

ヨモギハムシの發育と生存に及ぼす飼育密度の影響

藤山 静雄*・宮地 計雅*

The Effects of Larval Density on Survival Rate and Development of *Chrysolina aurichalcea* Mannerheim (Coleoptera: Chrysomlidae)

Shizuo FUJIYAMA* and Kazumasa MIYACHI*

ABSTRACT: In order to detect the optimum density for rearing *Chrysolina aurichalcea*, the effects of larval density were investigated at 20°C using *Artemisia princeps* as foods. The density of first instar larvae per 200 ml plastic container was 1, 2, 4, 10 or 25. A number of deaths occurred in the first, second and fourth instars, irrespective of density, while mortality was low in the third instar. The density-25 suffered the highest mortality from the third instar to the pupa. The developmental period from the first instar to the adult emergence increased from 37.3 days at density-1 to 38.5 days at density-25. The body weight of an adult reduced slightly from 47.5 mg at density-1 to 45.9 mg at density-25. The effects of density were hardly observed from density-1 to density-10.

These results show that we were able to rear the larvae without harmful effects of density when they were reared at up to density-10.

緒 言

昆虫などの動物の生理や生態を研究する場合、その種を制御された環境下で継続的に飼育できないことが研究の進展の障害になっていることがしばしばである。著者らが今回研究対象としたヨモギハムシ *Chrysolina aurichalcea* Mannerheim もそういった昆虫に属する。

本種はヨモギを主な食草とする1化性のごく普通種の昆虫で、東洋区から旧北区まで広く分布する(Gressitt and Kimoto, 1963)。このように広い分布域をもつにもかかわらず、後翅が一部退化しておりほとんど飛ばし力をもたない**。したがってその移動力は乏しく、それぞれの地域個体群はその生息環境によく適応した性質をもっていると考えられる。また、ヨモギのような先駆植物を食草としながら、なぜ翅を退化させるような適応様式を採用したのか、といったことは生態学的にも大変興味深い。これらの点を明らかにするには野外における調査だけでは不十分であり、制御環境下でその遺伝的特性や生理、生態的特性を明らかにしておくことが必要である。これまで本種に関する研究は分類学的なもの以外にも色彩多型に関するもの等に多く見られる(例えば、大野、

1964; 木村, 1965; Suzuki *et al.*, 1975; 馬場・加藤, 1978; Fujiyama, 1979など)。しかし、その生理、生態的特性に関する研究は大野(1937)によるものと最近の筆者ら(藤山ら, 1981)によるもの以外はほとんどない。それは、一世代を通して本種を飼育することが困難であることが大きく原因しているためと思われる。

大野(1937)は本種を飼育観察したことを報告しているが、その具体的方法については述べていない。藤山ら(1981)はシュンギクを餌に飼育を行なっているが、害虫としての応用面からの視点を除けば、主な食草であるヨモギを餌にした飼育の方が好ましい。またこの際、個別飼育を行なっているが、一度に複数個体を飼育する方がより効率的である。しかし、飼育密度を高めた場合、密度効果による悪影響も予想される。そこで本研究ではヨモギを餌として用いるとともに、容器あたりの初期密度をいろいろに変えて飼育を行ない、密度が生存率、發育速度、体重などの生理、生態的特性にどのような影響を及ぼすかを調べた。これらの結果を比較検討するとともにシュンギクを餌とした場合の結果(藤山ら, 1981)も加えて、適当な飼育方法について考察した。

材料と方法

実験材料として用いた幼虫は松本市三才山で採集された成虫が産卵したものである。この卵はまもなく休眠に

*信州大学理学部生物学教室

* Dept. Biol. Fac. Sci. Shinshu Univ.

**近年, Suzuki (1978) はヨモギハムシの飛ばし力個体を発見したことを報告している。

入るので、産卵後約20日間室温に置いた後、3°Cで約3ヶ月低温処理して休眠させさせた。その後20°Cで加温し、ふ化させて実験に用いた。実験にはふ化後1日以内の1齢幼虫を用いた。

直径8 cm、高さ4.5 cmの円筒形のプラスチック容器（容積200 ml）の底に直径9 cmのろ紙を敷き、この上に茎を湿った脱脂綿でくるんだヨモギの若葉を2枚（約23 cm²）置いた。次に表1に示す密度に等しい数の幼虫を若葉の上に置いた。容器には針で数個の穴のあけられたプラスチック製のふたをし、内部の乾燥と虫の逃亡を防いだ。

表1. 初期幼虫密度と繰返し数

密度(頭/容器)	繰返し数	合計個体数
1	31	31
2	13	26
4	7	28
10	7	70
25	4	100

飼育条件は20°C一定、自然日長（13時間～15時間明期）で行ない、餌のヨモギは温室で栽培したものと野外のヨモギを用いた。餌は1日おきに取替えることを原則としたが、4齢幼虫など餌不足を生じそうなときはさらに短い間隔で交換し餌不足が起らないように配慮した。また、4齢幼虫は蛹化が近づくと土中にもぐり、そこで蛹化するので本実験では蛹化の近づいた幼虫が出現した場合、土の代わりに Fujiyama and Takahashi (1973) が用いたのと同じ処理をした木材粉を容器の底に敷いた。

観察は毎日行ない、生存数、死亡数、齢の確認をした。蛹や成虫が出現した場合、密度1の区では蛹化直後（48時間以内）の体重を測定した。全ての密度区で羽化直後（48時間以内）に体重と頭幅の測定を行なうとともに、雌雄の判定を行なった。

また、飼育の際に糞などで容器内が著しく汚れないように注意し、ろ紙がやや汚れたところで取替えるようにした。死亡個体が見られた場合、本実験では初期幼虫密度が发育に及ぼす影響を調べることを目的にしたので、死亡個体は取り除いたままで補充しなかった。

結 果

1. 生息密度と生存率

図1に各密度区の生存曲線を表2に发育段階別の死亡率を示す。図1より密度25の区は他の区よりも生存率が著しく低いことがわかる。密度10以下の区では生存率は密度によって違うものの一定の傾向はなく、差はないと考えられる。また、密度25の区の場合も詳しくみると差が見られるのは3齢以降である。従って生存率のみから

みるならば、2齢までは密度25の区でも悪影響は見られないと言える。しかし、この点については総合的に考えるべきなので後で論ずる。表2より发育段階別の死亡率をみると、全体として1齢、2齢、4齢が高い。この原因は、主に1齢では餌への食いつきの失敗や生理的に弱い发育段階であること、2齢では1齢で弱った個体が2齢になった後で死亡することが多々あることによると思われる。また、4齢は形態的、生理的に変化の大きい蛹への変態の失敗によると思われる。一方、3齢は生理的に強く、変化も小さい发育段階であるので死亡はほとんど見られない。

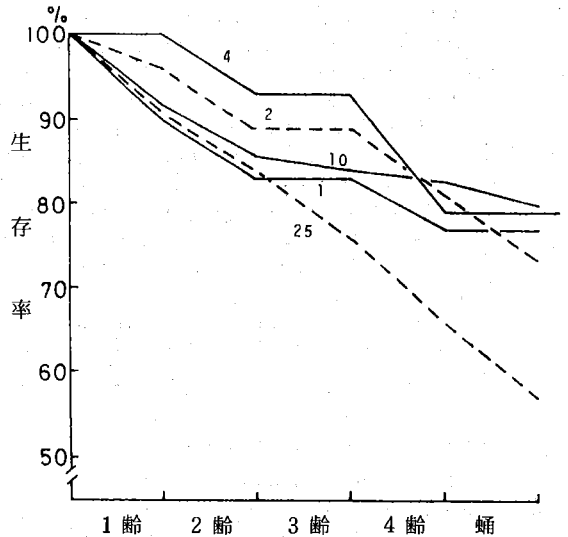


図1. 飼育密度と生存曲線
図中の数字は初期密度を示す。

表2. 飼育密度と发育段階別死亡率 (%)

发育段階 \ 密度	1	2	4	10	25
1 齢	9.7	3.8	0	10.1	9.1
2 齢	7.1	8.0	7.1	3.2	6.7
3 齢	0	0	0	1.7	9.5
4 齢	7.7	8.7	15.4	1.7	13.2
蛹	0	9.5	0	3.4	13.6

表3に飼育密度と生存個体数の関係を示す。これより密度25の区で生存数は最終的に14.3頭と、初期個体数に比べ著しく減少している。しかし、生存数のみを問題にするのであれば初期密度の高い区ほど最終的には多くの個体数が生き残っていることがわかる。

2. 成長期間に及ぼす密度の影響

各密度区においていろいろな发育段階に達する平均所要日数を表4に示す。この表より2齢、3齢、4齢、蛹

表 3. 生息密度の推移

初期密度	1	2	4	10	25
1 齡初期	1.00	2.00	4.00	10.00	25.0
2 齡初期	0.90	1.92	4.00	9.00	22.5
3 齡初期	0.83	1.77	3.71	8.57	21.0
4 齡初期	0.83	1.77	3.71	8.43	19.0
蛹化直後	0.77	1.62	3.14	8.29	16.5
羽化直後	0.77	1.46	3.14	8.00	14.3

表 4. 飼育密度と各発育段階に達する日数

初期密度	1	2	4	10	25
1～2 齡	5.6	5.2	5.7	5.5	5.6
S.D.*	0.90	0.73	1.10	0.99	1.04
C.V.(%)**	16.5	14.5	19.7	18.2	18.7
1～3 齡	10.0	9.6	10.3	10.3	10.0
S.D.	1.60	1.28	1.51	1.54	2.05
C.V.(%)	16.3	13.6	15.0	15.1	20.7
1～4 齡	15.0	14.7	15.5	15.7	15.3
S.D.	1.58	1.27	1.84	1.79	2.85
C.V.(%)	10.7	8.9	12.1	11.6	18.8
1～蛹	28.6	28.5	29.2	29.3	29.3
S.D.	2.39	2.06	2.63	2.39	2.93
C.V.(%)	8.6	7.4	9.2	8.2	10.1
1～成虫	37.3	37.3	38.0	37.8	38.5
S.D.	2.20	1.92	2.66	2.25	3.32
C.V.(%)	6.0	5.3	7.2	6.0	8.7

* 標準偏差 ** 変異係数

成虫に達するまでの日数は平均で 5.5 日, 10.0 日, 15.2 日, 29.0 日, 37.8 日 で密度区による有意差は認められなかった。しかし, 蛹, 成虫に達する日数でみると高密度区で値がやや大きくなっているように思われる。次に標準偏差および変異係数(標準偏差÷平均×100)についてみると, 2 齡に達するまでは異った密度区の間で標準偏差に違いはみられないが, 3 齡あるいはそれ以降の発育段階に達する日数でみた場合には高密度の区の方が値が大きい傾向がみられる。このことは 2 齡期以降では高密度区で個体間の成長スピードのばらつきが大きくなったことを意味する。これは後述するように高密度区で成長の遅れる個体がみられるようになったことが原因していると考えられる。なぜなら, もし個体間の成長速度の違いがその遺伝的な違いに主に基づいているのであれば, 変異係数はそれぞれの密度ではほぼ一定していると考えられるが, 実際にはこの値は発育段階が進むに従って減少している。これは高密度区で生ずる成長の遅れた個体その後徐々に死亡していくためと考えられる。この点については後で論ずる。

表 5 に各発育段階の日数を示す。発育期間は 1 齡から蛹期まで順に平均で 5.5 日, 4.5 日, 5.2 日, 13.8 日, 8.8 日であり, これも密度による差はみられない。

表 5. 飼育密度と各発育段階の期間

初期密度	1	2	4	10	25
1 齡(日)	5.6	5.2	5.7	5.5	5.6
2 齡	4.5	4.5	4.6	4.8	4.4
3 齡	5.0	5.0	5.2	5.4	5.3
4 齡	13.6	13.8	13.7	13.6	14.0
蛹	8.7	8.8	8.8	8.5	9.2

図 2 に各発育段階に達する累積成長曲線を示す。この図で曲線の立上がり, すなわち脱皮変態の始まる日は密度の違いによりほとんど差は見られない。その後, 曲線は S 字型を描くが, 発育の遅れた個体がみられるため通常の S 字曲線ではなく右に尾を引いた形になっている。尾の引き方は 3 齡以降への脱皮曲線では高密度区ほど大きい傾向がある。特に密度 25 の区の尾の長さが目立つが, これは高密度の影響であろう。この尾の長さを詳細に見ると, 尾の長さは発育段階が進むに従って益々長くなっているのではなく伸縮している。このことは, 発育期間は長くなることはあっても一定以上短くなることはない。発育の遅れた個体が次の発育段階に達することなく死亡した場合に, 次の発育段階では尾の長さが減少して見えることによる。一方, 尾の長さの増加は発育の遅れが益々大きくなったことによる。

なお, 雌雄による発育日数の差は認められなかった。

3. 生息密度と成虫の体重、頭幅

飼育密度と成虫の体重との関係を表 6, 飼育密度と頭幅の関係を表 7 に示す。表 6 よりどの密度区でも雌の方が雄よりも体重が重いことがわかる。このことは頭幅についても同様で雌の方が雄より大きいことがわかる(表 7)。また飼育密度との関係でみた場合, 体重については有意差はみられなかったが, 密度の増加とともに減少するような傾向がみられた。

発育所要日数と成虫の体重との関係を表 8 に示す。これより発育期間と体重の間には負の相関がある傾向が見

表 6. 飼育密度と羽化成虫の体重

初期密度	1	2	4	10	25
頭幅(♀)mg	53.4	52.2	53.0	52.7	51.8
S.D.	4.8	7.9	8.6	5.2	5.5
個体数	10	9	13	26	29
頭幅(♂)mg	41.5	44.5	41.8	40.7	39.9
S.D.	5.0	3.8	6.1	5.4	4.1
個体数	14	10	8	30	27

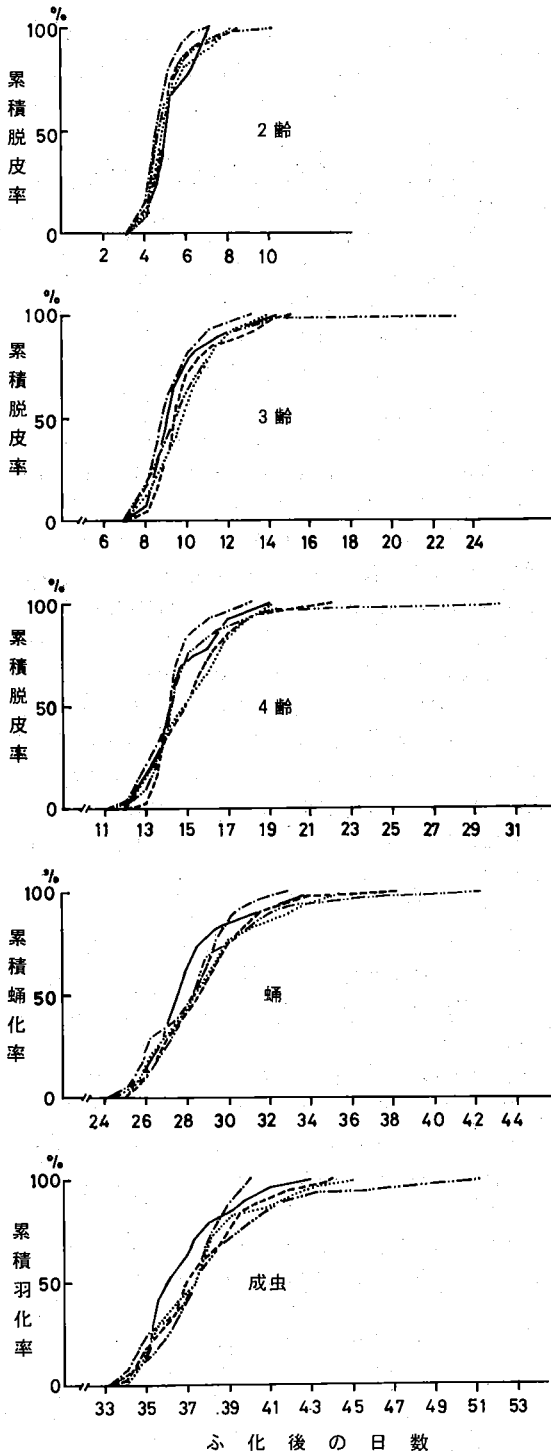


図2. 飼育密度と累積成長曲線
 — : 密度1, — : 密度2, : 密度4,
 - - - : 密度10, - · - : 密度25

表7. 飼育密度と成虫の頭幅

初期密度	1	2	4	10	25
頭幅(♀)mm	2.05	2.04	2.10	2.09	2.04
S.D.	0.08	0.05	0.06	0.07	0.07
個体数	10	9	12	26	35
頭幅(♂)mm	1.93	2.00	1.98	1.99	1.91
S.D.	0.05	0.07	0.07	0.09	0.08
個体数	14	10	10	29	21

表8. 発育期間と体重の相関

飼育密度	相 関 係 数 (r)	
	♀	♂
1	-0.23 (10)	0.51 (14)
2	-0.81* (9)	0.25 (10)
4	-0.41 (13)	-0.47 (8)
10	-0.25 (26)	-0.10 (30)
25	-0.24 (29)	-0.54* (28)

()内の数字は調査個体数。

* 危険率5%で有意に相関あり。

られるが、相関は弱く、有意な相関が見られるのは2つのケースに過ぎない。このような負の相関は高密度によって発育が遅れるような影響を受けた個体は体重も減少したことを示している。

考 察

生息密度の違いによって生ずる各種の影響は一般には“密度効果”と呼ばれ、発育速度、体重、増殖能力、生存率あるいは形態、生理的性質などに現われる(沼田, 1974)といわれている。例えば内田(1972)はアズキゾウムシについて各種の影響を具体的に示している。この中で示されている結果もそうであるが、密度の影響の現われ方の程度は各項目の間で違っている。本実験では生存率はかなり低下した(図1)が、発育所要日数では密度1と密度25で有意差は無く、平均値が37.3日から38.5日とわずかに1.2日増加したに過ぎない。体重についても同様で、平均で3.3%減少したに過ぎない。

ところで密度の影響は大別すると、どの個体にも一様に現われる場合とある個体には強く別の個体にはほとんど現われない場合の2通りがある。この実験の結果では成長期間や体重については後者として見られたことは結果の項で述べた。従って前述のように平均レベルでは小

さな影響であったようにみえても個体によっては相当大的な影響を受けており結果を判定する場合には注意を要す。

この実験では餌は不足しないように条件設定した。また、糞や分泌物、老廃物などによる生息環境の悪化も生じないようにした。このため密度の影響は主に個体間の相互干渉などを通して現われたと思われる。普通の飼育では餌不足になることは少ないとしても、動物が生息することにより糞や分泌物、老廃物などを生息環境に付け加えたりする“生物的条件づけ”が影響することはしばしばである。この影響は密度の増加に伴って増大するばかりでなく、場合によっては一定の閾値があり、それ以上では激しく、それ以下ではほとんど問題にならないこともある。

次にこの実験で得られた結果と藤山ら(1981)がシュンギクを餌としてほぼ同じ条件で行なった結果とを比較してみる。生存率は前者が70%強であるのに対し後者は60%で10%以上低い。また、成長期間も前者が37.3日であるのに対し、39.6日と2.3日長い。成虫の体重も47.5mgに対し42.2mgと軽くなっている。この結果から明らかなように主な食草であるヨモギの方がシュンギクよりもヨモギハムシの餌として適当であるといえよう。ただし、餌の交換の間隔が前者で2日、後者で4~5日であったので、前者の方が餌や生息環境の面で後者よりもかなり良い条件になっている。従って、餌の種類の違いによる差は実際にはこの値よりも小さな値になるであろう。

以上の点と一般に最も重要視される生存率が低下しないという点とを考慮すると、ヨモギを餌に初期密度を10頭前後にして飼育するのが適当であろう。しかし、今回の実験では前述のように生物的条件づけの影響を除くために、1日おきに餌を換えるというようにかなり多くの時間を管理にかけている。普通には4~5日に1回の餌替えと考えられるので生物的条件づけの影響もかなり予想される。この場合には全体に生存率が低下するばかりでなく密度の増加に伴う生存率の低下は今回得られた結果よりもっと大きいと予想される。従ってこのような場合には10頭よりもさらに少ない初期密度にするか、2齢あるいは3齢の初めに飼育密度を減らす必要があろう。また、得られた成虫の質がより均一であることを要する場合には2頭位以下、逆に容器当りで得られる個体数を最大にしたい場合には25頭前後と初期密度をやや高めにするのが適当であろう。

要 約

ヨモギハムシ *Chrysolina aurichalcea* について簡便かつ適切な飼育法を開発する研究の1ステップとして、初期幼虫密度が発育と生存に及ぼす影響を調査した。密

度区として200mlのプラスチックカップあたり、1~25頭区を設定し、ヨモギを餌として実験した結果、次のことが明らかになった。

1. 生存率は25頭区で低かったが、他の区では高かった。しかし、最終生存数は高密度区ほど多かった。
2. 発育日数には密度区による差は見られなかったが、脱皮曲線や羽化曲線は時間の長い側に尾をひく山型となり、密度が高くなるに従って尾が長くなる傾向が見られた。
3. 成虫の体重は高密度区で減少する傾向がみられたが有意な差ではなかった。
4. 総合的に判断すると10頭前後の個体数で飼育するのが適当であると考えられた。

文 献

- 馬場金太郎, 加藤直人(1978) 新潟県のヨモギハムシに関する研究。越佐昆虫同好会報, 48: 2-21.
- 藤山静雄, 有本欽治, 野田隆志(1981) ヨモギハムシの発育と生存に及ぼす温度の影響—特に採集地の異なる3系統の比較—New Entomol. 30: 16-24.
- 木村末子(1964) ヨモギハムシの2色彩型の分布に就いて, Mikado, 1: 45-49.
- 沼田真編(1974) 生態学辞典, 築地書館, 467pp.
- 大野幸一(1937) ヨモギハムシに就て, 昆虫世界, 41: 298-301.
- 大野正男(1964) 苧岐のハムシ類, 北九州の昆虫, 11: 25-33.
- 内田俊郎(1972) 動物の人口論, NHKブックス, 268pp.
- Fujiyama, S. (1979) On the colour polymorphism in *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera: Chrysomelidae) collected from four mountain districts. J. Fac. Sci. Shinshu Univ. 14: 99-106.
- Fujiyama, S. and F. Takahashi (1973) Self-regulation of life cycle in *Anomala cuprea* Hope (Coleoptera: Scarabaeidae). I. The effects of constant temperature on the developmental stages. Mem. Coll. Agric. Kyoto Univ. 104: 23-30.
- Gressitt, J. L. and S. Kimoto (1963) The Chrysomelidae (Coleopt.) of China and Korea. Part 2. Pacific Insects Monograph 1B: 301-1026.
- Suzuki, K. (1978) Discovery of a flying population in *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera: Chrysomelidae). Kontyū, 46: 549-551.
- Suzuki, K., K. Yamada, M. Teranishi and O. Tadauchi (1975) Preliminary study on the geographical distribution of colour forms in *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera, Chrysomelidae). Kontyū, 43: 437-445.