

# ダイズ害虫ツメクサガに対する 合成性フェロモン剤の誘引性の評価

小野 亨・安田哲也<sup>1)</sup>・安居拓恵<sup>2)</sup>・横堀亜弥・大江高穂<sup>3)</sup>

## Evaluation of Synthetic Sex Pheromones for Flax Budworm *Heliothis maritima adauca* Butler (Lepidoptera: Noctuidae) in Soybean Fields

Tohru ONO, Tetsuya YASUDA<sup>1)</sup>, Hiroe YASUI<sup>2)</sup>, Aya YOKOBORI and Takaho OE<sup>3)</sup>

### 抄 録

ダイズ害虫ツメクサガに対する合成性フェロモン剤を試作し、野外条件下における誘引性の評価を行った。初めに、合成性フェロモン剤の持続期間を評価したところ、(Z)-11-hexadecenal (Z11-16:Ald) と (Z)-11-hexadecen-1-ol (Z11-16:OH) の混合物 (成分混合比 1,000 : 20) の持続期間は1週間であった。また、誘引性に及ぼす成分混合比の影響を検討したところ、発生密度が低い条件下において、最も安定して誘引性を示した Z11-16:Ald と Z11-16:OH の成分混合比は、1,000 : 20 であった。以上のことから、Z11-16:Ald と Z11-16:OH の2成分を含浸させた合成性フェロモン剤を用いることにより、ツメクサガ成虫のモニタリングは可能と考えられるが、発生予察や防除要否の判断などの実用性について検証する必要がある。

キーワード：ダイズ, ツメクサガ, 合成性フェロモン剤, 誘引性

Key words: Soybean, *Heliothis maritima adauca*, synthetic sex pheromones, attractiveness

### 緒 言

宮城県のダイズ栽培の害虫管理において、子実や莢を加害する害虫種を対象とした薬剤防除は基幹防除として広域的に行われており、食葉性害虫などが突発的に集中発生した場合には補完防除が行われている。前者は、フタスジヒメハムシ *Medythia nigrobilineata* やマメシンクイガ *Leguminivora glycinivorella* などを対象とした防除であり、殺虫剤の種子塗抹処理と子実肥大期の茎葉散布が行われている (小野ら, 2011)。一方、後者は年次やほ場による発生変動が大きいウコンノメイガ *Pleuroptya ruralis* (狐塚ら, 2012) などの食葉性害虫を対象にした開花期頃の殺虫剤散布が挙げられる。さらに近年は、オオタバコガ *Helicoverpa armigera* やツメクサガ *Heliothis maritima adauca* などのタバコガ類による葉や莢への食害が問題となっていることから (宮城県古川農業試験

場, 2019; 横堀ら, 2018), これらのタバコガ類を対象にした薬剤防除も重視されている。

オオタバコガに関しては、合成性フェロモン剤が市販されていることから、本県でも古川農業試験場において誘殺消長の調査が行われている (宮城県古川農業試験場, 2019; 横堀ら, 2018)。一方、ツメクサガの性フェロモンとして、(Z)-11-hexadecenal (Z11-16:Ald) と (Z)-11-hexadecen-1-ol (Z11-16:OH) の2成分が未交尾の雌成虫から同定され、野外誘引試験で2成分の合成混合物による雄成虫に対する誘引性が示された (Kakizaki and Sugie, 2003)。これらの2成分に対する誘引性を利用してツメクサガ成虫のモニタリングが可能になれば、発生予察や防除要否の判断などに活用することができると考えられる。そこで、これらの2成分を含み、成分混合比の異なる合成性フェロモン剤を試作し、ツメクサガに対する誘引性の評価を試みたので報告する。

第1表 ツメクサガに対する合成性フェロモン剤の誘引性試験の概要

年次	目的 <sup>※1</sup>	試験名	試験期間	供試フェロモン剤の 成分混合比 <sup>※2</sup> ( Z11-16:Ald : Z11-16:OH )	試験 ほ場 <sup>※3</sup>	トラップの 設置場所 <sup>※4</sup>
2017年	I	試験1	8/10 - 9/21	1,000 : 10	A	中央部
		試験2	9/ 5 - 9/26	1,000 : 20	B	周縁部
2018年	II	試験3	5/ 2 - 5/16 (播種前) 5/26 - 6/ 8 (播種後)	1,000 : 40, 1,000 : 20, 1,000 : 10, 1,000 : 5	C	中央部
		試験4	7/31 - 9/25	1,000 : 80, 1,000 : 40, 1,000 : 20	C	中央部
		試験5	9/ 5 - 9/26	1,000 : 80, 1,000 : 40, 1,000 : 20	B	周縁部

※1 I : 合成性フェロモン剤の誘引性の持続期間の評価, II : 合成性フェロモン剤の成分混合比の検討

※2 Z11-16:Ald : (Z)-11-hexadecenal, Z11-16:OH : (Z)-11-hexadecen-1-ol

試験1の成分混合比は、ガスクロマトグラフィー測定結果から、実際は1,000 : 8.2であった。

試験2～5はガスクロマトグラフィー測定による比率の補正を行った。

※3 宮城県古川農試内ダイズほ場 ( A : 40a, B : 20a, C : 50a )

※4 試験ほ場におけるトラップの位置

## 材料および方法

本試験は、2017～2018年の2年間、宮城県古川農業試験場(宮城県大崎市)のダイズほ場(品種「タンレイ」)において行った(第1表)。2017年は合成性フェロモン剤の誘引性の持続期間を評価し(試験1, 2)、2018年は合成性フェロモン剤の成分混合比について検討を行った(試験3, 4, 5)。

### I 合成性フェロモン剤の持続期間の評価

#### 1. 試験1

ダイズほ場A(面積40a)において試験を実施した。試験ほ場は、5月29日に播種を行った。また、殺虫剤無使用で管理した他は、慣行の栽培管理とした。

合成性フェロモン剤の持続期間を評価するため、野外設置1～7日(以後、1週目)、同8～14日(以後、2週目)、同15～21日(以後、3週目)、同22～28日(以後、4週目)の合成性フェロモン剤設置および無処理(合成性フェロモン剤なし)のトラップにおいて、ツメクサガ成虫の捕獲数の比較を行った。合成性フェロモン剤は、Z11-

16:AldとZ11-16:OHをそれぞれ1,000 $\mu$ g, 10 $\mu$ g(混合重量比1,000 : 10)含浸させた灰色ゴムキャップを用いた。なお、供試した合成性フェロモン剤のガスクロマトグラフィー(GC)による測定結果からZ11-16:AldとZ11-16:OHの実際の比率は1,000 : 8.2であった。これは用いた原材料の純度が影響したと考えられる。また、合成性フェロモン剤には成分の安定化を目的として、酸化防止剤BHTおよび紫外線防止剤S-300を各50 $\mu$ g混合した。以下の試験2においても、同様に酸化防止剤および紫外線防止剤を各50 $\mu$ g混合し、試験3～5においては各150 $\mu$ g混合した。各トラップは、5反復とした。

トラップの設置場所は、試験ほ場の中央部(畦畔から10m以上の距離)とし、近接したトラップ間の距離は10～11mとした。また、トラップの設置高はダイズの草冠高とし、適宜高さを調節した。トラップの種類は、市販のSEトラップ(サンケイ化学株式会社)とSEトラップ粘着板(サンケイ化学株式会社)を用いた(第1図)。ただし、ニホンアマガエルによる誘殺虫の捕食を防ぐため、粘着板の表面に塩化ナトリウムをまいて使用した(石本・山



第1図 試験に使用したSEトラップ(左)と捕獲されたツメクサガ(右)

代, 2013)。以下の試験2～5においても、トラップの種類は同じとした。

8月10日から試験を開始するため、7月20日、7月27日、8月3日および8月10日にトラップを試験ほ場に設置し、それぞれ野外設置4週目、3週目、2週目および1週目のトラップとした(第2表)。9月21日まで調査を行い、合成性フェロモン剤の交換は4週間隔で行った。ツメクサガ成虫の捕獲数調査は7日おきに行い、調査時に新しい粘着板に交換した。以下の試験2～5においても、ツメクサガ捕獲数の調査間隔と粘着板の交換については同じとした。

## 2. 試験2

9月5～26日に、試験1のほ場Aから約360m離れたダイズほ場B(面積20a)において試験を実

施した。試験ほ場は5月30日に播種を行い、試験ほ場の周縁部(畦畔から約8m)は殺虫剤無使用としたが、中央部は9月4日に部分的に殺虫剤を散布した(散布面積:3.6a)。殺虫剤散布の影響を考慮し、トラップの設置場所は試験ほ場の周縁部とした。近接トラップ間の距離は10～11mとし、トラップの設置高はダイズの草冠高とし、適宜高さを調節した。

合成性フェロモン剤の成分は試験1と同じであるが、第2成分Z11-16:OHの混合比を高めた合成性フェロモン剤(Z11-16:Ald 1,000 $\mu$ g, Z11-16:OH 20 $\mu$ g, 混合比1,000:20, GC測定による比率の補正済み, 以下の試験3～5においても同様の補正をした)を供試し、野外設置1週目、2週目、3週目の合成性フェロモン剤の誘引性を評価した(第1表)。各トラップ5反復とした。

第2表 合成性フェロモン剤の誘引性の持続期間の評価における試験区の構成(試験1)

合成性フェロモン剤 設置日(交換日)	試験開始前 <sup>※1</sup>			試験期間						
	7/20 - 7/27	7/27-8/3	8/3 - 8/10	8/10 - 8/17	8/17 - 8/24	8/24 - 8/31	8/31 - 9/7	9/7 - 9/14	9/14 - 9/21	
7/20 (8/17, 9/14)	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	
7/27 (8/24)	—	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目	4週目	
8/3 (8/31)	—	—	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目	
8/10 (9/7)	—	—	—	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	
無処理 <sup>※2</sup>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

※1 試験開始日(8/10)に、野外設置4週目、3週目、2週目の合成性フェロモン剤を用意するため、試験開始前から試験ほ場にトラップを設置した。1週目:1～7日目、2週目:8～14日目、3週目:15～21日目、4週目:22～28日目。

※2 無処理として、合成性フェロモン剤なしのトラップを設置した。

試験1と同様、試験開始前の8月22日、8月29日および9月5日にトラップを試験ほ場に設置し、それぞれ野外設置3週目、2週目、1週目とし、9月5日から試験を開始した。設置後の合成性フェロモン剤の交換は3週間隔で行い、調査期間は9月26日までの3週間とした。

## II 合成性フェロモン剤の成分混合比の検討

### 1. 試験3

ダイズほ場C(面積50a)において試験を実施した。試験ほ場は5月22日に播種を行い、出芽は播種後7日(5月29日)頃から確認された。ツメクサガの越冬世代成虫は5~6月に発生すると推測されることから(千葉, 1971), 試験は播種前の5月2~16日と播種後の5月25日~6月8日の2回実施した。殺虫剤無使用で管理した他は、慣行の栽培管理とした。

Z11-16:Aldは1,000 $\mu$ gとし、第2成分Z11-16:OHの混合比が異なる4種類の合成性フェロモン剤(成分混合比1,000:40, 1,000:20, 1,000:10, 1,000:5)をそれぞれ供試したトラップおよび無処理(合成性フェロモン剤なし)のトラップを設置した(第1表)。各トラップ6反復とした。合成性フェロモン剤の使用期間は2週間とし、播種前と播種後において、それぞれ新しい合成性フェロモン剤を使用した。トラップの設置場所は、試験ほ場の中央部(畦畔から7m以上の距離)とし、近接トラップ間の距離は11mとした。トラップの設置高は1mで固定した。

### 2. 試験4

ダイズほ場Cにおいて、試験3終了後の7月31日~9月25日に試験を行った。Z11-16:Aldは1,000 $\mu$ gとし、第2成分Z11-16:OHの混合比が異なる3種類の合成性フェロモン剤(成分混合比1,000:80, 1,000:40, 1,000:20)をそれぞれ供試したトラップおよび無処理(合成性フェロモン剤なし)のトラップを設置し(第1表)、各トラップ7反復とした。合成性フェロモン剤の使用期間は1週間とし、調査時に新しいものに交換した。トラップの設置場所は、試験ほ場の中央部(畦畔から8m以上の距離)とし、近接トラップ間の距離は11m

とした。トラップの設置高はダイズの草冠高とし、適宜高さを調節した。

### 3. 試験5

9月5~26日に、試験4のほ場Cから約280m離れたダイズほ場Bにおいて試験を実施した。5月24日に播種を行い、試験ほ場の周縁部(畦畔から約9m)は殺虫剤無使用としたが、中央部は8月27日と9月5日に部分的に殺虫剤を散布した(散布面積:1.8a)。そのため試験2と同様、トラップの設置場所は試験ほ場の周縁部とした。

試験4と同じ成分混合比の合成性フェロモン剤と無処理(合成性フェロモン剤なし)のトラップを設置し(第1表)、各トラップ4反復とした。合成性フェロモン剤の使用期間は1週間とし、調査時に新しいものに交換した。近接トラップ間の距離とトラップの設置高は、試験2と同じとした。

## III 統計解析

すべての統計解析には、統計ソフトJMP version 10.0.2(SAS Institute, 2012)を使用した。また、ツメクサガ成虫の捕獲数は、対数変換[ $\log(x+0.5)$ ]した値を用いた(山村, 2002)。

試験1と試験2において、時期ごとのツメクサガ捕獲数および総捕獲数に対して、合成性フェロモン剤の経過週数を要因として一元配置分散分析を行い、事後検定としてTukey-KramerのHSD検定による多重比較を行った。

試験3のツメクサガ捕獲数に対して、試験時期(ダイズの播種前と播種後)、野外設置後の経過週数(1週目と2週目)および成分混合比を3要因とする三元配置分散分析を行った。次に、試験時期と野外設置後の経過週数ごとに成分混合比を要因として一元配置分散分析を行い、事後検定としてTukey-KramerのHSD検定による多重比較を行った。

試験4と試験5のツメクサガ捕獲数に対して、試験時期ごとに、成分混合比を要因として一元配置分散分析を行い、事後検定としてTukey-KramerのHSD検定による多重比較を行った。

第3表 合成性フェロモン剤の誘引性の持続期間の評価（試験1）

フェロモン剤 の経過週数 <sup>※1</sup>	捕獲数/7日間/5トラップ						総捕獲数 (42日間/5トラップ)
	8/10 - 8/17	8/17 - 8/24	8/24 - 8/31	8/31 - 9/7	9/7 - 9/14	9/14 - 9/21	
1週目	0	1	1	1	1	0	4
2週目	0	0	1	0	0	0	1
3週目	0	0	0	2	1	0	3
4週目	0	0	1	2	2	0	5
無処理	0	0	0	0	0	0	0

※1：合成性フェロモン剤の野外設置後の経過週数を示す。

第4表 合成性フェロモン剤の持続期間の評価（試験2）

フェロモン剤 の経過週数 <sup>※1</sup>	捕獲数/7日間/5トラップ			総捕獲数 <sup>※2</sup> (21日間/5トラップ)			
	9/5 - 9/12 <sup>※2</sup>		9/12 - 9/19 <sup>※3</sup>	9/19 - 9/26			
1週目	8	a	8	a	0	16	a
2週目	1	b	4	ab	0	5	ab
3週目	1	b	1	b	0	2	b

※1 合成性フェロモン剤の野外設置後の経過週数を示す。

※2 同じアルファベット間では、有意な差が認められないことを示す。

対数変換値  $\text{Log}(X+0.5)$  を用いた Tukey-Kramer の HSD 検定 ( $p > 0.05$ )

※3 一元配置分散分析で有意な傾向 ( $p = 0.051$ ) であり、事後検定で1週目と3週目で有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定)。

## 結果

### I 合成性フェロモン剤の持続期間の評価

#### 1. 試験1

野外設置1～4週目の合成性フェロモン剤に対するツメクサガ成虫の捕獲数を第3表に示した。無処理のトラップにおいてツメクサガ成虫の捕獲は認められず、合成性フェロモン剤を供試したトラップにおいてツメクサガ成虫の捕獲が認められた。しかし、野外設置1～4週目のいずれの合成性フェロモン剤においても、7日間の捕獲数は0～2頭/5トラップであり、全期間(42日間)でも1～5頭/5トラップと極めて少なかった。試験時期ごとの捕獲数および総捕獲数に対して、各トラップ間に有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ , 一元配置分

散分析)。そのため、野外設置期間と捕獲数の間に明瞭な関係は認められなかった。

#### 2. 試験2

ツメクサガ成虫の捕獲は、9月5～19日の期間において認められた(第4表)。合成性フェロモン剤の経過週数を要因として一元配置分散分析を行った結果、9月5～12日の捕獲数および総捕獲数に対して、各トラップ間に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ )。9月5～12日において、野外設置2週目と3週目の合成性フェロモン剤での捕獲数は、野外設置1週目の合成性フェロモン剤のものと比較して少なく、有意な差が認められた ( $p < 0.05$ ,

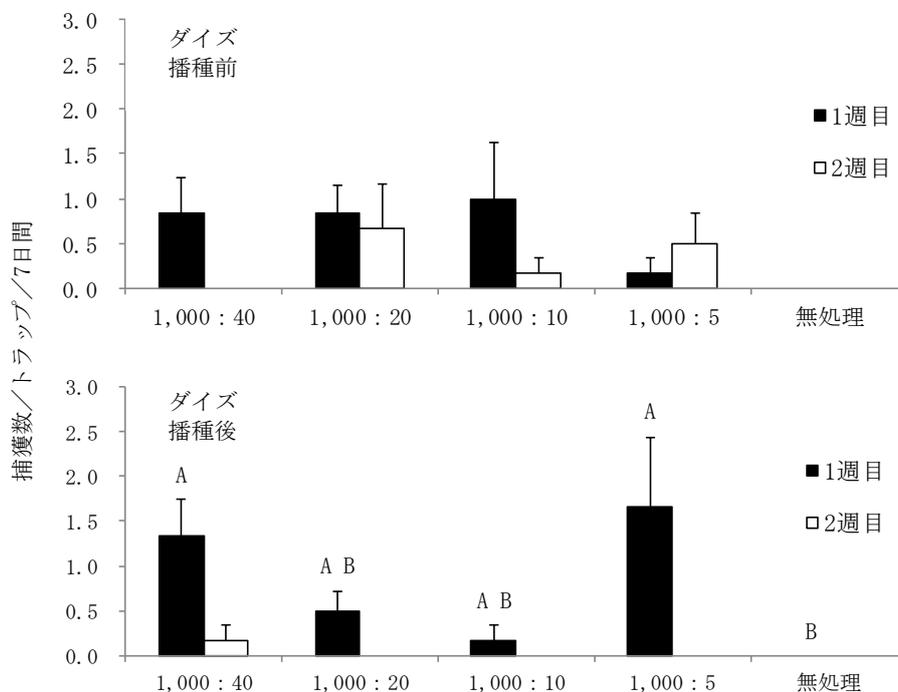
第5表 ツメクサガに対する合成性フェロモン剤の誘引性に関する三元配置分散分析 (試験3)

要因	d. f.	SS	MS	F	p
試験時期 (A) ※ <sup>1</sup>	1	0.01	0.01	0.2	0.6671
経過週数 (B) ※ <sup>2</sup>	1	0.96	0.96	18.1	< 0.0001
成分混合比 (C) ※ <sup>3</sup>	4	0.79	0.20	3.7	0.0071
A × B	1	0.13	0.13	2.4	0.1248
A × C	4	0.48	0.12	2.3	0.0669
B × C	4	0.40	0.10	1.9	0.1180
A × B × C	4	0.49	0.12	2.3	0.0644
誤差	100	5.31	0.05		
全体	119	8.57			

※1 試験時期 : ダイズの播種前と播種後

※2 経過週数 : 合成性フェロモン剤の野外設置後の経過週数 (1週目, 2週目)

※3 成分混合比 : Z11-16:A1d と Z11-16:0H の混合比



第2図 ツメクサガの捕獲数に対する合成性フェロモン剤の成分混合比の影響 (試験3)

注1) 同じアルファベット間では, 有意な差が認められないことを示す.

対数変換値  $\text{Log}(X+0.5)$  を用いた Tukey-Kramer の HSD 検定 ( $p > 0.05$ )

注2) ダイズ播種前の1週目と2週目ならびにダイズ播種後の2週目は,

一元配置分散分析で有意な差が認められなかった ( $p > 0.05$ ).

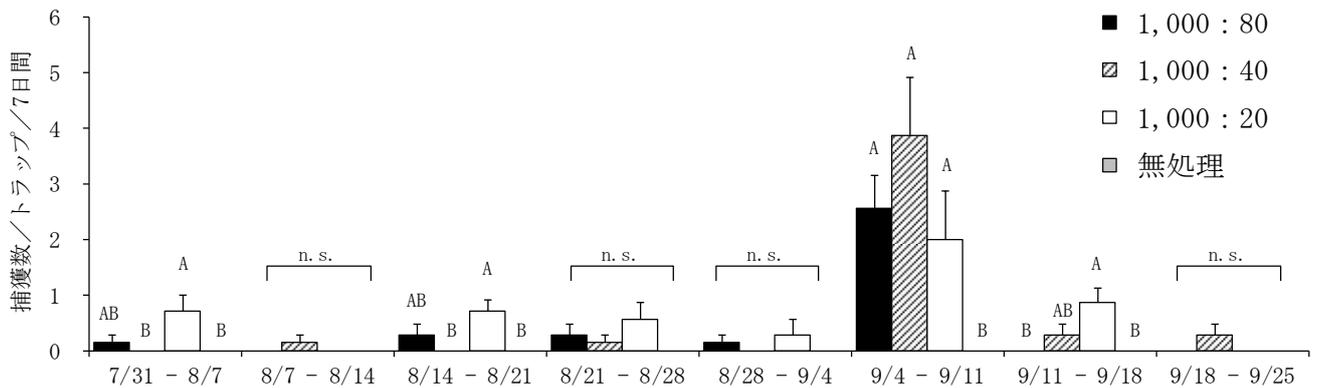
Tukey-Kramer の HSD 検定). 総捕獲数による評価についても, 野外設置期間が長いほど捕獲数は少なくなり, 野外設置1週目と3週目の合成性フェロモン剤での捕獲数の間に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定). また, 9月12~19日の捕獲数に対して, 一元配置分散分析では  $p$  値が有意水準5%をわずかに上回ったもの

( $p = 0.051$ ), 事後検定では野外設置1週目と3週目の捕獲数の間に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定).

## II 合成性フェロモン剤の成分混合比の検討

### 1. 試験3

初めに, 試験時期 (ダイズの播種前と播種後),



第3図 ツメクサガの捕獲数に対する合成性フェロモン剤の成分混合比の影響 (試験4)

注1) 同一時期の同じアルファベット間では、有意な差が認められないことを示す。

対数変換値  $\text{Log}(X+0.5)$  を用いた Tukey-Kramer の HSD 検定 ( $p > 0.05$ )

注2) n.s.(not significant) は、一元配置分散分析で有意な差が認められないことを示す ( $p > 0.05$ )。

野外設置後の経過週数 (1週目と2週目) および合成性フェロモン剤の成分混合比の3要因による三元配置分散分析を行った (第5表)。ツメクサガ成虫の捕獲数に対して、ダイズの播種前と播種後の違いで有意な差は認められず ( $p > 0.05$ )、野外設置後の経過週数と合成性フェロモン剤の成分混合比において有意な差が認められた (野外設置後の経過週数:  $p < 0.0001$ , 成分混合比:  $p < 0.01$ )。

次に、ツメクサガ成虫の捕獲数に対する合成性フェロモン剤の成分混合比の影響について検討を行った (第2図)。三元配置分散分析の結果、ツメクサガの捕獲数に対してダイズの播種前と播種後で有意な差は認められなかったが、ツメクサガの捕獲数と成分混合比の関係は、播種前と播種後でやや異なることから別々に解析した。

ダイズ播種前の野外設置1週目において、無処理のトラップはツメクサガ成虫の捕獲が認められなかった。一方、合成性フェロモン剤を設置したトラップは、いずれの成分混合比でもツメクサガ成虫の捕獲が認められ、第2成分の混合比が高いトラップ

(混合比 1,000 : 10~40) において捕獲数が多くなる傾向が見られた。しかし、ツメクサガ成虫の捕獲数に対して、トラップ間で有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ , 一元配置分散分析)。

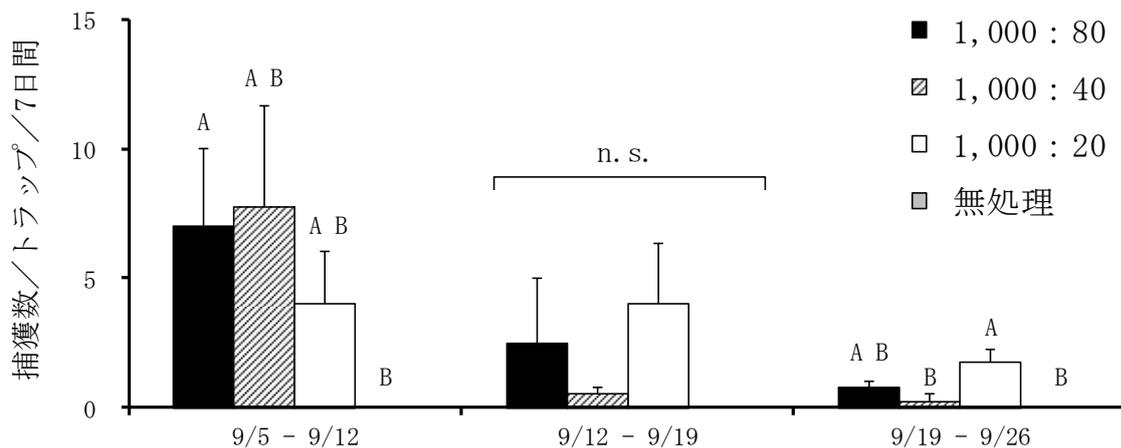
ダイズの播種前と同様、播種後の野外設置1週目において、無処理のトラップはツメクサガ成虫の捕獲が認められず、合成性フェロモン剤を設置した

ずれのトラップもツメクサガ成虫の捕獲が認められた。成分混合比を要因として一元配置分散分析を行った結果、ツメクサガ成虫の捕獲数に対して、各トラップ間に有意な差が認められた ( $p < 0.01$ )。特に、成分混合比 1,000 : 5 と 1,000 : 40 のトラップの捕獲数が多く、無処理と有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定)。また、第2成分の混合比 10~40 の範囲において、第2成分の混合比が高いほど捕獲数が多くなる傾向が見られた。

ダイズの播種前と播種後における野外設置2週目のトラップに関しては、野外設置1週目と比較して捕獲数が少ない傾向が見られた。また、合成性フェロモン剤を設置したトラップにおいても、無処理と同様、全く捕獲されないものもあった。成分混合比を要因として一元配置分散分析を行った結果、ツメクサガ成虫の捕獲数に対して、各トラップ間に有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ )。

## 2. 試験4

7月31日~9月25日の8週間、ツメクサガ成虫の捕獲数に対する合成性フェロモン剤の成分混合比の影響を検討した (第3図)。調査期間を通して、無処理のトラップは、ツメクサガ成虫の捕獲が認められなかった。一方、合成性フェロモン剤を設置したトラップは、いずれの成分混合比においても、ツメクサガ成虫の捕獲が認められた。しかし、時期に



第4図 ツメクサガの捕獲数に対する合成性フェロモン剤の成分混合比の影響 (試験5)

注1) 同一時期の同じアルファベット間では、有意な差が認められないことを示す。

対数変換値  $\text{Log}(X+0.5)$  を用いた Tukey-Kramer の HSD 検定 ( $p > 0.05$ )。

注2) n.s.(not significant) は、一元配置分散分析で有意な差が認められないことを示す ( $p > 0.05$ )。

よっては、捕獲されない成分混合比のトラップもあった。

ツメクサガ成虫の捕獲数が最も多くなった時期は9月4～11日であり、ツメクサガ成虫の捕獲数に対して、各トラップ間に有意な差が認められた ( $p < 0.0001$ , 一元配置分散分析)。また、いずれの成分混合比のトラップも、無処理と有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定)。

9月4～11日以外の時期は捕獲数が少なかったが、7月31日～8月7日、8月14～21日、9月11～18日の3時期において、各トラップ間に有意な差が認められた ( $p < 0.01$ , 一元配置分散分析)。特に、成分混合比 1,000 : 20 の合成性フェロモン剤の捕獲数が最も多く、無処理と有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定)。

### 3. 試験5

試験4と同様、ツメクサガ成虫の捕獲数に対する合成性フェロモン剤の成分混合比の影響を検討した(第4図)。調査期間を通して、無処理のトラップは、ツメクサガ成虫の捕獲が認められなかった。一方、合成性フェロモン剤を設置したトラップは、いずれの成分混合比においても、ツメクサガ成虫の捕獲が認められた。ツメクサガ成虫の捕獲数の推移

は、全般的に試験開始直後の9月5～12日に多く、その後は減少する傾向が見られた。

成分混合比を要因として一元配置分散分析を行った結果、9月5～12日と9月19～26日の両期間の捕獲数に対して、各トラップ間に有意な差が認められた(9月5～12日:  $p < 0.05$ , 9月19～26日:  $p < 0.01$ )。全般的に捕獲数の多かった9月5～12日は、成分混合比 1,000 : 80 の合成性フェロモン剤が無処理と有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定)。一方、捕獲数の少ない時期(9月19～26日)においては、成分混合比 1,000 : 20 の合成性フェロモン剤が無処理と有意な差が認められた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer の HSD 検定)。

### 考 察

ダイズ害虫であるツメクサガは、ヤガ科タバコガ亜科に属し、比較的冷涼な地方において発生が多く、幼虫はダイズの葉や莢を食害することで知られている(小林・平井, 2005)。東北以北の北日本において、以前はダイズの主要害虫に位置づけられ、多発により大きな被害が発生することもあったが(兼平・奥山, 2006; 小林・吉目木, 1955; 小林ら, 1979; 桑山, 1953; 佐藤・鶴田, 1984)、2000年代の宮城県における被害の発生状況は、莢に穴をあけて子実を円形に食害する被害が散見され

る程度であり、その被害量は極めて少なかった（宮城県病害虫防除所，2003；小野ら，2011）。しかし，2010年代になると，宮城県内のダイズほ場において，同じタバコガ亜科に属するオオタバコガの多発事例（宮城県古川農業試験場，2019；横堀ら，2018），ツメクサガとオオタバコガの混発事例，ツメクサガの局所的な多発事例などが認められ，オオタバコガと併せてツメクサガの発生生態や発生予察に関する研究の重要性が高くなっている。また，本種を対象とした補完防除を実施する上で，発生状況を把握するためのモニタリング技術の確立が危急の課題である。生産現場においてチョウ目害虫の発生状況を簡易にモニタリングする方法として，合成性フェロモン剤を利用したフェロモントラップが挙げられる。本研究では，ツメクサガの合成性フェロモン剤を発生予察に利用するため，誘引性の持続期間や成分混合比の影響など，実用化に向けた基礎データを取得することを試みた。

初めに，合成性フェロモン剤の誘引性の持続期間の評価を行った。試験1において，無処理のトラップにはツメクサガが全く捕獲されず，合成性フェロモン剤を設置したトラップにおいて捕獲されたことから，供試した合成性フェロモン剤には，ツメクサガに対する誘引性があると思われた（第3表）。しかし，その捕獲数は極めて少なく，誘引性の持続期間を評価することはできなかった。GC分析結果から試験1で供試した合成性フェロモン剤のZ11-16:AldとZ11-16:OHの比率は1,000：8.2と推定された。一方，Kakizaki and Sugie（2003）は，同成分の混合比1,000：10～60において誘引性を示しており，試験1で供試した合成性フェロモン剤の第2成分の混合比がやや低かったことが，誘引性に影響したと考えられた。そこで，試験2では第2成分の比率を高めた合成性フェロモン剤を供試し，合成性フェロモン剤の持続期間を評価することを試みた。試験2において，野外設置1週目と比較して，野外設置2～3週目の捕獲数は少ないことから，本フェロモン剤の野外条件下における有効期間は1週間と考えられた。市販されている合成性フェロモン剤の有効期間について，クモヘリカメムシ用（富士フレイバー株式会社）のように有効期間が2週間とやや短いものもあるが，オオタバコガ用（サ

ンケイ化学株式会社）などは1か月，アカスジカシカメ用（アース製薬株式会社）などは1.5か月であり，一般的に有効期間1か月以上のものが多い。今後の課題として，ツメクサガの合成性フェロモン剤についても，誘引性の持続期間を長くするための改良が必要と考えられる。

試験ほ場やトラップの設置位置など，試験1と試験2における試験条件が異なるため（第1表），両者の捕獲数を単純に比較することはできないが，試験2における捕獲数は試験1より多い傾向が見られた。これは，第2成分の混合比が影響したと考えられた。そこで，試験3において第2成分の混合比の影響について検討した。本試験は，ダイズの播種前と播種後，それぞれ2週間，成分混合比の異なる合成性フェロモン剤を用いて検討した。試験時期，野外設置後の経過週数，成分混合比の3要因による三元配置分散分析を行った結果，野外設置後1週目と2週目の間で有意な差が認められ（第5表），2週目の捕獲数は1週目と比較して少ない傾向が見られた（第2図）。1週目と2週目の捕獲数は異なる時期の調査結果であるため，単純に比較することはできないが，合成性フェロモン剤の持続期間が1週間であった試験2の結果と一致するものと思われた。野外設置1週目の捕獲数において，播種後の成分混合比1,000：40と1,000：5のみが，無処理と有意な差が認められた（ $p < 0.05$ , Tukey-KramerのHSD検定）。第2成分の混合比が最も低い1,000：5において捕獲数が多くなった要因については不明であるが，このデータ以外の調査結果からは，第2成分の混合比を高くすることで，誘引性を高める効果が期待できると考えられた。そこで，試験4と試験5において，第2成分の混合比をさらに高めた合成性フェロモン剤を供試し，ツメクサガ成虫の誘引性について検討した。両試験において，9月第2半月頃の捕獲数が多かったが，この時期の捕獲数に対して成分混合比を高める効果は認められなかった。一方，捕獲数の推移から個体群密度が低いと推測される時期において，成分混合比1,000：20の合成性フェロモン剤が安定した誘引性を示した。フェロモントラップの利点として，害虫の個体群密度が低いときでも捕獲できることが挙げられており，害虫の発生初期からその存在を把握し，防除対

策を効率的に行うことができると考えられる（田端，2009）。ツメクサガは、ダイズのほ場外から移動してきて産卵し、幼虫が発生することから、本種の発生を早期に発見することが重要である。本試験において、合成性フェロモン剤として Z11-16:Ald と Z11-16:OH の成分混合比を検討したが、低密度の時でも安定した誘引性を示した混合比（Z11-16:Ald : Z11-16:OH=1,000 : 20）がモニタリングに適していると考えられた。

北海道や東北地方において、ツメクサガ成虫の発生は年2世代であり、主として6月と8月とされている（小林・平井，2005）。北海道における予察灯の誘殺消長からは、6月下旬と8月下旬に発生ピークが見られ（兼平・奥山，2006），また岩手県における誘蛾灯（Black-light）の誘殺消長は、6月中旬と8月中旬が発生ピークであった（千葉，1971）。宮城県におけるツメクサガ成虫の発生消長は、隣県の岩手県と概ね同様であると推測される。試験3において捕獲された成虫は越冬世代成虫であり、それ以外の試験において捕獲された成虫は第1世代成虫と推測された。しかし、試験4における捕獲数のピークは9月第2半旬であり、岩手県の誘蛾灯（Black-light）の発生ピークより明らかに遅い時期であった。タバコガ類の誘蛾灯への誘引性に関して、雌雄で異なることも示唆されており（平井，1984），誘蛾灯における誘殺消長との比較については、今後の課題としたい。

ツメクサガとオオタバコガの幼生期は外部形態が酷似しており（吉松，2001），ダイズにおいてタバコガ類幼虫が発生した場合、発生種を迅速に識別することは困難である。また、両種に使用できる殺虫剤の種類も限られることから、生産現場において適切な殺虫剤を選択することが重要である。ダイズにおけるタバコガ類幼虫の防除対策を講じる上で、両種のモニタリング技術を早期に確立し、的確に防除する必要がある。本研究において、Z11-16:Ald と Z11-16:OH の2成分を含浸させた合成性フェロモン剤を用いることにより、ツメクサガ成虫のモニタリングは可能と考えられるが、発生予察や防除要否の判断などの実用性について更に検証する必要がある。

## 引用文献

- 1) 千葉武勝. 1971. Black-light によるネキリムシを中心とした数種ヤガ科害虫の発生消長. 北日本病虫研報 22 : 58.
- 2) 平井一男. 1984. 蛍光管 4 種による誘蛾と誘引された主要害虫の性質. 北日本病虫研報 35 : 144-146.
- 3) 石本万寿広, 山代千加子. 2013. 粘着式フェロモントラップにおけるニホンアマガエルの誘殺虫捕食への防止対策. 北陸病虫研報 62 : 29-30.
- 4) KAKIZAKI M, SUGIE H. 2003. Sex pheromone of the flax budworm, *Heliothis maritima adauca* Butler (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Entomol. Zool. 38 : 73-78.
- 5) 兼平 修, 奥山七郎. 2006. ツメクサガの発育と産卵. 北海道立農試集報 90 : 21-28.
- 6) 狐塚慶子, 加進丈二, 畑中 篤. 2012. 宮城県におけるウコンノメイガの越冬とダイズでの発生. 北日本病虫研報 63 : 165-170.
- 7) 小林四郎, 吉目木三男. 1955. ツメクサガによるダイズの被害解析. 東北大学農研彙報 7 (1) ,29-31.
- 8) 小林 尚, 平井一男 (改訂). 2005. ダイズ ツメクサガ. 原色作物病虫害百科 第2版 2 ムギ・ダイズ・アズキ・飼料作物他. 東京. 農山漁村文化協会. 341-343.
- 9) 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.
- 10) 桑山 覚 編. 1953. 日本に於ける大豆害虫の分布と害相. 養賢堂. 東京. 129p.
- 11) 宮城県病虫害防除所. 2003. 平成 14 年度植物防疫年報. 宮城. p237.
- 12) 宮城県古川農業試験場. 2019. ダイズほ場におけるタバコガ類幼虫の発生消長. 普及に移す技術 94 : 59-60.
- 13) 小野 亨, 笹原剛志, 城所 隆, 加進丈二, 辻英明, 星 信幸. 2011. 宮城県のダイズ主要病害虫の IPM 体系に関する研究 1. 近年の病害虫発生の特徴と防除対策. 宮城古川農試報 9 : 35-54.

- 14) 佐藤正彦・鶴田良助. 1984. 秋田県におけるダイズ害虫の発生実態. 北日本病虫研報 35 : 110-114.
- 15) 田端 純. 2009. 植物防疫基礎講座：フェロモンによる発生予察（総説）. 植物防疫 63. 781-783.
- 16) 山村光司. 2002. 植物防疫基礎講座：正しい分散分析結果を導くための変数変換法. 植物防疫 56. 436-441.
- 17) 横堀亜弥, 小野 亨, 加進丈二, 大江高穂. 2018. ダイズほ場におけるタバコガ類の発生消長. 北日本病虫研報 69 : 211 (講要).
- 18) 吉松慎一. 2001. 植物防疫基礎講座：ヤガ類の見分け方 (1) タバコガ類の識別法—タバコガ・オオタバコガ・ツメクサガ・キタバコガ—. 植物防疫 55. 83-86.

## Evaluation of Synthetic Sex Pheromones for Flax Budworm *Heliothis maritima adauca* Butler (Lepidoptera: Noctuidae) in Soybean Fields

Tohru ONO, Tetsuya YASUDA, Hiroe YASUI, Aya YOKOBORI and Takaho OE

### Summary

Field studies were conducted to evaluate synthetic sex pheromones of the flax budworm *Heliothis maritima adauca* in soybean from 2017 to 2018. Two compounds, (*Z*)-11-hexadecenal (Z11-16:Ald) and (*Z*)-11-hexadecen-1-ol (Z11-16:OH), have already been reported to be essential sex pheromone components of *H. m. adauca*. First, the duration of effectivity of rubber septa impregnated with a 1000:20 blend of Z11-16:Ald and Z11-16:OH was evaluated. Among 0–7-day-old lures, 8–14-day-old lures, and 14–21-day-old lures, the number of male catches with lures of over 8 days old was significantly smaller than that of catches with 0–7-day-old ones. The results showed that lures should be changed every week. Among the ratios of 1000:5, 1000:10, 1000:20, 1000:40, and 1000:80 blends of Z11-16:Ald and Z11-16:OH, the optimum ratio was found to be 1,000:20 at a low population density. We conclude that the pheromone lure impregnated with blends of Z11-16:Ald and Z11-16:OH enables the monitoring of the population density of *H. m. adauca*. However, more detailed surveys should be carried out to effectively utilize the synthetic sex pheromones in forecasting future crop damage and in pest management programs.