施設栽培トマトにおける寄生蜂によるマメハモグリバエの生物的防除 II. イサエアヒメコバチとハモグリコマユバチによる生物的防除の現地実証

小澤朗人¹⁾・西東 力・太田光昭

静岡県農業試験場

Biological Control of the American Serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), on Tomato in Greenhouses by Parasitoids. II. Evaluation of Biological Control by *Diglyphus isaea* (Walker) and *Dacnusa sibirica* Telenga in Commercial Greenhouses. Akihito Ozawa,²⁾ Tsutomu Saito and Mitsuaki Ota (Shizuoka Agricultural Experiment Station, 678-1, Toyoda, Iwata, Shizuoka 438-0803, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 45: 61-74 (2001)

Abstract: The effectiveness of biological control against *Liriomyza trifolii* (Burgess) on tomatoes was evaluated in commercial greenhouses. Five experiments were conducted at 2 locations, Hamaoka and Shimizu in Shizuoka Prefecture, from summer to winter in 1994, 1995 and 1996. *Diglyphus isaea* (Walker) and *Dacnusa sibirica* Telenga were released 3 to 9 times weekly after planting at release rates of 178 to 500 wasps per 10 a in biologically controlled greenhouses. Only selective insecticides such as IGR and BT were applied in bio-controlled (BC) greenhouses, whereas various insecticides including non-selective pesticides were applied in chemical controlled (CC) greenhouses. In Hamaoka, the density of leafminer larvae in BC greenhouses was kept at the same level as in CC greenhouses, and the mortality of leafminer larvae increased up to 100%. The density of mines and the number of adults captured by yellow sticky traps were kept at the same as or lower than those in CC greenhouse, respectively. In Shimizu, the densities of leafminer larvae and mines, and the number of adults captured by yellow sticky traps in BC greenhouses were higher than those in CC greenhouses, but the mortality of leafminer larvae increased up to 100% and the damage to tomato plants was not severe. Maximum percentage of parasitism by the parasitoid complex based on the numbers of adult parasitoids that emerged from collected tomato leaves in BC greenhouses in Hamaoka and Shimizu were 100%. Dominant parasitoid species emerging from *L. trifolii* larvae in Hamaoka were *D. isaea* and *D. sibirica*, while dominant parasitoids in Shimizu were indigenous species, among which *Neochrysocharis formosa* and *Hemiptarsenus varicornis* were most dominant. Total frequency of insecticide applications in BC greenhouses were the same as or lower than those in CC greenhouses, but the frequency of insecticide application against leafminers was by far lower than those in CC greenhouses. These results suggest that biological control by the parasitoids against *L. trifolii* was practically effective on tomatoes in commercial greenhouses.

Key words: *Liriomyza trifolii*, *Diglyphus isaea*, *Dacnusa sibirica*, IPM, tomato

緒 言

マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) は、既存の薬剤に対する薬剤抵抗性 (西東ら, 1992) やリサージェンス (西東ら, 1993, 1996), あるいは好適な寄主作物における高い増殖率 (小澤ら, 1999a) などの点から難防除害虫として全国的に問題となっている。近年, 寄生蜂を用いたマメハモグリバエの生物的防除が試みられ (多々良ら, 1993; 小澤ら, 1993; 西東ら, 1995; 柴尾ら, 1996; 市川ら, 1996; 井口, 1997), 1997 年末にはイサエアヒメコバチ *Diglyphus isaea* (Walker) とハモグリコマユバチ *Dacnusa sibirica* Telenga の 2 種寄生蜂の混合資材がトマトを対象に農業登

録された。実用化された寄生蜂 2 種のうち, イサエアヒメコバチは高温適応性が高く (Minkenberg, 1989; Malais and Ravensberg, 1992), 我が国の施設内での使用に適していると考えられる。前報 (小澤ら, 1999b) では, イサエアヒメコバチの放飼時期や野外との隔離程度を変えた放飼試験を実施し, 農業をほとんど散布していない小規模な温室においては, 効果的にマメハモグリバエの密度を抑制することを示した。

マメハモグリバエの寄生蜂であるイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチはともに化学農業に対する感受性が高く, 有機リン剤や合成ピレスロイド剤などの非選択性殺虫剤に対しては特に感受性が高いことが明らかになっている

¹⁾ 現在 静岡県茶業試験場

²⁾ Present address: Shizuoka Tea Experiment Station, 1706-11 Kurasawa, Kikugawa Ogasa, Shizuoka 439-0002, Japan
1999 年 8 月 10 日受領 (Received 10 August 1999)
2001 年 3 月 30 日登載決定 (Accepted 30 March 2001)

(小澤ら, 1998b). しかし, 一般の栽培ほ場では様々な病害虫に対する化学農薬が頻繁に散布されているので, 寄生蜂を用いた生物的防除法を普及させるためには, 通常必要な薬剤防除が行われている現地ほ場においても寄生蜂の実用性を検証する必要がある. さらに, 今後, 施設トマトにおいて農薬使用量の低減を目指した IPM (総合的害虫管理) を実現するためには, マメハモグリバエの総合防除体系はもとより, コナジラミなど他の主要害虫対策も包括した実用的な総合防除体系を構築しておく必要がある.

そこで, 筆者らは, 施設トマトのマメハモグリバエに対する寄生蜂の防除効果を, 寄生蜂に対する影響がないとされた選択性殺虫剤 (小澤ら, 1998b) を中心とした薬剤体系を実施した現地ほ場において検証した. また, 現地実証試験を実施した結果, コナジラミ対策も含めたトマトの総合防除体系を構築するための知見が得られたのであわせて報告する.

本文にはいるに当たり, 本稿のご校閲を賜った農林水産省農業環境技術研究所の矢野栄二博士, 試験を遂行するに当たり貴重な文献やご助言をいただいた近畿大学の杉本毅博士, 寄生蜂の同定についてご指導いただいた農林水産省農業環境技術研究所の小西和彦氏, 統計処理のご指導を賜った科学技術振興事業団の光永貴之博士に厚くお礼申し上げます. また, 寄生蜂を提供していただいた (株) トーメン, 試験ほ場を提供していただいた静岡県小笠郡浜岡町および清水市のトマト農家の諸氏, 調査にご協力いただいた JA 遠州夢咲農協, JA 清水市農協, (有) サギサカ, (株) トーメンの諸氏, 元静岡県中遠農林事務所小笠支所の伊藤直樹氏, 元同中遠病害虫防除所の久保田栄氏および栗岡 隆氏, 元同中部農林事務所の影山智津子氏, 元同中部病害虫防除所の外側正之氏および増井伸一氏に深く感謝する.

材 料 と 方 法

1. 供試天敵

放飼天敵の種類, 放飼密度, 放飼月日は Table 1 に示した. マメハモグリバエの天敵は, オランダから輸入されたイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチの 2 種類の天敵を用いた. また, 試験ほ場ではシルバーリーフコナジラミ *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring が発生していたので, 本種に対する天敵としてオンシツツヤコバチ *Encarsia formosa* Gahan またはサバクツヤコバチ *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich を用いた. これら入手後, ただちに現地農家に輸送, その日の夕方に成虫 (オランダ発送後 5 日以内) を放飼した. なお, 天敵放飼区のハウスには, Table 1 に示した日にハモグリバエの寄生蜂 2 種の成虫をハウスのほぼ中央部に放飼した. コナジラミの天敵については, 1994 年と 1995 年はオンシツツヤコバチのマミーカードをハウス内に均一に設置し, 1996 年はサバクツヤコバチのマミーをボトル内の増量物と一緒にハウス内数カ所の畝上に置いた.

2. 小笠郡浜岡町における現地試験

試験は, 1994 年, 1995 年および 1996 年の 3 回, 静岡県小笠郡浜岡町合戸のミニトマト農家の隣接した鉄骨ハウス (硬質フィルム張り) 2 棟 (面積約 14 a と約 5 a) で行った. 1994 年は 14 a のハウスを天敵放飼区, 5 a のハウスを慣行防除区とし, 1995 年および 1996 年は 14 a のハウスを慣行防除区, 5 a のハウスを天敵放飼区とした. 両試験ハウスの側窓に約 1 mm 目合いの防虫網 (ダイオネット®) を設置したが, 天窓には設置しなかった. 1994 年は 8 月 25 日, 1995 年は 8 月 26 日, 1996 年は 9 月 10 日に第 1 花房開花期のミニトマト苗 (品種: ココ) を各区に定植し, 2 本仕立てとした (5 a ハウスは 460 株, 14 a ハウスは 1,080 株).

Table 1. Species and number of parasitoids released in commercial tomato greenhouses tested

Target pest	<i>Liriomyza trifolii</i>			<i>Bemisia argentifolii</i>		
	Parasitoid species	Number of release/10 a	Release date	Parasitoid species	Number of release/10 a	Release date
Shimizu 1994	<i>Diglyphus isaea</i>	500	2, 9, 16, 30 Aug., 7, 13 Sep., 11, 18, 25 Oct.	<i>Encarsia formosa</i>	4,200	26 Jul., 2, 9, 16, 23, 30 Aug., 7, 20, 27 Sep., 4, 11, 18, 25 Oct.
	<i>Dacnusa sibirica</i>	500	11, 18, 25 Oct.			
	<i>Diglyphus isaea</i>	500	12, 20, 27 Sep., 4 Oct.	<i>Encarsia formosa</i>	4,200	20, 27 Sep., 4, 11 Oct., 1 Nov.
	<i>Dacnusa sibirica</i>	500	12, 20, 27 Sep., 4 Oct.			
Hamaoka 1994	<i>Diglyphus isaea</i>	178	30 Aug., 6, 13, 20 Sep., 4, 11, 18, 25 Oct.	<i>Encarsia formosa</i>	1,500	30 Aug., 6, 13, 20, 27 Sep., 4, 11, 18, 25 Oct.
	<i>Dacnusa sibirica</i>	178	30 Aug., 6, 13, 20, 27 Sep., 4, 11, 18, 25 Oct.			
	<i>Diglyphus isaea</i>	500	20, 27 Sep., 4, 11 Oct.	<i>Encarsia formosa</i>	4,200	20, 27 Sep., 4, 11 Oct.
	<i>Dacnusa sibirica</i>	500	20, 27 Sep., 4, 11 Oct.			
	<i>Diglyphus isaea</i>	250	4, 11, 18, 25 Oct.	<i>Eretmocerus eremicus</i>	6,000	4, 11, 18, 25 Oct.
	<i>Dacnusa sibirica</i>	250	4, 11, 18, 25 Oct.			

定植作業などすべての栽培管理は担当農家が行い、暖房は11月中旬より最低気温約12°Cに設定して行った。天窓と側窓の開閉は、手動により農家の判断で適宜行った。

マメハモグリバエ幼虫と潜孔の密度調査は2週間間隔、黄色粘着トラップによる成虫誘殺数の調査は2または1週間間隔で、定植直後から翌年1月下旬または2月上旬まで行った。幼虫と潜孔の密度調査では、1994年は天敵区で50株、慣行区で35株、1995年と1996年は天敵区で25株、慣行区で24株を均等な間隔で系統抽出して調査株を固定して行った。さらに、1994年と1995年はこれら調査株の完全に展開した複葉について、最下葉から、5、10、15節目と5節目間隔で複葉を選んで調査葉を固定した。株当たりの調査葉数は新葉が展開するにしたがって増加したが、一方で古くなった下葉は適宜除去されたため、調査期間の後半の調査葉数は5~6枚/株とほぼ一定であった。1996年は、調査日ごとに調査株から上位、中位、下位の計3複葉をランダムに選びこれらを調査葉とした。調査葉について、マメハモグリバエの生存幼虫数と潜孔（幼虫が生息したものも含む）の数を見取り調査した。ただし、1996年は生存幼虫数と空の大型潜孔のみを数えた。成虫誘殺数の調査では、黄色粘着トラップ「ホリバー®」（縦25×横10cm）を1994年は天敵区に24枚、慣行区に6枚、1995年は各区に6枚、1996年は天敵区4枚、慣行区5枚を高さ約1.8mの位置に施設内に等間隔に吊し、これらを2週間（1994年）または1週間間隔（1995年と1996年）で回収してマメハモグリバエ成虫の誘殺数を調べた。試験ほ場では3カ年ともシルバーリーフコナジラミの発生がみられたので、黄色トラップへのコナジラミ成虫の誘殺数もあわせて調べた。ただし、1994年のコナジラミについては、24枚中の8枚のトラップのみ調査した。

寄生蜂の種類とその寄生率の調査は、1994年と1995年に行った。密度調査時に両区からマメハモグリバエ幼虫の寄生した小葉をランダムに40~50枚採集し、実体顕微鏡下で幼虫の生死とさらに死亡個体に寄生蜂の幼虫または蛹の寄生が確認できた場合はその数を調べた。幼虫の生死は、体色の褐変または運動の有無で判断したが、完全に干からび黒化した死骸は調査から省いた。まれに寄主幼虫1個体に複数の寄生蜂幼虫が寄生している場合があったが、これらは1個体と見なした。実体顕微鏡での調査後、寄主幼虫を葉ごと濾紙を敷いた直径約25cm高さ約10cmのプラスチック容器の中に入れて約25°Cの恒温室内に約3週間放置し、羽化した虫の種類と数を調べた。寄生蜂の同定は、小西（1998）の検索表に従って行った。寄生蜂の卵やハモグリコマユバチなどの飼育殺し内部寄生蜂の寄生状況を調べるための寄主幼虫の解剖調査は行わなかった。

天敵区では、担当農家と協議の上、一部を除いてトマトでの適正使用基準に基づいて散布する薬剤の種類、施用量

および散布時期を決めた。ただし、殺虫剤はIGR剤やBT剤など寄生蜂に対する影響が少ないと考えられる薬剤のみを散布した。一方、慣行区での散布薬剤の選択と散布回数および時期は、農家の判断に任せた。すべての薬剤散布は担当農家が行った。天敵放飼区には温度記録計を設置して、1時間ごとに気温を測定した。

3. 清水市における現地試験

試験は1994年と1995年の2回、静岡県清水市折戸のトマト農家の隣接したガラス温室2棟（ともに面積約5a）で行った。1棟は天敵放飼区、もう1棟は慣行防除区とし、両試験ハウスの側窓には約1mm目合いの防虫網（ダイオネット®）を設置したが、天窓には設置しなかった。1994年は8月7日、1995年は7月29日に第1花房開花期のトマト苗（品種：木熟麗玉2号）812株を各区に定植し、1本仕立てとした。定植作業などすべての栽培管理は担当農家が行い、暖房は11月中旬より最低気温約12°Cに設定して行った。天窓と側窓の開閉は、手動により農家の判断で適宜行った。

調査は定植直後の8月上旬から12月上旬まで行い、浜岡町での1994年および1995年の試験とほぼ同様の方法でマメハモグリバエの密度推移と寄生蜂の種類を調査した。ただし、幼虫と潜孔の密度調査での調査株数は1994年は各区50株、1995年は各区25株とし、黄色トラップは両年、両区ともに6枚ずつ設置した。また、試験ほ場ではシルバーリーフコナジラミの発生がみられたので、黄色トラップによるコナジラミ成虫の誘殺数もあわせて調べた。

薬剤散布については、浜岡町と同様、天敵区は担当農家と協議の上、主にIGR剤などの選択性殺虫剤を散布した。慣行区における薬剤散布はすべて農家の判断に任せ、薬剤散布はすべて担当農家が行った。また、天敵区における気温を測定した。

結 果

1. マメハモグリバエ幼虫密度

浜岡町と清水市におけるマメハモグリバエの生存幼虫の密度推移をFig. 1に示した。浜岡町における1994年の試験では、天敵区における密度は10月12日にピークとなった後減少に転じ、12月9日以降は0.1頭/葉以下となった。一方、慣行区では11月まで天敵区より低い密度で推移したが、12月9日には増加して0.83頭/葉となった。1995年の試験では、寄生蜂放飼後に幼虫発生ピークは2回認められ、10月31日のピークでは天敵区は慣行区の約2倍の密度であったが、12月14日のピーク時では慣行区の約1/2の密度となった。1996年の試験では、両区とも0.5頭/葉以下の低密度で推移し、特に天敵区の密度は低かった。ここで、株を第一次抽出単位、複葉を第二次抽出単位として反復測定のある枝分かれ2元配置分散分析（SAS In-

Fig. 1. Seasonal changes in the density ($\pm$ S.E.) of live larvae of *L. trifolii* on tomatoes in greenhouses with parasitoid release (closed circles) and in those only with chemical treatments (open circles). Triangles indicate the application of insecticides against *L. trifolii* in greenhouses with parasitoid release (closed triangles) and in those only with chemical treatments (open triangles).

stitute, 2000) を行った結果, 1994 年は天敵区は慣行区より有意に幼虫密度は高かったが (処理: $df=1$; $ss=130.2$; $F=76.19$; $p<0.001$, 株内葉 (nest): $df=7$; $ss=133.2$; $F=11.13$; $p<0.001$, 調査日 (repeated): $df=7$; $ss=224.5$; $F=18.77$; $p<0.001$, 調査日 $\times$ 処理: $df=7$; $ss=325.6$; $F=27.23$; $p<0.001$), 1995 および 1996 年では両区間に有意差はなかった (1995 年処理: $df=1$; $ss=0.02507$; $F=0.02970$; $p>0.05$, 株内葉 (nest): $df=10$; $ss=34.02$; $F=4.027$; $p<0.001$, 調査日 (repeated): $df=7$; $ss=16.38$; $F=2.769$; $p>0.05$, 調査日 $\times$ 処理: $df=7$; $ss=19.22$; $F=3.250$; $p<0.01$, 1996 年処理: $df=1$; $ss=0.2801$; $F=2.211$; $p>0.05$, 株内葉 (nest): $df=4$; $ss=2.493$; $F=4.920$; $p<0.001$, 調査日 (repeated): $df=7$; $ss=0.3343$; $F=0.3770$; $p>0.05$, 調査日 $\times$ 処理: $df=7$; $ss=3.265$; $F=3.682$; $p<0.001$).

清水市における 1994 年の試験では, 天敵区の密度は 10 月以降急上昇して 11 月 15 日には 4.6 頭/葉と高密度になった。ここで, 11 月以降被害が予想されたため, 天敵区ではフルフェノクスロン剤が 11 月 9 日と 14 日に散布され, 11 月下旬以降には密度は急減した。一方, 慣行区では, 終始 0.5 頭/葉以下の低密度で推移した。1995 年の試験では, 天敵区の密度は 11 月中旬まで 0.22 頭/葉以下の低密度で推移したが, 11 月 29 日に一時的に密度が上昇した。一方, 慣行区では終極極めて低密度で推移した。反復測定のある枝分かれ 2 元配置分散分析 (SAS Institute, 2000) による天敵区と慣行区との比較では, 1994 年, 1995 年ともに天敵区の密度は慣行区より有意に高かった (1994 年処理: $df=1$; $ss=182.9$; $F=37.11$; $p<0.001$, 株内葉 (nest)

$df=9$; $ss=859.4$; $F=19.38$; $p<0.001$, 調査日 (repeated): $df=6$; $ss=1877$; $F=63.50$; $p<0.001$, 調査日 $\times$ 処理: $df=6$; $ss=1967$; $F=66.53$; $p<0.001$, 1995 年処理: $df=1$; $ss=13.02$; $F=42.05$; $p<0.001$, 株内葉 (nest): $df=9$; $ss=20.25$; $F=7.266$; $p<0.001$, 調査日 (repeated): $df=7$; $ss=12.57$; $F=5.801$; $p<0.001$, 調査日 $\times$ 処理: $df=7$; $ss=19.41$; $F=8.954$; $p<0.001$).

浜岡町の試験ハウスでは, 3 カ年とも 9 月中は日最高気温が 30°C 以上を示した日が多く, 日平均気温は 9 月上旬から 10 月上旬まで 20°C 以上を示した。暖房を開始した 11 月上旬以降は, 日最高気温は 20°C を越える日もあったものの, 日平均気温は 12~15°C で推移した。一方, 清水市の試験ハウスでは, 2 カ年とも 9 月中旬までは日最高気温が 30°C 以上を示した日が多く, 日平均気温は 10 月下旬まで 20°C 以上を示したが, 11 月から 12 月の平均気温はおおよそ 15~20°C であった。

2. マメハモグリバエ幼虫による潜孔密度

Fig. 2 には, 潜孔の密度推移を示した。浜岡町における 1994 年の試験では, 天敵区の密度は 11 月下旬まで増加し続け, 11 月 24 日には慣行区の 10 倍以上に当たる 54.2 個/葉に達した。その後は減少に転じ, 翌年 1 月 6 日には 8.1 個/葉となり, 慣行区の 5.9 個/葉と同程度の密度になった (Mann-Whitney の U 検定, $p>0.05$)。慣行区ではほぼ横ばいに推移し, 1 月 6 日の 5.9 個/葉が最大値であった。1995 年の試験では, 天敵区の密度は慣行区よりやや高く推移したが, 11 月 15 日に 6.2 個/葉とピークを示した後は減少に転じ, 最終調査時の 1 月 11 日には 3.3 個/葉

Fig. 2. Seasonal changes in the density ($\pm$ S.E.) of mines in greenhouses with parasitoid release (closed circles) and in those only with chemical treatments (open circles). In Hamaoka 1996, only empty mines were counted.

となった。一方、慣行区では11月上旬以降徐々に増加して、1月11日には天敵区よりやや多い3.9個/葉となったが、天敵区と比べて有意差は認められなかった(Mann-WhitneyのU検定, $p > 0.05$)。1996年の試験では、両区ともに低密度で推移した。天敵放飼後の最大値は、天敵区は11月14日の0.6個/葉、慣行区は1月9日の1.6個/葉であった。

清水市における1994年の試験では、天敵区の密度は一貫して増加し続け、最終調査時の12月13日には43.5個/葉に達した。一方、慣行区における密度は11月1日の2.3個/葉が最大値であり、天敵区より明らかに少なかった。1995年の試験では、天敵区の密度は9月中旬以降増加傾向を示し、最終調査時の12月7日には13.8個/葉であった。一方、慣行区では終始低密度で推移し、10月18日の2.0個/葉が最大値であった。

なお、両地区のいずれの試験でも、天敵区では1~2齢幼虫の時点で進展が停止した小型の潜孔の割合が高く、特に試験後半では潜孔はより小型化する傾向がみられた。

3. 黄色粘着トラップによるマメハモグリバエ成虫の誘殺数

Fig. 3には、黄色粘着トラップに誘殺されたマメハモグリバエ成虫数の推移を示した。浜岡町における1994年の試験では、天敵区の誘殺数は慣行区より明らかに多く、10月以降に急増して11月10日には84.8頭/トラップ/日に達した。その後は減少に転じて12月下旬以降はほとんど誘殺されなくなった。調査期間中のトラップ当たりの総誘殺数は慣行区で223.8頭、天敵区では慣行区の約10倍の2,129.5頭であった。1995年の試験では両区とも2~3回の

誘殺ピークがみられたが、天敵区は慣行区より少ない傾向がみられ、トラップ当たりの総誘殺数は慣行区が834.7頭であったのに対し、天敵区では慣行区の約1/4の189.3頭と有意に少なかった(Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.05$)。1996年の試験では、1995年同様に天敵区の誘殺数は慣行区より少ない傾向がみられ、トラップ当たりの総誘殺数は慣行区で553.2頭、天敵区では慣行区の約1/3の173.3頭と有意に少なかった(Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.05$)。

清水市における1994年の試験では、天敵区の誘殺数は10月中旬までは3.5頭/トラップ/日以下で推移したが、10月下旬以降変動しながら急増し、11月28日には48.3頭/トラップ/日に達した。一方、慣行区では変動が大きく、10頭/トラップ/日を越える日もあったが、11月中旬以降は誘殺されなくなった。トラップ当たりの総誘殺数は慣行区で290.7頭、天敵区で981.3頭であり、天敵区の方が有意に多かった(Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.05$)。1995年の試験では、10月下旬までは天敵区と慣行区は類似した消長パターンを示していたが、10月下旬以降になって天敵区のみ誘殺数が増加し、11月14日に13.1頭/トラップ/日に達した後は減少した。一方、慣行区では、10月21日にイソキサチオン剤が散布された後は誘殺はほとんど認められなくなった。トラップ当たりの総誘殺数は慣行区で101.0頭、天敵区で496.5頭であり、天敵区の方が有意に多かった(Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.05$)。

4. マメハモグリバエ幼虫の死亡率

実体顕微鏡下で調べたマメハモグリバエ幼虫の生死および寄生蜂の寄生状況をTable 2, 3に示した(浜岡町の1996年はデータなし)。

Fig. 3. Seasonal changes in the numbers ($\pm$ S.E.) of adults of *L. trifolii* captured by yellow sticky traps in greenhouses with parasitoid release (closed circles) and in those only with chemical treatments (open circles).

浜岡町における 1994 年の試験では、天敵区における幼虫死亡率（死亡個体と寄生蜂に寄生された個体の合計を調査個体数で割った値）は、9 月 27 日は 7.5% と低かったがその後上昇し続けて 12 月下旬には 100% に達した。一方、慣行区ではマメハモグリバエの密度が低く、幼虫を採集できた日は少なかったものの、天敵区で死亡率 100% となった 12 月 27 日における幼虫死亡率は 96.5% であり、寄生蜂の幼虫や蛹も確認された（Table 2）。1995 年の試験では、幼虫死亡率は 34.0~97.6% と変動したものの、11 月 30 日には最高値 97.6% に達した。一方、慣行区における幼虫死亡率は、10 月 31 日が 0%、11 月 30 日は 4.7% と幼虫の死亡はほとんど認められなかった。なお、1996 年はマメハモグリバエ幼虫の密度が低かったため採集調査は実施しなかったが、ほ場での観察によれば、寄生蜂を 4 回放飼した後の 11 月以降、体色の褐変した死亡幼虫の割合が 100% 近くまで上昇した。

清水市における 1994 年の試験では、天敵区における幼虫死亡率は定植直後の 8 月 9 日を除いて 10 月 18 日まで 80% 以上で推移した。しかし、10 月 10 日と 17 日にピリダベン剤をスポット散布した後の 11 月 1 日には 68.2% とやや低下した。その後、11 月中旬にマメハモグリバエ防除のためにフルフェノクスロン剤が 2 回散布され、11 月 29 日に死亡率が 100% となった。ただし、この時点でも寄生蜂の幼虫や蛹は確認された。一方、慣行区では、10 月 18 日のみの調査であるが、死亡率は 0.8% と低かった。1995 年の試験では、天敵区における幼虫死亡率は一貫して 85% 以

上で推移し、11 月 1 日と 12 月 7 日には 100% となった。慣行区では 10 月 4 日に 43.1% であり、この値は天敵区より有意に低かった（ χ^2 検定、 $p < 0.01$ ）。

なお、トマトでは幼虫期の自然死亡はほとんどなく（小澤ら、1999a）、天敵区では清水市の 1994 年 11 月中旬を除いて幼虫に対して殺虫作用のある薬剤は、採集調査を行った期間に限れば散布されなかった。従って、Table 2, 3 で示した主な死亡要因はヒメコバチ類による寄主攻撃（産卵または寄主体液摂取）とみなしてよいと思われる。

5. 寄生蜂の種類とその寄生率

浜岡町と清水市の天敵区から採集した寄主幼虫から羽化した寄生蜂の種類別の寄生率を Fig. 4 に示した。浜岡町における 1994 年の試験では、放飼されたイサエヒメコバチとハモグリコマユバチ、土着種のアシロミドリヒメコバチ *Neochrysocharis formosa* (Westwood), *Hemiptarsenus varicornis* (Girault), *Chrysocharis pentheus* (Walker) および *Neochrysocharis okazakii* Kamijo の計 6 種類の寄生蜂が確認された。優占種は時期により変化し、9 月 27 日と 10 月 12 日はハモグリコマユバチが優占種で、10 月下旬以降イサエヒメコバチの比率が増し、11 月から 1 月上旬まではほぼ優占種となっていた。しかし、1 月 19 日にはイサエヒメコバチは認められなくなり、土着種（*H. varicornis* とハモグリミドリヒメコバチ）のみとなった。寄生蜂群集による寄生率（寄生蜂羽化総個体数を寄生蜂羽化総個体数と寄主羽化個体数の合計で割った値）は、10 月下旬まで 50% 以下と低かったが、11 月以降はほぼ 90% 以上で推移した。

Table 2. Mortality of *L. trifolii* larvae on tomato leaves collected from commercial greenhouses tested in Hamaoka

Treatment	Biological control					Chemical control				
Date	L ^a	D	PP	PL	% Mortality ^b (<i>n</i>)	L ^a	D	PP	PL	% Mortality ^b (<i>n</i>)
1994										
11 Sep.	7	5	6	1	63.2 (19)	—	—	—	—	—
27 Sep.	86	7	0	0	7.5 (93)	49	9	0	0	15.5 (58)
12 Oct.	134	39	1	11	27.6 (185)	—	—	—	—	—
24 Oct.	104	335	6	47	78.9 (492)	—	—	—	—	—
10 Nov.	43	383	135	120	93.7 (681)	—	—	—	—	—
24 Nov.	29	190	47	148	93.0 (414)	—	—	—	—	—
9 Dec.	5	70	26	107	97.6 (208)	—	—	—	—	—
27 Dec.	0	25	12	37	100 (74)	3	22	2	59	96.5 (86)
1995										
6 Jan.	0	14	20	37	100 (71)	—	—	—	—	—
19 Jan.	1	3	4	30	97.4 (38)	—	—	—	—	—
1995										
2 Oct.	20	31	0	2	62.3 (53)	—	—	—	—	—
17 Oct.	22	15	2	5	50.0 (44)	—	—	—	—	—
31 Oct.	93	45	0	3	34.0 (141)	103	0	0	0	0 (103)
15 Nov.	27	45	3	19	71.3 (94)	—	—	—	—	—
30 Nov.	2	37	8	35	97.6 (82)	81	4	0	0	4.7 (85)
14 Dec.	35	56	1	22	69.3 (114)	—	—	—	—	—

^a L: No. of live larvae of *L. trifolii*, D: No. of dead larvae of *L. trifolii*, PP: No. of pupae of idiobiont parasitoid, PL: No. of larvae of idiobiont parasitoid.

^b $100 \times (D + PP + PL) / (L + D + PP + PL)$.

Table 3. Mortality of *L. trifolii* larvae on tomato leaves collected in commercial greenhouses tested in Shimizu

Treatment	Biological control					Chemical control				
Date	L ^a	D	PP	PL	% Mortality ^b (<i>n</i>)	L ^a	D	PP	PL	% Mortality ^b (<i>n</i>)
1994										
9 Aug.	13	1	0	1	13.3 (15)	—	—	—	—	—
23 Aug.	0	1	0	0	100 (1)	—	—	—	—	—
5 Sep.	1	30	14	4	98.0 (49)	—	—	—	—	—
20 Sep.	5	42	14	17	93.6 (78)	—	—	—	—	—
3 Oct.	10	88	4	25	92.1 (127)	—	—	—	—	—
18 Oct.	34	98	25	34	82.2 (191)	121	1	0	0	0.8 (122)
1 Nov.	107	168	30	31	68.2 (336)	—	—	—	—	—
15 Nov.	125	339	89	71	80.0 (499)	—	—	—	—	—
29 Nov.	0	265	90	10	100 (365)	—	—	—	—	—
13 Dec.	8	108	9	9	94.0 (134)	—	—	—	—	—
1995										
20 Sep.	10	28	18	20	86.8 (76)	—	—	—	—	—
4 Oct.	17	88	8	47	89.4 (160)	41	26	0	5	43.1 (72)
18 Oct.	35	87	38	77	85.2 (237)	—	—	—	—	—
1 Nov.	0	82	61	33	100 (176)	—	—	—	—	—
14 Nov.	3	110	22	26	98.1 (161)	—	—	—	—	—
29 Nov.	11	99	26	22	93.0 (158)	—	—	—	—	—
7 Dec.	0	60	61	41	100 (162)	—	—	—	—	—

^a L: No. of live larvae of *L. trifolii*, D: No. of dead larvae of *L. trifolii*, PP: No. of pupae of idiobiont parasitoid, PL: No. of larvae of idiobiont parasitoid.

^b $100 \times (D + PP + PL) / (L + D + PP + PL)$.

Fig. 4. Seasonal changes in the species composition of parasitoids emerging from *L. trifolii* larvae collected in commercial greenhouses with parasitoid release.

土着寄生蜂4種の中では、ハモグリミドリヒメコバチと *H. varicornis* の比率が高く、*C. pentheus* と *N. okazakii* は少なかった。一方、慣行区では12月27日のみの調査であるが、イサエアヒメコバチ、*H. varicornis* およびハモグリミドリヒメコバチの3種が確認され、イサエアヒメコバチが優占種であった。1995年の試験では、放飼種2種と土着種の *H. varicornis*、ハモグリミドリヒメコバチおよび *C. pentheus* の計5種類の寄生蜂が確認され、これら寄生蜂群集の寄生率は時期により変動したものの、67.9% (10月31日)~100% (10月18日および1月11日)と高く推移した。イサエアヒメコバチの寄生率は16.7% (11月15日)~57.1% (1月11日)、ハモグリミドリヒメコバチは0% (1月11日)~30.4% (10月31日)であり、これら2種の合計では11月30日を除いて寄生蜂総寄生率のほぼ50%以上であった。なお、慣行区では10月31日と11月30日に寄主幼虫を採集したが、寄生蜂の羽化は確認されなかった。

清水市における1994年の試験では、放飼されたイサエアヒメコバチとハモグリミドリヒメコバチ、土着種の *H. varicornis*、ハモグリミドリヒメコバチおよび *C. pentheus* の計5種の寄生蜂が確認された。優占種は一貫して土着3種で、イサエアヒメコバチとハモグリミドリヒメコバチは10月18日にわずかに確認されたに過ぎなかった。土着種3種の中では *H. varicornis*、ハモグリミドリヒメコバチの2種の比率が高かった。寄生蜂群集の寄生率は時期による変動が大きく、

9月5日と20日は約85%と高かったが10月以降漸減し、11月1日には32.6%まで低下した。しかし、11月15日には96.7%と高くなり、その後再び低下した。1995年の試験における寄生蜂の種類は、前年同様に放飼種2種と土着種3種の計5種類であった。寄生蜂群集による寄生率は、9月20日から10月18日の試験前半は52.2~64.9%であったが、10月4日以降は徐々に上昇して11月29日には89.8%、12月7日には100%に達した。寄生蜂の種類では、イサエアヒメコバチとハモグリミドリヒメコバチの寄生率はともに5%以下と低く、土着種のハモグリミドリヒメコバチがほぼ優占種で推移した。なお、慣行区は兩年とも寄主幼虫の密度が極めて低かったため調査しなかった。

6. 黄色粘着トラップによるシルバーリーフコナジラミ成虫の誘殺数

Fig. 5には、黄色トラップに誘殺されたシルバーリーフコナジラミ成虫の誘殺数の推移を示した。浜岡町における1994年の試験では誘殺消長パターンは両区ともに類似していたが、誘殺数は天敵区が慣行区より少なく推移し、調査期間中のトラップ当たり総誘殺数は慣行区13,501.3頭であったのに対し、天敵区は3,598.4頭であり、天敵区は慣行区より有意に少なかった (Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.05$)。1995年の試験では、慣行区の11月以降の誘殺数は5頭/トラップ/日以下で推移したのに対して、天敵区ではそれよりやや多く推移し、12月中旬まで数十頭/

Fig. 5. Seasonal changes in the numbers ($\pm$ S.E.) of adults of *Bemisia argentifolii* captured by yellow sticky traps in greenhouses with parasitoid release (closed circles) and in those only with chemical treatments (open circles).

トラップ/日の誘殺が認められた。トラップ当たり総誘殺数は慣行区 4,330.7 頭、天敵区 11,524.6 頭であり、天敵区は慣行区より有意に多かった (Mann-Whitney の U 検定, $p < 0.01$)。1996 年の試験では、過去 2 カ年に比べると両区とも誘殺数は少なく、天敵区では 11 月 7 日の 38.5 頭/トラップ/日が、慣行区では 1 月 30 日の 70.7 頭/トラップ/日が最大値であり、トラップ当たり総誘殺数は慣行区 2,339.7 頭、天敵区 1,128.5 頭であり、天敵区は慣行区より有意に少なかった (Mann-Whitney の U 検定, $p < 0.01$)。

清水市における 1994 年の試験では、試験期間前半は慣行区の方が天敵区よりやや多く、後半は逆に天敵区の方が多い傾向があった。しかし、トラップ当たり総誘殺数は慣行区 498.5 頭、天敵区 556.7 頭とほぼ同数で、有意差はなかった (Mann-Whitney の U 検定, $p > 0.05$)。1995 年の試験では、天敵区における誘殺数は 10 月中旬以降に急増し、その後約 50 頭/トラップ/日と高めに推移した。慣行区では 10 月 25 日をピークとして以後減少に転じ、11 月中旬以降は 1 頭以下/トラップ/日と少なくなった。トラップ当たりの総誘殺数は慣行区で 668.0 頭、天敵区で 2,636.8 頭であり、天敵区は慣行区より有意に多かった (Mann-Whitney の U 検定, $p < 0.01$)。

7. 使用された殺虫剤の種類とその回数

Table 4 には、試験期間中に散布された殺虫剤の種類、主な対象害虫および散布回数を示した。浜岡町、清水市とも

に天敵区では IGR 剤などの選択性殺虫剤が主に散布され、慣行区では合成ピレスロイド剤など非選択性殺虫剤も散布された。

マメハモグリバエを対象とした薬剤散布 (時期は Fig. 1 参照) は、浜岡町の天敵区では、1994 年は 1 回 (アセフェート粒剤の育苗鉢処理)、1995 年は育苗後半と定植直後の 2 回 (フルフェノクスロン剤の散布)、1996 年は育苗期間中に 2 回 (アセフェート粒剤の鉢処理およびフルフェノクスロン剤の散布) 実施された。一方、慣行区では、1994 年は育苗期 (アセフェート粒剤) と本ば (フルフェノクスロン剤) の 2 回、1995 年は本ばで 4 回 (フルフェノクスロン剤およびアセフェート剤)、1996 年は育苗期に 1 回 (フルフェノクスロン剤の散布) と本ばで 4 回 (イソキサチオン剤などの散布) の計 5 回の薬剤散布が行われた。清水市の天敵区におけるマメハモグリバエを対象とした薬剤散布は、1994 年はマメハモグリバエ密度が急激に高くなった 11 月中旬にフルフェノクスロン剤が 2 回散布され、1995 年は試験期間中全く行われなかった。一方、慣行区では 1994 年、1995 年ともに 6 回 (イソキサチオン剤などの散布) の防除が実施された。

殺虫剤の延べ散布回数は、浜岡町の天敵区では 1994 年、1995 年、1996 年にそれぞれ 10、9、9 回であり、慣行区では同様に 9、9、13 回であった。清水市の天敵区における殺虫剤の延べ散布回数は、1994 年に 33 回、1995 年に 22 回で、

Table 4. Frequency of insecticide application in commercial tomato greenhouses

Applied insecticide (Formulation,%AI) ^a		Shimizu				Hamaoka					
		1994		1995		1994		1995		1996	
		Bio. ^b	Chem.	Bio.	Chem.	Bio.	Chem.	Bio.	Chem.	Bio.	Chem.
No.	Main target pest										
Organophosphate											
Acephate (G, 5) ^c	<i>Liriomyza trifolii</i>	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
Acephate (W, 50)	<i>Liriomyza trifolii</i>	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0
Dichlorvos (E, 50)	<i>Aphis gossypii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Isoxathion (E, 50)	<i>Liriomyza trifolii</i>	0	4	0	2	0	0	0	0	0	1
Carbamate											
Methomyl (W, 45)	<i>Spodoptera litura</i>	0	4	3 ^c	5	0	0	0	1	0	0
Thiodicarb (W, 75)	<i>Spodoptera litura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Synthetic pyrethroid											
Ethofenprox (E, 20)	<i>Bemisia argentifolii</i>	0	4	2 ^c	4	0	2	0	0	0	0
Fluvalinate (W, 20)	<i>Spodoptera litura</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
Permethrin (E, 20)	<i>Spodoptera litura</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Nereistoxin analog											
Cartap (S, 50)	<i>Liriomyza trifolii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ChloronicotinyI											
^d * Imidacloprid (G, 1) ^c	<i>Bemisia argentifolii</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Acetamiprid (W, 20)	<i>Bemisia argentifolii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Insect growth regulator (IGR)											
* Buprofezin (W, 25)	<i>Bemisia argentifolii</i>	14	9	7	5	4	2	2	1	2	0
* Flufenoxuron (E, 10)	<i>Liriomyza trifolii</i>	2	0	0	2	0	1	2	3	1	3
* Pyriproxyfen (E, 10)	<i>Bemisia argentifolii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Tebufenozide (F, 20)	<i>Spodoptera litura</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Others											
* <i>Bacillus thuringiensis</i> (W, 10)	<i>Spodoptera litura</i>	15	2	8	0	3	1	2	0	1	0
* Chinomethionat (W, 25)	<i>Aculops lycopersici</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0
Pyridaben (F, 20)	<i>Bemisia argentifolii</i>	2	2	0	2	0	0	0	1	0	1
* Sodium oleate (L, 20)	<i>Bemisia argentifolii</i>	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0
* Pymetrozine (W, 25)	<i>Bemisia argentifolii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total number of application (against <i>L. trifolii</i>)		33 (2)	27 (6)	22 (0)	25 (6)	10 (1)	9 (2)	9 (2)	9 (4)	9 (2)	13 (5)

^a G: Granule, W: Wettable powder, E: Emulsifiable concentrate, F: Flowable, L: Liquid formulation, S: Water-soluble powder.

^b Bio.: greenhouses with parasitoid release (see Table 1), Chem.: greenhouses controlled by only chemical pesticides.

^c Applied to soil of seedling pots before planting.

^d Asterisks indicate safe pesticides for parasitoids, *D. isaea* and *D. sibirica* (Ozawa et al., 1998b).

^e Applied a month before release of parasitoids.

慣行区ではそれぞれ 27 回と 25 回であった。

なお、天敵区における殺菌剤については、浜岡町では 1994 年にトリフルミゾール剤などが 2 回、1995 年は散布なし、1996 年はカスガマイシン・銅水和剤が 1 回散布された。清水市では、1994 年は TPN 剤などが 4 回、1995 年は TPN 剤、トリフルミゾール剤などが 9 回散布された。いずれの殺菌剤も殺虫剤と混用して散布された。

考 察

マメハモグリバエに対するイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチ 2 種の寄生蜂製剤は 1997 年末に農業登録され、現場で使用されつつある。しかし、現地のトマトほ場における寄生蜂の防除効果に関する報告はこれまで少なく、害虫密度や農薬散布などの諸要因が寄生蜂の活動にどのよ

うな影響を与えるかについては不明な点が多かった。本研究では、静岡県で一般的な抑制栽培トマトの現地ほ場において寄生蜂の放飼試験を繰り返し実施した結果、寄生蜂による密度抑制効果を確認するとともに、トマトの総合防除体系構築に関する有益な知見を得ることができた。

今回の試験では、現地試験の性格上、病害虫による経済的損失を最小限に抑える必要があった。そのため、天敵放飼区では状況の変化に応じて試行錯誤で試験を進めざるを得なかったが、すべての試験事例においてマメハモグリバエによる被害を許容水準以下に抑えたとは言えなかった。そこで、個々の事例における防除の成否がどのような要因の影響を受けたかについて、天敵区で使用された薬剤を中心に考察し、今後構築すべきトマトの総合防除体系を考えてみたい。なお、今回の一連の試験では、栽培条件や害虫

の発生条件が等しいと思われる同一農家の隣接した2棟のハウスを用いたので、害虫密度の差は処理の効果とみなして論議を進めたい。

浜岡町では1994年から1996年までの3回、ミニトマトを対象に試験を実施した。1994年の試験では、イサエアヒメコバチを9回放飼したにもかかわらずハモグリバエの密度が上昇し、潜孔密度はナスハモグリバエによる減収率5%水準の13個/葉(Ledieu and Helyer, 1985)を超える値となった。これは、9月から10月における寄生蜂の寄生率(Fig. 4)や幼虫死亡率(Table 2)が低かったためと考えられた。天敵区では、マメハモグリバエに効果のある薬剤は8月中旬に処理されたアセフェート粒剤のみであったが、その後の調査で本剤はイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチに対して1カ月半以上殺虫作用を示すことがわかった(小澤ら, 1998b)。本剤のマメハモグリバエに対する効果は3週間程度(小澤ら, 1998a)であることから、本剤の寄生蜂とマメハモグリバエそれぞれに対する残効期間の差が、結果的に9月から10月におけるハモグリバエ幼虫の生存率を高めたと思われる。しかし、10月中旬以降はハモグリバエ幼虫の密度は急激に低下して、被害も少なくなった。この理由としては、幼虫死亡率(Table 2)や寄生蜂の寄生率(Fig. 4)の推移から、放飼した寄生蜂がハウス内に定着し、長期間にわたってハモグリバエ密度を抑制したためと推察された。慣行区では10月5日にマメハモグリバエに効果の高いフルフェノクスロン剤(西東ら, 1992)が1回散布され、幼虫密度を抑制したが(Fig. 1)、12月上旬には密度が急上昇したことから、本剤の密度抑制効果はせいぜい1~2カ月程度と推察される。次に、1995年の試験では、育苗鉢への処理薬剤を寄生蜂に対する影響の少ないイミダクロプリド粒剤(小澤ら, 1998b)に切り替え、定植直後のマメハモグリバエ発生初期にフルフェノクスロン剤を散布し、本剤散布後に前年より高い放飼密度で寄生蜂を放した。その結果、Fig. 1~3に示したように、幼虫密度、潜孔密度および成虫誘殺数いずれもマメハモグリバエ防除剤が4回散布された慣行区と同程度に抑制できた。さらに、この試験では寄生蜂の寄生率も高く推移したので、実験室内では寄生蜂に影響がないとされているフルフェノクスロン剤(小澤ら, 1998b)はほ場においても寄生蜂に対する影響は少なく、本剤と寄生蜂の併用はハモグリバエ密度を長期間抑制する実用的な組み合わせであることが判明した。なお、幼虫死亡率は寄生率に比べると必ずしも高くないが、これは飼育殺し寄生蜂であるハモグリコマユバチに寄生された個体は生存幼虫として数えられたためと考えられる。ところで、本試験の天敵区では、オンシツツヤコバチを放飼したにもかかわらずシルバーリーフコナジラミの密度が十分に抑制できなかった(Fig. 5)。そのためコナジラミ防除のための薬剤散布が必要となり、結果

的に天敵導入による殺虫剤散布回数の低減には至らなかった(Table 4)。そこで、1996年の試験では、コナジラミの天敵をシルバーリーフコナジラミに対してより効果が高いとされるサバクツヤコバチ(太田, 1999)に切り替え、さらに天敵類に影響のないピメトロジン剤(小澤ら, 1998b)を使用した。マメハモグリバエに対しては、育苗期にアセフェート粒剤とフルフェノクスロン剤を使用してハモグリバエの初期密度を抑えるとともに、天敵の放飼はアセフェート粒剤の寄生蜂への影響が消失すると考えられる10月から実施した。その結果、ハモグリバエ、コナジラミともに慣行区と同等以下の密度に抑えられ、殺虫剤の散布回数も慣行区の約2/3に低減できた(Table 4)。このように、栽培初期の粒剤処理とフルフェノクスロン剤およびピメトロジン剤の薬剤体系に、マメハモグリバエに対するイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチ、シルバーリーフコナジラミに対するサバクツヤコバチの放飼を組み合わせた体系は、薬剤使用量の低減を目指した実用的なトマトの総合防除体系の骨格をなすと考えられる。今後は、コナジラミ類やアブラムシ類に加えマメハモグリバエにも効果が高く(小澤ら, 1998a)、天敵類に対する影響も少ない(小澤ら, 未発表)ニテンピラム粒剤を栽培初期剤として使用する体系がより実用的と思われる。

次に、清水市の試験では、1994年、1995年ともに天敵区では慣行区と比べてマメハモグリバエの密度が高く、特に1994年は被害を抑えるために、予定外のフルフェノクスロン剤を散布せざるを得なかった。1994年の天敵区では、マメハモグリバエ幼虫の密度が急上昇した10月から11月にかけて寄生蜂の寄生率と幼虫死亡率はともに低下した。この理由としては、シルバーリーフコナジラミ防除のためにイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチに対して殺虫作用の強いピリダベン剤(小澤ら, 1998b)が10月中旬にほ場全体の約1/5にスポット散布され、散布された本剤が寄生蜂の寄生活動に悪影響を及ぼしたと考えられる。なお、清水市では土着の寄生蜂が優占種であったので、ピリダベン剤は土着寄生蜂に対しても影響のあることが推察された。また、フルフェノクスロン剤散布翌日の11月15日と散布15日後の11月29日に採集されたハモグリバエ幼虫から*H. varicornis*やハモグリミドリヒメコバチなど寄生蜂の羽化が確認された。従って、本剤は、イサエアヒメコバチとハモグリコマユバチだけでなく土着寄生蜂に対する影響も少ないと思われる。ただし、本剤はマルハナバチに対する影響があるので(池田, 1995)、マルハナバチを天敵とともに使用する場合は、散布時期をマルハナバチ導入前の9月中旬頃までに限る必要がある。1995年の試験では、天敵区では寄生率(Fig. 4)、幼虫死亡率(Table 3)ともに高く安定しており、マメハモグリバエ幼虫の密度はほぼ0.5頭/葉以下に抑えられた(Fig. 1)。潜孔密度は最終

調査時に 13.8 個/葉であったが、この値はナスハモグリバエによる減収率 5% 水準の 13 個/葉 (Ledieu and Helyer, 1985) と同程度であった。しかし、ヒメコバチ類の攻撃を受けて進展が停止した小型の潜孔がほとんどであったことから、植物体に対する影響は少なかったと考えられる。この試験では、マメハモグリバエに対する薬剤散布は慣行区で 6 回行われたのに対して、天敵区では全く散布されなかった (Table 4)。マメハモグリバエ密度は寄生蜂によって抑制されたと言える。ところで、一般にマメハモグリバエの潜孔は累積するため、清水市のような下葉かきをほとんど行わない摘心栽培の大玉トマトでは、潜孔密度は終始増加し続ける傾向がある (Fig. 2)。そのため、頻繁な下葉かきにより人為的に被害葉が除去されるミニトマトに比べて、大玉トマトでは初期密度をより低く抑える必要がある。従って、清水市の試験においても、フルフェノクスロン剤を栽培初期に組み込めば、被害をより低くすることができたと考えられる。また、一般に大玉トマトではシルバーリーフコナジラミによる着色異常果が発生しやすいので、担当農家もコナジラミの防除に特に注意を払っており、天敵区ではオンシツツヤコバチに加えてプロフェジン剤が頻繁に散布された (Table 4)。さらに、ハスモンヨトウなどの夜蛾類対策として BT 剤が多用されたため、結果的に殺虫剤の散布回数は低減できなかった。現在では、前述のピメトロジン剤や夜蛾類に特に活性の高い BT 剤も農業登録されているので、シルバーリーフコナジラミに有効なサバクツヤコバチ (太田, 1999) とともにこれらの薬剤を防除体系に組み込めば、大玉トマトにおいても殺虫剤使用量の低減は可能となる。

今回実施した現地試験では、小澤ら (1999b) の試験 2 や西東ら (1995) の報告と同様に放飼した種類以外の土着寄生蜂が確認され、特に清水市の試験では土着種が優占種であった。一方、浜岡町では放飼種が優占種となり、両地区におけるこの傾向は試験を実施した 2 カ年とも同じであった。この理由の一つとして、試験ハウス周辺の植生の違いに起因する土着寄生蜂の密度の違いが考えられる。なお、清水市では、結果的に放飼種以外の土着寄生蜂によりマメハモグリバエの密度が抑制されていた。このことから、土着寄生蜂の密度が高い場所では、寄生蜂を放飼しなくても選択性殺虫剤の必要最小限の散布のみでマメハモグリバエを防除できる可能性がある。今後、マメハモグリバエ防除における土着寄生蜂の有効利用を図るためには、野外における寄生蜂の密度や種類をあらかじめ知るためのモニタリング技術の開発が必要となる。また、土着寄生蜂の密度が豊富と考えられる地域では、バンカー植物の利用 (杉本, 私信) など土着寄生蜂の活動を増強する手法も検討する必要がある。

以上のように、放飼された寄生蜂の定着の度合いは地域

によって異なるものの、選択性殺虫剤を中心とした薬剤体系化において寄生蜂のマメハモグリバエに対する密度抑制効果は十分に期待できることが判明した。また、選択性殺虫剤と寄生蜂を効果的に組み合わせた防除体系は、薬剤のみによる慣行の防除体系と同等の実用性があり、さらに殺虫剤散布回数の低減も可能であることが示された。今回の防除試験はマメハモグリバエが主体であったので、コナジラミなど他の病害虫防除に関しては詳しい検討ができなかった。今後、サバクツヤコバチなど新しい天敵の利用方法を検討するとともに、これらを組み入れて農業使用量のより一層の低減を目指した総合防除体系を構築し、さらに防除経費などの経営的な検討も併せて行う必要がある。また、放飼量や放飼時期などの寄生蜂の最適放飼戦略構築のための理論的な研究も進める必要があろう。

摘 要

マメハモグリバエに対するイサエアヒメコバチ *Diglyphus isaea* とハモグリコマユバチ *Dacnusa sibirica* による防除効果を抑制栽培トマトの現地ほ場において検討した。天敵の放飼試験は、1994~1996 年にかけて静岡県小笠郡浜岡町と同清水市の 2 カ所で延べ 5 回実施した。天敵放飼区では IGR 剤や BT 剤など天敵に影響のない薬剤を主体に使用し、対照区は慣行防除とした。

1. 寄生蜂は、定植直後から 1 週間間隔でイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチを各 178~500 頭/10 a、計 3~9 回放飼した。
2. 浜岡町の天敵区におけるマメハモグリバエの幼虫密度は、1994 年の試験では慣行区より多かったが、1995 年および 1996 年では慣行区とほぼ同等に抑制された。一方、清水市の天敵区における幼虫密度は、1994 年、1995 年ともに慣行区より高かった。
3. 天敵区におけるマメハモグリバエ幼虫の死亡率は、両地区とも 100% 近くに達した。
4. 浜岡町の天敵区における潜孔密度は、1994 年は慣行区より多かったが、1995 年では慣行区と同等、1996 年は慣行区より少なかった。清水市の天敵区では、1994 年、1995 年ともに慣行区より多く推移したが、実害はなかった。
5. 浜岡町の天敵区における黄色粘着トラップへのマメハモグリバエ成虫の誘殺数は、1994 年では慣行区より多かったが、1995 年および 1996 年は慣行区より少なかった。一方、清水市の天敵区では、両年とも慣行区より多かった。
6. 浜岡町における寄生蜂の優占種は、放飼されたイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチであった。一方、清水市では、ハモグリミドリヒメコバチ *Neochrysocharis formosa*, *Hemiptarsenus varicornis* などの土着寄生蜂が優占種

で、放飼されたイサエアヒメコバチとハモグリコマユバチの寄生率は低かった。寄生蜂群集による寄生率は、浜岡町では100%、清水市では96.7%以上に達した。

7. 天敵区における殺虫剤の散布回数は、浜岡町の1994年と1995年は慣行区とほぼ同数、1996年は慣行区の2/3であった。マメハモグリバエに対する散布回数は、いずれの年も慣行区の1/2以下であった。一方、清水市では、天敵区の薬剤散布回数は慣行区とほぼ同数であったが、マメハモグリバエに対する散布回数は1994年は慣行区の1/3、1995年は0回と少なかった。

8. 以上から、施設トマトのマメハモグリバエに対する寄生蜂による生物的防除法は現地ほ場においても実用性があり、寄生蜂の導入により殺虫剤の散布回数の削減が可能と考えられた。

引用文献

- 市川耕治・大野 徹・中込暉雄 (1996) トマトにおけるマメハモグリバエの防除。愛知農総試研報 28: 177-187. [Ichikawa, K., T. Ohno and T. Nakagome (1996) Control of the legume leafminer *Liriomyza trifolii* Burgess in tomatoes. *Res. Bull. Aichi Agric. Res. Ctr.* 28: 177-187.]
- 井口雅裕 (1997) ミニトマト栽培における在来寄生蜂によるマメハモグリバエの密度抑制。今月の農業 41(4): 64-68. [Iguchi, M. (1997) Biological control of *Liriomyza trifolii* (Burgess) by endemic parasitoids on cherry tomato. *Japan Agricultural Technology* 41(4): 64-68.]
- 池田二三高 (1995) ツチマルハナバチに対する農薬の影響。トーマン農業ガイド 77: 13-15. [Ikeda, F. (1995) Effects of pesticides on *Bombus terrestris*. *Tomen Pesticide News* 77: 13-15.]
- 小西和彦 (1998) マメハモグリバエ寄生蜂の図解検索。農環研資料 22: 27-76. [Konishi, K. (1998) An illustrated key to the Hymenopterous parasitoids of *Liriomyza trifolii* in Japan. *Miscellaneous Publication of the National Institute of Agro-Environmental Sciences* 22: 27-76.]
- Ledieu, M. S. and N. L. Helyer (1985) Observation on the economic importance of tomato leaf miner (*Liriomyza bryoniae*) (Agromyzidae). *Agric. Ecosystems Environ.* 13: 103-109.
- Malais, M. and W. J. Ravensberg (1992) *The Biology of Glasshouse Pests and Their Natural Enemies KNOWING AND RECOGNIZING*. Koppert B. V., Berkel en Rodenrijs, the Netherlands, pp. 50-60.
- Minkenbergh, O. P. J. M. (1989) Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminer (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. *Ann. Appl. Biol.* 115: 381-397.
- 太田光昭 (1999) 施設栽培トマトのシルバーリーフコナジラミの生物的防除。今月の農業 43(7): 74-78. [Ota, M. (1999) Biological control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomatoes in greenhouses. *Japan Agricultural Technology* 43(7): 74-78.]
- 小澤朗人・小林久俊・天野高士・井狩 徹・西東 力 (1993) 輸入天敵によるマメハモグリバエの防除。II 施設ミニトマトにおける現地試験事例。関東東山病虫研報 40: 239-241. [Ozawa, A., H. Kobayashi, T. Amano, T. Ikari and T. Saito (1993) Evaluation of imported parasitic wasps as biological control agents of the legume leaf miner, *Liriomyza trifolii* Burgess, in Japan. II. A field test on cherry tomatoes in a plastic greenhouse, in Shizuoka Prefecture. *Proc. Kanto Pl. Prot. Soc.* 40: 239-241.]
- 小澤朗人・太田光昭・西東 力 (1998a) マメハモグリバエに対するニテンピラム粒剤の防除効果。関東東山病虫研報 45: 175-177. [Ozawa, A., M. Ota and T. Saito (1998a) Control of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), by nitenpyram granule application. *Proc. Kanto Pl. Prot. Soc.* 45: 175-177.]
- 小澤朗人・西東 力・池田二三高 (1998b) マメハモグリバエの天敵寄生蜂 *Diglyphus isaea* および *Dacnusa sibirica* に対する各種農薬の影響。応動昆 42: 149-161. [Ozawa, A., T. Saito and F. Ikeda (1998b) Effects of pesticides on *Diglyphus isaea* (Walker) and *Dacnusa sibirica* Telenga, parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 42: 149-161.]
- 小澤朗人・西東 力・池田二三高 (1999a) マメハモグリバエの増殖に及ぼす寄主作物と温度の影響。応動昆 43: 41-48. [Ozawa, A., T. Saito and F. Ikeda (1999a) Effect of host plant and temperature on reproduction of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 43: 41-48.]
- 小澤朗人・西東 力・太田光昭 (1999b) 施設栽培トマトにおける寄生蜂によるマメハモグリバエの生物的防除。I. 小規模温室におけるイサエアヒメコバチ *Diglyphus isaea* の放飼効果。応動昆 43: 161-168. [Ozawa, A., T. Saito and M. Ota (1999b) Biological control of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), on tomato in greenhouses by parasitoids. I. Evaluation of biological control by release of *Diglyphus isaea* (Walker) in experimental greenhouses. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 43: 161-168.]
- 西東 力・池田二三高・小澤朗人 (1996) 静岡県におけるマメハモグリバエの寄生者相と殺虫剤の影響。応動昆 40: 127-133. [Saito, T., F. Ikeda and A. Ozawa (1996) Effect of pesticides on parasitoid complex of serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Shizuoka Prefecture. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 40: 127-133.]
- 西東 力・大石剛裕・池田二三高 (1993) ペルメトリンの散布によるマメハモグリバエのリサージェンス。関東東山病虫研報 40: 233-234. [Saito, T., T. Oishi and F. Ikeda (1993) Resurgence of *Liriomyza trifolii* Burgess caused by the application of permethrin in a greenhouse. *Proc. Kanto Pl. Prot. Soc.* 40: 233-234.]
- 西東 力・大石剛裕・池田二三高・沢木忠雄 (1992) マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) に対する各種殺虫剤の効力。応動昆 36: 183-191. [Saito, T., T. Oishi, F. Ikeda and T. Sawaki (1992) Effect of insecticides on the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 36: 183-191.]
- 西東 力・小澤朗人・池田二三高 (1995) マメハモグリバエに対する輸入寄生蜂の放飼効果。関東東山病虫研報 42: 235-237. [Saito, T., A. Ozawa and F. Ikeda (1995) The evaluation of two imported hymenopteran parasites as biological control agents for the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Proc. Kanto Pl. Prot. Soc.* 42: 235-237.]
- SAS Institute (2000) JMP ver 4.0. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

柴尾 学・田中 寛・木村 裕 (1996) 寄生蜂によるトマトのマ
メハモグリバエの防除効果．関西病虫研報 38: 31–32. [Shibao,
M., H. Tanaka and Y. Kimura (1996) Control of *Liriomyza trifolii*
(Burgess) on tomato by parasites. *Proc. Kansai Pl. Prot.* 38: 31–
32.]

多々良明夫・古木孝典・原川勝好 (1993) 輸入天敵によるマメハ
モグリバエの防除 I 日本における寄生性の確認および薬剤

の影響．関東東山病虫研報 40: 235–238. [Tatara, A., T. Furuki
and K. Harakawa (1993) Evaluation of imported parasitic wasps as
biological control agents of the legume leaf miner, *Liriomyza trifolii*
Burgess in Shizuoka, Japan. I. Parasitism of two wasps on the
legume leaf miner in glass greenhouse conditions and susceptibility
of the wasps to insecticides and fungicides. *Proc. Kanto Pl. Prot.*
Soc. 40: 235–238.]