

콩 포장에서 집합페로몬 트랩을 이용한 톱다리개미허리노린재 (*Riptortus pedestris*) 유인거리 및 피해 경감 효과

박창규* · 염기홍 · 정진교¹

국립농업과학원 작물보호과, ¹국립식량과학원 작물환경과

Damage Reduction Effect and Attracted Distance by Aggregation Pheromone Trap of the Bean Bug, *Riptortus pedestris* (Fabricius), (Hemiptera: Alydidae) in Soybean Fields

Chang Gyu Park*, Ki Hong Yum and Jin Kyo Jung¹

Crop Protection Division, Department of Crop Life Safety, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-853, Republic of Korea

¹Crop Environment Research Division, National Institute of Crop Science, Suwon 441-857, Republic of Korea

ABSTRACT: The lure-distance of *Riptortus pedestris* aggregation pheromone was elucidated and the damage mitigation effect by mass trapping of *R. pedestris* was examined in commercial soybean fields. The recaptured ratio showed that 76.1% of total recaptured individuals were lured within 40 m and 89.0% of total recaptured adults were arrested in the lower 80 m. There is not much difference in the number of recaptured individuals according to the location of installed traps in the experiment. There was linear correlation between the total installed number of traps and the total number of trapped individuals in commercial soybean fields. and the highest yield (261.8 g/10 stems) was investigated in the field that had installed a pheromone trap per 770 m². No relationship was found between the covered area of a pheromone trap for mass trapping and yield loss. The ratio of type A seed (healthy) was higher in the field that installed a trap per 385 m² and 770 m² (around 62%) and type B seed (showing distinct injury marks) was lower in the same fields (around 27%). From this result, we could reduce slightly the damage of soybean seeds by the mass trapping of *Riptortus pedestris* adults with an aggregation pheromone trap per 385 ~ 770 m² area range.

Key words: *Riptortus pedestris*, Aggregation Pheromone Trap, Mark and Recapture, Mass Trapping, Soybean Damage

초록: 톱다리개미허리노린재 (*Riptortus pedestris*) 상용 집합페로몬을 이용하여 포획할 때 유인되어지는 거리를 규명하고 이를 이용한 대량포획으로 콩 피해 경감 효과를 조사하였다. 집합페로몬 트랩의 재포획 비율은 최초 방사 지점에서 40 m 이내의 트랩에서는 전체 재포획 개체의 76.1%, 80 m 이내에서는 89.0%가 포획 되었으며, 트랩 설치 방위 간에 재포획 개체수는 큰 차이가 없었다. 대량 포획을 통한 피해 경감 효과를 알아보기 위해 집합페로몬 트랩을 농가 포장에 설치한 결과, 트랩수가 증가 할수록 톱다리개미허리노린재 총 포획수는 직선적으로 증가하였다. 페로몬 트랩 당 포획 할당 면적이 770 m²인 포장에서 10주당 수량이 261.8 g 으로 가장 높았으나, 트랩 당 할당 면적과 수량과의 관계에는 일정한 경향이 없었다. 트랩 당 포획 할당 면적에 따른 종자 형태 비율은 트랩 당 포획 할당 면적이 385 m²와 770 m²인 포장에서 건전한 A형 종자의 비율이 62% 근처로 높았고 약한 피해립인 B형 종자의 비율이 27% 근처로 가장 낮았다. 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 트랩을 이용한 피해 경감 효과는 포장 면적 385 ~ 770 m² 당 1개를 포장 주변에 적절히 설치 운용 한다면 건전립의 비율을 높이고 약한 피해립의 비율을 어느 정도 감소시킬 수 있는 수단으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

검색어: 톱다리개미허리노린재, 집합페로몬, 표식-재포획법, 대량 포획, 콩 피해

*Corresponding author: changgpark@korea.kr

Received September 15 2012; Revised October 18 2012

Accepted November 17 2012

톱다리개미허리노린재 [*Riptortus pedestris*(Fabricius)]는 포장 주변의 잔재물(Lee et al., 1997) 또는 농경지 경계 야산 활엽수의 낙엽층(Natsuhara, 1985; Tabuchi and Ito, 2004; Moriya, 2005)에서 성충으로 월동한 후 야생기주를 먹이로 1~2세대를 경과한 다음 콩의 개화기 이후에 콩 포장으로 침입해 들어오는 전형적인 서식처 이동 해충이다(Mizutani et al., 2011). 톱다리개미허리노린재의 연간 세대수는 지역, 먹이 조건, 조사지점에 따라 달라질 수 있으나 대략 2~3번의 신성충이 발생하는 것으로 분석되고(Natsuhara, 1985; Kono, 1989b; Huh et al., 2005; Tabuchi et al., 2005; Endo et al., 2011; Shin et al., 2012) 있으며, 집합페로몬 규명 및 이를 이용한 발생 모니터링에 관한 많은 연구들이 진행되어 왔다(Leal, et al., 1995; Huh et al., 2005; Tabuchi et al., 2005; Yasuda et al., 2007; Huh et al., 2008; Endo et al., 2011).

우리나라에서 톱다리개미허리노린재는 콩의 잎, 굴기, 꼬투리, 종실을 가해하여 콩 생산량 감소에 가장 큰 영향을 주는 해충 중 하나로 알려져 있다(Ha et al., 1998; Son et al., 2000; Lee et al., 2004). 콩에서 노린재류에 의한 피해는 착엽기(R3-R4)에 가해 할 때 수확량 감소가 가장 크게(Kono, 1989a; Boethel et al., 2000; Jung et al., 2005) 이때가 포장에서 톱다리개미허리노린재의 밀도를 낮출 방제 수단을 동원해야 하는 적기가 된다. 현재까지 알려진 톱다리개미허리노린재에 가장 효과적인 밀도 억제 수단은 살충제를 사용하는 것이며 높은 피해 경감 효과를 얻기 위해서는 살충제를 R4 시기부터 연속으로 3회 방제하여야만 90% 이상의 방제가를 얻을 수 있다고 하였다(Lee et al., 2004). 이와 같이 효과가 큰 살충제를 이용할 경우에도 한번으로 적절한 방제 효과를 얻기가 어려운 이유로는 본 해충이 이동성이 강하여 약제 방제시 인근의 포장이나 잡초로 이동, 회피하는 전략을 가지는 것과 성충 발생 기간이 길어 포장으로 유입되는 시기가 긴 것과 같은 요인들이 작용한 결과로 보인다. 더욱이 최근에는 살충제 사용을 줄이거나 친환경적으로 콩을 재배하려는 수요가 증가하고 있어 기존의 약제 방제 수단을 보완하거나 대체할 관리방안에 대한 기술 개발 요구가 크다.

성페로몬이나 집합 페로몬 트랩을 이용한 대량 포획 방법을 통해 해충의 피해를 경감하고자 하는 많은 연구들이 국내외에서 수행되었으나(Martinez-Ferrer et al., 2012; Maki et al., 2011; Kim et al., 2009) 노린재류를 대상으로 한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 표식-재포획법을 사용하여 톱다리개미허리노린재 집합페로몬의 작용 범위를 파악하고 피해 경감 효과를 얻기 위한 포장 면적당 적정 트랩 수를 결정하여 기존의 약제 방제 수단을 보완하거나 대체할 수 있는 친환경적인 방제 수단 제공 가능성을 규명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험 곤충의 사육

2009년 5월 국립식량과학원에서 분양 받은 톱다리개미허리노린재를 국립농업과학원 사육실(온도 25±3°C, 습도 40~60% RH, 광조건 L:D=16:8)에서 직경 15 cm, 높이 7 cm 원형의 플라스틱 용기의 뚜껑을 자르고 망사를 붙여 환기가 가능한 사육 용기에 누대 사육하였다. 사육용기 뚜껑 부분의 망사 일부를 십자로 절개하고 솜과 바이엘병(직경 1.5 cm, 높이 6 cm)을 이용하여 물을 공급하였다. 먹이로는 대두(대원콩) [*Glycine max* (L.) Merr.]를 사용하였으며 약충의 경우 사육 용기 당 1-2명은 200~300마리, 3-4명은 100~200마리, 5명-성충은 70~100마리 밀도로 사육하여 적절한 밀도를 유지하였다. 알의 수거는 7일 이내 간격으로 하였으며, 먹이는 일주일에 1회, 물은 매일 충분히 공급하였다.

표식-재포획법을 이용한 집합페로몬 작용 거리 규명

실험 포장 선정, 실험 곤충의 표식 및 방사

표식-재포획법 실험 포장은 동서남북으로 사방이 트여 있고 중심으로부터 사방으로 직선거리가 200 m 정도 되는 경기도 수원시 권선구 서둔동 소재 국립농업과학원 답작 포장을 선정하였다(Fig. 1). 1차 실험은 2010년 7월 13일 실내에서 누대 사육하던 톱다리개미허리노린재 성충(우화 후 한달 이내) 1200



Fig. 1. Release point (center of white circles) of *R. pedestris* adults and location of recapture pheromone traps (white circles) for mark-recapture.

마리를 한번에 50~60마리씩 이산화탄소로 약 20초간 마취시킨 후 상업용 녹색 메니큐어를 이용하여 앞가슴 등판이나 소순판에 직경 1~2 mm 정도의 크기로 표식 하였으며, 다음날 물과 먹이가 들어 있는 원형의 사육케이지를 이용하여 실험포장에 방사하였다. 2차 실험은 2010년 8월 14일 실내 사육 성충(우화한지 한달 이내) 1200마리를 1차 때와 동일한 방법으로 표식한 후 2일 후(2010년 8월 16일)에 방사하였다.

집합페로몬 트랩의 설치, 조사

재 포획을 위한 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 루어는 (E)-2-hexenyl (Z)-3-hexenoate (E2HZ3H), (E)-2-hexenyl (E)-2-hexenoate (E2HE2H), Tetradecyl isobutyrate (TI), Octadecyl isobutyrate (OI)를 각각 5.5, 27.6, 38.7, 14.3% 비율로 섞어 상업용으로 판매하는 [(주) 그린아그로텍] 제품을 사용하였다. 포획 트랩은 갈색 망으로 되어 있는 피쉬트랩(길이 28 cm, 직경 14 cm)을 사용하였으며, 표식된 성충 방사 지점을 중심으로 동, 서, 남, 북 사방으로 20 m, 40 m, 80 m, 160 m, 200 m 지점에 높이 1.5 m FRP 폴대와 직경 3 mm 철사를 사용하여 지상으로부터 높이 1~1.2 m 위치에 설치하였다. 재포획 밀도의 조사는 1차 실험의 경우 방사 후 1, 2, 5, 6, 7일 5회, 2차 실험의 경우 방사 후 1, 2, 3, 5, 15일후 5회 조사하였다.

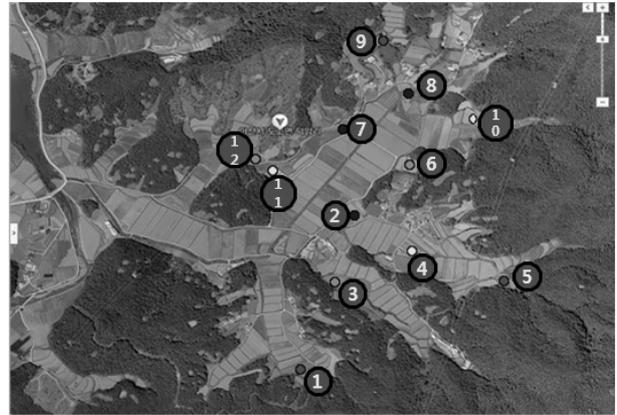
피해 경감을 위한 포장 면적당 적정 트랩수의 규명

실험 포장 선정, 트랩 설치 및 포획밀도 조사

실험 포장은 주식회사 한살림 소속의 충청남도 아산시 덕암리 일대의 친환경 포장 중 12개 농가 포장을 선정하였으며, 실험 포장 위치, 면적 및 트랩 설치 개수는 Fig. 2와 같다. 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 루어 및 트랩은 표식-재포획 실험에 사용된 것과 동일한 것을 사용하였다. 각 실험 포장에서 트랩의 설치는 1.5 m FRP 폴대와 직경 3 mm 철사를 사용하여 지상으로부터 높이 1~1.2 m 위치로 포장 가장자리에 설치하였다. 최초 트랩 설치는 2010년 7월 7일이었으며, 트랩 설치 후 4주마다 페로몬 루어를 교체하였고 2010년 10월 27일까지 매주 트랩별 포획 밀도를 육안으로 조사하였다.

수량 및 피해 조사

수량 및 피해조사를 위하여 각 실험 포장에서 콩이 수확되기 직전인 2010년 11월 1일 포장 당 10 가지를 3반복으로 수거하여 경기도 수원시 권선구 소재 국립농업과학원 비닐하우스에서 2주일 이상 건조 후 탈립하였다. 수량은 콩의 전체 무게를 측정하였으며 피해조사는 Jung et al.(2005)의 분류기준에 따라



Field Number	Areas (m ²)	No. of traps	Covered areas (m ²) /trap
1	2640	12	220
2	1320	3	440
3	2310	6	385
4	1980	3	660
5	990	12	82.5
6	4620	6	770
7	2310	1	2310
8	1650	1	1650
9	1980	12	165
10	4290	3	1430
11	990	1	990
12	2310	6	385

Fig. 2. Field locations and installed trap numbers in commercial soybean field. The numbers in the circle on the map denote the field number.

종자를 A(피해흔적이 없는 정상인 종자), B(모양은 거의 정상이나 표면에 흠집 흔적이 뚜렷한 종자), C(수확이 될 정도의 크기이나 모양이 기형이거나 미숙한 종자), D(수확되지 않는 전혀 발육하지 못한 종자)로 분류하여 각각의 개수를 조사하였다.

통계 분석

조사 포장간 수량 차이는 SAS(SAS Institute, 2008) 프로그램을 이용하여 Tukey HSD 검정으로 처리 평균간 차이를 유의성 $\alpha=0.05$ 에서 검정하였고 결과는 평균±표준편차로 표기하였다.

결과 및 고찰

표식-재포획법을 이용한 집합페로몬 작용 거리 규명

집합페로몬을 이용한 톱다리개미허리노린재 표식-재포획

법 1차 실험에서 일주일 동안 재포획 총 개체는 16마리로(1.3%) 낮은 재포획률을 보였다. 재포획된 모든 개체들은 방사 후 6일 이내에 포획 되었으며, 트랩 위치별 재포획 밀도를 보면 최초 방사 지점으로부터 20 m, 40 m, 80 m, 160 m에서 각각 5, 4, 3, 4 마리가 채집되었고 200 m에서는 한 마리도 포획되지 않았다 (Table 1). 1차 실험에서 보여준 낮은 재포획률은 조사 기간이 짧아서 발생한 문제일 수 있다는 분석으로 2차 실험에서는 최초 방사 후 15일까지 재포획 밀도를 조사하였다. 2차 실험 결과 총 93마리가 재포획되어 7.8%의 재포획률을 보였으며, 최초 방사 지점으로부터 거리별로 보면 총 포획수의 79.8%(74마리)가 40 m 이내에서 재포획되었으며, 92%(85마리) 정도가 방사 한 지점으로부터 80 m 이내에서 재포획되었다(Table 2). 종자를 주 먹이로 이용하는 노린재류의 경우 계절에 따른 이동과 상

대적으로 큰 비행능력을 가지게 되는데(Southwood, 1962) 이러한 능력에 따라오게 되는 해충의 분산에 관한 정보는 개체군의 발생 지역과 밀도 변동을 예측하는데 중요한 역할을 하게 된다(Loxdale et al., 1993). 집합페로몬 트랩을 이용한 톱다리개미허리노린재 발생상황 조사와 대량 포획을 통한 피해 경감 효과를 얻기 위한 전략을 수립하는데 필요한 중요 정보중의 하나가 비행능력에 관련된 정보이고 다른 하나가 사용되는 페로몬 트랩의 작용 거리에 관한 정보일 것이다. 실내에서 Flight mill 을 이용해 조사한 톱다리개미허리노린재의 하루 동안 비행거리는 1.6~5.1 km로 추정되며 야외 포장에서 첫 번째 비행으로 이동하는 거리는 45~54 m 라고 보고하였으나(Maharjan and Jung, 2009) 상용화된 톱다리개미허리노린재 집합페로몬의 유인 거리에 관한 연구 보고는 없었다. 최초 방사 후 경과 일수에

Table 1. Recaptured numbers of adult *R. pedestris* in aggregation pheromone traps at various locations from release point in first mark-recapture trial

Distance from released point (m)	Trap Direction	Days after 1st release (marked adults/unmarked adults)				
		1st day	2nd day	5th day	6th day	7th day
20	North	0/0	0/1	1/3	0/3	0/0
	South	0/0	0/3	3/9	1/4	0/2
	East	0/0	0/2	0/11	0/6	0/4
	West	0/0	0/3	0/1	0/0	0/1
	Subtotal	0/0	0/9	4/24	1/13	0/7
40	North	0/0	0/0	0/1	0/2	0/0
	South	0/0	0/0	0/3	0/2	0/7
	East	0/0	0/0	0/2	0/0	0/0
	West	0/0	0/26	3/40	1/7	0/8
	Subtotal	0/0	0/26	3/46	1/11	0/15
80	North	0/0	0/0	0/23	0/10	0/18
	South	0/0	0/2	0/13	0/10	0/17
	East	0/0	0/0	0/2	0/3	0/1
	West	0/0	0/1	0/21	3/10	0/8
	Subtotal	0/0	0/3	0/59	3/33	0/44
160	North	0/1	0/0	0/4	0/5	0/6
	South	0/0	0/5	1/55	0/18	0/22
	East	0/0	0/3	0/19	0/6	0/4
	West	0/0	0/17	3/84	0/22	0/17
	Subtotal	0/1	0/25	4/162	0/51	0/49
200	North	0/0	0/1	0/2	0/2	0/3
	South	0/0	0/2	0/13	0/5	0/7
	East	0/0	0/1	0/3	0/0	0/0
	West	0/0	0/0	0/4	0/20	0/20
	Subtotal	0/0	0/4	0/22	0/27	0/30

Table 2. Recaptured numbers of adult *R. pedestris* in aggregation pheromone traps at various locations from release point in second mark-recapture trial

Distance from released point (m)	Trap Direction	Days after 1st release (marked adults/unmarked adults)				
		1st day	2nd day	3th day	5th day	15th day
20	North	1/22	1/20	0/29	3/27	8/108
	South	1/6	0/16	0/14	1/18	12/88
	East	1/18	0/16	0/22	2/51	10/120
	West	0/7	0/11	0/21	2/45	15/132
	Subtotal	3/53	1/63	0/84	8/141	45/448
40	North	0/24	0/27	1/40	2/33	3/122
	South	0/3	0/17	0/29	0/35	2/128
	East	0/8	0/9	0/6	1/20	2/54
	West	0/23	1/38	0/57	1/72	4/163
	Subtotal	0/58	1/91	1/132	4/160	11/467
80	North	0/19	0/36	0/35	0/59	2/175
	South	0/17	0/31	1/27	0/26	4/101
	East	0/25	0/38	0/39	0/46	1/144
	West	1/30	0/55	0/74	1/100	1/136
	Subtotal	1/91	0/160	1/175	1/231	8/556
160	North	0/24	0/40	0/62	0/63	3/146
	South	0/19	0/30	0/35	0/70	0/264
	East	0/44	0/39	0/30	0/32	2/162
	West	0/20	0/32	0/58	0/88	2/190
	Subtotal	0/107	0/141	0/185	0/253	7/762
200	North	0/40	0/48	0/36	0/50	0/105
	South	0/10	0/21	0/22	0/14	0/134
	East	0/22	0/23	0/22	0/28	1/115
	West	0/15	0/53	0/42	0/123	0/134
	Subtotal	0/87	0/145	0/102	0/215	1/488

따른 유인 효과를 보면 방사 후 3일까지는 비교적 적은 마리수가 재포획(전체 포획수의 8.6%)되었으나 이후 시간이 지남에 따라 재포획량이 증가하는 것으로 조사되었다. 최초 방사지점으로 부터 트랩의 설치 방위별 포획밀도를 보면 방사지점을 중심으로 서쪽에 설치된 트랩들에서 28마리로 가장 많은 양이 재포획되었으며, 다음으로 북쪽(24마리), 남쪽(21마리), 동쪽(20마리)의 순이었으나 설치 방향 간에는 재포획율의 차이가 미미하였다(Fig. 3). 이상의 결과로 볼 때 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 트랩을 이용하여 발생 밀도 조사를 할 경우 트랩간의 거리는 80 m 이상을 유지하는 것이 이웃한 개체군 집단의 밀도에 영향을 받지 않을 것으로 판단할 수 있었다. 한편 대량 포획을 위해 페로몬 트랩을 운용할 경우에는 전체 포획 마리수의 80% 정도를 포획하는 40 m 정도의 거리를 유지하는 것이 유리

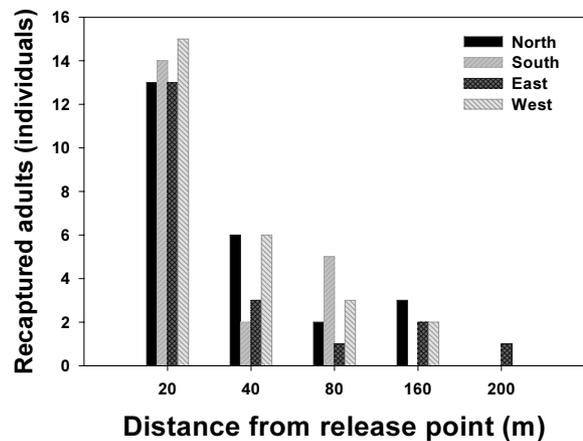


Fig. 3. Total recaptured numbers of adult *R. pedestris* in aggregation pheromone traps at various directions and distances from release point in second mark-recapture experiment.

할 것으로 판단된다.

피해 경감을 위한 포장 면적당 적정 트랩수 규명

집합페로몬 트랩을 이용한 톱다리개미허리노린재 피해 경감 효과를 알아보기 위해 각기 다른 면적의 농가 포장에 1, 3, 6, 12개의 트랩을 설치하였으며, 결과적으로 각 포장에 설치된 트랩 당 대량 포획을 위해 할당된 면적은 트랩 당 82.5~2310 m²로 다양하였다(Fig. 2). 각 농가 포장에서 집합페로몬 트랩에 의한 톱다리개미허리노린재 포획밀도의 변동 양상을 보면 대부분의 포장에서 트랩 설치 후 3주차(7월 29일)부터 포획 밀도가 증가하기 시작하여 8월 5일 다소 밀도가 감소하는 시기가 있었지만, 꾸준히 포획 밀도가 증가하여 8월 20일 최대 포획밀도 피크를 보인 후 급격히 밀도가 감소하였고 이러한 상태는 수확 시기까지 한주에 50마리 미만의 낮은 포획 밀도로 유지되는 양상을 보였다(Fig. 4). 콩 포장에서 집합페로몬 트랩을 이용하여 톱다리개미허리노린재 침입시기를 조사한 결과 개화 후 9-13일 사이에 가장 많은 개체가 포획되었으며(Endo et al., 2011) 포충망을 이용하여 조사한 결과 R3과 R4 시기에 톱다리개미허리노린재 밀도가 급격히 높아지기 시작하여 R5~R6 시기에 가장 밀도가 높았다는 결과가 보고되었다(Lee et al., 2004). 콩에서 노린재류에 의한 피해는 착합기(R3-R4)에 가해 할 때 수확량 감소가 가장 크다고 하여(Kono, 1989a; Boethel et al., 2000; Jung et al., 2005) 개화 후부터 이때 까지 약 한달 가량이 대량 포획을 통한 밀도 억제를 위한 집중 관리가 필요한 시기라 할 수 있을 것이다. 포장 당 집합페로몬 트랩 설치 개수가 증가 할수록 톱다리개미허리노린재 총 포획수는 직선적으로 증가하는 경향을

보인 반면(Fig. 5), 트랩 당 포획 할당 면적이 660 m²까지는 트랩당 포획수의 차이가 별로 없다가 770 m² 이상 되면 서서히 포획수가 증가하는 경향을 보였다(Fig. 6). 이러한 결과들로 유추해 볼 때 톱다리개미허리노린재 대량 포획을 통한 피해 경감 효과를 높이기 위해서는 트랩수를 증가시키는 것이 유리할 것으로 생각되나 트랩의 개수가 증가함에도 불구하고(트랩 당 포획 할당 면적은 줄어듦) 트랩 당 포획수가 감소하지 않고 어느 지점에서 일정하게 포획밀도가 유지된다는 것은 피해 경감을 위해 트랩수를 계속 늘리는 것이 피해 경감을 위해 유리하지 않을 수도 있다고 판단된다. 이러한 판단 이유는 해당 포장을 중심으로 일정한 면적에 존재하는 톱다리개미허리노린재의 밀도가 일정하고 주변으로부터 새로운 개체들의 유입이 없으며, 각 트랩의 포획 효율성 차이가 없다고 가정한다면 트랩수의 증가가 트랩 당 포획수의 지속적 감소로 이어져야 하나 일정 개수 이상

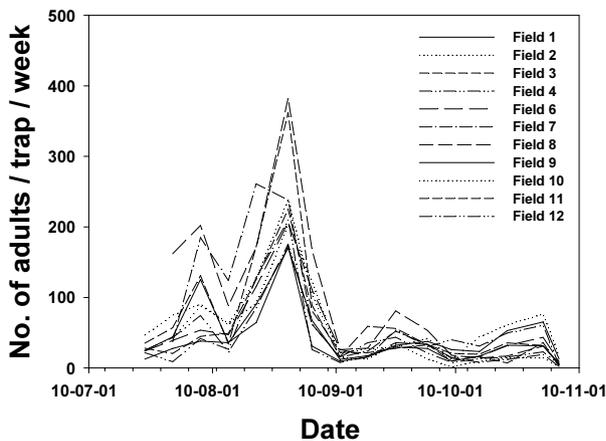


Fig. 4. Fluctuation of caught numbers of adult *R. pedestris* in aggregation pheromone traps in various commercial soybean fields during cropping season (2010 year).

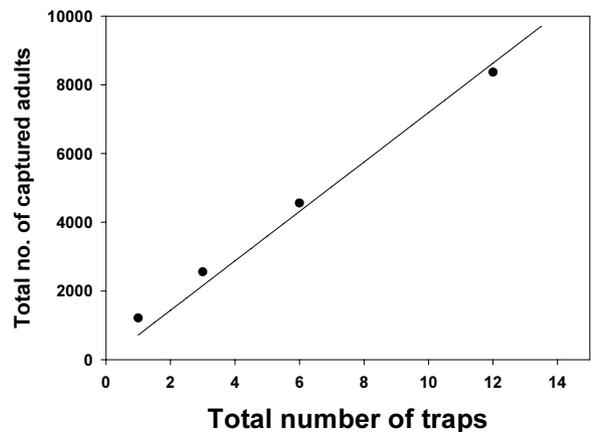


Fig. 5. The relationship between total number of aggregation pheromone traps and total captured numbers of adult *R. pedestris* in commercial soybean field.

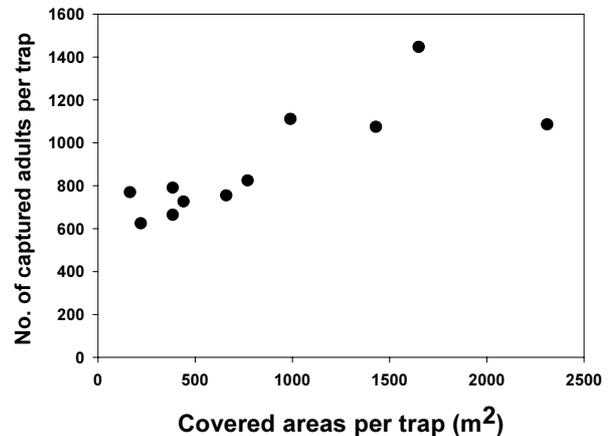


Fig. 6. The relationship between covered areas per trap and total captured numbers of adult *R. pedestris* per trap in commercial soybean field.

이 되어도 트랩 당 포획수가 감소하지 않는다는 것은 더 먼 주변으로부터 목표 포장으로의 새로운 개체들의 유인효과가 발생하고 있다고 추론해 볼 수 있기 때문이다. 따라서 피해 경감을 위한 적정 트랩수 결정은 단순히 총포획량의 확대 이외에 수량과 관련된 피해 경감효과를 분석하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 각 농가 포장에서 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 트랩을 이용한 피해 경감 효과를 분석하기 위하여 농가 포장 면적을 설치된 트랩의 개수로 나누어 트랩 당 포획 할당 면적을 구하고 이 값과 수량 및 피해와의 관계를 분석하였다. 페로몬 트랩 당 포획 할당 면적이 770 m²인 포장에서 10주당 261.8 g 으로 가장 높은 수량을 보였으며 가장 낮은 수량을 보인 포장은 할당 면적이 440 m²인 포장에서 10주당 83.1 g 이었다(Table 3). 포장간 수량은 통계적으로 유의한 차이가 있었으나(*F* value = 3.89, *P* value = 0.0055) 트랩 당 할당 면적과 수량과의 관계에는 일정한 경향이 없었다. 이러한 결과를 보인 이유는 포장 간 재배양식, 토양의 비옥도 등의 재배 환경이 현저히 다르기 때문에 발생한 수량 차이가 훨씬 커서 트랩 당 포획 할당 면적에 의한 효과를 압도하였기 때문으로 생각된다. 그 결과 순수 수량 자료만으로는 집합페로몬 트랩의 피해 경감 효과 경향을 분석하기는 어렵다고 판단되었고, 따라서 수확 후 건전한 종자와 피

해 종자의 비율을 이용하여 피해 경감효과 분석을 시도하였다. 트랩 당 포획 할당 면적이 385 m² 되기 전까지는 할당 면적이

Table 3. The relationship between covered areas of aggregation pheromone trap and yield (mean±standard deviation) in various commercial soybean fields

Covered areas (m ²) /trap	Field number	Total seed weight (g)/ 10 stems
82.5	5	-
165	9	158.2±49.3 abc ^{a)}
220	1	219.1±24.6 ab
385	12	148.6±66.3 abc
385	3	194.2±39.3 abc
440	2	83.1±16.2 c
660	4	-
770	6	261.8±56.3 a
990	11	137.4±25.8 bc
1430	10	188.0±59.0 abc
1650	8	155.9±33.8 abc
2310	7	187.9±25.4 abc

^{a)}Values followed by the same letter within a column are not significantly different (*P*>0.01, Tukey's Test)

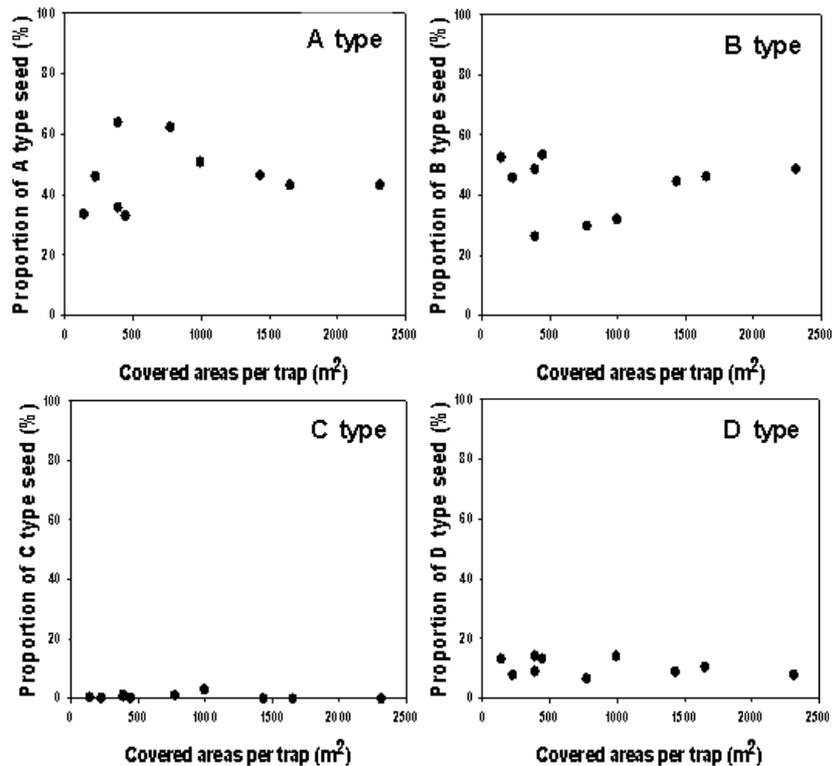


Fig. 7. The relationship between covered areas per trap and ratio of each seed type. A type seed was healthy, non-injured and of completely normal shape, B type seed was of almost completely normal shape but with distinct injury marks, C type seed had a completely deformed shape or was an immature seed, and D type seed was a completely immature and undeveloped (Jung et al., 2005).

증가함에 따라 A형 종자의 비율이 급격히 증가하나 이보다 할당 면적이 커지게 되면 A형 종자의 비율이 완만하게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 7A). 그러나 B형 종자의 경우 A형 종자와는 반대로 트랩 당 할당 면적이 385 m² 될 때까지는 급격하게 비율이 감소(26.3%) 하다가 이보다 할당 면적이 늘어나면서 점차적으로 다시 비율이 증가하여 할당 면적이 2310 m² 인 포장에서는 385 m² 할당 포장보다 약 2배가량(48.8%) 비율이 증가하였다(Fig. 7B). 즉 트랩 당 할당 포획 면적이 385 m²를 중심으로 할당 면적이 너무 작아지면 유인효과가 과도하게 커져 주변으로부터 새로운 개체들의 유입으로 피해가 늘어날 수 있고 너무 커지면 전체 포장에서 트랩 포획 효율이 감소되어 피해가 증가할 수 있다는 것을 보여 주는 것으로 보인다. 한편 C, D형 종자의 상대적 비율은 트랩 당 할당 포획 면적의 변화에 크게 영향을 받지 않는 것으로 분석되었다(Fig. 7 C, D). 이러한 결과로 볼 때 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 트랩을 이용한 피해 경감 효과는 수량만으로는 판단하기 어려웠으나, 피해 종자의 비율 변화로 볼 때 대상 포장 면적 385-770 m² 당 1개를 포장 주변에 적절히 설치 운용 한다면 어느 정도 피해를 경감시킬 수 있는 수단으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 집합페로몬을 이용한 대량 포획으로 톱다리개미허리노린재 피해 경감 효과를 알아내기 위해서는 콩의 개화 시기와 관련한 트랩 운용 기간, 트랩의 위치, 특정 포장에서 페로몬 확산 특성에 관한 연구들이 구체적으로 진행되어야 집합페로몬 트랩의 활용법과 전략 수립이 가능할 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 “주요 노린재류 해충 방제용 곤충 행동조절물질 개발”(과제번호: PJ006851호)의 지원에 의하여 연구가 수행되었으며, 실험 포장 제공에 협조해 주신 (주) 한살림 관계자 분들과 아산시 덕암리 최낙현 선생님 등 참여 농민들, 국립농업과학원에 근무하며 톱다리개미허리노린재의 사육과 수량 및 피해 조사에 도움을 주신 윤미순 여사님께 감사드립니다.

Literature Cited

- Boethel, D.J., Russin, J.S., Wier, A.T., Layton, M.B., Mink, J.S., Boyd, M.L., 2000. Delayed maturity associated with southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) injury at various soybean phenological stages. *J. Econ. Entomol.* 93: 707-712.
- Endo, N., Wada, T., Sasaki, R., 2011. Seasonal synchrony between pheromone trap catches of the bean bug, *Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae) and the timing of invasion of soybean fields. *Appl. Entomol. Zool.* 46: 477-482.
- Ha, K.S., Heo, N.K., Kim, J.R., Song, S.H., 1998. Effect of different seeding times and soybean varieties on damages and occurrence of hemiptera insects. *RDA. J. Crop Prot.* 40: 32-36.
- Huh, H.S., Yun, J.E., Wada, T., Mizutani, N., Park, C.G., 2008. Composition of the aggregation pheromone components of Korean bean bug and attractiveness of different blends. *Korean J. Appl. Entomol.* 47: 141-147.
- Huh, H.S., Huh, W., Bae, S.D., Park, C.G., 2005. Seasonal occurrence and ovarian development of bean bug, *Riptortus clavatus*. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 199-205.
- Jung, J.K., Youn, J.T., Im, D.J., Park, J.H., Kim, U.H., 2005. Soybean seed injury by the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) at reproductive stage of soybean (*Glycine max* Linnaeus). *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 299-306.
- Kim, H.Y., Kim, J.H., Son, B.G., Cho, J.R., Lee, Y.H., Kim, Y.H., Choi, M.Y., 2009. Analysis on the mass-trapping effects by *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) sex pheromone traps deployed around the tomato glasshouse. *Korean J. Appl. Entomol.* 48: 245-251.
- Kono, S. 1989a. Analysis of soybean seed injuries caused by three species of stink bug. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 33: 128-133.
- Kono, S. 1989b. Number of annual generations of the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae) estimated by physiological characteristics. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 33: 198-203.
- 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.
- Lee, G.H., Paik, C.H., Choi, M.Y., Oh, Y.J., Kim, D.H., Na, S.Y., 2004. Seasonal occurrence, soybean damages and control efficacy of bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Hemiptera: Alydidae) at soybean field in Honam province. *Korean J. Appl. Entomol.* 43: 249-255.
- Lee, S.G., Yoo, J.K., Hwang, C.Y., Choi, B.R., Lee, J.O., 1997. Effect of temperature on the development of the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Hemiptera: Alydidae). *RDA J. Crop Protec.* 39: 25-27.
- Loxdale, H.D., Hardie, J., Halbert, S., Footitt, R., Kidd, N.A.C., Carter, C.I., 1993. The relative importance of short- and long-range movement of flying aphids. *Biol. Rev.* 68: 291-311.
- Maki, E.C., Millar, J.G., Rodstein, J., Hanks, L.M., Barbour, J.D., 2011. Evaluation of mass trapping and mating disruption for managing *Prionus californicus* (Coleoptera: Cerambycidae) in hop production yards. *J. Econ. Entomol.* 104: 933-938.
- Maharjan, R., Jung, C., 2009. Flight behavior of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae), relative to adult age,

-
- sex and season. *J. Asia Pac. Entomol.* 12: 145-150.
- Martinez-Ferrer, M.T., Campos, J.M., Fibla, J.M., 2012. Field efficacy of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mass trapping technique on clementine groves in Spain. *J. Appl. Entomol.* 136: 181-190.
- Mizutani, N., Moriya, S., Yamaguchi, T., Ito, K., Tabuchi, K., Tsunoda, T., Iwai, H., 2011. Seasonal abundance of the bean bug, *Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae) in some leguminous plants. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 55: 163-170.
- Moriya, S. 2005. Searching for overwintering sites of *Riptortus clavatus* (Thunberg) and *Piezodorus hybneri* (Gmelin) by re-analyzing litter samples originally collected at coppice forest floors for other kinds of stink bugs to estimate their overwintering densities. *Ann. Rep. Kanto-Tosan Pl. Prot. Soc.* 52: 73-76.
- Natsuhara, Y. 1985. Migration and oviposition in the bean bug *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera). *Plant Prot.* 39: 153-156. (in Japanese)
- SAS Institute. 2008. SAS OnlineDoc, Version 9.1.3. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- Shin, Y.H., Yun, S.H., Park, Y.U., An, J.J., Yoon, C.M., Youn, Y.N., Kim, G.H., 2012. Seasonal fluctuation of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) in Chungbuk province. *Korean. J. Appl. Entomol.* 51: 99-109.
- Son, C.K., Park, S.G., Hwang, Y.H., Choi, B.S., 2000. Field occurrence of stink bug and its damage in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 45: 405-410.
- Southwood, T.R.E. 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biol. Rev.* 37: 171-214.
- Tabuchi, K., Ito, K., 2004. Preference of overwintering site of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg). *Ann. Rep. Kanto-Tosan Pl. Prot. Soc.* 51: 115-118.
- Tabuchi, K., Moriya, S., Mizutani, N., 2005. Seasonal catches of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae), in water-pan traps with synthetic attractants. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 99-104.
- Yasuda, T., Mizutani, N., Endo, N., Fukuda, T., Matsuyama, T., Ito, K., Moriya, S., Sasaki, R., 2007. A new component of attractive aggregation pheromone in the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae). *Appl. Entomol. Zool.* 42: 1-7.