

콩 포장에서 톱다리개미허리노린재(*Riptortus clavatus*) 발생예찰을 위한 효율적인 페로몬 트랩 및 설치높이

백채훈* · 이건휘 · 오영진 · 박정규¹ · 황창연² · 김상수³

국립식량과학원 벼백류부, ¹경상대학교 농업생명과학연구원, ²전북대학교 농업생명과학대학, ³순천대학교 생명산업과학대학

Pheromone Trap Type and Height for Attracting of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) in Soybean Field

Chae-Hoon Paik*, Geon-Hwi Lee, Young-Jin Oh, Chung-Gyoo Park¹, Chang-Yeon Hwang² and Sang-Soo Kim³

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

¹Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²College of Agriculture and Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

³College of Life Science and National Resources, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to determine pheromone trap type and height in forecasting populations of *R. clavatus* in soybean fields using pheromone. The most effective pheromone trap type and height in forecasting populations of *R. clavatus* were fish trap and 60 cm above ground. Ratio of *R. clavatus* adults female and male in soybean field was 1.5 to 1 and *Piezodorus hybneri* was also attracted to the aggregation pheromone trap of *R. clavatus*. Attractiveness of two stink bug species caught on synthesis pheromone of *R. clavatus* was surveyed with imported production and synthesized production. Imported pheromone attracted only adult of *R. clavatus*, but synthesized pheromone attracted both adult of *R. clavatus* and *P. hybneri*. Change of population of *R. clavatus* was observed using pheromone trap and sweeping method in soybean field. Adults of *R. clavatus* occurred from early August and the population reached its peak in early September when pheromone trap was used. In case of sweeping method, its fluctuation pattern was similar to that of pheromone trap.

KEY WORDS : *Riptortus clavatus*, Soybean, Trap type, Trap height, Attracting

초 록 : 본 연구는 콩 포장에서 문제가 되는 톱다리개미허리노린재의 발생예찰을 위한 효율적인 페로몬 트랩 및 설치높이를 구명하였다. 톱다리개미허리노린재 발생예찰에 적합한 페로몬 트랩은 피쉬(통발)트랩이며, 지면으로부터 60 cm 높이에서 유인량이 가장 많았다. 페로몬 트랩에 유인된 톱다리개미허리노린재 암수 성비는 1.5:1로 암컷 성충이 가장 많았고, 톱다리개미허리노린재 유인 트랩에 가로줄노린재도 동시에 포획되었다. 톱다리개미허리노린재 유인 트랩에 대한 수입제품과 국내제품의 유인력을 조사한 결과, 수입제품은 톱다리개미허리노린재만 유인하였고, 국내제품은 톱다리개미허리노린재와 가로줄노린재를 유인하였다. 합성페로몬 트랩을 이용한 톱다리개미허리노린재 성충은 8월 상순부터 발생하기 시작하여 9월 상순에 최대발생시기를 보였고, 포충망을 이용한 발생시기도 이와 유사한 경향을 보였다.

검색어 : 톱다리개미허리노린재, 콩, 트랩종류, 트랩높이, 유인

*Corresponding author. E-mail: paikch@rda.go.kr

국내 콩 자급을 향상을 위한 정책적인 지원으로 대단위 재배면적이 점차 증가하고 있으나, 노린재류의 발생 및 피해가 늘고 있어 생산량을 증가시키는데 악 영향을 미치고 있다. 노린재류는 세계적으로 벼, 콩 등 식량작물뿐만 아니라 참깨, 과수, 화훼, 약용작물까지 거의 모든 작물에 피해를 주는 것으로 알려져 있다(Theramoto and Nagi, 1983; Honda, 1986; Kono, 1989). 콩에 발생하는 노린재는 국내에 약 20여 종으로 알려져 있는데(Kang *et al.*, 2003), 특히 콩의 품질을 저하시키는 노린재는 톱다리개미허리노린재(*Riptortus clavatus*), 풀색노린재(*Nezara antennata*), 남쪽풀색노린재(*Nezara viridula*), 알락수염노린재(*Dolycoris baccarum*) 등 4종의 발생이 많다고 보고되었다(Han and Choi, 1988). 이들 중 수량 및 품질에 가장 피해를 많이 주는 것은 톱다리개미허리노린재로 알려져 있는데(Lee *et al.*, 1997; Ha *et al.*, 1998), 노린재목 호리허리노린재과(Alydidae)에 속하는 비교적 크기가 큰 흡즙성 해충으로 약충과 성충 모두 콩을 가해하며, 포장주위의 잡초나 포장 내 잔재물 등에서 월동한다(Lee *et al.*, 1997). 톱다리개미허리노린재 방제에 있어서 가장 어려운 문제는 이동성이 강하여 약제를 살포할 때 인근포장이나 주변 잡초로 이동하고 있다가 일정한 시간이 흐른 뒤에 다시 이동해 오기 때문에 방제가 매우 어려운 해충 중의 하나이다.

현재 주요 나방류 해충에 대한 페로몬 트랩 종류 및 특징에 대해서는 많은 연구가 활발히 이루어져 어느 정도 정착 단계에 있지만 노린재류의 트랩종류에 대한 비교연구는 거의 없는 실정이다. 최근 톱다리개미허리노린재를 비롯한 몇 종의 노린재류에 관한 집합페로몬이 개발되어 노린재류의 정밀예찰, 대량포획 및 천적인 난기생봉의 유인에 의한 친환경 관리기술개발에 많은 노력을 기울이고 있지만(Jones, 1988; Leal *et al.*, 1995; Witzall, 2001; Huh and Park, 2005; Huh *et al.*, 2005b), 노린재류의 밀도를 정밀하게 조사할 수 있는 방법 개발이 더 요구되고 있다. 또한, 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 트랩에 가로줄노린재(*Piezodorus hybneri*)가 유인된다는 보고가 있어(Endo *et al.*, 2003; Huh *et al.*, 2005), 이들 노린재 2종을 동시에 포획할 수 있는 기술이 개발되면 더욱 효과적일 것으로 예상된다. 특히, 콩에 발생하는 톱다리개미허리노린재는 발생예찰이 매우 어려운 해충으로 톱다리개미허리노린재의 효과적인 관리를 위해 집합페로몬을 이용한 노린재의 초기 발생시기 및 발생유무 조사를 통해 방제적기 및 방제여부 판정에 활용될 수 있다. 포장에서 페로몬 트랩을 이용하여 효과적으로 포획, 유살할 수 있도록 트랩의 종류 및 설치 높이 구멍과 주요 노린재 2종에

대한 페로몬의 영향을 조사하여 발생예찰 및 종합적 해충관리를 위한 기초자료로 활용하고자 본 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

페로몬 성분

본 연구에 사용한 집합페로몬은 경상대학교의 유기천연물화학연구실에서 합성한 것으로 매년 분양받아 시험에 이용하였다. 집합페로몬 성분 및 조성비율은 (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate, (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3-hexenoate 및 Myristyl isobutyrate이고 각각 1:5:1로 구성되어 있다. 집합페로몬 3성분을 일정비율로 hexane에 희석한 후, 직경 13 mm rubber septum (Sigma-Aldrich, Germany)에 2.0 ml씩 분주된 septum을 이용하였다. Septum은 은박지에 1개씩 밀봉된 것으로 실험에 사용할 때까지 4°C 냉장고에 보관하였다.

페로몬 트랩 종류 및 높이별 유인력

본 유인력 조사는 2002년 6월 중순에 전북 김제시 백산면 호남농업연구소 시험포장에서 보리를 수확한 후 콩을 파종하는 만기재배 포장조건에서 실험을 수행하였다. 콩 재배면적은 3,785.6 m²이었고, 명주나물콩을 60×10 cm의 재식거리를 두고 6월 중순에 파종하였다. 페로몬 트랩 종류별 톱다리개미허리노린재 유인력 조사는 발생이 많은 시기인 8월 14일에서 28일까지 2주일 동안 조사하였고, 유인트랩으로 깔대기트랩(길이 23 cm, 직경 13.5 cm), 피쉬트랩(길이 25 cm, 직경 15 cm), 델타 A형 황색 끈끈이 트랩(19×14×10 cm) 및 PETE트랩(길이 30 cm, 직경 8 cm)을 이용하였다. 여기서 사용된 깔대기트랩(Funnel 형)과 끈끈이트랩은 일반적으로 나방류를 포획할 때 사용하는 트랩이고, PETE트랩은 1.5 L 음료수 PETE병에 동서 남북 및 아래쪽에 5개의 구멍(크기 3 cm)을 뚫고 깔대기를 붙여 잘 유인될 수 있도록 만들어 사용하였다. 마지막으로 사용된 피쉬트랩은 길이 30 cm, 직경 14 cm의 강철 스프링에 그물망을 씌운 형태를 하고 있는 트랩으로, 포획된 노린재를 제거하기 위하여 트랩 앞은 17 cm의 지퍼가 부착되어 있다. 각각의 트랩 안에서 septum은 공중 중앙에서 아래 5 cm 위치에 한 개씩 매달아 놓아 톱다리개미허리노린재가 잘 유인되도록 설치하였다. 설치한 트랩은 4가지 종류이며, 3반복으로 트랩 설치 총수는 12개이다.

피쉬트랩을 이용한 페로몬 트랩 높이별 톱다리개미허리노린재 조사는 9월 25일부터 10월 9일까지 2주일 동안 페로몬 트랩 종류별 유인력과 같은 장소에서 조사하였다. 피쉬트랩을 이용한 페로몬 트랩의 설치높이는 지면으로부터 40 cm (공 초장높이 아래 20 cm), 지면으로부터 60 cm (공 초장높이), 지면으로부터 80 cm (공 초장높이 위 20 cm), 지면으로부터 110 cm (공 초장높이 위 50 cm) 높이에 설치하였다. 각각의 시험에 사용된 페로몬 성분과 조성비율은 같으며, 트랩별 설치거리는 15 m 이상의 간격을 두고 3반복으로 총 12개를 설치하였다. 트랩에 유인된 톱다리개미허리노린재를 2일 간격으로 수거하여 마리수를 조사하였고, 매 조사시 트랩의 위치에 따라 톱다리개미허리노린재의 발생밀도가 다를 수 있기 때문에 트랩의 위치를 교체하였다. 그리고 rubber septum은 1주일 간격으로 교체하였다.

트랩별, 페로몬 제품별 유인력 검정

톱다리개미허리노린재의 암수비율 조사는 피쉬트랩에 잡힌 개체수를 대상으로 복부의 무늬 및 생식기의 형태로 암수를 구분하였다. 톱다리개미허리노린재를 유인하기 위해 설치한 rubber septum에 가로줄노린재가 포획되기 때문에 앞의 실험에서 가장 많이 포획되는 피쉬트랩과 갈대기트랩을 대상으로 톱다리개미허리노린재와 가로줄노린재의 포획수를 8월 9일부터 8월 14일까지 각각 2일 간격으로 비교분석하였다. 페로몬 제품별 유인력 조사는 수입판매제품(플라스틱 septum, 한성과학)과 국내개발 페로몬 제품의 유인정도 시험에서 사용된 수입판매제품은 네덜란드에서 수입한 제품이고, 국내개발 제품은 경상대학교의 유기천연물화학연구소에서 합성한 것을 이용하였다. 실험은 피쉬트랩을 이용하여 앞의 실험과 동일한 방법으로 톱다리개미허리노린재와 가로줄노린재의 포획수를 조사하여 비교하였다. 그리고 각각의 실험에서 사용된 페로몬 트랩 설치수는 3반복으로 처리하였다.

조사방법별 톱다리개미허리노린재 발생밀도

본 실험은 페로몬 트랩 종류 및 높이별 유인력 검정시험과 같은 장소에서 2003년 6월 중순에 보리를 수확한 후 콩을 파종하는 만기재배 포장조건에서 10월 하순까지 실험을 수행하였다. 콩에 발생되어 피해를 주는 톱다리개미허리노린재 발생예찰 조사를 위하여 10일 간격으로 포충망(직경 45 cm) 및 페로몬 트랩 조사를 병행하여 비교하

였다. 포충망 조사는 콩 포장에서 25회 왕복으로 휘둘러서 포획된 성충을 분리하여 조사하였고, 페로몬 트랩 조사는 피쉬트랩에 유인된 톱다리개미허리노린재 성충 수를 조사하였다. 콩 포장에서 페로몬 트랩은 15 m 이상의 간격으로 지주(재질: 스테인레스, 높이: 180 cm, 두께: 3×3 cm)를 세우고 공 초장 높이에 설치한 후 10일 간격으로 트랩의 위치를 변경하고 septum을 교환한 후 포획된 톱다리개미허리노린재 성충을 제거하였다. 본 실험에서 트랩은 3반복으로 설치하였다.

통계분석

페로몬 트랩 종류 및 높이별 유인력 검정시험은 SAS 9 프로그램을 이용하여 분산분석을 하고, Tukey's Studentized Range Test ($\alpha=0.05$)를 이용하여 평균간 유의성을 검정하였고, 노린재 종류 및 제품별 유인력은 t-test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

페로몬 트랩 종류 및 높이별 유인력

2002년 8월 14일부터 8월 28일까지 2주일 동안 김제 콩 포장에서 페로몬 트랩 종류별 톱다리개미허리노린재 성충의 유인력을 조사한 결과(Fig. 1), 하루에 평균 6~7마리가 포획되어 피쉬(통발)트랩에 포획된 마리수가 가장 많았고, 갈대기트랩, 끈끈이트랩, PETE트랩 순이었다. 페

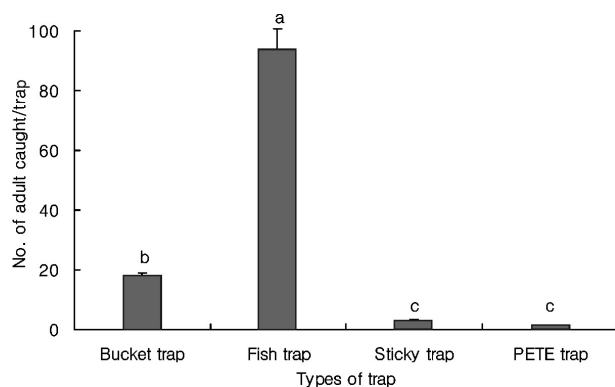


Fig. 1. Number of *R. clavatus* caught at different trap type during two weeks (8. 14~28) on the soybean field in Kimje, Jeonbuk province in 2002. Bars with the same letter on top are not significantly different (Tukey' Studentized Range Test, $\alpha=0.05$).

로몬 트랩 높이별 톱다리개미허리노린재의 유인정도를 조사한 결과(Fig. 2), 성충의 경우 지면으로부터 60 cm 높이에서 13.3마리가 채집되었으며, 지면으로부터 40 cm 높이에서 11.3마리였고, 약충의 경우 지면으로부터 40 cm 높이에서 9.0마리로 가장 많이 채집되었다. 따라서, 톱다리개미허리노린재 성충을 포획하기 위한 가장 적합한 페로몬 트랩은 피쉬트랩으로 설치높이는 지면으로부터 60 cm 높이(콩 초장높이)에 설치하는 것이 가장 적합한 것으로 생각된다.

끈끈이 트랩을 이용하여 톱다리개미허리노린재(Mizutani *et al.*, 1997), *Leptocoris chinensis* (Leal *et al.*, 1996), *Tropidothorax cruciger* (Aldrich *et al.*, 1997)에 대하여 성충 유인력을 조사하였는데, 몸집이 큰 노린재는 스스로

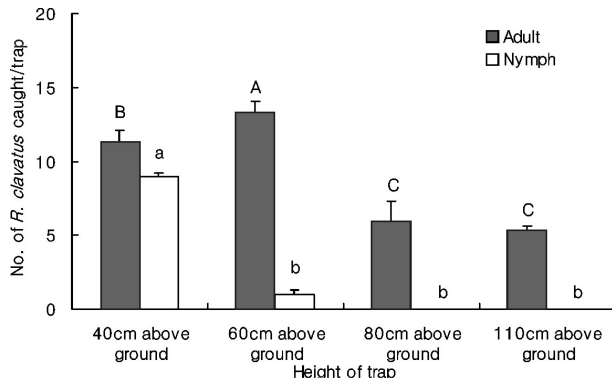


Fig. 2. Number of *R. clavatus* caught depending on the height of pheromone trap during two weeks (9. 5~10. 9) on the soybean field (soybean height: 60 cm) in Kimje, Jeonbuk province in 2002. Bars with the same letter on top in each stage are not significantly different (Tukey' Studentized Range Test, $\alpha=0.05$).

트랩에서 탈출할 수 있기 때문에 비효율적이라고 하였다 (McBrien and Millar, 1999). 특히, 노린재과(pentatomid)에 속하는 노린재류는 트랩의 안쪽이 어둡고 밀폐되면 천천히 걸어 들어가는 특징이 있다고 하였다(Mizell and Tedders, 1995; James *et al.*, 1996). 따라서 노린재를 유인하기 위한 가장 적당한 페로몬 트랩은 피쉬트랩으로 유인량이 많은 이유는 강철 스프링에 그물망을 씌운 형태이기에 페로몬 유인성분이 주변으로 쉽게 발산되어 유인효과가 증대된 것으로 생각된다.

Miller and Roelofs (1978)는 Redbanded leaf roller 수컷의 페로몬에 대한 풍동장치 실험에서 이룩한 수컷은 페로몬을 추적하여 근처로 착륙한다고 하였다. Park *et al.* (2000)은 솔껍질각지벌레(*Matsucoccus thunbergianae*) 수컷성충의 비행하는 행동습성을 조사한 결과, 지면근처에서 집중적으로 비행하기 때문에 페로몬 트랩 설치위치를 지면부위가 가장 적합하다고 하였다. 따라서 톱다리개미허리노린재는 말벌처럼 날렵한 몸체로 비행하다가 작물에서 가장 가까운 곳의 집합페로몬에 쉽게 유인된 것으로 생각되며, 이와 같이 대상해충의 행동습성에 따라 유인력의 차이가 있는 것으로 생각된다.

트랩별, 페로몬 제품별 유인력 검정

피쉬트랩을 이용하여 페로몬 트랩에 유인된 톱다리개미허리노린재 성충의 암수 비율을 조사한 결과(Table 1), 암컷이 57마리, 수컷이 37마리로 암컷이 수컷에 비하여 1.5배 정도 많이 유인되었다. 그리고 톱다리개미허리노린재의 페로몬 성분에 가로줄노린재도 동시에 유인되기 때

Table 1. Ratio of *R. clavatus* adults attracted by pheromone trap.

Trap type	No. of adult caught ^a		Sex ratio
	Female	Male	
Fish trap	57	37	1.5 : 1

^a Survey date: 2002. 8. 14~28.

Table 2. Number of *R. clavatus* and *P. hybneri* caught at different trap type on the soybean field.

Species of stink bug	Types	No. of adult caught (Mean±SD)				Total
		Aug. 8th	Aug. 10th	Aug. 12th	Aug. 14th	
<i>R. clavatus</i>	Fish trap	1.3±0.3 ^a	11.6±3.8 ^a	3.3±1.2 ^a	10.4±3.5 ^a	26.6±2.2 ^a
	Bucket trap	3.7±1.5	5.7±3.1	1.0±0.3	2.6±1.0	13.0±1.5
<i>P. hybneri</i>	Fish trap	0.3±0.1 ^a	2.4±0.4 ^a	0.3±0.1	0.0±0.0	3.0±0.2 ^a
	Bucket trap	0.0±0.0	1.0±0.3	0.3±0.1	0.0±0.0	1.3±0.1

^a Means for same species of the different trap types are significantly different (t-test, $\alpha=0.05$).

문에 가장 많이 유인된 페로몬 트랩 2가지 종류에 대하여 유인력을 조사한 결과(Table 2), 톱다리개미허리노린재와 가로줄노린재는 깔대기 트랩에 비하여 피쉬트랩에서 보다 많이 유인되었고, 포획량에서도 피쉬트랩의 경우 톱다리개미허리노린재 26.6마리, 가로줄노린재 3.0마리로 깔대기트랩 보다 채집량이 현저히 많았다.

Huh et al. (2005a)은 경상대학교 캠퍼스와 콩 포장에서의 톱다리개미허리노린재의 발생소장을 조사하면서 대학 캠퍼스는 암컷과 수컷의 총수가 각각 142.7마리와 150.5마리로 암수성비 간에 차이가 없었고, 콩 포장에서는 각각 152.0마리와 110.9마리로 암컷이 많았다고 하였다. 본 조사와 비교하였을 때 경남 사천지역의 콩 포장에서는 약 1.4배 정도 암컷이 많이 유인되었으나 익산지역의 콩 포장에서는 약 1.5배로 약간의 차이가 있는데 이것은 지리적 환경과 조사시기의 차이 때문이라 생각된다.

Endo et al. (2003)은 일본에서 톱다리개미허리노린재 집합페로몬의 3성분 중에 E2HE2H이 가로줄노린재에 대한 유인력을 보였다고 하였고, Huh et al. (2006)은 경남 사천의 콩 포장에서 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 배합비율별 유인력을 조사하는 과정에 가로줄노린재가 많이 유인되었으며, 또한 집합페로몬 3성분 중에 E2HE2H만이 가로줄노린재를 유인하였다고 보고하였다. 이러한 데이터에 기초하면 톱다리개미허리노린재에 비하여 비록 많

은 양은 아니지만 어느 정도 가로줄노린재의 유인을 확인할 수 있었다. 또한 가로줄노린재도 톱다리개미허리노린재처럼 깔대기트랩에 비하여 피쉬트랩에서 유인이 잘 되어, 이들 2종 모두를 유인하기 위해서는 피쉬트랩이 가장 적당한 것으로 생각된다.

수입판매제품 페로몬과 국내에서 개발된 제품에 대한 노린재류 유인정도를 비교 조사한 결과(Table 3), 국내에서 개발된 제품은 톱다리개미허리노린재와 가로줄노린재를 모두 유인하였지만, 수입판매제품에서는 톱다리개미허리노린재만 유인되고, 가로줄노린재는 포획되지 않아 콩 포장에서 발생하는 2종의 노린재를 동시에 포획하기 위해서는 국내제품이 효율적인 것으로 보여진다. 수입제품과 국내제품의 유인정도의 차이는 페로몬 성분이나 양의 차이라고 생각되어, 추후 수입판매제품에 대한 페로몬 성분분석이 이루어져야 그 차이가 인정될 것으로 생각된다.

조사방법별 톱다리개미허리노린재 발생밀도

콩 포장에 발생하는 톱다리개미허리노린재의 발생시기 및 방제시기를 결정하기 위해 2003년 6월부터 10월까지 페로몬 트랩 설치구와 포충망 25회 구를 비교하여 조사한 결과(Fig. 3), 페로몬트랩(피쉬트랩)과 포충망 25회 처리구 모두 8월 상순부터 발생되기 시작하여 9월 상순과 중순

Table 3. Attractiveness of two stink bug species caught on syntheses pheromone of *R. clavatus* with imported production and synthesized production

Pheromone production	No. of adult caught/fish trap/week ^a (Mean±SD)	
	<i>R. clavatus</i>	<i>P. hybneri</i>
Imported production ^b	9.3±3.1 ^d	0.0±0.0 ^d
Synthesized production ^c	14.7±4.6	13.4±5.1

^a Survey date: 2002. 10. 9~16, ^b Production made by Netherlands, ^c Production received from Gyeongsang National University, ^d Means for same species of the pheromone productions are significantly different (t-test, $\alpha=0.05$).

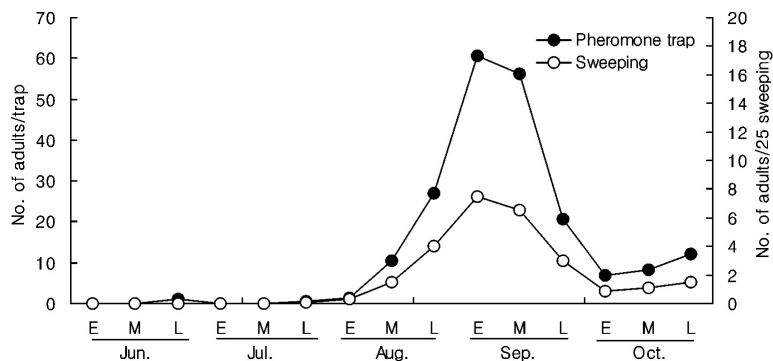


Fig. 3. Change of density of *R. clavatus* adult observed between pheromone trap and sweeping method on the soybean field in Kimje, Jeonbuk province in 2003.

에 발생 peak를 보였고, 전체 유인된 마리수도 포획수에도 비슷한 경향을 보였다.

Bae *et al.* (2007)은 콩포장에서 노린재류의 밀도조사 방법으로 톱다리개미허리노린재는 불출법으로, 가로줄노린재, 풀색노린재, 알락수염노린재 및 썩덩나무노린재 (*Halyomorpha halys*)는 타락법을 추천하면서, 이것은 노린재류의 중간 행동학적 특성의 차이 때문이라고 설명하였다. Anonymous (2001)는 갈색날개노린재(*Plautia stali*)의 경우처럼 조사방법(유아등 조사와 집합페로몬 조사)에 따라 발생시기 조사결과가 다르게 나타날 수 있다고 하였다. 또한 성충의 유살수와 유살시기가 년차와 지역에 따라 상당히 다를 뿐만 아니라(Fujiie, 1985) 과원 주변의 기주 식물이 다를 경우 발생시기가 차이하기 때문에 대상해충에 따라 노린재류의 조사방법이 달라져야 한다.

본 연구의 톱다리개미허리노린재는 다른 노린재와 달리 이동성이 높기 때문에 페로몬 트랩을 이용하여 발생시기 및 발생량을 결정하는 것이 효과적이다. 따라서 콩에 발생하는 톱다리개미허리노린재의 발생밀도를 조사하기 위해서는 페로몬 트랩을 이용하면 예찰이 가능할 것으로 생각된다. 이와 더불어 최근 지구온난화와 관련하여 고온성 해충인 노린재류의 발생이 많을 것으로 예상되므로 노린재의 종류에 따라 행동학적인 특성, 생리활성물질의 구성비율, 주변작물과 연계하여 많은 조사가 이루어져야 할 것으로 생각되며, 이동시기와 발생량을 정확히 예측할 수 있는 방제대책 수립이 매우 중요하다고 할 수 있다.

Literature Cited

- Aldrich, J.R., W.S. Leal, R. Nishida, A.P. Khimian, C.J. Lee and Y. Sakuratani. 1997. Semiochemistry of aposematic seed bugs. *Entomol. Exp. App.* 84: 127-135.
- Anonymous. 2001. Research outlines on deciduous fruit trees in 2000. pp. 124-161. Fruit Tree Research Institute, Agricultural Technology Research Organization, Japan.
- Bae, S.D., H.J. Kim, G.H. Lee and S.T. Park. 2007. Development of observation methods for density of stink bugs in soybean field. *Korean J. Appl. Entomol.* 46: 153-158.
- Endo, N., T. Wada and M. Chiba. 2003. An attractant for *Piezodorus hybneri* (Heteroptera: Pentatomidae) contained in the aggregation pheromone of *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae). *Kyushu Plant Prot. Res.* 49: 88-91.
- Fujiie, A. 1985. Seasonal life cycle of *Halyomorpha mista*. *Bull. Chiba Agric. Exp. Stn.* 26: 87-93.
- Ha, K.S., N.K. Heo, J.R. Kim and S.H. Song. 1998. Effect of different seeding times and soybean varieties on damages and occurrence of hemiptera insects. *RDA. J. Crop Prot.* 40: 32-36.
- Han, S.C. and K.M. Choi. 1988. Control and major insect pests on soybean in Korea. *RDA Symposium.* 3: 153-165.
- Honda, K. 1986. Estimation of the number of damaged soybean seeds caused by the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg. *Tohoku Agricultural Research.* 39: 157-158.
- Huh, H.S., W. Huh, S.D. Bae and C.G. Park. 2005a. Seasonal occurrence and ovarian development of bean bug, *Riptortus clavatus*. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 199-205.
- Huh, H.S., K.H. Park, W.D. Seo and C.G. Park. 2005b. Interaction of aggregation pheromone components of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae). *Appl. Entomol. Zool.* 40: 643-648.
- Huh, W. and C.G. Park. 2005. Seasonal occurrence and attraction of egg parasitoid of bugs, *Ooencyrtus nezarae*, to aggregation pheromone of bean bug, *Riptortus clavatus*. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 131-137.
- Huh, W., H.S. Huh and C.G. Park. 2005. Attraction and seasonal occurrence of *Piezodorus hybneri* monitored with aggregation pheromone traps of *Riptortus clavatus*. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 265-270.
- Huh, W., K.H. Park, H.Y. Choo and C.G. Park. 2006. Attraction of *Piezodorus hybneri* to the aggregation pheromone components of *Riptortus clavatus*. *J. Chem. Ecol.* 32: 681-691.
- 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.
- Jones, W.A. 1988. World review of the parasitoids of the southern green stink bug *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 262-273.
- 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.
- Kono, S. 1989. Analysis of soybean seed injuries caused by species of stink bugs. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 33(3): 128-133.
- 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.
- Lee, S.G., J.U. Yoo, C.Y. Hwang, B.R. Choi and J.O. Lee. 1997. Effect of temperature on the development of the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Hemiptera: Alydidae). *RDA. J. Crop Protec.* 39(1): 25-27.
- McBrien, H.L. and J.G. Millar. 1999. Phytophagous bugs, pp. 277-304. *In* J. Hardie and A.K. Minks (eds.) *Pheromones of non-lepidopteran insects associated with agricultural plants.* CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Miller, J.R. and W.L. Roelofs. 1978. Sustained-flight tunnel for measuring responses to wind-borne sex pheromones. *J. Chem. Ecol.* 4: 187-198.
- Mizell, R.F., W.L. Tedders. 1995. A new monitoring method for detection of the stink bug complex in pecan orchards. *Proceed-*

- ings of the Southeastern Pecan Grower Association 95: 36-40.
- 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.
- Park, S.C., A.J. Wi and H.S. Kim. 2000. Flight of *Matsucoccus thunbergianae* males in response to synthetic pheromone placed at various heights above ground and the wind speed. Jour. Korean For. 89: 135-140.
- Teramoto, S. and K. Nagai. 1983. Occurrence and control of stink bugs on autumn soybean crop in drained paddy field. Kyushu Agricultural Research. 45: 124.
- Witzgall, P. 2001. Pheromone-future techniques for insect control? Pheromone for Insect Cont. Orchards and Vineyards. IOBC WPRS Bull. 24: 114-122.

(Received for publication January 30 2009;
revised March 18 2009; accepted March 20 2009)