) (Dipt. Tachinidae)

RIASSUNTO

Galleria mellonella L. è un lepidottero allevato come ospite di sostituzione per numerosi entomofagi. Esso presenta alcune caratteristiche che lo rendono particolarmente idoneo per questo scopo, tra cui la grande adattabilità alle condizioni di laboratorio e a diete artificiali prive di acqua, o con un contenuto minimo, che consentono di limitare lo sviluppo di microrganismi dannosi.

Archytas marmoratus Town. è un Dittero Tachinide, a sviluppo larva-pupale, che in natura attacca diverse specie di Nottuidi. Nei nostri laboratori questo parassitoide solitario è ormai allevato ininterrottamente da un quinquennio su *G. mellonella*.

Nel presente lavoro abbiamo aumentato, in alcune diete, il contenuto in proteine rispetto a quella di Beck, già modificata da Campadelli, al fine di migliorare le caratteristiche qualitative dell'ospite quali l'uniformità di sviluppo, pesi medi, etc. e di conseguenza quelle del parassita.

Dai risultati emerge una netta differenza, in relazione alle diete sperimentate, fra l'ospite non sottoposto a parassitizzazione e quello parassitizzato. Per quest'ultimo infatti l'aggiunta della farina integrale di soia nella dieta esplica un effetto positivo.

Per quanto riguarda gli effetti del o sul parassitoide pare, in base ai dati conseguiti, che esso svolga, come larva di prima età, un'azione traumatica nei confronti dell'ospite in rapporto al tipo di dieta di cui quest'ultimo si nutre; tale effetto negativo si ripercuote in seguito sul parassitoide stesso. In ogni caso *A. marmoratus* risente della dieta di cui si ciba il proprio ospite, presentando parametri vitali migliori qualora provenga da larve di *Galleria* sviluppatesi in substrati contenenti farina integrale di soia.

Effects of New Host Artificial Diets on the Host-Parasitoid Couple *Galleria mellonella* L. (Lep. Galleriidae) - *Archytas marmoratus* (Town.) (Dipt. Tachinidae).

SUMMARY

Galleria mellonella L. (Lep. Galleriidae) is reared as a factitious host for numerous entomophagous insects. Its adaptability to laboratory conditions and to artificial diets without or with a low rate of water, which are designed to limit the development of harmful microorganisms, are among the characteristics that make it particularly suitable for laboratory rearing.

Archytas marmoratus (Town.) (Dip. Tachinidae) is a solitary larval-pupal parasitoid which attacks, in nature, several species of Noctuids. This parasitoid has been reared on the wax moth in our laboratory for five years.

The present paper reports the results of new host diets based on Beck's diet, as modified by Campadelli. In some of them we increase the amount of proteins, adding whole soybean meal, to improve the host's quality characters, i.e. uniformity of development, average weight. The effects of these variations on the biological parameters of both the parasitized host and the parasite were also monitored.

The results show a distinct difference per diet between non parasitized and parasitized host, and that the parasitoid appears to have a strong effect on the host, as a first instar maggot, in relation to the latter's diet; an action which affects both the growth and development of the parasitoid itself. Anyway the *A. marmoratus* development is influenced by the host diet. In fact the parasitoid shows the better biological parameters growing on host diets containing whole soybean meal.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- ARNAUD P.H. JR., 1978. - A host-parasite catalog of North American Tachinidae (Diptera). - *USDA Misc. Publ.* N° 1319, 860 pp.
- BARBOSA P., SAUNDERS J.A., WALDVOGEL M., 1982. - Plant-mediated variation in herbivore suitability and parasitoid fitness. - In: *Insect-Plant Relationships*, Wageningen, pp. 63-71.
- BALAZS A., 1958. - Nutritional and nervous factors in the adaption of *Galleria mellonella* to artificial diet. - *Acta. Acad. Sci. Biol. Hung.*, 9: 47-69.
- BEARD R.L., 1958. - Secondary physiological effects of DDT in *Galleria* larvae. - *Entomol. Exp. Appl.*, 1: 260-7.
- BECK S.D., 1960. - Growth and development of the greater wax moth, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Galleriidae). - *Trans. Wis. Acad. Sci. Arts. Lett.*, 49: 137-48.
- BLOEM K.A., DUFFEY S.S., 1990. - Effect of protein type and quantity on growth and development of *Heliothis zea* and *Spodoptera exigua* and the endoparasitoid *Hyposoter exiguae*. - *Entomol. exp. appl.*, 54: 141-148.
- BRATTI A., 1990. - Tecniche di allevamento *in vitro* per gli stadi larvali di insetti entomofagi parassitoidi. - *Boll. Ist. Ent. «G. Grandi» Univ. Bologna*, 44: 169:220.
- BREWER F.D., KING E.G., 1978. - Effects of parasitism by a Tachinid, *Lixophaga diatraeae*, on growth and food consumption of sugarcane borer larvae. - *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 71: 19-22.
- CAMPADELLI G., 1973. - Allevamento di *Galleria mellonella* L. con dieta semiartificiale. - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 32: 2-25.
- CAMPADELLI G., 1987. - *Galleria mellonella* L. quale ospite di sostituzione per i parassitoidi. - *Boll. Ist. Ent. «G. Grandi» Univ. Bologna*, 42: 47-65.
- DINDO M.L., 1983. - Effetti indotti dai Ditteri Tachinidi nei loro ospiti. Il caso della coppia *Galleria mellonella* L.- *Gonia cinerascens* Rond. - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 37: 137-155.
- DINDO M.L., 1987. - Effetti indotti da parassitoidi Imenotteri nei loro ospiti. - *Boll. Ist. Ent. «G. Grandi» Univ. Bologna*, 42: 1-46.

- ETIENNE J., 1974. - Tachinidae: *Lixophaga diatraeae*. - In: *IRAT Reunion Rapport, St. Denis, Isle de la Réunion*.
- GUILLOT F.S., VINSON S.B., 1972. - The role of the calyx and poison gland of *Cardiochiles nigriceps* in the host-parasitoid relationship.- *J. Insect. Physiol.*, 18: 1315-1321.
- HAYDAK M.H., 1936. - A food for rearing insects.- *J. Econ. Entomol.*, 29: 1026.
- HOUSE H.L., 1966. - The role of nutritional principles in biological control. - *Can. Entomol.*, 98: 1121-1134.
- HOUSE H.L., 1969. - Effects of different proportions of nutrient on insects. - *Ent. exp. & appl.*, 12: 651-669.
- HOUSE H.L., BARLOW J.S., 1961. - Effects of Different Diets of a Host, *Agria affinis* (Fall.) (Diptera: Sarcophagidae), on the Development of a Parasitoid, *Aphaereta pallipes* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). - *Can. Ent.*, 1041-1044.
- HUGHES P.S., 1975. - The Biology of *Archytas marmoratus* (Town.) - *Ann. Ent. Soc. Am.*, 68 (4): 759-767.
- JONES D., 1986. - Endocrine interaction between host (Lepidoptera) and parasite (Cheloninae: Hymenoptera): is the host or the parasite in control ?. - *Ann. Ent. Soc. Am.*, 78: 141-148.
- JONES R.L., LEWIS W.J., 1971. - Physiology of the host-parasite relationship between *Heliothis zea* and *Microplitis croceipes*. - *J. Insect Physiol.*, 17: 921-927.
- KING E.G., HARTLEY G., MARTIN D.F., SMITH J.W., 1979. - Production of the tachinid *Lixophaga diatraeae* on its natural host, the sugarcane borer, and on unnatural host the greater wax moth. - *U.S. Sci. Educ. Adm. Adv. Agric. Technol. South. Ser.*, pp. 3-16.
- MARTSON N., CAMPBELL B., 1973. - Comparison of nine diets for rearing *Galleria mellonella*. - *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 66: 132-160.
- MELLINI E., 1960. - Orientamenti e progressi negli studi sul parassitismo degli insetti entomofagi. - *Atti Acc. Naz. Ital. Ent.*, 62-85.
- MELLINI E., CAMPADELLI G., 1980. - Confronto ponderale tra individui parassitizzati e indenni nella coppia ospite parassita *Galleria mellonella* L. - *Gonia cinerascens* Rond. - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 35: 109-125.
- MORRISON R.K., KING E.G., 1977. - Mass production of natural enemies. - In R.L. Ridgway and S.B. Vinson (eds.), *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies*. Plenum Press, New York, pp. 183-217.
- MOSTELLER F.M., YOUTZ C., 1961. - Tables of Freeman-Tukey transformations for the binomial and Poisson distributions. - *Biometrika*, 48: 433-440.
- REINECKE J.P., 1985. - Nutrition: Artificial diets - In: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* (Eds. G.a. Kerkut and L.I. Gilbert) Vol. 4, pp. 391-419., CRC Press, Cleveland.
- SAPIRO V.A., 1956. - The influence of the nutritional regimen of the host on the growth of certain insect parasites. - Cfr. in : House H.L., Barlow J.S., 1961. - Effects of Different Diets of a Host, *Agria affinis* (Fall.) (Diptera: Sarcophagidae), on the Development of a Parasitoid, *Aphaereta pallipes* (Say)(Hymenoptera: Braconidae). *Can. Ent.*, 1041-1044.
- SENHAL F., 1965. - Kritisches Studium der Bionomie und Biometrik der in verschiedenen Lebensbedingungen gezüchteten Wachsmotte, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera). - *Z. Wiss. Zool.*, 174: 53-82.
- SINGH P., 1977. - Artificial diets for insects, mites, and spiders. - IFI/Plenum, New York, Washington and London.
- SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1980. - Statistical Methods. - Iowa State University Press, Ames.
- VINSON S.B., 1972.- Effect of the parasitoid, *Campoletis sonorensis*, on the growth of its host, *Heliothis virescens*. - *J. Insect Physiol.*, 18: 1509-1514.
- VINSON S.B., 1984. - Parasitoid-Host Relationship. - In: *Chemical Ecology of Insects*. Ed. W. J. Bell and R.T Cardè, Chapman and Hall Ltd.
- VINSON S.B., IWANTSCH G.F., 1980. - Host suitability for insect parasitoids. - *Ann. Rev. Entomol.*, 25: 397-419.
- WATERHOUSE D.F., 1959. - Axenic culture of wax moths for digestion studies. - *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 77: 283-9.
- ZOHDY N., 1976. - On the effect of the food of *Myzus persicae* Sulz. on the hymenopterus parasite *Aphelinus asychis* Walker. - *Oecologia*, 26: 185-191.