

ALDA BUTTURINI, ROCCHINA TISO, ELISA DE BERARDINIS
Centrale Ortofrutticola Cesena, Laboratorio Modelli Previsionali,
presso Osservatorio Regionale per le Malattie delle Piante Bologna.

Influenza della temperatura sullo sviluppo di *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) (*)

INTRODUZIONE

Cydia pomonella (L.) è una specie di origine europea, la cui distribuzione originaria è ritenuta coincidente con quella del Melo selvatico (*Malus silvestris*) a frutti grossi. Da tale area la specie si è diffusa verso l'Asia e negli Stati Uniti d'America; in maniera irregolare si è distribuita anche nell'emisfero australe. Si tratta di una specie tendenzialmente polivoltina che iberna come larva matura (quinta età) e con numero di generazioni che va da 1 (nelle aree settentrionali della sua fascia di distribuzione geografica) a 3 (regioni meridionali) (Tremblay, 1986). Le piante ospiti di questo Tortricide tipicamente carpofago sono il Melo, il Pero, il Noce ed alcune Drupacee. (Ferrari *et Al.*, 1992). In Emilia-Romagna è uno degli insetti più diffusi e dannosi per le Pomacee e provoca consistenti danni qualitativi e quantitativi alla produzione. La difesa contro questo insetto è quindi quasi sempre necessaria e richiede un numero elevato di interventi. Con questo lavoro ci si è proposti di studiare l'andamento dello sviluppo dell'insetto e la sua fecondità in funzione della temperatura, parametri indispensabili alla futura costruzione di un modello fenologico previsionale, utile per la razionalizzazione della difesa delle Pomacee da questo pericoloso fitofago.

Lavori di questo genere sono relativamente abbondanti in letteratura (Sokolowski *et Al.*, 1978; Rock e Shaffer, 1983; Isely, 1938); tuttavia abbiamo ritenuto opportuna una ricerca *ad hoc*, poiché per i lavori più vecchi non si può essere ben sicuri della precisione delle temperature rilevate ed anche perché non si può escludere l'esistenza di razze geografiche con risposta differente (Tremblay, 1986).

(*) Lavoro accettato il 16 dicembre 1992.

MATERIALI E METODI

Per avviare l'allevamento sono state raccolte in campo, nel 1990, delle larve svernanti, utilizzando fasce-trappola di cartone ondulato poste alla base dei tronchi di *Meli* fortemente infestati. Queste sono state tenute in insettario (temperatura, umidità relativa e fotoperiodo naturali) fino alla ripresa dell'attività primaverile. Gli adulti sfarfallati sono stati collocati in gabbie di accoppiamento costituite da cilindri di metacrilato trasparente (diametro cm 23, altezza cm 40) al cui interno venivano sistemati dei sacchetti di polietilene. Per assicurare il nutrimento, sul fondo della gabbia veniva posto un batuffolo di cotone imbevuto di una soluzione di acqua e miele al 6% (Chambon, 1986).

Le uova deposte venivano giornalmente raccolte e collocate singolarmente su mele acerbe (raccolte da piante non trattate della varietà Ozark Gold) contenute in scatole di polistirolo trasparente di forma cilindrica (diametro cm 11, altezza cm 12). Queste erano provviste, all'interno, di un foglio di carta da filtro (regolarmente imbevuto di acqua per garantire umidità) e di un pezzetto di cartone ondulato (per offrire una superficie adatta all'incrisalidamento). Le scatole contenenti le singole uova sono state quindi ripartite in camere climatizzate a sei differenti temperature costanti (12,6, 18,2, 23,2, 26, 29,8 e 34°C), fotoperiodo 17/7 L/B ed umidità relativa 70%.

Sono stati eseguiti, fino allo sfarfallamento degli adulti, controlli giornalieri per rilevare la durata di sviluppo di uova, larve e crisalidi.

Gli adulti appena sfarfallati sono stati collocati a coppie in gabbiette (analoghe a quelle utilizzate per l'allevamento delle larve) provviste all'interno di un sacchetto di polietilene trasparente, la cui superficie liscia è particolarmente adatta all'ovideposizione (Tremblay, 1986). Le gabbie sono state mantenute alle temperature di 12,6, 18,2, 23,2 e 26°C. Ogni giorno venivano eseguiti controlli per determinare:

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

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le tabelle I-V 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);

SVILUPPO DI UOVA, LARVE E CRISALIDI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA

Alla temperatura di 12,6°C le larve hanno mostrato uno sviluppo estremamente lento e non sono mai giunte all'incrisalidamento, probabilmente perché questa temperatura risulta prossima alla soglia inferiore di sviluppo.

I tassi di sviluppo di uova, larve e crisalidi, osservati alle diverse temperature sperimentali, sono stati adattati, con il metodo dei minimi quadrati, utilizzando una funzione non lineare: curva di Logan (Logan *et Al.*, 1976) espressa dalla seguente equazione:

$$F(x) = P1 (\exp(P2 (x-Tli)) - \exp(P2 (Tll-Tli) - P3 (Tll-x)))$$

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

x è il valore della temperatura;

Tli è la temperatura limite inferiore;

Tll è la temperatura limite superiore (letale).

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

La temperatura limite inferiore (Tli) è stata ricavata in tutti e tre i casi (uova, larve e crisalidi) 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 (Tll) è stata invece fissata empiricamente, in modo tale da permettere il migliore adattamento dei punti sperimentali con la curva di Logan.

Questo modo di procedere trova giustificazione nel fatto che la determinazione sperimentale delle soglie di sviluppo risulta problematica a causa delle elevate mortalità che si verificano alle temperature limite, con conseguente selezione di individui resistenti a tali condizioni e quindi non rappresentativi. Inoltre, bisogna considerare che l'eventuale mortalità riscontrata ad una certa temperatura costante può non sussistere se questa temperatura si mantiene solo per qualche ora e i tempi di sviluppo trovati a temperatura costante possono non essere gli stessi di quelli calcolati mantenendo questa stessa temperatura per alcune ore (Briolini *et Al.*, 1991).

Ponendosi infine in un'ottica di utilizzazione pratica delle curve di risposta alla temperatura si può ritenere che l'imprecisione commessa nella determinazione empirica delle soglie (comunque inevitabile per i motivi suddetti) incida in modo trascurabile sul calcolo dello sviluppo, se si considera che l'insetto subisce le temperature limite solo per brevi periodi di tempo rispetto al suo sviluppo complessivo e che in prossimità di tali temperature lo sviluppo è molto lento.

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 soddisfacen-

te 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.
[Fig. 1]

TASSO D'INVECCHIAMENTO DELLE FEMMINE

Sui tassi di invecchiamento, rilevati a quattro temperature costanti (12,6 , 18,2, 23,2 e 26°C), è stata effettuata una regressione lineare. La retta di regressione, la cui equazione viene riportata di seguito, è rappresentata in fig. 2.

$$f(x) = 0,002785 x - 0,01958$$

La soglia inferiore di sviluppo, calcolata come intersezione della retta con l'asse delle temperature, risulta di 7.03°C.

Per le temperature superiori a 26°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).
[Fig. 2]

FECONDITÀ DELLA FEMMINA IN FUNZIONE DELL'ETÀ

Nelle tabelle VII e VIII sono riportati i dati di fecondità osservati alle temperature sperimentali di 18,2, 23,2 e 26°C. Alla temperatura di 12,6 °C non c'è stata deposizione, questo in accordo al fatto che temperature inferiori a 15-16°C impediscono l'ovideposizione (Tremblay, 1986). 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 (TOTuova).

Non è stato possibile adattare, come già fatto per *Argyrotaenia pulchellana* (Tiso *et Al.*, 1992) e *Pandemis cerasana* (De Berardinis *et Al.*, 1992), i dati della fecondità giornaliera con la funzione di Bieri (Bieri *et Al.*, 1983), poiché non risultavano adatti a tale scopo. La deposizione non risulta infatti (Tabelle VII e VIII e Fig. 3) concentrata per lo più nel primo terzo della vita della femmina, ma distribuita irregolarmente durante tutta la vita. Altri Autori (Riedl e Loher, 1980) hanno invece ottenuto risultati opposti.

[Fig. 3]

CONCLUSIONI

Per quanto riguarda l'influenza della temperatura sulla velocità di sviluppo, possiamo dire che la funzione di Logan si adatta molto bene ai dati sperimentali.

Il tasso di invecchiamento delle femmine, come di solito avviene, è correttamente rappresentato da una retta, salvo rimanere costante da 26°C in poi.

La situazione non è altrettanto chiara per quanto riguarda la fecondità in funzione dell'età della femmina. Contrariamente ad altri Autori abbiamo ottenuto dei dati sperimentali che mal si prestano ad essere interpolati da una curva di Bieri modificata, che di solito si utilizza allo scopo. Sarà quindi necessario approfondire questo punto con ulteriore sperimentazione.

Sulla base di questi dati sarà possibile costruire un modello previsionale di tipo fenologico, con il quale razionalizzare programmi di difesa. La possibile introduzione, in un prossimo futuro, di prodotti a base di Virus della Granulosa, già disponibili in altri Paesi e di costo piuttosto elevato, renderà ancor più importante una precisa conoscenza della fenologia dell'insetto.

Il modello potrà basarsi, per quanto riguarda la fecondità, sui dati disponibili in letteratura, in attesa di un approfondimento sperimentale, da parte nostra, di questo specifico aspetto.

RIASSUNTO

Nel 1991 *Cydia pomonella* (L.) è stata allevata in laboratorio a dieta naturale (mele acerbe) 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 per i diversi stadi e la fecondità della femmina in funzione dell'età, studiata a quattro diverse temperature.

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 *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae)

SUMMARY

In 1991 we reared *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) on green apples, at several constant temperatures, in order to determine the thermal response and fecundity. A nonlinear function (Logan's curve) showed a good fitting to developmental rates of eggs, larvae and pupae, while the ageing rate of females was best represented by a straight line. We also determined the death rates and the fecundity as function of age at four constant temperatures. Those parameters allow us to set up a phenological forecasting model, which can optimize the control of this pest in the field.

BIBLIOGRAFIA

- 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 pea varieties. - *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, 56: 163-171.

- BRIOLINI G., BELVAUX X., BUTTURINI A., DE BERARDINIS E., TISO 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.
- CHAMBON J-P., 1986. - Les tordeuses nuisibles en arboriculture fruitière: 118 pp., cfr p. 112. - *INRA*, Paris.
- CURRY G. L., FELDMAN R. M., 1987. - Mathematical foundations of population dynamics. - *The Texas Engineering Exp. Stat.*, monograph series N° 3, 246 pp.
- DE BERARDINIS E., BUTTURINI A., TISO R., 1992. - Influenza della temperatura sullo sviluppo di *Pandemis cerasana* (Hb.) (Lepidoptera: Tortricidae). - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 46: 211-222.
- FERRARI M., MARCON E., MENTA A., 1992. - Fitopatologia ed entomologia agraria: 746 pp., cfr p. 43. - *Edagricole*, Bologna.
- 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.
- ISELY D., 1938. - Codling moth oviposition and temperature. - *Journal of Economic Entomology* 31, 3: 356-359.
- LOGAN J. A., WOLKIND 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.
- RIEDL H. e LOHER W., 1980. - Circadian control of oviposition in the codling moth, *Laspeyresia pomonella*, Lepidoptera: Olethreutidae. - *Ent. Exp. & Appl.*, 27: 38-49.
- ROCK G. C. e SHAFFER P. L., 1983. - Developmental rates of codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) reared on Apple at four constant temperatures. - *Environ. Entomol.*, 12: 831-834.
- SOKOLOWSKI R., BADOWSKA-CZUBIK T., SUSKI Z. W., 1978. - Effect of temperature on the embryonic development of the codling moth - *Laspeyresia pomonella* L. (Lep., Tortricidae). - *Bulletin Entomologique de Pologne*, 48: 237-244.
- 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*, 46: 161-172.
- TREMBLAY E., 1986. - Entomologia Applicata, Vol. II (parte seconda): 381 pp., cfr pp. 157-167 - *Liguori*, Napoli.

Tab. I - Parametri relativi alle uova.

Temperatura	12,6	18,2	23,2	26,0	29,8	34,0
Durata sviluppo	29,56	10,88	6,34	5,17	4,71	4,26
Tasso di sviluppo	0,0338	0,0919	0,158	0,194	0,212	0,235
Numero di casi	70	143	141	155	49	65
Numero totale di casi	104	192	206	200	177	207
Percentuale di mortalità	32,7	25,5	31,6	22,5	72,3	78,6
Varianza della durata sv.	2,53	0,55	0,35	0,32	0,29	0,19

Tab. II - Parametri relativi alle larve.

Temperatura	12,6	18,2	23,2	26,0	29,8	34,0
Durata sviluppo	-	41,65	30,26	20,69	16,69	25,0
Tasso di sviluppo	-	0,0240	0,0331	0,0483	0,0599	0,0400
Numero di casi	-	69	23	49	16	11
Numero totale di casi	-	142	71	144	48	49
Percentuale di mortalità	-	24,6	33,8	23,6	14,6	71,4
Varianza della durata sv.	-	22,08	37,85	14,42	40,34	15,09

Tab. III - Parametri relativi alle crisalidi.

Temperatura	12,6	18,2	23,2	26,0	29,8	34,0
Durata sviluppo	-	20,36	12,44	9,63	8,38	9,20
Tasso di sviluppo	-	0,0491	0,0804	0,104	0,119	0,109
Numero di casi	-	69	18	40	13	5
Numero totale di casi	-	120	44	107	41	12
Percentuale di mortalità	-	11,7	4,5	7,5	7,3	33,3
Varianza della durata sv.	-	0,64	1,02	0,28	3,16	0,56

Tab. IV - Parametri relativi agli adulti (femmine).

Temperatura	12,6	18,2	23,2	26,0
Durata dello sviluppo	62,5	33,25	21,82	18,94
Tasso di sviluppo	0,0160	0,0301	0,0458	0,0528
Numero di casi	6	16	33	18
Numero totale di casi	20	20	39	20
Varianza della durata sv.	115	218	60	19,9

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

T°C	FEMMINE			MASCHI		
	Ds	N	s ²	Ds	N	s ²
12,6	62,5	6	115	62,3	6	107
18,2	33,3	16	218	34,1	16	199
23,2	21,8	33	60,5	25,4	32	47,4
26,0	18,9	18	19,9	18,4	12	21,2

Tab. VI - Parametri della funzione di Logan.

	P1	P2	P3	Tli	Tll
Uova	0,210	0,136	0,143	10	40
Larve	0,111	0,178	0,181	11	36
Crisalidi	0,182	0,146	0,151	11	38

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

Gg	18,2°C		23,2°C		26°C	
	Nf	Nu	Nf	Nu	Nf	Nu
1	16	0,00	34	0,00	18	0,00
2	16	0,13	34	1,62	18	0,28
3	16	0,56	34	2,97	18	0,39
4	16	3,69	34	3,21	18	1,50
5	16	0,88	34	2,09	18	0,94
6	16	1,50	34	3,09	18	1,56
7	16	2,06	34	2,41	18	3,00
8	16	2,19	34	1,38	18	5,22
9	16	1,63	34	0,82	18	3,94
10	16	1,31	34	2,62	18	4,94
11	16	2,19	34	1,68	18	2,61
12	16	1,00	34	1,65	18	3,72
13	16	1,75	31	4,39	18	1,33
14	16	0,94	29	1,79	17	0,47
15	15	2,60	29	2,48	13	6,31
16	13	0,62	28	2,64	10	3,70
17	13	2,85	26	2,15	9	2,00
18	13	2,69	25	3,04	8	0,50
19	12	1,08	22	1,77	8	0,63
20	12	4,75	19	3,16	7	0,57
21	12	1,83	16	2,88	7	0,71
22	12	2,92	15	3,67	7	0,71
23	11	3,45	13	5,77	6	0,50
24	10	2,56	13	4,31	5	1,40
25	10	0,60	13	3,77	3	0,33
26	10	1,80	11	4,00	0	0,00

Tab. VIII - Fecondità media riferita all'età: seconda parte. Per i simboli v. il testo.

Gg	18,2°C		23,2°C		26°C	
	Nf	Nu	Nf	Nu	Nf	Nu
27	9	1,11	9	1,00		
28	9	2,11	8	1,63		
29	9	1,56	7	2,43		
30	8	2,50	7	5,57		
31	8	0,00	5	0,60		
32	8	1,13	5	1,40		
33	8	0,88	5	0,80		
34	8	0,25	4	2,25		
35	8	0,50	4	1,50		
36	8	1,00	4	0,75		
37	8	0,75	3	3,67		
38	6	0,17	3	0,00		
39	5	0,00	3	0,67		
40	5	0,00	3	1,00		
41	5	0,00	2	0,00		
42	4	2,50	2	1,50		
43	4	0,00	1	0,00		
44	4	0,00	1	0,00		
45	4	0,25	1	0,00		
46	4	0,25	1	0,00		
47	4	0,25	0	0,00		
48	4	0,00				
49	4	0,25				
50	4	1,25				
51	4	0,00				
52	3	0,00				
53	3	0,00				
54	1	0,00				
...						
61	1	0,00				
62	0	0,00				

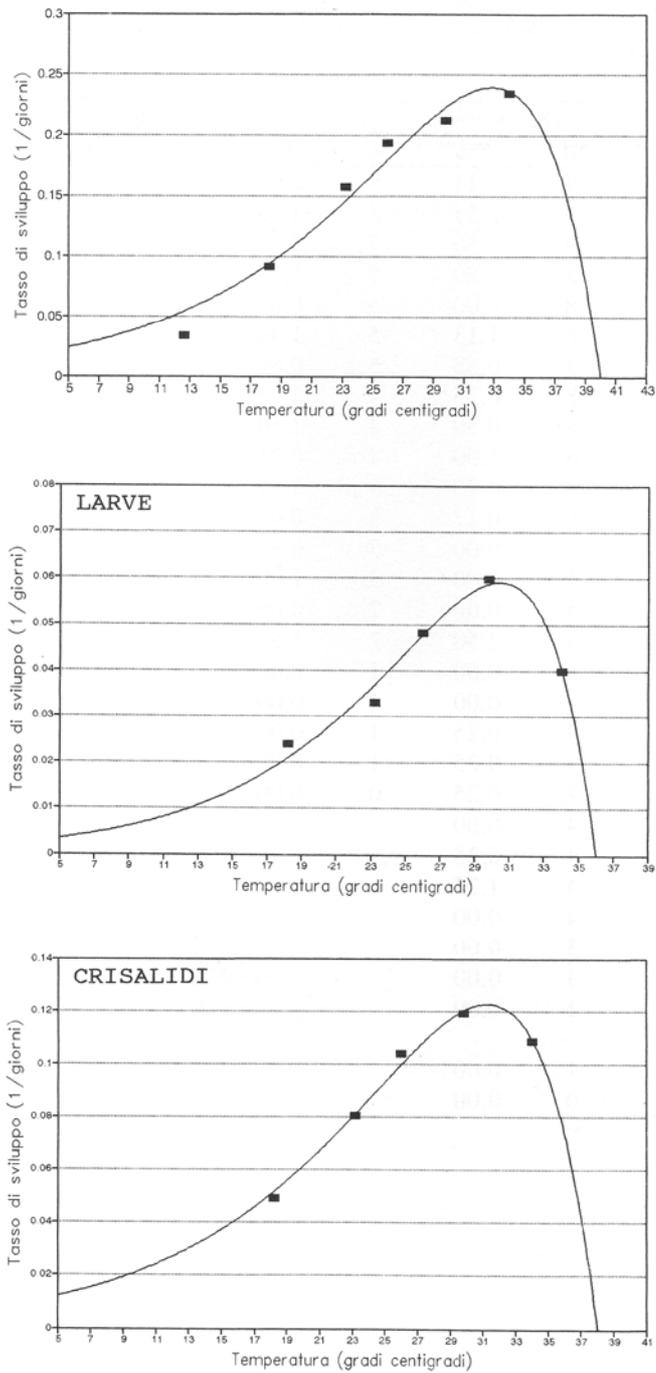


Fig. 1 - Tasso di sviluppo degli stadi preimmaginali in funzione della temperatura (gradi centigradi).

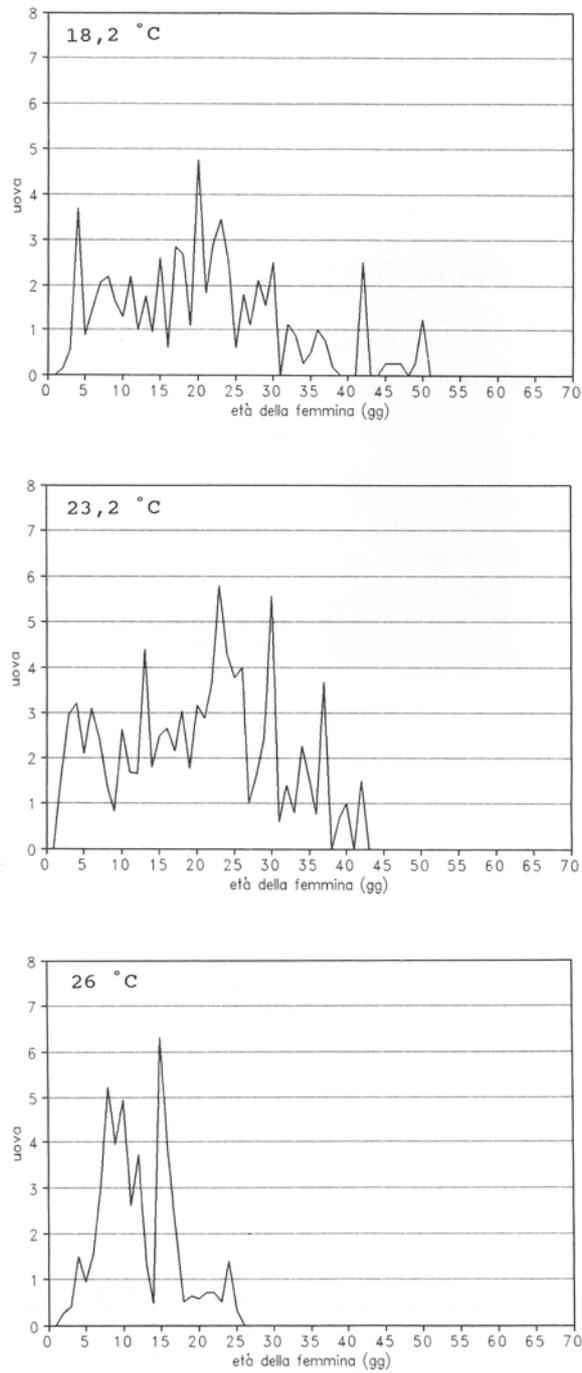


Fig. 2 - Tasso d'invecchiamento delle femmine in funzione della temperatura (gradi centigradi).

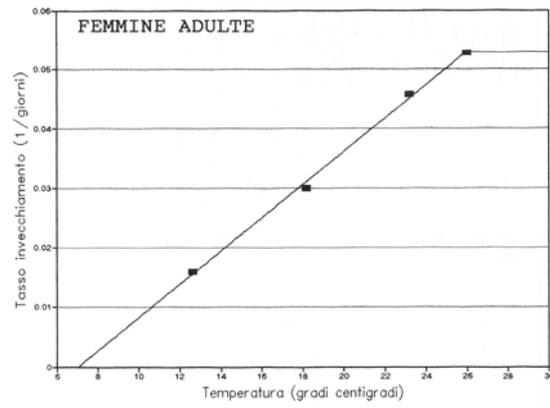


Fig. 3 - Fecondità media (numero di uova) in funzione dell'età (giorni) a 18,2, 23,2 e 26°C.