

MARIA LUISA DINDO - MIRIA MONTI

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

## Effetti della densità di popolazione nei Lepidotteri: il caso di *Galleria mellonella* L.

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

### *Parte I: Effetti di gruppo nei Lepidotteri.*

Spesso gli insetti reagiscono alla vicinanza dei propri simili con mutamenti di comportamento e/o con modificazioni morfo-fisiologiche: sono i cosiddetti « effetti di gruppo » i quali possono essere positivi o negativi. Questo qualora l'aggregazione riguardi individui appartenenti a specie solitarie, forzatamente posti in stato di aggregazione, oppure qualora la densità di popolazione sia eccessiva.

Parlando di effetti di gruppo, e in particolare di effetti di gruppo positivi, è bene precisare che il termine è appropriato solo se le influenze sono conseguenti a stimoli interattrattivi esistenti tra i diversi componenti l'aggregazione, che in questo caso è di tipo coordinato. Tali effetti diventano poi particolarmente accentuati negli insetti sociali, nei quali, addirittura, secondo Chauvin (1967) l'individuo isolato muore nel giro di qualche ora, o al massimo di qualche giorno. Viceversa, se l'aggregazione è di tipo incoordinato non si manifestano vere e proprie interazioni tra i singoli. Non si parla in tal caso di effetti di gruppo, in quanto eventuali influenze positive (quali ad esempio un aumento del tasso di sopravvivenza, grazie al più agevole superamento di condizioni ambientali avverse) sono in realtà legate a semplici conseguenze del raggruppamento, come un innalzamento di temperatura o, più in generale, un miglioramento del microclima.

Gli stadi larvali dei Lepidotteri manifestano in diversi casi effetti di gruppo molto evidenti. Dei vari aspetti relativi a questi fenomeni si è occupata soprattutto la scuola giapponese. In particolare è da segnalare l'opera di revisione compiuta da Iwao (1968), nella quale vengono discussi gli effetti di gruppo in specie gregarie, in specie che manife-

stano tendenze associative, ma possono altresì vivere isolate, ed infine in specie solitarie forzatamente poste in stato di aggregazione.

Per quanto riguarda le specie gregarie, Iwao (1968) evidenzia che il raggruppamento costituisce una condizione di vita essenziale soprattutto per le larvette neo-sgusciate: infatti l'isolamento, od anche una scarsa densità, inducono effetti negativi, quali l'aumento del tasso di mortalità e l'allungamento dei tempi di sviluppo, collegato all'insorgenza di mute soprannumerarie.

Alcune specie vivono in gruppo compatto durante i primi stadi per poi separarsi: è il caso del piralide *Chilo suppressalis* Walk., le cui larve, se aggregate forzatamente quando già si trovano in fase di dispersione, presentano un elevato tasso di mortalità ed uno sviluppo procrastinato, ed inoltre quelle che riescono ad incrisalidarsi danno origine a pupe di dimensioni ridotte; se, d'altro canto, si provvede ad isolare le larve ai primi stadi (quando ancora vivono raggruppate) si hanno inconvenienti analoghi a quelli su visti per le specie totalmente gregarie (Morimoto, 1960). A tal proposito Nozato (1982 a), sempre relativamente a *Chilo suppressalis*, osserva che, in natura, è soprattutto la prima generazione a risentire dell'influenza negativa della scarsa densità delle larve giovani, in particolare sulla capacità di sopravvivenza di queste ultime. Lo stesso Autore rileva comunque, per la medesima specie, come gli effetti di gruppo sulla sopravvivenza larvale possano subire interferenze da parte di fattori esterni, come il tipo di fertilizzante adottato per la pianta ospite (Nozato, 1982 b) e lo stadio di crescita di quest'ultima: se esso è molto precoce, non viene riscontrata alcuna correlazione tra densità larvale e tasso di sopravvivenza, contrariamente a quanto si verifica quando la pianta cresce (Nozato, 1982 c). Sembrerebbe quindi che, in *Chilo suppressalis*, l'aggregazione abbia lo scopo di facilitare l'assunzione di cibo da parte delle giovani larve, quando le condizioni del substrato trofico non siano del tutto ottimali, essendo la pianta in stadio vegetativo avanzato, quindi meno agevolmente attaccabile.

Più di un Autore ha inoltre riscontrato che il raggruppamento può diventare un espediente grazie al quale le larvette neo-sgusciate riescono più facilmente a sfuggire ai predatori (Shiga, 1976; Suzuki e Uematsu, 1981), nonché a superare gli stress ambientali (Suzuki e Uematsu, 1981; Tsubaki, 1981). In tutte queste aggregazioni, dunque, appare fondamentale non tanto la vicinanza del proprio simile, quanto la possibilità di vincere condizioni avverse in senso lato; a riprova di ciò, Suzuki e Uematsu (1981) hanno verificato, per *Hyphantria cunea* Drury (Lep. Arctiidae), che il tasso di sopravvivenza, che in campo è strettamente correlato con la densità larvale, in laboratorio sembra essere pressoché indipendente dalle dimensioni del gruppo: le associazioni che si stabili-

scono in natura, di conseguenza, per questo ed altri casi analoghi, potrebbero costituire tipici esempi di aggregazioni non sociali incoordinate.

Là dove gli effetti di gruppo sono palesemente legati alla vicinanza tra gli individui è nei casi delle specie che possono vivere tanto gregarie che solitarie; Iwao (1968) distingue a questo proposito due fenomeni fondamentali, ambedue legati alle fluttuazioni di densità di popolazione: il polimorfismo di fase e l'insorgenza dello stato di diapausa in dipendenza dell'affollamento. Il primo caso, che può essere associato alle fasi degli Ortotteri Acrididi, riguarda diverse specie di Lepidotteri, in molte delle quali, appartenenti alle famiglie dei Nottuidi, Notodontidi, Saturnidi e Sfingidi, con l'innalzamento del numero degli individui si osservano un progressivo inscurimento della pigmentazione del tegumento, oltre che altri effetti di tipo morfologico, fisiologico e comportamentale, a determinare i quali è spesso sufficiente un lievissimo aumento di densità.

Sia Iwao (1968), per *Leucania separata* Walk. (Lep. Noctuidae), che Hanna e Azab (1975), per *Syngrapha circumflexa* L. (Lep. Noctuidae), hanno rilevato inoltre che l'elevata densità larvale determina delle ripercussioni sugli adulti, i quali, se in stadio preimmaginale erano raggruppati in gran numero, presentano, tra l'altro, nel caso di *Syngrapha circumflexa*, una tendenza a deporre un maggior numero di uova da parte delle femmine, e nel caso di *L. separata* un periodo di pre-ovideposizione più lungo, una maggior longevità e un miglior sviluppo dei muscoli delle ali. Tutti questi caratteri, e soprattutto l'ultimo, sembrerebbero finalizzati a rendere l'individuo più atto alla migrazione.

Il fenomeno delle fasi nei Lepidotteri, il cui determinismo non è del tutto chiaro, viene interpretato da Iwao (1968) come un adattamento alle condizioni di affollamento. Nella stessa ottica viene visto anche l'altro evento legato alle fluttuazioni di densità di popolazione di cui si è accennato, cioè l'insorgenza dello stato di diapausa, che secondo diversi Autori (tra gli altri Saulich, 1975; Brown et alii, 1979) viene indotto dal sovraffollamento nelle larve di Lepidottero di alcune specie: Iwao (1968) ipotizza che tale fenomeno potrebbe aver lo scopo di permettere ad una parte della popolazione di sottrarsi all'aumento del tasso di mortalità, anch'esso possibile conseguenza del sovraffollamento.

L'aumento del tasso di mortalità è inoltre uno degli effetti che si verificano nel caso di aggregazione forzata in specie solitarie: ciò è stato constatato, ad esempio, da Mansour e Dimetry (1972) per *Agrotis ipsilon* Hfn. (Lep. Noctuidae) e da Benz (1974) per *Zeiraphera diniana* (Guenée) (Lep. Tortricidae). In ambo le specie sono stati rilevati anche

altri effetti negativi conseguenti al raggruppamento, quali il calo di peso delle crisalidi e l'abbassamento di fecondità. Le larve di *A. ipsilon*, inoltre, presentano un tempo di sviluppo sia larvale che pupale inferiore se vengono allevate isolatamente.

*Parte II: Effetti della densità di popolazione in Galleria mellonella L.*

#### INTRODUZIONE

Le larve di *Galleria mellonella* L. mostrano nette tendenze gregarie, al punto che, almeno nelle condizioni di laboratorio cui vengono abitualmente sottoposte, non possono essere allevate isolatamente; tentativi compiuti in questo senso hanno evidenziato che i tempi di accrescimento si prolungano notevolmente, che solo raramente viene raggiunto lo stadio pupale e che i pochi adulti eventualmente sfarfallati sono sottodimensionati. Inoltre Mellini et alii (1979 a) hanno rilevato che, a densità larvali progressivamente maggiori (fino ad un max di 100 individui), il peso delle crisalidi, sia maschili che femminili, sia indenni che parassitizzate dal tachinide *Pseudogonia rufifrons* Wied. (= *Gonia cinerascens* Rond.) cresce linearmente; nel contempo si assiste ad un calo nella percentuale di mortalità naturale delle larve ospiti. Per quanto riguarda il meccanismo attraverso il quale tali fenomeni si realizzano, gli Autori ipotizzano che fondamentalmente potrebbe essere l'aumento di temperatura conseguente all'aggregazione delle larve stesse all'interno del pabulum, aumento tanto maggiore quanto maggiore è la densità degli individui, e che può arrivare ad essere di alcuni gradi rispetto al livello termico adottato nella sperimentazione ( $27^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ). L'effetto determinante della temperatura di allevamento sul peso delle crisalidi è stato, del resto, provato da Mellini et alii (1979 b): a temperature progressivamente crescenti da  $20^{\circ}\text{C}$  a  $34^{\circ}\text{C}$ , gli Autori hanno infatti riscontrato che il peso delle crisalidi sia maschili che femminili, sia indenni che parassitizzate da *Pseudogonia rufifrons*, tende nettamente a crescere.

Rimaneva da chiarire se l'aumento di peso riscontrato a densità larvali maggiori dipendesse semplicemente dall'incremento termico conseguente all'aggregazione, o rientrasse piuttosto tra gli effetti di gruppo veri e propri, essendo dunque il risultato di una più spiccata interazione tra i singoli individui: questo è stato lo scopo principale della presente ricerca, in cui peraltro sono stati presi in considerazione anche altri parametri.

#### MATERIALI E METODI

Sono state messe a confronto 7 diverse densità di popolazione: 1, 2, 6, 12, 25, 50, 100 individui.

Circa 300 larve di *Galleria mellonella* della penultima età, allevate su dieta semi-artificiale (Campadelli, 1973) sono state prelevate e distribuite nelle diverse tesi. Allo scopo di disporre di un numero di dati sufficientemente omogeneo, per ciascuna prova si sono tenuti 1 gruppo a densità 25, 1 a densità 50, 1 a densità 100; 2 gruppi a densità 12; 4 a densità 6; 7 a densità 2 e 15 a densità 1.

Sono state eseguite in tutto 5 prove. Nel corso delle prime due, tutte le larve, indipendentemente dal livello di affollamento, sono state tenute in contenitori di identiche dimensioni (cm 11 x 11 x 7,5). Nelle successive tre prove, per le tesi 25, 50 e 100 sono state usate scatole di dimensioni maggiori (cm 24,5 x 17 x 9,5) allo scopo di accertare se la tendenza all'allungamento dei tempi di incrisalidamento, riscontrata per tali densità, non fosse dovuta ad un prolungamento della fase vagante causata dalla mancanza di spazio.

Le larve, nel corso delle prime due prove sono state alimentate con dieta nel quantitativo di 100 g per le densità 1, 2, 6, 12, 25, e 200 g per le densità 50 e 100. Nelle ultime tre prove, in relazione all'aumento delle dimensioni dei contenitori, per le densità 25, 50 e 100 il quantitativo di pabulum somministrato è stato portato a 300 g.

Tutte le tesi sono state tenute a T °C 35 °C, U.R. 70% e fotoperiodo 0:24.

Si è inoltre proceduto a rilevare giornalmente la temperatura all'interno della massa pabulum-larve, usando comuni termometri clinici.

I parametri presi in considerazione ai fini dell'elaborazione dei dati sono stati: a) peso delle pupe e b) tempo di incrisalidamento <sup>(1)</sup> nei due sessi; c) percentuali di mortalità larvale.

#### RISULTATI E CONCLUSIONI

Né i pesi, né la percentuale di mortalità larvale sembrano aver subito l'influenza della densità, non solo perché non si sono riscontrate, tra i vari valori medi, differenze statisticamente significative, ma anche perché la distribuzione stessa dei valori non ha evidenziato alcuna apparente correlazione tra pesi e percentuali di mortalità da un lato e aumento di densità dall'altro (Tab. I). Viceversa Mellini et alii (1979 a), che avevano operato a partire da un livello termico di 27 °C ± 1 °C, avevano riscontrato una forte correlazione tra i suddetti parametri e il grado di affollamento, tanto che, passando dalla densità 6 alla densità 100, i pesi medi delle crisalidi maschili e femminili subivano un incremento pari rispettivamente a 70 mg e 76 mg; appena di

---

(1) Con tale termine si intende qui il tempo intercorso tra l'inizio della sperimentazione (quando le larve erano in penultima età) e la formazione delle crisalidi.

poco inferiore era l'incremento ponderale riscontrato nelle crisalidi parassitizzate dal tachinide *Pseudogonia rufifrons*; le percentuali di mortalità larvale, con l'aumento della densità, scendevano di circa il 30%. Ora, alla luce di quanto visto nella presente ricerca, nonché di quanto constatato da Mellini et alii (1979 b) circa l'importanza della temperatura sul peso delle crisalidi di *Galleria*, appare palese che il fattore determinante non è la densità, ma la temperatura.

Almeno relativamente ai parametri su citati, non si manifestano, dunque, in *Galleria*, veri e propri « effetti di gruppo », nel senso che importante non è la vicinanza del proprio simile, ma la modificazione

TABELLA I

Effetti della densità larvale sul peso delle crisalidi (mg), sul tempo per giungere all'incrisalidamento (giorni) e sulle percentuali di mortalità larvale di *Galleria mellonella* L. Nell'ambito della stessa colonna, i valori seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente diversi al 95% (test di Duncan). Numero di ripetizioni = 5. Effects of different larval population densities on pupal weights (mg), time to pupate (days), and larval mortality percentages of *Galleria mellonella* L. Means followed by the same letter are not significantly different at the 95% level (Duncan's test). Number of replicates = 5.

Densità	n° totale larve	♀♀		♂♂		% mortalità larvale
		pesi	tempi	pesi	tempi	
1	75	145,46 a	7,57 a	185,27 a	8,29 a	16,67 a
2	70	150,71 a	7,93 ab	191,07 a	8,47 a	8,2 a
6	120	154,45 a	8,04 ab	202,3 a	9,01 ab	15,83 a
12	120	142,14 a	8,28 ab	193,22 a	9,02 ab	8,33 a
25	125	144,15 a	8,88 b	186,28 a	9,98 b	9,6 a
50	250	145,14 a	9,10 b	196,59 a	9,52 ab	8,8 a
100	500	150,16 a	10,7 c	199,01 a	11,49 c	10,8 a

del microclima, e, in particolare, il rialzo termico strettamente correlato col livello di affollamento. Nella presente sperimentazione si è operato ad una temperatura di base di 35 °C; benché a densità 50 e 100, per i primi due giorni di sperimentazione, si sia verificato, in tutte e 5 le prove, un innalzamento termico di 2-3 °C, questo non sembra aver avuto ripercussioni sui risultati. Il gruppo, dunque, parrebbe importante ai fini del raggiungimento della temperatura critica di 35 °C, che è quella riscontrata abitualmente nell'alveare, ambiente naturale di *Galleria mellonella*.

Se il gruppo in sé e per sé non provoca effetti positivi, nemmeno provoca effetti negativi, come accade invece per alcune specie manifestamente solitarie, quali *Agrotis ipsilon* (Mansour e Dimetry, 1972). L'unica influenza negativa riscontrata nella presente ricerca riguarda il tempo di incrisalidamento, il quale subisce, in ambo i sessi, un prolungamento che aumenta significativamente con l'aumentare della densità (Tab. I). Tale prolungamento è da considerarsi progressivo tanto per i maschi che per le femmine, anche se, nel caso di queste ultime, il tempo di incrisalidamento risulta leggermente superiore a densità 25 piuttosto che a densità 50. Questo fenomeno, già intravisto da Mellini et alii (1979 a), non può essere però, a mio giudizio, sommariamente descritto come effetto di gruppo negativo: è vero che in specie palesemente solitarie (mi riferisco in particolare ad *Agrotis ipsilon*) una delle conseguenze dell'aggregazione forzata è proprio il prolungamento dei tempi di sviluppo, ma allora esso si accompagna ad altri fenomeni negativi, quali il decremento ponderale e l'aumento del tasso di mortalità, assenti in *G. mellonella*, che, al contrario, qualora la temperatura di base sia inferiore ai 35 °C, manifesta, in stato di aggregazione, tendenze addirittura opposte.

Le cause dell'allungamento dei tempi di sviluppo sono probabilmente da ricercarsi non tanto nel numero degli individui, quanto nella mancanza di spazio sufficiente: infatti, utilizzando contenitori più capienti (come è stato fatto dalla terza ripetizione in poi per le densità 25, 50 e 100) si è notato un certo appiattimento nei tempi di sviluppo nei vari livelli di affollamento, anche se non tali da incidere sulla significatività della prova. E' pertanto presumibile che, aumentando ancora le dimensioni dei recipienti, tale appiattimento si manifesti in modo ancora più accentuato. L'ipotesi della mancanza di spazio è del resto suffragata da altre esperienze condotte in materia su *Galleria* (Woolever e Pipa, 1970; Pipa, 1971). In particolare, Pipa (1971) asserisce che la causa del prolungamento del tempo di sviluppo è di ordine neuroendocrino, in quanto, in condizioni di spazio ristretto, sarebbe inibita la secrezione dell'ormone protoracotropo da parte delle cellule neuricrine del cerebro.

E' importante comunque tener presente, riguardo allo spazio disponibile, che le larve non si distribuiscono equamente; a 27-30 °C esse tendono a stare più o meno ammassate. In che misura questo avvenga anche qualora, come nel caso specifico, la temperatura di base sia di 35 °C, non è stato appurato. Indagini in tal senso si rendono dunque necessarie al fine di una migliore comprensione di questo e altri fenomeni.

RIASSUNTO

Viene presentata una breve revisione sugli effetti di gruppo nei Lepidotteri, relativamente ai quali si sono poste in luce le differenze esistenti tra specie necessariamente gregarie, per cui il raggruppamento costituisce una condizione essenziale di vita, specie necessariamente solitarie, per cui, al contrario, il raggruppamento forzato costituisce motivo di stress, e specie che manifestano tendenze associative, ma possono altresì vivere isolate.

Per quanto riguarda *Galleria mellonella* L. è stata effettuata una ricerca volta ad accertare se in questa specie, le cui larve a temperatura di 27-30 °C tendono all'aggregazione avvantaggiandosene, presentassero o meno veri e propri effetti di gruppo, intesi come interattrazioni tra i singoli individui e relativi mutamenti di ordine comportamentale, morfo- e fisiologico. In particolare, si voleva verificare se, nel caso di *G. mellonella*, i benefici derivanti dall'aggregazione (riguardanti soprattutto il peso degli individui e le percentuali di sopravvivenza, ambedue maggiori a densità elevate) fossero o meno legati all'aumento di temperatura conseguente all'aumento di densità.

A tal fine si sono saggiati 7 livelli di affollamento: 1, 2, 6, 12, 25, 50, 100 individui, operando a 35 °C, cioè alla temperatura rilevabile negli alveari, dove, in norma, vive *G. mellonella*.

I risultati non hanno evidenziato, né per i pesi delle crisalidi (sia maschili che femminili), né per le percentuali di mortalità larvale, differenze significative tra i valori relativi alle varie densità. Da ciò si deduce che, nel caso di *G. mellonella*, non esistono veri e propri effetti di gruppo; il raggruppamento sarebbe dunque un espediente necessario per determinare un aumento di temperatura, nel caso in cui il livello termico di base fosse troppo basso.

La ricerca svolta ha inoltre evidenziato, tanto per i maschi che per le femmine, un prolungamento nei tempi di sviluppo progressivo con l'aumentare della densità: le cause di tale prolungamento sono probabilmente da ricercarsi nelle condizioni di spazio ristretto conseguenti all'affollamento; ciò è in accordo con quanto osservato in precedenza da altri Autori.

Effects of grouping in Lepidoptera: the case of *Galleria mellonella* L.  
(Lepidoptera Galleriidae)

SUMMARY

Some aspects of the effects of grouping in Lepidoptera are reviewed. It is described the difference among fully gregarious species, where aggregation is essential for survival and development of larvae, completely solitary species, where forced grouping exerts various harmful influences upon larvae, and species that do not show obligatory aggregation and respond to various degrees of crowding by changes such as phase variation and facultative occurrence of diapause.

Previous studies showed that *Galleria mellonella* larvae reared at 27 °C-30 °C tend to be gregarious. Aggregation results in pupal weight increase and larval mortality decrease (Mellini et alii, 1979 a). In the present study 7 larval densities were tested: 1, 2, 6, 12, 25, 50, 100 individuals. Larvae were of the penultimate instar. They were maintained at 35 °C, the temperature that can normally be found in hives, where *Galleria* lives in nature. At this temperature, neither pupal weights, nor larval mortality percentages were significantly affected by density (Table I). This demonstrates that



in *G. mellonella* there are not grouping effects, i.e. interactions among individuals. Aggregation can be beneficial to improve external conditions (i.e. to increase temperature, if the environmental one is too low).

Time to pupate significantly and progressively increased as group size increased (Table I). This was probably related to space-deprivation conditions crowded larvae underwent. Some authors (i.e. Pipa, 1971) previously observed a delayed pupation in space-deprived *G. mellonella* larvae.

#### BIBLIOGRAFIA CITATA

- BENZ G., 1974. — Negative Rueckkoppelung durch Raum- und Nahrungskonkurrenz sowie zyklische Veränderung der Nahrungsgrundlage als Regelprinzip in der Populationsdynamic des Grauen Lärchenwicklers, *Zeiraphera diniana* (Guenée) (Lep. Tortricidae). - *Z. ang. Ent.*, 76: 196-228.
- BROWN G. C., BERRYMAN A. A., BOGYO T. P., 1979. — Density-dependent induction of diapause in the codling moth *Laspeyresia pomonella* (Lepidoptera: Olethreutidae). - *Can. Ent.*, 111: 431-433.
- CAMPADELLI G., 1973. — Allevamento di *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera Galleriidae con dieta semiartificiale. - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 34: 35-54.
- CHAUVIN R., 1967. — Il mondo dell'insetto. - *Il Saggiatore*, Milano, 255 pp., cfr. pp. 94-132.
- HANNA H. M., AZAB S. G., 1975. — Influence of population density on the biology, weights, and water-and fat contents of *Syngrapha circumflexa* L. (Lepidoptera: Noctuidae). - *Bull. Soc. Ent. Egypte*, 59: 117-130.
- IWAO S., 1968. — Some effects of grouping in Lepidopterous insects. - *Colloq. Int. Centr. Nat. Rech. Sci.*, 173: 185-212.
- MANSOUR M. H., DIMETRY N. Z., 1972. — Effect of crowding on larvae and pupae of the greasy cutworm *Agrotis ipsilon* Hfn. (Lep.: Noctuidae). - *Z. ang. Ent.*, 222-223.
- MELLINI E., RAPISARDA V., BRIOLINI G., 1979a. — 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.
- MELLINI E., GALASSI L., BRIOLINI G., 1979b. — Effetti della temperatura sulla coppia ospite-parassita *Galleria mellonella* L. - *Gonia cinerascens* Rond. - *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 35: 13-28.
- MORIMOTO N., 1960. — Effect of density of larval population on some characters of larva, pupa and adult in the rice stem borer, *Chilo suppressalis*. - *Jap. J. Appl. Ent. Zool.*, 4: 197-202.
- NOZATO K., 1982a. — Effect of group size on larval survival of *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). - *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.*, 26: 119-124.
- NOZATO K., 1982b. — Effect of group size, and silicate fertilizer application on the population density of *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). - *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.*, 26: 242-248.
- NOZATO K., 1982c. — Influence of group size, and growth stage of rice on survival of hatched larvae of *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). - *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.*, 26: 63-67.
- PIPA R. L., 1971. — Neuroendocrine involvement in the delayed pupation of space-deprived *Galleria mellonella* (Lepidoptera). - *J. Insect Physiol.*, 17: 2441-2450.
- SAULICH A. C., 1975. — The group effect at the photoperiodic induction of diapause in *Barathra brassicae*. - *Zool. Zhurn.*, 54: 1335-1340.

- SHIGA M., 1976. — Effect of group size on the survival and development of young larvae of *Malacosoma neustria testacea* Motschulsky (Lepidoptera, Lasiocampidae) and its role in the natural population. - *Kontyû*, 44: 537-553.
- SUZUKI N., UEMATSU S., 1981. — The effects of group size on survival of early-instar larvae of the fall webworm, *Hypantria cunea* Drury (Lepidoptera, Arctiidae) in laboratory and in the field. - *Kontyû*, 49 (2): 258-271.
- TSUBAKI Y., 1981. — Some beneficial effects of aggregation in young larvae of *Pryeria sinica* Moore (Lepidoptera: Zygaenidae). - *Res. Popul. Ecol.*, 23 (1), 156-167.
- WOOLEVER P., PIPA R., 1970. — Spatial and feeding requirements for pupation of last instar larval *Galleria mellonella* (Lepidoptera). - *J. Insect Physiol.*, 16: 251-262.