

## 性フェロモン成分によるマメシクイガの交信かく乱効果

石本万寿広・山代千加子\*・山下亜樹

Masuhiko ISHIMOTO, Chikako YAMASHIRO and Aki YAMASHITA :

Effects of mating disruption using synthetic sex pheromone on soybean pod borer  
*Leguminivora glycinivorella* (Matsumura) (Lepidoptera: Tortricidae) in soybean fields

マメシクイガに対する交信かく乱法の可能性を明らかにするため、性フェロモン成分である(8E, 10E)-8, 10-dodecadienyl acetateを用いて、室内実験および圃場試験を行った。室内実験では、性フェロモン成分の高濃度処理により交尾阻害が起こることが確認された。試作した交信かく乱剤を用いた圃場試験では、かく乱剤の処理により、誘引阻害効果、交尾阻害効果が認められたが、いずれも効果はやや低く、幼虫密度低減効果、被害粒数低減効果も実用的には不十分であった。交信かく乱法による防除の可能性が示されたが、これを確認するにはフェロモン剤の処理量や処理方法など、さらに詳細な検討が必要と思われた。

Key words : マメシクイガ, 性フェロモン, 交信かく乱, *Leguminivora glycinivorella*, sex pheromone, mating disruption

### 緒言

マメシクイガ *Leguminivora glycinivorella* (Matsumura) はハマキガ科に属し、ダイズ *Glycine max* (L.) Merr. の子実を加害する害虫である。北日本においてはダイズの重要害虫に位置づけられている<sup>4)</sup>。本種は幼虫態で越冬し、年間世代数は、北日本では1世代、関東南部では一部が2世代となる<sup>9)</sup>。北陸地域においては年1世代で、成虫の発生時期は8月中旬~9月中旬である<sup>6)</sup>。子実の被害量はダイズの連作年数と密接な関係があり、連作に伴い被害が増加する傾向がある<sup>4,11,12)</sup>。本種に対しては卵期~幼虫発生初期の1~2回の殺虫剤散布が効果的であり<sup>3,9)</sup>、現在、防除対策として殺虫剤散布が一般的に行われている。しかし、減農薬指向への対応やIPMの推進には、殺虫剤以外の防除手段の開発が必要である。

チョウ目害虫の一部では、性フェロモン成分の大量処理による交信かく乱効果が認められ、農薬登録されて実際の防除に利用されている。マメシクイガと同じハマ

キガ科の害虫では、チャノコカクモンハマキ *Adoxophyes honmai*, リンゴコカクモンハマキ *Adoxophyes orana fasciata*, ナシヒメシクイ *Grapholita molesta*, チャハマキ *Homona magnanima* などがある<sup>7)</sup>。マメシクイガの性フェロモンの主成分は(8E, 10E)-8, 10-dodecadienyl acetate (E8E10-12:Ac) であることがすでに明らかにされているが<sup>15)</sup>、この合成物の交尾阻害効果および交信かく乱法による防除効果についてはこれまでに検討されていない。

交信かく乱法では、一般に処理面積によって防除効果が大きな影響を受け、面積が大きいと防除効果が安定する傾向があり、また、周囲からの既交尾雌の飛び込みの多少も防除効果に影響を及ぼすとされる<sup>16)</sup>。東北および北陸地域では、ダイズは主として水田転換畑で栽培されており、ダイズ圃場は水稻等の非寄主植物で囲まれている。加えてマメシクイガ成虫の移動性も小さいとみられており<sup>2)</sup>、圃場外から侵入する成虫は少ないと推測される。このことから、交信かく乱法による防除効果が得られやすい条件にあると考えられる。

そこで、本研究では、室内試験で交尾阻害効果を確認し、さらに、試作した交信かく乱剤を用いて、その防除効果を圃場試験で検討した。

信越化学工業株式会社には、E8E10-12:Ac, 交信かく乱剤フェロモン剤および発生予察用フェロモン剤を提供いただいた。また、同社の望月文昭氏には試験の実施ならびに本稿の作成に多くの有益な助言をいただいた。本文に先立ち感謝の意を表す。

## 材料および方法

### 1. 交尾阻害効果の確認

#### (1) 供試虫

2009年5月に新潟県柏崎市で土繭を採取し、ダイズを餌として1世代室内飼育して得られた羽化5～7日後の成虫を供試した。幼虫飼育は25℃, 16時間日長で行い、その後20℃, 12時間日長に移して夏休眠を覚醒させた。羽化成虫は、20℃12時間日長で飼育した。

#### (2) フェロモンの処理方法

E8E10-12:Acをn-ヘキサン50 $\mu$ l当たり10ng, 100ng, 1000ngとなるように濃度を調整した。腰高シャーレ(直径9cm, 高さ9cm)に雌4頭, 雄5頭を入れ, 所定濃度の上記ヘキサン溶液50 $\mu$ lを含浸させたる紙片を入れた<sup>5)</sup>。対照にはn-ヘキサンのみを含浸させたる紙片を用いた。処理後は, 20℃, 12時間日長条件に置いた。1濃度につき8反復とした。

#### (3) 交尾の有無の判定

処理24時間後に雌成虫を実体顕微鏡下で解剖し, 精包の有無を確認した。

### 2. 圃場試験による防除効果の確認

#### (1) 試験圃場

2010年に, 新潟県柏崎市のダイズ圃場(品種「エンレイ」, 畝間:75cm, 播種日:6月上旬, 開花期:7月第5半旬)で試験を行った。フェロモン剤処理区は45a(圃場No.1)および17a(圃場No.2)の2圃場, 対照区は16a(圃場No.1), 27a(圃場No.2)の2圃場とし, それらの間の距離は約140m, 標高差は約2m(対照区の標高が高い)であった(第1図)。試験圃場を含む地区は水田と山林がほとんどを占めた。各圃場に2a程度の調査か所を2か所設けた。

#### (2) フェロモン剤と設置方法

高密度ポリエチレンチューブにE8E10-12:Acを1m当

たり0.25g封入したもの(以下, フェロモン剤)を用いた。フェロモン剤を圃場の外周および内部に, 10a当たり200m(成分量50g)を設置した(第2図)。設置の高さはダイズの草冠～草冠からやや高い位置とし, 設置には農業用支柱(イボ竹<sup>®</sup>)を用いた。設置期間は8月17日から10月4日とした。対照区にはフェロモン剤, 農業用支柱ともに設置しなかった。

#### (3) 調査項目

##### ア. 成虫数調査

叩き出し法<sup>3)</sup>により成虫数を調査した。各調査か所, 2畝 $\times$ 50mについて, 農業トンネル用支柱(ダンポール<sup>®</sup>)でダイズの茎葉を叩き, 飛び立った成虫を計数した。調査は8月20日から9月15日まで, 5日程度の間隔で行った。調査時刻は午後3時～5時とした。

##### イ. 卵数, 幼虫数調査

各調査か所からダイズ5本を採取し, 全莢の卵数, 幼虫数, 幼虫脱出孔数を調査した。幼虫は頭幅を測定し, 成瀬・新田(1991)<sup>6)</sup>の基準にしたがい齢期を判定した。調査は8月25日から10月12日まで6～9日間隔で行った。ただし, 8月31日までは卵数のみ, 9月27日以降は幼虫数, 幼虫脱出孔数のみの調査とした。

##### ウ. フェロモントラップ(モニタリングトラップ)調査

8月17日に, 各調査か所にフェロモントラップ(SEトラップ, サンケイ化学株)をダイズの草冠の高さに設置し, 誘殺数を調査した。誘引源は, 灰色ゴムキャップにE8E10-12:Ac 0.2mgを含浸させたものを使用した。誘殺数は3～6日間隔で調査し, 誘引源は9月10日に新しいものに交換した。かく乱区, 対照区の誘殺数から誘引阻害率( $\frac{\{対照区の誘殺数 - かく乱区の誘殺数\}}{対照区の誘殺数} \times 100$ )を求めた。

##### エ. 成虫の交尾率調査

8月31日, 9月8日に, かく乱区, 対照区の各圃場から, 捕虫網により成虫を採集した。採集時刻は午後3時～6時半頃とし, 採集した成虫は70%エタノールに浸漬して持ち帰った。持ち帰った成虫は雌雄を分け, 雌は解剖して精包の数を調査した。

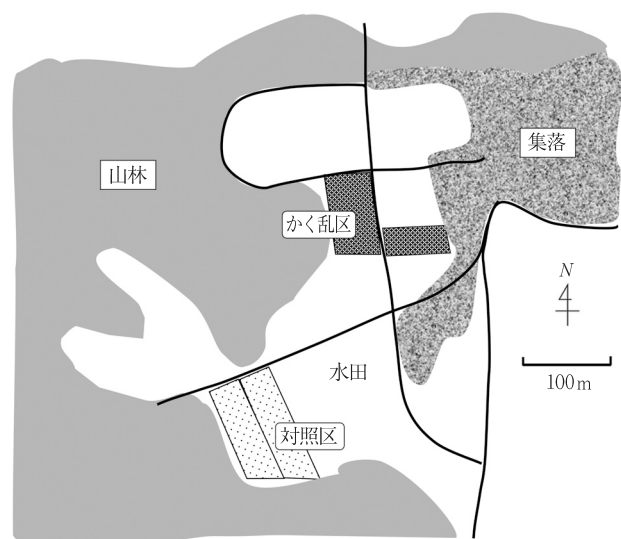
##### オ. 被害粒調査

10月12日に各調査か所からダイズ30本を採取し, 乾燥後に被害莢数, 被害粒数を調査した。

#### (4) 統計検定

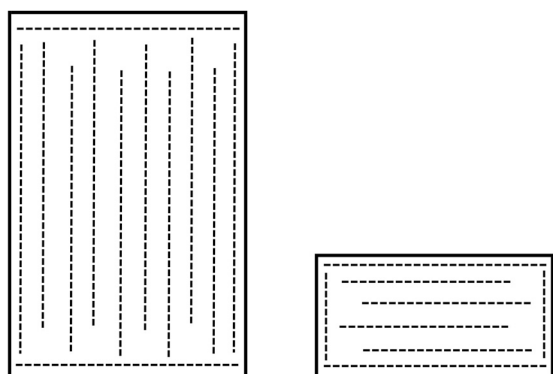
室内における交尾阻害効果確認試験の交尾率は, ロジスティック回帰を行い, 尤度比検定により各処理と対照

を対比較した。有意水準は、多重性の問題を回避するために、Bonferroniの不等式  $\alpha' = \alpha / kC_2$  で調整した。叩き出しによる成虫数調査のデータは、調査圃場を反復、各圃場の調査か所をネストとし、これらを変量効果とした分散分析により処理間の有意差を検定した。幼虫数調査、フェロモントラップ調査、被害粒調査の各データは、説明変数に叩き出し成虫数を加えて同様に検定を行った。圃場採取雌の交尾率は、2回の捕獲日を反復測定とした分散分析により処理間の有意差の検定を行った。これらの検定における分散成分の推定にはREML法を用いた。以上の統計検定はJMP11.0.0 (SAS Institute Inc.) により行った。



第1図 試験地区の地図<sup>a)</sup>

a) 白色部は水田がほとんどを占める。



第2図 かく乱区におけるフェロモン剤の設置状況<sup>a)</sup>

a) 破線はフェロモン剤を示す。

## 結果

### 1. 室内試験

E8E10-12:Acの10ng処理, 100ng処理, 1,000ng処理の交尾率はそれぞれ62.5%, 32.3%, 6.5%であり, 処理量が多いほど交尾率が低く, 100ng処理, 1,000ng処理の交尾率は無処理に比べ明らかに低かった (第1表)。

### 2. 圃場効果試験

#### (1) 成虫, 卵, 幼虫密度調査

対照区における成虫の初確認は8月25日であり, 8月31日にかけて成虫数は急増し, その後は比較的速やかに減少し, 9月10日以降は極めて少なくなった (第3図)。成虫発生盛期は8月第6半旬~9月第1半旬であった。各調査か所の総成虫数は138頭~279頭で, 調査か所間で最大2倍程度の違いがあったが, かく乱区と対照区の間には有意な差異は認められなかった。

対照区では, ふ化卵が9月6日から認められ, 9月21日に最多となった (第2表)。幼虫は9月6日にわずかに確認され, その後増加して9月27日が最多であった。莢からの幼虫脱出痕は9月21日から認められ, 10月12日にかけて増加した。かく乱区の卵, 幼虫, 脱出孔数の推移は, 対照区と概ね同調した。かく乱区の9月21日 (最多発生時) の平均ふ化卵数は35.5粒で, 対象区の39%であったが, 対照区とは有意差は認められなかった (第3表)。9月27日 (最多発生時) の平均幼虫・脱出孔数は45.5で, 対照区の46%であり, 両区では有意差が認められた。

#### (2) フェロモントラップ調査

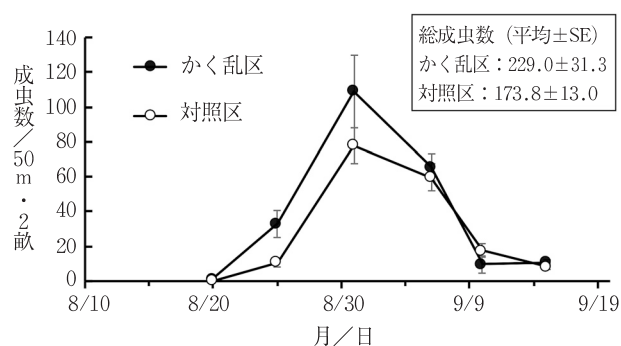
対照区における初誘殺は8月17日であり, その後誘殺

第1表 室内実験におけるマメシクイガ成虫に対する (8E, 10E)-8, 10-dodecadienyl acetate処理の交尾阻害効果

フェロモン量 (ng/容器)	反復数 <sup>a)</sup>	平均交尾 雌数±SD	交尾率 (%) <sup>b)</sup>
10	8	2.5±0.9	62.5 ns
100	8	1.3±0.9	32.3 *
1000	8	0.3±0.7	6.5 *
対照	8	2.5±0.5	64.5

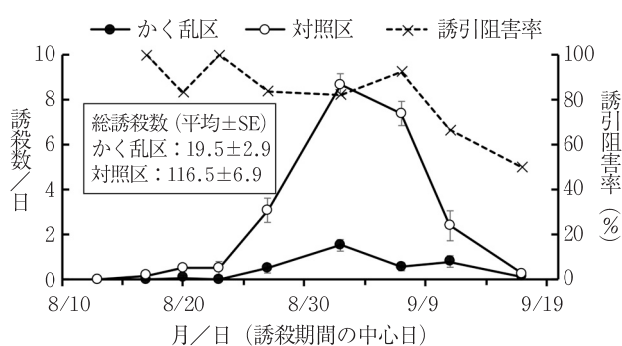
a) 1反復 (容器当たり) の成虫数は雌4, 雄5。

b) 8反復をこみにした交尾率。\*は対照と有意差があること, nsは有意差がないことを示す (尤度比検定, 有意水準 $p=0.016$ )。



第3図 叩き出し法による成虫数の推移<sup>a)</sup>

a) 4か所の平均。誤差バーは標準誤差。



第4図 フェロモントラップ誘殺数の推移<sup>a)</sup>

a) 4か所の平均。誤差バーは標準誤差。誘引阻害率:  $\frac{|\text{対照区の誘殺数} - \text{かく乱区の誘殺数}|}{\text{対照区の誘殺数}} \times 100$ 。

第2表 圃場試験における卵数、幼虫数の推移<sup>a)</sup>

試験区	調査日	総莢数	卵数		幼虫数				幼虫脱出孔数	幼虫数+脱出孔数 <sup>b)</sup>
			ふ化 <sup>b)</sup>	未ふ化	1, 2 齢	3, 4 齢	5 齢	計		
かく乱区	8月25日	229.3	0	0						
	8月31日	226.8	0.0	3.8						
	9月6日	223.3	5.0 (54)	14.0	1.0	0	0	1.0	0	1.0 (44)
	9月15日	227.0	28.0 (35)	5.0	20.8	10.0	0	30.8	0	30.8 (48)
	9月21日	227.3	35.5 (39)	1.8	3.8	42.8	6.3	52.8	0	52.8 (63)
	9月27日	245.5			0.8	20.0	23.8	44.5	1.0	45.5 (46)
	10月4日	268.5			0	2.8	18.8	21.5	30.8	52.3 (56)
	10月12日	239.5			0	1.3	2.8	4.0	45.5	49.5 (54)
対照区	8月25日	226.5	0	0.5						
	8月31日	221.0	0	10.8						
	9月6日	215.8	9.3	20.3	2.0	0.3	0	2.3	0	2.3
	9月15日	252.3	81.0	10.0	32.8	31.5	0.3	64.5	0	64.5
	9月21日	226.3	90.0	3.5	10.5	61.5	11.3	83.3	1.0	84.3
	9月27日	224.0			1.5	38.0	51.8	91.3	8.0	99.3
	10月4日	223.8			0.3	9.0	38.3	47.5	45.0	92.5
	10月12日	231.3			0	1.8	5.5	7.3	85.0	92.3

a) 5本当たり個体数(4か所の平均値)。空欄は調査なし。

b) カッコ内は対照区に対する比率(%)。

第3表 分散分析による各調査項目の統計検定結果<sup>a)</sup>

調査項目	要因	自由度 (分子/分母)	F値 <sup>c)</sup>
フェロモントラップ総誘殺数 (対数変換)	処理	1/2.21	126.30 **
	叩き出し成虫数 <sup>b)</sup>	1/3.39	12.80 *
ふ化卵数 (9月21日, 対数変換)	処理	1/2.34	10.09 n.s
	叩き出し成虫数	1/4.91	0.65 n.s.
幼虫・脱出孔数 (9月27日, 対数変換)	処理	1/2.32	17.90
	叩き出し成虫数	1/4.70	2.36 n.s
被害粒率 (角変換)	処理	1/2.82	21.32 *
	叩き出し成虫数	1/4.73	2.92 n.s.

a) 交互作用はいずれも有意ではなかったため、交互作用を除いて検定。

b) 6回の調査の総数(対数変換値)。

c) \*, \*\*はそれぞれ5%水準, 1%水準で有意であること, n.s.は5%水準で有意でないことを示す。

第4表 圃場捕獲雌の交尾回数と交尾率交尾雌率

試験区	捕獲日	圃場 No.	捕獲成虫数 <sup>a)</sup>		交尾回数別雌数						交尾雌率 (%) <sup>b)</sup>
			雌	雄	0回	1回	2回	3回	4回	5回	
かく乱区	8月31日	1	31 (29.0)	76	24	6	1	0	0	0	22.6
		2	36 (35.6)	65	25	10	1	0	0	0	30.6
		平均									26.6 (64.1)
	9月8日	1	26 (40.0)	39	11	12	3	0	0	0	57.7
		2	22 (36.7)	38	7	8	7	0	0	0	68.2
		平均									63.0 (34.8)
対照区	8月31日	1	27 (34.2)	52	7	16	4	0	0	0	74.1
		2	27 (42.2)	37	7	10	8	2	0	0	74.1
		平均									74.1
	9月8日	1	29 (32.2)	61	2	8	15	3	0	1	93.1
		2	26 (42.6)	35	0	7	10	6	3	0	100.0
		平均									96.6

a) ( )内は雌成虫の割合 (%)。

b) かく乱区と対照区の間には有意差がある (反復測定分散分析,  $p < 0.05$ )。カッコ内は交尾阻害率 (1-かく乱区の交尾雌率/対照区の交尾雌率)×100。

数は急激に増加し、9月第1半旬に最多となった。誘殺数はその後比較的速やかに減少し、9月中旬には極めて少なくなった (第4図)。この誘殺数の推移は、叩き出しによる成虫数の推移 (第3図) と概ね同調した。かく乱区においても連続して誘殺があったが、誘殺数は対照区に比べ明らかに少なく、調査期間の平均総誘殺数は、かく乱区19.5頭、対照区116.5頭であった。誘引阻害率は、成虫が多かった8月第6半旬～9月第2半旬では82～92%、全期間では83%であった。

### (3) 雌成虫の交尾状況調査

かく乱区の平均交尾雌率は、8月31日が26.6%、9月8日が63.0%、対照区 (8月31日: 74.1%、9月8日: 96.6%) に比べ、有意に低かった (第4表)。交尾雌の最高交尾回数は5回で、本種は複数回の交尾を行うことが確認された。雌当たりの交尾回数は9月8日に比べ8月31日で少なく、対照区に比べかく乱区で少ない傾向があった。

### (4) 子実被害調査

平均被害粒率はかく乱区15.3%、対照区40.1%で、両者の間には有意差が認められた (第3表、第5表)。

## 考 察

マメシクイガを対象とした室内での交尾阻害実験では、E8E10-12:Acの処理量が100ng、1,000ngでは交尾率が明らかに低下し、特に1,000ngでは著しく低下することが示され (第1表)、本種においても性フェロモンの高濃度処理により交尾阻害が起こることが確認された。

第5表 圃場試験における子実の被害状況<sup>a)</sup>

試験区	圃場	調査粒数	被害粒率 (%) <sup>b)</sup>
かく乱区	1	2375.0	16.5
	2	2470.5	14.1
	平均	2422.3	15.3 (38)
対照区	1	2487.0	47.4
	2	2172.5	32.7
	平均	2329.8	40.1

a) 各圃場2か所 (30本調査) の平均。

b) カッコ内は対照区に対する比率 (%)

ほぼ同様の方法で行われた室内実験の事例として、本種と同じハマキガ科のトビハマキ *Pandemis heparana* とチャノコカクモンハマキの例があり、前者では (Z)-11-tetradecenyl acetate (Z11-14:Ac) の100ng処理、1,000ng処理で交尾率が明らかに低下し、特に1,000ng処理の交尾率は著しく低下すること<sup>4)</sup>、後者ではZ11-14:Acの1,000ngの処理で<sup>14)</sup>交尾率が低下することが認められている。今回のマメシクイガでのE8E10-12:Acの処理量と交尾率の関係は、これらの事例とほぼ同じであった。チャノコカクモンハマキでは、圃場試験によりZ11-14:Acの防除効果が認められていることから<sup>8)</sup>、マメシクイガにおいても交信かく乱効果が期待できると思われた。

室内試験の結果とこれまでに他のチョウ目害虫で得られている知見や製剤に要するコスト等を勘案し、担体には交信かく乱剤として一般的なポリエチレン製チューブ剤を選択し、フェロモンの封入量や面積当たりのフェロ

モン剤処理量を設定して、圃場効果試験を実施した。圃場試験では、フェロモン剤の処理により誘引阻害効果（第4図）、交尾阻害効果（第3表）が認められたが、いずれの効果も高くはなく、実用性の主な評価指標である幼虫密度低減効果（第2表）、被害粒数低減効果（第4表）も不十分であった。防除効果の前提となる交尾率の低減効果が低かったことから、以下、交尾阻害効果について考察する。交信かく乱剤処理圃場において交尾率が高まる理由としては、処理区外からの既交尾雌の侵入と処理区内での交尾阻害効果の低下が挙げられる。試験圃場の処理区は、その周囲が水田や山林で（第1図）、処理区外からの既交尾雌の侵入はほとんどない条件であることから、既交尾雌の侵入の可能性は低いとみられる。処理区内の交尾率に影響を及ぼす要因として、フェロモンの空中濃度や対象害虫の密度が考えられる<sup>16)</sup>。交信かく乱効果が十分であった場合に期待される誘引阻害率は、ハマキムシ類、ホソガ類では95～100%、シンクイムシ類では99～100%であるとされる<sup>10)</sup>。チャノコカクモンハマキでも、Z11-14:Ac処理の誘引阻害率が98%程度であることが示され<sup>8)</sup>、Z11-14:Ac剤の防除効果はその処理量により変動し、10a当たり100本では明らかに効果が劣り、300本（有効成分：25.5g）以上が必要とされている<sup>1)</sup>。本試験では、処理区のモニタリングトラップには少数ではあるがほぼ継続して成虫が誘殺され、誘引阻害率は80～90%程度で、これらよりも低く、フェロモンの空中濃度やその均一性に問題があった可能性が高い。また、交信かく乱法では対象害虫の密度が高いと効果が低下しやすく、これは密度が高まると性フェロモンによらない交信、すなわち接触や視覚刺激などによる交信によって交尾する機会が増加するためとされ<sup>16)</sup>、マメシンクイガと同じハマキガ科のチャノコカクモンハマキでも高密度条件で防除効果が低下する事例が認められている<sup>8)</sup>。本試験でも成虫密度が高かったことから、このことが交尾阻害効果を低下させた可能性も考えられる。

マメシンクイガに対して、室内実験により交尾阻害効果が認められ、さらに圃場試験においても不十分ではあるが、交尾阻害効果、次世代幼虫ならび被害の低減効果が認められたことから、交信かく乱による防除の可能性があると考えられた。しかし、圃場試験は1例のみであり、防除効果が低かった要因についても推測の域を出なかった。今後、フェロモン剤の剤型や、圃場への設置量、設置方法について十分に検討する必要がある。ま

た、地形や処理面積、マメシンクイガ密度が異なる条件で試験を実施し、安定した防除効果が確保できる条件を明らかにする必要がある。ダイズ栽培においては果樹などの園芸作物に比較して栽培面積が大きく、面積当たりの収益が少ないため、低価格でかつフェロモン剤設置にかかる労力・コストが低いことも実用化への重要な条件になると思われる。近年開発された水分散型性フェロモン徐放剤<sup>17)</sup>は、圃場内のフェロモン濃度の均一性を確保し、処理労力を低減するには有効とみられ、この製剤では、マメシンクイガに対して高い誘引阻害効果があることも認められている。今後、マメシンクイガの交信かく乱剤として検討する価値はあると考えられる。

## 引用文献

- 1) 古野鶴吉 (1986) 交信かく乱法によるチャのハマキガ類の防除—宮崎県の場合. 植物防疫40: 55～58.
- 2) 樋口博也・望月文昭 (2011) マメシンクイガのダイズ圃場での発生生態. 植物防疫65: 225～228.
- 3) 木村勇司・石谷正博 (2009) 合成ピレスロイド剤によるマメシンクイガの効率的防除. 北日本病虫研報60: 180～185.
- 4) 小林 尚・奥 俊夫・土岐昭男・千葉武勝・渡辺忻悦・小林次郎・船迫勝男・江口憲雄・斎藤 満 (1979) 東北地方の水田転換畑ダイズにおける1978年の虫害の特徴と対策. 北日本病虫研報30: 26～30.
- 5) 南島 誠・杉江 元・望月文昭・野口 浩 (1996) 室内試験におけるトビハマキに対する(Z)-11-テトラデセニルアセタートの交信かく乱効果. 応動昆40: 162～164.
- 6) 成瀬博行・新田 朗 (1991) 北陸地方におけるマメシンクイガの発生経過. 富山農技セ研報10: 1～9.
- 7) 日本植物防疫協会編 (2014) 生物農薬・フェロモンガイドブック2014. 日本植物防疫協会, 東京.
- 8) 大泰司 誠 (1986) 交信かく乱法によるチャのハマキガ類の防除. 植物防疫40: 51～54.
- 9) 奥 俊夫 (1979) マメシンクイガ. ダイズ病害虫の手引 (日本植物防疫協会編), 76～80, 日本植物防疫協会, 東京.
- 10) 小川欽也 (2005) フェロモンによる害虫防除. フェロモン利用の害虫防除. 農文協, 東京.
- 11) 小野 亨 (2009) 宮城県北部における最近のダイズ

- 害虫被害の発生と特徴. 北日本病虫研報60 : 186-188.
- 12) 小野塚清・品田忠昭・池田昭二・阿部徳文 (1986) 水田転作ダイズの連作に伴うマメシンクイガによる被害発生の変化. 北陸病虫研報34 : 61-64.
- 13) 高野俊昭・城所 隆・藤崎祐一郎 (1986) 宮城県におけるマメシンクイガの発生消長と被害. 宮城農セ研報53 : 29~37.
- 14) 玉木佳男・石渡武敏・刑部 勝 (1975) 性フェロモンおよびその構成成分によるチャノコカクモンハマキの性行動阻害. 応動昆19 : 187~192.
- 15) Vang, Le Van, Ishitani, M., Komai, F., Yamamoto, M. and Ando, T. (2006) Sex pheromone of the soybean pod borer, *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae) : Identification and field evaluation. Appl. Entomol. Zool. 41 : 507-513.
- 16) 若村定男 (1993) 性フェロモン防除法の適用条件. 植物防疫47 : 499~502.
- 17) 山下美与志・望月文昭・福本毅彦 (2015) 水分散型性フェロモン徐放製剤. 特許第5777478号.  
(2016年10月18日受理)
-