

捕食者ナミテントウ幼虫の餌密度のちがいに対する反応¹

茂 木 幹 義

京都大学農学部昆虫学研究室

(1968年8月19日受領)

Predation Response of the Larvae of *Harmonia axyridis* PALLAS (Coccinellidae) to the Different Prey Density. Motoyoshi MOGI (Entomological Laboratory of Kyoto University, Kyoto), *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **13**: 9-16 (1969)

Using *Aphis craccivora* KOCH (Aphididae) as prey, *H. axyridis* larvae were reared individually from hatching at various prey densities (w) in a dish. The number of preys eaten by a predator per day (x), the duration of instar (duration to next instar or to death) (y), and the survival rate (Z) in each instar were recorded. The percentage predation by each instar, $P_{nw}\% = \{(x \times y) / (w \times l_n)\} \times 100$ (l_n : mean maximum duration of n -th instar) was supposed to increase initially, then later decreased with increasing prey density. The percentage predation by each instar following the immediately preceding instar, $Q_{nw}\% = \{(x \times y \times Z_{n-1}) / (w \times l_n)\} \times 100$ (Z_{n-1} : survival rate to n -th instar from $(n-1)$ th instar) increased initially, then decreased with increasing prey density. The percentage predation by whole larval instars, $R_w\% = \{100 \sum_{n=1}^4 (x \times y \times Z_n)\} / (w \times L)$ (Z_n : survival rate at n -th instar from hatching, L : mean maximum larval duration) increased initially, then decreased with increasing prey density. Therefore the developing larvae of *H. axyridis* can act as a density-dependent mortality in a range of prey density. But when percentage predations were relatively high, the predators starved.

緒 言

餌動物の密度のちがいに応ずる天敵の反応の過程は、SOLOMON (1949) によれば、

1. 機能の反応(天敵1個体が餌動物を殺す数の変化)
2. 数の反応
 - 2a. 生存率の変化による天敵の数の変化
 - 2b. 増殖による天敵の数の変化
 - 2c. 移動による天敵の数の変化²

に分析される。これらの諸反応のうち、機能の反応と移動とは天敵のあらゆる現象としては区別しえないことがあるが、そのような場合にも一定の空間での現象に問題を限定するなら両者を区別し得るから (SOLOMON, 1949 参照), この4つの過程に分析することは、その空間に

おける現象、すなわちその空間の餌動物の密度のちがいに応じて、天敵各個体がどのように餌を殺す数を変え、どのようにその空間に集まり、その空間から脱出し、またその空間で発育、死亡、増殖して行くか、そしてそれらの過程で餌動物をどのように死亡させるかということを理解するためには有効であると思われる。実際に数の反応と機能の反応を分けることによって、餌動物の密度のちがいに応じてちがった死亡率をもたらすに至る天敵の反応の過程をより明らかに理解できる場合があることは (例えば HOLLING, 1959) そのことを証明しているであろう。

ここでは発育過程にある捕食者ナミテントウ *Harmonia axyridis* PALLAS 幼虫の捕食は餌アブラムシの密度の調節に役だつ可能性があるか否かを知るため、餌アブラ

¹ 京都大学農学部昆虫学研究室業績第415号

² SOLOMON (1949, 1964)は、移動を移入のみに限ったが、ここでは移出をも含める。

ムシの密度のちがいに応じて前記の諸過程がどのように変化し、その結果、捕食率がどのように変化するかを調べた。したがってここでは機能の反応、生存率、移動（移出のみ）が問題になる。その際、機能の反応については単位時間あたりの量のみでなく、ある量の機能の反応が続く時間の長さも知る必要がある。また、移動（移出）量は前述のように餌密度のみによって規定されず、一定の隔離度を持つ一定の広さの空間を規定しなければ測定できないので、ここでは最も単純に移動（移出）は無いと考えた。

本文に入るに先だち、終始御指導下さった内田俊郎先生をはじめ、直接、間接に御教示、御協力下さった当研究室の方々へ深く感謝します。

材料および方法

ナミテントウ幼虫を餌 マメアブラムシ *Aphis craccivora* Косн の種々の密度（シャーレあたり）で飼育し、その1日あたり捕食数、生存期間、生存率が餌密度のちがいに応じてどのように変化するかを調べた。

1. ナミテントウ幼虫：1965年5月上旬、京都大学理学部構内のモモより採集した卵塊から孵化した幼虫を用いた。

2. マメアブラムシ：1965年5、6月に京都大学農学部および理学部構内に自生するカラスノエンドウ *Vicia sativa* L. から採集し、主に3令若虫を選んで用いたが、2令、4令若虫も若干数混っていた。

3. 摂餌条件：高さ30mm、内径75mmのプラスチック・シャーレ内に吸水性の薄紙を敷き、十分に水を含ませた。ここに餌を一定数、湿った毛筆に付着させて移し入れ、ふたの中央の直径20mmの穴には紙をはった。この条件下で餌はシャーレ内を歩きまわりつつ1日間は生存する。シャーレあたりの餌個体数および繰返し数は下表の通りである。

餌個体数	0	2	4	8	16	32	64	128	200以上
繰返し数	20	20	9	10	9	10	10	9	10

ここで200頭以上区は餌の数を数えずにコロニーを寄主植物ごと入れた区である。

各シャーレに1頭ずつ孵化後12時間以内の捕食者を放して実験を開始し、その生存中は毎日午後6時に、新たな餌を入れたシャーレに移しかえた。

実験室は長日、26.5°Cに調整された恒温室で、湿度は特に制御しなかったが60~70% R.H. に保たれていた。

4. 測定：前日与えたシャーレ内で摂餌した捕食者を

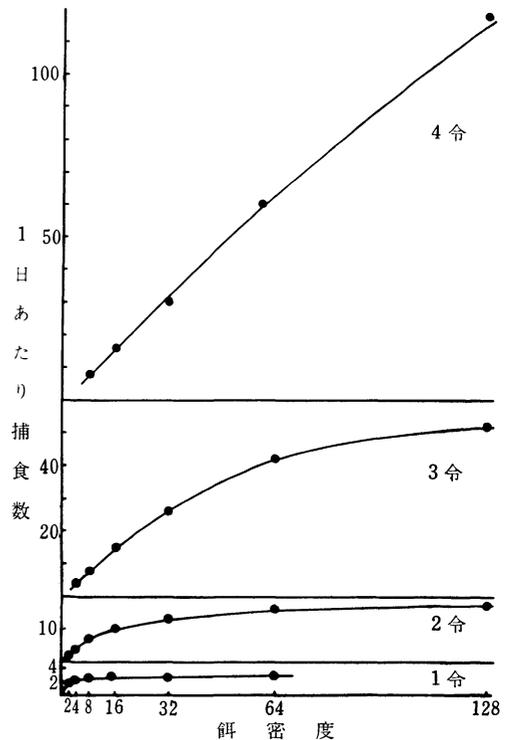
とりだし令期を記録、直示天秤で体重を測定した後、ただちに新たな餌を入れたシャーレに移し入れた。その後、古いシャーレに残っている餌の数を数えた。

結 果

1. 機能の反応

各令の各区における1日あたり捕食数の平均値を第1図に示した。図から明らかなように、どの令でも捕食数は餌密度の増加に応じて増加するけれども、その増加速度は次第に減少して令ごとに一定値に近づいてゆく。餌密度と一定数の捕食者による捕食数の関係がこのような形になることは従来言われてきたところで、HOLLING (1961)、SOLOMON (1964) 等はこれを機能の反応のうちで最も基本的な型と考えている。

この実験では、2つの原因によって、このような形になったのであろう。その1つは、餌を認知するまでの探索、餌の認知、捕殺、摂食等、捕食に関係する諸行動が、捕食数の増加に応じて、捕食能率を下げように変化したと推測されることである。すなわち、観察によればナミテントウ幼虫が餌を探すための動きは、餌密度が高い区になるほど、少なく、緩やかであった。餌密度が



第1図 餌密度と1日あたり捕食数の関係。

低い区では動いている頻度は極めて高く、運動の速度は速く、運動中は腹部末端の吸盤を使用せず上に向けたままの時もある。餌密度が高い区になるにつれて、運動中の個体の頻度は低く、運動の速度は緩やかになり、運動中は吸盤を使用せず水平に保つか、あるいは時々使用する。そして、200頭以上のように餌密度が極めて高い区では、大部分の個体は静止し、運動の速度は最も緩やかであった。運動の頻度と速度は捕食に関する諸行動のごく一部にすぎないが、他の行動も同ように変化することはほぼまちがいない。いま1つは、餌の捕食されやすさが、餌密度にかかわらず一定であると推測されることである。これも観察によれば、ナミテントウ幼虫は頭部の感覚器が餌に接触してから餌を認知するらしく、その際、この実験で使った餌は1個体でも認知されるに十分な刺激であった。

2. 生存期間

各令における1日あたり平均捕食数と平均生存期間との関係を第2図に示した。ここでいう生存期間には、(A)成長しないで死亡するまでの期間、(B)成長するが次令へ発育できないで死亡するまでの期間、(C)成長し次令へ発育するまでの期間が含まれており、(C)は正確には、令期間というべきものである。成長しているか否かは体重の増減によって判別した。1令の2頭区、3令の8頭区、4令の16頭区ではBとCが混っていたが、両者の間に有意の差があるかどうかは標本数が少ないためわからない。

図に示したように、Aは1例、すなわち1令の0頭区におけるものしか得られていないが、それは、同じ令の

2頭区におけるBより短い。したがって、捕食数が0から増加し同化量が増加するにつれて生存期間は長くなり、同化量が異化量をこえる捕食数(成長可能な最少捕食数)に至って、Bに移行すると思われる。Aにおける死亡は卵から受けつた同化物を使いつくし、基礎代謝に必要なエネルギーをも得られないことによっておこるのであろう。2令以後の各令ではAはわからないが、1令と同じく、捕食数0に応ずる最短のAから捕食数の増加に応じて長くなり、成長可能な最小捕食数に応ずるBに移行するのであろう。

各令におけるB、Cは捕食数の増加に応じて始めは急激に、後には緩やかに短くなり、一定値に近づいてゆく。この現象には成長量に影響するいくつかの要因、たとえば捕食数がちがうこと、捕食数がちがう時に運動のための異化量がちがうこと、2令以後の各令はそれ以前の令の餌条件のちがいの影響で少なくともその令になった直後は基礎代謝のための異化量がちがうこと等が関与しているであろう。しかし、言うまでもなく、B、Cは成長量のみによって決定されるのではない。

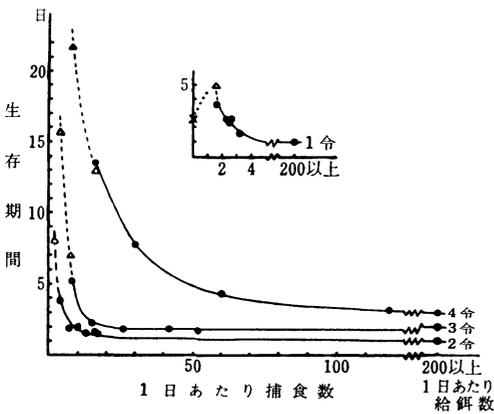
つまり1日あたり捕食数と生存期間の関係を広い範囲の捕食数についてみれば、その過程はさておき結果的には、生存期間は捕食数の増加に応じて長くなり成長可能な最小捕食数において最長となった後、始めは急激に後には緩やかに短くなる。

以上は1日あたり捕食数と生存期間の関係であるが、餌密度と令期間の関係もほぼ同じ形になることは、第1、2図をあわせ考えれば明らかである。

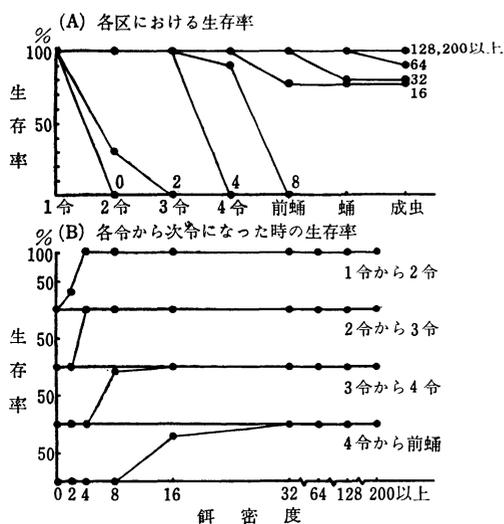
3. 数の反応——生存率

各餌密度区における各令に達した時の生存率を第3図Aに、各令に達した個体のうち次の令まで生存した個体の率(脱皮率)と餌密度との関係を第3図Bに示した。B図で1令以外の各令における生存率0%はその令に達した個体がいなかったことを示すが、そのうちで最も餌密度の高い区でも、前令まで生存した個体がこの令まで生存できなかったのだから、この令から次令になった時の生存率も0%であると考えてさしつかえない。

B図に明らかなように、生存率は餌密度の増加に応じて全体としてS字型曲線の形で増加する。その主な原因は、捕食数がある量以下では生存率は0%であること、反対に捕食数がある量以上では生存率は100%であることであろう。その他に餌密度が少ない区ほど同化物を運動のために使用する率が増し、成長、発育のために使用する率が減るであろうこと、実験材料に含まれた種々の変異が影響して全体の形をつくるのであろう。



第2図 1日あたり捕食数と生存期間の関係。●：成長し、次令へ発育する。△：成長するが、次令へ発育しない。×：成長せず、次令へ発育しない。



第3図 餌密度と生存率の関係。

4. 総合反応

餌密度のちがいに応ずる上記の諸反応を、それが餌密度の調節においてなし得る作用の性質という観点からまとめると次の通りである。

1) 機能の反応は密度調節に役だちえない。
 2) 生存期間の変化が密度調節においてなし得る作用は、成長に必要な餌を捕食できない密度の範囲とそれ以上の密度でことなる。前者ではさらにこの範囲での生存期間の増加の速度が増加するか減少するかによって密度調節においてなし得る作用はことなり、増加の速度が増加する場合のみ密度調節に役だち得る。後者では調節に役だちえない。

3) 生存率の変化はある密度の範囲内ではその調節に役だち得るが、それ以上の密度では役だちえない。

ところで、これらの諸反応は単に同時にあらわれるのみでなく、一つの現象のちがった側面であるから、それらの総合された反応は、単なる和ではなく積になるであろう。2つ以上の反応の総合された反応がそれらの積になるときには、SOLOMON (1964) の言うように、単独では密度調節に役だちえない反応もちがった役割をなし得る。そのような観点から各反応についてまとめると次の通りである。

1) 機能の反応は、ある密度の範囲内ではその調節に役だち得る他の反応の作用をより強めたり、その調節に役だたない他の反応の作用を弱めることができる。また機能の反応と同じく密度の増加に応じて増加速度が減少しつつ増加する他の反応、あるいは増加速度が一定のま

ま(密度に比例して)増加する他の反応と総合されて、ある密度の範囲内でその調節に役だち得ることがある。

2) 生存期間の変化は、成長に必要な餌を捕食できない密度の範囲では、たとえ令期間の増加の速度が減少するとしても、他の反応と総合されて上述の機能の反応と同じ役割をなし得る。それ以上の密度ではその調節に役だち得る他の反応の作用を弱め、あるいは失わせる。

3) 生存率の変化はある密度以上では他の反応に影響しない。

そこで次項からは捕食率を指標として、これらの反応が同時にあらわれる場合に、総合された反応が餌密度の調節にとってなし得る役割について検討して行きたい。総合反応としては、各令における総合反応、各令がその前令の過程の連続としてあらわれる場合の総合反応、全幼虫期の総合反応の3種類を考え得る。

4a. 各令における総合反応：各令について、総合反応はその令における機能の反応と生存期間の積だから、捕食率は次の計算によって求められる。

$$P_{nw}\% = \{(x \times y) / (w \times l_n)\} \times 100$$

ここで n : 令数,

w : 餌密度,

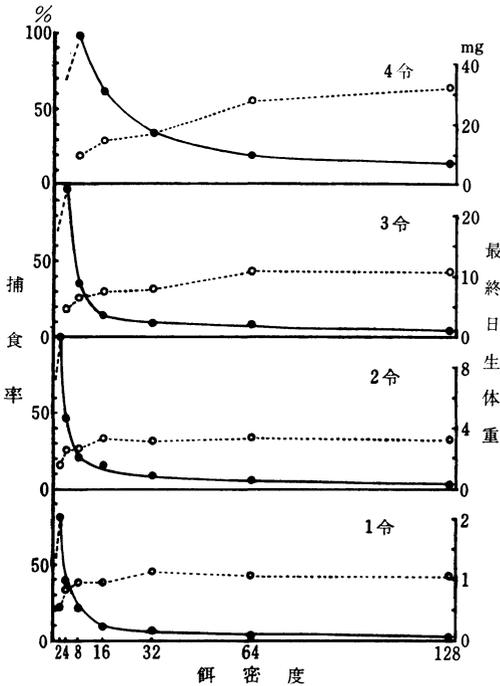
x : 1日1個体あたり捕食数,

y : 生存期間,

l_n : n 令の平均最長生存期間。

つまりここで捕食率というのは、各令の平均最長生存期間中はどの餌密度区でも捕食者の存否にかかわらず餌を与え続けたと考えた場合の全餌数に対する全捕食数の割合であり、一定の広さの空間に各々の密度で均等分布する餌のどれだけの部分を食べたかということを示す値と考えることができよう。その空間の大きさを平均最長生存期間で規定したのは単に便宜的な措置であり、平均最長生存期間以上のどの期間を選んでも各密度区間の相対的な関係、つまりそれらの値をつないだ線の基本的な形はかわらないであろう。

結果は第4図に実線で示した。図から明らかなように捕食率はどの令においても餌密度の増加に応じて減少し続ける。その原因は、生存率がかわらないために単独で密度調節に役だつ作用をなし得る要素がなく、実測された生存期間の変化は密度調節に役だち得る作用と逆の作用しか持たず、その作用の強さを機能の反応が幾分弱め得るだけだからである。一方、前述のように、より低い餌密度区での生存期間は餌密度の増加に応じて長くなると推測されたが、その増加の速度が増加するか減少するかはわからなかった。もしそれが増加するならば捕食率



第4図 各令による捕食率と最終日体重。●●：各令による捕食率，○…○：各令最終日体重。

は増加する。たとえそれが減少するとしても、その減少の程度と機能の反応の増加速度の減少の程度との関係によっては捕食率は増加する。したがって捕食率も全体としては第4図に破線で示した部分を加えて、低い率から成長可能な餌を捕食できる餌密度まで一度増加した後減少し続ける可能性が高いと推測できる。

この結果を餌密度の調節においてなし得る役割という観点からみれば、各令における総合反応は、ある餌密度の範囲内ではその調節に役立ち得る可能性が高いと推測される。

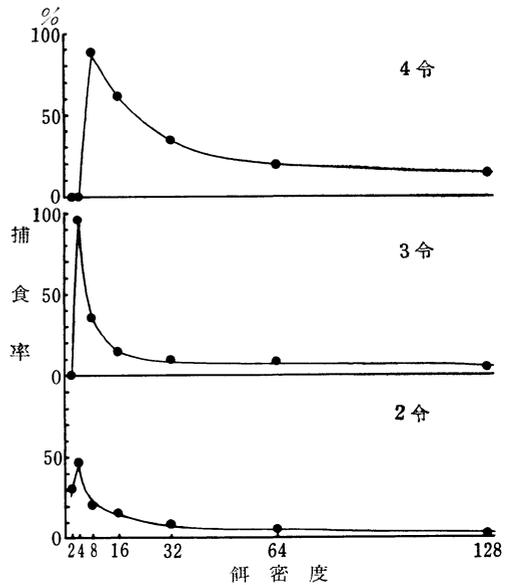
4b. 各令がその前令の過程の連続としてあらわれる場合の総合反応：2令以後の各令について、総合反応はその令の機能の反応、生存期間とその前令からの生存率の積だから、捕食率は次の計算によって求められる。

$$Q_{nw}\% = \{(x \times y \times z_{n-1}) / (w \times l_n)\} \times 100$$

ここで n, w, x, y, l_n ：前出，

z_{n-1} ：(n-1) 令から n 令になった時の生存率。

結果は第5図に示した。ここから明らかなことは第一にどの令においても捕食率は餌密度の増加に応じて始め増加し、ある餌密度で最高になること、第2にその後は



第5図 各令がその前令の過程の連続として現われる場合の捕食率。

減少してゆく一方であることである。前者の主な原因は、その直前の令からの生存率の密度調節に役立ち得る作用を機能の反応が強めていることである。しかし、生存率と機能の反応の積による捕食率が最大になる餌密度区と生存期間が最長になる餌密度区は必ずしも一致しないから、どの餌密度区で捕食率が最大になるかということには生存期間が大きく影響する。3令では両者が一致するから問題はない。2令の生存率と機能の反応の積による捕食率が最大になる4頭区では生存期間は2頭区より短かいが、総合された捕食率を2頭区より低くするほど短かくはない。4令の生存率と機能の反応の積による捕食率が最大になる16頭区では生存期間は8頭区より短かく、しかも、総合された捕食率を8頭区より低くするほど短かい。後者の原因は、ある餌密度以上では生存率は一定であり、機能の反応も一定値に近づき、生存期間は短くなる一方であることである。

この結果を餌密度の調節においてなし得る役割という観点からみれば、各令がその前令の過程の連続としてあらわれる時には、それらはある餌密度の範囲内ではその調節に役立ち得るといえる。

ここで第4図のある令と第5図のその次の令を照合すると、ある令の捕食率が比較的に高い餌密度では、次令の捕食率は比較的に低いことが多いことがわかる。たとえば2頭区の捕食率は第4図の2令では最も高いが第5

図の3令では0%である。また第4図の各令を比較しても同じことがわかる。さらに第4図に示した各令最終日の生体重は捕食率の高い区で比較的軽い。これらのことから、ある令の捕食率が比較的に高い餌密度はナミテントウ幼虫の発育にとっては比較的に悪い餌密度であり捕食者は飢えていること、またより長い過程の中でみるならば捕食率も比較的に低くなる可能性があることが明らかであろう。

4c. 全幼虫期における総合反応：総合反応は各令における機能の反応、生存期間、卵からその令になった時の生存率の積の和だから、捕食率は次の計算によって求められる。

$$R_w\% = \left\{ 100 \sum_{n=1}^4 (x \times y \times z_n) \right\} / (w \times L)$$

ここで x , y , w : 前出,

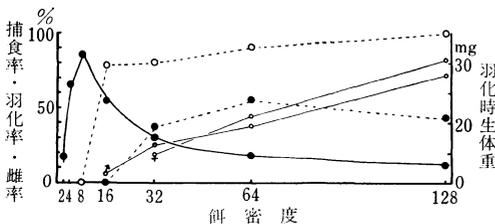
z_n : 卵から n 令になった時の生存率,

L : 幼虫の平均最長生存期間。

結果は第6図に示した。ここから明らかなのは第1に餌密度の増加につれて捕食率が増加し8頭区で最高になること、第2にそれ以上の餌密度区では捕食率は減少してゆく一方であることである。前者の原因は餌密度の増加につれて機能の反応、生存期間、生存率のすべてが大きくなり、8頭区で生存期間が最も長く、生存率も4令になるまで最大値に近いことである。後者の原因は、ある密度以上では生存率は一定であり、機能の反応も一定値に近づき、生存期間は短くなる一方であることである。

この結果を餌密度の調節においてなし得る役割という観点からみるならば、全幼虫期におけるナミテントウ幼虫の捕食は、ある餌密度の範囲内ではその調節に役立ち得るといえる。

しかし第6図に示したように、幼虫期の捕食率が比較的高い餌密度区では成虫になる個体は無いか、あっても



第6図 全幼虫期における捕食率、羽化率、羽化成虫の雌率および羽化時生体重。●—●: 全幼虫期における捕食率, ○—○: 羽化率, ●—●: 雌率, ♂—○: 雄羽化時生体重, ♀—○: 雌羽化時生体重。

率が少なく、体は小さく、雄が多い(個体数が少なく確かではないが)。これらのことから、幼虫期の捕食率が比較的高い餌密度はナミテントウの増殖にとっては比較的に悪い餌密度であり、捕食者は飢えていることが明らかであろう。

考 察

上記の結果から、発育過程にあるナミテントウ幼虫個体群の捕食はアブラムシの密度の調節に役立ち得ると言える。しかしこれは、捕食者各個体の摂餌条件は等しいこと、捕食者は一定の空間から移出できないこと、捕食者個体間の相互作用はないこと、餌密度は一定の期間変化しないこと等のような単純な条件で明らかにされた可能性にすぎない。さらに幼虫による捕食は、捕食者ナミテントウが餌アブラムシの密度に反応する諸過程のうちのごく一部の過程でもある。したがってこの結果を野外のナミテントウ幼虫の捕食現象に結びつけて考察することはむづかしいので、ここではより一般的な問題、すなわち餌動物の密度におよぼす天敵の作用の性格について簡単に触れてみたい。

この実験では(1)ナミテントウ幼虫の1日あたり捕食数、生存期間、生存率は餌密度のちがいに応じて各々が違った変化をし、それらが同時にあらわれた結果である各令、全幼虫期の捕食率もまた独自の変化をし、それらの変化はある餌密度の範囲内ではその調節に役立ち得ること、(2)しかし各令、全幼虫期の捕食率が比較的に高い餌密度はナミテントウの発育、増殖にとっては比較的に悪い餌密度であることが示された。

天敵が密度調節に役だつ可能性をもつことがごく普通の現象であることは、結果(1)から推測できる。何故ならば、SOLOMON (1949)の分析による天敵が餌動物の密度のちがいに応ずる諸過程は、いかなる天敵種にもあり得る普遍的なものであるから、いかなる天敵種も、広い範囲の餌密度をとるならば、少なくともそのある範囲ではそれらの過程のどれかで反応すると推論し得るからである。そうであるならばそれら諸過程の結果である捕食率も、広い範囲の餌密度をとるならば、少なくともそのある範囲では変化する。もちろんその変化が餌密度の調節もそに役だつ可能性の全くない変化である場合もあり得るが、また問題にする時間と空間のとり方、および天敵の性質のちがいにより、1つの過程の結果として、あるいは幾つかの過程の結果として、あるいはすべての過程の結果として等々、そこに含まれる過程の数と種類はちがうだろうが、様々な形で密度調節に役だつ可能性を

ている場合も多いであろう。

そのように、天敵が持つ餌密度の調節に役だつ可能性を、その種が餌密度のちがいに応じてあらかず諸反応の結果として考えるならば、前述の結果(2)は当然あり得ることである。何故なら、移動(移入)以外の天敵の諸反応が密度のちがいに応じて変化するのは、その空間にいる天敵各個体が殺し得る最大数の餌動物を殺してない時だからである。

しかし、当然のことであるが、餌密度は天敵の環境の一部であるから、その可能性の実現の程度は、他種の餌動物、競争種、その天敵の天敵、気候等、その天敵の環境を構成するその他の要因の作用のもとで、天敵各個体どうしがどのように相互作用するかということによってきまってくるであろう。さらに、程度の差はあれ、その可能性が実現したとしても、一定の空間にいるある種の餌動物の密度が、一定の期間、実際に調節されるのに適した密度で、適した量で作用するとは限らない。餌動物に作用するその天敵以外の環境要因と餌動物の性質によって、同じ作用が、餌動物の密度調節にとって最も重要な要因にも、ほとんど無意味な要因にも、絶滅させてしまう要因にもなり得るわけである。

以上の一般的な考察は、MILNE (1957) が *imperfect density dependent*, CLARK ら (1967) が *probabilistic* と呼んで、天敵がある種の餌動物の密度におよぼす作用を、餌動物自身の密度効果(前者によれば *perfect density dependent*, 後者によれば *automatic*) と区別した時の考え方と本質的に同一である。したがって MILNE (1957) が *imperfect density dependent*, CLARK ら (1967) が *probabilistic* と呼んだ、天敵が餌動物の密度におよぼす作用の性格は、ナミテントウ幼虫による捕食率が餌アブラムシの密度のちがいに応じてちがってくる過程の分析からもうかがえるわけである。天敵がある種の餌動物の密度におよぼす作用をそのような性格のものとして見る見方は、かなりの程度に天敵の作用の過程を十分に分析せずにそれが調節に役だつことを強調する意見に対する批判として生じたものである。しかし、それは、ある種の天敵の作用、あるいは多種類の天敵の複合作用がある種の餌動物の密度調節にとってきわめて有効な場合があることを否定するものではない。むしろ、きわめて有効な場合をも含めて、天敵の作用の分析を促す一つの提言として受取るべきであろう。

摘 要

捕食者ナミテントウ幼虫を種々のシャーレあたり餌

(マメアブラムシ) 密度で飼育し、その結果から、発育過程にあるナミテントウ幼虫が餌アブラムシの密度調節に役だち得るか否かを知らうとした。

1. 各令における1個体1日あたり捕食数(x)は、餌密度(w)の増加に応じて飽和曲線を描いて増加した。
2. 各令における生存期間(y)は、捕食数が成長可能な最小捕食数以下の時は捕食数の増加に応じて増加すると推測され、それ以上の時は増加に応じて始めは急激に後には緩やかに減少した。
3. 各令から次令になった時の生存率(z)は、餌密度の増加に応じてS字型曲線を描いて増加した。
4. 各令による捕食率 P は、餌密度の増加に応じて始め増加し、ある密度で最高になった後に低下し続ける可能性が高いと推測された。したがって、また、ある餌密度の範囲内ではその調節に役だち得る可能性が高いとも推測された。

$$P_{nw}\% = \{(x \times y) / (w \times l_n)\} \times 100$$

ここで x : 1日1個体あたり捕食数,

y : 生存期間,

w : 餌密度,

n : 令数,

l_n : n 令の平均最長生存期間。

5. 各令がその前令の過程の連続としてあらわれる場合の各令による捕食率 Q は、餌密度の増加に応じて始め増加し、ある密度で最高になった後に低下し続けた。したがって、ある餌密度の範囲内ではその調節に役だち得る。

$$Q_{nw}\% = \{(x \times y \times z_{n-1}) / (w \times l_n)\} \times 100$$

ここで z_{n-1} : $(n-1)$ 令から n 令になった時の生存率。

6. 全幼虫期による捕食率 R は、餌密度の増加に応じて始め増加し、ある密度で最高となった後に低下し続けた。したがって、ある餌密度の範囲内ではその調節に役だち得る。

$$R_{w\%} = \{100 \sum_{n=1}^4 (x \times y \times z_n) / (w \times L)\}$$

ここで z_n : 卵から n 令になった時の生存率,

L : 幼虫の平均最長生存期間。

7. これらの結果から、発育過程にあるナミテントウ幼虫の捕食は、ある餌密度の範囲内ではその調節に役だつ可能性があるといえる。しかしどの場合でも、捕食率が比較的に高い餌密度では、捕食者は飢えており、捕食者の発育、増殖にとっては比較的に悪い餌密度であった。

引用文献

- CLARK, L.R., P. W. GEIER, R. D. HUGHES and R. F. MORRIS (1967) *The ecology of insect populations in theory and practice*, Methuen and Co., London, 232 pp.
- HOLLING, C. S. (1959) The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *Can. Ent.* **91**: 293~320.
- HOLLING, C. S. (1961) Principles of insect predation. *Ann. Rev. Ent.* **6**: 163~182.
- MILNE, A. (1957) On a theory of natural control of insect population. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* **22**: 253~267.
- SOLOMON, M. E. (1949) The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* **18**: 1~35.
- SOLOMON, M. E. (1964) Analysis of processes involved in the natural control of insects. *Adv. Ecol. Res.* **2**: 1~58.

Applied Entomology and Zoology Vol. 4 No. 1 の内容紹介

宮下和喜：ウズキドクグモの季節的発生消長と越冬幼生における 2, 3 の特性

熊谷百三：アズキゾウムシの卵に対する放射線の影響

江原昭三：果樹に寄生する *Eotetranychus* 属の 3 種のハダニ

本田 博・山本 出・山本 亮：米粒中のコクゾウ誘引成分. I. コクゾウ誘引試験方法

本田 博・山本 出・山本 亮：米粒中のコクゾウ誘引成分. II. 誘引成分の分画および粗成分の性状

平井剛夫：アメリカシロヒトリの生物学的研究. VIII. 羽化時刻の決定要因

短報：

北野日出男：アオムシコマユバチ *Apanteles gromeratus* L. におけるモンシロチョウ *Pieris rapae crucivora* BOISDUVAL 幼虫の血球による防御反応阻止能力について

桜井宏紀：ナナホシテントウならびにニジユウヤホシテントウの成虫生活における呼吸とグリコーゲン含量

村上陽三・福田博年：クワコナカイガラムシの 2 種の寄生蜂間にみられた例外的共生現象