

施設栽培オクラにおけるハモグリバエ類の発生実態および寄生蜂を用いた生物的防除の可能性

誌名	九州病害虫研究会報
ISSN	03856410
著者	柿元, 一樹 小山田, 耕作
巻/号	64巻
掲載ページ	p. 33-40
発行年月	2018年11月

施設栽培オクラにおけるハモグリバエ類の発生実態 および寄生蜂を用いた生物的防除の可能性

柿元 一樹^{1)†}・小山田耕作²⁾

(¹⁾鹿児島県農業開発総合センター・²⁾鹿児島県南薩地域振興局農政普及課)

Prevalence of leafminer flies on okra cultivated in greenhouse and probability of biological control of leafminers using parasitoids. Kazuki Kakimoto^{1)†}, Kousaku Koyamada²⁾
(¹⁾ Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development, Kinpo-cho, Minamisatsuma, Kagoshima 899-3401, Japan. ²⁾ Kagoshima Prefectural Nansatsu Regional Promotion Bureau, Agricultural Promotion and Advisory Division, Juuni-cho, Ibusuki, Kagoshima 891-0403, Japan.)

We investigated prevalence of leafminer flies on okra cultivated in greenhouse in Ibusuki City, Kagoshima Prefecture, Japan. *Liriomyza trifolii* (Burgess) was the only leafminer pest found on okra. The numbers of leafminers in greenhouses where commercially produced parasitoid wasps, *Neochrisocharis formosa* (Westwood) were released at a density of 50 individuals/1,000m², did not differ significantly from those in greenhouses where insecticides were sprayed. These results suggested that biological control using parasitoids could be substituted for insecticides. However, as *N. formosa* which seemed to be derived from indigenous populations also occurred in greenhouses with insecticide applications, we considered that the effects of biological control in this study were obtained by the complex parasitoids populations including the indigenous ones. Since the indigenous parasitoids of leafminers have been known to be effective natural enemies, we also need to investigate the probability of conservation biological control on leafminers using indigenous parasitoids' populations for more developmental control strategies.

Keywords : augmentation, IPM, *Liriomyza trifolii* (Burgess), natural enemy, *Neochrisocharis formosa* (Westwood)

緒 言

オクラは主に春夏期に生産される一年生の作物である。鹿児島県では約320haで栽培され、国内最大の生産地である(農林水産省, 2018)。本県の最大の生産地は、薩摩半島南部に位置する指宿市であり、当市では約300haの栽培面積を誇る。このうち約100haは施設栽培であり、2月上旬に播種され6月まで生産される。オクラの施設栽培では、時としてハモグリバエ類による甚大な被害が散見される。ところが、オクラで発生するハモグリバエ類に対して、殺虫剤は登録されていない。このため、本害虫発生時に有効な防除手段を講じられていないことが、本害虫の多発生を招く一

因である可能性が高い。さらに、本県のオクラ栽培で発生するハモグリバエ類については、発生種さえ特定できていない。このような現状は、施設栽培オクラにおいてハモグリバエ類による被害が顕在化し、オクラの生産振興に大きな損害を及ぼすリスクがあることを示唆しており、速やかな防除対策の確立が必要と言える。

我が国において野菜類を加害する主要なハモグリバエ類には、マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) やトマトハモグリバエ *Liriomyza sativae* Blanchard などが存在する(徳丸, 2008)。これらのハモグリバエ類による国内での被害は、前種は1990年以降(西東, 1992)、後種は1999年以降(岩崎ら, 2000)に問題となり、多くの野菜や花卉生産での重要害虫となっている。マメハモグリバエは、我が国への

† kakimoto-kazuki@pref.kagoshima.lg.jp

侵入当初から殺虫剤への抵抗性が認められ（西東ら, 1992）、トマトハモグリバエもマメハモグリバエとほぼ同様の殺虫剤感受性を示す（徳丸ら, 2005）。このため、ハモグリバエ類に対しては、殺虫剤に大きく依存した防除だけでは十分な効果が得られにくいことが指摘されてきた（西東, 1992；徳丸ら, 2005）。

ハモグリバエ類に対する防除技術として、寄生蜂を利用した生物的防除は、殺虫剤に代替可能な手段として提唱されてきた（西東ら, 1996；杉本, 1998）。例えば、マメハモグリバエに対する寄生蜂の有効性については、施設栽培のトマトやミニトマトにおいてイサエアヒメコバチ *Diglyphus isaea* (Walker)（小澤ら, 1999）やカンムリヒメコバチ *Hemiptarsenus varicornis* (Girault)（小澤ら, 2004）の放飼による防除効果が認められてきた。ハモグリバエ類個体群の抑制には複数の土着寄生蜂が関与していると考えられており（杉本, 1998；徳丸ら, 2007）、土着寄生蜂群集の中でもハモグリミドリヒメコバチ *Neochrysocharis formosa* (Westwood) は有望な種の1つであると評価されてきた（本藤ら, 2006；Hondo et al., 2006）。本寄生蜂は、生産地圃場でも有効に機能していると推察されており（大野ら, 1999；徳丸ら, 2007）、生物農薬としても販売されている（大野, 2016）。このため、登録殺虫剤が存在しないオクラでは、寄生蜂を活用した生物的防除は有力な防除手段となる可能性がある。

そこで本研究では、施設栽培オクラで発生するハモグリバエ類の種を明らかにするとともに、有力な防除手段を見出すため、ハモグリミドリヒメコバチの放飼増強法を通じた生物的防除の実用性を検証した。なお、本研究では、農業者圃場での試験という特性から、本種の放飼圃場と慣行防除圃場でのハモグリバエ類の発生量を比較し、生物的防除の効果を評価した。本文に先立ち、研究の実施に協力をいただいた鹿児島県関係者および農業者の皆様へ厚く感謝申し上げる。なお、本研究は、鹿児島県単独事業「スナップエンドウを基軸とする高収益体系の確立」において実施したものである。

材料および方法

1. 試験区の構成および試験圃場の概要

試験は、鹿児島県指宿市の農業者6戸が所有する圃場（面積はいずれも10a）において2016年2月から同年6月に実施した。6圃場のうち、ハモグリミドリヒメコバチ放飼圃場（以下、生物的防除区と略す）および慣行防除圃場（以下、慣行防除区と略す）をそれぞれ3圃場ずつ設けた。以後、生物的防除区の3圃場をA, B, C, 慣行防除区の3圃場をD, E, Fと表記する（Table 1）。なお、各試験圃場は直線距離で500m以上離れた場所である。オクラ（品種：「ブルースカイ」）の播種時期は、1月31日から2月8日までの間であった。栽培方法は、畝間135cm, 株間15cm,

Table 1. Control against the leafminer flies on okra in experimental fields

Treatment	Field	Date	Control ^{a, b}
Biological control	A	15-Apr.	<i>N. formosa</i>
	B	15-Apr.	<i>N. formosa</i>
	C	15-Apr.	<i>N. formosa</i>
Conventional control	D	29-Apr.	Acetamiprid (WDG)
	E	6-May	Imidacloprid (FL)
		15-May	Imidacloprid (FL)
	F	8-Mar.	Permethrin (EC)
		31-Mar.	Imidacloprid (FL)
		23-May	Imidacloprid (FL)

a) *Neochrysocharis formosa* were released per 50 individuals / 1,000m². b) Capital letters in parentheses indicate insecticides formulation. EC: emulsifiable concentrate, FL: flowable, WDG: water dispersible granule.

2条(条間45cm)植栽で、植え穴1箇所につき3株播種し、10a当たり植栽株数は約6,700~6,800株であった。

生物的防除区では、ハモグリバエ類の潜孔を初めて確認した後、2016年4月15日にハモグリミドリヒメコバチの成虫50頭/10aを放飼した。なお、本寄生蜂は、市販の「ミドリヒメ[®]」(アリストライフサイエンス株式会社)である。放飼にあたっては、本種が收容されている製品ボトルを施設の中央付近に位置するオクラの株に吊り下げた。当該試験区では、ハモグリバエ類に対する殺虫剤は散布しなかった(Table 1)。また、施設栽培のオクラでは、ハモグリバエ類以外ではアブラムシ類が主要な害虫である。ハモグリミドリヒメコバチの活動を阻害しないよう、アブラムシ類の防除にあたってはコレマンアブラバチ *Aphidius colemani* Viereck (アフィパール[®] (アリストライフサイエンス株式会社) およびヒメカメノコテントウ *Propylea japonica* (Thunberg) (カメノコS[®] (住化テクノサービス株式会社) を放飼して防除を図るか、あるいは天敵への悪影響を考慮して、なるべく殺虫範囲の狭い殺虫剤(ピメトロジン顆粒水和剤またはピリフルキナゾン顆粒水和剤)を使用した。

一方、慣行防除区では、一般的に施設栽培オクラで農業者が使用する殺虫剤を事前に聞き取り、アセタミプリド水和剤、イミダクロプリドフロアブルまたはベルメトリン乳剤のいずれかを使用した(Table 1)。但し、アブラムシ類だけが発生した場合には、ピメトロジン顆粒水和剤によって防除を図った。なお、ハモグリバエ類に対する殺虫剤散布の時期は、農業者の任意とした。圃場D、E、Fでのハモグリバエ類に対する殺虫剤散布回数は、それぞれ1回、2回、3回であった。

2. 調査方法

調査は、2016年2月29日から6月14日まで、原則として14日間隔を目安に実施した。

(1) ハモグリバエ類の潜孔数

各圃場から任意の90株を選び、各株の生長点から3枚目の完全展開葉に存在する潜孔数を目視により計数した。

(2) 寄生蜂による寄生率

各圃場から潜孔形成開始に相当する潜孔長が2~3cm程度の幼虫30~40個体を、生死を区別せずにオクラの葉ごと採集し、室内へ持ち帰った。採集葉は圃場毎に区別して、底面が約14.5cm四方および高さが

約24.5cmのプラスチック製容器に全て收容した。この飼育容器内の過湿を避けるために、容器の側面には全て8.5cm×14cmに切り抜いた通気口を設け、この通気口には目合い77 μ mのナイロン網を貼付した。飼育容器は、温度25℃および自然日長条件の実験室に保管し、ハモグリバエ類および寄生蜂成虫の羽化を待った。ハモグリバエ類の羽化が全て終了したと思われる約3週間後に、両者の個体数を計数した。寄生率は「寄生蜂の羽化成虫個体数/(ハモグリバエ類の羽化成虫個体数+寄生蜂の羽化成虫個体数)×100」により指標として算出した。ハモグリバエ類の識別は、原則として岩崎ら(2000)に従い、雄成虫についてはAbe and Kawahara (2001)を参考にした。寄生蜂種の識別にあたっては、小西(2011)に準じた。

3. 統計処理

防除方法の相違(生物的防除および慣行防除)によるハモグリバエ類の潜孔数および寄生蜂による寄生率への影響を知るための仮説検定は、それぞれ以下の方法によって解析した。両区の各3圃場をそれぞれ反復とした。ハモグリバエ類の潜孔数への影響は、90葉当たり潜孔数を応答変数とし、説明変数には防除方法の相違を固定効果、調査日を変量効果と設定して、JMP12 (SAS Institute Inc., 2015)を用いて分散分析(混合モデル)へあてはめた。なお、潜孔数は観測値に0.5を加算して対数変換し、正規分布へ近似した。

寄生率は、採集葉から羽化した寄生蜂数(寄生数)およびハモグリバエ類成虫数(非寄生数)を応答変数とし、説明変数には防除方法の相違を固定効果、調査日を変量効果と設定して、R (The R Project for Statistical Computing, 2018)を用いて一般化線形混合モデル(GLMM)へあてはめ、両区の差を比較した。なお、この処理にあたっては、応答変数の誤差構造に二項分布を仮定し、リンク関数にはロジット変換を用いた。

結 果

試験を実施した6圃場から採集したハモグリバエ類の潜孔からは、延べ149個体のハモグリバエ類成虫が羽化し、これらは全てマメハモグリバエであった。このため、本報告では試験圃場での発生種は全てマメハモグリバエであったと仮定して論じる。

各圃場でのマメハモグリバエの発生状況および寄生蜂による寄生率をFig. 1に示す。調査対象葉でのマメハモグリバエの潜孔(以下、潜孔と略す)は、F圃場

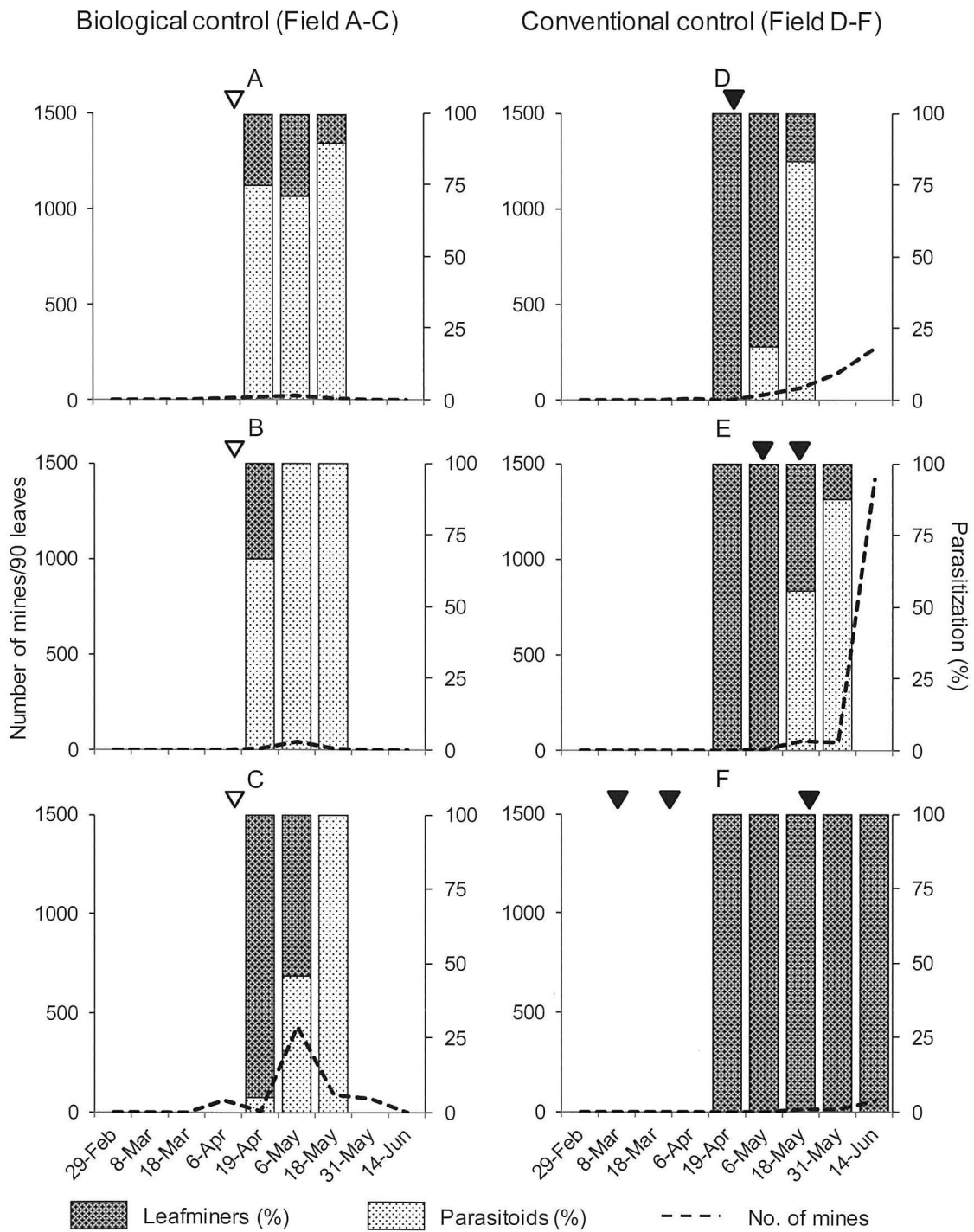


Fig. 1. Changes in density of the leafminers' populations and their parasitoids' parasitization on okra cultivated in greenhouses controlled by biological control (fields A, B, C) or conventional control (fields D, E, F). ▽: release of *N. formosa*. ▼: spray application of insecticides.

Table 2. Species composition of leafminer flies' parasitoids on okra in experimental fields

Treatment	Field	Species	Sampling dates				
			19-Apr.	6-May	18-May	31-May	14-Jun.
Biological control	A	<i>Opius</i> spp.	4	3	0	0	0
		<i>Chrisocharis pentheus</i>	0	0	0	0	0
		<i>Neochrysocharis formosa</i>	2	7	9	0	0
		Total number	6	10	9	0	0
	B	<i>Opius</i> spp.	1	0	0	0	0
		<i>Chrisocharis pentheus</i>	0	0	0	0	0
		<i>Neochrysocharis formosa</i>	1	2	5	0	0
		Total number	2	2	5	0	0
	C	<i>Opius</i> spp.	1	2	0	0	0
		<i>Chrisocharis pentheus</i>	0	0	0	0	0
		<i>Neochrysocharis formosa</i>	0	8	11	0	0
		Total number	1	10	11	0	0
Conventional control	D	<i>Opius</i> spp.	0	0	0	6	0
		<i>Chrisocharis pentheus</i>	0	0	2	5	0
		<i>Neochrysocharis formosa</i>	0	0	0	8	0
		Total number	0	0	2	19	0
	E	<i>Opius</i> spp.	0	0	0	0	1
		<i>Chrisocharis pentheus</i>	0	0	0	0	0
		<i>Neochrysocharis formosa</i>	0	0	0	10	20
		Total number	0	0	0	10	21
	F	<i>Opius</i> spp.	0	0	0	0	0
		<i>Chrisocharis pentheus</i>	0	0	0	0	0
		<i>Neochrysocharis formosa</i>	0	0	0	0	0
		Total number	0	0	0	0	0

では5月18日から認められ、本圃場以外の圃場では4月6日から認められた。生物的防除区では、いずれの圃場でも4月19日のサンプリングから寄生蜂の発生が認められ (Fig. 1, Table 2), 寄生率は約1か月間で概ね100%に近い水準に達した。なお、5月31日以降に採集した潜孔からは、寄生蜂およびマメハモグリバエともに羽化は認められなかった。生物的防除区での潜孔数は、いずれの圃場においても5月6日のピークを境に減少に転じ、調査終了時の6月14日には全ての圃場で発生が終息した。一方、慣行防除区での潜孔数の変動は、生物的防除区とは異なった。F圃場での潜孔数は終始低い水準で推移したが、DおよびE圃場での潜孔数は時間の経過とともに増加し、E圃場では5月31日から6月14日にかけて急激な増加が認められた。DおよびE圃場においては寄生蜂の発生が認められ、寄生率は最終的に約80~90%まで達したが、寄生蜂

の発生時期は生物的防除区に比べて遅かった。生物的防除区の結果と同様に、DおよびF圃場では5月31日以降に採集した潜孔から寄生蜂およびマメハモグリバエともに羽化は認められなかった。マメハモグリバエの潜孔が認められた4月6日以降のデータを用いて、各圃場を反復とし、生物的防除および慣行防除の両区でのマメハモグリバエ数を比較した。その結果、本潜孔数に両区で有意な差は認められなかった (分散分析 [混合モデル]; $df=1$, $F=0.305$, $P=0.585$)。一方、寄生蜂による寄生率の高低は、防除方法の相違を説明変数とする GLMM により説明でき (切片: $SE=0.53$, $Z=-3.07$, $P=0.002$; 係数: $SE=0.30$, $Z=2.95$, $P=0.003$; Deviance=77.9, $df=15$, $AIC=83.9$)、生物的防除区の寄生率は慣行防除区よりも有意に高かった。

試験圃場で発生した寄生蜂の種構成を見ると (Table 2), 生物的防除区でのマメハモグリバエ発生

初期には *Opius* spp. が主体で、ハモグリミドリヒメコバチは5月6日から増加した。慣行防除区の寄生蜂の種構成は、圃場によってやや異なり、D圃場では、上記2種に加えてハモグリヤドリヒメコバチ *Chrysocharis pentheus* (Walker) の発生が認められた。一方、E圃場ではハモグリミドリヒメコバチが優占種であった。

考 察

本研究では、施設栽培のオクラで発生するハモグリバエ類の発生種および発生実態を明らかにするとともに、本害虫に対する安定的かつ持続的な防除技術を確立するため、ハモグリミドリヒメコバチの放飼増強法を通じた生物的防除の可能性について検証した。

ハモグリバエ類の発生種については引き続き年次的な動向を追跡する必要があるが、鹿児島県指宿市で施設栽培のオクラを害する主要種は、マメハモグリバエである可能性が高い。本種は侵入種であり、我が国では1990年から農耕地での被害が問題となった(西東, 1992)。ウリ科、ナス科、マメ科など広範囲の作物の害虫である他、オクラを害することも記録されている(西東, 1992; 徳丸・阿部, 2005)。本県では、本研究を実施した指宿市において1992年にスプレーギク圃場での発生が認められたのが最初である(田ら, 2008)。また、本県薩摩半島において2004年から2007年に実施された *Liriomyza* 属ハモグリバエ類の分布調査では、アブラナ科およびキク科等の野菜・花卉圃場で優占種であったこと(田ら, 2008)から、本県の農業生産上の重要な害虫である。

慣行防除区における殺虫剤散布回数とマメハモグリバエへの防除効果の関係については、全国的に事例数が十分でないため、本報告で詳しく論じることが難しい。しかしながら、本種の潜孔数は、栽培期間中に3回の殺虫剤が散布されたF圃場では終始低水準で推移し、DおよびE圃場では発生以後減少することはなく(Fig. 1)、この2圃場での殺虫剤による防除効果は充分ではなかったと考えられた。特にE圃場での本種の発生量は、過去にハモグリバエ類によって大きな被害を受けた事例に近いレベルであった。この結果は、本種に対する登録農薬が存在しない現行の一般的な生産条件では、本種の多発生を招くリスクがあることを示唆している。これに対して生物的防除区では、一時的なマメハモグリバエの増加は認められたものの、その程度はオクラの生産に影響を及ぼすほどのレベルではなく、全ての圃場において栽培後半期には発生が終息

した(Fig. 1)。慣行防除区と生物的防除区での本種の潜孔数に有意な差は認められなかったことから、本種に対する生物的防除は、殺虫剤に過度に依存することなく、これまでの一般的な防除と同等以下に本種の発生を抑制できるものと推察される。

但し、今回の生物的防除区での防除効果は、以下の理由でハモグリミドリヒメコバチによる放飼効果であるとは判断できない。なぜなら、慣行防除区であるDおよびE圃場においても寄生蜂の発生が認められ(Fig. 1)、その発生種にはハモグリミドリヒメコバチが含まれていたためである。本種は土着の寄生蜂であり(杉本, 1998)、国内の様々な生産地および作物で主要種になることがある(Arakaki and Kinjo, 1998; Amano et al., 2008; 柿元・太田, 2017; 大野ら, 1999; 西東ら, 2008; 徳丸・阿部, 2006; 徳丸ら, 2007)。また、本種は高次寄生する特性を有しており、別種の寄生蜂であるイサエアヒメコバチを施設栽培トマトのマメハモグリバエに対して放飼した試験でも、イサエアヒメコバチに代わって土着のハモグリミドリヒメコバチが優占した報告がある(小澤ら, 2002)。今回の試験では、各試験圃場間の距離が直線で500m以上離れていたことを考慮すると、慣行防除区での本寄生蜂は、生物的防除区で放飼した個体群が異なる施設へ侵入したというよりも本種の土着個体群が発生していた可能性が高い。同時に、このことは生物的防除区へも本種の土着個体群が侵入していた可能性を払拭できない。生物的防除区では、慣行防除区に比べて寄生蜂による寄生率は有意に高く、本種の発生は早かった(Fig. 1, Table 2)。しかし、慣行防除区ではマメハモグリバエの発生初期に殺虫範囲の広いアセタミプリド水和剤、イミダクロプリドフロアブルまたはベルメトリン乳剤といったいずれかの殺虫剤が散布された(Table 1)。アセタミプリドおよびイミダクロプリドは、ハモグリミドリヒメコバチに対して悪影響があると考えられており(多々良, 2012)、ベルメトリンと同系統の合成ピレスロイド殺虫剤も同様である(Saito et al., 2008)。このことから、生物的防除区と慣行防除区間の寄生率の相違は、生物的防除区における本種の放飼によるものか、あるいは慣行防除区における非選択的な殺虫剤によって本来発生していた可能性がある土着寄生蜂を排除したことによるものか、二つの可能性を分離して考えることはできない。ハモグリミドリヒメコバチは寄主体液摂取を行い、この行動によってハモグリバエ類の発生抑制に影響を及ぼすことが示唆されている(大野ら, 1999)。本研究では、寄生蜂

の発生が認められた全ての試験圃場において、栽培後半期の5月31日以降または6月14日に採集した潜孔からはマメハモグリバエの成虫は全く羽化しなかった (Fig. 1, Table 2)。これは、直前に優占種となっていたハモグリミドリヒメコバチの寄主体液摂取による影響が働いたものかもしれない。すなわち、慣行防除区においても土着個体群と思われる本種が一定程度マメハモグリバエに対して影響を及ぼしたことが示唆される。以上のことを考慮すると、生物的防除区での防除効果は、ハモグリミドリヒメコバチを放飼したことによる単独の効果よりも、ハモグリミドリヒメコバチの放飼を含めて本種の保全を図った環境の創出がもたらした複合的な効果、として捉える方が妥当であろう。マメハモグリバエに対する寄生蜂の放飼試験において土着の寄生蜂が混入する例は、カンムリヒメコバチ (小澤ら, 2004) またはイサエアヒメコバチ等 (小澤ら, 2001; 西東ら, 1995) の放飼試験においてもこれまでに報告されている。これらの結果は、マメハモグリバエに対する土着寄生蜂の重要性を示唆している。非選択的な殺虫剤による土着寄生蜂群集の排除が、ハモグリバエ類のリサージェンスを招くリスクがあることは、国内においてもこれまでも指摘されてきた (大野ら, 1999; Saito et al., 2008; 西東ら, 1996)。施設栽培オクラにおいて、殺虫剤の種類を変えることによる土着寄生蜂の保護が、マメハモグリバエに対してどの程度の防除効果が得られるのか。この点については、ハモグリミドリヒメコバチの放飼の必要性を見極め、農業者にとっての防除経費にも影響する重要な要素であり、今後検討する必要がある。

大野 (2007) や山口・嶽崎 (2004) は、ハモグリバエ類の土着寄生蜂群集に着目し、エンドウのナモグリバエ *Chromatomyia horticola* (Goureau) に寄生する土着寄生蜂を施設栽培へ導入する手法を提案しており、実際にこの手法によって施設栽培トマトのトマトハモグリバエに対して防除効果が得られたことを示している (山口・嶽崎, 2004)。当該研究を実施した鹿児島指宿市は、オクラと同様にエンドウ類の生産も国内最大である。このエンドウ類に発生するナモグリバエには、ハモグリミドリヒメコバチを含む多様な土着寄生蜂群集が発生する (柿元・太田, 2017)。また、施設栽培オクラの栽培開始時期とエンドウ類の栽培時期は重複する。このため、同所的に栽培されるエンドウ類で発生する土着寄生蜂群集をオクラのマメハモグリバエの防除に利用できれば、地域循環型の低コスト防除技術として有益であろう。今後はこのような観点

からの技術開発も視野に入れる必要がある。

引用文献

- Abe, Y. and T. Kawahara (2001) Coexistence of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae), with *L. trifolii* and *L. bryoniae* on commercially grown tomato plants. *Appl. Entomol. Zool.* 36 : 277-281.
- Amano, K., A. Suzuki, H. Hiromori and T. Saito (2008) Relative abundance of parasitoids reared during field exposure of sentinel larvae of the leafminers *Liriomyza trifolii* (Burgess), *L. sativae* Blanchard, and *Chromatomyia horticola* (Goureau) (Diptera: Agromyzidae). *Appl. Entomol. Zool.* 43 : 625-630.
- Arakaki, N. and K. Kinjo (1998) Notes on the parasitoid fauna of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Okinawa, southern Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 33 : 577-581.
- 田 野飛・坂巻祥孝・津田勝男・柳下町鉦敏 (2008) 鹿児島県において野菜・花卉類を加害するナスハモグリバエ、マメハモグリバエおよびトマトハモグリバエの種構成。九病虫研会報 54 : 112-117.
- 本藤智雄・香取都夫・杉本 毅 (2006) 侵入害虫マメハモグリバエに対する生物的防除資材としての土着寄生蜂ハモグリミドリヒメコバチの大量増殖法の確立。近畿大学農学部紀要 39 : 41-54.
- Hondo, T., A. Koike and T. Sugimoto (2006) Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 41 : 73-82.
- 岩崎暁生・春日井健司・岩泉 連・笹川満廣 (2000) 日本におけるトマトハモグリバエ (*Liriomyza sativae* Blanchard) の新発生。植物防疫 54 : 142-147.
- 柿元一樹・太田 泉 (2017) 鹿児島県指宿市のエンドウおよびソラマメ栽培地域におけるハモグリバエ類の土着寄生蜂相。九病虫研会報 63 : 46-54.
- 小西和彦 (2011) 7. ハモグリバエ科野菜・花卉害虫の寄生蜂群集。絵かき虫の生物学 (広渡敏哉編), 北隆館 (東京) : pp.144-154.
- 農林水産省 (2018) 地域特産野菜生産状況調査 <http://www.maff.go.jp/j/tokei/index>. (2018年 4月 30日アクセス確認)
- 大野和朗 (2007) 地域土着資源を活用した生物的防

- 除. 今月の農業 51 : 30-33.
- 大野和朗 (2016) 天敵資材 (ハモグリミドリヒメコバチ). 天敵活用大事典, 農山漁村文化協会 (東京): pp.76-81.
- 大野和朗・大森 隆・嶽本弘之 (1999) 施設ガーベラのマメハモグリバエに対する土着天敵の働きと農薬の影響. 応動昆 43 : 81-86.
- 小澤朗人・太田光昭・小林久俊 (2002) マメハモグリバエに寄生するイサエアヒメコバチに対するハモグリミドリヒメコバチの高次寄生. 関東東山病害虫研報 49 : 109-112.
- 小澤朗人・西東 力・太田光昭 (1999) 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.
- 小澤朗人・西東 力・太田光昭 (2001) 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. 応動昆 45 : 61-74.
- 小澤朗人・西東 力・太田光昭 (2004) 施設ミニトマトのマメハモグリバエに対するカンムリヒメコバチ *Hemiptarsenus varicornis* の防除効果. 関西病虫研報 51 : 123-128.
- 西東 力 (1992) マメハモグリバエのわが国における発生と防除. 植物防疫 46 : 103-106.
- Saito, T., M. Doi, H. Katayama, S. Kaneko, Y. Tagami and K. Sugiyama (2008) Seasonal abundance of hemenopteran parasitoids of the leafminer *Chromatomyia horticola* (Diptera: Agromyzidae) and the impact of insecticide applications on parasitoids in garden pea field. Appl. Entomol. Zool. 43 : 617-624.
- 西東 力・土井 誠・田上陽介・杉山恵太郎 (2008) 静岡県に侵入後のマメハモグリバエとトマトハモグリバエの寄生バチ相. 応動昆 52 : 225-229.
- 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.
- 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.
- 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. 関東東山病害虫研報 42 : 235-237.
- SAS Institute (2015) JMP Statistics and Graphics Guide, version 12. SAS Institute, Cary, NC.
- 杉本 毅 (1998) マメハモグリバエの土着寄生蜂類に関する最近の知見. 植物防疫 52 : 358-362.
- 多々良明夫 (2012) ハモグリヤドリヒメコバチとハモグリミドリヒメコバチの成虫に対する農薬の影響. 植物防疫 66 : 402-408.
- The R Project for Statistical Computing <https://www.r-project.org/> (2018年4月30日アクセス確認)
- 徳丸 晋 (2008) ハモグリバエ類の生態と防除に関する研究の現状と課題. 関西病虫研報 50 : 55-59.
- 徳丸 晋・阿部芳久 (2005) トマトハモグリバエ, マメハモグリバエおよびナスハモグリバエ (ハエ目: ハモグリバエ科) の発育に及ぼす寄主植物の影響ならびに寄主植物選好性. 応動昆 49 : 135-142.
- 徳丸 晋・阿部芳久 (2006) 京都府におけるトマトハモグリバエ, マメハモグリバエおよびナスハモグリバエの土着捕食寄生バチ相. 応動昆 50 : 341-345.
- 徳丸 晋・安藤康彦・竹内智彦・阿部芳久 (2007) 京都府におけるトマトハモグリバエ, マメハモグリバエおよびナスハモグリバエの土着捕食寄生バチの発生消長. 関西病虫研報 49 : 3-8.
- 徳丸 晋・栗田秀樹・福井正男・阿部芳久 (2005) トマトハモグリバエ, マメハモグリバエおよびマメハモグリバエ (双翅目: ハモグリバエ科) の殺虫剤感受性. 応動昆 49 : 1-10.
- 山口卓宏・嶽崎 研 (2004) 鹿児島県における施設栽培トマトでの土着寄生蜂を用いたハモグリバエ類の防除. 今月の農業 48 (12) : 36-42.

(2018年4月30日受領, 8月24日受理)