

ELISA DE BERARDINIS, ALDA BUTTURINI, ROCCHINA TISO

Centrale Ortofrutticola Cesena - Laboratorio Modelli Previsionali, presso Osservatorio Regionale
per le Malattie delle Piante - Bologna

Influenza della temperatura sullo sviluppo di *Pandemis Cerasana* (Hb.) (Lepidoptera: Tortricidae)(*)

(Lavoro eseguito con il contributo della Regione Emilia-Romagna)

INTRODUZIONE

Pandemis cerasana (Hb.) è un Tortricide ricamatore presente in Europa nel bacino del Mediterraneo, nell'Italia settentrionale, nella vallata del Rodano in Francia e nel Sud della Svizzera (Carter, 1984). È una specie polifaga che attacca diverse piante arboree quali Melo, Pero, Susino, Sorbo, Acero, Betulla, Conifere etc. (Tremblay, 1986) ed ornamentali (Pollini, 1988).

Nei frutteti, per effetto dell'impoverimento degli ecosistemi agrari dovuto alla monocoltura, ai trattamenti antiparassitari e alla conseguente diminuzione dei nemici naturali, è passato da fitofago occasionale o secondario, a primario (Tremblay, 1986).

In Emilia-Romagna l'insetto è diffuso nei frutteti di Melo e Pero (Pasqualini *et Al.*, 1982) ed ha raggiunto, negli ultimi anni, livelli tali da richiedere diversi interventi fitoiatrici. Per ottimizzare la difesa delle colture agrarie, si è assistito negli ultimi tempi ad un impiego sempre più frequente di modelli fenologici che prevedono lo sviluppo degli insetti in relazione all'andamento termico (Croft e Knight, 1983).

Scopo del presente lavoro è determinare, per *Pandemis cerasana*, le curve di sviluppo di uova, larve, crisalidi ed adulti in funzione della temperatura, nonché definire l'andamento della fecondità; a tal fine l'insetto è stato allevato in ambiente controllato a diverse temperature costanti.

Queste informazioni sono fondamentali per la messa a punto di un modello fenologico di cui si tratterà in un prossimo contributo.

(*) Lavoro accettato il 22 maggio 1992.

MATERIALI E METODI

L'allevamento è iniziato nel 1990 partendo da larve svernanti prelevate alla ripresa vegetativa in frutteti fortemente infestati. L'insetto è stato allevato alla temperatura di 25°C, fino all'ottenimento degli adulti di prima generazione. Le coppie di adulti appena sfarfallati, sono state collocate in gabbie di accoppiamento, nutrite con una soluzione di acqua e miele al 6% (Chambon, 1986) e ripartite in camere climatizzate alle temperature di 12,7, 18,5, 23 e 25 °C (fotoperiodo 17:7 L/B ed umidità relativa 70%). Sono stati eseguiti controlli giornalieri al fine di determinare:

- il periodo di preovideposizione;
- la fecondità in funzione dell'età;
- il tasso di invecchiamento delle femmine.

Le ovature raccolte sono state classificate in 5 categorie di grandezza e per ognuna di esse si è determinato il numero medio di uova tramite osservazione allo stereomicroscopio, dello stadio di «teste nere». In questo modo la fecondità giornaliera poteva essere riferita alle uova e non alle ovature.

Tra tutte le ovature deposte sono state scelte quelle appartenenti alla categoria composta in media da 30 uova. In seguito le si è ripartite in gruppi, mantenuti a 6 differenti temperature costanti: 12,7, 18,5, 23, 26, 27,8 e 30,3 °C (fotoperiodo ed umidità relativa come sopra). Giornalmente venivano osservati l'inizio e la fine della schiusura delle uova all'interno di ogni ovatura e calcolato il tempo medio. Le larve neosgusciate sono state collocate singolarmente alle stesse temperature delle ovature (medesimo fotoperiodo ed umidità relativa); il nutrimento somministrato consisteva in foglie di Melo fresche prelevate da piante esenti da trattamenti insetticidi. Fino allo sfarfallamento degli adulti sono stati eseguiti controlli giornalieri allo scopo di verificare i tempi di sviluppo di larve e crisalidi ed il sesso degli individui.

I materiali usati e la metodologia adottata sono stati gli stessi dell'allevamento condotto per *Argyrotaenia pulchellana* (Hw.) (Tiso *et Al.* 1992). Per quanto riguarda la frequenza dei controlli, per ragioni pratiche, essa risulta inferiore a quella indicata da Campbell *et Al.* (1974).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le tabelle I, II, III, IV riportano per ogni temperatura (T°C):

- i valori medi della durata di sviluppo espressa in giorni (Ds);
- il tasso di sviluppo (Ts) calcolato come reciproco della durata media di sviluppo (1/Ds);
- il numero di casi su cui Ds e Ts sono stati determinati (N);
- il numero di casi di partenza (Nt);
- la percentuale di mortalità (M%);
- la varianza di Ds (s^2);

La tabella V riporta, distintamente per femmine e maschi e per ogni temperatura (T°C):

- i valori medi della durata di sviluppo (da larva ad adulto), espressi in giorni (Ds);

Tab. I - Parametri relativi alle ovature. Per i simboli, v. il testo.

T °C	12,7	18,5	23	26	27,8	30,3
Ds	27,10	12,18	8,01	6,58	6,10	6,36
Ts	0,0369	0,0821	0,1248	0,1520	0,1637	0,1571
N	58	87	80	57	91	22
Nt	71	101	92	63	117	79
M%	18,31	13,86	13,04	9,52	22,22	72,15
s ²	1,61	0,45	0,19	0,38	0,27	0,50

Tab. II - Parametri relativi alle larve. Per i simboli, v. il testo.

T °C	12,7	18,5	23	26	27,8	30,3
Ds	91,79	53,31	36,78	34	32,70	0
Ts	0,0109	0,0188	0,0272	0,0294	0,0306	0
N	42	54	74	61	20	0
Nt	82	81	99	93	77	127
M%	48,78	33,33	25,25	34,41	74,03	100
s ²	77,47	80,88	46,66	27,25	20,41	—

Tab. III - Parametri relativi alle crisalidi. Per i simboli, v. il testo.

T °C	12,7	18,5	23	26	27,8
Ds	27,44	12,26	8,29	7,09	6,78
Ts	0,0364	0,0816	0,1206	0,1410	0,1474
N	9	35	65	54	14
Nt	11	41	74	60	20
M%	18,18	14,63	12,16	10	30
s ²	0,47	0,25	0,30	0,23	0,31

- il numero di casi su cui Ds è stata determinata (N);
- la varianza di Ds (s²);

Per le temperature di 23 e 26 °C, rappresentate da un numero maggiore di dati, è stata eseguita l'analisi statistica con il test di Student. In entrambi i casi è risultata una differenza altamente significativa dei tempi di sviluppo tra femmine e maschi.

1. SVILUPPO DI UOVA, LARVE E CRISALIDI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA

I tassi di sviluppo di uova, larve e crisalidi, osservati alle diverse temperature sperimentali, sono stati interpolati, con il metodo dei minimi quadrati, utiliz-

Tab. IV - Parametri relativi agli adulti (femmine). Per i simboli, v. il testo.

T °C	12,7	18,5	23	25
D _s	38,60	21,39	13,17	11,67
T _s	0,0259	0,0468	0,0760	0,0857
N	10	18	18	6
s ²	259,64	30,06	9,36	5,56

Tab. V - Parametri relativi agli adulti. Per i simboli, v. il testo.

T °C	femmine			maschi		
	D _s	N	s ²	D _s	N	s ²
12,7	116	6	10,33	99,33	3	4,22
18,5	66,90	31	71,18	63,38	8	135,98
23	46,48	40	32,25	39,30	30	30,08
26	41,36	36	18,73	37,83	18	7,25
27,8	38,56	9	7,80	38	5	3,2

zando una funzione non lineare: curva di Logan (Logan *et Al.*, 1976) espressa dalla seguente equazione:

$$F(x) = P_1 \cdot (\exp(P_2 \cdot (x - T_{li})) - \exp(P_2 \cdot (T_{ll} - T_{li}) - P_3 \cdot (T_{ll} - x)))$$

dove: P₁, P₂, P₃ sono parametri della curva;

x è il valore della temperatura;

T_{li} è la temperatura limite inferiore;

T_{ll} è la temperatura limite superiore (letale).

Il valore di questi parametri, specifici per ogni stadio, è riportato nella tabella VI.

La temperatura limite inferiore (T_{li}) è stata ricavata in tutti e tre i casi effettuando una regressione lineare sui tassi di sviluppo rilevati alle temperature situate nell'intervallo di linearità e prolungando la retta fino all'intersezione con l'asse delle ascisse (Arnold, 1959). La temperatura limite superiore (T_{ll}) per uova, larve e crisalidi è stata fissata empiricamente in modo tale che la curva di

Tab. VI - Parametri della curva di Logan. Per i simboli v. il testo.

	P1	P2	P3	T _{li}	T _{ll}
UOVA	0,10546	0,17396	0,18318	8,6	34
LARVE	0,38163	0,14889	0,14929	4,5	34
CRISALIDI	0,16001	0,15479	0,16151	8,5	35

Logan interpolasse bene i tassi di sviluppo osservati alle diverse temperature sperimentali. Essendo interessati ad un'utilizzazione pratica delle curve di risposta alla temperatura abbiamo infatti ritenuto trascurabile l'errore che potrebbe derivare dall'uso di una Tll imprecisa, soprattutto se si considera che la sua esatta determinazione sperimentale risulta comunque alquanto problematica (Briolini *et Al.*, 1991).

Le eventuali inesattezze dei tassi di sviluppo rappresentati dalla curva nelle zone prossime alle soglie, incidono infatti in modo limitato nel calcolo dello sviluppo dell'insetto in campo, considerando che questo subisce soprattutto quelle temperature che risultano, nel nostro caso, ben interpolate dalla curva (Tiso *et Al.*, 1992).

Per rappresentare lo sviluppo dei diversi stadi dell'insetto in funzione della temperatura è stato scelto un modello non lineare, in questo caso la curva di Logan, perché in grado di descrivere in modo più adeguato lo sviluppo dell'insetto sull'intero intervallo termico di sviluppo (Hawthorne *et Al.*, 1988), rispetto ad un modello lineare. Quest'ultimo, infatti, può rappresentare in modo soddisfacente lo sviluppo nel cosiddetto intervallo di linearità (diverso per ogni stadio oltre che da specie a specie), ma non nelle porzioni non lineari (Campbell *et Al.*, 1974).

Le curve di Logan per uova, larve e crisalidi sono riportate nella fig. 1.

2. TASSO DI INVECCHIAMENTO DELLE FEMMINE

Sui tassi di sviluppo, rilevati a 4 temperature (12,7, 18,5, 23 e 25 °C), è stata effettuata una regressione lineare. La retta di regressione, la cui equazione viene riportata di seguito, è rappresentata in fig. 2.

$$f(x) = 0,004966 \cdot x - 0,03976$$

La soglia inferiore di sviluppo è di 8 °C.

Per le temperature superiori a 25 °C il tasso di senescenza delle femmine viene considerato costante, per la supposta capacità degli adulti di trovare dei ripari dove la temperatura rimane prossima a quella ottimale (Curry e Feldman, 1987).

3. FECONDITÀ DELLA FEMMINA IN FUNZIONE DELL'ETÀ

Nella tabella VII sono riportati i dati di fecondità osservati alle quattro temperature sperimentali. Più precisamente per ogni temperatura e per ogni giorno di età (G) vengono riportati:

- il numero di femmine vive (Nf);
- il numero medio di uova deposte (Nu), calcolato sul numero totale di femmine;
- il numero medio totale di uova deposte da una femmina in tutta la sua vita (Tu).

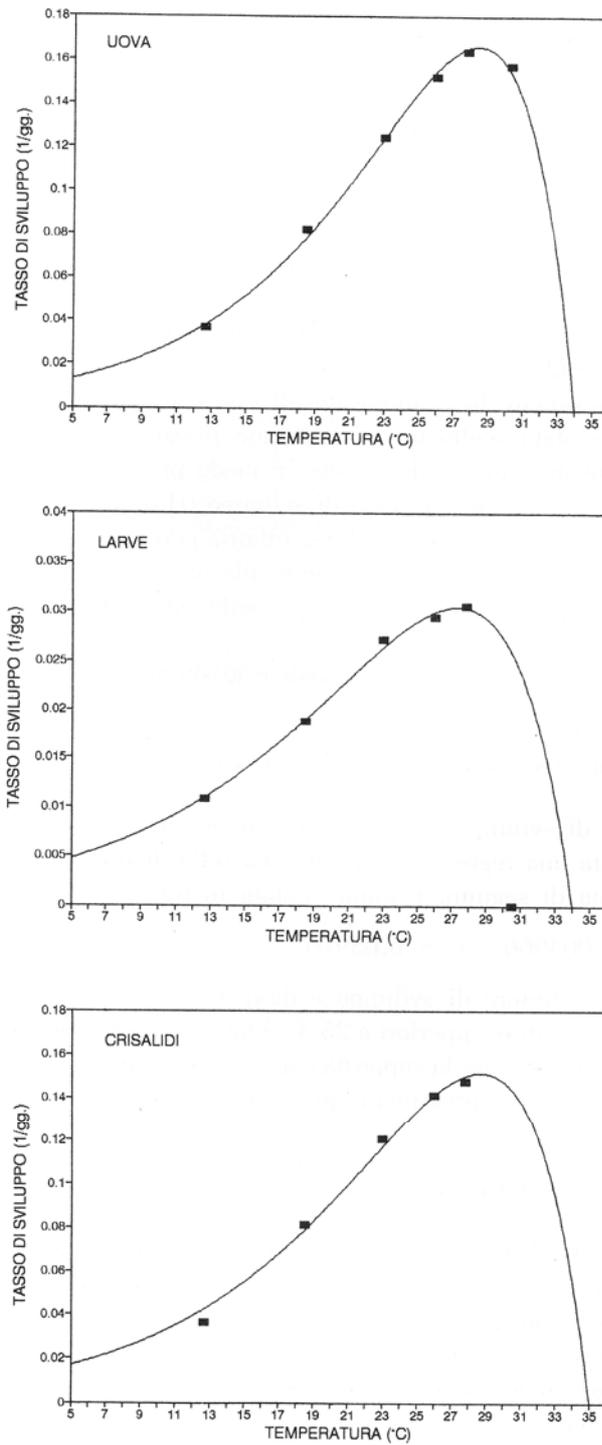


Fig. 1 - Tasso di sviluppo degli stadi preimmaginali in funzione della temperatura (gradi centigradi).

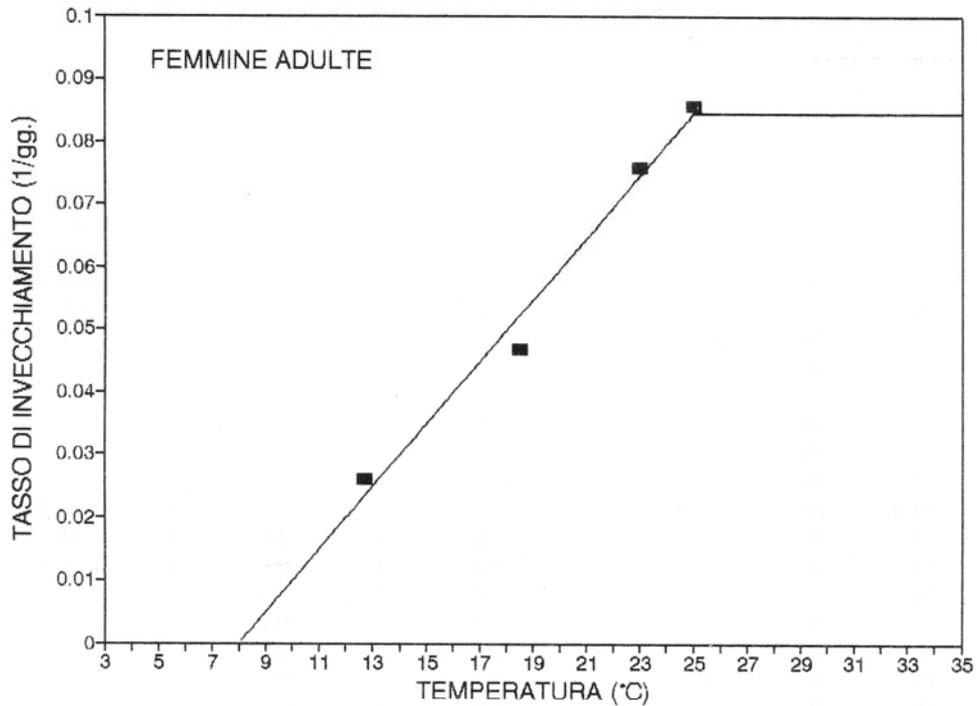


Fig. 2 - Tasso d'invecchiamento delle femmine in funzione della temperatura (gradi centigradi).

Le fecondità medie giornaliere osservate a 18,5, 23 e 25 °C sono state interpolate con la funzione di Bieri (Bieri *et Al.*, 1983) modificata, di cui si riporta l'equazione:

$$F(x) = (P_1 \cdot (x - P_2)) / (\exp(\ln(P_3) \cdot (x - P_2)))$$

Non è stato invece possibile interpolare con la curva di Bieri i dati di fecondità osservati a 12,7 °C (Tabella VII). A questa temperatura, infatti, le femmine hanno mostrato una notevole variabilità di comportamento sia nell'andamento che nell'entità dell'ovideposizione. Probabilmente si tratta di una temperatura troppo bassa e poco favorevole all'accoppiamento e all'ovideposizione.

Nella tabella VIII sono riportati, per ogni temperatura (T °C), i valori dei parametri delle curve interpolate. Le curve di Bieri sono rappresentate nella fig. 3.

CONCLUSIONI

Il modello non lineare (curva di Logan), utilizzato per descrivere lo sviluppo degli stadi preimmaginali di *Pandemis cerasana* in funzione della temperatura, interpola a nostro avviso in modo soddisfacente i dati sperimentali (Fig. 1).

È stata messa in evidenza, in entrambi i casi considerati (23 e 26 °C), una

Tab. VII - Fecondità media riferita all'età. Per i simboli v. il testo.

G	12,7 °C		18,5 °C		23 °C		25 °C	
	Nf	Nu	Nf	Nu	Nf	Nu	Nf	Nu
1	10	0	18	0	18	0	6	0
2	10	0	18	18,4	18	23,7	6	13,8
3	10	0	18	11,4	18	27,2	6	41,7
4	10	0	18	18,3	18	23,1	6	40,8
5	10	8	18	16,8	18	19,4	6	20,5
6	10	0	18	20,6	18	20,3	6	15
7	10	20	18	13,3	18	20,3	6	30
8	10	1	18	20	18	17,3	5	16,7
9	10	6	18	11,7	17	17,9	5	19,3
10	10	9	18	17,8	15	12,5	5	6,7
11	10	7	18	10,2	11	12,9	3	5
12	10	6,6	18	13,5	10	4,4	1	1,7
13	10	2	18	9,1	9	12,8	1	3,3
14	9	8	17	12,2	5	2,8	1	0
15	8	3,3	15	9,2	4	0	1	3,3
16	8	0	15	2,8	2	3,3		
17	8	7	15	15,9	2	0,2		
18	8	2	12	2,4	2	0,6		
19	8	2	11	6,4	1	0		
20	8	1	10	1,8	1	0		
21	8	1	8	3,9				
22	8	10	8	1,7				
23	8	7	8	0,6				
24	8	0	7	2,8				
25	8	2,6	2	1,7				
26	8	2	2	0				
27	8	4	2	0				
28	7	1,3	1	0				
29	7	1	1	0,6				
30	7	3	1	0				
31	7	2,3	1	0				
32	7	3	1	0				
33	6	0	1	0				
34	6	2	1	0				
35	6	0	1	0				
36	6	0,3						
37	6	1						
38	5	0						
39	5	2						
40	5	0						
41	4	0,3						
42	4	0						
43	4	0,3						
44	3	0						
45	3	3						
46	3	0						
47	3	0						

seg. Tab. VII - Fecondità media riferita all'età. Per i simboli v. il testo.

G	12,7 °C		18,5 °C		23 °C		25 °C	
	Nf	Nu	Nf	Nu	Nf	Nu	Nf	Nu
48	3	0						
49	3	0						
50	3	0						
51	3	1,5						
52	2	0,3						
53	2	0						
54	2	0						
55	2	0						
56	1	0						
.	1	0						
.	1	0						
65	1	0						
Tu	130,8		249,9		218,8		217,8	

differenza altamente significativa nelle durate di sviluppo tra femmine e maschi. Questi ultimi mostrano una evidente proterandria nello sfarfallamento (Tabella V).

Per quanto riguarda la fecondità appare evidente che la maggior parte delle uova viene prodotta, a tutte le temperature studiate, nel primo terzo di vita della femmina (Tabella VII). Le curve di Bieri, interpolate ai dati sperimentali, descrivono questo tipo di andamento. Non sembra esserci un'influenza della temperatura sul numero totale di uova prodotte da una femmina nella sua vita, almeno per quanto riguarda 18,5, 23 e 25 °C. In altre parole sembra che l'andamento della deposizione e la fecondità totale rimangano le stesse alle tre temperature, ma che semplicemente la deposizione delle uova sia più lenta se le femmine vivono più a lungo, più veloce nel caso opposto. La temperatura di 12,7 °C, a cui corrisponde una fecondità molto inferiore alle altre, potrebbe essere una temperatura limite per quanto riguarda l'accoppiamento e l'ovideposizione. Non risulta comunque semplice trarre delle conclusioni certe circa la relazione esistente fra temperatura e fecondità, essendo quest'ultima influenzata

Tab. VIII - Parametri della curva di Bieri.

T °C	P1	P2	P3
12,7	—	—	—
18,5	9,10269	2,33444	1,20870
23	22,83296	0,76500	1,37277
25	36,48632	1,06536	1,48905

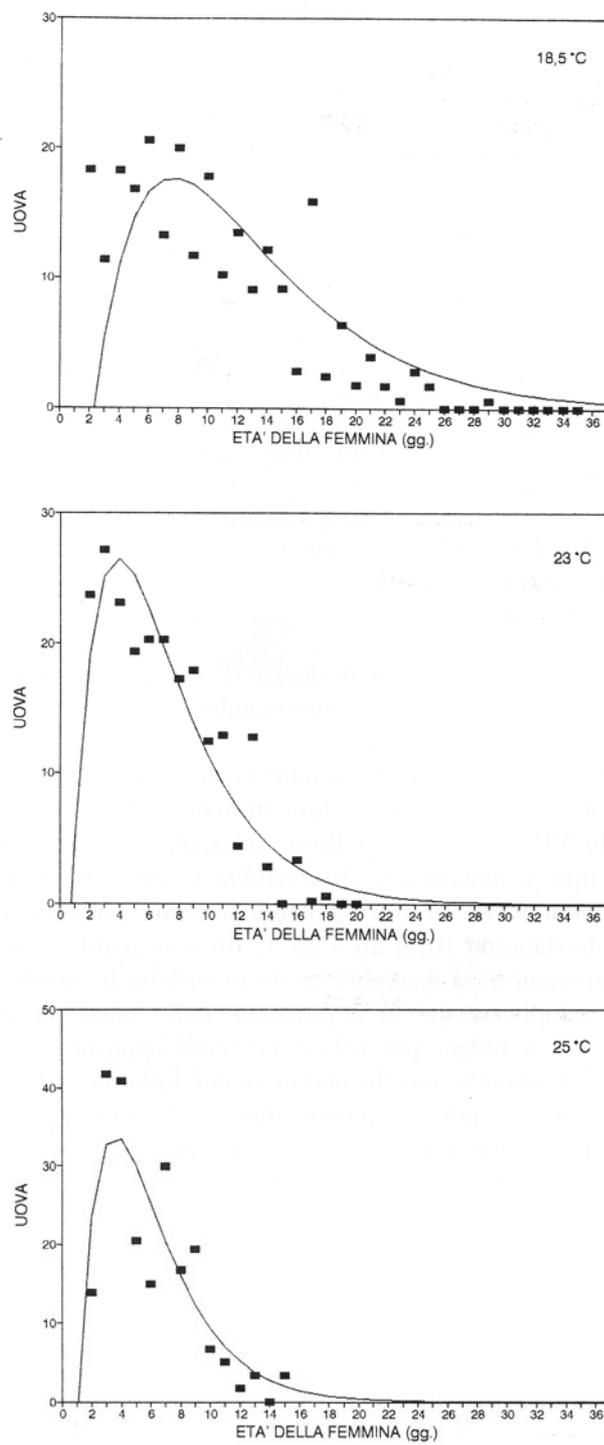


Fig. 3 - Fecondità media (numero di uova) in funzione dell'età (giorni) a 18,5, 23, 25 °C.

da numerosi fattori (Ratte, 1985) non adeguatamente presi in considerazione in questo lavoro.

Complessivamente le informazioni ricavate ci sembrano sufficienti per la messa a punto di un modello fenologico previsionale per *Pandemis cerasana*.

RIASSUNTO

Nel 1990 *Pandemis cerasana* (Hb.) è stata allevata in laboratorio su dieta naturale (foglie di Melo) a diverse temperature costanti, allo scopo di determinarne le curve di risposta dei diversi stadi ontogenetici alla temperatura, nonché la fecondità.

I tassi di sviluppo rilevati sperimentalmente per uova, larve e crisalidi sono stati interpolati in modo soddisfacente con un modello non lineare (curva di Logan), mentre il tasso d'invecchiamento delle femmine è stato rappresentato con una retta. Sono state determinate anche le percentuali di mortalità e la proterandria di sfarfallamento. La fecondità della femmina in funzione dell'età, studiata a tre diverse temperature, è stata rappresentata con la curva di Bieri.

Con questo lavoro abbiamo ricavato, come ci eravamo proposti, i parametri fondamentali per la messa a punto di un modello fenologico previsionale da usare per la razionalizzazione della difesa delle Pomacee da questo Tortricide.

Influence of temperature on the development of *Pandemis cerasana* (Hb.) (Lepidoptera: Tortricidae)

SUMMARY

In 1990 we reared *Pandemis cerasana* (Hb.) (Lepidoptera: Tortricidae) on apple leaves, at several constant temperatures, in order to determine the thermal response and fecundity. A non-linear function (Logan's curve) showed a good fitting to developmental rates of eggs, larvae and pupae, while the aging rate of females was best represented by a straight line. We also determined the death rates and emergence interval between males and females. Fecundity as function of age was represented by a Bieri's curve.

Those parameters allow us to set up a phenological forecasting model, which can optimize the control of this pest in the field.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- ARNOLD C. Y., 1959. - The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. - *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 74: 430-435.
- BIERI M., BAUMGÄRTNER J., BIANCHI G., DELUCCHI V., VON ARX R., 1983. - Development and fecundity of pea aphid (*Acyrtosiphon pisum* Harris) as affected by constant temperatures and by pea varieties. - *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, 56: 163-171.
- BRIOLINI G., BELVAUX X., BUTTURINI A., DE BERARDINIS E., TIŠO R., 1991. - Tasso di sviluppo di *Pandemis cerasana* Hb. (Lepidoptera: Tortricidae) a temperatura fissa e variabile. - *Atti Congr. Naz. Ital. Entomol. Bari - Martina Franca (Ta)* 23-27 settembre 1991: 481-486.
- CAMPBELL A., FRAZER D., GILBERT N., GUTIERREZ A., MACKAUER M., 1974. - Temperature requirements of some aphids and their parasites. - *Appl. Ecol.*, 11: 431-438.
- CARTER D.J., 1984. - Pest Lepidoptera of Europe. - *K.A. Spencer*, London, 431 pp.
- CHAMBON J.-P., 1986. - Les tordeuses nuisibles en arboriculture fruitière. - *Inra*, Paris, 118 pp.; cfr p. 112.

- CROFT B. A., KNIGHT A. L., 1983. - Evaluation of the Pete Phenology Modeling System for Integrated Pest Management of Deciduous Tree Fruit Species. - *Bull. Ent. Soc. Am.*, 29: 37-42.
- CURRY G. L., FELDMAN R. M., 1987. - Mathematical foundations of population dynamics. - *Texas Engineering Exp. Sta.*, monograph series N° 3, 246 pp.
- HAWTHORNE D. J., ROCK G. C., STINNER R. E., 1988. - Redbanded Leafroller (Lepidoptera: Tortricidae): Thermal Requirements for Development and Simulation of Within-Season Phenology in North Carolina. - *Environ. Entomol.*, 17: 40-46.
- LOGAN J. A., WOLLKIND D.J., HOYT S.C., TANIGOSHI L.K., 1976. - An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods.- *Environ. Entomol.*, 5: 1133-1140.
- PASQUALINI E., BORTOLOTTI A., MAINI S., BRIOLINI G., CASTELLARI P.L., 1982. - Distribuzione spaziale e fenologica degli sfarfallamenti di tre specie di Lepidotteri Tortricidi ricamatori in Emilia- Romagna. - *Boll. Ist. Ent. «G. Grandi» Univ. Bologna*, 37: 109-121.
- POLLINI A., PONTI I., LAFFI F., 1988. - Fitofagi delle piante da frutto. - *Ed. L'Informatore Agrario*, Verona, 340 pp; cfr. p. 98.
- RATTE H.T., 1985. - Temperature and insect development. In Hoffmann K. H. (Ed.). *Environmental Physiology and Biochemistry of Insects.*- *Springer*, Berlin: 33-66.
- TISO R., DE BERARDINIS E., BUTTURINI A., BRIOLINI G., 1992. Influenza della temperatura sullo sviluppo di *Argyrotaenia pulchellana* (Hw.) (Lepidoptera Tortricidae). - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna* (in corso di stampa).
- TREMBLAY E., 1986. - Entomologia Applicata, Vol. II (parte seconda). - *Liguori*, Napoli: 117-120.