

ブースター天敵を用いた難防除施設園芸害虫の生物的防除技術

鹿兒島県農業開発総合センター ^{いのうえ}井上 ^{ひであき}栄明・^{ふくだ}福田 ^{たけし}健
 鹿兒島県大隅地域振興局農林水産部曾於支所 ^{かき}柿 ^{もと}元 ^{かず}一 ^{たけし}樹
 九州沖縄農業研究センター ^{かし}柏 ^お尾 ^{とも}具 ^{とし}俊
 石原産業株式会社 ^{ひら}平 ^の野 ^{こう}耕 ^じ治
 農業生物資源研究所 ^{ひのもと}日本 ^{のりひで}典秀・^の野田 ^{たかし}隆志

はじめに

施設果菜類では、ミナミキイロアザミウマやミカンキイロアザミウマの2種を中心としたアザミウマ類が重要な害虫となっている。アザミウマ類は殺虫剤に対して抵抗性を発達させやすいため（河合，2001），化学農薬だけに依存しない持続的な防除技術の確立が求められており，天敵生物を利用した生物的防除はその中心的役割を担う技術である（矢野，2003）。施設果菜類のアザミウマ類に対する生物的防除資材として1998年にナミヒメハナカメムシが，2001年にタイリクヒメハナカメムシ（以下，タイリクと略す）が農薬登録されている。なかでもタイリクは日本本土産ヒメハナカメムシ類の中で最も休眠性が弱いことから，冬季の施設でも利用できる天敵として有望視されてきた（SHIMIZU and KAWASAKI, 2001）。タイリクは密度抑制能力が高く，いったん定着させることができれば効果の持続性も高いため，ナスやピーマン類におけるIPMの中心的な防除資材として現地での利用も積極的に図られている（山下・下八川，2005）。しかし，現場への普及となると，その利用は一部の産地だけに限られているのが現状である。この最大の理由は，本種は放飼直後の定着率にばらつきが多いことや，密度抑制効果を発揮するまでの増殖に時間を要するなど，効果の安定性に欠けるためである（岡林，2003 a, b）。

「ブースター法」とは，複数の天敵を併用して天敵の効果を増強する方法で，上述のタイリクの欠点を補うために図-1に示す3者系から筆者らが考案した新たな生

物的防除技術である。本稿では「ブースター法」考案の基となった新発見の土着天敵アカメガシワクダアザミウマ *Haplothrips brevitubus* (Karny)（以下，アカメと略す）の「ブースター天敵」としての生物的特性，その利用法，圃場実証試験結果を，「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の平成17年度採択研究課題として共同研究を行ってきた成果から紹介する。

I 土着天敵アカメガシワクダアザミウマ

Haplothrips 属アザミウマは，現在，日本から9種が記録されており（OKAJIMA, 2006），外部形態はどれもよく類似する。アカメの原産地は本州で，北海道，本州，

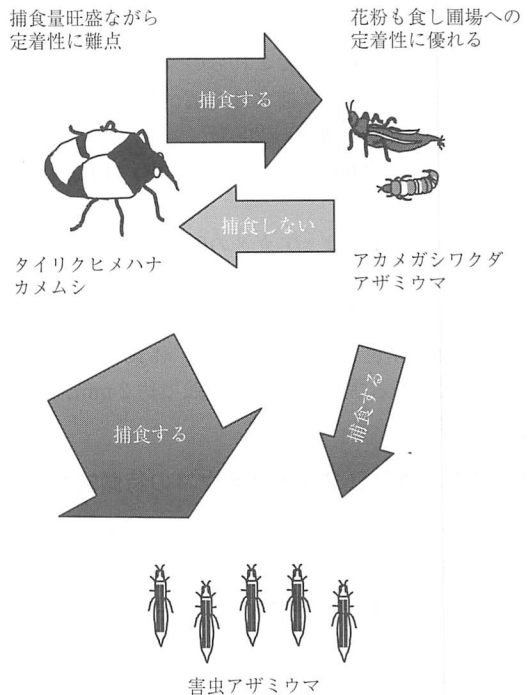


図-1 アカメガシワクダアザミウマ，タイリクヒメハナカメムシと害虫アザミウマの関係

A New Biological Control Technique, 'Booster-in-first' Method, Against Serious Pests in Greenhouses. By Hideaki INOUE, Takeshi FUKUDA, Kazuki KAKIMOTO, Tomotoshi KASHIO, Kouji HIRANO, Norihide HINOMOTO and Takashi NODA

(キーワード：ブースター天敵，アカメガシワクダアザミウマ，ヒメハナカメムシ，生物的防除，アザミウマ類)

表-1 数種花粉を餌としたアカメガシワクダアザミウマの发育期間と羽化した雌成虫の日当たり産卵数

餌	1 齢幼虫	2 齢幼虫	前蛹	第 1 蛹	第 2 蛹	幼虫+蛹	日当たり産卵数
イチゴ花粉	3.0 a	6.6 abc	1.1 a	1.1 a	3.0 a	14.7 ab	6.6 b
ナス花粉	3.1 a	5.9 a	1.1 a	1.0 a	2.8 a	13.9 a	5.9 b
スジコナ卵	2.8 a	6.2 ab	1.0 a	1.2 a	2.9 a	14.0 a	7.8 a
ヒラズ 1 齢	3.1 a	7.9 c	1.0 a	1.0 a	2.8 a	15.8 b	5.3 c

スジコナ卵：スジコナマダラメイガ卵，ヒラズ 1 齢：ヒラズハナアザミウマ 1 齢幼虫，同一英文字間には有意差なし (Tukey の HSD 検定， $P < 0.05$)。

四国，九州，韓国に分布する。近縁のシナクダアザミウマ *Haplothrips chinensis* Priesner は，台湾ではバラやハイビスカスの害虫として位置づけられている (WANG and HSU, 1996; WANG, 1997)。一方，*Haplothrips victoriensis* Bagnall はオーストラリアでナミハダニやミカンキイロアザミウマの天敵として知られ (BAILEY and CAON, 1986; GOODWIN and STEINER, 1996)，また，日本ではミカン園においてミカンハダニの卵を捕食する *Haplothrips* 属の一種が報告されている (柏尾ら，1981)。

2001～03 年にかけて鹿児島県蚕業試験場のクワ園で，クワアザミウマの主要な捕食性天敵として，コムドリチビトピカスミカメ (以下，コムドリと略す)，ニセラーゴカブリダニ (以下，ニセラーゴと略す) に加え，アカメガシワクダアザミウマの発生が初めて確認された。予備的に室温条件下でこれらの天敵のクワアザミウマ幼虫に対する日当たり捕食量を調べたところ，コムドリ雌成虫は約 35 頭 (柿元，2007)，ニセラーゴ雌成虫は約 6 頭 (柿元ら，2004)，アカメ雌成虫は約 12 頭であった。

形態的特徴としては，アカメの卵は橙色をした紡錘形で長さは約 0.3 mm，1 齢幼虫は頭部と胸部，腹部末端が褐色で，腹部は乳白色であるが，2 齢幼虫になると腹部に乳白色と赤色の縞模様を帯び，体長は約 1.5 mm，成虫は光沢のある黒色で，体長は雌で約 2 mm，雄で約 1.5 mm である。

II アカメガシワクダアザミウマの特徴的な食性

これまで，実験室あるいは圃場で確認されているアカメの捕食範囲は，アザミウマ類のほかに，アブラムシ類，コナジラミ類幼虫，ハダニ類，ハモグリバエ類幼虫，チャノホコリダニ，ハスモンヨトウやオオタバコガなどの鱗翅類の卵と大変幅広い (馬場ら，2008)。またアカメはナスやイチゴの花粉だけでも正常に发育し，发育期間，日当たり産卵数ともに動物質食とほぼ同等と評価で

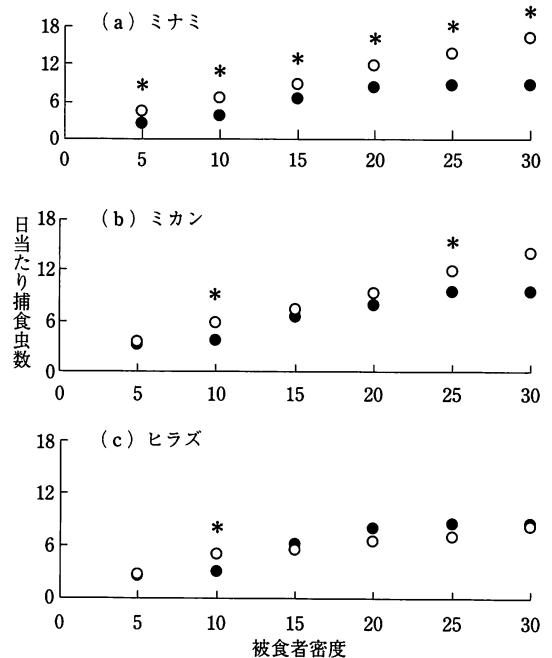


図-2 花粉の有無と異なる被捕食者密度でのアカメガシワクダアザミウマ雌成虫のアザミウマ 2 齢幼虫捕食能力

イチゴ花粉あり (○)，花粉なし (●)。値は平均値 ± SE。* は花粉の有無での捕食頭数に統計的有意差あり Tukey-Kramer's HSD ($P < 0.05$)。ミナミ：ミナミキイロアザミウマ，ミカン：ミカンキイロアザミウマ，ヒラズ：ヒラズハナアザミウマ。害虫およびアカメそれぞれ 10 個体ずつとタイリク 1 個体をチューブ内に入れ，6 時間後および 24 時間後に生存個体数を計測した。

きた (表-1)。そこで施設果菜類栽培で被害が想定されるアザミウマ 3 種に対するアカメの捕食量が花粉の有無でどのように影響されるかを調べた (図-2)。花粉を与えない条件下では，いずれの餌密度条件下でも餌種の違いによる捕食量の差が見られず，アザミウマの種類に関係なくほぼ同等に捕食が可能で，餌アザミウマ類ととも

にイチゴ花粉を与えた条件下では、ミナミキイロアザミウマ、ミカンキイロアザミウマに対する捕食量がアザミウマ類のみに比べて多くなり、ヒラズハナアザミウマに対する捕食量は変化が見られなかった(図-2)。アカメの捕食能力が花粉の存在で増大した要因については、アカメがイチゴ花粉を食することで、ミナミキイロアザミウマおよびミカンキイロアザミウマに対する捕食行動が活発になったことによると推察され、ヒラズハナアザミウマに対する捕食量が少ない一因として、ヒラズハナアザミウマ幼虫の防衛行動が考えられた(福田ら, 2008 a)。

アカメは花粉があれば餌害虫がいなくても圃場に定着でき、また花粉があることで害虫アザミウマの捕食量が低下することがないという大変都合のよい食性を有している。

III タイリクヒメハナカメムシの餌としてのアカメガシワクダアザミウマの評価

タイリクはアカメを餌とした場合、他の餌での成績と大差ない発育を示し、アカメはタイリクの代替餌として適することが明らかになった(表-2)。実験中に、逆にアカメがタイリクを捕食することはなかった。重要害虫

であるミナミキイロアザミウマまたはミカンキイロアザミウマとアカメが混在する場合、タイリクはアカメよりも害虫アザミウマを多く捕食した(表-3)。特に害虫アザミウマとアカメが混在する場合に先にアカメが食べつくされないことは、アカメをタイリクの定着と効果を安定させるブースター(補強資材)として利用するうえで好適な結果であった。

IV アカメガシワクダアザミウマの放飼時期、放飼量、放飼回数

2005年にナスおよびイチゴ圃場でアカメの放飼実験を行った結果、花数の多い時期にアカメの定着が良好であることがわかった。そこで2006年にはアカメの処理条件(放飼時期、放飼量、放飼回数)の違いによるミナミキイロアザミウマへの密度抑制効果の検討を重ね、花数の多い時期の放飼で、害虫密度を無処理区に対して10~50%に抑制できる放飼量、放飼回数の事例を得た(表-4, 5)。すなわちナスでは定植後、アカメを株当たり10頭以上、2回以上の放飼で防除効果が認められること、イチゴでは定植後、アカメを株当たり2頭以上、2回以上の放飼で防除効果が認められることを明らかにした(表-4, 5)。2007年は、処理条件を再確認しなが

表-2 アカメガシワクダアザミウマを餌とした場合のタイリクヒメハナカメムシの発育期間

温度		1 齢幼虫	2 齢幼虫	3 齢幼虫	4 齢幼虫	5 齢幼虫	合計	羽化率
23℃	♂	2.8 ± 0.4	2.3 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.7 ± 0.5	4.1 ± 0.5	14.3 ± 0.8	67.50%
	♀	2.8 ± 0.4	2.3 ± 0.4	2.3 ± 0.5	2.8 ± 0.4	4.2 ± 0.4	14.4 ± 0.7	
26℃	♂	2.1 ± 0.3	1.6 ± 0.5	1.3 ± 0.5	2.3 ± 0.5	2.8 ± 0.4	10.3 ± 0.5	53.30%
	♀	2.1 ± 0.4	2.3 ± 0.4	1.4 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.9 ± 0.4	10.4 ± 0.5	

タイリクの幼虫、雌成虫ともにアカメ2齢幼虫を十分量与え、23℃と26℃の条件下でタイリクの発育期間と生存率、産卵数を調べた。

表-3 タイリクヒメハナカメムシのアカメガシワクダアザミウマおよび害虫アザミウマに対する捕食選好性(25℃, 初期値:各10個体)

害虫種	6時間後の生存数		24時間後の生存数	
	アカメガシワ	害虫アザミウマ	アカメガシワ	害虫アザミウマ
ヒラズ	5.71 ± 2.69	6.29 ± 1.50	2.86 ± 2.54	4.14 ± 2.67
ミナミ	6.60 ± 1.71	3.50 ± 1.51 *	3.80 ± 2.53	0.50 ± 0.85 **
ミカン	6.85 ± 2.67	4.31 ± 2.43 **	3.62 ± 3.71	2.00 ± 2.55 *

アカメガシワ:アカメガシワクダアザミウマ, ヒラズ:ヒラズハナアザミウマ, ミナミ:ミナミキイロアザミウマ, ミカン:ミカンキイロアザミウマ。害虫およびアカメそれぞれ10個体ずつとタイリク1個体をチューブ内に入れ、6時間後および24時間後に生存個体数を計測した。*:P<0.01, **:P<0.05(ウィルコクソン符号順位検定)。

表-4 ナスで防除効果が認められた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の放飼条件*

作物名 (品種)	害虫名	圃場	発生状況	放飼条件	
				放飼頭数	回数
ナス (筑陽) 定植: 8/31	ミナミ 9月3日放飼	ケージ 14株	10頭/株 放飼	ア 30頭/株 タ 1頭/株	3回 2回
ナス (筑陽) 定植: 8/31	ミナミ 9月3日放飼	ケージ 14株	10頭/株 放飼	ア 30頭/株 タ 1頭/株	3回 2回
ナス (筑陽) 定植: 4/12	アザミウマ類	50 m ² 20株	少→多	ア 10頭/株	2回
ナス (筑陽) 定植: 4/12	アザミウマ類	50 m ² 20株	少→多	ア 20頭/株	2回

*無処理区に対して10～30%に害虫密度を抑制した事例。ア：アカメガシワクダアザミウマ，タ：タイリクヒメハナカメムシ，ミナミ：ミナミキイロアザミウマ。

表-5 イチゴで防除効果が認められたアカメガシワクダアザミウマ，タイリクヒメハナカメムシの放飼条件

作物名 (品種名)	害虫名	圃場	発生状況	放飼頭数	回数	防除効果
イチゴ (とよのか) 定植: 10/11	アザミウマ類	150 m ² 630株	少→多	ア 4頭/株 タ 0.5頭/株	4回 1回	A
イチゴ (とよのか) 定植: 9/15	ミカンキイロ アザミウマ	ケージ 30株	15頭/株 放飼	ア 1.8頭/株	2回	B
イチゴ (とよのか) 定植: 9/15	アザミウマ類	130 m ² 530株	少→多	ア 4頭/株 タ 0.5頭/株	4回 1回	B

ア：アカメガシワクダアザミウマ，タ：タイリクヒメハナカメムシ。防除効果A：無処理区に比べて10%未満に害虫密度を抑制，防除効果B：無処理区に比べて10～30%に害虫密度を抑制。

ら，アカメの産卵部位を調査し，栽培管理（収穫，摘果，摘葉，摘花など）の影響を評価した。アカメはナス，イチゴで花やその周辺に産卵することが多く（表-6），花や幼果を間引いた場合は，しばらく圃場内に置く必要があることが明らかになった（福田ら，2008b）。また，ナス，イチゴで使用される各種農薬60薬剤についてアカメに対する残効期間を調査し，薬剤防除の影響を避ける放飼法を検討中である。

V ブースター法の圃場実証試験

IVで得られたアカメとタイリクの効果的な放飼時期，放飼量，放飼回数を，実用レベルの施設ナスとイチゴ圃場で試験し，放飼技術の実証を行った。2007～08年に定植から約1か月以降に所定量のアカメとタイリクを放

表-6 2種植物上でのアカメガシワクダアザミウマの産卵割合

ナス		イチゴ	
未熟果 (がく表)	46.7% (244)	包葉	70.4% (344)
花 (がく表)	45.8% (239)	未熟果 (がく表)	16.5% (78)
花 (がく裏)	6.5% (34)	未熟果 (がく裏)	7.4% (35)
その他	1.0% (5)	花	5.7% (27)

注) () の数値は産卵数を示す。

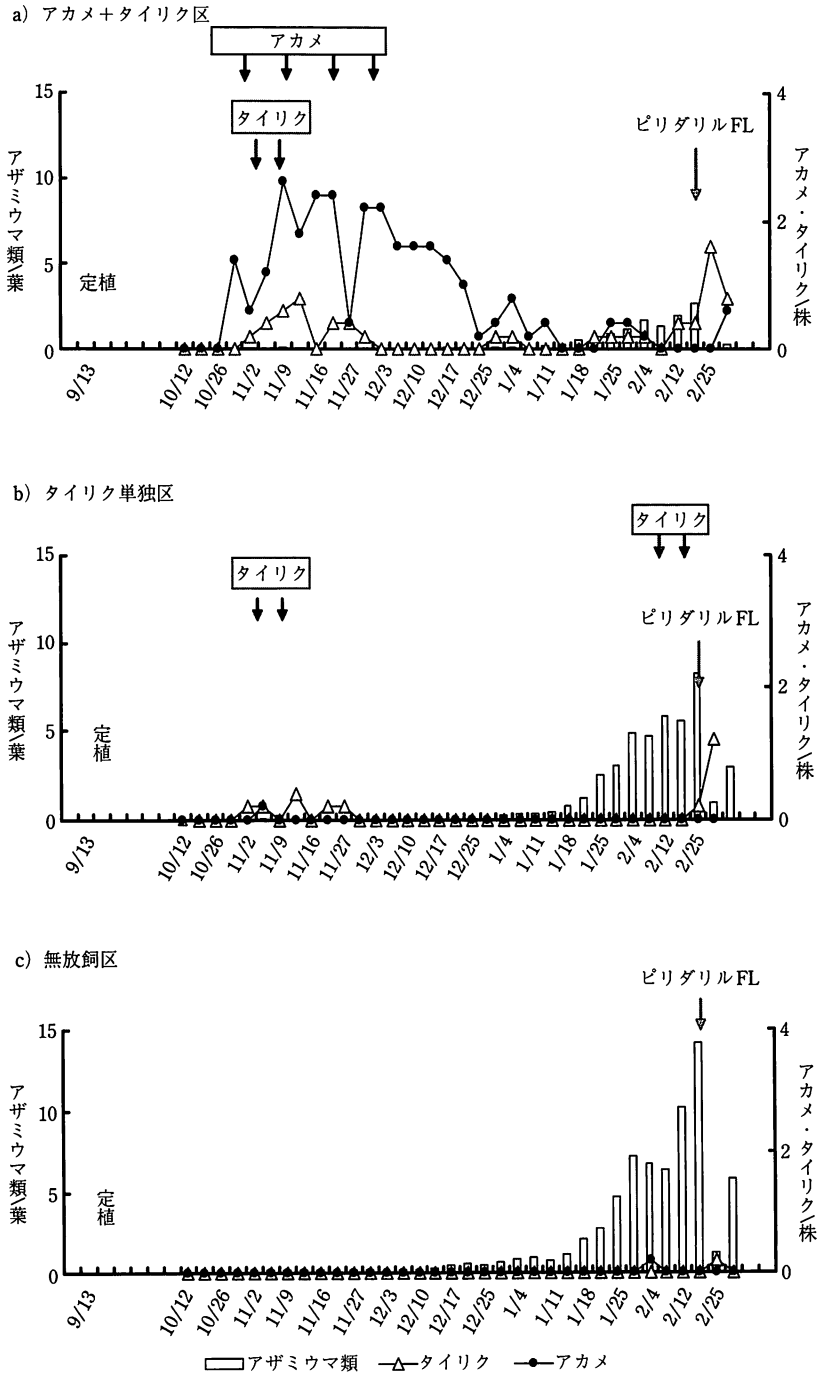


図-3 施設ナスにおける異なる天敵利用区での2種天敵およびアザミウマ類の密度推移

ミナミキイロアザミウマ：株当たり2頭相当を2007年10月18日，11月9日に放虫。アカメ：株当たり10頭を10月26日～11月26日に4回放飼，タイリク：株当たり0.5頭相当を11月1，7日，2008年2月5，14日に4回放飼，2月20日に全区選択的殺虫剤であるピリダリル FL1,000倍を散布。

飼する区（ブースター法実証区）に対照区を設け、効果的な栽培管理、アザミウマ以外の病害虫防除と組み合わせながら栽培を継続し、その間アカメ、タイリク、害虫の密度変化からブースター法の有効性を検証した。

ナスでの事例を図-3、イチゴでの事例を図-4に示す。9月定植の施設ナスで、定植時の粒剤の影響を避け、着花数が増えてくる10～11月に、アカメを株当たり10頭で4回放飼、この間にタイリクを株当たり0.5頭で2回放飼し、これに選択的殺虫剤を組み合わせた。害虫アザミウマ低密度時に花粉食によって定着・増殖できるアカメを、食欲旺盛ながら定着が不安定なタイリクの定着と効果を安定させるブースター（補強資材）として利用する2種天敵の併用で（図-3a）、タイリク単独の倍量利用（図-1b）を上回る高い防除効果を実証した（図-3a, b, c）。次に10月定植の施設イチゴで、1番花期（11月）にアカメを株当たり4頭で4回放飼することにより、アカメの定着数が花当たり3頭に達する結果が得られ、これと株当たり0.5頭のタイリク放飼の併用によるアザミウマ類の高い防除効果を実証した（図-4）。また詳しいデータは省略するが、福岡県の現地6連棟ハウスでは春期、気温が高まってくる直前の2～3月初旬にアカメを株当たり2頭で2回放飼し、春先の害虫アザミウマ密度上昇を抑制できることを明らかにしている。

おわりに

アカメは自身がアザミウマ類の捕食性天敵でありながら、タイリクにも捕食される。一方、アカメがタイリクを捕食することはなく、加えて花粉を食べて発育するため果菜類に放飼後の定着が容易という利点がある（図-1）。この点に着目し、果菜類栽培初期にはアザミウマ類の発生の有無にかかわらずスケジュール的に「ブースター天敵」アカメを放飼して、タイリクの代替餌としての役割ももたせる点が、ブースター法の特徴である。従来、複数の天敵種が食い合うギルド内捕食は生物的防除に不利だとされてきたが、それぞれの天敵の特性をよく見極めて併用することで効果を加速するブースター法は、「卵放飼法」（柿元ら、2008）と併せて、「再現性の高い天敵利用」に貢献できることを期待している。

引用文献

- 1) 馬場央枝ら (2008): 天敵昆虫アカメガシワクダアザミウマ *Haplothrips brevitubus* (Karny) の捕食レバートリーおよび鹿児島大学農学部学内圃場における季節消長, 鹿児島大学農場研報 30: 1～6.
- 2) BAILEY, P. and G. CAON (1986): Predation on twospotted mite,

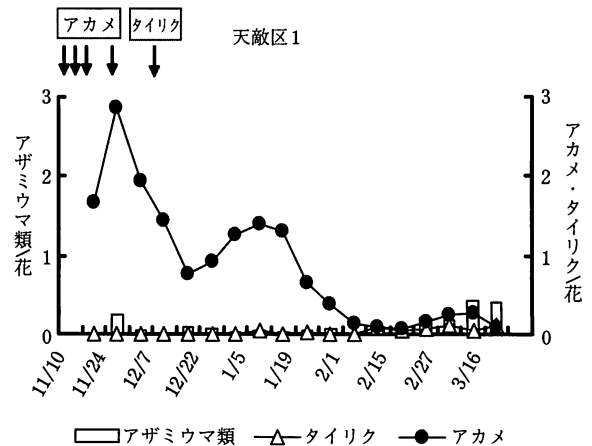


図-4 施設イチゴ一番花期天敵放飼区での2種天敵およびアザミウマ類の密度推移

アカメは2006年11月8～24日に株当たり4頭で4回放飼、タイリクは12月8日に株当たり0.5頭相当を1回放飼。

Tetranychus urticae Koch (Acarina: Tetranychidae) by *Haplothrips victoriensis* Bagnall (Thysanoptera: Phlaeothripidae) and *Stethorus nigripes* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae) on seed lucerne crops in South Australia, Aust. J. Zool. 34: 515～525.

- 3) 福田 健ら (2008 a): 3種アザミウマ類に対するアカメガシワクダアザミウマの捕食能力, 九病虫研会報 54: 印刷中.
- 4) ————ら (2008 b): 果菜類におけるアカメガシワクダアザミウマの産卵および生息部位, 九病虫研会報 54: 印刷中.
- 5) GOODWIN, S. and M. Y. STEINER (1996): Survey of Australian native natural enemies for control of thrips, Internat. Org. of Biol. Contr./ West Pal. Reg. Sec. Bull. 19: 47～50.
- 6) 柿元一樹ら (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, 九病虫研会報 50: 82～87.
- 7) ———— (2007): 鹿児島県農業開発総合センター生産環境部病理昆虫研究分野研究資料第1号, 鹿児島県農業開発総合センター, 鹿児島, 203 pp.
- 8) ————ら (2008): 植物防疫 62: 359～365.
- 9) 柏尾具俊ら (1981): 果樹試験場口之津支場年報, pp. 94～96.
- 10) 河合 章 (2001): 応動昆 45: 39～59.
- 11) 岡林俊宏 (2003 a): 植物防疫 57: 530～534.
- 12) ———— (2003 b): 今月の農業 47(2): 70～75.
- 13) OKAJIMA, S. (2006): The suborder Tubulifera (Thysanoptera), In The Insects of Japan (2) (Entomological Society of Japan ed.), Touka, Shobo Co. Ltd., Fukuoka, 720 pp.
- 14) SHIMIZU, K. and K. KAWASAKI (2001): Geographic variability in diapause response of Japanese *Orius* species, Entomol. Exp. Appl. 98: 303～316.
- 15) WANG, C. L. and M. Y. HSU (1996): Morphological characteristics, development and fecundity of *Haplothrips chinensis* Priesner (Thysanoptera: Phlaeothripidae), Plant Prot. Bull. 38: 191～202.
- 16) WANG, W. (1997): Occurrence and control of thrips in rose, Bull. Taichung District Agric. Improvement Sta. 57: 27～36.
- 17) 山下 泉・下八川裕司 (2005): 植物防疫 59: 457～461.
- 18) 矢野栄二 (2003): 天敵—生態と利用技術—, 養賢堂, 東京, 296 pp.