

## 한국산 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 성분의 조성 and 배합비율별 유인력

허혜순<sup>1</sup> · 윤지은<sup>1</sup> · WADA Takashi<sup>2</sup> · Nobuo MIZUTANI<sup>3</sup> · 박정규\*경상대학교 생명과학연구소, <sup>1</sup>경상대학교 대학원 응용생명과학부(BK21 Program), <sup>2</sup>農業研究技術機構 九州沖繩農業研究センター, <sup>3</sup>中央農業總合研究センター

## Composition of the Aggregation Pheromone Components of Korean Bean Bug and Attractiveness of Different Blends

Hye-Soon Huh<sup>1</sup>, Ji Eun Yun<sup>1</sup>, WADA Takashi<sup>2</sup>, Nobuo MIZUTANI<sup>3</sup> and Chung Gyoo Park\*

Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea

<sup>1</sup>Division of Applied Life Science (BK21 Program), Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea<sup>2</sup>Kyushu-Okinawa National Agricultural Research Center, Kumamoto, Japan<sup>3</sup>National Agricultural Research Center, Tsukuba, Japan

**ABSTRACT** : Male adults of bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae), release aggregation pheromone (AP) attracting both sexes of adult and nymphs, which its egg parasite, *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae) exploits the pheromone to find host. The AP consists of three components; (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3-hexenoate (E2HZ3H), (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate (E2HE2H), and tetradecyl isobutyrate (TI). We analyzed composition of the pheromone components of bean bugs from different geographical locations of Korea and Japan. The attractiveness of different blends of AP components to *R. clavatus* was also tested in the fields in Jinju, Korea and in Kumamoto, Japan. Composition ratios (E2HZ3H: E2HE2H:TI) of the AP of Jinju and Iksan populations were 1:1.4:0.2 and 1:0.8:0.2, and those of Tsukuba and Kumamoto populations were 1:2.8:0.2 and 1:1.5:0.1, respectively. In field tests, traps baited with ratio of 1:1:1 (E2HZ3H:E2HE2H:TI = 16.7:16.7:16.7 mg/rubber septum) and 1:1:0.5 (E2HZ3H:E2HE2H:TI = 20:20:10 mg/rubber septum) attracted significantly greater number of adult bugs than that of 1:5:1 (E2HZ3H:E2HE2H:TI = 7.1:35.7:7.1 mg/rubber septum).

**KEY WORDS** : Stink bug, Soybean, Heteroptera, Pheromone trap, Synthesis

**초 록** : 톱다리개미허리노린재(*Riptortus clavatus* Thunberg) (Heteroptera: Alydidae) 수컷 성충은 (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3-hexenoate (E2HZ3H), (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate (E2HE2H) 및 tetradecyl isobutyrate (TI)의 세 성분으로 조성되는 집합페로몬을 분비하고, 그 페로몬에 동종의 암수 성충과 약충을 유인되며, 난기생봉인 *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae)는 이 페로몬을 기주탐색에 이용한다. 본 연구에서는 한국의 진주와 익산, 일본의 Tsukuba와 Kumamoto 지역에서 채집한 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분의 조성비를 조사하고, 각 성분의 배합비율별 유인력을 진주와 Kumamoto에서 조사하였다. 진주와 익산계통의 집합페로몬 조성 비율(E2HZ3H:E2HE2H:TI)은 각각 1:1.4:0.2, 1:0.8:0.2였으며, Tsukuba와 Kumamoto계통은 각각 1:2.8:0.2, 1:1.5:0.1이었다. 야외 유인력 검정에서, 1:1:1 (E2HZ3H:E2HE2H:TI = 16.7:16.7:16.7 mg/고무격막) 또는 1:1:0.5 (E2HZ3H:E2HE2H:TI = 20:20:10 mg/고무격막)로 배합한 페로몬이 1:5:1 (E2HZ3H: E2HE2H:TI = 7.1:35.7:7.1 mg/고무격막)로 배합한 것보다 유인력이 높았다.

**검색어** : 노린재, 콩, 반시목, 노린재목, 페로몬트랩, 합성

\*Corresponding author. E-mail: parkcg@gnu.ac.kr

톱다리개미허리노린재(*Riptortus clavatus* Thunberg) (Heteroptera: Alydidae)는 콩과 작물의 중요한 해충으로서(Mizutani *et al.*, 1999; Osakabe and Honda, 2002; Kang *et al.*, 2003) 우리나라에서는 단감에도 피해를 주고 있다(Chung *et al.*, 1995; Lee *et al.*, 2002).

톱다리개미허리노린재 수컷 성충은 집합페로몬을 분비하며, 암수 성충과 약충 및 난기생봉인 *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae)가 그 페로몬에 유인된다(Numata *et al.*, 1990; Leal *et al.*, 1995; Mizutani *et al.*, 1997, 2002; Masuta *et al.*, 2001). 이 페로몬의 성분은 (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3-hexenoate (E2HZ3H), (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate (E2HE2H) 및 tetradecyl isobutyrate (TI)로 구성되어 있는데 일본의 Tsukuba 계통은 세 성분이 1:5:1로 구성되어 있다(Leal *et al.*, 1995).

같은 곤충 종이라 하더라도 지역에 따라 페로몬 성분의 조성이 다를 수 있다. 그 예로 우리나라에서 사과의 주요 해충인 사과굴나방(*Phyllonorycter ringoniella*)과 조명나방(*Ostrinia furnacalis*) 및 사과애모무늬잎말이나방(*Adoxophyes orana*)의 성페로몬 조성이 일본 및 중국 개체군과 다름이 보고되었다(Boo, 1998). 또한 잎말이나방의 일종인 *Choristoneura rosaceana* Harris (Thomson *et al.*, 1991; El-Sayed *et al.*, 2003)와 명나방의 일종인 *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Klun and Cooperators, 1975)의 성페로몬 조성 비율이 지역에 따라 다르다고 하였다. 남쪽풀색노린재(*Nezara viridula* (Linné))의 경우 수컷이 분비하는 페로몬 조성이 나라마다(Aldrich *et al.*, 1987, 1993) 또는 프랑스 내의 지역에 따라(Brézot *et al.*, 1994) 다르다고 하였다.

이와 같이 톱다리개미허리노린재의 경우에도 지리적으로 집합페로몬 성분의 조성비율에 변이가 있을 수 있다. 그러나 아직까지 이 종의 집합페로몬의 조성성분의 지리적 변이에 관한 연구 결과는 찾아볼 수가 없다. 또한 우리나라 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 조성성분에 대한 분석이 없이 일본계통에 대해서 보고된 E2HZ3H: E2HE2H:TI = 1:5:1로 배합된 합성집합페로몬을 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 한국의 익산과 진주, 일본의 Tsukuba와 Kumamoto 개체군의 집합페로몬 성분의 조성비를 조사하였고, 이 분석 결과를 토대로 페로몬 성분의 배합비율별 유인력을 우리나라의 진주와 일본의 Kumamoto 야외 포장에서 실험하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충의 사육

2001년 4월 이후에 야외에서 채집한 톱다리개미허리노린재를 실험실(25±2°C, 16L:8D, R.H. 40-80%)에서 대두와 땅콩(2:1 비율)을 지름 50 mm 크기의 페트리디쉬에 담아 공급해 주면서 사육하였다. 바이엘 병(12 ml)에 2차 증류수를 담고 지름 90 mm 필터페이퍼(Advantec, Japan)를 말아서 꽂아주어 노린재가 물을 흡습하도록 하였다. 먹이와 증류수는 2일마다 교체해 주었다. 실험곤충을 누대사육 하였을 때 발생하는 실험충의 활력저하를 막기 위하여 매년 비정기적으로 포충망이나 페로몬 트랩으로 채집한 야외성충을 실내계통에 보충해 주었다. 사육 상자는 지름 13 mm 플라스틱 원형 사육통(Topaz, Korea)을 사용하였으며 환기를 위하여 뚜껑에 5 cm<sup>2</sup> 크기의 구멍을 낸 후 망사를 붙여주었다. 사육통을 교체해 줄 때 노린재의 분비물을 쉽게 제거하기 위하여 사육통 바닥 너비의 종이를 깔아주었고, 사육통 안에서 개체 간에 격리된 공간을 제공해 주기 위하여 3 cm정도 넓이의 직사각형 종이를 계단 형으로 접어 넣어주었다.

### 집합페로몬 각 성분에 대한 정량곡선의 작성

본 연구에서 사용한 집합페로몬은 경상대학교 유기천연물화학 연구실에서 합성한 것으로서, 세 성분의 합성방법과 분광학적, 물리·화학적 자료는 Huh *et al.* (2005)에 기술되어 있다.

합성한 세 가지 화합물을 헥산 용액에 0.5, 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001 µl/ml 농도로 희석하였다. 각 농도별 희석액을 비극성인 Rtx-225 (ID 0.25 mm × 60 m, RESTEK, USA)와 극성인 DB-WAX 컬럼(ID 0.25 mm × 30 m, Agilent Technologies, USA.)을 사용하여 gas chromatography (GC-17A, Shimadzu, Japan)로 정량 분석하였다. 각 컬럼 사용 시의 GC조건은 다음과 같았다. Rtx-225 컬럼; 오븐 온도는 80°C에서 2분 유지 후 150°C까지 분당 15°C씩 상승 후 1분간 유지, 200°C까지 분당 10°C씩 상승 후 3분간 유지, 210°C까지 분당 5°C씩 상승 후 9분간 유지, 운반기체는 He, 주입구온도는 200°C, 검출기는 FID, 검출기 온도는 200°C; DB-WAX 컬럼; 오븐 온도는 50°C에서 1분 유지 후 210°C까지 분당 10°C씩 상승 후 15분 유지, 운반기체는 He, 주입구 온도는 250°C, 검출기는 FID, 검출기 온도는 250°C. 세 화합물 공히 0.001,

**Table 1.** The relationship between GC area (Y) and concentration (X) of the three components of synthetic aggregation pheromone of the bean bug at two different GC columns

GC column	Pheromone components*	RT ± SD**	Y (area) = aX (conc.) + b	R <sup>2</sup>
Rtx-225	E2HZ3H	14.655±0.02	Y = 258990X - 84.4	0.9999
	E2HE2H	15.755±0.03	Y = 491125X - 557.1	0.9994
	TI	22.520±0.06	Y = 320321X - 393.0	0.9995
DB-WAX	E2HZ3H	12.479±0.03	Y = 489802X - 1248.6	0.9925
	E2HE2H	13.344±0.04	Y = 846589X - 2241.2	0.9922
	TI	17.106±0.04	Y = 536788X - 1320.6	0.9919

\*E2HZ3H: (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3-hexenoate; E2HE2H: (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate; TI: Tetradecyl isobutyrate.

\*\*Retention time ± standard deviation

0.005, 0.01, 0.05 µl/ml의 농도에서 각 화합물의 머무름 시간을 결정하였고 GC-gram 상의 면적과 농도로 정량곡선을 작성하였다.

작성된 정량곡선은 Table 1과 같다. 컬럼의 종류나 페로몬 성분에 관계없이 모든 정량곡선의 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.99이상이었다. 이 정량곡선을 이용하여 각 지역계통의 페로몬량을 계산하였고, E2HZ3H의 분비량을 기준으로 하여 각 성분의 조성비율을 구하였다.

### 지역계통별 집합페로몬 분비변이

일본의 Kumamoto 계통은 2002년 8월 19일부터 21일까지 Kyushu-Okinawa National Agricultural Research Center의 대두 포장에서 포충망으로 채집한 것을 사용하였고, Tsukuba 계통은 2002년 8월 30일 National Agricultural Research Center의 곤충생태실험실에서 누대 사육중인 충을 사용하였다. 우리나라의 진주계통은 경상대학교 곤충화학생태학 실험실에서 사육중인 충을, 익산계통은 호남농업연구소 식물환경과에서 사육중인 충을 사용하여 2002년 9월 30일에 집합페로몬을 추출하였다. 각 계통별로 수컷성충 10마리를 헥산 10 ml에 침지한 후 그 추출물을 GC 분석하였다.

### 집합페로몬 세 성분의 배합비율별 야외 유인력 검정

#### (1) 페로몬 루어의 제조

톱다리개미허리노린재 집합페로몬을 조성하는 세 성분을 일정비율로 헥산(97%, Merck, Germany)에 희석한 후, 직경 13 mm인 고무격막(Sigma-Aldrich, Germany)에 고무격막 당 2 ml씩 분주한 뒤 후드 안에서 3시간 정도 헥산을 휘발시켰다. 육안 상으로 헥산이 모두 휘발한 후 고무격막

을 1개씩 은박지(6.5×10 cm, Green Agro-Tech Co., Korea)에 밀봉 포장하여 실험에 사용할 때까지 냉장고(4°C)에 보관하였다.

#### (2) 한국의 사천계통에 대한 유인력 검정

1차 실험: 2003년 7월 31일부터 8월 12일까지 경남 사천시 선진리 콩 포장에서 실시하였다. Carrier로는 13 mm 고무격막(Sigma-Aldrich, Germany)을 사용하여 고무격막 당 집합페로몬 총량이 50 mg이 되게 하였다. E2HZ3H:E2HE2H:TI의 배합비율을 1:1:1(16.7:16.7:16.7 mg), 1:5:1(7.1:35.7:7.1 mg), 3:5:1(16.7:27.8:5.5 mg), 5:5:1(22.7:22.7:4.5 mg), 7:5:1(26.9:19.2:3.8 mg)로 하였으며, 헥산에 침지한 고무격막을 대조구로 사용하였다. 각 배합비율 별로 3개의 트랩(3반복)을 사용하였고, 트랩은 물고기트랩(14×24 cm)을 사용하여 지상에서 높이 1 m, 트랩의 간격은 13 m로 설치하였다. 3일 간격으로 트랩에 유인된 수를 조사하였고, 트랩의 위치에 의한 유인효과의 차이를 배제하기 위하여 매 조사시마다 동일 반복 내에서 트랩의 위치를 완전임의로 재배치하였다. 집합페로몬 루어는 6일 간격으로 교체하였다.

2차 실험: 앞의 1차 실험에서 1:5:1보다 1:1:1로 배합한 것이 유인력이 더 높았다. 그리고 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 추출물의 분석 결과, 우리나라 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 세 성분의 조성비율이 대략 1:1:0.5이었기 때문에(Fig. 1 및 본문 참조), 2004년 8월 2일부터 10월 25일까지 1차 실험과 동일한 장소에서 2차 실험을 실시하였다. E2HZ3H:E2HE2H:TI의 배합비율(페로몬 성분은 총 50 mg)을 1:1:0.5(20:20:10 mg), 1:1:1, 1:5:1로 하였고, 10마리의 수컷성충과 헥산에 침지한 고무격막을 대조구로 사용하였다. 트랩설치 후 7일 간격으로 유인 수를 조사하고 루어를 교체하였다.

**(3) 일본 Kumamoto계통에 대한 유인력 검정**

2005년 9월 27일부터 10월 17일까지 일본 Kumamoto에 있는 Kyushu-Okinawa National Agricultural Research Center의 콩포장 주변에서 실시하였다. E2HZ3H:E2HE2H:TI의 배합비율을 1:1:1, 1:5:1로 하였으며, 고무격막 당 각 성분량은 상기의 2차실험과 같았고, 헥산에 침지한 고무격막을 대조구로 사용하였다. 각 배합비율별로 3개의 끈끈이트랩(3반복)을 사용하였고, 지상에서 높이 1 m, 트랩의 간격은 약 20 m로 설치하였다. 5일 간격으로 트랩에 유인된 수를 조사하였고, 매 조사시마다 동일 반복 내에서 트랩의 위치를 완전임의로 재배치하였다. 집합페로몬 루어는 트랩설치 후 10일째에 교체하였다.

**통계분석**

배합비율별 유인수를 log(x+1)로 변환하여 분산분석 하고, Tukey's Studentized Range (HSD) Test ( $\alpha=0.05$ ) (SAS Institute Inc. 1998)를 이용하여 평균 간 유의성을 검정하였다.

**결 과**

**지역계통별 집합페로몬 조성 성분의 차이**

Rtx-225와 DB-WAX의 컬럼을 사용하여 톱다리개미허리노린재 지역계통별 집합페로몬 성분의 조성비율을 분석하였다. 진주와 익산계통은 Rtx-225로 분석(각각 n=3)

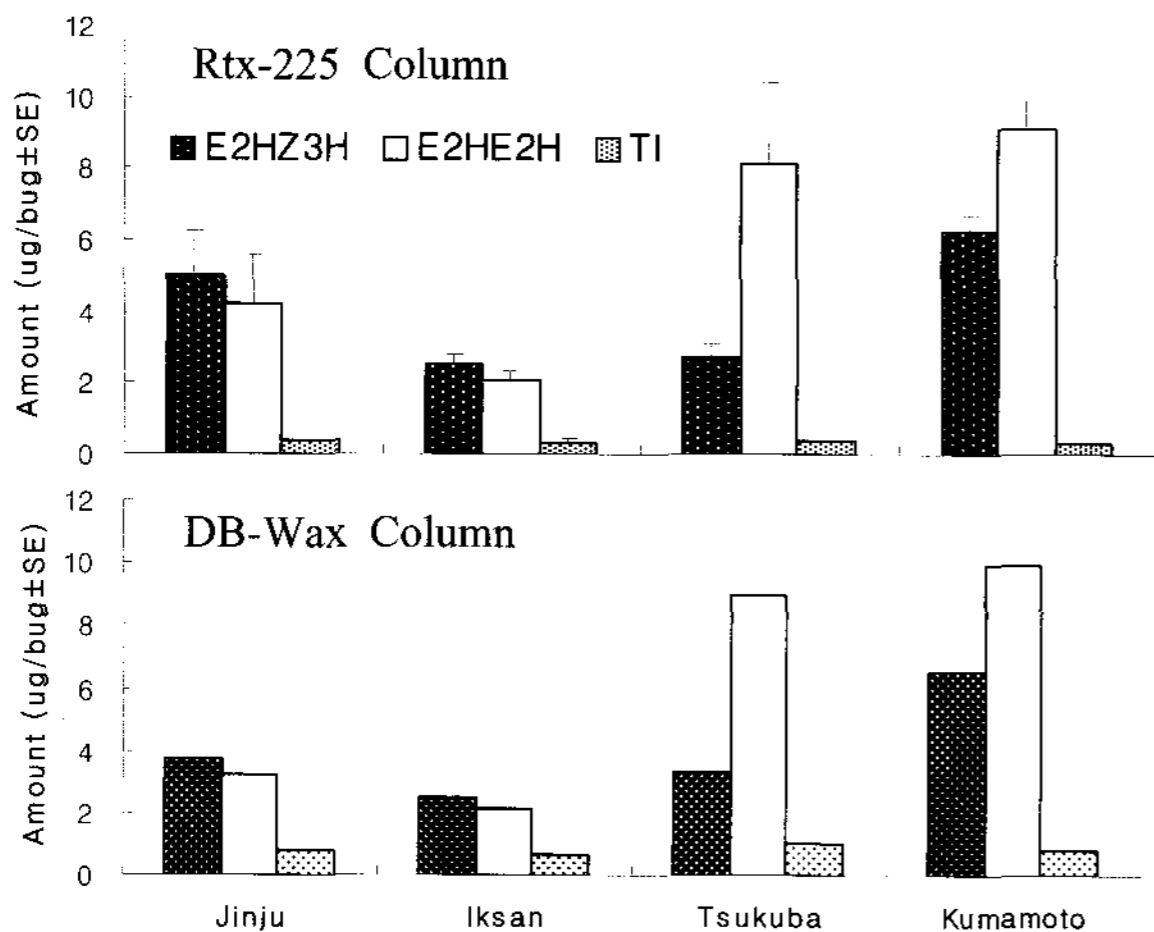


Fig. 1. Secretion of aggregation pheromone of *R. clavatus* from different localities in Korea and Japan.

한 결과에서 E2HZ3H의 검출량이 각각 5.1  $\mu$ g과 2.5  $\mu$ g이었고, E2HE2H의 검출량이 각각 4.2  $\mu$ g과 2.1  $\mu$ g이었다 (Fig. 1). DB-WAX로 분석(진주계통 n=84, 익산계통 n=3)한 결과에서는 E2HZ3H의 검출량이 각각 3.8  $\mu$ g과 2.5  $\mu$ g이었고, E2HE2H의 검출량이 각각 3.2  $\mu$ g과 2.1  $\mu$ g으로서 컬럼의 종류에 관계없이 두 계통에서 E2HZ3H와 E2HE2H의 양이 비슷하였다. 그러나 일본의 Tsukuba와 Kumamoto 계통은 Rtx-225로 분석(각각 n=3)한 결과에서 E2HZ3H의 검출량이 각각 2.8  $\mu$ g과 6.2  $\mu$ g이었고, E2HE2H의 검출량이 각각 8.2  $\mu$ g과 9.1  $\mu$ g으로서 E2HZ3H에 비해 E2HE2H가 높게 나타났으며, DB-WAX로 분석(각각 n=3)한 결과에서도 E2HE2H의 검출량이 E2HZ3H보다 높게 나타났다(Fig. 1).

앞의 실험들에서 얻어진 집합페로몬 세 성분의 검출량을 토대로 E2HZ3H를 기준으로 하여 세 성분의 조성비를 계산하면, 진주계통은 E2HZ3H, E2HE2H 및 TI가 1:1.4:0.2, 익산계통은 1:0.8:0.2로 비슷하였고 Tsukuba 계통은 1:2.8:0.2, Kumamoto 계통이 1:1.5:0.1로 나타났다.

**배합비율별 진주계통에 대한 유인력**

진주계통 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 세 성분의 조성비를 토대로 페로몬 루어를 제조하여 야외의 콩포장에서 유인력 실험을 실시하였다. 2003년도에 경남 사천시 콩 포장에서 실시된 유인력 실험에서 E2HZ3H:E2HE2H:TI의 조성비가 1:1:1일 때의 암컷과 수컷의 유인수가 1:5:1일 때의 유인수보다 많았지만 배합비율 간 통계적 차이는 없었다(Fig. 2). 또한 2004년도에 2003년도와 같은 장소에서 배합비율별 유인력을 실험한 결과(Fig. 3), E2HZ3H:E2HE2H:TI의 조성비가 1:1:0.5와 1:1:1일 때의 유인수는 암컷과 수컷 모두 차이가 없었다. 그러나 암컷의

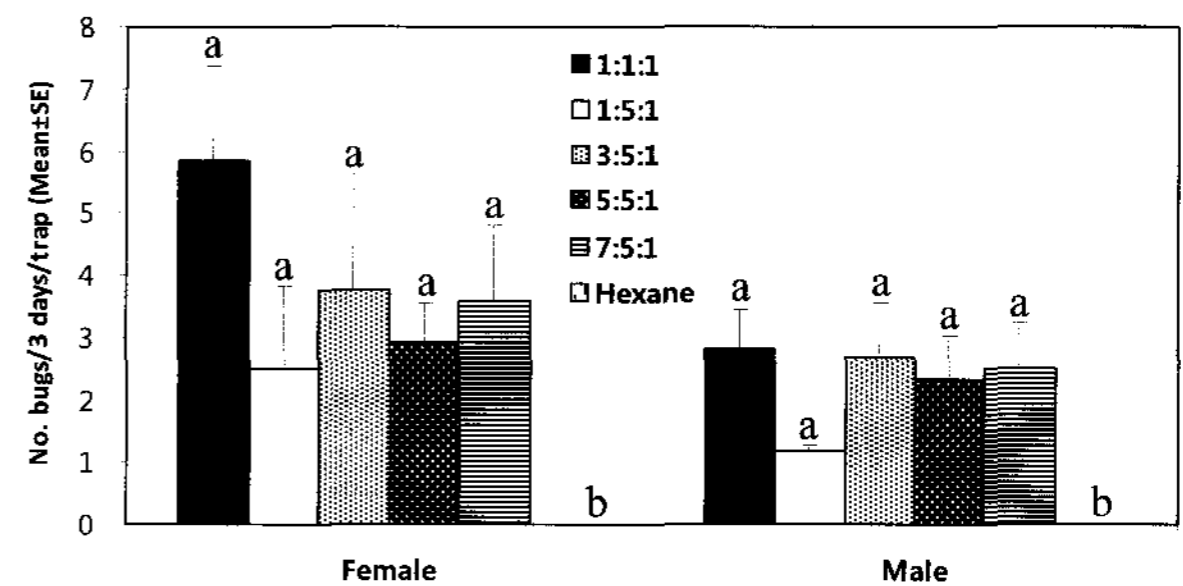
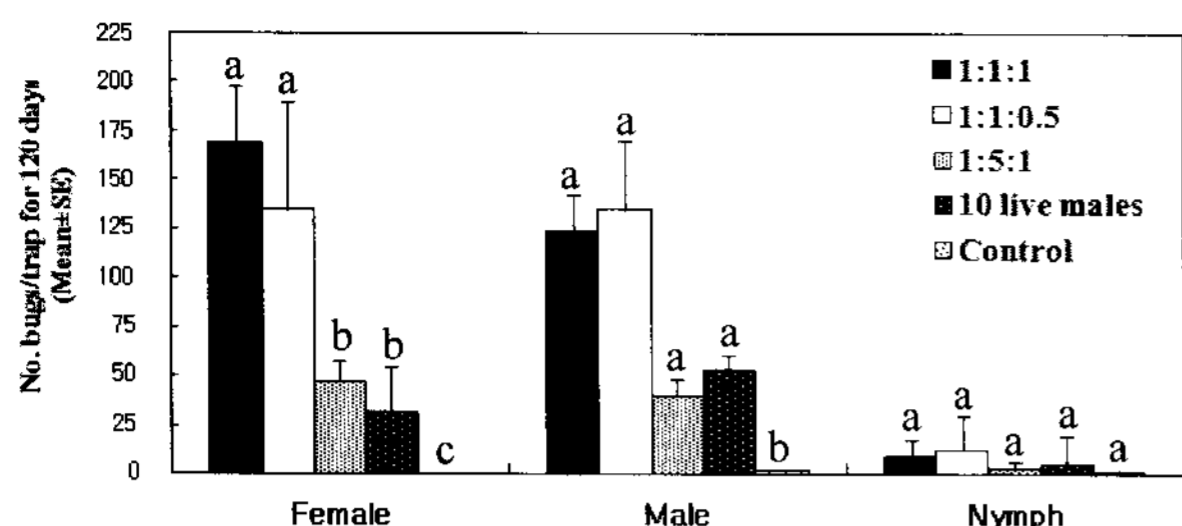
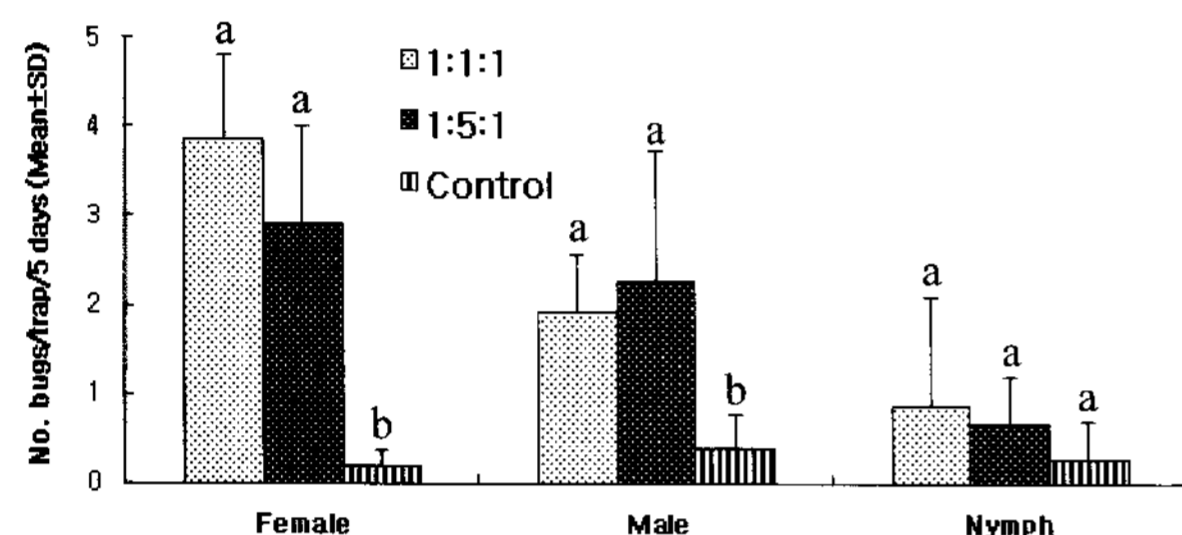


Fig. 2. Attractiveness of various blends (E2HZ3H:E2HE2H:TI) of aggregation pheromone components to *R. clavatus* in Sacheon, Korea, 2003. Means indicated with the same letter in the same sex are not significantly different (Tukey's HSD test,  $\alpha=0.05$ ).



**Fig. 3.** Attractiveness of various blends (E2HZ3H:E2HE2H:TI) of aggregation pheromone components to *R. clavatus* in Sacheon, Korea, 2004. Means indicated with the same letter in each test group are not significantly different (Tukey's HSD test,  $\alpha=0.05$ ).



**Fig. 4.** Attractiveness of two different blends (E2HZ3H:E2HE2H:TI) of aggregation pheromone components to *R. clavatus* in Kumamoto, Japan, 2005. Means indicated with the same letter in each test group are not significantly different (Tukey's HSD test,  $\alpha=0.05$ ).

경우에는 상기의 두 배합비율일 때의 유인수가 1:5:1일 때의 유인수보다 많았으며, 수컷의 경우에도 유인수가 많았지만 통계적 차이는 없었다. 또한 1:5:1의 비율은 암수 공히 생충 트랩과 유인력의 차이가 없었다. 따라서 우리나라에서는 E2HZ3H:E2HE2H:TI의 조성비가 1:1:0.5나 1:1:1로 배합하는 것이 적절하다고 생각된다.

### 배합비율별 일본의 Kumamoto 계통에 대한 유인력

E2HZ3H:E2HE2H:TI의 조성비를 1:1:1과 1:5:1로 배합한 루어의 일본계통 톱다리개미허리노린재에 대한 유인력을 Kyushu-Okinawa National Agricultural Research Center의 시험포장에서 실험하였는데, 암수 성충과 약충에 대한 유인력에 차이가 없었다(Fig. 4).

## 고찰

톱다리개미허리노린재의 집합페로몬은 (E)-2-hexenyl

(Z)-3-hexenoate (E2HZ3H), (E)-2-hexenyl (E)-2-hexenoate (E2HE2H) 및 tetradecyl isobutyrate (TI)의 세 성분으로 구성되어 있다. 집합페로몬은 톱다리개미허리노린재 수컷 성충이 분비하고 암수 성충, 약충 및 난기생봉이 이것에 유인된다(Numata *et al.*, 1990; Leal *et al.*, 1995; Mizutani *et al.*, 1997, 2002; Masuta *et al.*, 2001). 톱다리개미허리노린재 외에도 집합페로몬이 동정되어 있는 노린재류는 갈색날개노린재(*Plautia stali* Scott) (Sugie *et al.*, 1996), 호리허리노린재(*Leptocorisa chinensis* (Dallas)) (Leal *et al.*, 1996), *Podisus fretus* Olsen (Aldrich *et al.*, 1986), *Biprorulus bibax* (James *et al.*, 1996) 등이 있고, 남쪽풀색노린재(*Nezara viridula* (Linné)) (Harris and Todd, 1980), 가로줄노린재(*Piezodorus hybneri* (Gmelin)) (Leal *et al.*, 1998)는 수컷이 성페로몬을 분비하는 것으로 알려져 있다.

페로몬의 분비는 지리적 차이에 따라 페로몬의 분비량과 그 조성성분의 비율에 차이가 있다(Klun and Cooperators, 1975; Löfstedt, 1990). 톱다리개미허리노린재에서는 아직까지 이러한 차이에 대한 연구 결과가 없다. 북아메리카 지역에서 사과와 잎말이나방의 일종인 *Choristoneura rosaceana* Harris의 성페로몬 성분은 (Z)-11-tetradecenyl acetate인데, 개체군 내에서의 페로몬 조성과 하루 중 시간 또는 나이와의 관계에 따라 지역 간 페로몬 조성의 변이가 나타난다고 하였다(Delisle and Royer, 1994; Delisle and Vincent, 2002; El-Sayed and Trimble, 2002).

지역간 분비변이를 보면 E2HZ3H를 기준으로 한 E2HZ3H:E2HE2H:MI의 조성비율은 진주계통과 익산계통이 각각 1:1.4:0.4, 1:0.8:0.2로 비슷하였고, 일본의 Tsukuba계통과 Kumamoto계통이 각각 1:2.8:0.2, 1:1.5:0.1로서, 일본 Tsukuba계통의 E2HE2H의 비율이 우리나라 계통보다 높은 것으로 나타났다(Fig. 1). Leal *et al.* (1995)은 톱다리개미허리노린재 Tsukuba계통의 집합페로몬은 E2HZ3H:E2HE2H:MI가 1:5:1의 비율로 되어있다고 하였다. 본 실험에서 사용한 Tsukuba계통의 집합페로몬 조성성분비와 Leal *et al.* (1995)이 사용한 동일계통의 조성비에 다소 차이가 있기는 하지만, 일본 Tsukuba계통과 한국계통의 집합페로몬 조성성분비에 다소의 차이가 있다는 것으로 생각된다.

남쪽풀색노린재의 경우 이탈리아, 오스트레일리아, 브라질 그리고 일본 개체군의 수컷 휘발성 물질에서 페로몬 조성의 차이가 존재한다고 하였고(Aldrich *et al.*, 1993), 남쪽풀색노린재의 성페로몬 성분은 *trans/cis*-(Z)- $\alpha$ -bisabolene epoxides로서 프랑스 남부지역의 *trans* isomer가 62.8%±8.4이고 프랑스 서부지역이 82.4%±5.9로 지역적 차이가

있다고 하였다(Brézot *et al.*, 1994). 그리고 잎말이나방인 *C. rosaceana*의 경우 북미대륙의 서부지역계통과 동부지역계통의 페로몬 조성과 합성된 페로몬의 배합비율별 유인력에 차이가 확인되었다(Thomson *et al.*, 1991; El-Sayed *et al.*, 2003). 또한 명나방의 일종인 *Ostrinia nubilalis* (Hübner)의 성페로몬은 (Z)-11-tetradecenyl acetate와 (E)-11-tetradecenyl acetate로 구성되어 있는데, 그 비율이 북미계통은 97:3, 유럽계통은 3:97로 정반대의 조성비율을 가지고 있다(Klun and Cooperators, 1975). 그 외에 나방류 중에서도 *Agrotis segetum* (Schiff) (Noctuidae) (Hansson *et al.*, 1990), *Agrotis ipsilon* Hufnagel (Noctuidae) (Gemeno *et al.*, 2000), *Hemileuca eglanterina* Boisduval (Saturniidae) (McElfresh and Millar 1999, 2001) 등의 성페로몬도 지역 간 조성성분의 차이가 보고 되어있다.

톱다리개미허리노린재의 한국계통과 일본계통의 집합 페로몬 분비변이에 대한 결과를 토대로 합성된 페로몬 성분을 여러 가지 비율로 배합하여 경남 사천의 야외 개체군에 대한 유인력을 검토한 결과 E2HZ3H:E2HE2H:TI를 1:1:1이나 1:1:0.5로 배합한 것이 1:5:1로 배합한 것보다 유인력이 더 좋았다(Fig. 3). 그러나 Mitsutani *et al.* (1997)은 E2HZ3H, E2HE2H, TI 세 성분 중에서 TI가 유인력을 나타내는 주 화합물(main compound)이며, E2HZ3H:E2HE2H:TI를 1:5:1로 혼합하였을 때 유인력이 가장 좋았다고 하였다. Leal *et al.* (1995)도 세 성분을 1:5:1로 혼합하였을 때 톱다리개미허리노린재가 가장 많이 유인되었으며 수컷 생충 10마리의 유인력과 유사하다고 보고 하였다. 그러나 이들은 E2HZ3H, E2HE2H, TI의 세 성분을 1:5:1이 아닌 다른 비율로 배합하여 유인력을 검증하지는 않았다. 이러한 결과로 볼 때 우리나라에서 톱다리개미허리노린재의 발생예찰이나 대량유인에 의한 방제를 위해서는 E2HZ3H, E2HE2H, TI의 세 성분을 1:1:1(16.7:16.7:16.7 mg)이나 1:1:0.5(20:20:10 mg)의 비율로 배합하여 페로몬 루어를 만드는 것이 적절할 것으로 생각된다. 나아가서 세 성분 중에서 E2HZ3H의 합성비용이 가장 높으므로 경제적인 측면에서 1:1:1의 배합비율이 실용적일 것으로 생각된다.

## 사 사

Miss Ji Eun Yun was supported by a scholarship from the BK21 Program, the Ministry of Education and Human Resources Development, Korea.

## Literature Cited

- Aldrich, J.R., W.R. Lusby and J.P. Kochansky. 1986. Identification of a new predaceous stink bug pheromone and its attractiveness to the eastern yellojacket. *Experientia*. 42(5): 583-585.
- Aldrich, J.R., J.R. Oliver, J.E. Oliver, W.R. Lusby, J.P. Kochansky and J.A. Lockwood. 1987. Pheromone strains of the cosmopolitan pest, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae). *J. Exp. Zool.* 244: 171-175.
- Aldrich, J.R., H. Numata, M. Borges, F. Bin, G.K. Waite and W.R. Lusby. 1993. Artifacts and pheromone blends from *Nezara* spp. and other stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Z. Naturforsch.* 48: 73-79.
- Boo, K.S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected Lepidopteran species. *J. Asia-Pacific Entomol.* 1: 17-23.
- Brezot, P., C. Malosse, K. Mori and M. Renou. 1994. Bisabolene epoxides in sex pheromone in *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae): Role of *cis* isomer and relation to specificity of pheromone. *J. Chem. Ecol.* 20: 3133-3147.
- Chung, B.K., S.W. Kang and J.H. Kwon. 1995. Damages, occurrences and control of hemipterous insects in non-astringent persimmon orchards. *RDA. J. Agri. Sci.* 37: 376-382.
- Delisle, J. and L. Royer. 1994. Changes in pheromone titer of obliquebanded leafroller, *Choristonneura rosaceana*, virgin females as a function of time of day, age, and temperature. *J. Chem. Ecol.* 20: 45-69.
- Delisle, J. and C. Vincent. 2002. Modified pheromone communication associated with insecticidal resistance in the obliquebanded leafroller, *Choristonneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Chemoecology* 22: 47-51.
- El-Sayed, A.M. and R.M. Trimble. 2002. Pheromone content of azinphosmethyl-susceptible and -resistant obliquebanded leafroller, *Choristonneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) as a function of time of day and female age. *Can. Entomol.* 134: 331-341.
- El-Sayed, A.M., J. Delisle, N. De Lury, L.J. Gut, G.J.R. Judd, S. Legrand, W.H. Reissig, W.L. Roelofs, C.R. Unelius and R.M. Trimble. 2003. Geographic variation in pheromone chemistry, antennal electrophysiology, and pheromone-mediated trap catch of North American populations of the obliquebanded leafroller. *Environ. Entomol.* 32: 470-476.
- Gemeno, C., A.F. Lutfallah and K.F. Haynes. 2000. Pheromone blend variation and cross-attraction among populations of the black cutworm moth (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 1322-1328.
- Hansson, B.S., M. Toth, C. Löfstedt, G. Szöcs, M. Subchev and J. Löfqvist. 1990. Pheromone variation among eastern European and a western Asian population of the turnip moth *Agrotis segetum*. *J. Chem. Ecol.* 16: 1611-1622.
- Harris, V.E. and J.W. Todd. 1980. Male-mediated aggregation of male, female and 5th-instar southern green stink bugs and concomitant attraction of a tachinid parasite, *Trichopoda pennipes*. *Entomol. Exp. Appl.* 27: 117-126.
- Huh, H.S., K.H. Park, W.D. Seo, and C.G. Park. 2005. Interaction of aggregation pheromone components of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae). *Appl. Entomol. Zool.* 40: 643-648.
- James, D.G., R. Heffer and M. Amaike. 1996. Field attraction of *Biprorulus bibax* Breddin (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic

- aggregation pheromone and (E)-2-hexenal, a pentatomid defense chemical. *J. Chem. Ecol.* 22: 1697-1708.
- Kang, C.H., H.S. Huh and C.G. Park. 2003. Review on true bugs infesting tree fruits, upland crops, and weeds in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 269-277.
- Klun, J.A. and Cooperators. 1975. Insect sex pheromones: intraspecific pheromonal variability of *Ostrinia nubilalis* in North America and Europe. *Environ. Entomol.* 4: 891-894.
- Leal, W.S., H. Higuchi, N. Mizutani, H. Nakamori, T. Kadosawa and M. Ono. 1995. Multifunctional communication in *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae): Conspecific nymphs and egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* use the same adult attractant pheromone as chemical cue. *J. Chem. Ecol.* 21: 973-985.
- Leal, W.S., Y. Ueda and M. Ono. 1996. Attractant pheromone for male rice bug, *Leptocorisa chinensis*: semiochemicals produced by both male and female. *J. Chem. Ecol.* 22: 1429-1437.
- Leal, W.S., S. Kuwahara, X. Shi, H. Higuchi, C.E.B. Marino, M. Ono and J. Meinwald. 1998. Male-released sex pheromone of the sink bug *Piezodorus hybneri*. *J. Chem. Ecol.* 24: 1817-1829.
- Lee, K.C., C.H. Kang, D.W. Lee, S.M. Lee, C.G. Park and H.Y. Choo. 2002. Seasonal occurrence trends of Hemipteran bug pests monitored by mercury light and aggregation pheromone traps in sweet persimmon orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 41: 233-238.
- Löfstedt, C. 1990. Population variation and genetic control of pheromone communication systems in moths. *Entomol. Exp. Appl.* 54: 199-218.
- Masuta, S., N. Mizutani, and T. Wada. 2001. Difference in response of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae) and its egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) to the synthetic aggregation pheromone of *R. clavatus*. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 45: 215-218 (in Japanese with English summary).
- McElfresh, J.S. and J.G. Millar. 1999. Sex pheromone of the common sheep moth, *Hemileuca eglanterina*, from San Gabriel Mountains of California. *J. Chem. Ecol.* 25: 687-709.
- McElfresh, J.S. and J.G. Millar. 2001. Geographic variation in the pheromone system of the saturniid moth *Hemileuca eglanterina*. *Ecology* 82: 3505-3518.
- Mizutani, N., T. Wada, H. Higuchi, M. Ono and W.S. Leal. 1997. A component of synthetic aggregation pheromone of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae), that attracts an egg parasitoid, *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae). *Appl. Entomol. Zool.* 32: 504-507.
- Mizutani, N., T. Wada, H. Higuchi, M. Ono and W.S. Leal. 1999. Effect of synthetic aggregation pheromone of *Riptortus clavatus* on density and parasitism of egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) in soybean fields. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 43: 195-202 (in Japanese with English summary).
- Mizutani, N., T. Wada and H. Higuchi. 2002. Aggregation pheromone of *Riptortus clavatus*, and attractiveness of a component of the synthetic pheromone to the egg parasitoid, *Ooencyrtus nezarae*. *Pl. Prot.* 56: 344-348.
- Numata, H., M. Kon and T. Hidaka. 1990. Male adults attract conspecific adults in the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae). *Appl. Entomol. Zool.* 25: 144-145.
- Osakabe, M. and K. Honda. 2002. Influence of trap and barrier crops on occurrence of and damage by stink bugs and lepidopterous pod borers in soybean fields. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 46: 233-241 (in Japanese with English summary).
- SAS Institute Inc. 1998. SAS/STAT. version 6.12. SAS Institute, Cray. NC. USA.
- Sugie, H., M. Yoshida, K. Kawaski, H. Noguchi, S. Moriya, K. Takagi, H. Fukuda, A. Fujile, M. Yamanaka, Y. Ohira, T. Tsutsumi, K. Tsuda, K. Fukumoto, M. Yamashita and H. Suzuki. 1996. Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Appl. Entomol. Zool.* 31: 427-431.
- Thomson, D.R., N.P.D. Angerilli, C. Vincent and A.P. Gaunce. 1991. Evidence for regional differences in the response of obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) to sex pheromone blends. *Environ. Entomol.* 20: 935-938.

(Received for publication March 31 2008;  
revised May 13 2008; accepted June 23 2008)