施設園芸の主要害虫に対するオオメカメムシおよびヒメオオメカメムシ (カメムシ目: オオメカメムシ科) の捕食量

大井田 寛^{1,2,*}・上遠野 富士夫^{1,†}

¹ 千葉県農林総合研究センター

² 千葉大学大学院園芸学研究科

Prey Consumption by *Geocoris varius* and *G. proteus* (Heteroptera: Geocoridae) Provided with Horticultural Major Pests in Greenhouses. Hiroshi OIDA^{1,2,*} and Fujio KADONO^{1,†} ¹ Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 808, Daizenno, Midori, Chiba 266–0006, Japan. ² Graduate School of Horticulture, Chiba University; Matsudo, Chiba 271–8510, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 55: 217–225 (2011)

Abstract: We investigated the number of prey consumed in 24 h by 3rd and 5th instars of 2 species of polyphagous predators, *Geocoris varius* and *G. proteus*, provided with 4 prey species: *Tetranychus urticae* adult females, *Frankliniella occidentalis* 2nd instar, *Aphis gossypii* apterous adults, and *Helicoverpa armigera* eggs or 1st instar. The number of prey consumed differed significantly among prey densities in all predator×prey combinations, except in 3rd instar of *G. varius* provided with *T. urticae* or *A. gossypii*. *Geocoris varius* consumed prey maximally at higher prey density than *G. proteus* in 3rd instar with *F. occidentalis* larvae or *H. armigera* eggs, and in 5th instar, except with *F. occidentalis* larvae. Maximum numbers of prey consumed differed significantly between predator instars. *Geocoris varius* consumed more prey than *G. proteus* at 5th instar for all prey species. They also consumed more *F. occidentalis* larvae and *H. armigera* eggs than *G. proteus* at 3rd instar. These results show the higher predatory potential of *G. varius* and its promise as a biological control agent against major horticultural pests.

Key words: *Geocoris varius*; *Geocoris proteus*; big-eyed bug; predation; polyphagous predator

緒 言

我が国では、食の安全・安心に対する消費者の関心の高まりを受け、化学合成農薬に代わる害虫管理手段として天敵の重要度が増している。2006 年 8 月現在、17 種類の昆虫およびダニ由来の天敵製剤が国内で生物農薬として登録されているが(田口, 2006)、これらの中には餌種または寄主の範囲が狭く、複数種の害虫に対応できない種も多く含まれる。一方、農作物上では複数種の害虫が同時に発生して被害を及ぼすことも多く、このような場合には、各害虫に対応できる複数種の天敵の併用や、他の害虫管理手段への切り替え、天敵と他の害虫管理手段との組み合わせなどにより対応する必要がある(矢野, 2003; 後藤, 2006)。そこで近年は、特定の害虫種に高い密度抑制効果を発揮す

る狭食性の天敵だけではなく、単独で複数種害虫に対応できるスワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (ダニ目: カブリダニ科) やタイリクヒメハナカメムシ *Orius strigicollis* (Poppius) (カメムシ目: ハナカメムシ科) などの広食性天敵の利用も広がりつつある(岡林, 2003; 柿元ら, 2007; 柴尾ら, 2009)。一方、導入天敵の利用場面では、対象外の餌生物に対する捕食や寄生、同じ種群を餌として利用する土着種に対する生態的影響等が懸念されており(Howarth, 1991)、2005 年に外来生物法が施行された日本においても、外来生物の導入による環境への影響に対する社会的な関心が高まりつつある(望月ら, 2005)。このような状況下、従来から用いられてきた導入天敵のみではなく、アザミウマ目シマアザミウマ科のアリガタシマアザミウマ *Franklinothrips vespiformis* (Crawford) (井村,

* E-mail: h.oida@pref.chiba.lg.jp

† 現在 法政大学生命科学部

†† Present address: Faculty of Bioscience and Applied Chemistry, Hosei University, Koganei, Tokyo 184–8584, Japan.

2010 年 7 月 26 日受領 (Received 26 July 2010)

2011 年 8 月 10 日登載決定 (Accepted 10 August 2011)

DOI: 10.1303/jjaez.2011.217

2003; 清水ら, 2004) やコウチュウ目テントウムシ科のナミテントウ *Harmonia axyridis* (Pallas) (手塚, 2003; 世古, 2009), ハチ目ヒメコバチ科のハモグリミドリヒメコバチ *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (下元, 2005) など, 地域資源である土着天敵を生物的防除資材として積極的に利用する動きが活発化している。

広食性の捕食者であるオオメカメムシ亜科 (Geocorinae) の種は, 海外では農業生態系における有力な土着天敵として認識され (Tamaki and Weeks, 1972; Crocker and Whitcomb, 1980; Sweet, 2000), 北米に生息する *Geocoris punctipes* (Say) を中心に, その捕食特性や休眠特性 (Eubanks and Denno, 1999, 2000a, b; Ruberson et al., 2001), 人工飼料による飼育 (Cohen, 2000), 農薬の影響 (Elzen, 2001) などの研究が進んでいる。

日本に生息するオオメカメムシ亜科は, オオメカメムシ *Geocoris varius* (Uhler), ヒメオオメカメムシ *Geocoris proteus* Distant, ミナミオオメカメムシ *Geocoris ochropterus* (Fieber), チビオオメカメムシ *Geocoris jucundus* (Fieber) およびクロツヤオオメカメムシ *Geocoris itonis* (Horváth) の5種である (Aukema and Rieger, 2001; Miyamoto et al., 2003)。このうち, 本州, 四国および九州などの平坦地に広く生息するオオメカメムシおよびヒメオオメカメムシについては, スジコナマダラメイガ *Ephestia kuehniella* Zeller (チョウ目: メイガ科) の卵を餌とした累代飼育法が確立されている (大井田ら, 2008)。また, 野外調査などによりオオメカメムシについては, カメムシ目, コウチュウ目, ハエ目およびハチ目など (大野, 1955; 渡辺, 1975; 行徳, 1980; 安永ら, 1993; 務川ら, 2006), ヒメオオメカメムシについてはダニ目, カメムシ目およびハチ目など (安永ら, 1993) 農業害虫を含めた多様な生物種に対する捕食が報告されている。さらに圃場試験では, 室内増殖したオオメカメムシの2齢または3齢幼虫を株上へ放飼することにより, イチゴ *Fragaria* × *Ananassa* のナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch (ダニ目: ハダニ科), スイカ *Citrullus lanatus* のワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover (カメムシ目: アブラムシ科), ピーマン *Capsicum annuum* var. *grossum* のヒラズハナアザミウマ *Frankliniella intonsa* (Trybom) およびミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (アザミウマ目: アザミウマ科) の密度を長期間抑制できることが報告されている (大井田・上遠野, 2007; 大井田ら, 2007)。加えて, オオメカメムシはヒメオオメカメムシと比較して作物上への定着率が高く, 害虫をより低密度に抑えることが明らかとなっている (大井田・上遠野, 2007)。以上の知見に基づき, オオメカメムシは, 施設野菜類で問題となる様々な害虫に対する生物的防除資材としての利用が期待されている (斉藤ら, 2005)。一方, ヒメオオメカメムシはオオメカメムシよりも大量増殖が容易であり (大

井田, 2009), 地表面に多く生息するため (大井田・上遠野, 2007), 作物の株元に本種を大量放飼すれば, 地表面付近に生息する害虫を防除できる可能性があり, 主に植物体上で機能するオオメカメムシとは異なる利用方法が期待できる。

しかし, 生物的防除資材としての利用方法を検討するために必要となる両種の各害虫種に対する潜在的捕食能力は未解明である。そこで, 捕食性天敵の利用が見込まれる施設野菜類で問題となるナミハダニ, ミカンキイロアザミウマ, ワタアブラムシおよびオオタバコガ *Helicoverpa armigera* (Hübner) (チョウ目: ヤガ科) の4種を被食者として, オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの幼虫にそれぞれ単独で与えた場合の最大捕食量を室内実験で明らかにし, 個々の餌種について両捕食者の発育ステージ間で比較したので報告する。

本文に先立ち, ご校閲ならびに有益なご助言を頂いた元独立行政法人中央農業総合研究センターの鈴木芳人博士, 近畿大学農学部矢野栄二博士, 京都大学大学院農学研究科の天野 洋博士, 独立行政法人中央農業総合研究センターの後藤千枝博士および務川重之博士, 統計解析手法等に関するご指導を賜った独立行政法人中央農業総合研究センターの光永貴之博士および千葉県農林総合研究センターの片瀬雅彦博士に深謝の意を表する。なお本研究の一部は, 農林水産省委託プロジェクト研究「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」(2004~2006年度)において実施した。

材料および方法

1. 供試虫

用いたオオメカメムシは, 2000年5月に千葉県東金市のヨモギ *Artemisia indica* var. *maximowiczii* から採集した成虫由来の個体群, ヒメオオメカメムシは, 1999年9月に同市内のキク *Chrysanthemum morifolium* から採集した成虫由来の個体群である。いずれも, 大井田ら (2008) の方法により, スジコナマダラメイガの冷凍卵を餌に, 脱脂綿片を産卵基質に用いて $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 15L9Dの条件下で累代飼育した3齢幼虫 (2または3日齢) および5齢幼虫 (3または4日齢) を供試した。すべての供試個体は, 試験開始前の24時間には水のみを与えて絶食させた。

餌種として, ナミハダニの雌成虫, ミカンキイロアザミウマの2齢幼虫 (供試中に蛹化脱皮しないと考えられる大きさの個体), ワタアブラムシの無翅成虫およびオオタバコガの卵, 孵化直後の1齢幼虫を用いた。ナミハダニはインゲンマメ *Phaseolus vulgaris* (品種: 長鶏菜豆) を餌として室温条件下で, ミカンキイロアザミウマは村井 (1988) の方法に準じ, ヒマラヤスギ *Cedrus deodara* の花粉を餌として $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 16L8Dの条件下で, オオタバコガは人工飼

Table 1. Numbers of prey supplied to *G. varius* and *G. proteus* nymphs at 26°C under a 15L9D photoperiod

Predator instar	Prey	Numbers of prey supplied for 24 h	
		<i>G. varius</i>	<i>G. proteus</i>
3rd instar	<i>T. urticae</i> adult females	5; 10; 20; 30; 40	5; 10; 20; 30; 40
	<i>F. occidentalis</i> 2nd instar	3; 10; 20; 30; 40; 50	3; 10; 20; 30; 40; 50
	<i>A. gossypii</i> apterous adults	5; 10; 20; 30; 40	5; 10; 20; 30; 40
	<i>H. armigera</i> eggs	5; 10; 15; 20; 30; 40	5; 10; 15; 20; 30; 40
	<i>H. armigera</i> 1st instar	5; 10; 20; 40	5; 10; 20; 40
5th instar	<i>T. urticae</i> adult females	10; 20; 30; 50; 70; 120	10; 20; 30; 50; 70
	<i>F. occidentalis</i> 2nd instar	10; 30; 50; 90; 120	10; 30; 50; 90; 120
	<i>A. gossypii</i> apterous adults	10; 20; 30; 50; 70	5; 10; 20; 30; 50
	<i>H. armigera</i> eggs	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80
	<i>H. armigera</i> 1st instar	10; 20; 30; 50; 70	5; 10; 20; 30

料（インセクタ LFS，日本農産工業（株）製）を餌として与え 25±1°C，16L8D の条件下で，それぞれ飼育した。ワタアブラムシは千葉県農林総合研究センター内の加温ハウス内で栽培中のイチゴ（品種：とちおとめ）を寄主として維持した。

2. 実験方法

各餌種におけるオオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの最大捕食量を明らかにするため，26±1°C，15L9D 条件下で，両種の 3 齢および 5 齢幼虫に各餌種をそれぞれ単独かつ Table 1 に示した給餌密度で与え，24 時間当たりの捕食数を調査した。調査は Fig. 1 に示した実験容器を作製して実施した。Fig. 1 に示したようにキッチンペーパーを敷いた直径 9 cm，高さ 2 cm のプラスチックシャーレに水を張り，キッチンペーパーを重ねて作った台座を中央部に置き，その上にパラフィルム M（Pechiney Plastic Packaging Inc. 製）またはイチゴ葉片を 5 cm×5 cm に切って載せアリーナとした。ミカンキイロアザミウマは花粉を発育および増殖の重要な栄養源とし，花粉を好むため（片山，1997），本種を供試する際には，パラフィルム M のアリーナ上に少量のヒマラヤスギ花粉を置いた。また，オオタバコガ卵はキッチンペーパー片に産みつけられた状態でパラフィルム M のアリーナ上に配置した。一方，イチゴ葉を餌とするナミハダニ雌成虫，ワタアブラムシ無翅成虫およびオオタバコガの孵化直後の 1 齢幼虫はイチゴ葉片の裏面を上にして台座に置いた。各餌密度区ともに 10 反復とした。24 時間経過後，生存または体液が残った状態で死亡している被食者を残存数として実体顕微鏡下で計数し，餌密度からこれらを差し引いて捕食数を算出した。

なお，オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの幼虫においては，ヒマラヤスギの花粉を与えることによる延命効果はなく（下田ら，未発表；大井田，未発表）両種はこれを餌として利用しないと推察されている。そこで，ミカンキイロアザミウマ 2 齢幼虫給餌区におけるアリーナ上へ

Fig. 1. Top view and side view of the experimental arena. A strawberry leaf square was used for the experiments with *T. urticae* adult females, *A. gossypii* apterous adults, and *H. armigera* 1st instar. A cling film square was used for experiments with *F. occidentalis* 2nd instar and *H. armigera* eggs (the former supplied with a small amount of *Cedrus deodara* pollen).

のヒマラヤスギ花粉の配置は，両種によるミカンキイロアザミウマの捕食量に影響しないものとみなして本研究を実施した。

また，オオタバコガ卵以外の餌種では，捕食以外の原因による死亡率を調べるため，被食者のみを各密度に調整してアリーナ上で飼育した区を設け，24 時間経過後に生存個体数および死亡個体数を調査したが，死亡個体は認められなかったため，本実験系においては捕食以外による死亡がないと判断した。

3. 最大捕食量の推定および解析

オオメカメムシとヒメオオメカメムシの種類別に，餌種ごとに捕食数を比較した。捕食者の種と各餌種とを組み合わせた各試験区の捕食数について，餌密度を要因として一元配置分散分析を行い，有意であった場合には捕食数の各水準間で Tukey-Kramer 法により多重比較した。一般に捕

Table 2. Levels of significance by ANOVA of effects of prey density on number of prey consumed by 3rd and 5th instar of *G. varius* and *G. proteus*

Factors	<i>G. varius</i>				<i>G. proteus</i>			
	df	SS	F-value	P-value	df	SS	F-value	P-value
3rd instar								
<i>T. urticae</i> adult females								
Density	4	402.68	2.26	0.0780	4	119.72	3.25	0.0201
Error	45	2,008.60			45	415.00		
<i>F. occidentalis</i> 2nd instar								
Density	5	5,830.13	29.48	< 0.0001	5	241.08	5.79	0.0002
Error	54	2,135.60			54	449.50		
<i>A. gossypii</i> apterous adults								
Density	4	163.32	2.31	0.0728	4	285.08	6.96	0.0002
Error	45	797.10			45	460.60		
<i>H. armigera</i> eggs								
Density	5	2,332.48	62.28	< 0.0001	5	103.68	6.06	0.0002
Error	54	404.50			54	184.90		
<i>H. armigera</i> 1st instar								
Density	3	631.48	15.42	< 0.0001	3	181.70	11.46	< 0.0001
Error	36	491.30			36	190.20		
5th instar								
<i>T. urticae</i> adult females								
Density	5	14,550.80	19.80	< 0.0001	4	826.52	17.25	< 0.0001
Error	54	7,937.80			45	539.00		
<i>F. occidentalis</i> 2nd instar								
Density	4	22,567.52	18.47	< 0.0001	4	5,308.48	12.06	< 0.0001
Error	45	13,742.90			45	4,950.90		
<i>A. gossypii</i> apterous adults								
Density	4	3,523.40	12.51	< 0.0001	4	260.92	4.74	0.0028
Error	45	3,169.10			45	619.80		
<i>H. armigera</i> eggs								
Density	7	26,231.60	100.50	< 0.0001	7	720.00	4.59	0.0003
Error	72	2,684.60			72	1,614.20		
<i>H. armigera</i> 1st instar								
Density	4	2,401.80	5.82	0.0007	3	275.48	12.64	< 0.0001
Error	45	4,642.70			36	261.50		

食者の機能の反応として最も頻繁にみられるのは、Holling (1959) が分類した3つのタイプのうち、餌密度が高まると採餌効率が上昇するが、その上昇の度合いが次第に低下し、ある餌密度を超えると捕食数が一定となる「タイプ2」である (Begon et al., 1996)。そこで、本実験でも飽和捕食数の存在を仮定し、餌密度が最も高い側から連続して複数の区の捕食数間に有意な差が認められなかった場合、これらの区で最大捕食量に達しているとみなし、プールした値を捕食者の種間および発育ステージ間で比較した。但し、各餌密度区間の一元配置分散分析が有意ではなかった場合には、すべての餌密度区のデータをプールした。また、最高餌密度区でそれ以下の餌密度区よりも有意に多く捕食した場合には、最高餌密度区の捕食数を便宜的に最大捕食量として扱った。

以上により推定した最大捕食量について、捕食者の種および発育ステージを要因として二元配置分散分析を行った。分散分析で2要因間に交互作用が検出された場合には、3

齢幼虫および5齢幼虫における単純主効果の検定を行った。すべての統計解析には、JMP 8.0.2 (SAS Institute, 2009) を用いた。

結 果

オオメカメムシとヒメオオメカメムシの種類別に、餌種ごとに餌密度を要因とした分散分析の結果を Table 2 に示した。オオメカメムシ3齢幼虫にナミハダニ雌成虫またはワタアブラムシ無翅成虫を与えた場合を除き、オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの捕食数は餌密度により有意に異なった (一元配置分散分析, $p < 0.05$)。

各餌密度に対して、Fig. 2 に示した多重比較の結果から、最大の捕食数となった区と有意差がない餌密度の区は最大捕食量に達していると判断された。Fig. 3 に示したように、餌の種類および発育ステージに対する最大捕食量は、捕食者の発育ステージに関わらずオオメカメムシがヒメオオメカメムシより多い傾向にあった。

Fig. 2. Mean $\pm$ SE ($n=10$) of the number of prey consumed in 24 h by 3rd and 5th instar of *G. varius* and *G. proteus* at different prey densities. Different letters in a graph indicate significant differences among prey densities by Tukey-Kramer test ($p<0.05$). See also Table 2. Data shown with a black bar were pooled for calculation of the maximum number of prey consumed (Fig. 3).

Fig. 3. Maximum number of prey consumed in 24 h by *G. varius* and *G. proteus* at 26°C under a 15L9D photoperiod (mean $\pm$ SE). Values were calculated from pooled data shown with black bars in Fig. 2.

捕食者の種および発育ステージを要因とした二元配置分散分析の結果を Table 3 に示した。ミカンキロアザミウマ 2 齢幼虫およびオオタバコガ卵に対する最大捕食量は、ヒメオオメカメシよりもオオメカメシが、また両種とも 3 齢幼虫よりも 5 齢幼虫で多く、種間および発育ステージ間に有意差が認められた。オオタバコガ卵を与えた場合

には 2 要因間で交互作用も検出され、単純主効果検定では 3 齢幼虫および 5 齢幼虫のいずれにおいても両種間に有意な差が認められた。ナミハダニ雌成虫、ワタアブラムシ無翅成虫およびオオタバコガの孵化直後の 1 齢幼虫に対する最大捕食量に関しては、いずれも捕食者の種間には有意差がなかったが、発育ステージ間には有意差が認められた。

Table 3. Levels of significance by two-factor ANOVA of effects of predator species and instar on maximum number of prey of different species consumed

Prey	Factors	df	SS	F-value	P-value
<i>T. urticae</i> adult females	Species	1	98.47	1.76	0.1870
	Instar	1	13,519.53	241.91	<0.0001
	Species×Instar	1	7,056.61	126.26	<0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	98.47	1.76	0.1870
	Species at 5th instar ^a	1	10,244.27	183.30	<0.0001
	Error	116	6,482.96		
<i>F. occidentalis</i> 2nd instar	Species	1	7,570.16	43.76	<0.0001
	Instar	1	20,581.42	118.96	<0.0001
	Species×Instar	1	511.57	2.96	0.0882
	Error	116	20,069.34		
<i>A. gossypii</i> apterous adults	Species	1	13.17	0.32	0.5700
	Instar	1	3,574.10	88.09	<0.0001
	Species×Instar	1	2,716.75	66.96	<0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	13.17	0.32	0.5700
	Species at 5th instar ^a	1	4,539.63	111.89	<0.0001
	Error	116	4,706.37		
<i>H. armigera</i> eggs	Species	1	2,904.97	93.99	<0.0001
	Instar	1	18,631.33	602.81	<0.0001
	Species×Instar	1	6,628.01	214.45	<0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	2,904.97	93.99	<0.0001
	Species at 5th instar ^a	1	37,363.89	1,208.89	<0.0001
	Error	166	5,130.67		
<i>H. armigera</i> 1st instar	Species	1	211.60	3.68	0.0580
	Instar	1	1,159.26	20.16	<0.0001
	Species×Instar	1	942.51	16.39	<0.0001
	Species at 3rd instar ^a	1	211.60	3.68	0.0580
	Species at 5th instar ^a	1	4,403.27	76.57	<0.0001
	Error	96	5,520.43		

^a Simple main effects by each predator instar were tested when the interaction between species and instar was detected.

また、これら3種類の餌では、いずれも捕食者の種と発育ステージとの間に交互作用が検出され、単純主効果検定では5齢幼虫のみで種間に有意差が認められた。なお、ナミハダニ雌成虫およびワタアブラムシ無翅成虫については、実験終了時までには卵および仔虫をそれぞれ産下した区がみられたが、予備調査により、オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシは、ナミハダニ卵やワタアブラムシの仔虫を捕食しないことを確認していたため、実験中に産まれた卵および仔虫は計数しなかった。

考 察

捕食者の捕食能力の評価には、餌密度に応じた餌探索効率を考慮した機能の反応が用いられることが多い。本研究に用いたアリーナは小面積であり、探索が容易な理想的な採餌環境であると考えられ、餌探索能力を含めた捕食能力の評価法としては問題が残る。しかしこのような実験条件下であっても、餌探索能力に劣らず捕食能力の重要な要素である最大捕食量の違いをオオメカメムシとヒメオオメカ

メムシの間で比較することは可能である。

オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの3齢幼虫および5齢幼虫に異なる密度で各被食者を与えたところ、オオメカメムシの3齢幼虫にワタアブラムシ無翅成虫またはナミハダニ雌成虫を与えた場合を除いて捕食数は餌密度に応じて変化し、最大捕食量に達するまでの範囲において、捕食数は餌密度の増加とともに多くなった (Fig. 2)。また、オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの同一発育ステージの幼虫について捕食能力を比較すると、Fig. 2に示したように、3齢幼虫ではミカンキイロアザミウマ2齢幼虫またはオオタバコガ卵を与えた場合、5齢幼虫ではミカンキイロアザミウマ2齢幼虫以外の被食者を与えた場合に、オオメカメムシではヒメオオメカメムシよりもそれぞれ高い餌密度で最大捕食量に達した。餌となる害虫の種類および捕食者の発育ステージの組み合わせにより傾向が異なることも予想されるが、圃場で害虫防除資材として利用する場合にも、オオメカメムシはヒメオオメカメムシと比較してより高い害虫密度に対応できる可能性がある。加えて、

捕食者の種および発育ステージを要因とした二元配置分散分析の結果、ミカンキイロアザミウマ2齢幼虫およびオオタバコガ卵に対する最大捕食量は、両捕食者ともに5齢幼虫が3齢幼虫よりも多く、また同一発育ステージで比較するとオオメカメムシがヒメオオメカメムシより多かった。被食者がオオタバコガ卵の場合、捕食者の種および発育ステージに交互作用が検出され、3齢幼虫および5齢幼虫における単純主効果がともに有意であった。これは、いずれの発育ステージでもオオメカメムシがヒメオオメカメムシよりもオオタバコガ卵を多く捕食し、かつ3齢幼虫から5齢幼虫に捕食者の発育ステージが進むと、オオメカメムシでは最大捕食量が顕著に増加したのに対し、ヒメオオメカメムシでの増加は少なかったことによる (Fig. 3)。さらに、オオタバコガの孵化直後の1齢幼虫、ワタアブラムシ無翅成虫またはナミハダニ雌成虫を餌とした場合には、最大捕食量に対して捕食者間の主効果は検出されず交互作用が認められ、5齢幼虫でのみ単純主効果が有意であった。これは、オオメカメムシでは発育に伴う捕食量の増加がヒメオオメカメムシよりも顕著となり、5齢幼虫においてオオメカメムシの方がヒメオオメカメムシより多く捕食したためである。脱皮直後 (脱皮後表皮が硬化し再び捕食を開始する前) の3齢幼虫および5齢幼虫の平均生体重は、オオメカメムシではそれぞれ、0.8 mg および 3.7 mg、ヒメオオメカメムシではそれぞれ、0.4 mg および 1.4 mg であり (大井田, 未発表)。オオメカメムシはヒメオオメカメムシよりも発育に伴う生体重の増加が大きいことから、これが両種の捕食量増加率の差の一因になったと考えられる。両種については3齢幼虫を害虫発生圃場へ放飼することによる生物的防除資材としての利用が検討されており、発育に伴う捕食量の増加が大きいオオメカメムシは、ヒメオオメカメムシと比較して放飼世代による害虫防除効果の発揮の観点からも有望視される。

Geocoris 属を含む捕食性カメムシ類は口外消化 (extra-oral digestion) を行うために水分摂取が必要であり (Cohen, 1993, 1995, 2004)、オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシも植物の汁液も吸うことが知られている (安永ら, 1993; 大井田・上遠野, 2007)。本研究で用いたアリーナの素材は、ミカンキイロアザミウマ2齢幼虫およびオオタバコガ卵ではパラフィルム M を、ナミハダニ雌成虫、ワタアブラムシ無翅成虫およびオオタバコガの孵化直後の1齢幼虫ではイチゴ葉片であった。アリーナにイチゴ葉片を用いた区では、葉片から吸汁する行動がしばしば観察されたことから、被食者に対する採餌時間の減少や空腹度の低下が生じた結果、最大捕食量が減少した可能性が考えられる。但し、捕食者の捕食量には餌の体サイズや活動性、体表構造の違いに伴うハンドリングタイムの差なども影響する。したがって、餌種間で最大捕食量が異なった原因について

はこれらの要因の影響も含めて今後解析する必要がある。

以上より、最大捕食量の観点からの評価を通じて、オオメカメムシがヒメオオメカメムシよりも高い捕食能力を持ち、園芸作物の各種害虫に対する生物的防除資材として有望であると考えられた。しかし、害虫防除資材としての両種の利用が見込まれる施設栽培の果菜類には、複数種の害虫が同時に発生することが多い。今後は、害虫が複数種併存する条件下での両種の利用を検討するために、複数の餌種を同時に与えた場合の餌種ごとの捕食量や餌選好性を調査しなければならない。また、より長期間作物上に両種を安定して定着させる方法や生産コストの一層の低減化についても、今後さらに検討を要する。

摘 要

広食性天敵オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの3齢および5齢幼虫にナミハダニ雌成虫、ミカンキイロアザミウマ2齢幼虫、ワタアブラムシ無翅成虫、およびオオタバコガの卵または孵化直後の1齢幼虫を個別に異なる密度で与えて24時間当たり捕食数を比較するとともに、その結果から各餌種に対する最大捕食量を比較した。オオメカメムシの3齢幼虫にナミハダニまたはワタアブラムシを与えた場合を除くすべての捕食者種、捕食者の発育ステージおよび餌種の組み合わせにおいて、異なる餌密度区におけるオオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの捕食数は有意に異なった。また、3齢幼虫ではミカンキイロアザミウマ2齢幼虫またはオオタバコガ卵を与えた場合、5齢幼虫ではミカンキイロアザミウマ2齢幼虫以外の被食者を与えた場合に、オオメカメムシではヒメオオメカメムシよりもそれぞれ高い餌密度で最大捕食量に達した。各餌種に対するオオメカメムシおよびヒメオオメカメムシの最大捕食量は3齢幼虫よりも5齢幼虫で多く、その傾向はオオメカメムシでより顕著であり、5齢幼虫ではいずれの餌種に対してもオオメカメムシがヒメオオメカメムシよりも多く捕食した。ミカンキイロアザミウマまたはオオタバコガ卵を与えた場合には、3齢および5齢幼虫いずれにおいてもオオメカメムシがヒメオオメカメムシよりも多く捕食した。以上の結果から、最大捕食量を基準とした捕食能力の観点からは、数種類の害虫に対する生物的防除資材としてオオメカメムシがヒメオオメカメムシよりも有望と考えられた。

引 用 文 献

- Aukema, B. and C. Rieger (eds.) (2001) *Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region. Vol. 4, Pentatomorpha I.* The Netherlands Entomological Society, Amsterdam. 346 pp.
- Begon, M., J. L. Harper and C. R. Townsend (1996) *Ecology: Individuals, Populations, and Communities.* Blackwell Science, Oxford. 1,068 pp.
- Cohen, A. C. (1993) Organization of digestion and preliminary charac-

- terization of salivary trypsin-like enzymes in predaceous Hemipteran, *Zelus renardii*. *J. Insect Physiol.* 10: 823–829.
- Cohen, A. C. (1995) Extra-oral digestion in predacious terrestrial arthropoda. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 85–103.
- Cohen, A. C. (2000) Feeding fitness and quality of domesticated and feral predators: Effects of long-term rearing on artificial diet. *Biol. Control* 17: 50–54.
- Cohen, A. C. (2004) *Insect Diets: Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton. 324 pp.
- Crocker, K. O. and W. H. Whitcomb (1980) Feeding niches of the big-eyed bugs *Geocoris bullatus*, *G. punctipes* and *G. uliginosus* (Hemiptera: Lygaeidae). *Environ. Entomol.* 9: 508–513.
- Elzen, G. W. (2001) Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthrenidae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 55–59.
- Eubanks, M. D. and R. F. Denno (1999) The ecological consequences of variation in plants and prey for an omnivorous insect. *Ecology* 80: 1253–1266.
- Eubanks, M. D. and R. F. Denno (2000a) Health food versus fast food: the effects of prey quality and mobility on prey selection by a generalist predator and indirect interactions among prey species. *Ecol. Entomol.* 25: 140–146.
- Eubanks, M. D. and R. F. Denno (2000b) Host plants mediate omnivore-herbivore interaction and influence prey suppression. *Ecology* 81: 936–947.
- 後藤千枝 (2006) 広食性天敵オオメカメムシの発生生態. 今月の農業 50(2): 67–71. [Goto, C. (2006) Ecological notes on *Geocoris varius* (Heteroptera: Geocoridae). *Japan Agricultural Technology* 50(2): 67–71.]
- 行徳直己 (1980) ナガカメムシ科 2 種の捕食特性. 昆虫と自然 15(7): 34. [Gyotoku, N. (1980) Predatism of two Lygaeidae species. *The Nature and Insects* 15(7): 34.]
- Holling, C. S. (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.* 91: 385–398.
- Howarth, F. G. (1991) Environmental impact of classical biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 485–509.
- 井村岳男 (2003) アリガタシマアザミウマによる施設キュウリのアザミウマ類防除の可能性. 関西病虫研報 45: 47–49. [Imura, T. (2003) Potential for biological control of thrips on greenhouse cucumbers by *Frankliniella vespiformis* (Crawford). *Proc. Kansai Pl. Prot.* 45: 47–49.]
- 柿元一樹・井上栄明・山口卓宏・深町三朗・島 克弥・田口義広・斎木陽子・大野和朗 (2007) タイリクヒメハナカメムシの成虫と卵の同時放飼法による定着促進効果. 応動昆 51: 29–37. [Kakimoto, K., H. Inoue, T. Yamaguchi, S. Fukamachi, K. Shima, Y. Taguchi, Y. Saiki and K. Ohno (2007) Simultaneous release of *Orius strigicollis* (Poppus) eggs and adults to improve its establishment in greenhouses. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 51: 29–37.]
- 片山晴喜 (1997) ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) の発育と産卵に対する温度の影響. 応動昆 41: 225–231. [Katayama, H. (1997) Effect of temperature on development and oviposition of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 41: 225–231.]
- Miyamoto, S., M. Hayashi and T. Yasunaga (2003) New records of three Pentatomomorphan species (Heteroptera) from the Ryukyu Islands, Japan. *Jpn. J. Syst. Entomol.* 9: 117–119.
- 望月雅俊・笹脇彰徳・望月 淳・屋良佳緒利・春山直人 (2005) 導入天敵オキシデンタリスカブリダニ放飼 13 年後の果樹園におけるカブリダニの種類相. 関東病虫研報 52: 107–109. [Mochizuki, M., T. Sasawaki, A. Mochizuki, K. Yara and N. Haruyama (2005) Species composition of phytoseiid mites in orchards after 13 years of exotic *Typhlodromus occidentalis* release. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 52: 107–109.]
- 務川重之・後藤千枝・下田武志・小堀陽一・村田未果・鈴木芳人・矢野栄二・大井田寛・上遠野富士夫 (2006) オオメカメムシ *Piocoris varius* (Heteroptera: Lygaeidae) の茨城県および千葉県における生活史. 応動昆 50: 7–12. [Mukawa, S., C. Goto, T. Shimoda, Y. Kobori, M. Murata, Y. Suzuki, E. Yano, H. Oida and F. Kadono (2006) Life history of *Piocoris varius* (Heteroptera: Lygaeidae) in Ibaraki and Chiba, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 50: 7–12.]
- 村井 保 (1988) ヒラズハナアザミウマの生態と防除に関する研究. 島根農試研報 23: 1–73. [Murai, T. (1988) Studies on the ecology and control of flower thrips, *Frankliniella intonsa* (Trybom). *Bull. Shimane Agric. Exp. Stn.* 23: 1–73.]
- 大野正男 (1955) ハムシを捕食する昆虫について. あきつ 4: 60–65. [Ohno, M. (1955) Notes on the predacious insects attacking Chrysomelidae in Japan. *Akitu* 4: 60–65.]
- 大井田寛 (2009) 日本産オオメカメムシ類の生態とオオメカメムシの害虫防除資材としての活用. 植物防疫 63: 258–261. [Oida, H. (2009) Geocorid species in Japan and utilization of *Piocoris varius* (Heteroptera: Geocoridae) as a biological control agent against tiny pest arthropods. *Plant Prot.* 63: 258–261.]
- 大井田寛・上遠野富士夫 (2007) 広食性天敵オオメカメムシおよびヒメオオメカメムシによる施設イチゴのナミハダニ、施設スイカのワタアブラムシに対する防除効果. 関東病虫研報 54: 33–138. [Oida, H. and F. Kadono (2007) Biological control of two-spotted spider mite of strawberry and cotton aphid of watermelon by two big-eyed bugs, *Piocoris varius* and *Geocoris proteus* (Heteroptera: Geocoridae) in greenhouses. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 54: 133–138.]
- 大井田寛・上遠野富士夫・後藤千枝・務川重之・小林伸三 (2007) 広食性天敵オオメカメムシによる施設ピーマンのヒラズハナアザミウマおよびミカンキイロアザミウマに対する防除効果. 関東病虫研報 54: 139–142. [Oida, H., F. Kadono, C. Goto, S. Mukawa and N. Kobayashi (2007) Biological control of *Frankliniella intonsa* and *F. occidentalis* by the polyphagous predator, *Piocoris varius* (Heteroptera: Geocoridae) on sweet pepper in greenhouses. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 54: 139–142.]
- 大井田寛・上遠野富士夫・清水喜一・吉井幸子 (2008) 広食性天敵オオメカメムシ及びヒメオオメカメムシの産卵特性の解明並びに累代飼育法の開発. 千葉農総研研報 7: 53–61. [Oida, H., F. Kadono, K. Shimizu and S. Yoshii (2008) Oviposition site preference and rearing for successive generations of the polyphagous big-eyed bugs *Piocoris varius* (Uhler) and *Geocoris proteus* Distant (Heteroptera: Geocoridae). *Bull. Chiba Agric. Res. Cent.* 7: 53–61.]
- 岡林俊宏 (2003) 農業現場における天敵利用技術の開発と普及の

- 課題. 植物防疫 57: 530–534. [Okabayashi, T. (2003) The development of the practical natural enemy use in the field and its extension. *Plant Prot.* 57: 530–534.]
- Ruberson, J. R., K. V. Yeargan and B. L. Newton (2001) Variation in diapause responses between geographic populations of the predator *Geocoris punctipes* (Heteroptera: Geocoridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 116–122.
- 斉藤奈都子・下田武志・後藤千枝・野村昌史・矢野栄二 (2005) オオメカメムシとヒメオオメカメムシの採餌場所選択ならびに採餌活動におよぼす植物の影響. 応動昆 49: 231–236. [Saito, N., T. Shimoda, C. Goto, M. Nomura and E. Yano (2005) Effect of plants on the foraging behavior of polyphagous natural enemies, *Piocoris varius* (Uhler) and *Geocoris proteus* Distant (Heteroptera: Lygaeidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 231–236.]
- SAS Institute (2009) *JMP: Statistic and Graphics Guide, version 8.0.2*. SAS Institute, Cary, NC.
- 世古智一 (2009) 露地用天敵に利用できる飛翔能力の低いナミテントウ系統の作出. 植物防疫 63: 297–301. [Seko, T. (2009) A flightless strain of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas as a biological control agent for aphids in open fields. *Plant Prot.* 63: 297–301.]
- 柴尾 学・桃下光敏・山中 聡・田中 寛 (2009) スワルスキーカブリダニ放飼による施設キュウリのミナミキイロアザミウマおよびタバココナジラミの同時防除. 関西病虫研報 51: 1–3. [Shibao, M., M. Momoshita, S. Yamanaka and H. Tanaka (2009) Control of melon thrips, *Thrips palmi* Karny and sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) on greenhouse cucumber by releasing of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 51: 1–3.]
- 清水 徹・金城あかね・大石 毅・安田慶次・光畑雅宏 (2004) 新天敵農薬：アリガタシマアザミウマ剤の使い方. 植物防疫 58: 225–229. [Shimizu, T., A. Kinjyo, T. Ooishi, K. Yasuda and M. Mitsuhata (2004) Use of a predatory thrips, *Frankliniethrips vespiformis* in greenhouse crops. *Plant Prot.* 58: 225–229.]
- 下元満喜 (2005) 促成栽培ナスのマメハモグリバエに対する土着天敵寄生蜂ハモグリミドリヒメコバチの防除効果. 高知農技セ研報 14: 19–24. [Shimomoto, M. (2005) Control of *Liriomyza triforii* (Burgess) by *Neochrysocharis formosa* (Westwood), indigenous parasitoid, on eggplant in forcing culture. *Bull. Kochi Agric. Res. Cent.* 14: 19–24.]
- Sweet, M. H. (2000) Economic importance of predation by big-eyed bugs (Geocoridae). In *Heteroptera of Economic Importance* (C. W. Schaefer and A. R. Panizzi, eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 713–735.
- 田口義広 (2006) 天敵製剤利用上の問題点と将来展望. 植物防疫 60: 532–538. [Taguchi, Y. (2006) Current status and future prospect of commercial biocontrol agents. *Plant Prot.* 60: 532–538.]
- Tamaki, G. and R. E. Weeks (1972) Biology and ecology of two predators *Geocoris pallens* Stål and *G. bullatus* (Say). *U.S. Dept. Agric. Tech. Bull.* 1446: 1–46.
- 手塚俊行 (2003) 新天敵農薬：ナミテントウ剤の使い方. 植物防疫 57: 376–379. [Tezuka, T. (2003) New natural enemy insecticide, Nami-Top containing *Harmonia axyridis*. *Plant Prot.* 57: 376–379.]
- 渡辺 守 (1975) オオメカメムシがアゲハの幼虫を吸食. 昆虫と自然 10(14): 11. [Watanabe, M. (1975) Larvae of the swallowtail butterfly were fed by *Piocoris varius*. *The Nature and Insects* 10(14): 11.]
- 矢野栄二 (2003) 天敵 生態と利用技術. 養賢堂, 東京. 296 pp. [Yano, E. (2003) *Natural Enemies Ecology and Use Technology*. Yokendo Co. Ltd., Tokyo. 296 pp.]
- 安永智秀・高井幹夫・山下 泉・川村 満・川澤哲夫 (1993) 日本原色カメムシ図鑑 (友国雅章 監修). 全国農村教育協会, 東京. 380 pp. [Yasunaga, T., M. Takai, I. Yamashita, M. Kawamura and T. Kawasawa (1993) *A Field Guide to Japanese Bugs. Terrestrial Heteropterans* (M. Tomokuni, ed.). Zenkoku Nōson Kyōiku Kyōkai, Tokyo. 380 pp.]