

사과원에서 (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3hexenoate 성분이 노린재강총좀벌(*Ooencyrtus nezarae*)(Hymenoptera: Encyrtidae)과 노린재기생알벌(*Gryon japonicum*) (Hymenoptera: Scelionidae) 발생에 미치는 영향

백성훈 · 박정규¹ · 서보윤² · 조점래² · 박창규*

한국농수산대학, ¹경상대학교, ²국립농업과학원

Influence of (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3hexenoate on the Occurrence of Egg Parasitoids, *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Gryon japonicum* (Hymenoptera: Scelionidae), in Apple Orchards

Seonghoon Baek, Chung Gyoo Park¹, Bo Yoon Seo², Jum Rae Cho² and Chang-Gyu Park*

Department of Industrial Entomology, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

¹Department of Applied Life Science(BK21 Plus), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Crop protection Division, Department of Agro-food Safety and Crop Protection, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

ABSTRACT: The populations of *Riptortus pedestris* (Fabricius) cause serious economic damages in local apple orchards. However, there was no study to manage its populations with environment friendly tactics. Thus, this study was conducted to analyze its attraction effects of one of *R. pedestris* aggregation pheromone compounds, (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3hexenoate (E2HZ3H), to its parasitoids, *Ooencyrtus nezarae* (Ishii) and *Gryon japonicum* (Ashmead). This compound did not increase the number of these two parasitoids and change its spatial distribution. However, this compound could attract two parasitoids within limited distance. These results indicates that one compound of *R. pedestris* aggregation pheromone, E2HZ3H, could be a good candidate to manage *R. pedestris* populations in conditions that its populations locally occurs in apple orchards.

Key words: *Riptortus pedestris*, Apple, *Ooencyrtus nezarae*, *Gryon japonicum*, E2HZ3H

초록: 톱다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris* Fabricius)는 지역에 따라 사과에 심각한 경제적 피해를 야기하고 있지만, 사과에서 톱다리개미허리노린재 친환경 방제에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서, 이번 연구에서는 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분 중 (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3hexenoate (E2HZ3H)이 노린재검정알벌(*Gryon japonicum* Ashmead)과 노린재강총좀벌(*Ooencyrtus nezarae* Ishii)에 미치는 영향을 조사하였다. 사과 과수원에서 E2HZ3H는 전체 과수원에 발생하는 2종의 포식기생자의 밀도에는 직접적으로 영향을 주지 않았고 이들 포식기생자의 공간분포도 변화시키지 않았다. 그러나, E2HZ3H 루어가 설치된 지역 주변에서는 2종의 포식기생자 모두 제한적으로 유인하는 것을 확인하였다. 따라서, E2HZ3H 루어는 사과 과수원 내에서 정밀방제를 목적으로 친환경 방제에 고려될 수 있을 것으로 생각된다.

검색어: 톱다리개미허리노린재, 사과, 노린재검정알벌, 노린재강총좀벌, E2HZ3H

*Corresponding author: changgypark@korea.kr

Received February 5 2021; Revised February 24 2021

Accepted February 25 2021

사과(*Malus domestica* Borkh)는 주요 과수 작물로 재배되기까지 유럽종과 아시아종의 교잡종인 *M. sieversii*로부터 육종과 교잡을 통해 다양화되고 순화된 종으로서 주로 북방구의

온대(temperate)지역에서 생산되나 최근에는 아열대(subtropical)와 열대(tropical) 지역에서도 생산이 되고 있다(Brown, 2012). 국내에서는 2019년 현재 32,954 ha 지역에서 535,324톤이 생산되는 가장 중요한 과수 작물 중 하나이다(Korean Statistical Information Service, 2020). 과거에는 사과 과실을 직접 가해하는 복숭아심식나방(*Carposina sasakii* Matsumura)이나 복숭아순나방(*Grapholita molesta* Busck)이 중요한 해충으로 연구되고 관리되었다(Choi et al. 2008). 그러나, 최근에는 기후변화에 따른 노린재류 발생증가와 농약저항성, 노린재의 왕성한 활동성 등으로 인해 노린재류에 의한 피해에 관심이 증가하고 있는 추세이다(Lim, 2013). 현재 사과에서 문제가 되고있는 노린재류는 갈색날개노린재(*Plautia stali* Scott), 썩덩나무노린재(*Halyomorpha halys* Stål), 톱다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris* Fabricius) 등이 있다. 이들 중 1990년 이후 톱다리개미허리노린재는 발생밀도가 가장 많이 증가한 것으로 알려져 있다(Lim, 2013).

톱다리개미허리노린재는 호리허리노린재과 *Riptortus*속 해충으로 콩과 작물이 주요 기주이지만 보리, 조 같은 식량작물, 단감, 사과와 같은 과수 작물에서도 지역에 따라 심각한 피해를 야기하고 있다(Lim, 2013). 과실에서 톱다리개미허리노린재에 의한 주요 피해는 흡즙과정에서 구침을 찌른 부위를 중심으로 과실 내부가 코르크화되어 사과의 상품성을 떨어뜨리는 것이지만 즙액 유출에 의해 세균병이 증가되는 경향도 있다(Lim, 2013). 이러한 톱다리개미허리노린재를 포함한 노린재류는 과원에서 발생시 높은 활동성과 다양한 기주로 인해 방제가 어려운 해충으로 알려져 있는데, 이들의 밀도 관리 수단의 하나로 포식기생자를 이용하여 생물학적 방제 가능성을 제시한 결과들이 보고되었다(Bennett, 1990; Jones, 1995; Loch, 2000).

국내에서 톱다리개미허리노린재의 포식기생자는 노린재검정알벌(*Gryon japonicum* Ashmead)과 노린재깡충좀벌(*Ooencyrtus nezarae* Ishii) 2종이 주요종으로 알려져 있다(Paik et al., 2007; Son et al., 2009). 두 종 모두 5월부터 발생하기 시작하여 월동에 들어가는 11월까지 과원에서 발견되지만 노린재검정알벌은 주로 봄에서 여름까지, 노린재깡충좀벌은 여름에서 가을까지 상대적으로 우점하는 경향이 있다(Mainali and Lim, 2012). 이들 포식기생자들은 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬을 카이로몬으로 이용하며(Numata et al., 1990; Leal et al., 1995; Mizutani et al., 1999; Masuta et al., 2001; Mizutani, 2006; Paik et al., 2009; Son et al., 2009), 페로몬을 사용하면 야외 포장에서의 기생률이 향상되는 현상도 보고되었다(Mizutani, 2006; Son et al., 2009; Alim and Lim, 2011). 특히 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분 중 (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3hexenoate (E2H-

Z3H)가 노린재깡충좀벌에 가장 유인력이 좋은 것으로 알려져 있고(Mizutani et al., 1997; Masuta et al., 2001; Huh and Park, 2005) 동시에 노린재검정알벌에게도 유인력이 보고되었다(Paik et al., 2009).

톱다리개미허리노린재와 이 해충의 알에 기생하는 포식기생자에 대한 연구는 콩에 국한되어 있다. 그러나, 톱다리개미허리노린재가 사과 포장에서 잠재적 해충(potential pest)으로 지역별, 시기적으로 심각한 경제적 피해(economic damage)를 유발함에 따라 사과원에서 톱다리개미허리노린재와 이 해충의 포식기생자에 대한 연구는 중요한 의미가 있다. 따라서, 본 연구에서는 사과원에서 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 성분 중 (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3hexenoate 성분이 카이로몬으로 작용하여 노린재검정알벌과 노린재깡충좀벌 발생에 미치는 영향을 분석하여 페로몬과 천적을 종합적으로 이용할 수 있는 친환경적 방제법 확립의 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험 사과원과 표본 조사

실험은 전라북도 김제시 용지면에 위치한 상업적 사과 과원 (N 35.872363, W 126.963691)에서 2016년부터 2017년까지 2년 동안 수행되었다. 사과원은 대략 18,367 m²면적으로 과수원을 중심으로 한 쪽 면으로는 논이 인접하고 있으며 다른 세 면은 모두 과원과 산림지역으로 둘러싸여 있었다(Fig. 1). 과원 내부와 논두렁, 인접 산림 지역 모두에는 톱다리개미허리노린재의 기주가 되는 콩과 식물들이 쉽게 발견되었다.

실험 과원은 특정 지역에 집중되지 않고 균일하게 조사하기 위해 64개의 가상의 격자(20 m × 20 m)를 만든 후 각 격자당 가능한 한 중심부에 위치한 사과나무를 표지하고 이 나무에 톱다리개미허리노린재 알을 붙인 알스트랩(2016년)과 알카드(2017년)를 만들어 설치하였다(Fig. 1). 알스트랩은 폭 4 mm 금박 철 끈(4 mm × 110 mm; Kyungin, Korea, Kimpo)을 50 cm 길이로 자르고 양쪽 끝에서부터 4-5 cm 간격으로 5개 지점을 상업용 매니큐어(CR03; Missha, Korea, Seoul)를 바른 후 매니큐어가 마르기전에 톱다리개미허리노린재 알을 1개씩 총 10개를 붙여 만들었다. 매니큐어 냄새가 실험에 주는 영향을 최소화하기 위해 알 고정 작업은 과원에 설치하기 전 일주일전에 완료하였으며, 과원 내에 설치 시에는 반을 접어 꼬아서 설치하였다(Fig. 2). 알카드는 양면 노란색 점착 트랩 (10 cm × 15 cm; Green-agrotech, Korea, Gyeongsan)의 한쪽 면의 보호지를 제거하고 적절한 간격으로 10개의 알을 붙여 준비하였으며, 과원내 설치

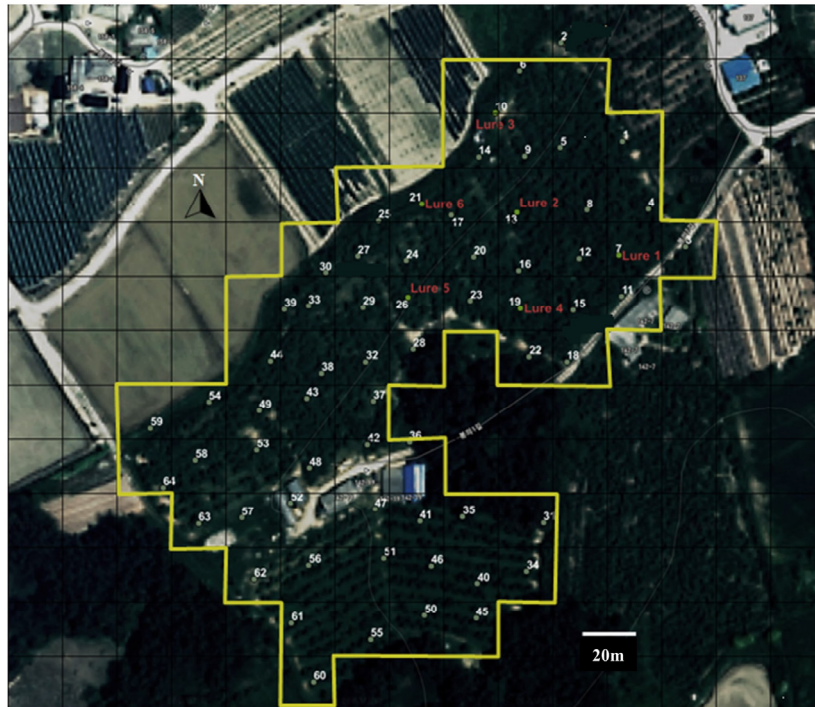
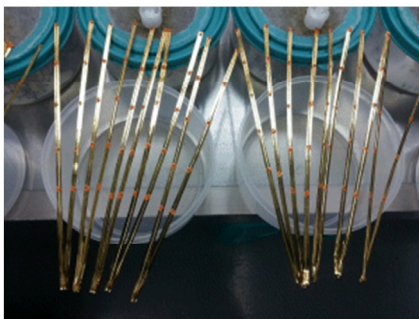


Fig. 1. Imaginary grids (20m×20m) and observed points for egg parasitoids of *Riptortus pedestris*. Lures indicate the septa with E2HZ3H. □ indicates the outline of active grids used for statistical analysis.



(A) Egg straps



(B) Egg strap tied onto a branch



(C) Egg card

Fig. 2. Egg straps (A) with artificially inoculated ten eggs in the laboratory, an egg strap (B) and an egg card (C) tied onto an apple branch in the field.

시에는 위쪽에 구멍을 뚫어 금박 철끈을 이용하여 사과나무 가지에 설치하였다(Fig. 2).

툽다리개미허리노린재 포식기생자 유인 미끼는 툽다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분중 노린재검정알벌과 노린재강충종벌에 카이로몬으로 작용하는 E2HZ3H 성분만을 hexan에 희석 (5mg/mL)한 후, 고무 격막(12.7 mm × 23.7 mm; Sigma-Aldrich, USA, St. Louis)에 2.0 mL씩 분주하여 충분히 흡수되게 한 후 은박지에 한개씩 개별 포장하여 냉동고에 사용 전까지 보관하면서 사용하였다.

2016년 포식기생자들의 페로몬 설치전 공간분포와 밀도를 조사하기 위하여 8월 11일에 툽다리개미허리노린재 알스트랩을 64개 지점에 설치하였으며, 설치 일주일 후 8월 18일에 설치되었던 알스트랩을 회수하였다. 이후 유인 미끼에 의한 공간분포 변화를 조사하기 위해 9월 8일에 사과원을 대략 반으로 분할하여 한쪽에만 일정한 거리를 두고 6개 지점에 포식기생자 유인 미끼를 설치하였으며, 동일한 날 툽다리개미허리노린재 알스트랩을 64개 지점에 설치하였다. 설치 일주일 후 9월 15일에 설치된 유인 미끼와 알스트랩 모두를 회수하였다. 2017년의 경

우, 유인 미끼 설치 전 조사는 7월 6일에 알카드를 설치한 후 7월 14일에 수거하여 조사하였다. 또한 7월 14일에 2016년 실험과 동일하게 사과원의 한쪽 부분에만 일정한 거리를 두고 6개 지점에 유인 미끼를 설치하였으며, 같은날 64개 지점에 알카드를 설치하였다. 유인 미끼 설치 후 7월 14일부터 8월 4일까지 3-7일 간격으로 알카드를 총 5회 설치 및 수거를 반복하였다. 수거한 알스트랩(2016년)과 알카드(2017년)는 국립농업과학원 곤충사육동 사육실 (25 ± 3°C, RH 40-60%)에 보관하였다. 기생된 알에서 포식기생자가 발육하여 성충이 우화할 수 있는 충분한 시간을 보장하기 위해 보관 2주 후에 우화한 포식기생자의 종을 동정(Paik et al., 2007)하고 밀도를 조사하였다.

자료 분석

툽다리개미허리노린재 집합페로몬 설치에 따른 포식기생자 2종의 공간분포 변화를 규명하기 위해 SADIE(Spatial analysis by distance indices)를 사용하였다. SADIE는 patch와 gap을 가지고 집중도의 정도를 결정한다(Perry, 1995). 여기서, patch는 하나의 조사 지역 내에서 상대적으로 밀도가 높은 지역을 의미하고 gap은 상대적으로 밀도가 낮은 지역을 의미한다. 집중도의 정도는 I_a 로 판단되는데, I_a 는 D/E_a 로 계산된다. 여기서 D 는 공간분포를 균등하게 만들기 위해 조사 지역 내 표본들이 움직여야 하는 최소 총거리로 정의된다(Perry et al., 1999). 따라서 D 값이 커질수록 분포의 공간적 집중도는 높아질 수 밖에 없다. E_a 는 균등도에 대한 평균 기대 거리로 정의되어진다. 여기서, $I_a > 1$ 은 집중분포, $I_a = 1$ 은 임의분포, $I_a < 1$ 은 균일분포를 의미한다(Perry et al., 1999). 공간적 분포의 통계적 유의성은 과원 내 툽다리개미허리노린재 포식기생자의 분포가 임의분포한다는 가정하에 임의로 과원내 표본 조사 지점 하나의 값을 제외하고 I_a 값을 계산하는 과정을 반복하여 임의분포로 계산되는 비율로 계산하였다(Perry et al., 1999; Perry and Dixon, 2002).

포식기생자 유인 미끼 설치 전후 노린재깡충좀벌과 노린재검정알벌 공간분포의 공간적 상호관계(spatial association) 분석을 위해서도 SADIE가 사용되었다. 전체적인 공간적 상호관계 지수(X)는 비교하는 2개의 자료의 집중도 지수들(clustering indices)의 지역적인 상관계수(coefficient)의 평균이다. 여기서, $X > 0$ 은 양의(consistent) 공간적 상호관계, $X = 0$ 은 공간적 상관관계가 없음을, $X < 0$ 은 음의 공간적 상관관계를 의미한다(Perry and Dixon, 2002). 양의 상호관계 지수는 비교하는 2개의 공간분포 자료에서 한 자료의 patch 지역이 다른 자료의 patch 지역과 일치하거나 혹은 한 자료의 gap 지역이 다른 자료의 gap 지역과 일치한다는 것을 의미하고, 음의 상호관계 지수

는 비교하는 2개의 공간분포 자료에서 한 자료의 patch 지역이 다른 자료의 gap 지역과 일치한다는 것을 의미한다(Perry and Dixon, 2002). 공간적 상호관계의 통계적 유의성(P)은 2개의 비교하는 자료들의 공간적 상호관계가 없다는 가정(Park et al., 2006)하에 공간분포 분석의 통계적 유의성과 같은 방식으로 계산되었다(Perry and Dixon, 2002). 통계적 유의성은 상호관계의 양과 음의 관계가 모두 존재하기 때문에 95% 신뢰수준인 $P = 0.025$ 에서 결정하였다.

툽다리개미허리노린재 집합페로몬 성분중 포식기생자 유인 미끼 설치에 따른 포식기생자 발생량의 차이는 유인 미끼가 설치된 격자내에 존재하는 표본단위당 포식기생자의 밀도를 유인 미끼가 설치되지 않은 격자내에 존재하는 포식기생자 밀도를 t 검정(SAS Institute, 2011)을 통해 분석하였다. 또한 포식기생자 유인 미끼가 미치는 영향을 분석하기 위해 유인 미끼가 설치된 격자와 인접한 격자들에 존재하는 표본단위당 포식기생자의 밀도와 인접한 격자들에 존재하는 밀도를 나머지 격자들에서 발생하는 포식기생자 밀도 역시 t 검정(SAS Institute, 2011)을 통해 분석하였다.

결과 및 고찰

전체 발생량을 살펴보면 노린재깡충좀벌은 2016년과 2017년 모두 카이로몬의 역할이 기대되어진 툽다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분 중 하나인 E2HZ3H로 만들어진 유인 미끼의 설치 전과 비교하여 발생밀도가 비슷하거나 시기에 따라 오히려 줄어드는 경향을 보였다(Fig. 3). 반면에 노린재검정알벌의 경우에는 2016년에는 루어 설치 후 95% 통계적 신뢰수준에서 밀도가 늘어나기도 하였으나, 2017년에는 노린재깡충좀벌과 마찬가지로 루어 설치 후에 밀도가 비슷하거나 시기에 따라서는 오히려 감소하였다(Fig. 3). 본 연구 결과 Mainali and Lim (2012)이 보고한 것과 같이 여름 기간 동안에는 노린재깡충좀벌의 밀도가 노린재검정알벌의 밀도보다 일반적으로 높은 것으로 확인되었다(Fig. 3). 전체 발생밀도만으로 보았을 때 이번 연구에서는 콩에서의 연구 결과(Mizutani, 2006; Son et al., 2009; Alim and Lim, 2011)와는 다르게 사과 과수원에서는 툽다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분 중 E2HZ3H만 유인 미끼로 사용했을 경우 노린재깡충좀벌과 노린재검정알벌 모두 유인에 의한 발생량 증가를 기대하기는 어려울 것으로 생각된다.

툽다리개미허리노린재 집합페로몬 성분중 E2HZ3H 만을 사용하여 만든 유인 미끼가 알기생분 공간분포에 미치는 영향을 살펴보면 E2HZ3H 성분이 효과적으로 노린재깡충좀벌을 유인한다면 집중분포를 보여야 하지만 유인 미끼의 설치 유무

와 상관없이 2017년 7월 26일 조사를 제외하고는 모든 조사시기에서 임의분포 하였다(Table 1). 유인 미끼 설치에 따른 공간 분포의 변화를 분석한 결과도 유인 미끼가 카이로몬으로 작용 하였다면 공간분포의 변화(negative spatial association)가 일어나야 하지만 이번 연구의 모든 조사에서 대부분의 경우에 유인 미끼의 공간분포에 대한 변화 유무를 판단할 수 없는 결과(no spatial association)나 기존의 공간분포가 유지되는 결과(positive spatial association)가 도출되었다(Table 2). 노린재검정알벌도 노린재깡충좀벌과 마찬가지로 공간분포가 2017년 7월 18일과 8월 4일 조사를 제외하고는 임의분포를 보였으며(Table 1) 공간분포의 변화도 발생하지 않았다(Table 2). 그러나, 조사된 표본간의 거리가 포식기생자가 공간적으로 영향을 줄 수 있는 거리보다 크다면 표본 간 영향을 줄 수 있는 공간분포 변화를 탐지 못 할 가능성이 있다(Cressie, 1993). Paik et al. (2009)의 연구 결과에 따르면 톱다리개미허리노린재의 집합패

로몬 성분 중 이번 연구에 사용된 E2HZ3H의 노린재검정알벌에 대한 유인거리는 최대 15 m 정도가 된다고 보고하였고, 이번 연구의 표본 간 조사거리(20 m)가 유인거리보다 멀어서 공간분포의 변화가 탐지되지 않았을 가능성도 있다.

전체 과수원 규모에서 E2HZ3H 성분이 노린재깡충좀벌과 노린재검정알벌의 발생량의 증가나 공간분포 변화에 기여하는 바가 통계적으로 유의하지 않아, 좀 더 적은 단위인 격자(20 m × 20 m) 수준에서 발생량의 차이를 비교하였다. 노린재깡충좀벌의 경우, 유인 미끼 설치 격자에서 발생하는 밀도가 유인 미끼가 영향을 줄 수 없는 격자들(대조구, 유인미끼 설치 격자에서 최소 20 m 이상 떨어져 있는 격자)에서 발생하는 밀도에 비교하여 2016년에는 99% 통계적 신뢰구간에서도 유의하게 많은 개체를 유인하였다(Table 3). 2017년에는 발생량의 유의성은 발견되지 않았지만($P > 0.05$) 일반적으로 유인 미끼가 설치된 격자에서 발생량이 많은 경향을 보였다(Table 3). 그러나, 유

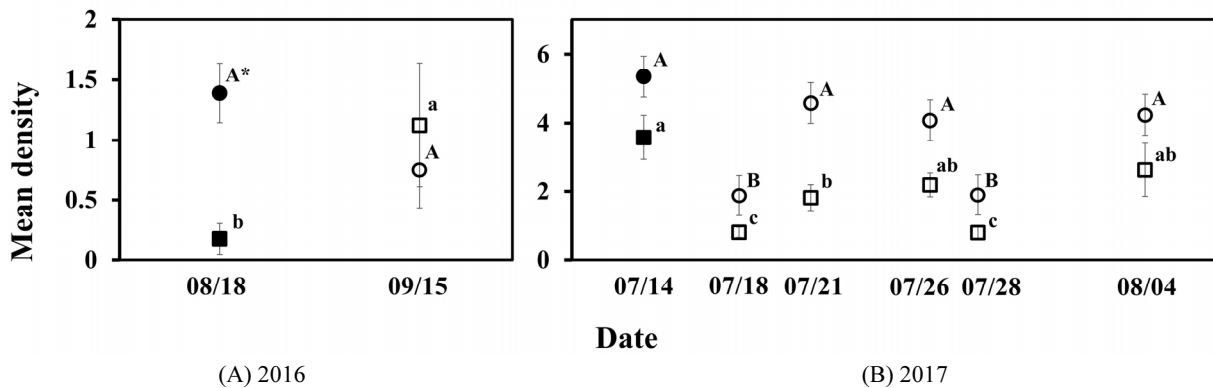


Fig. 3. Mean (\pm SE) number of two egg parasitoid wasps, *Ooencyrtus nezarae* (●, ○) and *Gryon japonicum* (■, □), occurred from ten *Riptortus pedestris* eggs in the apple orchard in 2016 (A) and 2017 (B) (● and ■, before baiting with the lure; ○ and □, after baiting). * Means followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$, Tukey's HSD test at 95 % confidence level)

Table 1. Spatial distribution of *Ooencyrtus nezarae* and *Gryon japonicum*, and its related SADIE statistics in the apple orchard.

Year	2016		2017					
Date	08/18	09/15	07/14	07/18	07/21	07/26	07/28	08/04
<i>O. nezarae</i>								
I_a^*	0.921	1.054	1.306	0.748	1.257	1.590	1.247	1.097
P_a	0.513	0.359	0.077	0.872	0.154	0.026	0.128	0.256
Spatial pattern	Random	Random	Random	Random	Random	Aggregated	Random	Random
<i>G. japonicum</i>								
I_a	1.118	0.864	0.815	1.603	1.044	1.065	1.352	1.556
P_a	0.231	0.846	0.846	0.026	0.256	0.282	0.077	0.026
Spatial pattern	Random	Random	Random	Aggregated	Random	Random	Random	Aggregated

*Overall degree of clustering (I_a) with its associated P values (P_a). $I_a = 1$ suggests a random, $I_a > 1$ suggests an aggregated, and $I_a < 1$ suggests a regular spatial distribution pattern.

Table 2. Spatial associations of *Ooencyrtus nezarae* and *Gryon japonicum* occurrence patterns between before and after baiting

Year	2016			2017		
Date	09/15	07/18	07/21	07/26	07/28	08/04
<i>O. nezarae</i>						
<i>X</i> *	0.1452	0.1549	0.3651	0.2368	-0.066	0.3831
<i>P</i>	0.1564	0.1133	0.0032	0.0306	0.6859	0.0018
Association	No association	No association	Positive	No association	No association	Positive
<i>G. japonicum</i>						
<i>X</i>	-0.1886	0.0321	0.1685	0.1186	-0.0071	0.1131
<i>P</i>	0.9149	0.4041	0.1282	0.1713	0.5263	0.1893
Association	No association	No association	No association	No association	No association	No association

*Index of association (*X*) with its associated probability (*P*). For a two-tail test at 95 % confidence level, $P < 0.025$ indicates significant positive association and $P > 0.975$ indicates significant negative association.

Table 3. Density (mean ± SE) of *Ooencyrtus nezarae* in control grids (no effect grids for *Riptortus pedestris* lure compound) to lure grids (grids with the lure), affecting grids (lure grids and their abutting grids), and abutting grids (only abutting grids excluding lure baited grids)

	Lure grids vs. Control					Affecting grids vs. Control				Abutting grids vs. Control			
	Density ¹	Density ²	<i>t</i> -value	DF	<i>P</i> value	Density ³	<i>t</i> -value	DF	<i>P</i> value	Density ⁴	<i>t</i> -value	DF	<i>P</i> value
2016													
08. 18	1.3 ± 0.32	1.7 ± 0.84	0.42	40	0.34	1.5 ± 0.39	0.39	62	0.35	1.5 ± 0.44	0.28	56	0.39
09. 15	0.3 ± 0.18	5.3 ± 2.65	4.51	40	< 0.01	1.3 ± 0.68	1.50	62	0.07	0.2 ± 0.18	-0.55	56	0.29
2017													
07. 14	6.0 ± 1.02	2.5 ± 1.02	-1.37	40	0.09	4.5 ± 0.86	-1.09	62	0.14	5.0 ± 1.04	-0.62	56	0.27
07. 18	2.0 ± 0.29	2.7 ± 1.33	0.72	40	0.24	1.7 ± 0.36	-0.76	62	0.23	1.4 ± 0.28	-1.41	56	0.08
07. 21	4.9 ± 1.18	5.0 ± 1.24	0.05	40	0.48	4.2 ± 1.05	-0.40	62	0.35	4.0 ± 1.30	-0.47	56	0.32
07. 26	5.1 ± 2.14	4.6 ± 1.22	-0.09	40	0.46	2.7 ± 0.45	-0.98	62	1.67	2.2 ± 0.41	-1.07	56	0.14
07. 28	1.0 ± 0.29	2.2 ± 0.87	1.49	40	0.07	3.1 ± 0.85	2.56	62	0.01	3.3 ± 1.06	2.59	56	0.01
08. 04	4.8 ± 1.33	6.7 ± 4.00	0.52	40	0.30	3.5 ± 0.94	-0.72	62	0.24	2.7 ± 0.50	-1.19	56	0.12

*Density¹, density², density³, and density⁴ indicates the mean occurred number of *O. nezarae* in control, lure, affecting, and abutting grids, respectively.

인 미끼가 설치된 격자와 이와 인접한 격자들을 포함하여 대조구와 비교하였을 때는 유의성은 없었지만($P > 0.05$) 모든 조사시기에서 이들 격자들에서 발생량이 대조구에 비해서 오히려 적어지는 경향을 보였다(Table 3). 이러한 경향은 유인 미끼가 설치된 격자를 제외하고 유인 미끼가 설치된 격자 인접 격자들만을 대조구와 비교했을 때 더욱 강화되었다(Table 3). 노린재 강충증벌의 이러한 현상은 노린재검정알벌에서도 동일하게 관찰되었다(Table 4). 즉 사과원내에서 노린재강충증벌과 노린재검정알벌 모두 콩에서처럼(Numata et al., 1990; Leal et al., 1995; Mizutani et al., 1999; Masuta et al., 2001; Mizutani, 2006; Paik et al., 2009; Son et al., 2009) 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분중 E2HZ3H 성분이 카이로몬으로 작용하여 때

우 제한적인 범위(이번 실험에서는 반경 10 m) 내에서 두 종류의 기생봉을 유인하는 것으로 보인다. 그러나, 그 정도에 있어서는 콩에서처럼 통계적으로 유의한($P < 0.05$) 수준으로 항상 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 이번 연구의 결과들을 종합할 때 톱다리개미허리노린재의 집합페로몬 성분중 하나인 E2HZ3H는 카이로몬으로 작용하여 알기생봉인 노린재강충증벌과 노린재검정알벌을 유인하는 것으로 생각되나, 유인 범위가 Paik et al. (2009)의 연구 결과처럼 매우 제한적 범위인 것으로 생각되어 넓은 사과 과수원에 적용하였을 때 그 효과는 미미할 것으로 보인다. 다만, 톱다리개미허리노린재 발생이 넓은 사과 과수원에서 매우 제한된 범위에서 연속된 세대를 높은 밀도로 경과하는 경우, 이 지역에서 정밀방제(site-specific ma-

Table 4. Density (mean \pm SE) of *Gryon japonicum* in control grids (no effect grids for *Riptortus pedestris* lure compound) to lure grids (grids with the lure), affecting grids (lure grids and their abutting grids), and abutting grids (only abutting grids excluding lure baited grids) and its related *t*-test statistics

	Lure grids vs. Control					Affecting grids vs. Control				Abutting grids vs. Control			
	Density ¹	Density ²	<i>t</i> -value	DF	<i>P</i> value	Density ³	<i>t</i> -value	DF	<i>P</i> value	Density ⁴	<i>t</i> -value	DF	<i>P</i> value
2016													
08. 18	0.3 \pm 0.22	0 \pm 0	-0.45	40	0.33	0.1 \pm 0.07	-0.68	62	0.25	0.1 \pm 0.09	-0.54	56	0.30
09. 15	0.6 \pm 0.61	8.2 \pm 2.98	3.99	40	< 0.01	1.8 \pm 0.87	1.13	62	0.13	0.1 \pm 0.05	-0.72	56	0.24
2017													
07. 14	3.0 \pm 0.53	5.3 \pm 0.67	1.72	40	0.05	4.3 \pm 1.31	0.97	62	0.17	4.0 \pm 1.66	0.67	56	0.25
07. 18	1.1 \pm 0.24	0.7 \pm 0.42	-0.64	40	0.26	0.5 \pm 0.15	-1.98	62	0.03	0.4 \pm 0.16	-1.98	56	0.03
07. 21	1.8 \pm 0.48	4.8 \pm 2.36	2.08	40	0.02	1.9 \pm 0.64	0.18	62	0.43	1.1 \pm 0.42	-0.95	56	0.17
07. 26	2.0 \pm 0.43	4.0 \pm 1.48	1.64	40	0.05	2.4 \pm 0.58	0.52	62	0.30	2.0 \pm 0.60	-0.10	56	0.46
07. 28	0.9 \pm 0.25	0.7 \pm 0.49	-0.34	40	0.37	0.6 \pm 0.25	-0.68	62	0.25	0.6 \pm 0.29	-0.64	56	0.26
08. 04	3.5 \pm 1.35	2.8 \pm 0.65	-0.21	40	0.42	1.5 \pm 0.34	-1.32	62	0.10	1.1 \pm 0.36	-1.39	56	0.09

*Density¹, density², density³, and density⁴ indicates the mean occurred number of *G. japonicum* in control, lure, affecting, and abutting grids, respectively.

agement)와 천적 밀도의 유지 및 강화를 통한 지속 가능한 톱다리개미허리노린재 밀도 억제 수단으로 적용 가능성은 클 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ015622호)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

저자 직책 & 역할

백성훈: 한국농수산대학, 박사후연구원; 자료분석 및 논문 작성

박정규: 경상대학교, 교수; 유인 미끼 제작 및 분석 자료 검토

서보운: 국립농업과학원, 연구사; 실험수행 및 자료 검토

조점래: 국립농업과학원, 연구관; 실험수행 및 자료 검토

박창규: 한국농수산대학, 조교수; 실험 수행, 자료 분석 및 논문 작성

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

Alim, M.A., Lim, U.T., 2011. Refrigerated eggs of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) added to aggregation pheromone traps increase field parasitism in soybean. *J. Econ. Entomol.* 104, 1833-

1839.
 Bennett, F.D., 1990. Potential for biological control of the stinkbug, *Nezara viridula*, a pest of macadamias. *Acta. Horticult.* 275, 679-684.
 Brown, S., 2012. Apple. in: Badenes, M.L., Byrone, D.H. (Eds), *Fruit breeding*. Springer, New York, pp. 329-368.
 Choi, K.-H., Lee, S.-W., Lee D.-H., Kim, D.-A., Kim, S.-K., 2008. Recent occurrence status of two major fruit moths, oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 47, 17-22.
 Cressie, N.A.C., 1993. *Statistics for Spatial Data*. Wiley & Sons, Inc. New York.
 Huh, W., Park, C.G., 2005. Seasonal occurrence and attraction of egg parasitoid of bugs, *Ooencyrtus nezarae*, to aggregation pheromone of bean bug, *Riptortus clavatus*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 44, 131-137.
 Jones, V.P., 1995. Reassessment of the role of predators and *Trissolcus basal* in biological control of southern green stinkbug (Hemiptera: Pentatomidae) in Hawaii. *Biol. Control.* 5, 566-572.
 Korean Statistical Information Service., 2020. *Statistics of agricultural crop products*. Statistics Korea, Daejeon. p. 154.
 Leal, W.S., Higuchi, H., Mizutani, N., Nakamori, H., Kadosawa, T., Ono, M., 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.
 Lim, U.T., 2013. Occurrence and control method of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae): Korean perspectives. *Korean J. Appl. Entomol.* 52, 437-448.
 Loch, A.D., 2000. Abundance, distribution, and availability of *Trissolcus basal* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) hosts in

- a soybean agricultural system in southern Queensland. *Biol. Control*. 18, 120-135.
- Mainali, B.P., Lim, U.T., 2012. Annual pattern of occurrence of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) and its egg parasitoids *Ooencyrtus nezarae* (Ishii) and *Gryon japonicum* (Ashmead) in Andong, Korea. *Crop Protect.* 36, 37-42.
- Masuta, S., Mizutani, N., Wada, T., 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.
- Mizutani, N., 2006. Pheromones of male stink bugs and their attractiveness to their parasitoids. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 50, 87-99.
- Mizutani, N., Wada, T., Higuchi, H., Ono, M., Leal, W.S., 1997. A component of a 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., Wada, T., Higuchi, H., Ono, M., Leal, W.S., 1999. Effect of synthetic aggregation pheromone of *Riptortus clavatus* on density and parasitism of egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) in soybean fields. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.* 43, 195-202.
- Numata, H., Kon, M., Hidaka, T., 1990. Male adults attract conspecific adults in the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae). *Appl. Entomol. Zool.* 25, 144-145.
- Paik, C.H., Kang, S.M., Jeon, Y.K., Lee, G.H., Choi, M.Y., Oh, Y.J., Park, C.G., Hwang, C.Y., 2009. Influence of aggregation pheromone of *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae) on the occurrence of egg parasitoid, *Gryon japonicum* (Hymenoptera: Scelionidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 48, 67-72.
- Paik, C.H., Lee, G.H., Choi, M.Y., Seo, H.Y., Kim, D.H., La, S.Y., Park, C.G., 2007. Report on two egg parasitoid species of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) on soybean. *Kor. J. Appl. Entomol.* 46, 281-286.
- Park, Y.L., Perring, T.M., Farrar, C.A., Gispert, C., 2006. Spatial and temporal distributions of two sympatric *Homalodisca* spp. (Hemiptera: Cicadellidae): implications for areawide pest management. *Agric. Ecosyst. Environ.* 113, 168-174.
- Perry, J.N. 1995. Spatial analysis by distance indices. *J. Anim. Ecol.* 64, 303-314.
- Perry, J.N., Dixon, P. 2002. A new method for measuring spatial association in ecological count data. *Ecoscience* 9, 133-141.
- Perry, J.N., Winder, L., Holland, J.M., Alston, R.D. 1999. Red-blue plots for detecting clusters in count data. *Ecol. Lett.* 2, 106-113.
- SAS Institute, 2011. SAS/STAT user's guide, version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.
- Son, J.K., Choo, H.Y., Choi, J.Y., Paik, C.H., Park, C.G., 2009. Enhancement of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) egg parasitism by a component of the bug's aggregation pheromone. *J. Asia-Pacific Entomol.* 12, 159-163.