ヤマトクサカゲロウおよびヨツボシクサカゲロウの 野外圃場における産卵特性

中村 充*・根本 久**・天野 洋*

* 千葉大学園芸学部

** 埼玉県園芸試験場

Ovipositional Characteristics of Lacewings, *Chrysoperla carnea* (Stephans) and *Chrysopa pallens* (Rambur) (Neuroptera: Chrysopidae) in Field. Mitsuru Nakamura (Laboratory of Applied Entomology and Zoology, Faculty of Horticulture, Chiba University, 648 Matsudo, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan), Hisashi Nemoto (Saitama Horticultural Experiment Station, 91 Rokumanbu, Kuki, Saitama 346-0037, Japan) and Hiroshi Amano (Laboratory of Applied Entomology and Zoology, Faculty of Horticulture, Chiba University, 648 Matsudo, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 44: 17-26 (2000)

Abstract: The oviposition characteristics of two species of lacewings, *Chrysoperla carnea* (Stephans) and *Chrysopa pallens* (Rambur), were investigated in pear, eggplant and cucumber fields as well as on locust trees at Saitama Horticultural Experiment Station (Kuki City) in 1996. The habitat and oviposition site of *C. pallens* adults showed a closer association to aphid populations than *C. carnea*. Consequently, many eggs of the former species were deposited where aphids were abundant in the eggplant and pear fields. On the other hand, the distribution pattern of *C. carnea* eggs in the eggplant field was a weakly aggregated distribution. The spatial association of eggs of *C. carnea* and *C. pallens* and their prey (aphids, spider mites and thrips) in the eggplant field was analyzed by interspecies mean crowding. The distribution of *C. carnea* eggs showed a weak correlation to aphids, whereas *C. pallens* eggs had a positive correlation with aphids. The developmental times and rate of *C. carnea* and *C. pallens* were observed on three prey species: *Tetranychus urticae* Koch (green-form), *Aphis craccivora* Koch, and *Uroleucon nigrotuberculatum* (Olive) to determine the food habits of their larvae. When spider mites were provided as prey, *C. carnea* survived and developed well, but *C. pallens* did not develop to adults.

Key words: *Chrysoperla carnea*, *Chrysopa pallens*, oviposition habitat, food habit, developmental times

緒 言

ヤマトクサカゲロウ *Chrysoperla carnea* (Stephans) とヨツボシクサカゲロウ *Chrysopa pallens* (Rambur) は、ともに多くの植物種から採集され (Monserrat and Marin, 1994), クサカゲロウ科の中でも広い生息域をもつ種である。2種の生息分布はしばしば重なるものの、成虫の食性は異なり、ヤマトクサカゲロウが花粉や甘露を食べるのに対し、ヨツボシクサカゲロウは肉食性である。また幼虫は両種ともに肉食性で多くの餌種を攻撃するが、その食性幅はヤマトクサカゲロウの方が広いとの報告がある (新島, 1993)。しかし、両種の幼虫が野外で実際にどのような餌資源に依存しているのかについては不明な点が多い。また、この2種は異なる産卵習性をもつことが知られており、ヤマトクサカゲロウが1卵ずつばらばらに産卵するのに対し、ヨツボシクサカゲロウはいくつかの卵を近距離に集合させ産卵する (塚口, 1977)。この産卵習性の違いの生態的意義については、この2種の野外における産卵特性や、幼虫が本来捕食している餌資源について不明な点が多いこ

となどから解明は進んでない。そこで本研究では、両種の野外における産卵特性を特に餌資源との関係から検討することを目的とし、両種の餌資源となる昆虫種と両種の成虫および卵数の調査を定期的に実施した。また、2種の食性を検討するために室内において餌としてナミハダニ黄緑型 *Tetranychus urticae* Koch (green-form) とマメアブラムシ *Aphis craccivora* Koch, セイタカアワダチソウノアブラムシ *Uroleucon nigrotuberculatum* (Olive) を与えた場合の発育期間と各発育段階への発育率をそれぞれ調べた。

材料および方法

1996年に埼玉県園芸試験場 (埼玉県久喜市) 内のニセアカシア並木, ナシ4圃場, ナス2圃場, キュウリ圃場の計8カ所で野外調査を行った。調査の対象とした圃場は、試験場内でクサカゲロウの産卵が期待できることと、異なる餌種の発生が期待できることから選択した。調査は直接観察により、クサカゲロウの卵および成虫の個体の計数とアブラムシ雌成虫のランク分けによる大まかな個体数調査の二つを行った。

1999年3月15日受領 (Received 15 March 1999)

1999年9月20日登載決定 (Accepted 20 September 1999)

1. 試験地内での成虫の分布および産卵場所

アブラムシの発生数は、ナシ 36 株、ナス 36 株、キュウリ 36 株、ニセアカシア（地上 170 cm まで）9 本について株（樹）全体での個体数をランク別に記録した。ランク分けはアブラムシ雌成虫の株（樹）当たり個体数毎に以下の通り 5 区に分けた。 $0 \leq I < 10$, $10 \leq II < 50$, $50 \leq III < 100$, $100 \leq IV < 500$, $500 \leq V$ 。

クサカゲロウ両種の卵数はナシ 12 株、ナス 12 株、キュウリ 12 株、ニセアカシア（地上 170 cm まで）9 本について株（樹）全体での卵数を計数した。クサカゲロウの卵は不定期に研究室に持ち帰り飼育に供し、羽化後に種の同定を行った。成虫の個体数はナシ 36 株、ナス 36 株、キュウリ 36 株、ニセアカシア 9 本について午後 9 時頃に対象とする株（樹）を揺すり、飛び立った成虫を捕虫網で捕獲し、雌雄別に個体数を記録した。捕獲した個体は油性ペンで前翅に通し番号を付けマーキングしたのち、その場で放した。調査は 7 月 25 日、8 月 1 日、8 月 7 日の 3 回行った。

2. ナスとナシ圃場における産卵特性

ナス圃場については、ナス 18 株について株の上部、中部、下部からそれぞれランダムに葉を 3 葉ずつ選び、クサカゲロウ両種の卵と両種の餌資源となりうる節足動物の個体数を記録した。

ナシ圃場については、ナシ 12 本の各樹からランダムに徒長枝を 4 本、短果枝を 4 本選び、その中でそれぞれ 5 葉ずつを選び、クサカゲロウ両種の卵と両種の餌資源となりうる節足動物の個体数を記録した。調査は 5～9 月まで 1 週間間隔で行った。

3. 異なる餌種を与えた場合の発育期間および各発育段階への発育率

ここでは餌の種類が幼虫の発育に及ぼす影響を明らかにするため、卵が孵化してからの発育期間と発育率を観察の対象とした。餌として十分な量のナミハダニ黄緑型、マメアブラムシ、セイタカアワダチソウノアブラムシの 3 種類を餌種として供試した。供試した両種クサカゲロウは 1997 年 5 月に千葉大学園芸学部構内（千葉県松戸市）で採集し、その後は以下の方法で室内飼育したものである。すなわち、ヤマトクサカゲロウの餌は窪田・志賀（1995）に従い、幼虫にはコクヌストモドキ *Tribolium castaneum* (Herbst) の卵を、成虫には酵母自己消化物の AY-65（アサヒビール食品㈱）と三温糖を 1 対 1 の比率で混ぜ合わせたものを与えた。ヨツボシクサカゲロウの餌としては幼虫、成虫ともにマメアブラムシを与えた。全ての飼育および実験は 25°C, 15L9D の日長条件下で行った。以下に 3 種類の餌種の飼育とクサカゲロウへの給餌方法について説明を付す。

1) ナミハダニ

ナミハダニ黄緑型はインゲンマメ（品種：トップクロッ

プ）で累代飼育している千葉大系統を供試した。供試するハダニは雌雄の全てのステージとし、クサカゲロウ幼虫が食べきれないほどの十分な数を与えた。ハダニをインゲンマメの葉に寄生したまま与えると、クサカゲロウの幼虫がインゲンマメの葉毛により行動が制限されるため、ナミハダニを以下の要領でサクラの葉に移して供試した。

プラスチックシャーレ（直径 14 cm、高さ 2.5 cm、ふたの中央に直径約 5 cm の穴をあけ、ナイロンゴースでシールしてある）内に直径 15 cm の濾紙を敷き、水で浸した。その上に園芸学部内で採集したサクラの葉を裏面を上にして、できるだけ濾紙と密着するようにして置いた。その後、ナミハダニの寄生したインゲン葉をサクラの葉の上に重ねて乗せ、24 時間放置し、大多数のハダニをサクラ葉上に移動させた。給餌は毎日行い、クサカゲロウ幼虫の発育を 12 時間毎に観察した。

2) マメアブラムシ

埼玉県園芸試験場内のニセアカシアに寄生していたものを、ハトの飼料用ソラマメ（国際飼料工業㈱）の芽出し苗（高さ約 10 cm）に寄生させ、飼育した。供試餌は雌の全てのステージとし、クサカゲロウ幼虫が食べきれないほどの十分な数を与えた。観察はハダニの場合と同様に、水で浸した濾紙を敷いたプラスチックシャーレ内で行った。濾紙の上に十分な数のアブラムシが寄生したソラマメ苗を置き、苗上でのクサカゲロウ幼虫の発育を 12 時間毎に観察した。餌は毎日交換した。

3) セイタカアワダチソウノアブラムシ

セイタカアワダチソウノアブラムシは、千葉大学園芸学部内のセイタカアワダチソウに寄生していた個体群を毎日採集し供試した。雌の全てのステージを供試餌とし、クサカゲロウ幼虫が食べきれないほどの十分な数を与えた。観察はハダニの場合と同様に、水で浸した濾紙を敷いたプラスチックシャーレ内で行い、濾紙の上にアブラムシが寄生したセイタカアワダチソウの葉を置き、この葉上でクサカゲロウ幼虫の発育を 12 時間毎に観察した。

結 果

1. 試験地内での成虫の分布および産卵場所

調査日を通した成虫の合計捕獲数、および平均産卵数とアブラムシの株当たり寄生ランクのマード（最頻度）を Table 1 に示す。

1) 成虫の場内分布

ヤマトクサカゲロウの成虫は、ナシ圃場で特に多く捕獲されたのに対し、ヨツボシクサカゲロウの成虫はニセアカシアで最も多く、次いでキュウリ圃場で多く捕獲された。ヤマトクサカゲロウ成虫が多くみられたナシ圃場の餌資源の状況をみると、幼虫の餌資源となるアブラムシ数が他の寄主植物に比べて少なかった。しかし、圃場の下草には花

Table 1. Number of adults and eggs of *C. carnea* and *C. pallens* on several host plants in 1996

Host plant	<i>C. carnea</i>		<i>C. pallens</i>		Mode of rank (%) ^b
	Total no. of plants ^a	No. of eggs /plant	Total no. of plants ^a	No. of eggs /plant	
Pear	72 (26)	0.36	1 (0)	0.50	I (95.4)
Eggplant	2 (2)	3.56	2 (0)	1.25	I (43.5)
Locust tree	10 (3)	0.11	92 (34)	36.44	V (37.5)
Cucumber	2 (1)	0.58	20 (2)	13.47	V (50.0)

^a Number of adults in all observations and female numbers in parentheses.^b Most frequent rank of aphid density and percentage of rank in parentheses: $0 \leq I < 10$, $10 \leq II < 50$, $50 \leq III < 100$, $100 \leq IV < 500$, $500 \leq V$.

粉を産出しているイタリアンライグラス (雪印種苗, マンモス B) が栽培されており, 甘露や花粉を摂食する成虫にとってナシ園場は餌資源の豊富な場所であった。これに対し, ヨツボシクサカゲロウ成虫が多く生息していたニセアカシアとキュウリ園場ではアブラムシの個体数が多く, 幼虫, 成虫ともに肉食性であるヨツボシクサカゲロウにとって餌資源が豊富な場所であった。3 日間の調査を通じて各園場で捕獲しマーキングをした個体の合計はヤマトクサカゲロウが 86 頭, ヨツボシクサカゲロウが 115 頭であったが, 両種ともマーキングした個体が再捕獲されることはなかった。

2) 産卵場所

ヤマトクサカゲロウは成虫の生息数の多かったナシ園場のナシ樹上には産卵が比較的少なく, ナス園場で多数の卵が観察された (Table 1)。一方, ヨツボシクサカゲロウは成虫個体数の多かったニセアカシアとキュウリ園場で産卵数も多く, 成虫の採餌場所がそのまま産卵場所となっていた。またニセアカシアに寄生していたアブラムシは主にマメアブラムシで, キュウリに寄生していたのは主にワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover であった。

2. ナスとナシ園場における産卵特性

1) 発生消長

ナス園場におけるクサカゲロウ両種の卵, およびその餌資源の季節的発生消長を Fig. 1 に示す。餌資源となりそうな節足動物は, アブラムシ類ではワタアブラムシが優占種であったが, その他にモモアカアブラムシ *Myzus persicae* (Sulzer) が少数発生した。ハダニ類ではカンザワハダニ *Tetranychus kanzawai* Kishida が優占種であったが, 計数する際にその他の種と区別しなかったため, 以後ハダニと記述する。アザミウマ類は複数種観察されたが, 種を区別せず計数したため, 以後アザミウマと記述した。なお, 観察の対象として, アブラムシとハダニは雌成虫, アザミウマは成虫とした。

ヤマトクサカゲロウは 6 月下旬と 8 月上旬, 8 月下旬から 9 月上旬の間に 3 度の産卵数の増加があった。ヨツボシ

クサカゲロウは 6 月上旬と 9 月上旬に産卵数の増加があり, 8 月上旬にもわずかな産卵が認められた。両種とも調査期間中に 3 度の産卵数の増加がみられたが, ヤマトクサカゲロウにおいては, 6 月下旬の産卵数が増加した時期は増加していたワタアブラムシ個体数が減少し始めた時期と一致し, 8 月下旬から 9 月上旬にかけて産卵数が増加した時期はワタアブラムシとアザミウマの個体数が増加していた時期と一致した。しかし, 産卵数が最も増加した 8 月上旬には, 個体数の増加していた特定の餌資源がなかった。一方, ヨツボシクサカゲロウについては, 6 月上旬の産卵数が増加した時期はアブラムシ個体数が増加している時期, あるいは増加していたアザミウマ個体数が減少し始めた時期と一致した。9 月上旬の産卵数が増加した時期は増加していたワタアブラムシとアザミウマ個体数が減少し始めた時期と一致した。8 月上旬にはわずかに産卵が認められたが, この時期にはハダニ個体群がやや増加しているのみであった。

Fig. 1. Seasonal population dynamics of chrysopid eggs and prey species in eggplant field in 1996. *C. carnea* egg (○); *C. pallens* egg (●); *A. gossypii* (■); spider mite (□); thrips (▲).

ナス圃場におけるクサカゲロウ両種の卵, および餌資源の発生活動を Fig. 2 に示す. 餌資源となりそうな節足動物は, アブラムシ類では春期にナンアブラムシ *Schizaphis piricola* (Matsumura) が優占したが, それ以外の時期ではユキヤナギアブラムシ *Aphis citricola* van der Goot が優占した. その他には少数であるが, ワタアブラムシとモモアカアブラムシが発生した. 以後, この4種のアブラムシをまとめてアブラムシとして扱う. その他の節足動物ではカンザワハダニ, ミカンハダニ *Panonychus citri* (McGregor), ナシキシラミ *Psylla pyrisuga* Förster, ナシグンバイ *Stephanitis nashi* Esaki et Takeya が多く発生した. なお, 観察の対象はアブラムシとハダニは雌成虫, その他の餌資源は成虫とした.

ヤマトクサカゲロウの産卵は調査期間中ほとんど観察されなかったものの, わずかではあるが6月中旬と8月下旬に認められた. この時期は増加していたアブラムシ個体数が減少し始めた時期と一致する. ヨツボシクサカゲロウは産卵数の増加時期はほとんどヤマトクサカゲロウと同じで, 6月中旬に1度大きく増加した後, 8月下旬にわずかな発生がみられた. 6月中旬は増加していたアブラムシ個体数が減少し始めた時期であり, 8月下旬はアブラムシ個体数が増加していた時期であった. クサカゲロウ両種ともナス圃場の場合と異なり8月上旬に産卵数の増加はみられなかった.

2) 卵の分布様式

ナス圃場におけるクサカゲロウ両種の卵について, 平均密度と平均混みあい度との関係 (Iwao, 1968) を株間についてプロットしたものを Fig. 3 に示す. Iwao (1968) によると, α は基本集合度示数とよばれ, 単一の個体が分布の基本集合単位であれば $\alpha=0$, 複数個体の場合, すなわ

Fig. 2. Seasonal population dynamics of chrysopid eggs and prey species in Japanese pear orchard in 1996. *C. carnea* egg (○); *C. pallens* egg (●); aphid (■); spider mite (□); *Psylla pyrisuga* (△); *Stephanitis nashi* (▲).

Fig. 3. Regression analysis of mean crowding ($\bar{m}^*$) on mean density (m) for *C. carnea* eggs (a) and *C. pallens* eggs (b) in eggplant field.

ち, コロニー分布の基本集合単位であれば $\alpha > 0$, 負の集合性 (避けあい) があるときは $-1 < \alpha < 0$ となる. β は密度-集合度係数と呼ばれ, ランダム分布では 1, 一様分布では $0 \leq \beta < 1$, 集中分布では $\beta > 1$ となる. プロットの対象とした調査日は, 産卵数が比較的多かったヤマトクサカゲロウでは 8 調査日 (6月27日, 7月3日, 11日, 31日, 8月7日, 14日, 29日, 9月4日), ヨツボシクサカゲロウでは 7 調査日 (6月19日, 7月25日, 8月7日, 29日, 9月4日, 11日, 18日) である.

両種の卵の基本集合度指数 (α) はヤマトクサカゲロウでは -0.15 ($r^2=0.91$), ヨツボシクサカゲロウで 8.35 ($r^2=0.61$) となり, 密度-集合度係数 (β) はヤマトクサカゲロウが 1.42 , ヨツボシクサカゲロウが 3.08 となった. このことから, クサカゲロウ両種の卵の分布様式を見ると, ヤマトクサカゲロウ卵は株上で独立か, あるいは自己か同種他個体が産卵した場所をさけて 1 卵ずつ産みつけられており, 株間では弱い集中分布を示すように産みつけられていた. 一方, ヨツボシクサカゲロウ卵は小さなコロニーを単位とした強い集中分布を示した.

3) 発生種間の空間分布の相互関係

ナス圃場において, 株を単位としたクサカゲロウ両種の卵と, 餌資源となるワタアブラムシ, ハダニ, アザミウマとの各々の分布の相互関係を, 種間平均こみあい度と平均密度の関係 (Iwao, 1977) を用いて示す.

クサカゲロウ両種の産卵場所の相互関係を検討するために, ヨツボシクサカゲロウ卵 (X) とヤマトクサカゲロウ卵 (Y) の種間平均こみあい度 $\bar{m}^*_{YX}$ をヨツボシクサカゲロウ卵の平均密度 m_X に対してプロットした結果を Fig. 4 に示す. 伊藤・巖 (1977) によると, 切片 0, 勾配 1 の直線 (図中の破線) は 2 種が独立に分布するときに期待される関係を示している. プロットがこの直線より上であれば

Fig. 4. Interspecies $\bar{m}$ - $\bar{m}$ relation between *C. pallens* eggs (X) and *C. carnea* eggs (Y) in eggplant field. Dashed line indicates relation expected for independent occurrence of two species.

共存の関係, 下にあれば背反的关系を表す. $\bar{m} YX$ と mX の回帰式は $\bar{m} YX = 0.88mX - 0.07$ ($r^2 = 0.92$) となった. 切片が -0.07 で勾配が 0.88 であることから, ヨツボシクサカゲロウとヤマトクサカゲロウの産卵場所はやや背反した関係であることが示唆された.

Fig. 5. Interspecies $\bar{m}$ - $\bar{m}$ relation of each prey in eggplant field. (a) spider mite (X) and *A. gossypii* (Y); (b) thrips (X) and *A. gossypii* (Y); (c) thrips (X) and spider mite (Y). Dashed lines indicate relation expected for independent occurrence of two species.

餌種間での分布の相互関係を検討するために, それぞれの餌種間の平均こみあい度 $\bar{m} YX$ を平均密度 mX に対してプロットした結果を Fig. 5 に示す. $\bar{m} YX$ と mX の回帰式はそれぞれ, ハダニ (X) とワタアブラムシ (Y) の関係については $\bar{m} YX = 0.76mX + 0.13$ ($r^2 = 0.74$), アザミウマ (X) とワタアブラムシ (Y) の関係については $\bar{m} YX = 1.01mX - 0.09$ ($r^2 = 0.91$), アザミウマ (X) とハダニ (Y) の関係については $\bar{m} YX = 0.99mX + 0.72$ ($r^2 = 0.84$) となった. ハダニとワタアブラムシの回帰式の勾配が 0.76 であったため, ハダニとワタアブラムシの分布には, ハダニの密度が高くなるにつれワタアブラムシと背反的な関係となる傾向 (Fig. 5-a) が認められた. ハダニとワタアブラムシの回帰式以外は, 切片と勾配はそれぞれ 0 と 1 に近い値となり, それぞれの餌種は密度に関わらず独立していた.

クサカゲロウ両種の産卵場所と各餌資源の相互関係を検討するために, ヤマトクサカゲロウ卵とそれぞれの餌種間の平均こみあい度 $\bar{m} YX$ を餌資源の平均密度 mX に対してプロットした結果を Fig. 6 に示す. $\bar{m} YX$ と mX の回帰式はそれぞれ, ワタアブラムシ (X) とヤマトクサカゲ

Fig. 6. Interspecies $\bar{m}$ - $\bar{m}$ relation between *C. carnea* eggs and prey in eggplant field. (a) *A. gossypii* (X) and *C. carnea* eggs (Y); (b) spider mite (X) and *C. carnea* eggs (Y); (c) thrips (X) and *C. carnea* eggs (Y). Dashed lines indicate relation expected for independent occurrence of two species.

ロウの卵 (Y) の関係については $\hat{m}_{YX}=1.30mX-0.51$ ($r^2=0.91$), ハダニ (X) とヤマトクサカゲロウの卵 (Y) の関係については $\hat{m}_{YX}=1.16mX-0.06$ ($r^2=0.93$), アザミウマ (X) とヤマトクサカゲロウの卵 (Y) の関係については $\hat{m}_{YX}=1.11mX-0.04$ ($r^2=0.90$) となった. ヤマトクサカゲロウ雌成虫は, どの餌資源に対してはほぼ独立に産卵しているが, ワタアブラムシに対しては回帰式の勾配が最も大きい値となり, 他の餌資源と比べて密度依存的な産卵をすることが示された. 一方, Fig. 7 に示すように, ワタアブラムシ (X) とヨツボシクサカゲロウの卵 (Y) の関係については $\hat{m}_{YX}=1.54mX+2.92$ ($r^2=0.69$), ハダニ (X) とヨツボシクサカゲロウの卵 (Y) の関係については $\hat{m}_{YX}=0.76mX+0.09$ ($r^2=0.90$), アザミウマ (X) とヨツボシクサカゲロウの卵 (Y) の関係については $\hat{m}_{YX}=1.01mX+0.37$ ($r^2=0.80$) となった. ワタアブラムシとヨツボシクサカゲロウの卵の回帰式は切片と勾配がそれぞれ 0 と 1 よりも大きい値となり, ヨツボシクサカゲロウの雌成虫は, ワタアブラムシに対してアブラムシの寄生密度

Fig. 7. Interspecies $\hat{m}$ - m relation between *C. pallens* eggs and prey in eggplant field. (a) *A. gossypii* (X) and *C. pallens* eggs (Y); (b) spider mite (X) and *C. pallens* eggs (Y); (c) thrips (X) and *C. pallens* eggs (Y). Dashed lines indicate relation expected for independent occurrence of two species.

が圃場全体で低い時期から相対的に多く寄生している株に産卵することが示された. またハダニに対しては回帰式の勾配が 1 より小さい値となり, 寄生密度が高まるにつれて背反的に産卵する傾向が認められた. アザミウマに対しては回帰式の切片と勾配はそれぞれ 0 と 1 に近い値となり, 全く独立して産卵をすることが示唆された. これらの結果からヨツボシクサカゲロウの雌成虫は, 株を単位とした場合にもアブラムシ密度に依存した産卵を行っていることが示唆された. しかし, この場合のアブラムシ密度は圃場内における株間の相対的な密度であることから, 実際には雌成虫が産卵した株のアブラムシ密度には調査日によって大きな差があった. このように雌成虫が異なるアブラムシ密度の株に産卵した場合に卵塊サイズが変化するかを検討するために, 1996 年 5 月 22 日から 9 月 25 日までの調査期間を通してナス圃場で観察した全てのヨツボシクサカゲロウの 1 卵塊当たり卵粒数を, 卵塊のあった株のワタアブラムシの葉当たり平均密度に対してプロットした (Fig. 8). この結果, 卵塊サイズとアブラムシ密度には相関関係は認められず ($r=0.02$, $p>0.5$), ヨツボシクサカゲロウの雌成虫は卵塊サイズをアブラムシの寄生密度に応じて調節していないことが示された.

3. 異なる餌種におけるクサカゲロウの発育期間と各発育段階への発育率

クサカゲロウ両種幼虫に対し, 異なる餌種を与えた場合の発育期間を Table 2, その各発育段階への発育率を Table 3 に示す.

ヤマトクサカゲロウ幼虫は, それぞれ 3 種の餌を与えた場合の全発育期間に有意差が見られ, セイタカアワダチソウノアブラムシを餌にした場合が最も発育が遅れた. また, ナミハダニは吐糸することが知られているが, これに対し幼虫が極端に嫌うような行動は見られなかった.

ヨツボシクサカゲロウ幼虫はナミハダニを餌としたときに明らかに発育が遅れ, 特に 3 齢幼虫時に発育遅延が起こった. しかし, 3 齢幼虫は, ナミハダニ雌成虫を 1 日当たり 400 頭以上捕食することがあり, ナミハダニの吐糸した

Fig. 8. Relationship between density of *A. gossypii* and *C. pallens* clutch size on eggplants.

Table 2. Development times of larval instars of *C. carnea* and *C. pallens* reared on three prey species at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and 15L-9D photoperiod

Prey species	<i>C. carnea</i>					<i>C. pallens</i>				
	Larval stage (days, $m \pm \text{SD}$)					Larval stage (days, $m \pm \text{SD}$)				
	<i>n</i>	1st instar	2nd instar	3rd instar	Total ^a	<i>n</i>	1st instar	2nd instar	3rd instar	Total ^a
<i>Tetranychus urticae</i> (green-form)	11	3.8 ± 0.6	4.0 ± 0.5	6.2 ± 1.1	14.0 ± 1.3 a	9	3.1 ± 1.1	4.8 ± 0.9	15.3 ± 3.0	23.2 ± 2.6 a
<i>Aphis craccivora</i>	10	4.2 ± 0.6	3.2 ± 0.4	4.0 ± 0.5	11.4 ± 1.2 b	18	2.6 ± 0.3	2.4 ± 0.3	3.5 ± 0.4	8.5 ± 0.5 b
<i>Uroleucon nigrotuberculatum</i>	9	5.2 ± 1.0	6.1 ± 2.2	8.8 ± 1.7	20.0 ± 2.1 c	20	3.3 ± 0.5	2.9 ± 0.6	3.8 ± 0.6	9.9 ± 0.7 b

^a Means followed by the same letter are not statistically different (Tukey's test, $p > 0.05$).

Table 3. Developmental rate of *C. carnea* and *C. pallens* from 1st instar larva to adult reared on three prey species at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and a 15L-9D photoperiod

Prey species	<i>C. carnea</i>						<i>C. pallens</i>					
	Developmental rate (%)						Developmental rate (%)					
	<i>n</i>	1st instar	2nd instar	3rd instar	Spinning cocoon	Adult	<i>n</i>	1st instar	2nd instar	3rd instar	Spinning cocoon	Adult
<i>Tetranychus urticae</i> (green-form)	13	100	100	84.6	84.6	76.9	18	100	88.9	72.2	50.0	0
<i>Aphis craccivora</i>	24	100	87.5	83.3	41.7	33.3	20	100	100	95.0	90.0	75.0
<i>Uroleucon nigrotuberculatum</i>	20	100	80.0	50.0	45.0	25.0	20	100	100	100	70.0	70.0

網を嫌うことなく盛んに捕食した。また、アブラムシ 2 種を餌にしたときには、発育期間に有意差は認められなかった。

発育率 (Table 3) については、ヤマトクサカゲロウ幼虫はハダニを餌としたときに約 77% と最も高い羽化率を示し、マメアブラムシ、セイタカアワダチソウノアブラムシを餌とした場合には 30% 前後と、低い羽化率になった。一方、ヨツボシクサカゲロウ幼虫は、アブラムシを餌にした場合はともに 70% 以上と高い羽化率を示した。これに対し、ハダニを与えた場合では、最終的に羽化した個体はなかった。

考 察

1. ヤマトクサカゲロウの産卵様式と餌資源の関係

試験地内におけるヤマトクサカゲロウ成虫の分布および産卵場所 (Table 1) を調査した結果、成虫はナシ圃場で多く捕獲された。この圃場内のナシ樹上では幼虫の餌となるアブラムシの発生は少なかったが、成虫の餌となる花粉を圃場の下草として栽培されていたイタリアンライグラスが産出していた。調査時期は 8 月上旬であったが、ヤマトクサカゲロウは多くの植物が花粉を産出する 4 月中旬と真夏に活発に花粉を摂食する (Sheldon and MacLeod, 1971) ため、成虫はイタリアンライグラスの産出する花粉に誘引されてナシ圃場に多く生息していたと推測される。一方、試験地内の産卵は成虫が多く捕獲されたナシ圃場で少な

く、ナス圃場で多かった。しかし、ナス圃場では幼虫の餌となるアブラムシの発生量は他の植物種を栽培していた圃場と比べて少なかった。ヤマトクサカゲロウは背丈の低い草本植物を好む (新島, 1993) といった植物種との相性が知られている。したがってナシ圃場のナシ樹上には産卵をしなかったが、下草のイタリアンライグラスや、背丈の低いナスに多く産卵していた可能性が考えられる。また、調査期間中に捕獲しマーキングした個体が再捕獲されることはなかったが、ヤマトクサカゲロウ成虫は死亡するまで 1 カ月以上産卵する (新島, 1993) ことから、ナシ圃場で多く捕獲された成虫は 1 週間以内に移出したと思われる。Duelli (1980) はヤマトクサカゲロウは羽化後 2~3 日は地上 3 m 以下の高さで風下に向かって飛び、甘露の臭いの刺激を受けると着地すること、着地後は甘露の存在を示すカイロモンが発生している場所に向かって風上に低空飛行すること、また、圃場からの移出は甘露の存在とアブラムシやその他の幼虫餌資源の密度に強く依存することを示した。しかし今回の調査の結果、試験地内においてヤマトクサカゲロウは必ずしもアブラムシの多く発生している場所に生息および産卵しておらず、今後は寄主植物の種類やアブラムシあるいは花粉の存在を含めて、ヤマトクサカゲロウは成虫の餌資源が多く存在する場所で産卵を行うのか、あるいは、幼虫の餌資源が豊富にみられる場所で産卵を行うのかを明らかにする必要がある。

ナス圃場、ナシ圃場の発生消長の結果 (Fig. 1, 2) から、

ヤマトクサカゲロウの産卵数の増加がみられる時期は、特にアブラムシの発生時期と関連していることが分かった。しかし、ナス圃場においてアブラムシがあまり発生していない時期に産卵のピークが1度みられたことや、ナス圃場でアブラムシの発生ピーク時期に産卵数の増加が少なかったことから、ヤマトクサカゲロウの産卵はアブラムシの発生に依存していないことが推察される。

ナス圃場内でのヤマトクサカゲロウ卵の分布を、平均密度と、平均こみあい度の関係から検討した結果 (Fig. 3) と、ナス圃場における株を単位とした種間の空間分布の相互関係を検討した結果から、ナス圃場においてヤマトクサカゲロウの卵はアブラムシの寄生密度の高い株に弱い集中分布を示し、その他の餌資源の寄生密度とは無関係に産卵されていると推測される。このような方法で産卵を行うと、ヤマトクサカゲロウの卵はアブラムシの寄生密度の高い株に産みつけられる可能性は高くなるが、寄生密度の低い株にも1卵ずつ産みつけられることになる。このような産卵様式はヨツボシクサカゲロウとの餌資源をめぐる競争を避けるとともに、同胞の幼虫同士の共食いを避けることになると考えられる。ヨツボシクサカゲロウとの餌資源をめぐる競争は、ナス圃場においてヤマトクサカゲロウとヨツボシクサカゲロウの産卵場所が互いにやや背反する関係 (Fig. 4) にあったことから、ある程度避けられているものと思われる。

室内でヤマトクサカゲロウ幼虫の異なる餌種における発育期間と羽化率を観察した結果 (Table 2, 3)、ハダニを与えた場合の羽化率が最も高くなったこと、ヤマトクサカゲロウはヨツボシクサカゲロウよりも広食性である (新島, 1993) といわれていること、ナス圃場内におけるワタアブラムシ、ハダニ、アザミウマという餌資源の分布は互いに独立しているか、あるいは背反的であったこと (Fig. 5) から、ヤマトクサカゲロウ雌成虫がアブラムシの寄生密度の低い株に産卵した場合でも幼虫はアブラムシ以外の餌種を捕食し発育することができると推察される。

幼虫の発育がセイタカアワダチソウノアブラムシを与えた場合において遅れたのは、捕食の際にセイタカアワダチソウノアブラムシの角状管から分泌される防御物質が幼虫にしばしば付着し、この分泌物を拭えない幼虫は、その後の摂食や脱皮が困難になったことが原因の一つであると考えられる。またマメアブラムシを与えた場合に羽化率が低くなった原因については、マメアブラムシをナミテントウ *Harmonia axyridis* (Pallas) に与える場合、アブラムシを飼育した寄主植物によってナミテントウの生存率が変化すること (Hukusima and Kamei, 1970) や、ソラマメで育てたマメアブラムシはナミテントウに対する毒性が高いという報告 (Okamoto, 1966) があり、本試験で供試したマメアブラムシもソラマメで飼育したために、ナミテントウと

同様にヤマトクサカゲロウに対しても何らかの毒性を持っていた可能性も考えられる。本試験で供試したアブラムシの種類はヤマトクサカゲロウ幼虫にとってあまりよい餌資源であるといえなかったが、モモアカアブラムシの成虫や幼虫がヤマトクサカゲロウの大量増殖のための餌資源として使われたこと (Tulisalo and Korpela, 1973) から、他種のアブラムシではよく発育する可能性があり、今後更に調べる必要がある。

2. ヨツボシクサカゲロウの産卵様式と餌資源の関係

試験地内における成虫の生息場所は産下卵数の多い箇所と一致し (Table 1)、そこにはアブラムシが高密度で寄生していた。この結果ヨツボシクサカゲロウの生息場所と産卵場所は試験地内において主にアブラムシの存在に依存していることが示唆される。またヨツボシクサカゲロウの成虫の多くがニセアカシア並木で捕獲されたが、再捕獲された個体はなかった。ヨツボシクサカゲロウは1カ月以上の成虫期間にわたりアブラムシを餌として過ごす (新島, 1993) ため、成虫はアブラムシの存在する環境でも同じ場所に1週間以上滞在しなかったと推察される。

ナス圃場、ナス圃場での発生消長の結果 (Fig. 1, 2)、ヨツボシクサカゲロウの産卵数が増加した時期はアブラムシの発生が増加している時期と一致していたことから、雌成虫は餌資源の中でもアブラムシの発生している時期に飛来し産卵したことがわかる。またナス圃場において8月上旬にわずかに産卵が認められたが、この時期にはハダニ個体群がやや増加しているのみであった。ヒラタアブの一種 *Syrphus luniger* Meigen の雌成虫はアブラムシが存在しないと成熟した卵を数週間貯蔵しておくことができる (Dixon, 1959) が、ヨツボシクサカゲロウも餌資源が少ない場合には産卵を抑制し、餌資源を求めて移動すると考えられる。

ナス圃場内でのヨツボシクサカゲロウの卵の分布を、平均密度と、平均こみあい度の関係から検討した結果 (Fig. 3)、卵は強い集中分布を示した。これは雌成虫がアブラムシの多く寄生した株に卵塊で産卵したためと思われる。

クサカゲロウの一種 *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) は、ハダニの一種 *Tetranychus gloveri* を旺盛に捕食するが、繭を作るまでに死亡する (Hydorn and Whitcomb, 1979) ことが知られている。本試験でハダニを与えた場合も同様な結果が得られた。ヨツボシクサカゲロウ幼虫はナミハダニの吐糸した網を嫌うことなく3齢期にも旺盛に捕食したことから、ヨツボシクサカゲロウ幼虫にとってナミハダニ黄緑型には、3齢幼虫から蛹化、あるいは羽化するのに必須な栄養素が不足していることが推察された。

以上のように、ヨツボシクサカゲロウ成虫の生息場所や産卵特性、幼虫の食性について検討した結果、ヨツボシクサカゲロウ成虫は試験地内でアブラムシに依存した生活を

しており、幼虫は広食性といえども野外でヤマトクサカゲロウに比べ限られた餌種を利用していると推測される。これはヤマトクサカゲロウ幼虫の食性は、ヨツボシクサカゲロウ幼虫と比べ、より広範囲となっているという新島(1993)の結果を支持するものである。捕食性の昆虫がアブラムシに依存した産卵をする場合、アブラムシコロニーは個体数の増減が激しいためにアブラムシコロニーの成長段階のどの時期に産卵するかが重要となる。アブラムシコロニーの成長段階あるいは質に対する産卵時期は種によって異なり、Kan and Sasakawa (1986)によると、ホソヒラタアブ *Episyrphus balteatus* (de Geer) の雌成虫は産卵場所として有翅虫のいる古いコロニーよりも、無翅虫と幼虫からなる小さくて若いコロニーを選び、アブラムシの発生初期に産卵した。また、高橋(1987)は、テントウムシでもナナホシテントウ *Coccinella septempunctata* Linné はアブラムシの発生初期に産卵し、ナミテントウはアブラムシの発生の最も多い時期に産卵することを示した。さらに、Hodek (1996) もテントウムシがアブラムシコロニーの質に反応して産卵すると報告した。今回の調査では、ヨツボシクサカゲロウの産卵はアブラムシの発生が多い時期に行われていたが、発生初期に産卵する傾向は認められなかった。ヨツボシクサカゲロウがなぜホソヒラタアブやナナホシテントウと同様にアブラムシコロニーの成長期を選択して産卵しないのかは明らかでないが、その理由を考察するためには卵塊が孵化した後の、幼虫の共食いを含めた餌資源の利用法などを検討する必要がある。

3. クサカゲロウ両種の産卵特性の生態的意義

Stamp (1980) はチョウが1卵ずつ産卵することの有利な点について、1卵ずつ産卵するチョウは生息地内で異なった種の寄主植物を利用し多くの寄主植物に産卵する場合が多く、1カ所に滞在する時間が短くなることから、天敵や競争種を避けることが出来ることを挙げている。また、分散して1卵ずつ産みつけられた卵の有利な点については、天敵の探索能力が低い場合に天敵から逃れることが出来ることや、卵および幼虫の共食い避けることを挙げている。一方、卵塊で産卵することが有利になる条件として、寄主植物がパッチ状に分布していて雌成虫が産卵場所を探し当てるのに時間がかかる場合を挙げている。今回クサカゲロウ両種の産卵時期と、株を単位とした産卵場所選択、さらに室内で両種の幼虫に異なる餌種を与えた場合の発育期間や発育率を検討した結果、ヤマトクサカゲロウ幼虫は野外でアブラムシの他にもハダニなどの皮膚の柔らかい節足動物を捕食し、ヨツボシクサカゲロウ幼虫の餌種はヤマトクサカゲロウよりも限られていると考えられる。このことから、ヤマトクサカゲロウとヨツボシクサカゲロウの餌資源の分布様式を比べると、ヨツボシクサカゲロウの餌資源の方が局所的に分布しているといえる。クサカゲロウと

チョウを同様に扱うことは出来ないが、幼虫の餌の分布様式と産卵特性の関係からヤマトクサカゲロウとヨツボシクサカゲロウの産卵特性の生態的意義を考察すると、ヤマトクサカゲロウは花粉や甘露などに誘引されて一定空間内に飛来した後、産卵場所選択にあまりコストをかけず1卵ずつ産卵し、幼虫は共食いが起こりにくい環境下で多様な餌種を捕食する。一方、ヨツボシクサカゲロウは成虫と幼虫が餌資源をアブラムシなど限られた餌種に依存するため、雌成虫は餌種の寄生密度の高い株を探索し、卵塊で産卵していると考えられる。今後、1卵ずつ産卵することと卵塊で産卵することで、どの程度捕食性天敵や卵寄生蜂からの攻撃を回避できるのかや、孵化した幼虫の共食いや餌資源をめぐる競争などの死亡要因を明らかにすることで、これら2種クサカゲロウの産卵特性の生態的意義をさらに検討していくことが必要である。

摘 要

食性の異なるヤマトクサカゲロウとヨツボシクサカゲロウの野外における成虫の生息地および産卵特性を餌資源との関係から検討した。成虫の生息地と産卵場所についてはナシ圃場、ナス圃場、キュウリ圃場、ニセアカシア並木で調査を行い、さらに産卵場所と餌資源の関係をナス圃場において株単位で検討した。また幼虫の食性を検討するために、両種の幼虫にナミハダニ、マメアブラムシ、セイタカアワダチソウノアブラムシを与えた場合の発育期間と各発育段階への発育率を調べ以下の結果を得た。

ヤマトクサカゲロウの成虫はアブラムシがあまり発生していなかったナシ圃場に多く生息したが、産下卵はナス圃場で多かった。ナシ圃場では下草であるイタリアンライグラスが花粉を産出していたため、成虫は花粉などの成虫の餌が存在する場所に多く生息することが推察された。これに対し、ヨツボシクサカゲロウ成虫の生息地と産卵場所は、ともにアブラムシの発生が多かったニセアカシアとキュウリ圃場であった。またクサカゲロウ両種の産卵数と餌資源の発消長を検討した結果、クサカゲロウ両種とも産卵数の増加する時期は、餌資源の中でも特にアブラムシの発生時期と一致した。

ナス圃場においてヤマトクサカゲロウ雌成虫は株上では独立的か、あるいは自己か同種他個体が産卵した場所をさけて産卵し、株間では弱い集中分布を示すように産卵した。産卵場所と餌資源の関係はアブラムシに若干依存した産卵をした。これに対し、ヨツボシクサカゲロウはアブラムシの寄生密度が相対的に高い株を選択して産卵した。しかしアブラムシ密度と卵塊サイズ間に相関関係はなかった。

異なる餌種における発育期間と発育率を観察した結果、ヤマトクサカゲロウはハダニを餌とした時によく発育したが、ヨツボシクサカゲロウは発育しなかった。これらの結

果からヨツボシクサカゲロウはヤマトクサカゲロウに比べ野外でアブラムシなど限られた餌種に依存した生活をしていると考えられる。一方、ヤマトクサカゲロウは1卵ずつばらばらに産卵し、幼虫は同胞やヨツボシクサカゲロウとの餌資源をめぐる競争を避けながら多くの餌種を捕食し発育すると推察される。

引用文献

- Dixon, T. J. (1959) Studies on oviposition behavior of Syrphidae (Diptera). *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 111: 57-80.
- Duelli, P. (1980) Adaptive dispersal and appetitive flight in the green lacewing, *Chrysopa carnea*. *Ecol. Entomol.* 5: 213-220.
- Hodek, I. (1996) Behavior related to food. In *Ecology of Coccinellidae* (I. Hodek and A. Honek eds.). Kluwer Academic Publishers, pp. 212-234.
- Hukusima, S. and M. Kamei (1970) Effects of various species of aphids as food on development, fecundity and longevity of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Res. Bull. Fac. Agric., Gifu Univ.* 29: 53-66.
- Hydorn, S. B. and W. H. Whitcomb (1979) Effects of larval diet on *Chrysopa rufilabris*. *Fla. Entomol.* 62: 293-298.
- 伊藤清光・巖 俊一 (1977) ホソヒラタアブの産卵とアブラムシ密度との関係. 応動昆 21: 130-134. [Ito, K. and S. Iwao (1977) Oviposition behavior of a syrphid, *Episyrphus balteatus*, in relation to aphid density on the plant. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 21: 130-134.]
- Iwao, S. (1968) A new regression method for analyzing the aggregation pattern in animal populations. *Res. Popul. Ecol.* 10: 1-20.
- Iwao, S. (1977) Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding. *Res. Popul. Ecol.* 18: 243-260.
- Kan, E. and M. Sasakawa (1986) Assessment of maple aphid colony by the hover fly, *Episyrphus balteatus* (de Geer) (Diptera: Syrphidae). *J. Ethol.* 4: 121-127.
- 窪田敬士・志賀正和 (1995) コクヌストモドキ卵による数種クサカゲロウの累代飼育・増殖法. 応動昆 39: 51-58. [Kubota, K. and M. Shiga (1995) Successive mass rearing of chrysopids (Neuroptera: Chrysopidae) on eggs of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 39: 51-58.]
- Monserat, V. J. and F. Marin (1994) Plant substrate specificity of Iberian Chrysopidae (Insecta: Neuroptera). *Acta Oecol.* 15: 119-131.
- 新島恵子 (1993) 我が国におけるクサカゲロウの大量飼育の可能性と問題点. 植物防疫 47: 453-457. [Niiijima, K. (1993) Possibilities and problems of mass production of chrysopids in Japan. *Plant Protect.* 47: 453-457.]
- Okamoto, H. (1966) Three problems of prey specificity of aphidophagous coccinellids. In *Ecology of Aphidophagous Insects* (I. Hodek ed.). Academia, Prague and Dr. W. Junk, The Hague, pp. 45-46.
- Sheldon, J. K. and E. G. MacLeod (1971) Studies on the biology of Chrysopidae. 2 The feeding behaviour of the adult of *Chrysopa carnea* (Neuroptera). *Psyche, Camb.* 78: 107-121.
- Stamp, N. E. (1980) Egg deposition patterns in butterflies: Why do some species cluster their eggs rather than lay them singly? *Am. Nat.* 115: 367-380.
- 高橋敬一 (1987) ナナホシテントウとナミテントウの野外における産卵開始時期と産卵場所の差異. 応動昆 31: 253-254. [Takahashi, K. (1987) Differences in oviposition initiation and sites of lady beetles, *Coccinella septempunctata bruckii* Mulsant and *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the field. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 253-254.]
- 塚口茂彦 (1977) クサカゲロウの生活と飼育. インセクトリウム 14: 180-184. [Tsukaguchi, S. (1977) Biology and rearing of green lacewings. *Insectarium* 14: 180-184.]
- Tulisalo, U. and S. Korpela (1973) Mass rearing of the green lacewing *Chrysopa carnea* Steph. *Suom. Hyont. Aikak.* 39: 143-144.