

土着天敵キイカブリダニの生態的特性の解明と生物的防除 資材としての利用法に関する研究

誌名	高知県農業技術センター特別研究報告
ISSN	13405993
著者名	古味,一洋
発行元	高知県農業技術センター
巻/号	9号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-43
発行年月	2009年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



緒 論

高知県では冬季の温暖な気候を生かし、古くからナス、キュウリ、ピーマンなどの施設園芸が盛んに行われている。そして、多くのナス栽培施設ではホルモン剤による着果処理にかかる労力を軽減するため、1999年頃から受粉用のセイヨウオオマルハナバチ *Bombus terrestris* (Linnaeus) が導入されるようになった。これにより、重要害虫であるアザミウマ類やアブラムシ類の防除に使用される殺虫剤の種類や使用時期が制限されることになり、生物的防除資材の利用がナス栽培施設で急速に広がった。特に、ミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny は、2000年頃から多くの殺虫剤に対する感受性が低下し（古味, 2003）、防除が一層困難になってきたため、生物的防除資材であるククメリスカブリダニ *Neoseiulus cucumeris* Oudemans やタイリクヒメハナカメムシ *Orius strigicollis* Poppius を利用する農家が増加した。同様に、ピーマンやシシトウなどの栽培施設でもこれら生物的防除資材の使用が拡大している。その過程で、化学農薬のみを用いていた時代には観察されなかった土着天敵の発生がこれらの果菜類栽培施設において、数多く認められるようになった。近年の果樹栽培においても、複合交信攪乱剤や選択性殺虫剤の普及に伴い、ハダニ類を攻撃する土着天敵が発生する事例が報告されており（例えば、伊澤ら, 2000；Katayama et al, 2006；増井・池田, 2003）、高知県の生物的防除資材利用施設でも同様の現象が起こっていることが窺われる。

このような土着天敵類のなかで、本県ではカブリダニ類の発生事例が特に多く、ヘヤカブリダニ *N. barkeri* Hughes、ニセラーゴカブリダニ *Amblyseius eharai* Amitai and Swirski などが確認されている（古味ら, 2008）。そのため農業従事者からは、果菜類栽培施設で発生するこれら土着カブリダニ類をアザミウマ類に対する防除資材として利用することに期待が寄せられるようになった。

日本ではこれまで85種の土着カブリダニが確認されている（江原, 2005a）。しかし、その生態などについて報告されている種はニセラーゴカブリダニ、ケナガカブリダニ *N. womersleyi* (Schicha)、ミヤコカブリダニ *N. californicus* (McGregor)、コウズケカブリダニ *Euseius sojaensis* (Ehara) など僅かであり、

ハダニ類以外の節足動物に対する捕食性について報告されている種類は極めて少ない。現在日本で生物的防除資材として利用されているチリカブリダニ、ククメリスカブリダニ、ミヤコカブリダニは全て海外で開発され増殖された外来種である。しかし、土着のカブリダニの中にも生物的防除資材として有望な種が存在する可能性は高い。そこで本研究では高知県内の果菜類栽培圃場で発生するカブリダニ類の種類相を調査するとともに、アザミウマ類に対する天敵としての有望種の選定を試みた。さらに、有望種と目されたキイカブリダニについて、生態的な特性を解明し、生物的防除資材としての利用法を検討した。第1章では高知県内の果菜類栽培施設で発生するカブリダニ類の種類構成を栽培地域ごと、作物ごとに調査し、発生するカブリダニ類の種類相の違いについて考察した。第2章では発生の認められた数種カブリダニについて、ミナミキイロアザミウマを餌とした場合の捕食能力を調査し、有望種を選定した。第3章では、第2章で最も有望な土着種と考えられたキイカブリダニについて発育期間、発育速度、限界発育温度ならびに飼育法を検討した。第4章ではキイカブリダニをナス栽培施設で利用することを念頭に放飼量、放飼位置および放飼時期について検討した。第5章ではキイカブリダニを生物的防除資材として防除体系に組み込む上で重要な薬剤感受性を調査した。第6章では高知県のナス栽培施設で行われているタイリクヒメハナカメムシを基幹とする生物的防除体系にキイカブリダニを組み込み、同体系が抱える問題点を解決する新たな防除体系の確立を目指した実証試験を行った。

なお、本研究は高知県大学院（博士課程後期）派遣事業によって実施されたものである。

本研究の実施および本論文のとりまとめにあたり、終始かわらぬご指導とご校閲を賜った高知大学農学部教授 荒川良博士に深甚なる謝意を表す。また、本研究への貴重なご助言と本論文の校閲を賜った愛媛大学農学部教授 大林延夫博士、香川大学農学部教授 市川俊英博士、香川大学農学部准教授 安井行雄博士、高知大学農学部准教授 福田達哉博士に深く感謝する。

カブリダニ類の分類、生態に関する情報をいただ

いた鳥取大学名誉教授故 江原昭三博士，独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点 望月雅俊博士，大阪府環境農林水産総合研究所 柴尾 学博士に御礼申し上げます。また，カブリダニ類の同定をしていただいた上，同定手法についての2週間の研修を受け入れていただいた千葉大学応用昆虫学研究室教授 天野 洋博士に御礼申し上げます。

土着カブリダニの採集に協力いただいた高知県内の農業振興センター，農協営農担当職員，農家の方々

に心より感謝する。

高知県農業技術センター元所長吾妻浅男博士，松本満夫前所長，所長前田幸二博士には本研究の実施と本論文のとりまとめの機会を与えていただき，山下 泉技術次長，山崎龍一前研究企画課長，高橋尚之前生産環境課長には研究を遂行するうえで数々のご配慮を賜った。高知大学農学部昆虫研究室，高知県農業技術センター生産環境課昆虫担当の諸氏には本研究への絶大なるご支援と数々のご協力をいただいた。これらの方々に，心よりお礼を申し上げます。

第1章 高知県内の果菜類栽培施設で発生する土着カブリダニ類

高知県では、多くのナス栽培施設でホルモン剤による着果処理にかかる労力を軽減するため、1999年頃から受粉用のセイヨウオオマルハナバチが導入された。これにより、重要害虫であるアザミウマ類やアブラムシ類の防除に使用可能な殺虫剤の種類、使用時期が制限されることになり、生物的防除資材を用いた害虫防除法がナス栽培施設で急速に広がった。同様に、ピーマンやシシトウなどの栽培施設でもこれら生物的防除資材の使用は拡大した。このような生物的防除資材を用いた害虫防除技術の普及に伴い、化学農薬のみを用いていた時代には観察されなかった栽培施設内での土着天敵類の発生が数多く認められるようになった。なかでも、ククメリスカブリダニの導入に伴い、施設周辺で土着していたと考えられるカブリダニ類が施設内においても頻繁に観察されるようになった（古味ら，2008）。

これまで、日本各地の果樹や茶などの永年作物や野生植物に発生した土着カブリダニ類の種構成などについての報告は数多くある（柿元ら，2002；Kishimoto, 2002；小池ら，2000；森，1964；森下，2000；Santoso et al., 2004；Shibao et al., 2004；田中・井上，1973）。しかし、野菜類では大谷ら（1991）の報告があるのみで、特に果菜類栽培施設に生息するカブリダニ類に関しては知見が乏しい。そこで、今後利用可能な天敵種の発見も視野に入れ、高知県内の果菜類栽培施設に発生する土着カブリダニ類の種類相について調査した。

材料と方法

2001～2006年に土着カブリダニ類の発生調査を行った高知県内の果菜類栽培施設の位置と数を図1-1に示す。調査は、市販の生物的防除資材を用いた害虫防除を行っている施設を対象とし、事前に農家や農業技術者などによってカブリダニ類の発生が確認されていた54施設で行った。このうち、果菜類の促成栽培が行われる海岸平坦部では、ナス栽培施設とピーマンおよびシシトウといったピーマン類栽培施設を中心に30施設、夏秋雨よけ栽培が行われる中山間部の24施設で調査した。施設内で目視により確認されたカブリダニ類は数10葉、数10花程度の植物体あるいは残渣ごと採集し、ビニル袋などに封入

して実験室に持ち帰った。その後、実体顕微鏡下でカブリダニ雌成虫を抽出し、ホイヤー氏液で封じてプレパラート標本にした。種の同定には Ehara and Amano (1998, 2004) の検索表を用いた。なお、調査は作物の栽培期間を考慮し、海岸平坦部では8月から10月下旬および3月中旬から5月下旬に、中山間部では5月下旬から10月上旬に実施し、1施設について栽培期間中1回の調査とした。

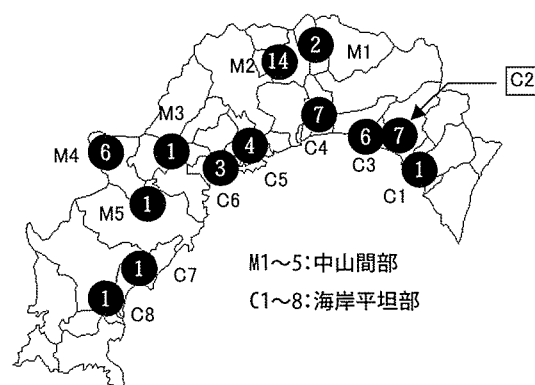


図1-1 調査した地域および施設
 円内の数字は同一地域内の調査圃場数を示す。
 調査地域の概要（調査作物、圃場数）を以下に示す。

- 中山間部：M1：本山町（ナス類2）
 M2：土佐町（ピーマン類10、ナス類4）
 M3：津野町（ナス類1）
 M4：橋原町（ピーマン類1、ナス類5）
 M5：四万十町（ピーマン類1）
 海岸平坦部：C1：田野町（ピーマン類1）
 C2：安芸市（ピーマン類2、ナス類5）
 C3：芸西村（ピーマン類6）
 C4：南国市（ピーマン類6、キュウリ1）
 C5：土佐市（ピーマン類4）
 C6：須崎市（ピーマン類2、ナス類1）
 C7：黒潮町（キュウリ1）
 C8：四万十市（ピーマン類1）

結果

高知県内の果菜類栽培施設で観察された土着カブリダニ類は9種類であった（表1-1）。ヘヤカブリダニとニセラーゴカブリダニはいずれも15施設で、コウズケカブリダニ *Euseius sojaensis* (Ehara) は8施設で、キイカブリダニ *Gynaeseius liturivorus* (Ehara) は7施設で、ミチノクカブリダニ *A. tsugawai* Ehara は6施設で、サイタマカブリダニ *Proprioseiopsis nemotoi* (Ehara and Amano) とラデマツヘルカブリダニ *A. rademacheri* Dosse はいずれも4施設で、ナンボウカブリダニ *Amblyseius amano* Ehara は

2施設で、マクワカブリダニ *N. makuwa* (Ehara) は1施設で採集された。

観察されたカブリダニ類を地域別にみると、海岸平坦部では調査した30施設のうち、ヘヤカブリダニが13施設で、コウズケカブリダニが7施設で観察され、この2種の発生頻度が高かった。一方、中山間部では調査した24施設のうち、ニセラーゴカブリダニが12施設で確認され、本種の発生施設数が他種と比較して著しく多かった。また、作物別では、ニセラーゴカブリダニ、コウズケカブリダニ、ミチノクカブリダニはナス栽培施設よりピーマン類栽培施設において発生が多い傾向が認められた。

考 察

慣行防除体系下にある果菜類栽培施設では、これまでカブリダニ類の発生はほとんどないと考えられ、調査されてこなかった。その理由として、施設内では頻繁な薬剤散布が行われ、カブリダニ類の生息にとって不適であることや、作物は冬期など露地での栽培時期をはずして育てられるためカブリダニ類の施設外からの侵入頻度も低いことが考えられる。しかし、今回の調査で、果菜類栽培施設においても様々な土着カブリダニ類が発生していることが明らかになった。近年、重要害虫であるアザミウマ類やアブラムシ類に対する生物的防除資材の導入に伴い、使用される殺虫剤が非選択性殺虫剤から選択性殺虫剤へ変遷したうえに、散布回数も減少したため、施設内におけるカブリダニ類の生息環境が改善されたことがカブリダニ類の発生を促したと考えられる。さらに、人工的に導入された天敵類の定着や

活動を評価するため、農家や農業技術者による観察が以前に増して行われるようになったこともカブリダニ類の発見に繋がったと推察される。

カブリダニ類の種構成は、農薬散布の及ぼす影響が大きいことがこれまで報告されている。静岡県下の異なる害虫防除条件下の茶園で発生したカブリダニの種構成の調査では、殺虫剤の使用を控えたり、長期間無防除であった茶園と、定期的な殺虫剤の散布が行われていた茶園を比較すると、前者の方が発生したカブリダニの種類数は多く、種構成も異なっていた (Santoso et al., 2004)。また、Kishimoto (2002) もナシ園において薬剤散布の頻度によりカブリダニの優占種が異なることを観察している。本研究の結果は、薬剤散布だけでなく地域や作物種もカブリダニ類の発生種に影響している可能性が示唆された。中山間部で発生の多かったニセラーゴカブリダニはカンキツ園 (森, 1964; 田中・井上, 1973) やクワ園 (柿元ら, 2002)、およびマキ、スギ、ヒノキなどの園周辺にある防風樹や園内の下草 (柏尾, 1998) で生息することが報告されている。従って調査地である栽培施設の近くにこれらの木本類が多いという環境条件に起因して、中山間部での本種の発生が多くなったと思われる。一方、海岸平坦部の多くの施設で発見されたヘヤカブリダニは世界各地に分布し、特に屋内環境から多く採集されている (江原, 2005b)。高知県内では、ククメリスカブリダニが人工的に果菜類栽培施設に導入された当初から同施設においてヘヤカブリダニがよく観察されており、施設によっては導入したククメリスカブリダニよりもヘヤカブリダニが優占種となる場合もみられ

表1-1 2001年～2006年に高知県内の果菜類栽培施設で発生したカブリダニ類の地域別、作物別の発生圃場数

カブリダニ種	発生圃場数					合計
	海岸平坦部			中山間部		
	ピーマン類 (21) ^a	ナス類 (7)	キュウリ (2)	ピーマン類 (11)	ナス類 (13)	
ヘヤカブリダニ <i>Neoseiulus barkeri</i>	4	7	2	0	2	15
ニセラーゴカブリダニ <i>Amblyseius eharai</i>	3	0	0	9	3	15
コウズケカブリダニ <i>Euseius sojaensis</i>	6	1	0	1	0	8
キイカブリダニ <i>Gynaeseius liturivorus</i>	1	1	0	1	4	7
ミチノクカブリダニ <i>A. tsugawai</i>	4	0	0	1	1	6
サイタマカブリダニ <i>Proprioseiopsis nemotoi</i>	3	1	0	0	0	4
ラデマッヘルカブリダニ <i>A. rademacheri</i>	0	0	0	2	2	4
ナンボウカブリダニ <i>Amblyseiuella amanoi</i>	0	0	0	0	2	2
マクワカブリダニ <i>N. makuwa</i>	0	0	0	0	1	1

^a 括弧内数字は調査した栽培圃場数を示す。

ている（古味，未発表）．荒川ら（2006）は収穫後、軒下に吊された状態で貯蔵されているワケギ鱗茎にヘヤカブリダニが発生したことを報告している．しかし、ヘヤカブリダニの野外環境下での発生についてはまだ知見が乏しく、本種が果菜類施設で発生する要因については詳細な検討が必要である．

ニセラーゴカブリダニとミチノクカブリダニはチャ花粉で飼育可能であること（Kishimoto, 2005）が、コウズケカブリダニも花粉食の傾向が強いこと（Osakabe et al., 1986；Osakabe, 1987）が知られている．実際ニセラーゴカブリダニの発生を中山間部の作物間で比較するとナス類では調査した13施設中、3施設であったのに対し、ナスより花粉量の多いピーマン類では11施設中、9施設で認められ、ピーマン類での発生が多かった．また、ミチノクカブリ

ダニ、コウズケカブリダニについても同一地域で比較するとピーマン類で発生が多い傾向が窺われた（表2-1）．一方、ヘヤカブリダニの発生について海岸平坦部の作物間で比較するとナス類では調査した7圃場中全てで確認されたのに対し、ピーマン類では21圃場中、4圃場のみであったことからナス類での発生が多い傾向があった．しかし、今回観察されたカブリダニ類はいずれも、食性や野外生態など不明な点が多いことから、施設ごとの発生種の違いにおよぼす要因については今後さらに調査が必要であろう．今後、これらカブリダニ類の生態的な特性を評価し、天敵としての有望種については、生物的防除資材としての利用を検討する必要があると考えられる．

第2章 高知県内の果菜類栽培施設で発生する数種土着カブリダニの ミナミキイロアザミウマに対する捕食能力

高知県では、ナス栽培施設でホルモン剤による着果処理にかかる労力を軽減するため、1999年頃から受粉用のセイヨウオオマルハナバチが導入された。これが契機となり生物的防除資材を用いた生物的防除法がナス栽培施設で急速に広がった。一方、2000年頃からミナミキイロアザミウマの各種薬剤に対する感受性低下が顕在化しており（古味，2003）、安定的な防除効果を示す薬剤が少ない状況下にある。このような背景のなか、受粉用昆虫を用いる必要のないピーマン栽培施設においても生物的防除法の導入が広がってきた。これら高知県の生物的防除資材を利用した果菜類栽培施設では化学農薬のみを用いていた時代には観察されなかった土着天敵の発生が数多く認められる。特に、カブリダニ類の発生事例が多く、ヘヤカブリダニ、ニセラーゴカブリダニなど9種の土着カブリダニの発生が確認されている（古味ら，2008）。そのため農業従事者からは、果菜類栽培施設で発生する土着カブリダニ類のアザミウマ類に対する天敵としての利用に期待が寄せられている。我が国の土着カブリダニは85種が確認されている（江原，2005a）が、その生態などについて報告されている種は僅かである。さらに、ハダニ類以外の節足動物に対する捕食性について報告されているカブリダニ類は極めて少ない。そこで、高知県内の果菜類栽培施設で発生する数種土着カブリダニ類のアザミウマ類に対する捕食能力について、その天敵としての有望種の選定を視野に調査を行った。

材料と方法

1. 供試虫

実験に用いたカブリダニは、ヘヤカブリダニ、コ

ウズケカブリダニ、ミチノクカブリダニ、サイタマカブリダニ、キイカブリダニ、ニセラーゴカブリダニの土着6種と外来種ククメリスカブリダニである（表2-1）。ククメリスカブリダニは市販の生物的防除資材（アリスタライフサイエンス社、ククメリス®）を用いた。また、ミナミキイロアザミウマは1993年に神奈川県平塚市で採集したものと、2001～2006年に高知県内で採集したものを、室内でキュウリによりそれぞれ累代飼育している個体群を用いた。

2. ミナミキイロアザミウマに対する捕食能力評価

カブリダニ類の捕食能力評価は2通りの試験設定で行った。すなわち、累代飼育が困難な種あるいは捕食能力が低いと予想されたヘヤカブリダニ、ミチノクカブリダニ、コウズケカブリダニ、サイタマカブリダニの4種は下記の試験1により、室内での累代飼育が可能で捕食能力の高い種と判断されたキイカブリダニとニセラーゴカブリダニの2種は試験2により評価した。なお、試験1に供試した4種カブリダニは、採集した世代かその後室内で累代飼育した数世代以内の個体を用いた。ククメリスカブリダニについては両方の試験設定で行い土着種と比較した。

試験1

プラスチックシャーレ（直径9cm、深さ3cm）に、防腐剤としてクリスタルバイオレットを微量加えた0.4%寒天ゲルを注入し、その上にインゲンの初生葉のディスク（直径3.2cm）を葉裏を上にしてのせた。寒天ゲルの周囲を切り取って水道水を注入し、カブ

表2-1 供試したカブリダニ類

カブリダニ種	採集年	発生作物	採集地
ヘヤカブリダニ <i>Neoseiulus barkeri</i>	2001	米ナス	高知県安芸市
コウズケカブリダニ <i>Euseius sojaensis</i>	2002	ピーマン	高知県安芸郡芸西村
ミチノクカブリダニ <i>Amblyseius tsugawai</i>	2002	ピーマン	高知県安芸郡芸西村
サイタマカブリダニ <i>Proprioseiopsis nemotoi</i>	2002	ピーマン	高知県安芸郡芸西村
キイカブリダニ <i>Gynaeseius liturivorus</i>	2006	シシトウ	高知県土佐市
ニセラーゴカブリダニ <i>A. eharai</i>	2007	シシトウ	高知県土佐市
ククメリスカブリダニ <i>E. cucumeris</i> ¹⁾			

¹⁾市販の生物的防除資材（アリスタライフサイエンス社、ククメリス®）を用いた。

リダニ類およびアザミウマの逃亡を防いだ。ヘヤカブリダニ、コウズケカブリダニ、ミチノクカブリダニ、サイタマカブリダニの4種カブリダニについては、1シャーレ当たりミナミキイロアザミウマ1齢幼虫を20頭、ククメリスカブリダニについては27頭をインゲンディスクに接種した後、産卵期のカブリダニ雌成虫3頭を接種し、捕食量および産卵数を3日間調査した。試験前の餌の影響を排除するため1日目の捕食量、産卵数を除いた残り2日間の平均値を算出した。試験は25℃、16L8D条件下で行い、それぞれ4～5反復とした。また、調査日ごとに捕食等により減少したアザミウマ1齢幼虫を補充するとともに、2齢に達した幼虫は1齢幼虫と交換した。なお、カブリダニの捕食以外の要因で死亡したと思われるアザミウマは計数より除外した。

試験2

キイカブリダニ、ニセラーゴカブリダニそれぞれの累代飼育中に得られた、産下後24時間以内の卵数十個を、試験1と同様のインゲンリーフディスク(直径6 cm)上に接種した。そして、ミナミキイロアザミウマ幼虫とピーマン花粉を適宜与えて成虫になるまで飼育し、産卵開始2～5日目の雌成虫を供試虫とした。捕食量および産卵数の調査は試験1に準じたが、本試験では、直径6 cm深さ2 cmのプラスチックシャーレを用い、各ディスクには雌成虫1頭を接種して評価した。なお、捕食量および産卵数の調査は4日間行い、1日目を除いた残り3日間の平均値を算出した。

結 果

試験1

表2-2に、4種の土着カブリダニおよびククメリスカブリダニ雌成虫1個体当たりの日当たり捕食

量、日当たり産卵数を示す。供試したいずれの土着カブリダニとも、ミナミキイロアザミウマ1齢幼虫に対する捕食性が認められた。ヘヤカブリダニ、コウズケカブリダニ、サイタマカブリダニの平均捕食量は0.8～1.7頭で有意差はなかったが、ミチノクカブリダニやククメリスカブリダニと比較して有意に少なかった。ミチノクカブリダニとククメリスカブリダニの平均捕食量に有意差はなかった。また、土着カブリダニ4種の平均産卵数は0.6～0.9個で有意差はなかったが、ヘヤカブリダニとサイタマカブリダニはククメリスカブリダニより有意に少なかった。ミチノクカブリダニとコウズケカブリダニの平均産卵数は、ククメリスカブリダニと比較して少ないものの、統計的な有意差は認められなかった。

試験2

表2-3に、キイカブリダニ、ニセラーゴカブリダニおよびククメリスカブリダニ雌成虫1個体の日当たり捕食量、日当たり産卵数を示す。キイカブリダニの平均捕食量と平均産卵数は他の2種より有意に多く、それぞれククメリスカブリダニの3.1倍及び2.9倍であった。また、ニセラーゴカブリダニの平均産卵数はククメリスカブリダニと有意差はなかったが、平均捕食量はククメリスカブリダニより有意に多かった。

考 察

日本におけるカブリダニ類のアザミウマ類に対する捕食能力は、土着種のオキナワカブリダニ *Scapulaseius okinawanus* (Ehara) (Kajita, 1986)、コウズケカブリダニ (Shibao et al., 2004)、ニセラーゴカブリダニ (柿本ら, 2004; 柏尾, 1998)、ミヤコカブリダニ (溝辺ら, 2005) についての報告とオランダから導入したヘヤカブリダニ (Kajita, 1986)

表2-2 ミナミキイロアザミウマ1齢幼虫を与えた場合の土着カブリダニ4種の平均日当たり捕食数および産卵数

カブリダニ種	反復数 ¹⁾	日当たり捕食数 (平均±標準誤差)	日当たり産卵数 (平均±標準誤差)
ヘヤカブリダニ	5	0.8±0.23 a ²⁾	0.6±0.18 a ²⁾
ミチノクカブリダニ	4	3.4±0.30 b	0.9±0.13 ab
コウズケカブリダニ	5	1.2±0.20 a	0.9±0.26 ab
サイタマカブリダニ	4	1.7±0.32 a	0.6±0.12 a
ククメリスカブリダニ	5	3.2±0.45 b	1.6±0.16 b

¹⁾それぞれの反復において雌成虫3頭を供試し、1頭当たりの捕食数に換算した。

²⁾異なるアルファベット文字間で有意差があることを示す (Tukey's test, $p < 0.05$)。

についての報告しかない。しかし、カブリダニ類の天敵としての有効性は、個体の持っている捕食能力のみに依存するのではなく、その高い増殖力による個体群全体としての餌密度の抑制能力にあることが指摘されている (Sabelis, 1985)。また、カブリダニ種の日当たり産卵数と発育速度ならびに捕食量には高い正の相関が認められており、日当たり産卵数から内的自然増加率を推定できる (Janssen and Sabelis, 1992)。これらの知見からカブリダニ類の対象害虫に対する天敵としての有効性は、その増殖力を推定できる日当たり捕食量あるいは産卵数が重要な指標となると思われる。Houten et al. (1995b) はミカンキイロアザミウマ1 齢幼虫を与えた場合のヘヤカブリダニ、デジェネランスカブリダニ、*A. hibisci* (Chant), *A. tularensis* (Congdon), *A. scutalis* (Athias-Henriot), *A. limonicus* Garman and McGregor の6 種カブリダニとククメリスカブリダニの捕食量と産卵数を比較した結果、*A. limonicus* のみがククメリスカブリダニの1.2倍の捕食量、1.5倍の産卵数を示し、他の5 種はいずれもククメリスカブリダニより少ない捕食量と産卵数であった。また、ククメリスカブリダニに関してはミカンキイロアザミウマ1 齢幼虫に対する日当たり捕食量が5 頭 (Shipp and Whitfield, 1991)、ミナミキイロアザミウマに対する48時間当たりの捕食量が7.8頭 (足立, 2001) との報告がある。本研究では餌種、試験方法およびククメリスカブリダニの系統などがこれらの報告とは異なるため数値を単純に比較することは難しい。しかし、キイカブリダニの示したククメリスカブリダニの3.1倍の捕食量、3.0倍の産卵数 (表

2-3) は既存のカブリダニのなかでは極めて高い値と判断され、生物的防除資材として有望と考えられた。キイカブリダニについては、これまで日本、中国、台湾、スリランカに分布すること (Ehara, 1982; 江原, 2005c; Moraes et al., 2004)、山間部の無防除の茶園 (Santoso et al., 2004) や、ブドウ園で発生する (Shibao et al., 2004) ことが報告されているのみである。今後、キイカブリダニの生態的な特性など詳細な調査を行い、生物的防除資材としての検討を進める必要があると考えられた。

ニセラーゴカブリダニは、24時間の絶食後にミナミキイロアザミウマ2 齢幼虫を7.8頭捕食するとの報告がある (柿本ら, 2004)。本試験でもミナミキイロアザミウマに対する捕食量がククメリスカブリダニより多かった (表2-3) ことから、本種もアザミウマに対する有望な天敵種になると考えられた。

以上のようにヘヤカブリダニ、コウズケカブリダニ、ミチノクカブリダニ、サイタマカブリダニもミナミキイロアザミウマに対する捕食性が認められた (表2-2)。ヘヤカブリダニ、コウズケカブリダニはアザミウマ類を捕食することが既に報告されている (例えば, Kajita, 1986; Shibao et al., 2004) が、ミチノクカブリダニ、サイタマカブリダニによるアザミウマ類の捕食は今回が初めての報告例となる。これらミナミキイロアザミウマに対する捕食性を持つヘヤカブリダニ、コウズケカブリダニ、ミチノクカブリダニ、サイタマカブリダニについても各種の生態的特性を把握したうえで防除資材としての利用の可能性について検討する必要がある。

表2-3 ミナミキイロアザミウマ1 齢幼虫を与えた場合のキイカブリダニ、ニセラーゴカブリダニおよびククメリスカブリダニの平均日当たり捕食数および産卵数

カブリダニ種	供試虫数	日当たり捕食量 (平均±標準誤差)	日当たり産卵数 (平均±標準誤差)
キイカブリダニ	23	12.2±0.41 a ¹⁾	6.5±0.16 a ¹⁾
ニセラーゴカブリダニ	24	5.8±0.30 b	2.3±0.13 b
ククメリスカブリダニ	12	3.9±0.18 c	2.2±0.14 b

¹⁾異なるアルファベット文字間で有意差があることを示す (p<0.0001)。

Kruskal-Wallis 検定後の Steel-Dwass 多重検定による。

第3章 キイカブリダニの生態的特性

高知県内の果菜類栽培施設で発生する土着カブリダニのなかで、キイカブリダニは産卵数ならびにミナミキイロアザミウマに対する捕食能力のいずれも既知のカブリダニ類と比較して極めて多く、生物的防除資材として有望であることが明らかとなった(第1, 2章)。これまでハダニ類やアザミウマ類に対して有用と考えられた各種カブリダニ類について生態的な特性が検討され、天敵としての有望種や有望系統の探索などが行われてきた(例えば, Houten et al., 1995b; Toyoshima and Hinomoto, 2004)がキイカブリダニに関する生態的な特性は全く明らかにされていない。そこで、本章では、キイカブリダニを生物的防除資材として利用する場合に重要と考えられる生態的な特性である発育期間、発育限界温度、休眠性および食性を調査するとともに簡易飼育法についても検討した。

第1節 飼育温度がキイカブリダニの発育に与える影響

カブリダニ類の天敵としての有効性は、個々の害虫に対する捕食量ではなく、その高い増殖力による個体群としての密度抑制能力から評価されると言われている(Sabelis, 1985)。これまで、カブリダニ類の発育と飼育温度の関係が検討され、発育限界温度、発育速度、高温時の発育延滞などが明らかとされている(例えば, Gillespie and Ramey., 1988; Hamamura et al., 1976; Momen, 1995; 真梶ら, 1978, 梅津ら, 2000)。そして、カブリダニ類の日当たり産卵数と発育速度ならびに捕食量には高い正の相関が認められている(Janssen and Sabelis, 1992)。そこで、キイカブリダニについて温度別に飼育し、発育期間、発育速度および発育限界温度を調査した。

材料と方法

1. 供試虫

2003年に高知県土佐郡土佐町の雨よけ米ナス圃場で採集し、室内でインゲン葉およびミナミキイロアザミウマを用いて累代飼育中のキイカブリダニ個体群を用いた。

2. 試験方法

日長条件を16時間明期、8時間暗期の一定とし、飼育温度を15℃, 17.5℃, 20℃, 22.5℃, 25℃, 27.5℃それぞれの異なる条件下でキイカブリダニの発育期間を調査した。プラスチック製蓋付き角形容器(縦13.5cm, 横21.5cm, 深さ3.0cm)にクリスタルバイオレットを微量加えた0.4%寒天ゲルを注入し、その上にインゲンの初生葉の葉片(直径1.8cm)を葉裏を上にして1容器当たり28枚のせ、それぞれに産下後8~12時間のキイカブリダニ卵を置いた。各リーフディスクの周囲を切り取り、水を注入し、カブリダニおよびアザミウマの逃亡を防いだ。キイカブリダニの第1若虫以降にアザミウマ幼虫を十分量与え、飼育温度が15~22.5℃は12時間ごとに、25℃, 27.5℃は8時間ごとに発育状態を観察した。

さらに、各温度区における平均発育期間の逆数よりキイカブリダニの発育速度を求め、飼育温度と発育速度の関係 $1/D = aT - b$ (D : 発育期間, T : 飼育温度) から導き出された直線回帰式を用い発育限界温度を算出した。

結 果

表3-1にキイカブリダニを異なる温度条件下で飼育した場合の雌雄別、発育段階別の発育期間を示す。卵期間は15℃で飼育した場合に雌、雄それぞれ、 3.91 ± 0.62 , 3.62 ± 0.36 と最も長く、27.5℃では雌、雄それぞれ、 1.63 ± 0.24 , 1.72 ± 0.17 と飼育温度が高まるとともに発育期間が短くなった。他の発育段階もおおむね飼育温度が高まるとともに発育期間が短くなった。また、雌雄の発育期間は、20℃, 25℃での卵期間、25℃, 27.5℃での幼虫期間、25℃での第1若虫期間、17.5℃, 22.5℃での卵から成虫期間でのみ有意差が認められたのみで、おおむね差がなかった。

次に、各温度区で得られた発育期間をもとに発育段階別の発育速度を求め、飼育温度との関係を図3-1~3-5に示す。そして温度と発育速度を直線回帰して得られた回帰式より卵の発育限界温度を算出すると6.1℃となった(表3-2)。同様に、幼虫、第1若虫、第2若虫、卵~成虫の発育限界温度を算出するとそれぞれ8.8℃, 5.4℃, 6.3℃, 6.6℃となった(表3-2)。

表3-1 キイカブリダニを異なる温度条件下で飼育した場合の雌雄別、発育段階別発育期間¹⁾

温度区	性	供試虫数	発育期間（日） 平均±標準偏差				
			卵	幼虫	第1若虫	第2若虫	卵～成虫
15.0	雌	18	3.91±0.62	1.45±0.54	2.56±0.47	3.00±0.78	10.92±0.97
	雄	15	3.62±0.36	1.72±0.88	2.67±0.47	2.63±0.10	10.65±1.23
17.5	雌	10	3.23±0.26	0.97±0.16	1.85±0.45	2.05±0.47	8.09±0.65
	雄	17	3.29±0.27	0.87±0.28	1.74±0.30	1.79±0.57	7.69±0.37 *
20.0	雌	16	2.25±0.25	0.75±0.31	1.47±0.51	1.19±0.43	5.66±0.58
	雄	21	2.50±0.35 * ²⁾	0.64±0.31	1.50±0.49	1.17±0.39	5.81±0.52
22.5	雌	23	1.96±0.20	0.63±0.22	1.30±0.38	1.15±0.30	5.04±0.49
	雄	14	2.00±0.20	0.58±0.18	1.15±0.36	1.04±0.31	4.77±0.37 *
25.0	雌	14	1.65±0.12	0.64±0.15	1.02±0.09	1.10±0.27	4.41±0.35
	雄	18	1.75±0.17 *	0.52±0.17 *	1.06±0.17 *	0.96±0.19	4.29±0.08
27.5	雌	18	1.63±0.24	0.48±0.20 *	1.09±0.15	1.04±0.25	4.25±0.25
	雄	13	1.72±0.17	0.36±0.09 *	1.13±0.16	1.03±0.21	4.23±0.21

¹⁾ 餌としてミナミキイロアザミウマ1齢幼虫を与え、16L8D条件下で飼育した。

²⁾ 雌雄間の発育期間に有意差があることを示す（t検定、 $p < 0.05$ ）

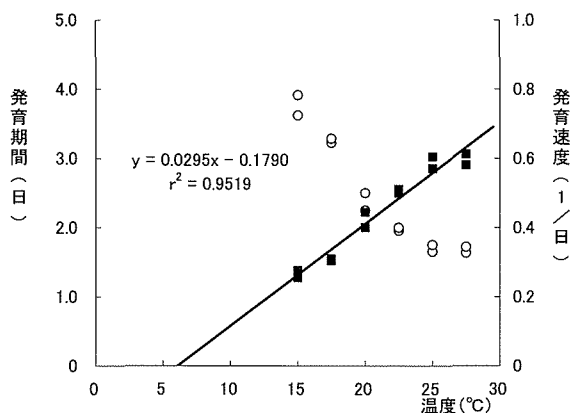


図3-1 卵の飼育温度別発育期間と発育速度

○ 発育期間 ■ 発育速度 — 直線回帰

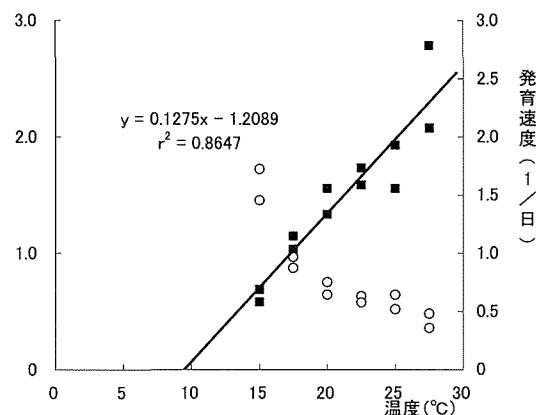


図3-2 幼虫の飼育温度別発育期間と発育速度

○ 発育期間 ■ 発育速度 — 直線回帰

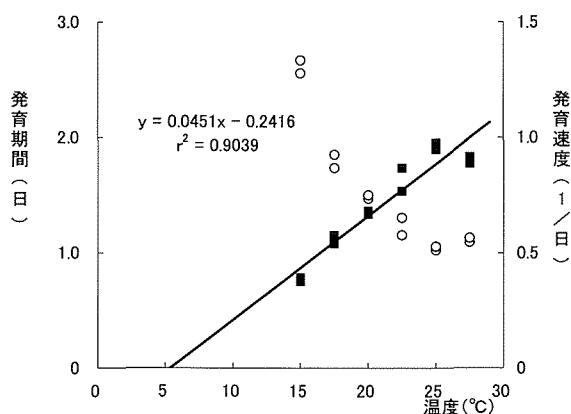


図3-3 第1若虫の飼育温度別発育期間と発育速度

○ 発育期間 ■ 発育速度 — 直線回帰

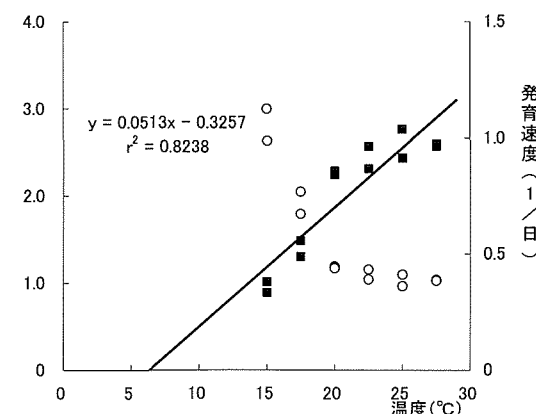


図3-4 第2若虫の飼育温度別発育期間と発育速度

○ 発育期間 ■ 発育速度 — 直線回帰

考 察

導入天敵であるチリカブリダニの25℃条件下における卵から成虫までの発育期間は雌が4.85日、雄が5.25日であり (Hamamura et al., 1976), 既知のカブリダニ類のなかで発育期間が短いことが知られている。また, その他のカブリダニの25℃条件下における発育期間は, ククメリスカブリダニでは8.7日 (Gillespie and Ramey, 1988), 5.8日 (足立, 2001), ケナガカブリダニでは雌が5.00~5.22日, 雄が4.67~5.18日 (望月, 1996), ヘヤカブリダニでは雌が8.5日 (Momen, 1995) との報告がある。キイカブリダニの25℃の飼育条件下における卵から成虫までの発育期間は雌, 4.41 ± 0.35 日, 雄, 4.29 ± 0.08 日と短く (表3-1), 既知のカブリダニ類のなかで最も発育する期間が短かった。キイカブリダニはこの短い発育期間から高い増殖能力を持つことが期待され, 生物的防除資材として利用するうえで非常に有利な点であると考えられる。

また, キイカブリダニの卵から成虫までの発育限界温度は6.6℃であった (表3-2)。他のカブリダニ類の発育限界温度は, チリカブリダニでは約12℃ (Hamamura, 1976), ククメリスカブリダニでは7.7℃ (Gillespie and Ramey., 1988), ケナガカブリダニでは11.0℃ (中川, 1989) との報告がある。

キイカブリダニはこれらのカブリダニ類よりも発育限界温度が低く, 標的種であるミナミキイロアザミウマの発育限界温度10.7~11.6℃ (野中ら, 1982; 池田ら, 1984; 河合, 1985) を大きく下回っている。高知県中山間部の雨よけ栽培果菜類では3~4月の低温期に定植期を迎える。そこでこのミナミキイロアザミウマとキイカブリダニの発育限界温度の差を生かし, ミナミキイロアザミウマが発生する前の低温時期からバンカー法などを利用し, キイカブリダニを圃場に放飼, 定着させて利用することも可能と考えられる。

第2節 休眠性

温帯域に生息する土着天敵類を冬季の果菜類栽培施設で利用する場合, その冬季休眠性の有無および程度が重要となる。現在高知県ではアザミウマ防除にタイリクヒメハナカメムシが利用されている。ヒメハナカメムシ類の中では当初ナミヒメハナカメムシ *Orius sauteri* (Poppius) がアザミウマ類に対する捕食能力が高いことから, 利用が検討されていた。しかし, ナミヒメハナカメムシは休眠性が強いことから, 冬季の施設果菜類での利用は比較的休眠性の低いタイリクヒメハナカメムシへと移った (柿元ら,

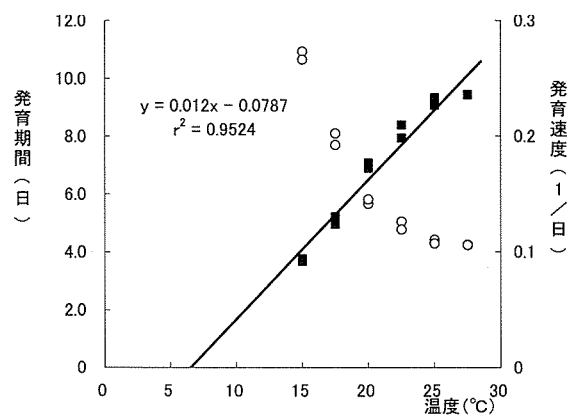


図3-5 卵から成虫までの飼育温度別発育期間と発育速度
○ 発育期間 ■ 発育速度 — 直線回帰

表3-2 各発育段階別の発育速度および発育限界温度

発育段階	回帰直線式	発育限界温度 (℃)
卵	$1/D = 0.0295T - 0.1790$	6.1
幼虫	$1/D = 0.1275T - 1.2089$	8.8
第1若虫	$1/D = 0.0451T - 0.2416$	5.4
第2若虫	$1/D = 0.0513T - 0.3257$	6.3
卵から成虫まで	$1/D = 0.0120T - 0.0787$	6.6

2003；高井，2000）。このタイリクヒメハナカメムシも系統によって休眠性に差があり（柿元ら，2003），現在販売されているタイリクヒメハナカメムシはいずれも休眠性の低い系統とみられている。カブリダニ類の休眠性についてはヘヤカブリダニがククメリスカブリダニと比較して休眠性が浅い（Rodriguez-Reina et al., 1994）という報告があり，冬季の果菜類栽培施設での利用を前提とした数種カブリダニ類の休眠率も調査されている（例えば，Houten et al. 1995a）。また，デジェネランスカブリダニは休眠性がないことが特徴のひとつとして日本に導入されていた。さらに，土着カブリダニのなかではケナガカブリダニ，ミヤコカブリダニ，ニセラーゴカブリダニについて地域個体群ごとの休眠性が調査されている（Kashio and Tanaka, 1980；浜村，1982；望月，1996；Toyoshima and Hinomoto, 2004）。本節では休眠性についての報告のない土着種キイカブリダニについて冬季のナス栽培施設での利用を前提に休眠性について調査した。

材料と方法

1. 供試虫

2003年に高知県土佐郡土佐町の雨よけ米ナス栽培施設（以下，2003土佐町個体群）および2006年に高知県土佐市のシシトウ栽培施設（以下，2006土佐市個体群）で採集し，室内でインゲン葉およびミナミキイロアザミウマを用いて累代飼育中のキイカブリダニ2個体群を用いた。

2. 試験方法

プラスチックシャーレ（直径9 cm，深さ3 cm）に防腐剤としてクリスタルバイオレットを微量加えた0.4%寒天ゲルを注入し，その上にインゲンの初生葉の葉片（直径6 cm）を葉裏を上にしてのせた。寒天ゲルの周囲を切り取り，水道水を注入してカブリダニ類およびアザミウマの逃亡を防いだ。ここに，産下24時間以内のカブリダニ卵70～100個と室内飼育系統のミナミキイロアザミウマ幼虫を接種し，異なる日長条件の人工気象器で維持した。試験区は2003土佐町個体群については，12.5時間明期11.5時間暗期と12時間明期12時間暗期から10時間暗期14時間暗期まで1時間ごとに明期を短縮，暗期を延長した4区とし，明期，暗期とも14℃に調節した。2006土佐市個体群については，日長条件を12時間明期12

時間暗期から8時間明期16時間暗期まで1時間ごとに明期を短縮，暗期を延長した5区とし，明期は22℃，暗期は14℃に調節した。暗期の温度設定はセイヨウオオマルハナバチなどの送粉昆虫を利用した高知県でのナス栽培施設での冬季の夜間平均管理温度がおおむね12～14℃であることに準じた。そして，成虫化した雌成虫のなかで体内に卵が認められたものを産卵雌とした。カブリダニ類の休眠は産卵の停止か産卵前期間の大幅な延長とされており（Veerman, 1992），ケナガカブリダニでは7～14日間産卵しない個体を休眠したとみなしている（望月，1996）。そこでキイカブリダニでは，暗期14℃の長日条件下での産卵前期間が約3日であることから，本実験では最初の産卵雌が確認されてからその後10日間の間に産卵開始しなかった個体を休眠したとみなした。なお，カブリダニ類では体内の卵の確認を容易にするため，染色用の花粉を摂食させ中腸を染色する方法がとられる（Houten et al, 1995b）が，キイカブリダニの場合は産卵期に入るとデジェネランスカブリダニと同様に体色が非常濃くなるため（Houten et al., 1995b），染色処理を施すことなく，産卵雌を確認できた（図3-6）。

結果および考察

キイカブリダニ2個体群の各日長区における休眠率を図3-7に示す。2003土佐町個体群では，12.5時間明期11.5時間暗期では75%の個体が産卵したが，短日になるに従い休眠率が高まり，明期が11時間と10時間では休眠率が共に100%となった。2006土佐市個体群においても，12時間明期12時間暗期では93.3%の個体が産卵したが，短日になるに従い休眠率が高くなり，明期が9時間と8時間では休眠率が共に95%となった。これらの結果から2003土佐町個体群の休眠を誘起する臨界日長は明期暗期とも14℃の温度条件下でおおむね12時間，2006土佐市個体群の休眠を誘起する臨界日長は明期22℃暗期14℃の温度条件下でおおむね11時間から10時間の間であると考えられた。従って高知市における日長時間（図3-8）から判断すると，加温栽培（夜間の平均管理温度12～14℃）を行うナス施設において2003土佐町個体群では加温開始時期（夜温が14℃以下となる）である10月下旬から翌年の3月上旬まで，2006土佐市個体群では11月上旬から翌年の2月上旬の期間休眠に入ると推察された。休眠性の変異のなかで地理的な変異

はナミハダニ（後藤・真梶，1981），ケナガカブリダニ（Kishimoto and Takafuji, 1994；望月，1996）などで調べられており，高緯度の個体群ほど臨界日長が長くなっている．本実験では，緯度にほとんど違いのない高知県内で採集したキイカブリダニ2個体群で臨界日長に1～2時間の差異がみられた．本実験において2003土佐町個体群では明期14℃条件，2006土佐市個体群では明期22℃と異なる温度設定となっている．カブリダニ類の休眠は短日条件下において明期よりも暗期の温度の影響が強いことが報告（Veerman, 1992）されており，明期の温度の違いが臨界日長の差異に与える影響は小さいと考えられる．高藤ら（1989）は奈良県内で採集したナミハダニ個体群の休眠性に大きな変異が認められ，隔離度が高く安定的な環境下の個体群の休眠率が高いと報告している．本実験に供試した2個体群の隔離度の違いは判然としないが，2006土佐市個体群は夜間の管理温度が20℃と高いシントウ栽培施設で採集して

おり，短日条件下である程度非休眠系統が選抜された可能性がある．一方，2003土佐町個体群は10月には栽培を終える雨よけ栽培施設で採集しており，野外個体群同様に低温短日条件下に置かれているため，非休眠系統が選抜される可能性は低いと思われる．しかし，この休眠の変異については今後詳細な検討が必要である．

ケナガカブリダニでは薄暮，薄明の1時間を加算した日長が13時間以下になる9月下旬以降に休眠雌率は急速に上昇する（高橋・森，1979）．また，休眠性を持つタイリクヒメハナカメムシ系統では薄暮，薄明の1時間を明期に加えると実際の発消長と一致するとの報告がある（高井，2000）．キイカブリダニの場合このような薄暮，薄明の1時間を明期に算入できるか否かについては次章で検討する．

キイカブリダニ2006土佐市個体群を8時間，9時間日長条件と自然日長以下の短日条件で飼育した場合でもそれぞれ5%の産卵雌が認められた（図3-7）．



図3-6 キイカブリダニ産卵雌と休眠雌の違い

左（産卵中の雌成虫）：右（休眠中の雌成虫）

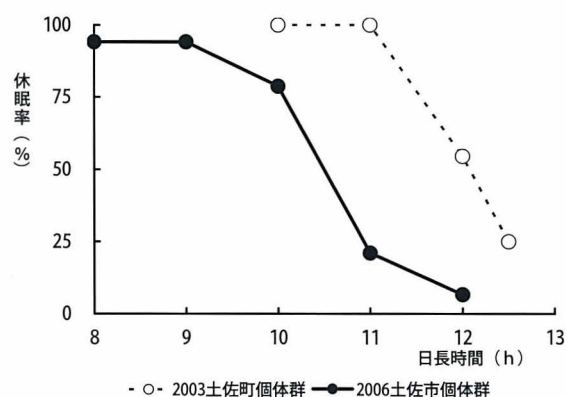


図3-7 日長時間とキイカブリダニ休眠率との関係

注) 2003年土佐町個体群は明期暗期とも14℃の温度条件下，2006土佐市個体群は明期22℃，暗期14℃の温度条件下で飼育した．

これは、供試したキイカブリダニ個体群に非休眠の個体が含まれているか、休眠の誘起条件が不十分であったのかのどちらかである。後者の場合には試験条件の設定を検討する必要がある。しかし、本試験に供したのは産下24時間以内の卵であり、カブリダニの休眠を感受する時期および類似の研究事例から判断して休眠の誘起条件について不備はなかったと推察される。よって、キイカブリダニの場合、非休眠系統が存在する可能性が考えられる。熱帯、亜熱帯地域に生息するカブリダニでは休眠性を持たない種があり、スワルスキーカブリダニ *Typhlodromips swirskii* (Athias-Henriot)、デジェネランスカブリダニ、チリカブリダニなどが生物的防除資材として利用されている。温帯地域に生息するカブリダニのなかで、ヘヤカブリダニ、ククメリスカブリダニについては非休眠系統の選抜が行われている (Houten et al., 1995a)。そしてヘヤカブリダニはククメリスカブリダニより休眠性が浅く (Rodriguez-Reina et al., 1994)、同一個体群からの選抜が行われたが、ククメリスカブリダニでは生息地の異なる個体群から非休眠系統がみいだされた (Houten et al., 1995a)。

本実験の結果、キイカブリダニには非休眠系統あるいは休眠の浅いと思われる個体が含まれることが考えられた。また、キイカブリダニは低緯度であるスリランカにも分布 (Moraes et al., 2004) していることから近い将来、非休眠系統の作出が期待される。

第3節 異なる餌を与えた場合の発育率、産卵雌率および産卵数

カブリダニ類については、ハダニ類のみを餌とするチリカブリダニなど食性の狭い種と、ハダニ類、アザミウマ類および花粉も餌とすることができるデジェネランスカブリダニなど広食性の種が知られている。対象害虫以外の餌が有効に利用できる場合は害虫がいない場合や不十分な場合の代替餌となり、カブリダニ類を生物的防除資材として利用する場合に好都合となる。そこで、キイカブリダニにアザミウマ類やその他本種が生息する環境下で利用可能と考えられる動物質、植物質の餌を与え餌としての適合性を検討した。

材料と方法

1. 供試虫

2006年に高知県土佐市のシシトウ栽培施設で採集し、室内でインゲン葉およびミナミキイロアザミウマを用いて累代飼育中のキイカブリダニ個体群を用いた。

2. 試験方法

プラスチックシャーレ (直径9 cm, 深さ3 cm) に、防腐剤としてクリスタルバイオレットを微量加えた0.4%寒天ゲルを注入し、その上にインゲンの初生葉のディスク (直径6 cm) を葉裏を上にしてのせた。寒天ゲルの周囲を切り取って水道水を注入し、カブリダニおよび餌生物の逃亡を防いだ。産下24時間以内のキイカブリダニ卵40個をプラスチックシャーレ上に置いた上記ディスクに接種した。そして、ナス花粉、ピーマン花粉、カンザワハダニ卵、ミナミキ

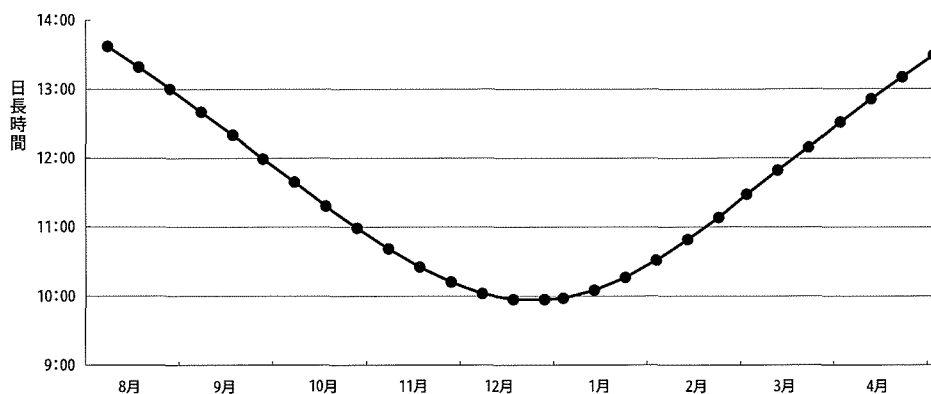


図3-8 高知市における日長時間（日の出～日の入り）の推移（理科年報1994より作図）

イロアザミウマ1齢幼虫、ミナミキイロアザミウマ死虫、タバココナジラミ幼虫のいずれか一種類を与えて飼育し、与えた餌ごとに成虫化率、産卵雌率、総産卵数を調査した。また、試験は25℃、16L8D条件下で行い、対照区として無給餌でも調査した。なお、給餌量としてはナス花粉では雄花1房を、ピーマン花粉ではスパチュラに軽く1杯程度の量を2日ごとに与えた。また、カンザワハダニ卵は40卵、ミナミキイロアザミウマ1齢幼虫は40頭、ミナミキイロアザミウマ死虫は死後1時間以内の1～2齢幼虫40頭、タバココナジラミは体表が硬化していない2～4齢幼虫20頭を2日ごとに与えた。

結 果

キイカブリダニに各種餌を与えた場合の供試2日後の生存率、成虫化率、産卵雌率、総産卵数について表3-3に示す。本種にミナミキイロアザミウマ生存虫および死虫、タバココナジラミ幼虫、ナス花粉、ピーマン花粉を与えた場合の成虫化率は60.0～77.5%と高率であったが、カンザワハダニ卵および餌を与えなかった場合の成虫化率はそれぞれ2.5%、0%と低かった。

キイカブリダニ雌成虫に幼虫の飼育時と同じ餌を与え続けた場合の1雌当たりの総産卵数を表3-4に示す。ミナミキイロアザミウマ幼虫、タバココナジラミ幼虫を与えた場合の1雌当たりの総産卵数はそれぞれ 32.4 ± 4.66 個、 44.5 ± 3.49 個とナス花粉を与えた場合の 12.4 ± 1.82 個と比較して有意に多かつ

た。また、キイカブリダニ雌成虫にミナミキイロアザミウマ幼虫を与えた場合とタバココナジラミ幼虫を与えた場合の1雌当たりの総産卵数に有意差はなかった。

考 察

カブリダニ類によるハダニ類やアザミウマ類など標的種以外の餌種の利用については花粉に関する報告が多く、カブリダニ類の有効な代替餌となることが報告されている（例えば、松尾ら、2003；Osakabe et al., 1986；Osakabe, 1987；Van Rijn et al., 1999）。また、ニセラーゴカブリダニ、ミチノクカブリダニ、コウズケカブリダニなど多くの土着カブリダニ類はチャ花粉で飼育可能であること（Kishimoto, 2005）が報告されている。キイカブリダニについてはピーマン花粉、ナス花粉でも発育し、ナス花粉を与えた場合には少ないながら産卵も可能であった（表3-4）ことから、これらの花粉もキイカブリダニの代替餌として機能しうると考えられた。しかし、ククメリスカブリダニ、スワルスキーカブリダニ、デジェネランスカブリダニなど花粉のみで飼育可能なカブリダニと比較すると好適な餌とは言えないことが示唆された。

本実験の結果、成虫化率、産卵雌率および総産卵数から判断してタバココナジラミ幼虫、ミナミキイロアザミウマ幼虫がキイカブリダニの好適な餌であることが明らかとなった（表3-3、3-4）。これまで *Typhlodromus athiasae* (Porath and Swirkii)、ヘヤカブリダニ、スワルスキーカブリダニ、*E. scutalis*

表3-3 餌を違えた場合のキイカブリダニの成虫化率および産卵雌率

餌の種類	供試卵数	2日後の生存率 (%)	成虫化率 (%)	産卵雌率 (供試雌数) (%)
ミナミキイロアザミウマ幼虫	40	90.0	65.0	93.3 (15)
ミナミキイロアザミウマ死虫	40	82.5	67.5	90.5 (21)
タバココナジラミ幼虫	40	100	60.0	94.7 (19)
カンザワハダニ卵	40	85.0	0	ND (0)
ナス花粉	40	87.5	77.5	42.9 (21)
ピーマン花粉	40	82.5	70.0	0 (20)
餌なし	40	85.0	2.5	0 (1)

表3-4 餌を違えた場合のキイカブリダニ総産卵数

餌の種類	供試頭数	総産卵数 (平均±標準誤差)
ミナミキイロアザミウマ幼虫	19	32.4 ± 4.66 a ¹⁾
タバココナジラミ幼虫	12	44.5 ± 3.49 a
ナス花粉	9	12.4 ± 1.82 b

¹⁾異なるアルファベット文字間で有意差があることを示す (p<0.05).
Kruskal-Wallis 検定後の Steel-Dwass 多重検定による。

(Athias-Henriot), *Phytoseius finitimus* Ribaga について、タバココナジラミを与えた場合の発育や産卵数が調べられており、ヘヤカブリダニ以外はタバココナジラミを餌として飼育可能で、*E. scutalis* はタバココナジラミを与えた時に最も高い内的自然増加率を示すことが報告されている (Nomikou et al., 2001)。しかし土着カブリダニのなかでコナジラミ類に対して捕食能力を持つ種は報告されておらず本実験で初めて確認された。なお、キイカブリダニはオンシツコナジラミに対してもタバココナジラミ同様に捕食性を持つことを確認している (古味, 未発表)。タバココナジラミは孵化後の歩行期を除いた幼虫期は葉上に固着するためアザミウマ類と異なりカブリダニからの攻撃に対して無防備となる。このため、コナジラミ類に対する捕食性を持つキイカブリダニなどのカブリダニ類にとっての好適な餌となると判断される。今後、キイカブリダニのコナジラミ類を餌とした場合の発育期間などについて詳細に検討する必要がある。

ミナミキイロアザミウマなどのアザミウマ類はカブリダニ類の捕食に対して腹部を振動させて防衛することが知られている (Lewis, 1973)、しかし、キイカブリダニにミナミキイロアザミウマ死虫を与えた場合には生存虫を与えた場合と同様の成虫化率となった。従ってキイカブリダニの場合、ミナミキイロアザミウマ幼虫のこのような防衛行動は効果がないと思われた。

第4節 簡易飼育法

カブリダニ類については各種の飼育法が用いられている。現在まで研究対象となったカブリダニ類はハダニ類あるいは花粉を餌として飼育可能な種が多く、水盤上に設置したスポンジや脱脂綿上に置いたインゲンなどの葉片上にハダニ寄生葉を追加したり花粉を与え飼育するのが一般的であった。また、ニセラーゴカブリダニなど平面上で飼育困難な種ではレモン苗などを小型飼育容器内にハダニとともに入れて飼育を行っている (浜村, 1991)。一方、前節でキイカブリダニはミナミキイロアザミウマあるいはコナジラミ類が好適な餌と判断されたので、これらを用いた室内での飼育方法について検討した。

材料と方法

1. 供試虫

2003年に高知県土佐郡土佐町の雨よけ米ナス圃場で採集し、室内でインゲン葉およびミナミキイロアザミウマを用いて累代飼育中のキイカブリダニ個体群を用いた。

2. 実験1：ミナミキイロアザミウマ幼虫を餌とした場合

水道水を入れた三角フラスコ (容量50ml) にインゲン初生葉2枚を水挿しにし、これを高さ13.5cm、内径9cmの円筒形ガラス容器に入れ、キイカブリダニ雌成虫20頭とミナミキイロアザミウマ1齢幼虫300頭を放飼し、プランクトンネット (φ60μ) を張った蓋をかぶせTSフィルムで封をした (図3-9)。この後、25℃、日長16時間条件下でミナミキイロアザミウマ1齢幼虫を1～2日ごとに100～300頭追加しながら43日間飼育を行い、飼育開始より13日後、28日後および43日後にキイカブリダニの虫数を実体顕微鏡下で計数した。なお、インゲン初生葉は飼育開始より21日後に新しい葉と交換した。この際、三角フラスコから取り出した古い葉は容器外に取り出さず、円筒形ガラス容器の下部に残した。



図3-9 キイカブリダニ飼育装置

3. 実験2：ミナミキイロアザミウマ成虫を餌とした場合

実験1と同様の容器に累代飼育中のミナミキイロアザミウマ成虫100頭を放飼した。そして、8日後にこの容器内にキイカブリダニ成虫を50頭放飼した。キイカブリダニ放飼7日後に容器内のカブリダニ数およびミナミキイロアザミウマ数を実体顕微鏡下で計数した。なお、飼育は25℃、日長16時間条件下の人工気象器内で行った。

4. 実験3：オンシツコナジラミを餌とした場合

実験1と同様の容器にオンシツコナジラミ成虫100頭を放飼し、その7日後にキイカブリダニ成虫を50頭放飼した。キイカブリダニ放飼14日後、28日後に容器内のカブリダニ数およびコナジラミ数を実顕微鏡下で計数した。なお、飼育条件や飼育中のインゲンの処理は実験1、2同様とした。

結果および考察

実験1において飼育開始より13日後、28日後および43日後のキイカブリダニの個体数は、それぞれ60頭、30頭および29頭であり、ミナミキイロアザミウマ1齢幼虫を日当たり平均180頭追加することにより、43日間キイカブリダニを飼育することが可能であることがわかった（表3-5）。

実験2においてミナミキイロアザミウマ成虫をインゲン初生葉に100頭放飼し、8日後にキイカブリダニ50頭を放飼することで7日後にキイカブリダニの成虫、若虫、幼虫合計で311頭、卵61個を得ることができた（表3-6）。この時点で、餌となるミナミキイロアザミウマは幼虫が10頭程度と少なく、容器内で共食いをしているカブリダニ個体も認められた。また、インゲン初生葉はミナミキイロアザミウマ成幼虫の被害により、枯死状態となった。

実験3においてオンシツコナジラミをインゲン初生葉に100頭放飼し、7日後にキイカブリダニ50頭を放飼した場合、14日後、28日後にキイカブリダニの成虫、若虫、幼虫合計でそれぞれ、266頭、96頭、卵はそれぞれ31卵、71卵を得ることができた（表3-7）。一方、餌となるオンシツコナジラミも増殖し、コナジラミの放飼35日後には成虫は420頭となった。

カブリダニ類の飼育に関しては多くの報告がある。実験室レベルでの飼育に適した餌としては、花粉がよく用いられており、Kishimoto（2005）によって花粉を用いた各種カブリダニの汎用飼育装置も考

案されている。

タバココナジラミを餌として飼育可能なカブリダニ類は僅かであり、スワルスキーカブリダニ、*E. scutalis*などが報告されている（Nomikou et al., 2001）が、土着カブリダニでは全く知見がない。キイカブリダニはコナジラミ類が好適な餌であることが明らかとなっている（本章第3節）ものの、小規模な室内飼育の場合、コナジラミ類の密度をコント

表3-5 ミナミキイロアザミウマ幼虫を餌とした場合のキイカブリダニの飼育

飼育開始からの 日数	ミナミキイロ アザミウマ 幼虫追加数	キイカブリダニ 個体数	備考
0	300	20	
2	100		
4	250		
5	100		
6	100		
7	300		
9	220		
11	200		
12	100		
13	200	60	
15	500		
16	100		
18	300		
19	150		
21	150		インゲン葉交換
22	330		
24	200		
25	340		
26	390		
27	200		
28	250	30	
30	175		
31	200		
32	300		
33	300		
34	300		
35	150		
36	200		
37	200		
39	300		
40	280		
41	250		
42	170		
43	120	29	
合計	7,725		

表3-6 ミナミキイロアザミウマ成虫を餌とした場合のキイカブリダニの飼育

飼育開始からの日数	飼育容器内の虫数			
	キイカブリダニ		ミナミキイロアザミウマ	
	成若幼虫 ¹⁾	卵	成虫	幼虫
-8	0	0	100	0
0	50	0	— ²⁾	— ²⁾
7	311	61	74	10

¹⁾ 成虫、幼虫、若虫の合計

²⁾ —：調査せず

ロールしづらいこともあり、ミナミキイロアザミウマなどのアザミウマ類を餌とするのがよいと考えられた。さらに、コナジラミ類を餌とした場合、コナジラミ類の幼虫密度が高くなり過ぎると、甘露によりキイカブリダニが歩行困難になる様子が観察された。飼育容器としては、カブリダニ類の飼育に多用

されているシャーレなどの平板状では日当たりのミナミキイロアザミウマ1齢幼虫の給餌量が180頭程度と多い本種の場合には葉上からの餌の逃亡が多くなることが予想され、ニセラーゴカブリダニの飼育に用いられるような立体的な飼育容器（浜村，1991）が適当であると思われた。

表3-7 オンシツコナジラミを餌とした場合のキイカブリダニの飼育

飼育開始からの日数	飼育容器内の虫数			
	キイカブリダニ		オンシツコナジラミ	
	成若幼虫 ¹⁾	卵	成虫	幼虫
-7	0	0	100	0
0	50	0	— ²⁾	— ²⁾
14	226	31	196	— ²⁾
28	96	71	420	— ²⁾

¹⁾ 成虫，幼虫，若虫の合計

²⁾ —：調査せず

第4章 ナス栽培施設におけるキイカブリダニの利用技術

キイカブリダニはミナミキイロアザミウマに対する捕食能力が高く、また、増殖能力も既知のカブリダニ類の中で極めて高いと判断された（第3章）。しかし、本種は、これまでダイズ栽培施設（Ehara, 1982）、ブドウ園（Shibao et al., 2004）、茶園（Santos et al., 2004）での発生が確認されているのみで、生物的防除資材としての利用に関する研究は全くなされていない。これまでの章で明らかにした、本種のミナミキイロアザミウマに対する捕食能力、増殖能力が既存のカブリダニ類よりも高いことや、夜間の管理温度が14℃条件下で本種の休眠を誘起する臨界日長が約12時間であるといった生態的な特性を考慮し、本章では9月に定植し、翌年の6月まで栽培する促成のナス栽培施設で本種を利用するための放飼頭数、放飼位置および放飼時期について検討した。

第1節 放飼頭数の検討

本来、天敵の放飼量は対象害虫の発生量、発生時期、作物の大きさなどの条件によって増減すべきものであるが、日本では農薬取締法のもと、化学農薬に準じ、生物的防除資材もその効果を保証する放飼量が定められている。市販の生物的防除資材であるククメリスカブリダニ（対アザミウマ類）、チリカブリダニ（対ハダニ類）、ミヤコカブリダニ（対ハダニ類）の野菜類（施設栽培）での放飼量はそれぞれ50～100頭／株、2,000～6,000頭／10a、2,000頭／10aとなっている。そこで、これらの放飼量を参考にナス栽培施設に発生するミナミキイロアザミウマを対象にキイカブリダニを生物的防除資材として用いる場合の放飼頭数について検討した。

材料と方法

1. 供試虫

2003年に高知県土佐郡土佐町の雨よけ米ナス圃場で採集し、室内でインゲン葉およびミナミキイロアザミウマを用いて累代飼育中のキイカブリダニ個体群を用いた。

2. 放飼試験

試験は高知県南国市甘枝の高知県農業技術センター内のナス栽培施設（約2a）で行った。2005年9月12日にうね間を1.8m開けてナス苗（品種：‘竜馬’、台木：ヒラナス）を定植（株間55cm、4うね）した。この圃場内のうねごとにキイカブリダニの放飼頭数を違えた3区（5頭／株、10頭／株、20頭／株）および別圃場に無放飼区を設けた。各区のナスは8株とし、各株の主枝上部（頂部から約15cm下）にマイクロピペット用チップ（1ml）に封入したキイカブリダニ雌成虫を9月26日に放飼した。なお、放飼したキイカブリダニ雌成虫の齢期は1～5日齢とした。両圃場とも定植時にアブラムシ類、コナカイガラムシ類対策にイミダクロプリド粒剤を処理し、施肥、その他一般管理は慣行に準じた。

調査は各区の全株について任意の5葉／株の葉裏に生息するアザミウマ類成、幼虫数およびカブリダニ成、若、幼虫数をおおむね1週間ごとに見とりで数えた。また、放飼したキイカブリダニの株全体への分散を調査するため、10月13日（放飼17日後）に区内の任意の3株について全葉に生息するカブリダニ成、若、幼虫数を調べた。

結 果

キイカブリダニ雌成虫の放飼区および無放飼区のアザミウマ類の密度推移を図4-1に示す。無放飼区では調査開始後からアザミウマ類（ミナミキイロアザミウマ主体）の密度が急増し、10月25日の調査では葉当たり27.3頭となった。キイカブリダニの10頭放飼区、20頭放飼区では、アザミウマ類の密度を抑え、10月下旬には無放飼区の1/5程度と低くなった。5頭放飼区では10月中旬以降アザミウマ類の密度が高くなり、10月25日の調査では葉当たり14.2頭となった。

キイカブリダニ雌成虫を放飼した時のキイカブリダニ密度推移を各放飼区ごとに図4-2に示す。異なる数でキイカブリダニ雌成虫を放飼した時の葉当たりキイカブリダニ個体数の密度推移には明確な差がみられなかった。ただし、放飼17日後に全葉調査を行った結果、キイカブリダニの株当たり密度、確認葉率は20頭放飼区が5頭放飼区、10頭放飼区と比較して高かった（表4-1）。

考 察

本実験の結果、定植直後（2週間後）のナス栽培施設に株当たり10～20頭のキイカブリダニを放飼することでアザミウマ類に対する密度抑制効果が期待できることがわかった（図4-1）。ただし、株全体へのキイカブリダニの分散を考慮すると株当たり20頭以上放飼するのが望ましいと思われる。足立（2001）は3月上旬定植の半促成のナス栽培施設では、ミナミキイロアザミウマの発生初期である4月上旬から株当たり100頭のククメリスカブリダニを3回放飼することで、ミナミキイロアザミウマ密度を無放飼区に比べ放飼後40～50日にわたって抑制したと報告している。また、メロン、キュウリ栽培施設でも同様の放飼量、放飼回数でククメリスカブリダニによるミナミキイロアザミウマの密度抑制効果があるとの報告がある（小澤ら，2001；黒木・阿万，1999）。このようなククメリスカブリダニの放飼量と比較するとキイカブリダニはかなり少ない放飼量でアザミウマ類に対する防除効果が期待できると考えられた。一方、デジェネランスカブリダニの農薬登録上の対アザミウマ類放飼量は1,000～3,000頭/10aとなっており、株当たりでは1～3頭となる（デジェネランスカブリダニの農薬登録は2007年1月18日失効）。このようにデジェネランスカブリダニの場合、

複数回放飼したとしてもククメリスカブリダニと比較してかなり少ない放飼量となる。対象害虫に対する効果を考えると放飼量が多い方がより効果は期待できるが、デジェネランスカブリダニでは増殖コストが高いと言われており、極めて低密度の放飼量に設定されていると推察される。キイカブリダニについても本実験で効果が認められた20頭/株以上の放飼が可能となるよう増殖コストを可能な限り低下させる検討が今後必要である。

第2節 放飼位置の検討

飛翔することのできる生物的防除資材である寄生蜂類やハナカメムシ類などでは放飼位置から対象害虫の生息位置へと比較的速やかに移動することが可能であるが、歩行性の天敵であるカブリダニ類の場合は対象害虫が生息する部位へ直接放飼するのが望ましい。実際、ククメリスカブリダニをキュウリに放飼する場合、定植直後では株元放飼を行い、その後はキャップに入れた製剤を植物体につり下げる方法（山下ら，1996）やメロンでは株上から均一に放飼する方法が行われている（小澤ら，2001）。本節ではナス株にキイカブリダニを放飼する場合の放飼位置について検討する。

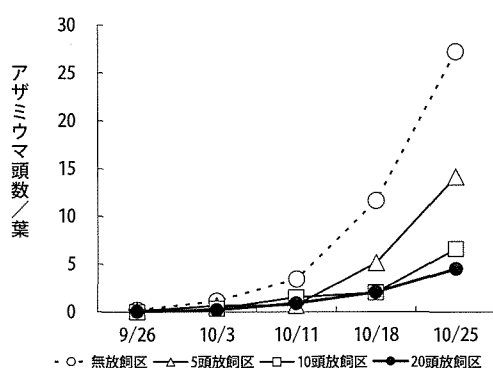


図4-1 異なる数でキイカブリダニ雌成虫を放飼した時のアザミウマ類の密度推移

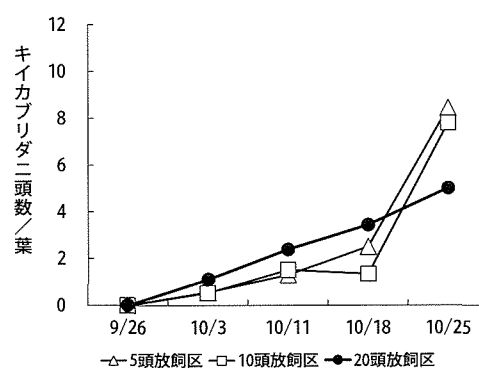


図4-2 異なる数でキイカブリダニ雌成虫を放飼した時のキイカブリダニ（成虫、若虫、幼虫を含む）の密度推移

表4-1 放飼頭数が異なる場合の株当たりキイカブリダニ生息頭数および確認率（2005）

試験区	葉数	生息頭数 ¹⁾	確認率（%） ²⁾
5頭放飼区	51.7±9.07	40.0±2.52	38.7±12.49
10頭放飼区	58.3±8.02	37.0±20.00	32.0±14.70
20頭放飼区	61.0±7.21	122.7±47.43	65.6±11.70

¹⁾ 放飼17日後に調査した3株の平均値±標準偏差

²⁾ 確認率：全葉数に対するキイカブリダニが確認された葉数の割合

材料と方法

1. 供試虫

前節と同じキイカブリダニ個体群を用いた。

2. 放飼試験

試験は高知県南国市廿枝の高知県農業技術センター内のナス栽培施設（約1a）で行った。2003年9月24日にうね間を1.8m開けてナス苗（品種：‘竜馬’，台木：ヒラナス）を定植（株間55cm，主枝3本仕立て）した。その後，2004年3月に主枝を切り戻した。この施設圃場内にキイカブリダニの放飼位置を違えた以下の3区（1区5株）を設置した。施肥，その他一般管理は慣行に準じた。

1) 株元放飼区：株元に近い3主枝の分岐付近の主枝へ30頭放飼

2) 主枝1カ所放飼区：主枝1本の上位（頂部から約30cm下）へ30頭放飼

3) 主枝3カ所放飼区：主枝3本の上位（頂部から約30cm下）にそれぞれ10頭ずつ合計30頭放飼

放飼は2004年5月18日に行い，マイクロビペット用チップに封入したキイカブリダニ雌成虫（1～5日齢）をそれぞれの位置へ放飼した。

調査は放飼した5株のうち中央の3株を対象に，地面からの高さ100cm（上位葉），60cm（中位葉），30cm（下位葉）の3葉位の展開葉について任意の2枚ずつ選び，合計18葉のアザミウマ成，幼虫数およびカブリダニ成，若，幼虫数を放飼3日後，放飼7日後および放飼13日後に計数した。また，放飼したキイカブリダニの分散を評価するため，調査葉位ごとにキイカブリダニの確認葉率も算出した。

結 果

株元放飼区では，放飼7日後では放飼した付近の下位葉にのみキイカブリダニが確認され，放飼13日後でも中位葉まで分布を拡大したのみであった（図4-3）。主枝1カ所放飼区，主枝3カ所放飼区とも放飼7日後には上位葉において葉当たりのキイカブリダニ数が4頭程度となり，主枝1カ所放飼区では放飼7日後，主枝3カ所放飼区では放飼3日後には中位葉まで分布を拡大していた（図4-4，4-5）。アザミウマの個体数は上位葉に多く，下位葉での寄生は少なかった（図4-3～5）。

調査葉位ごとにキイカブリダニの確認葉率調査を行った結果，キイカブリダニの確認葉率を全ての葉位でみると，株元放飼，主枝1カ所放飼，主枝3カ所放飼の順で高い傾向であった（表4-2）。

考 察

本実験の結果キイカブリダニを株上位へ放飼した場合には上位葉，中位葉へと速やかに分布を拡大することがわかった。一方，株元放飼では中位葉，上位葉への分布の拡大がほとんどみられなかった（図4-4，4-5）。黒木・阿万（1999）は，ククメリスカブリダニをキュウリに放飼した場合，放飼14日後には放飼した葉の上下2葉には分布を拡大するものの，その他の葉位への移動はほとんど確認できないと報告している。従って，キュウリでククメリスカブリダニを利用する場合には出葉に合わせて放飼を繰り返す必要があると結論づけている。本実験はナスを対象としており，キュウリとは作物の仕立て方法や出葉速度が異なるため単純に比較することは難しいが，ナスはキュウリよりも葉数が多く，また，

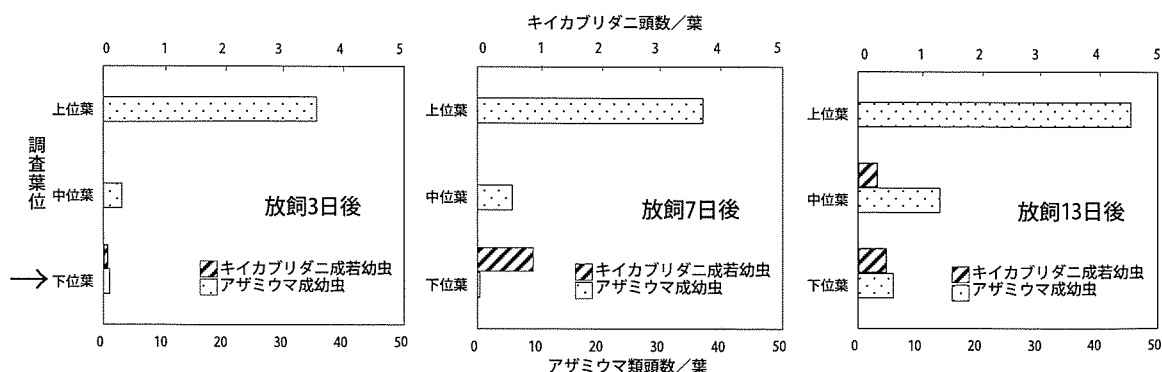


図4-3 主枝の株元に放飼した場合のキイカブリダニおよびミナミキイロアザミウマの葉位別寄頭数の推移

注) 上位葉：地面からの高さ100cm，中位葉：同60cm，下位葉：同30cm
→は放飼位置を示す。

それぞれの葉が重なり合うことも多いため、ナスの方がキュウリよりも分散性が高まる可能性がある。

一方、ミナミキイロアザミウマの分布は下位葉よりも上位葉に多い傾向がみられた(図4-3, 4-4, 4-5)。北村・河合(1984)もナスにおけるミナミキイロアザミウマの個体数は株の上位に多いことを報告している。従って、餌となるミナミキイロアザミウマが多く生息する位置へキイカブリダニを放飼することによりキイカブリダニの増殖率が高まり、分布を広げるようになったと推察された。

本実験の結果より、ナスにおけるキイカブリダニ

の放飼位置としては株元よりも餌となるミナミキイロアザミウマの寄生密度の高い、株の上部が良いと判断された。さらに、主枝1カ所よりも主枝3カ所に放飼すると分散性が高まったことから(表4-2)、キイカブリダニは複数箇所に分けて放飼するのが良いと考えられた。

第3節 放飼時期の検討

冬季のナス栽培施設に非休眠性の生物的防除資材であるククメリスカブリダニ、ミヤコカブリダニ、

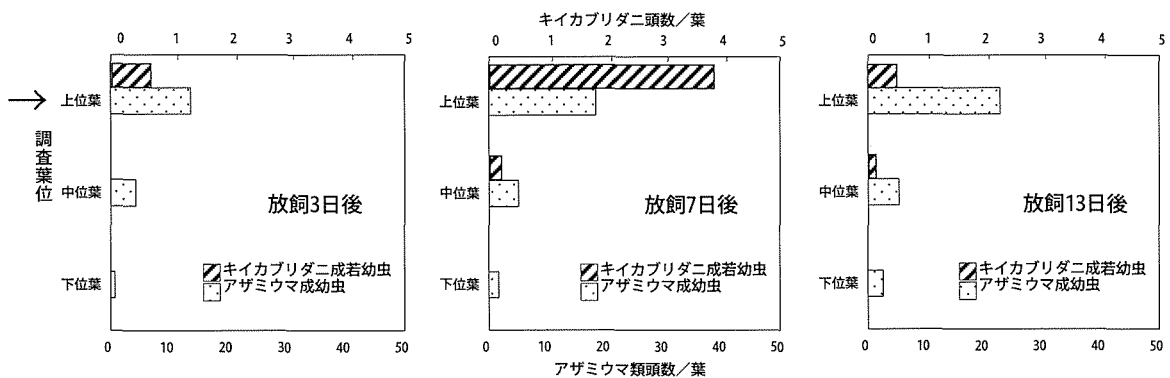


図4-4 主枝1カ所に放飼した場合のキイカブリダニおよびミナミキイロアザミウマの葉位別寄頭数の推移

注) 上位葉：地面からの高さ100cm, 中位葉：同60cm, 下位葉：同30cm
→は放飼位置を示す。

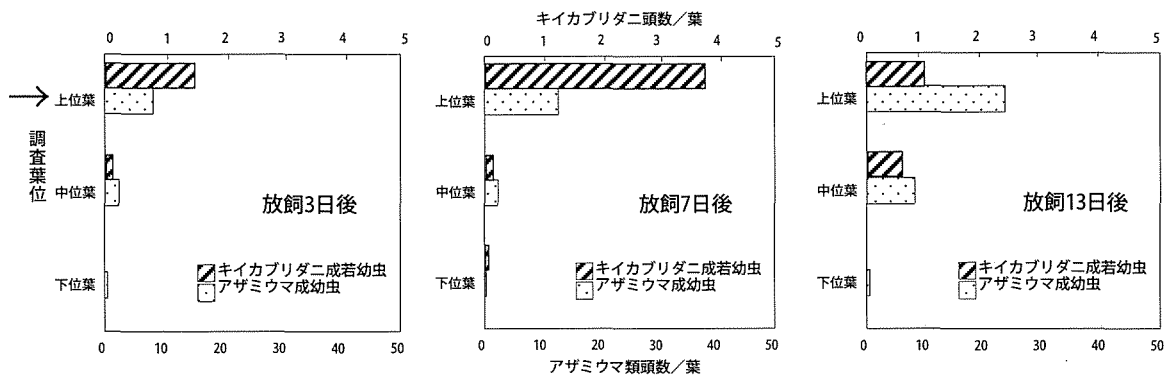


図4-5 主枝3カ所に放飼した場合のキイカブリダニおよびミナミキイロアザミウマの葉位別寄頭数の推移

注) 上位葉：地面からの高さ100cm, 中位葉：同60cm, 下位葉：同30cm
→は放飼位置を示す。

表4-2 放飼位置を変えた場合のキイカブリダニの確認葉率の推移

区	キイカブリダニ確認葉率 (%) ¹⁾								
	放飼3日後			放飼7日後			放飼14日後		
	上位葉	中位葉	下位葉	上位葉	中位葉	下位葉	上位葉	中位葉	下位葉
株元放飼区	0	0	0	0	0	27.8	0	11.1	22.2
主枝1カ所放飼区	22.2	0	0	55.6	11.1	0	33.3	11.1	0
主枝3カ所放飼区	55.6	5.6	0	77.8	11.1	5.6	55.6	27.8	0

¹⁾ 確認葉率：調査葉数(18葉)に対するキイカブリダニが確認された葉数の割合

²⁾ 上位葉：地面からの高さ100cm, 中位葉：同60cm, 下位葉：同30cm

チリカブリダニなどを導入する場合は、低温条件による若干の活動低下があるものの休眠による活動停止の問題は考慮せずに利用が可能である。一方、キイカブリダニは低温短日条件下では休眠し、その休眠を誘起する臨界日長は12時間あるいは10～11時間と個体群によって変異がみられたが、短日であることが分かった（第3章）。このため、冬季のナス栽培施設では一定期間本種が有効に利用できないことが予想される。そこで、冬季にキイカブリダニが休眠のため利用できない期間を明らかにするために放飼時期を違えてキイカブリダニを放飼し、防除効果の有無をナス栽培施設で調べた。

材料と方法

1. 供試虫

第1, 2節と同様のキイカブリダニ個体群を用いた。なお、供試個体群の14℃飼育条件下で休眠を誘起する臨界日長はおおむね12時間であった（第3章）。

2. 実験1：秋（9月）成虫放飼

試験は高知県南国市廿枝の高知県農業技術センター内のナス栽培施設（約2a）で行った。2005年9月12日にうね間を1.8m開けてナス苗（品種；‘竜馬’ 台木：ヒラナス）を定植（株間55cm, 4うね）した。この圃場内にキイカブリダニの放飼区として別圃場に無放飼区を設けた。各区のナスは8株（約8m²）とし、各株の主枝上部（頂部から約15cm下）にマイクロピペット用チップ（1ml）に封入したキイカブリダニ雌成虫（1～5日齢）を9月26日に株あたり20頭放飼した。各区全株について任意の5葉／株の葉裏に生息するアザミウマ成、幼虫数およびキイカブリダニ成、若、幼虫数をおおむね1週間ごとに調査した。また、調査ではカブリダニの雌成虫について10月下旬から体内の卵の有無を見とりで調査し休眠率を算出した。その他、両圃場とも定植時にアブラムシ類、コナカイガラムシ類対策にイミダクロプリド粒剤を処理し、施肥、その他一般管理は慣行に準じた。

3. 実験2：冬（1～2月）成虫放飼

試験は高知県農業技術センター内のナス栽培施設（約2a）で行った。2005年1月18日にうね間を1.8m開けてナス苗（品種；‘竜馬’ 台木：ヒラナス）

を定植（株間55cm, 4うね）した。施設内のうねごとにキイカブリダニの放飼時期を違えた4区（1月25日放飼区, 2月8日放飼区, 2月15日放飼区, 2月26日放飼区）を設けた。各区のナスは10株とし、各株の主枝上部（頂部から約15cm下）にマイクロピペット用チップに封入したキイカブリダニ雌成虫（1～5日齢）を株当たり15～20頭放飼した。各区全株について任意の5葉／株の葉裏に生息するアザミウマ成、幼虫数およびキイカブリダニ成、若、幼虫数をおおむね1週間ごとに調査した。また、各区内の3株については全葉に生息するアザミウマ成幼虫数およびキイカブリダニ幼若成虫数を3月上旬から調べた。なお、雌成虫については体内の卵の有無を見とりで調査し休眠率を算出した。施肥、その他一般管理は慣行に準じた。

4. 実験3：冬～春（1～3月）卵放飼

産下後24時間以内のキイカブリダニ卵（40～120卵）を接種したポット植えナス1株を2005年1月24日, 2月3日, 2月15日, 2月27日, 3月11日に実験2の圃場内に置いた。各ポットは圃場設置14～20日後に回収し、実体顕微鏡下で葉、茎を切除、分解しながらキイカブリダニ雌成虫を抽出した。そしてキイカブリダニ雌成虫について、体内の卵の有無を目視により調査し休眠率を求めた。

結 果

1. 実験1：秋（9月）成虫放飼

放飼区、無放飼区でのアザミウマ類（ミナミキイロアザミウマが優占種）の密度推移および放飼区でのキイカブリダニ成若幼虫数ならびに休眠率の推移を図4-6に示す。無放飼区でのアザミウマ類密度は調査開始3週間後から高まり、調査終了時には葉当たり132.2頭に達した。放飼区では放飼1週間後からキイカブリダニが葉当たり1.1頭と速やかな定着が確認された。その後もキイカブリダニ密度は高まり11月中旬に葉当たり14.7頭となったのをピークに減少した。また、キイカブリダニの休眠個体は10月下旬からみられ始め、10月末以降は休眠率が80%以上となった。放飼区でのアザミウマ類の密度は11月上旬まで無放飼区の1/5程度と低く抑えられたが、その後、アザミウマ類の密度は急増し、調査終了時には葉当たり80.7頭となった。

2. 実験2：冬（1～2月）成虫放飼

キイカブリダニを1月25日、2月8日、2月15日、2月26日に放飼した場合のキイカブリダニ成若幼虫数と休眠率およびアザミウマ類の密度推移をそれぞれ図4-7～4-10に示す。

1月25日放飼区では放飼2週間後までキイカブリダニが確認されたが、その後2月中旬まで調査したものの発生は認められず、休眠個体も確認されなかった（図4-7）。2月8日以降に放飼した3区はいずれもキイカブリダニの継続的な発生が認められ、4月末には葉当たり約10頭以上となった。また、2月8日、15日および26日放飼区では3月上旬までに確認された雌成虫の休眠率は60%以上であったがその後休眠率が低下し、3月下旬には休眠率が20%以下となり、4月以降は休眠個体がみられなくなった（図4-8～4-10）。全葉調査では、各放飼区とも3月下旬からキイカブリダニの個体数が増加し、2月8日放飼区、2月15日放飼区では4月中旬に個体数は

株当たり200頭以上に達した。2月26日放飼区では、4月中旬以降に本種の個体数が株当たり100頭以上となった（図4-11）。

3. 実験3：冬～春（1～3月）卵放飼

キイカブリダニ卵をポット植えナスに接種し実験2の施設内においた場合、成虫化後の雌成虫の休眠率は1月24日～2月27日に設置した場合はいずれも100%であったが、3月11日設置では13%であった（表4-3）。

考 察

キイカブリダニ成虫を秋（9月）の定植後に放飼した場合、10月下旬から休眠個体が現れ、11月上旬には休眠率が90%程度と高まった。アザミウマ密度もこのキイカブリダニの休眠率が高まった時期から上昇し、キイカブリダニによる密度抑制効果がなくなったと推察された（図4-6）。また、冬（1月～2

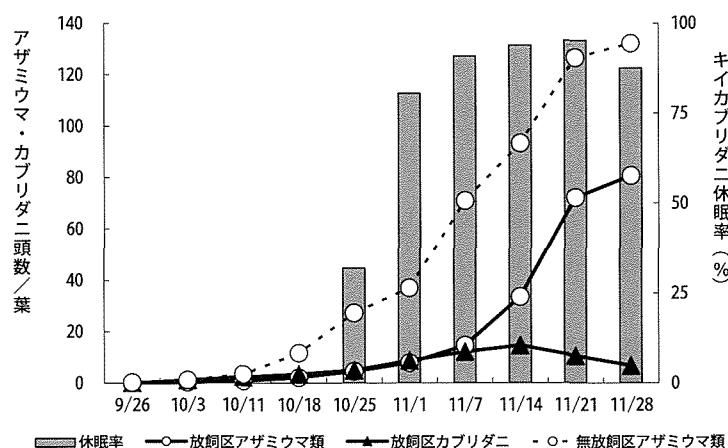


図4-6 9月放飼区におけるアザミウマ、キイカブリダニの発生推移およびキイカブリダニ休眠率の推移

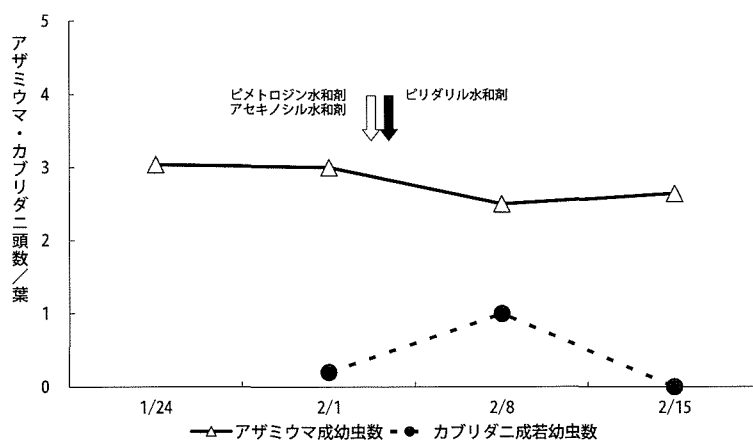


図4-7 1月25日放飼区におけるアザミウマおよびキイカブリダニの発生推移

注) 図中の黒矢印、白矢印はそれぞれアザミウマ類、その他の害虫に対する薬剤散布を示す。

月)に成虫や卵の放飼を行った結果から判断して本種の冬期施設での放飼時期は、継続的発生の期待できる2月上旬以降が望ましいと考えられた(図4-8, 表4-3)。しかし、2月上・中旬にこれらを放飼した場合には3月上旬までかなりの休眠個体が発生することからアザミウマに対する防除効果は不安定となることが予想される(図4-8~10)。

冬季のナス栽培施設での夜間管理温度に相当する14℃条件下でキイカブリダニの休眠を誘起する臨界

日長は10~11時間の範囲であった(第4章)。この臨界日長と高知市における日長時間から推定したキイカブリダニが休眠する時期(11月上旬~2月上旬)は本章で得られた自然日長条件下での放飼試験において休眠率が高かった時期とおおむね一致した。よって、キイカブリダニを冬季のナス栽培施設に放飼して利用する場合、休眠による活動停止を考慮して11月上旬から2月上旬の時期を避けるべきと判断された。

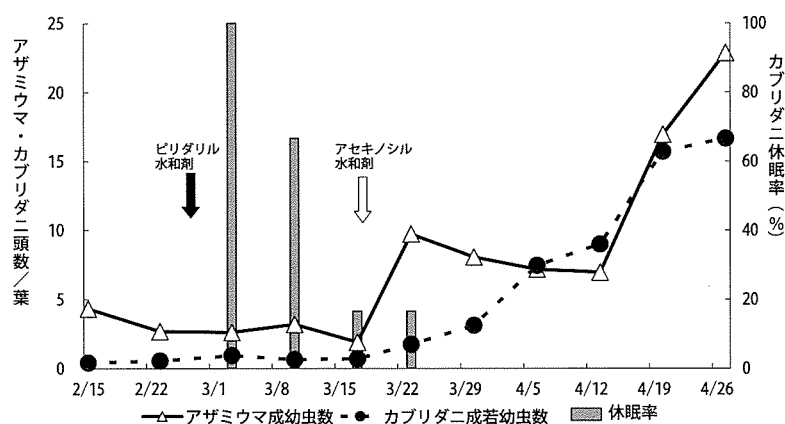


図4-8 2月8日放飼区におけるアザミウマ、キイカブリダニの発生頭数およびキイカブリダニ休眠率の推移

注) 図中の黒矢印、白矢印はそれぞれアザミウマ類、その他の害虫に対する薬剤散布を示す。

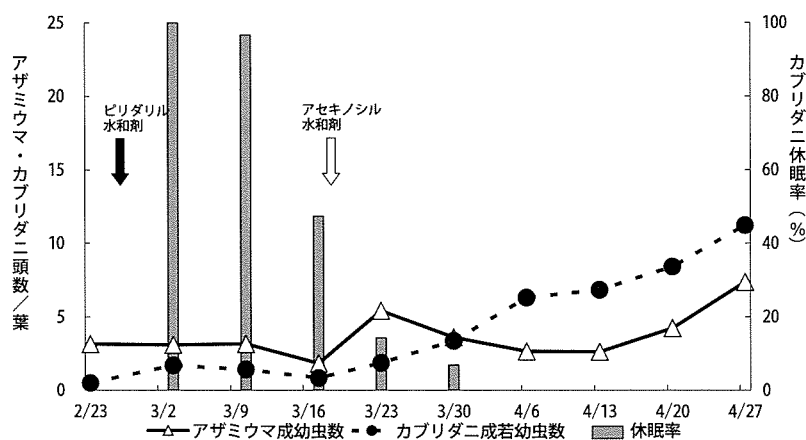


図4-9 2月15日放飼区におけるアザミウマ、キイカブリダニの発生推移およびキイカブリダニ休眠率の推移

注) 図中の黒矢印、白矢印はそれぞれアザミウマ類、その他の害虫に対する薬剤散布を示す。

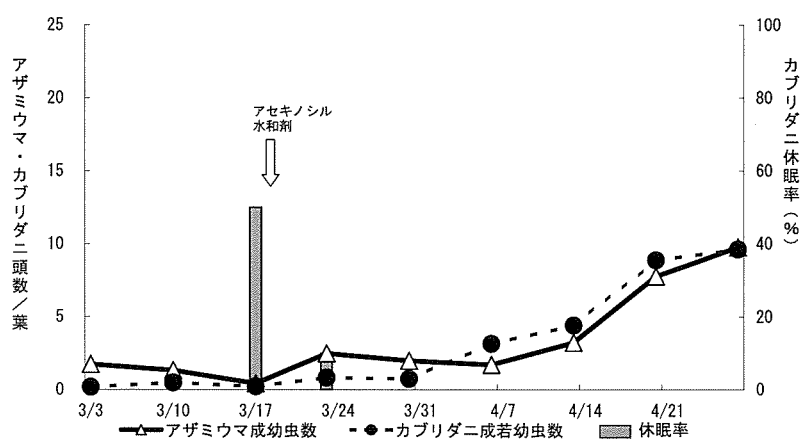


図4-10 2月26日放飼区におけるアザミウマ、キイカブリダニの発生推移およびキイカブリダニ休眠率の推移

注) 図中の白矢印はアザミウマ以外の害虫に対する薬剤散布を示す。

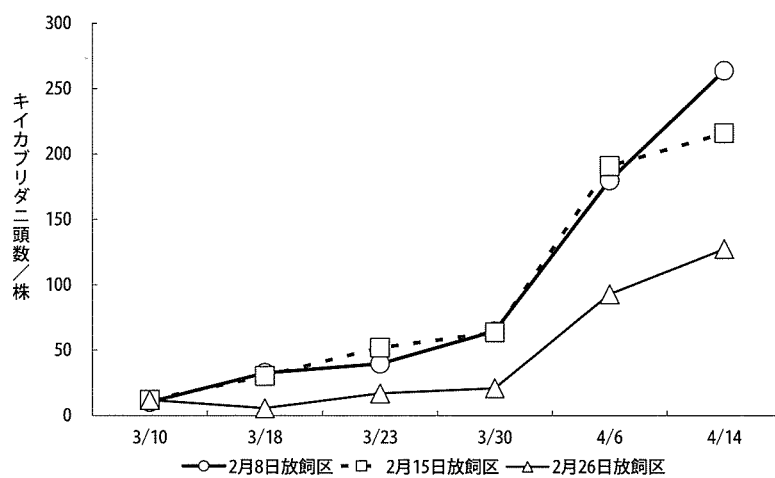


図4-11 各放飼区における全葉調査でのキイカブリダニ個体数の推移

注) 数値は3株の平均。

表4-3 キイカブリダニ卵放飼の時期と休眠率

設置日	接種卵数	調査日	休眠雌数	産卵雌数	休眠率 (%)
1/24	70	2/ 4	9	0	100
2/ 3	100	2/16	8	0	100
2/15	100	3/ 3	8	0	100
2/27	40	3/16	1	0	100
3/11	120	3/28	1	7	12.5

第5章 キイカブリダニの薬剤感受性

高知県ではミナミキイロアザミウマの各種薬剤に対する薬剤感受性が低下しており(古味, 2001; 2003; 山下, 1995), 環境保全型農業の推進とともにこの薬剤抵抗性対策としてタイリクヒメハナカメムシやククメリスカブリダニなどの生物的防除資材がミナミキイロアザミウマの対策に用いられている。利用されている天敵類が対象としない害虫の発生が起こったり, 天敵類の活動が不十分な場合には殺虫剤を利用することになり, そのため, 天敵類に対する薬剤の影響評価がタイリクヒメハナカメムシ(廣森ら, 2004; 山下, 2005)やカブリダニ類(例えば, Amano et al., 2004; 浜村・篠田, 2004; Kim and Seo, 2001, Kongchuensin and Takafuji, 2006; 中川, 1989)などで行われている。静岡県で行われた茶園でのカブリダニ類の発生調査では数年~数十年無防除であった茶園でのみキイカブリダニが確認されており(Santoso et al., 2004), 本種は他の土着カブリダニ類と比べ薬剤に対して感受性が高いことが懸念される。そこで, タイリクヒメハナカメムシなどの天敵類を用いた防除体系で主に使用される薬剤を中心としてキイカブリダニに対する影響評価を行った。

材料と方法

1. 供試虫

2003年に高知県土佐郡土佐町の雨よけ米ナス栽培施設で採集し, 室内でインゲン葉およびミナミキイロアザミウマを用いて累代飼育中のキイカブリダニ個体群を用いた。

2. 検定方法1：散布剤の影響評価

表5-1に示した乳剤または水和剤を所定の濃度(常用濃度)に希釈して(展着剤, クミテン5,000倍加用)インゲン初生葉のリーフディスク(直径2.5cm)を10秒間浸漬した。対照として展着剤を加用(クミテン5,000倍)した水道水に同様に浸漬した。風乾後, 防腐剤としてクリスタルバイオレットを微量添加した0.4%寒天ゲルで満たしたプラスチックシャーレ(直径9cm, 深さ3cm)上に葉裏を上にして葉片をのせた。その葉片上に産下24時間以内のキイカブリダニ卵(15~20卵)を接種し, 餌としてスパチュラ

1杯分のピーマン花粉を与えた。試験開始から2日後に未孵化卵数を, 4~5日後に成虫化した個体数を計数し, それぞれ殺卵率と補正死虫率を求めた。なお, 1薬剤当たり2反復とし, カブリダニ卵を接種してから試験終了まで25℃, 16L-8D条件下で保持した。

3. 検定方法2：粒剤の影響評価

1/2,000a ワグネルポットに育苗培土と表5-2に示した粒剤のいずれかを入れ, 混和後に定植適期(約50日苗)のナス‘千両’(台木:‘台太郎’)を移植し, ガラス温室に置いた。粒剤処理7, 14日後にポット当たり1葉を切り取りリーフディスク(直径2.5cm)を作成した。このリーフディスクを検定方法1と同様のプラスチックシャーレ上に葉裏を上にしてのせた。次に, リーフディスク上に産下24時間以内のキイカブリダニ卵(10卵)を接種し, 餌としてスパチュラ1杯分のピーマン花粉を与えた。試験開始から4~5日後に成虫化した個体数を計数し, 補正死虫率を求めた。なお, 1粒剤当たり2反復で行い, 粒剤を入れないものを対照とした。カブリダニ卵を接種してから試験終了まで25℃, 16L-8D条件下で保持した。

結 果

表5-3にキイカブリダニに対する各種散布剤の影響評価の結果を示す。補正死虫率が30%以下でキイカブリダニに対する影響の少なかったと思われる殺虫剤は, ピリダリル水和剤, インドキサカルブMP水和剤, ピメトロジン水和剤, チアメトキサム水溶剤, ピリプロキシフェン乳剤, ププロフェジン水和剤, Bt剤(ゼンターリ顆粒水和剤, エスマルクDF), アセキノシル水和剤, 酸化フェンブタズ水和剤, ヘキシチアゾクス水和剤であった。また, イミダクロプリド水和剤, アセタミプリド水溶剤も補正死虫率がそれぞれ36%, 32%と比較的影響が少なかった。殺虫・殺菌剤であるキノキサリン系水和剤, ジマンガイセン水和剤は本種に対する影響が大きかった。殺菌剤では本種に影響のあるものは認められなかった。殺ダニ剤であるクロルフェナピル水和剤, ピリダベン水和剤, テブフェンピラド乳剤, キノキサリ

表5-1 供試した薬剤と有効成分量および希釈倍数

薬剤の種類	供試薬剤	有効成分量(%)	希釈倍数
殺虫剤	アクリナトリン水和剤	3.0	1,000
	ピリダリル水和剤	10.0	1,000
	スピノサド水和剤	25.0	5,000
	エマメクチン安息香酸塩乳剤	1.0	2,000
	インドキサカルブ MP 水和剤	10.0	2,000
	クロルフェナビル水和剤	10.0	2,000
	ピメトロジン水和剤	25.0	3,000
	イミダクロプリド水和剤	10.0	2,000
	アセタミプリド水溶剤	20.0	4,000
	チアメトキサム水溶剤	10.0	2,000
	ピリプロキシフェン乳剤*	10.0	1,000
	シロマジン水和剤*	8.3	1,000
	プロプロフェジン水和剤*	25.0	1,000
	フルフェノクスロン乳剤*	10.0	2,000
	Bt 剤（ゼンターリ顆粒水和剤）	10.0	1,000
	Bt 剤（エスマルク DF）	10.0	1,000
	アセキノシル水和剤	15.0	1,500
	酸化フェンブタスズ水和剤	25.0	1,000
	ミルベメクチン乳剤	1.0	2,000
	ヘキシチアゾクス水和剤	10.0	2,000
	フェンピロキシメート水和剤	5.0	2,000
	ピリダベン水和剤	20.0	1,000
	テブフェンピラド乳剤	15.0	2,000
殺虫・殺菌剤	キノキサリン系水和剤	25.0	2,000
	ジマンダイセン水和剤	75.0	800
殺菌剤	シフルフェナミド・トリフルミゾール水和剤	3.4+1.5	2,000
	ボスカリド水和剤	50.0	1,000
	DBEDC 水和剤	20.0	700
	TPN 水和剤	40.0	1,000
	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	30.0	3,000

*昆虫成長阻害剤を示す。

表5-2 各粒剤の有効成分量および処理量

供試薬剤	有効成分量(%)	1鉢当たり処理量(g)
イミダクロプリド粒剤	10.0	1
ニテンピラム粒剤	1.0	1
チアメトキサム粒剤	0.5	1
ジノテフラン粒剤	20.0	1
ピメトロジン粒剤	3.0	1
アセフェート粒剤	5.0	2

ン系水和剤は、本種の卵に対する殺卵活性が認められ、殺卵率はそれぞれ100%、80%、95%と極めて高かった。

各種粒剤のキイカブリダニに対する影響評価結果について表5-4に示す。処理7日後ではイミダクロプリド粒剤、ニテンピラム粒剤、ジノテフラン粒剤、ピメトロジン粒剤、フロニカミド粒剤処理における

キイカブリダニの補正死虫率は20%以下と影響は小さかったが、チアメトキサム粒剤処理での補正死虫率は32%とやや影響が認められた。また、アセフェート粒剤処理では補正死虫率が100%と強い影響がみられた。処理14日後ではアセフェート粒剤処理での補正死虫率が52%であった以外全ての粒剤処理での補正死虫率は0%と影響はほとんどみられなかった。

考 察

従来の殺虫剤はカブリダニ類に対する悪影響が強いものが多かった（浜村, 1986；真梶, 1976；真梶・足立, 1978）が、近年カブリダニ類に影響の少ない選択性殺虫剤が開発利用されるようになった。実際、本実験の結果、昆虫成長制御剤以外でキイカブリダニに影響の少なかったピリダリル水和剤、ピメトロ

表5-3 各種薬剤のキイカブリダニに与える影響

薬剤の種類	供試薬剤	補正死虫率 ^{a)} (%)	殺卵率(%)
殺虫剤	アクリナトリン水和剤	100	ND ^{b)}
	ピリダリル水和剤	22	ND
	スピノサド水和剤	77	ND
	エマメクチン安息香酸塩乳剤	100	ND
	インドキサカルブ MP 水和剤	30	ND
	クロルフェナピル水和剤	100	35
	ピメトロジン水和剤	6	ND
	イミダクロプリド水和剤	36	ND
	アセタミプリド水溶液	32	ND
	チアメトキサム水溶液	5	ND
	ピリプロキシフェン乳剤	15	ND
	シロマジン水和剤	50	ND
	ブプロフェジン水和剤	5	ND
	フルフェノクスロン乳剤	80	ND
	Bt 剤 (ゼンターリ顆粒水和剤)	0	ND
	Bt 剤 (エスマルク DF)	0	ND
	アセキノシル水和剤	14	ND
	酸化フェンブタスズ水和剤	2	ND
	ミルベメクチン乳剤	94	ND
	ヘキシチアゾクス水和剤	10	ND
	フェンピロキシメート水和剤	93	ND
	ピリダベン水和剤	100	100
	テブフェンピラド乳剤	100	80
殺虫・殺菌剤	キノキサリン系水和剤	100	95
	ジマンダイセン水和剤	84	ND
殺菌剤	シフルフェナミド・トリフルミゾール水和剤	20	ND
	ボスカリド水和剤	7	ND
	DBEDC 水和剤	0	ND
	TPN 水和剤	0	ND
	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	0	ND

a) 反復無しの2回繰り返しの平均値。

b) 数値は求めているがほとんど殺卵作用は認められなかった。

表5-4 各粒剤のキイカブリダニに与える影響

供試薬剤	補正死虫率(%)	
	処理7日後	処理14日後
イミダクロプリド粒剤	18	0
ニテンピラム粒剤	12	0
チアメトキサム粒剤	32	0
ジノテフラン粒剤	6	0
ピメトロジン粒剤	13	0
アセフェート粒剤	100	52

注1) 各粒剤を処理したポット植えナスから処理7, 14日後に葉を切除し、この葉片上にカブリダニ卵を20卵接種した。その後、成虫まで発育したものを生存虫とした。

2) 数値は無処理に対する補正死虫率(%)。

ジン水和剤、ピリプロキシフェン乳剤などの殺虫剤13剤、殺菌剤5剤はいずれも選択性殺虫剤として用いられている。これらの薬剤は浜村・篠田(2004)

がミヤコカブリダニ、チリカブリダニ、ケナガカブリダニについても影響が少ないと報告しており、キイカブリダニがこれらの種と比較して薬剤に対する感受性が高い傾向は認められなかった。

昆虫成長制御剤は数系統に分けられ、キチン生合成阻害剤、幼若ホルモン様物質、脱皮ホルモン様物質、クチクラ硬化型剤などがある。キチン生合成阻害剤はベンゾイルウレア系とその他に分類されるが、後者に分類されるブプロフェジン水和剤や幼若ホルモン様物質であるピリプロキシフェン乳剤のキイカブリダニに対する影響はみられなかった。一方、ベンゾイルウレア系のフルフェノクスロン乳剤で80%、クチクラ硬化型剤のシロマジン水和剤で50%の補正死虫率が認められた(表5-3)。一般に昆虫成長制御剤はケナガカブリダニ(浜村・篠田, 2004;

Kim and Seo, 2001；中川, 1989), ミヤコカブリダニ, チリカブリダニ (浜村・篠田, 2004), ニセラーゴカブリダニ (柏尾, 1998) の発育に影響がみられないとの報告があるが, イチレツカブリダニ *E. finlandicus* (Oudemans) でもベンゾイルウレア系に属するキチン生合成阻害剤, ジフルベンズロンの影響がみられたとの報告もある (Sechser, 1984). キイカブリダニは今回は試験をしていないがルフェヌロン乳剤やクロルフルアズロン乳剤といったベンゾイルウレア系に属するキチン生合成阻害剤ならびにククラ硬化型剤の影響が大きいことが懸念され, さらなる研究が必要であると思われる.

高知県で行われているタイリクヒメハナカメムシを主体としたアザミウマ類の防除体系では定植時に, タバココナジラミ, アブラムシ類, コナカイガラムシ類などを対象としたネオニコチノイド系粒剤の処理を行っている. タイリクヒメハナカメムシはこの粒剤の影響が大きい (山下, 2005) ため, 粒剤の処理後1ヶ月間は導入できない. このため, 定植後からタイリクヒメハナカメムシが定着し防除効果を発揮するまでのミナミキイロアザミウマの防除が困難となっており (高井・高橋, 2005), 新たな生物的防除資材が求められている. ククメリスカブリダニの導入時期としてはアザミウマ密度の低い定植直後が望ましいとされ (足立, 2001；小澤ら, 2001；黒木・阿万, 1999；山下ら, 1996), 高知県でも定植直後の導入が検討されたが, その防除効果は不安定であった (岡林, 2001).

カブリダニ類は植物汁液を摂食する種としない種があることが報告されており (Nomikou et. al., 2003), 後者の場合は粒剤の影響をあまり受けない.

キイカブリダニはアセフェート粒剤処理葉での死虫率が高かった (図5-4) ことから植物汁液を摂食している可能性が高いと考えられる, 一方, キイカブリダニはナスで一般的に用いられるネオニコチノイド系粒剤の処理1週間後でも補正死虫率が6.3~32.1%とタイリクヒメハナカメムシと比較して強い影響を受けなかった (表5-4). 従ってネオニコチノイド系粒剤が定植直後に処理されていても, 施用1週間後から放飼が可能であると考えられた. ただし, このようなキイカブリダニの利用を考える場合, 影響の強いアセフェート粒剤の定植直後の使用は避ける必要があると思われる.

受粉用にハチ類を利用し, タイリクヒメハナカメムシや寄生蜂類を防除資材として組み込んだ栽培体系下のナス科果菜類では, 殺ダニ剤であるエマメクチン安息香酸塩乳剤, クロルフェナビル水和剤が使用できないことからチャノホコリダニの発生頻度が極めて高くなる (高井・高橋, 2005). この様な防除体系下では, ミルベメクチン乳剤, フェンピロキシメート・ブプロフェジン水和剤などの殺ダニ剤が用いられている. しかし, これらの薬剤はキイカブリダニに対する影響が大きい (表6-3) ため, 本種の導入後は殺ダニ剤としては酸化フェンブタスズ水和剤, アセキノシル水和剤を用いるのがよいと判断された.

本実験では直接的, 短期的なキイカブリダニに対する散布剤の影響評価を行ったが, 今後は強い影響がみられた散布剤についてのキイカブリダニに対する残効期間を明らかにする必要があると考えられる.

第6章 キイカブリダニを用いたナス栽培施設における ミナミキイロアザミウマの生物的防除法

高知県におけるナス栽培施設では定植時にアブラムシ類、コナジラミ類などを対象としたネオニコチノイド系粒剤を処理し、その影響期間の過ぎた処理1ヶ月後にミナミキイロアザミウマを対象としたタイリクヒメハナカメムシを放飼する防除体系を基本としている。しかし、ネオニコチノイド系粒剤のミナミキイロアザミウマに対する防除効果は低いうえ、タイリクヒメハナカメムシの放飼効果が発揮されるまで導入後1.5ヶ月間かかる(高井・高橋, 2005)ことから、定植から2.5ヶ月間は何らかの手段を取り入れてミナミキイロアザミウマを防除する必要がある。ミナミキイロアザミウマに有効でタイリクヒメハナカメムシに対する影響の少ない粒剤はほとんどないことから、定植時にネオニコチノイド系粒剤を使うためにはその影響期間中は薬剤の影響をあまり受けないカブリダニ類との併用が考えられる。しかし、クメリスカブリダニをナス栽培施設に導入した時の定着性、防除効果は不安定であるとされている(岡林, 2001)。第4章で、キイカブリダニはナス施設での定着性に優れ、ミナミキイロアザミウマに対する防除効果が高いことが明らかとなった。そこで、既存の防除体系下にキイカブリダニを組み込む体系、すなわち、定植時にネオニコチノイド系粒剤を処理した直後にキイカブリダニを放飼し、ネオニコチノイド系粒剤の影響期間が過ぎた1ヶ月後にタイリクヒメハナカメムシを放飼する防除体系について検討した。

材料と方法

1. 供試虫

2006年高知県土佐市のシシトウ栽培施設で採集し、室内でインゲン葉およびミナミキイロアザミウマを用いて累代飼育中のキイカブリダニ個体群を用いた。

2. 試験方法

試験は高知県南国市廿枝の高知県農業技術センター内のナス栽培施設3圃場(約1~2a)で行った。2006年9月11日にうね間を1.8m開けてナス苗(品種:‘竜馬’, 台木:台太郎)を定植(株間55cm, 主枝3本仕立て)した。これら施設圃場内に以下の3

区(1区1施設:80~120株)を設置した。

- 1) 防除実証区; 定植時にアブラムシ類, コナジラミ類対策にネオニコチノイド系のニテンピラム粒剤(1g/株)を処理し, 定植9, 16日後(2006年9月20, 27日)にマイクロピペット用チップに封入したキイカブリダニ雌成虫(1~5日齢)をそれぞれ10頭/株ずつ放飼した。その後, タイリクヒメハナカメムシを10月17日, 24日にそれぞれ1頭/株ずつ放飼した。その他, 病害虫の発生に応じて薬剤散布を行った。なお, 受粉にはミツバチを使用した。
- 2) タイリク区; キイカブリダニを放飼しない以外は防除実証区と同様とした。
- 3) 薬剤防除区; 定植時にニテンピラム粒剤(1g/株)を処理し, 病害虫の発生に応じて薬剤散布を行った。なお, 着果にはホルモン剤を使用した。

調査は各区の10株について任意の4葉/株の葉裏に生息するアザミウマ類成, 幼虫数およびキイカブリダニ成, 若, 幼虫数, タイリクヒメハナカメムシ成, 幼虫数ならびに被害果の発生程度をおおむね1週間ごとに見とりで調べた。また, キイカブリダニの雌成虫については体内の卵の有無を見とりで調査し休眠率を算出した。その他, 施肥, その他一般管理は慣行に準じた。

結 果

防除実証区におけるアザミウマ類, キイカブリダニ, タイリクヒメハナカメムシの発生推移を図6-1Aに, キイカブリダニの生息頭数と休眠率の推移を図6-2に, タイリク区におけるアザミウマ類, タイリクヒメハナカメムシの発生推移を図6-1Bに, 薬剤防除区のアザミウマ類の発生推移を図6-1Cに示す。全ての区において発生していたアザミウマ類の優占種はミナミキイロアザミウマであった。

防除実証区では放飼したキイカブリダニの速やかな増殖が認められ, 11月上旬には8頭/葉となった(図6-1A)。その後, 11月になってキイカブリダニの休眠率が高まるとともに密度が低下した(図6-2)ものの, 11月上旬からタイリクヒメハナカメムシの密度が高まり始めた。両種天敵の効果により栽培初期のアザミウマ類密度は殺虫剤を使用することなく

葉当たり5頭以下と低く抑えられた(図6-1A)。

タイリク区では10月上旬からアザミウマ類の密度が高まり、2回のピリダリル水和剤の散布を行っ

た。1回目の散布後の密度低下は僅かであったが、2回目の散布を行った以降はタイリクによる防除効果も認められ、低密度で推移した。(図6-1B)。

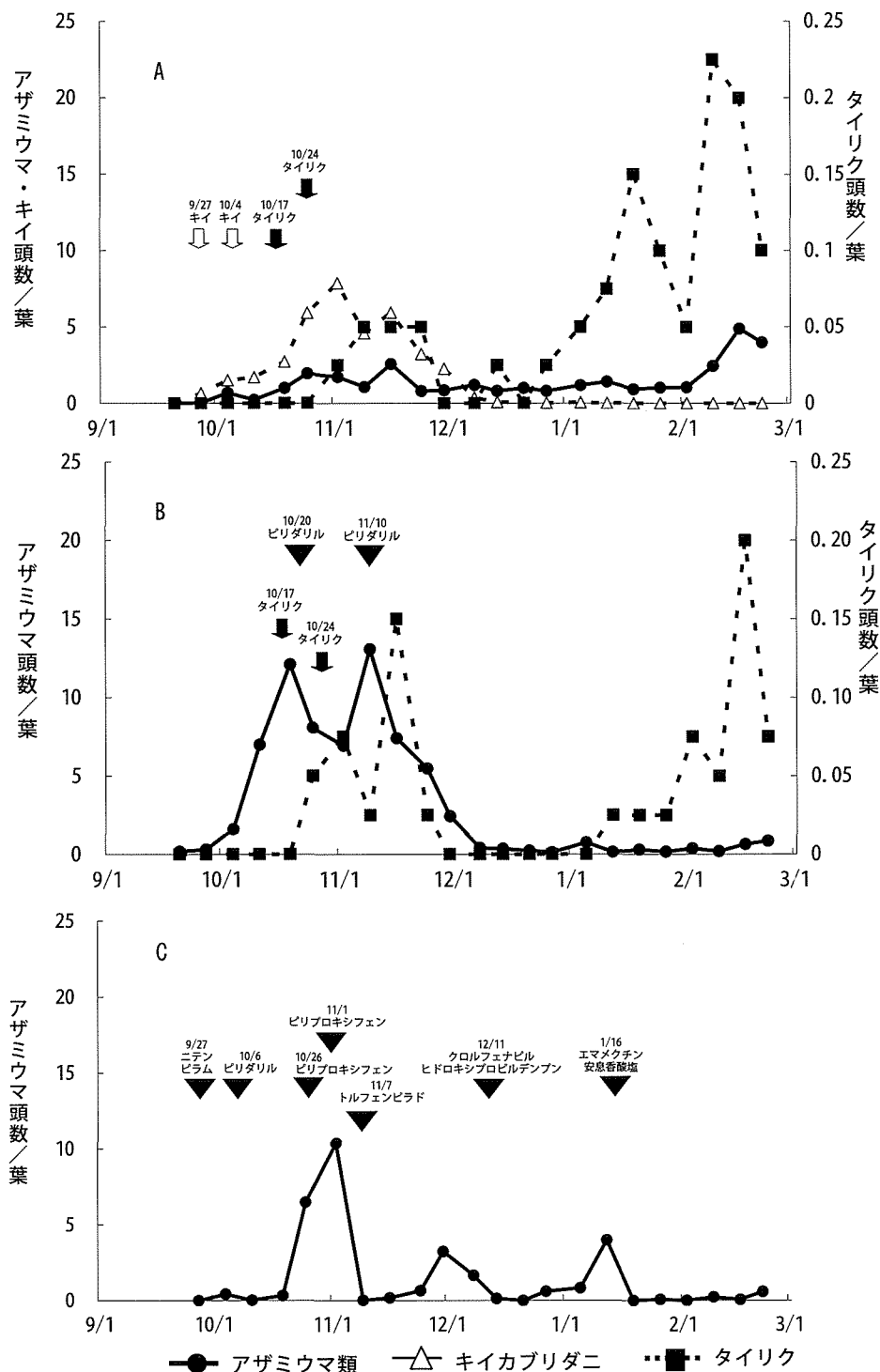


図6-1 防除実証区 (A)、タイリク区 (B)、薬剤防除区 (C) のアザミウマ類、キイカブリダニ、タイリクヒメハナカメムシの発生推移

注1) ▼はアザミウマ類に対する薬剤散布を示す。

2) △はキイカブリダニの、↓はタイリクヒメハナカメムシの放飼を示す。

3) 農技センター内の3圃場に各区を設置した。防除実証区には9月27日、10月4日にキイカブリダニを10頭/株ずつ、防除実証区とタイリク区には10月17日、24日にタイリクヒメハナカメムシを1頭/株ずつ放飼した。なお、3区とも定植時にニテンピラム粒剤を処理した。

薬剤防除区では合計7回の薬剤散布を行ったが、10月下旬から11月上旬、12月上旬、1月上旬にアザミウマ類の密度が高まった(図6-1C)。

また、3区の被害果実の推移について図6-3に示す。防除実証区では収穫始めから12月中旬まで被害果の発生をタイリク区、薬剤防除区のおおむね50%程度とかなり低く抑えた。

考 察

通常9月に定植され翌年の6月まで栽培される促成栽培ナスの栽培期間は10ヶ月におよび、その間発生する病害虫も多い。なかでも栽培期間を通して問題となるミナミキイロアザミウマに対しては様々な防除法が検討されてきた。高知県では当初はミナミキイロアザミウマの防除は薬剤に大きく依存していた。しかし、多くのナス栽培施設で1999年頃から受粉用のセイヨウオオマルハナバチが導入されるようになり、使用可能な殺虫剤の種類、使用時期が制限されたことから、生物的防除資材であるククメリスカブリダニの導入が始まった。その後、タイリクヒメハナカメムシが導入されるようになり、ピリプロキシフェン乳剤、クロルフェナピル水和剤などの選択性殺虫剤も使用可能となったことから本種を基幹としたミナミキイロアザミウマの防除体系がほぼ確立した(高井・高橋, 2005)。しかし、その後、ミナミキイロアザミウマのクロルフェナピル水和剤に対する感受性低下が報告され(古味, 2003)、本実験においてもピリプロキシフェン乳剤の密度抑制効果が認められず、感受性低下が強く疑われる結果となった(図6-1C)。最近、タイリクヒメハナカメムシに影響の少ないピリダリル水和剤がミナミキイロアザミウマ防除剤として登録されたものの、薬剤感受性低下のこれまでの事例を考慮すると、本剤の効果が長期に持続する可能性は低いと思われる。このような現状から、タイリクヒメハナカメムシによるミナミキイロアザミウマの防除効果が発揮されるまでの空白期間を埋める新たな生物的防除資材の開発が急務となっている。

本実験における防除実証区とタイリク区を比較すると、前者ではタイリクヒメハナカメムシが防除効

果を発揮した11月中旬までアザミウマ類を対象とした薬剤散布は行っておらず、それまでアザミウマ類が低密度で推移したのはキイカブリダニによる防除効果であったと思われる(図6-1A)。一方、タイリク区では2回のピリダリル水和剤の散布を行ったにもかかわらず防除実証区よりもアザミウマ類密度が高く推移した(図6-1B)。このようにタイリクヒメハナカメムシの導入に先立って放飼したキイカブリダニは、タイリクヒメハナカメムシが効果を発揮するまでの空白期間を十分に埋めることのできる生物的防除資材であると思われる。柿元ら(2006)は、捕食性のアザミウマであるアカメガシワクダアザミウマをタイリクヒメハナカメムシに先立ち放飼することで同様な効果があることを報告している。この場合、アカメガシワクダアザミウマが害虫アザミウマ類の密度を抑制しつつタイリクヒメハナカメムシの餌となることで後者の定着を促進していると思われる。タイリクヒメハナカメムシのキイカブリダニに対する捕食性の有無は未検討であるため、アカメガシワクダアザミウマとタイリクヒメハナカメムシにみられる関係が生じているかについては今後の研究課題である。

キイカブリダニは我が国に生息する他のカブリダニ類同様に休眠性を示し、9月にキイカブリダニを導入した場合、11月中旬以降のミナミキイロアザミウマに対する防除効果は期待できなくなる(図6-2)。しかし、この時期以降には導入したタイリクヒメハナカメムシの密度抑制効果が発揮され始めることからミナミキイロアザミウマ防除は継続されることとなる。しかし、本実験で防除実証区においてタイリクヒメハナカメムシが定着しているのにも関わらず2月中旬にアザミウマ類の密度が高まった。高井・高橋(2005)もナス栽培施設では12月から翌年の2月までアザミウマ密度が高まる場合が多いことを報告しており、この時期にもキイカブリダニが休眠せず利用できる方が望ましい。従って今後、キイカブリダニをナス施設の栽培期間を通して利用するために本種の非休眠系統の選抜を検討する必要があると思われる。

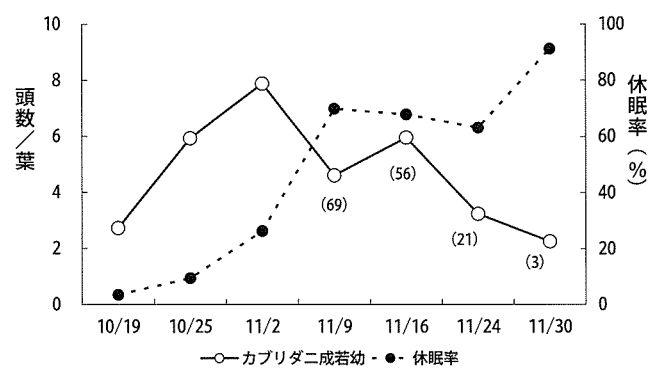


図6-2 防除実証区におけるキイカブリダニの生息頭数および休眠率の推移（2006）

注1）（ ）内は40葉当たり卵数。

2）11月の施設内平均夜温は14.5度、最低夜温は12.1度（実温）。

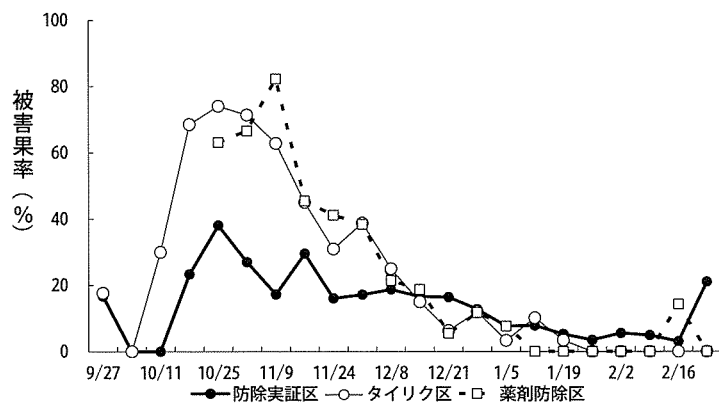


図6-3 各区における被害果（軽微なヘタ部の被害を含む）の発生状況（2006）

総合考察

近年、果樹においては、複合交信攪乱剤や選択性殺虫剤の普及に伴い、経済栽培園でもハダニ類を攻撃する土着天敵が発生する事例が報告されている（例えば、伊澤ら、2000；Katayama et al, 2006；増井・池田、2003）。高知県内のナス栽培施設ではホルモン剤による着果処理にかかる労力を軽減するため、1999年頃から授粉用のセイヨウオオマルハナバチが導入され始めた。これに伴い、重要害虫であるアザミウマ類やアブラムシ類の防除対策としてタイリクヒメハナカメムシ、ククメリスカブリダニ、コレマンアブラバチなどの市販の生物的防除資材を導入する栽培施設が増加した。これに伴いこれらの栽培施設では、化学農薬の使用が制限されるようになり、これまで観察されなかった土着天敵の発生が数多く認められるようになった。これは、前述した現在の果樹において選択性殺虫剤の使用により土着天敵が発生し始めた状況と重なる。高知県の果菜類栽培施設では発生した天敵のなかでカブリダニ類の発生事例が多く、ヘヤカブリダニ、ニセラーゴカブリダニなど9種の土着カブリダニの発生が確認されている（古味ら、2008）。

アザミウマ類に対する生物的防除資材として、日本では外来種のククメリスカブリダニとデジェネランスカブリダニ（2007年1月18日農薬登録失効）が果菜類栽培施設で利用されてきた。近年、外来種の生態系に対する影響が論議され、送粉昆虫であるセイヨウオオマルハナバチも「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」により特定外来生物に指定され、その使用に際して規制を受けるようになった。このような状況のなかで、土着天敵の利用が再評価されてきたが、日本で販売されている生物的農薬資材のうち土着種は、タイリクヒメハナカメムシ、ナミテントウ、ハモグリミドリヒメコバチのみである。

本研究では、高知県における土着カブリダニの生態的な検討により生物的防除資材として販売されている外来カブリダニ類に遜色ないキイカブリダニが見いだされた。本研究では内的自然増加率を求めることはできなかったが、キイカブリダニはその发育速度、産卵数などから既存のカブリダニのなかで極めて増殖能力が高い種であることが示唆された（表

2-3、表3-1、図3-1～3-5、表3-4）。従来、捕食寄生者と寄主との関係で重要視されてきた内的自然増加率は捕食性天敵と餌の関係には当てはまらないと言われてきた（矢野、2003）。それは、必ずしも捕食量が増殖率に結びつかないからである。しかし、カブリダニ類では日当たり産卵数と发育速度ならびに捕食量には高い正の相関が認められており、日当たり産卵数から内的自然増加率を推定できる（Janssen and Sabelis, 1992）との報告がある。従ってキイカブリダニも、速い发育速度（表3-1、図3-1～3-5）、高い産卵能力（表2-3）から高い内的自然増加率を有していることが予想される。そのためキイカブリダニを餌として好適な標的害虫の防除に用いる場合には高い密度抑制効果が期待できる。実際にキイカブリダニをナス栽培施設に放飼した結果からも生物的防除資材としてミナミキイロアザミウマに対する十分な密度抑制効果を示した（図4-6、図6-1）。しかし、本種は休眠性を持つため、ナス栽培施設のように夜間の管理温度が12～14℃と低い作物では短日条件が重なり、休眠が誘起され、防除効果が期待できない期間が生じる。ただし、キイカブリダニの個体群により休眠性に変異が認められている（図3-7）上、明期8、9時間といった短日条件下でも産卵個体が存在する（図3-7）ことから非休眠系統を選抜できる可能性がある。今後、他のカブリダニ類でなされたような非休眠系統の探索や選抜を検討するとともに、天敵販売会社と連携しミナミキイロアザミウマの生物的防除資材としてキイカブリダニの登録を目指す必要がある。

現在、高知県の果菜類栽培施設では本研究が対象害虫としたミナミキイロアザミウマ以外にタバココナジラミが多発生し対策に苦慮している。タバココナジラミはミナミキイロアザミウマと同様に各種薬剤に対する感受性が低下している（樋口、2006；松浦、2006）上、タイリクヒメハナカメムシのように効果の高い捕食性天敵が実用化されていない。本研究の結果、キイカブリダニにとってはタバココナジラミも好適な餌であることが明らかとなった（表3-3、表3-4）ことから、タバココナジラミに対する防除効果についても今後検討するべきである。

摘 要

1. タイリクヒメハナカメムシやククメリスカブリダニ等の市販の生物的防除資材を用いた害虫防除を行っている高知県内の果菜類栽培施設で、土着性カブリダニ類の発生を調査した。確認されたカブリダニ類は発生頻度の高い順に、ヘヤカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、コウズケカブリダニ、キイカブリダニなど9種であった。海岸平坦部の果菜類栽培施設では、ヘヤカブリダニとコウズケカブリダニが、中山間部の果菜類栽培施設では、ニセラーゴカブリダニの発生が多くみられた。さらに、ニセラーゴカブリダニ、コウズケカブリダニ、ミチノクカブリダニはナス類よりピーマン類で発生が多かった。以上のように、栽培地域や栽培作物が異なると発生するカブリダニ類が異なった。
2. 高知県の果菜類栽培施設で発生した土着カブリダニ6種（ヘヤカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、コウズケカブリダニ、キイカブリダニ、ミチノクカブリダニ、サイタマカブリダニ）のなかで、キイカブリダニの日当たり捕食量と産卵数が最も多く、3日間平均で、12.2頭、6.5卵であり、この値はククメリスカブリダニの3倍程度の高いものであった。また、ニセラーゴカブリダニの捕食量も5.8頭とククメリスカブリダニより多かった。以上の結果より、キイカブリダニとニセラーゴカブリダニは土着天敵として有望な種と考えられた。
3. キイカブリダニの生態的な特性を調査したところ、本種の発育期間は25℃で卵～成虫まで4.4日とチリカブリダニを含む既知のカブリダニと比較して短かった。また、発育限界温度も6.6℃とカブリダニ類のなかで低くかった。また、本種は休眠性を持ち、明期22℃、暗期14℃の温度条件下で休眠を誘起する臨界日長は10～11時間であった。
4. ナス栽培施設において放飼数を違えた実験を行った結果、ミナミキイロアザミウマを対象害虫として利用するための放飼量としては株当たり20頭が必要であると推定された。また、放飼位置としてはミナミキイロアザミウマの分布の多い株の上位がよいと判断された。放飼時期としては、本種が休眠する11月上旬から翌年の2月上旬までを避ける必要があると思われた。
5. 天敵類を用いた防除体系下で使用される主な薬剤についてキイカブリダニに対する影響を調査した。薬剤を常用濃度で処理したインゲン葉片上で卵から成虫まで飼育した場合、本種に対して影響の小さい薬剤（死亡率50%以下）は、ピリプロキシフェン乳剤、ピリダリル水和剤、インドキサカルブMP水和剤、ピメトロジン水和剤、アセキノシル水和剤、酸化フェンブタスズ水和剤、プロフェジン水和剤、TPN水和剤、イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤などであった。一方、クロルフェナビル水和剤、エマメクチン安息香酸塩乳剤、スピノサド水和剤、ミルベメクチン水和剤、フェンピロキシメート水和剤、キノキサリン系水和剤、マンゼブ水和剤などは本種に対する影響が大きかった。
6. 高知県南国市甘枝の高知県農業技術センター内の施設ナス圃場に防除実証区（キイカブリダニを放飼し、その後タイリクヒメハナカメムシを放飼する区）、タイリク区（タイリクヒメハナカメムシ単独放飼区）、薬剤防除区を設置した。3区とも定植時（9月11日）にニテンピラム粒剤を処理した。防除実証区には定植9、16日後にキイカブリダニをそれぞれ10頭／株ずつ放飼した。その後、防除実証区およびタイリク区には定植1ヶ月後から1週間間隔で2回、タイリクヒメハナカメムシを1頭／株ずつ放飼した。タイリク区では放飼後約1ヶ月間防除効果は不十分で2回殺虫剤散布を行ったものの、ミナミキイロアザミウマは5.5～13.1頭／葉で推移し、11月下旬まで平均50%の被害果が発生した。リレー放飼区ではキイカブリダニの速やかな増殖が確認され、11月上旬には7.9頭／葉に達した。これに伴いミナミキイロアザミウマの密度は2.6頭／葉以下と低く抑えられ、被害率も平均20%であった。これらの結果から、タイリクヒメハナカメムシの導入前および防除効果が不十分な時期にキイカブリダニを利用することでミナミキイロアザミウマの密度を低く抑え、販売単価の高い栽培初期の被害果の発生を抑えることができた。
7. キイカブリダニは生物的防除資材として販売さ

れている外来カブリダニ類と遜色ない能力を示した。しかし、本種は休眠性を持つため、夜間の管理温度の低いナス栽培施設では一定期間利用できないと判断されたが、非休眠個体選抜の可能性も

考えられた。

また、キイカブリダニはコナジラミ類も捕食したことから、今後はコナジラミ類に対する防除効果についても検討するべきである。

引用文献

- 足立年一 (2001) 捕食性天敵クメリスカブリダニによるアザミウマ類の防除. 農業および園芸, 76: 141-145.
- Amano, H, Y. Ishii and Y. Kobori (2004) Pesticide susceptibility of two dominant Phytoseiid Mites, *Neoseiulus californicus* and *N. womersleyi*, in conventional Japanese fruit orchards (Gamasina: Phytoseiidae). *Journal of the Acarological Society of Japan*, 13:65-70.
- 荒川 洋・建本 聡・星野 滋・林 英明 (2006) ワケギ鱗茎におけるダニ類と昆虫類の生息. 日本応用動物昆虫学会中国支部会報48: 23-29.
- Ehara, S. (1982) Two new species of phytoseiid mite from Japan (Acarina: Phytoseiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 17:40-45.
- 江原昭三 (2005a) 植物防疫基礎講座：カブリダニの見分け方(1)カブリダニ科の概説と日本産の種のリスト. 植物防疫, 59: 177-182.
- 江原昭三 (2005b) 植物防疫基礎講座：カブリダニの見分け方(2)ムチカブリダニ亜科(1). 植物防疫, 59: 235-239.
- 江原昭三 (2005c) 植物防疫基礎講座：カブリダニの見分け方(5)ムチカブリダニ亜科(4). 植物防疫, 59: 391-395.
- Ehara, S. and H. Amano (1998) A revision of the mite family Phytoseiidae in Japan (Acari, Gamasina), with remarks on its biology. *Species Diversity*, 3(1): 25-73.
- Ehara, S. and H. Amano (2004) Checklist and keys to Japanese Amblyseiinae (Acari: Gamasina: Phytoseiidae). *Journal of the Acarological Society of Japan*, 13:1-30.
- Gillespie, D. R. and C. A. Ramey (1988) Life history and cold storage of *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 85: 71-76.
- 後藤哲雄・真梶徳純 (1981) 日本産ナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch の休眠誘起の臨界日長とその地理的変異. 日本応用動物昆虫学会誌, 25: 113-118.
- Hamamura, T., N. Shinkaji and W. Ashihara (1976) The relationship between temperature and developmental period, and oviposition of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). *Bulletin of Fruit Tree Research Station* (E), 1:117-125.
- 浜村徹三 (1982) ケナガカブリダニの休眠に関する研究. 果樹試験場報告(E), 4: 77-90.
- 浜村徹三 (1986) 薬剤抵抗性ケナガカブリダニによる茶園のカンザワハダニの生物的防除に関する研究. 茶業試験場研究報告, 21: 121-201.
- 浜村徹三 (1991) 昆虫の飼育法 (湯島 健ら編). 日本植物防疫協会, pp.380-381.
- 浜村徹三・篠田徹郎 (2004) 3種カブリダニに悪影響のない薬剤の選択. 関西病虫研報, 46: 63-65.
- 廣森 創・石田悠輔・柳沼 大・廿日出正美 (2004) タイリクヒメハナカメムシに対する3種薬剤の影響. 関西病虫研報, 46: 89-90.
- Houten, Y. M. van, P. van Stratum, J. Bruin, A. Veerman (1995a) Selection for non-diapause in *Amblyseius cucumeris* and *Amblyseius barkeri* and exploration of the effectiveness of selected strains for thrips control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 77:289-295.
- Houten, Y. M. van, Paul C. J. van Rijn, Lynell K. Tanigoshi, Pam van Stratum & Jan Bruin (1995b) Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 74: 225-234.
- 樋口聡志 (2006) 熊本県におけるタバココナジラミ バイオタイプQの発生状況と薬剤の殺虫効果. 今月の農業, 50: 84-88.
- 池田二三高・久保田栄・石川 毅・高橋啓之 (1984) メロン温室及びその周辺におけるミナミキイロアザミウマの発生生態. 静岡県農業試験場研究報告, 29: 33-40.

- 伊澤宏毅・藤井和則・的場達矢 (2000) 複合交信攪乱剤を用いたナシ害虫防除における殺虫剤削減の試み. 日本応用動物昆虫学会誌, 44: 165-171.
- Janssen, A. and M. W. Sabelis (1992) Phytoseiid life-histories, local predator-prey dynamics, and strategies for control of tetranychid mites. *Experimental & Applied Acarology*, 14:233-250.
- Kajita, Y. (1986) Predation by *Amblyseius* spp. (Acarina: Phytoseiidae) and *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) on *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). *Applied Entomology and Zoology*, 21: 482-484.
- 柿元一樹・松尾幸助・井上栄明・小原直久 (2002) 桑園におけるカンザワハダニおよび捕食性天敵類の個体群密度の季節的変動. 九州病害虫研究会報, 48: 81-86.
- 柿元一樹・日本典秀・野田隆志 (2003) 鹿児島産ヒメハナカメムシ類3種の飼育温度と日長に対する反応. 日本応用動物昆虫学会誌, 47: 19-28.
- 柿元一樹・井口拓士・井上栄明・櫛下町鉦敏 (2004) アザミウマ類に対するニセラーゴカブリダニの捕食能力. 九州病害虫研究会報, 50: 82-87.
- 柿元一樹・井上栄明・野田隆志・日本典秀・柏尾具俊・平野耕治・山口晃一・岡島秀治 (2006) ブースター天敵を用いたアザミウマ類の新生物的防除技術をめざして. 農業および園芸, 81: 371-379.
- 柏尾具俊 (1998) ダニ類の天敵 (捕食性ダニ). ニセラーゴカブリダニ. 「農業総覧 病害虫防除・資材編」, pp.563-568, 農文教, 東京.
- Kashio, T. and M. Tanaka (1980) Some experiments in diapause of the predacious mite *Amblyseius deleoni* Muma and Demmark (Acarina: Phytoseiidae). *Bulletin of Fruit Tree Research Station* (D), 2:83-90.
- Katayama, H., S. Masui, M. Tsuchiya, A. Tataru, M. Doi, S. Kaneko, T. Saito (2006) Density suppression of the citrus red mite *Panonychus citri* (Acar: Tetranychidae) due to the occurrence of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acar: Phytoseiidae) on *Satsuma mandarin*. *Applied Entomology and Zoology*, 41:679-684.
- 河合 章 (1985) ミナミキイロアザミウマ個体群の生態学的研究Ⅶ. 増殖能力に及ぼす温度の影響. 日本応用動物昆虫学会誌, 29: 140-143.
- Kim, S. S. and S. G. Seo (2001) Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acar: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36: 509-514.
- Kishimoto, H., A. Takafuji (1994) Variations in the Diapause Characteristics of *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acar: Phytoseiidae). *Journal of the Acarological Society of Japan*, 3:59-67.
- Kishimoto, H. (2002) Species composition and seasonal occurrence of spider mites (Acar: Tetranychidae) and their predators in Japanese pear orchards with different agrochemical spraying programs. *Applied Entomology and Zoology*, 37:603-615.
- Kishimoto, H. (2005) A new technique for efficient rearing of phytoseiid mites (Acar: Phytoseiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 40:77-81.
- 北村實彬・河合 章 (1984) ミナミキイロアザミウマ個体群の生態学的研究Ⅳ. ビニルハウス栽培のナスにおける発生分布. 日本応用動物昆虫学会誌, 28: 181-183.
- 小池 朗・根本 久・天野 洋 (2000) カブリダニ捕獲トラップ (Phyto trap) の開発およびその利用によるナシ樹上のカブリダニ類構成と発生消長の調査. 日本応用動物昆虫学会誌, 44: 35-40.
- 古味一洋 (2001) ミナミキイロアザミウマのネオニコチノイド系殺虫剤に対する感受性低下. 四国植防, 36: 53-56.
- 古味一洋 (2003) 高知県におけるミナミキイロアザミウマの薬剤感受性の状況. 高知県農業技術センター研究報告, 12: 21-25.
- 古味一洋・荒川 良・天野 洋 (2008) 高知県内の天敵製剤利用果菜類栽培施設で発生した土着カブリダニ種. 日本ダニ学会誌, 17: 23-28.

- Kongchuensin, M. and A. Takafuji (2006) Effects of some pesticides on the predatory mite, *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Gamasina: Phytoseiidae). *Journal of the Acarological Society of Japan*, 15:17-27.
- 黒木修一・阿万暢彦 (1999) 雨よけ栽培キュウリにおける粒剤とククメリスカブリダニを組み合わせたアザミウマ類防除. 宮崎県総合農業試験場研究報告, 34:1-9.
- Lewis, T. (1973) *Thrips: Their biology, ecology and economic importance*. Academic Press (N.Y.), pp.349.
- 増井伸一・池田雅則 (2003) 静岡県のカンキツ園におけるミカンハダニと捕食性昆虫類の発生量の産地間差異. 関西病虫害研究報告, 45:11-16.
- 松尾尚典・望月雅俊・屋良佳緒利・光永貴之・望月淳 (2003) ククメリスカブリダニ *Amblyseius cucumeris* に対する花粉等の代替餌としての可能性. 日本応用動物昆虫学会誌, 47:153-158.
- 松浦 明 (2006) 宮崎県におけるタバココナジラミバイオタイプ Q の発生と防除対策. 今月の農業, 50:57-61.
- 溝辺 真・柏尾具俊・森田茂樹・高木正見 (2005) 3種アザミウマ類に対するミヤコカブリダニの捕食能力. 九州病虫害研究会報, 51:73-77.
- 望月雅俊 (1996) 薬剤抵抗性ケナガカブリダニの発育, 産卵能力, 休眠性と生殖的親和性. 日本応用動物昆虫学会誌, 40:121-126.
- Momen, F. M. (1995) Feeding, development and reproduction of *Amblyseius barkeri* (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Acarologia*, 36:101-105.
- Moraes, G. J. de, P. C. Lopes and L. C. P. Fernando (2004) Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of coconut growing areas in Sri Lanka, with descriptions of three new species, *Journal of the Acarological Society of Japan*, 13:141-160.
- 森 介計 (1964) ミカンハダニの発生と天敵類の活動およびこれらと薬剤散布との関係. 愛媛県果樹試験場研究報告, 4:43-55.
- 森下正彦 (2000) クサギとアケビにおけるカンザワハダニの発生に及ぼす捕食性天敵の影響. 日本応用動物昆虫学会誌, 44:235-239.
- 中川智之 (1989) 茶園におけるケナガカブリダニに対する殺虫剤の影響. 九州病虫害研究会会報, 35:160-164.
- Nomikou, M., A. Janssen, R. Schraag and M. W. Sabelis (2001) Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. *Experimental and Applied Acarology*, 25:271-291.
- Nomikou, M., A. Janssen and M. W. Sabelis (2003) Phytoseiid predator of whitefly feeds on plant tissue. *Experimental and Applied Acarology*, 31:27-36.
- 野中耕次・寺本 敏・永井清文 (1982) 果菜類を加害するアザミウマ類の生態と防除に関する研究 第5報 ミナミキイロアザミウマの発育速度. 九州病虫害研究会報, 28:126-127.
- 岡林俊宏 (2001) 高知県の施設栽培ナスにおける天敵利用の現状. 植物防疫, 55:263-267.
- 大谷 徹・高藤晃雄・井上雅央 (1991) 合成ピレスロイド剤散布下の露地栽培ナスにおけるカンザワハダニと天敵2種の発生消長. 日本応用動物昆虫学会誌, 35:153-159.
- Osakabe, Mh. (1987) Relationships between food substances and developmental success in *Amblyseius sojaensis* Ehara (Acarina: Phytoseiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 23:45-51.
- Osakabe, Mh., K. Inoue and W. Ashihara (1986) Feeding, reproduction and development of *Amblyseius sojaensis* Ehara (Acarina: Phytoseiidae) on two species of spider mites and on tea pollen. *Applied Entomology and Zoology*, 21:322-327.
- 小澤朗人・太田光昭・小林久俊 (2001) 施設メロンのミナミキイロアザミウマに対するククメリスカブリダニの防除効果. 関東東山病虫害研究会研究会報, 48:125-128.
- Rodriguez-Reina J. M., F. Ferragut, A. Carnero and M. A. Pena (1994) Diapause in the predacious mites *Amblyseius cucumeris* (Oud.) and *Amblyseius barkeri* (Hug.): Consequences of use in integrated control programmes.

- Journal of Applied Entomology*, 118:44-50.
- Sabelis, M. W. (1985): *Capacity for population increase. In: Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control*, Volume 1 Part B (W. Helle and M. W. Sabelis, eds.), pp. 35-41, Elsevier, Amsterdam.
- Santoso, S., A. Takafuji, H. Amano and A. Ozawa (2004) Species composition of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in tea fields with different management practices in Shizuoka prefecture, Japan. *Journal of the Acarological Society of Japan*, 13:77-82.
- Sechser, B., P. Thueler and A. Bachmann (1984) Observations on population levels of the European red mite (Acarina: Tetranychidae) and associated arthropod predator complexes in different spray programs over a 5-year period. *Environmental entomology*, 13: 1577-1582.
- Shibao, M., S. Ehara, A. Hosomi and H. Tanaka (2004) Seasonal fluctuation in population density of phytoseiid mites and the yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) on grape, and predation of the thrips by *Euseius sojaensis* (Ehara) (Acari: Phytoseiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 39:727-730.
- 真梶徳純 (1976) チリカブリダニに対する農薬の影響. 果樹試験場報告(E), 1: 87-102.
- 真梶徳純・足立年一 (1978) チリカブリダニに対する農薬の影響. 果樹試験場報告(E), 2: 99-107.
- 真梶徳純・浜村徹三・芦原 亘 (1978) チリカブリダニが生物的防除効果を発揮する高温側の限界温度. 果樹試験場報告(E), 2: 71-82.
- Shipp, J. L. & G. H. Whitfield (1991) Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*, 20:694-699.
- 高藤晃雄・井上雅央・小田道宏 (1989) 奈良県に発生するナミハダニ個体群の休眠性. 日本応用動物昆虫学会誌, 33: 134-139.
- 高橋健一・森 樊須 (1979) ケナガカブリダニ *Amblyseius longispinosus* (Evans) の越冬生態に関する研究. 北大農邦記, 11: 258-264.
- 高井幹夫 (2000) タイリクヒメハナカメムシの生殖休眠に及ぼす日長の影響. 四国植防, 35: 23-26.
- 高井幹夫・高橋尚之 (2005) 施設野菜の IPM マニュアル. 「IPM マニュアル (梅川ら編)」. 30pp. 養賢堂, 東京.
- 田中 学・井上晃一 (1973) カンキツ園の捕食性ダニの種類と分布. 九州病害虫研究会報, 19: 73-76.
- Toyoshima, S. and N. Hinomoto (2004) Intraspecific variation of reproductive characteristics of *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 39:351-355.
- 梅津由美子・望月雅俊・矢野栄二 (2000) 高温条件におけるミヤコカブリダニの発育・捕食能力. 北日本病虫研報, 51: 245-247.
- Van Rijn, P. C. J. and L. K. Tanigoshi (1999) Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius Degenerans* and *Neoseiulus Cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. *Experimental and Applied Acarology*, 23: 785-802.
- Veerman, A. (1992) Diapause in phytoseiid mites: a review. *Experimental and Applied Acarology*, 14:1-60.
- 山下 泉 (1995) 高知県におけるミナミキイロアザミウマの薬剤感受性. 高知県農業技術センター研究報告, 4: 19-24.
- 山下 泉 (2005) タイリクヒメハナカメムシに対する殺虫剤の影響評価. 高知県農業技術センター研究報告, 14: 13-18.
- 山下賢一・藤富正昭・八瀬順也・足立年一 (1996) ククメリスカブリダニ *Amblyseius cucumeris* のミカンキイロアザミウマ防除への利用. 兵庫県農業技術センター研究報告, 44: 51-56.
- 矢野栄二 (2003) 天敵 生態と利用技術. 養賢堂, 東京. 147pp.

Biological study of native phytoseiid mite, *Gynaeseius liturivorus* (Ehara) and its potential as a biological control agent

by Kazuhiro Komi

Summary

I Native phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) occurring on greenhouse vegetable crops under pest control programs with natural enemies in Kochi prefecture

Between 2001 and 2006, we investigated native phytoseiid mites occurring in greenhouses where vegetable crops were cultivated under pest control programs utilizing natural enemies in Kochi prefecture. Nine phytoseiid species were collected. The most common species in the coastal plain area were *Neoseiulus barkeri* Hughes and *Euseius sojaensis* (Ehara). However, *Amblyseius eharai* Amitai and Swirski were the most common species in the mountainous area. Three species of *A. eharai*, *E. sojaensis* and *A. tsugawai* Ehara were observed more frequently on green pepper than on eggplant.

II Predatory potential against *Thrips palmi* Karny of some native phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) occurring on greenhouse vegetable crops in Kochi prefecture

We investigated the prey consumption and oviposition rates of six native phytoseiid mites, *Neoseiulus barkeri* Hughes, *Euseius sojaensis* (Ehara), *Amblyseius tsugawai* Ehara, *Proprioseiopsis nemotoi* (Ehara and Amano), *Gynaeseius liturivorus* (Ehara) and *A. eharai* Amitai and Swirski, occurring in greenhouses in Kochi prefecture. These values were compared with those of *N. cucumeris* Oudemans, a commercial biological control agent. First instar larvae of *Thrips palmi* Karny were provided as prey for predacious mites. The results showed that *G. liturivorus* exhibited excellent prey consumption and oviposition rates of 12.2 larvae/day and 6.5 eggs/day, respectively, whereas those of *N. cucumeris* were 3.9 larvae/day and 2.2 eggs/day, respectively. *A. eharai* also showed a higher prey consumption rate (5.8 larvae/day) than *N. cucumeris*. Four other native phytoseiid species also consumed *T. palmi* larvae, but the prey consumption and oviposition rates were lower than *N. cucumeris*. In conclusion, both *G. liturivorus* and *A. eharai* were considered promising candidates for biological control agents of *T. palmi*.

III Biological study of *G. Liturivorus*

The mean developmental period from egg to adult was 4.4 days under 25°C condition. Compared with those of phytoseiid mites, including *Phytoseiulus persimilis*, this period was extremely short. Estimated zero development temperature was 6.6°C, this value was also low compared with those of other phytoseiid mites. Estimated critical photoperiod for diapause in *G. liturivorus* was between 10L-11D under 22°C-L, 14°C-D conditions.

IV Method of utilizing *G. liturivorus* on greenhouse eggplant for control of *T. palmi*

A suppressive effect of *T. palmi* can be expected when *G. liturivorus* is released once at rates of 20 adults per plant after planting greenhouse eggplant in early autumn. The optimum release point was an upper site on stem where were *T. palmi* are most abundant. *G. liturivorus* enter reproductive diapauses from early November to ear-

ly February under greenhouse eggplant condition (greenhouse were controlled upper 14°C for over night), so this period should be avoided during utilization of *G. liturivorus*.

V Susceptibility of *G. liturivorus* to pesticides

The effects of several pesticides on the survival of *G. liturivorus* from egg to adult were evaluated using a spraying tower in the laboratory. Pyriproxyfen, Pyridalyl, Indoxacarb, Pymetrozin, Acequinocyl, Fenbutatin Oxide, Buprofezin and Daconil were harmless (mortality<50%) to *G. liturivorus*. However, Chlorfenapyr, Emamectin, Spinosad, Milbemectin, Fenpyroximate and Quinoxaline, Mancozeb were harmful (mortality>80%).

VI Biological control of *T. palmi* in greenhouse eggplant by *G. liturivorus* combination with *Orius strigicollis*

A field trial was conducted in a 200m² experimental greenhouse in Kochi prefecture, starting at the end of September and lasting until the end of May. The greenhouse was divided by vinyl screens in two compartments. *G. liturivorus* was released in one-compartment at the end of September at release rates of 20 adults per plant while the other compartment was untreated. One month later, *Orius strigicollis* was release the both compartment at release rates of two adults per plant. *G. liturivorus* managed to keep the *T. palmi* population below 2.6 individuals per leaf until the end of November. However, the *T. palmi* population of the untreated compartment increased from 5.5 to 13.1 individuals per leaf by the end of November though pesticides to control *T. palmi* were sprayed twice. The end of October, *G. liturivorus* entered diapauses but at the same time the *O. strigicollis* population increased, so the *T. palmi* population remained at a low level until the end of cultivation. In another compartment in which only *O. strigicollis* were released, it was difficult to control the *T. palmi* population before the *O. strigicollis* population increased.

Based on these findings, *G. liturivorus* can be regarded as a promising candidate for thrips control in greenhouse eggplant.