

제주지역 무에서 벼룩잎벌레와 무잎벌의 색트랩과 집합페로몬에 대한 반응과 연중 발생특성

송정흠* · 양영택 · 양철준 · 최병렬¹ · 좌창숙

제주특별자치도농업기술원 친환경연구과, ¹국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

Responses of *Phyllotreta striolata* and *Athalia rosae ruficornis* to Colored-sticky Traps and Aggregation Pheromone and Seasonal Fluctuations in Radish Fields on Jeju Island

Jeong Heub Song*, Young Taek Yang, Cheol Jun Yang, Byeong Ryul Choi¹ and Chang Sook Jwa

Division of Sustainable Agricultural Research, Jeju Agricultural Research and Extension Services, Seogwipo, 63556, Republic of Korea
¹Crop protection Division, Department of Crop Life Safety, National Academy of Agricultural Science, Wanju, 55365, Republic of Korea

ABSTRACT: Striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* (SFB) and turnip sawfly, *Athalia rosae ruficornis* (TSF) are two economically important sporadic pests in radish fields on Jeju island. The response of adult SFB and TSF to a mixture of aggregation pheromone, (+)-(6R,7S)-himachala-9,11-diene and host plant volatile, allyl isothiocyanate (HAI), as well as to yellow and blue sticky traps was examined in radish fields. Adult SFB was more attracted to the sticky trap with HAI, regardless of the color of the sticky trap; however, adult TSF was more attracted on the yellow sticky trap than blue, and no effect of HAI was observed. The adult SFB and TSF can be effectively monitored using yellow sticky traps placed 10 cm above the plant canopy. SFB and TSF had 3 and 5 peak times in a year, respectively. The first peak occurred in the middle of March for SFB and mid-late of April for TSF. We expect that the results of the present study can facilitate minimizing the damage caused by the two important pests in commercial radish fields.

Key words: Radish, *Phyllotreta striolata*, *Athalia rosae ruficornis*, Seasonal fluctuation, Trap response, Aggregation pheromone

조 록: 벼룩잎벌레(*Phyllotreta striolata*)와 무잎벌(*Athalia rosae ruficornis*)는 제주지역 무에서 돌발적으로 발생하여 피해를 주는 해충이다. 본 연구는 벼룩잎벌레와 무잎벌 성충의 트랩 색(황색과 청색)과 벼룩잎벌레 집합페로몬(+)-(6R,7S)-himachala-9,11-diene과 기주식물 휘발성 물질인 allyl isothiocyanate의 혼합물을 이용 두 해충의 발생을 간편하게 예찰하는 방법을 개발하기 위하여 수행하였다. 벼룩잎벌레는 트랩 색에 관계없이 집합페로몬이 부착된 집착트랩에 더 많은 성충이 유인되었으며, 무잎벌은 황색집착트랩이 청색트랩보다 더 많이 유인되었고 벼룩잎벌레 집합페로몬은 유인량에 관계가 없었다. 따라서 벼룩잎벌레 집합페로몬을 부착한 황색집착트랩을 이용하면 벼룩잎벌레와 무잎벌 성충 발생을 효율적으로 예찰할 수 있었다. 집착트랩의 높이는 기주식물에 가까울수록 두 해충의 유인수가 많아 기주식물 상단 10 cm 높이로 설치하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 벼룩잎벌레와 무잎벌의 연간 발생피크는 각각 3회와 5회정도 나타났으며, 두 해충의 첫 주발생시기는 벼룩잎벌레는 3월 중하순, 무잎벌은 4월 중하순이었다. 벼룩잎벌레와 무잎벌 성충의 연간 발생특성을 이용하면 두 해충의 무에서의 피해를 최소화하는데 중요한 정보로 활용될 것으로 기대된다.

검색어: 무, 벼룩잎벌레, 무잎벌, 연간발생특성, 트랩반응, 집합페로몬

무(*Raphanus sativus* L.)에 발생하는 해충은 배추좀나방(*Plutella xylostella*), 배추흰나비(*Pieris rapae*), 담배거세미나방(*Spodoptera litura*) 등 나방류가 주로 피해를 주고 있으나, 벼룩잎벌레(*Phyllotreta striolata*)와 무잎벌(*Athalia rosae ruficornis*)이 돌발

*Corresponding author: sjheub@korea.kr

Received July 24 2015 ; Revised August 22 2015

Accepted August 27 2015

적으로 발생하여 피해를 주고 있다. 특히 고랭지에서 재배되고 있는 배추와 무에서 피해가 많은 것으로 알려져 있다(Kwon, M., unpublished observation).

벼룩잎벌레는 세계적으로 배추과채소의 중요한 해충 중 하나이며(Lamb, 1989), 순무황화바이러스 Turnip Yellow Mosaic Virus를 매개 한다(Stobbs, 1998). 성충은 주로 기주식물의 잎을 먹으며, 지표면에 알을 낳는다. 유충은 지하부 뿌리를 가해하며, 땅 속에서 번데기가 된다(Feeny et al., 1970; Burgess, 1977). 벼룩잎벌레의 집합페로몬과 기주식물의 휘발성물질과의 관계를 이용하여 성충을 유인할 수 있다(Beran et al., 2011).

무잎벌레는 배추과 식물을 먹는 곤충으로 온대~아열대 유라시아지역에 분포하며, 봄과 가을철에는 저지대, 여름철에는 고지대에 서식하는 것으로 알려져 있다(Abe, 1988; Nagasaka, 1991). 어린 유충은 잎에 구멍을 뚫고 먹으며 성장하면 잎 가장자리부터 불규칙하게 갉아먹는다. 유충은 몸 전체적으로 광택이 있는 짙은 남색을 띠며 가로방향으로 주름이 잡혀있는 특징을 갖고 있다. 일장반응을 보여 단일조건에서 휴면이 유기되지만 명기간이 13~14시간 조건 하에서는 발육이 지속된다(Uchidoi et al., 1993). 무잎벌레 유충은 배추과 기주식물을 가해하지만 성충은 배추과 식물을 먹지 않고 마편초과(Verbenaceae) 식물인 누리장나무 *Clerodendron trichotomum* (Thumb)와 꿀풀과(Lamiaceae) 식물인 금창초 *Ajuga decumbens* Thunb.에 모여들어 잎 위에서 섭식하는 것으로 알려져 있다(Shimokawa and Kitano, 1989; Amano et al., 1997). 누리장나무와 금창초 잎에 무잎벌레 성충의 섭식을 유발하는 비휘발성 카이로몬 물질로 clerodendrin이 확인되었으나(Nishida et al., 1989; Amano et al., 1997) 지금까지 실용화되어 있지는 않다.

현재 노지와 하우스재배 작물에서 총채벌레와 가루이와 같이 비행하는 미소해충의 발생예찰에 색 점착트랩을 많이 이용하고 있다. 본 연구에서는 무에 발생되고 있는 벼룩잎벌레와 무잎벌레 성충 발생을 예찰하는데 색 점착트랩과 집합페로몬의 이용가능성을 검토하고 두 해충의 연간 발생특성에 대한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

벼룩잎벌레와 무잎벌레의 집합페로몬과 트랩 색에 대한 반응

벼룩잎벌레와 무잎벌레의 황색과 청색에 대한 색 선호도를 조사하기 위하여 평판형 점착트랩(크기: 15×25 cm, Greenagrotech, Korea)을 이용하였으며, 벼룩잎벌레의 집합페로몬트랩(성분: (+)-(6R,7S)-himachala-9,11-diene과 ally isothiocyanate 혼합물;

Zhangzhou Enjoy Agriculture Technology Co., China)의 유인력을 검정하였다. 시험은 서귀포시 표선면과 대정읍에 위치한 농가 재배 무 포장(면적: 8,300과 2,800 m²)에서 2013년 10월에 실시하였다. 처리는 트랩색(청색과 황색)과 집합페로몬 부착유무의 4 처리를 하였다. 트랩의 설치는 반복 간에는 10 m, 반복 내에서는 트랩 간에 5 m 간격을 두었으며 길이 120 cm의 지주대를 세우고 트랩을 무 상단 10 cm 위에 집계를 이용하여 고정하였다. 트랩조사는 설치 후 7일 간격으로 4회 반복, 조사하였다. 시험기간 중 벼룩잎벌레 집합페로몬 교체주기는 판매사에서 추천하고 있는 14일로 하였다.

위 시험에서 두 해충에 유인력이 높았던 황색점착트랩에 대한 벼룩잎벌레와 무잎벌레의 반응특성을 조사하였다. 시험포장은 서귀포시 강정동 제주특별자치도농업기술원 직영포장에서 병해충 방제는 하지 않고 다른 관리는 농가와 동일하게 하였다. 무 재배포장(파종: 3월 5일)에서 2015년 4월부터 6월까지 위와 동일하게 트랩을 설치한 후 3~7일 간격으로 조사하였다. 조사 방법은 트랩 내 높이에 따른 두 해충의 유인수와 높이별 부착해충의 방향에 따른 밀도를 조사하였다. 트랩 내의 부착방향은 총체의 머리방향을 기준으로 수평(horizon, 몸 각도: 0±44°, 180±44°), 상(upward, 몸 각도: 45~135°), 하(downward, 몸 각도: 225~315°)로 구분하였다. 트랩 내 높이별 부착수는 수직방향으로 트랩을 5 cm 간격으로 5등분(H1~H5, 숫자가 높을수록 식물체가 가까움)한 후 높이별 유인수를 조사하였다.

트랩의 색과 집합페로몬, 트랩 내 높이와 부착 방향에 대해 난괴법 2요인 분석법으로 SAS의 PROC GLM 이용 LSD 다중검정을 실시하였다(SAS Institute, 1999).

연간 발생특성

제주지역에서 무의 재배는 봄과 가을 연 2회 재배되고 있다. 봄재배는 2월 중순부터 3월 상순까지 파종하고 5월 하순부터 6월 중순에 수확하고 있으며, 2월 파종의 경우에는 터널재배를 한다. 가을재배는 8월 하순부터 9월 중하순까지 파종하며 수확은 12월부터 이듬해 3월까지 하고 있다.

벼룩잎벌레와 무잎벌레의 연간 발생특성을 조사하기 위하여 2014년 3월부터 2015년 6월까지 무 주산지인 서귀포시 대정읍과 표선면에서 지역당 3~5개 농가포장에 벼룩잎벌레 집합페로몬을 부착한 황색평판트랩을 위의 방법과 동일하게 조사포장당 1지점에 설치한 후 7일 간격으로 트랩을 회수하여 각 해충의 수를 조사하였으며, 지역별 평균값을 이용하여 연간 발생특성을 분석하였다.

결과 및 고찰

벼룩잎벌레와 무잎벌의 집합페로몬과 트랩 색에 대한 반응

벼룩잎벌레 집합페로몬과 평판트랩의 색(황색과 청색)에 따른 벼룩잎벌레와 무잎벌의 유인력을 분석하였다(Fig. 1). 벼룩잎벌레는 트랩의 색에 관계없이 집합페로몬 부착 트랩에 유인이 잘 되었던 것에 반해 무잎벌은 청색보다 황색의 유인력이 높았다. 또한 두 곤충에 대해 트랩 색과 집합페로몬 간의 교호작용은 존재하지 않았다(벼룩잎벌레 트랩 색 $F=3.02, P>0.1$, 집합페로몬 $F=10.51, P<0.05$, 트랩색*집합페로몬 $F=2.23, P>0.1$; 무잎벌 트랩 색 $F=15.85, P<0.01$, 집합페로몬 $F=0.15, P>0.1$, 트랩색*집합페로몬 $F=0.19, P>0.1$).

벼룩잎벌레는 집합페로몬을 부착하지 않은 색 점착트랩에 일부 유인이 되었지만 효율을 높이기 위해서는 집합페로몬을 함께 사용하는 것이 좋았다. 벼룩잎벌레의 집합페로몬은 수컷이 내보내는데 집합페로몬 단독으로는 유인력이 떨어지고 수컷 성충이 기주식물을 가해할 때 나오는 휘발성 물질 중의 하나인 allyl isothiocyanate (AITC)와의 상호작용을 통해 유인력이 더 높아진다고 하였는데(Beran et al., 2011), 본 시험에 사용한 페로몬에는 집합페로몬뿐만 아니라 AITC가 포함되어 있어 집합페

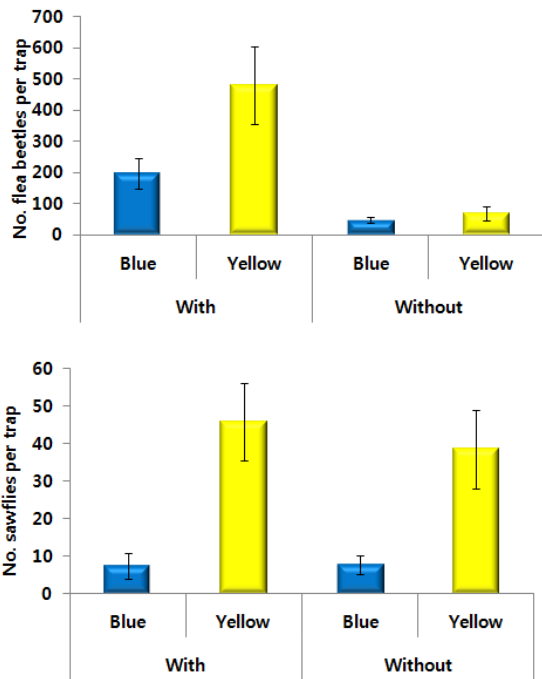


Fig. 1. Comparison of the number of adult *Phyllotreta striolata* (left) and *Athalia rosae ruficornis* (right) caught on yellow and blue sticky traps with or without the aggregation pheromone. Error bars represent \pm SEM.

로몬의 효과가 더 높아진 것으로 판단된다.

무잎벌 성충의 유인에는 벼룩잎벌레 집합페로몬은 관계가 없었으며, 황색점착트랩이 청색점착트랩보다 유인력이 높았다. 현재까지 성충 예찰에는 황색수반을 이용하여 왔으나(Laska and Kocourek, 1991) 본 연구결과 황색점착트랩도 이용할 수 있는 것으로 나타났다.

벼룩잎벌레와 무잎벌 성충의 황색점착트랩에의 유인특성

황색점착트랩에 유인된 벼룩잎벌레와 무잎벌 성충의 트랩 내 높이와 부착된 성충의 방향을 4~6월까지 조사하였는데 시기별 발생특성은 Fig. 2와 같았다. 조사기간동안 트랩당 평균밀도는 벼룩잎벌레 0.6~43.4마리, 무잎벌 12.1~114.7마리로 무잎벌의 밀도가 높았는데, 특히 5월 상순순에 피해가 심했다. 벼룩잎벌레는 성충으로, 무잎벌은 유충으로 월동하는 것으로 알려져 있다. 벼룩잎벌레 월동성충은 겨울동안 간헐적으로 유인되기도 하였으나 본격적으로 밀도가 올라간 시기는 4월 하순이었다. 무잎벌 성충은 제 1세대 성충 발생 시기는 4월 상순이었다. 두 해충의 발생최성기는 각각 6월 상순과 5월 하순이었다.

황색트랩에 유인된 벼룩잎벌레와 무잎벌의 트랩 내 높이별 유인수와 유인된 성충의 부착방향을 조사한 결과는 Fig. 3~4와 같았다. 두 해충의 유인수는 트랩의 밑에서 10 cm 이내에서 가장 많았으며, 높이가 높아질수록 적어지는 경향이 있었다. 트랩에 부착된 방향은 벼룩잎벌레는 대부분 머리가 위쪽 방향이었으나 무잎벌은 아래 방향이 더 많아 두 곤충의 비행행동양식이 다른 것으로 나타났다($P<0.05$). 두 곤충의 트랩 내 높이와 부착방향 간에 교호작용은 거의 없었다($P>0.1$).

벼룩잎벌레는 5월 4일 조사에서 위쪽방향과 수평방향이 유사했던 것을 제외하고 그 외의 기간에는 트랩 상단부에서는 방

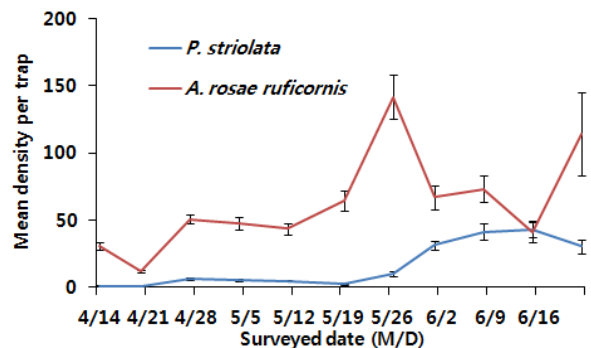


Fig. 2. Seasonal occurrence of *Phyllotreta striolata* and *Athalia rosae ruficornis* using yellow sticky traps in a non-chemical pesticide treated radish field during April to June, 2015. Error bars represent \pm SEM.

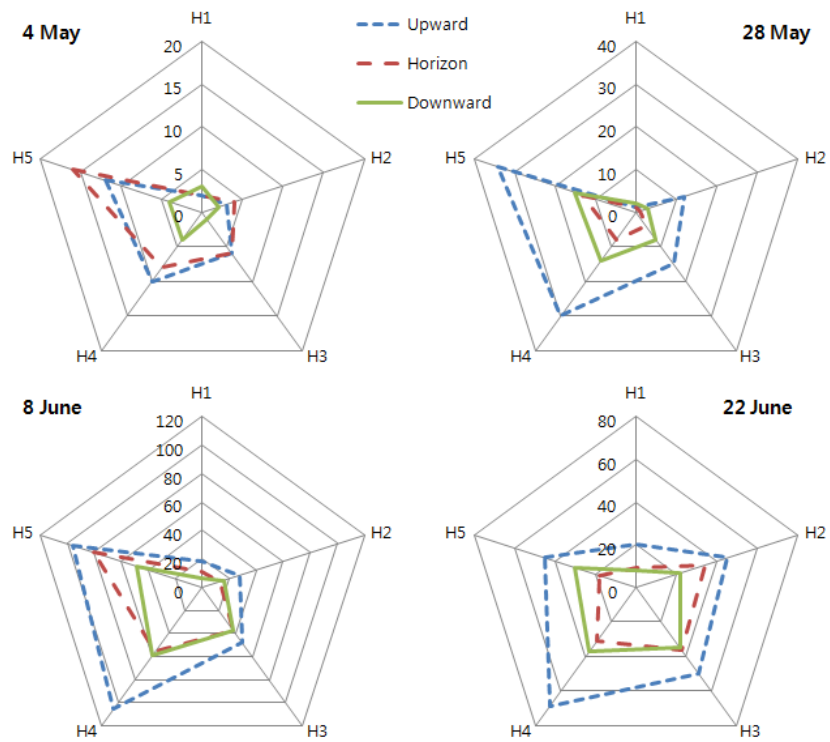


Fig. 3. The pattern of different height and body direction of adult *Phyllostreta striolata* caught on a yellow sticky trap (15 × 25 cm) placed 10 cm above the plant canopy on different surveyed dates. A sticky trap was divided by 5-cm intervals from the bottom (H5 to H1). There were significant differences among heights and directions on each surveyed date by Tukey's HSD test at $P=0.05$.

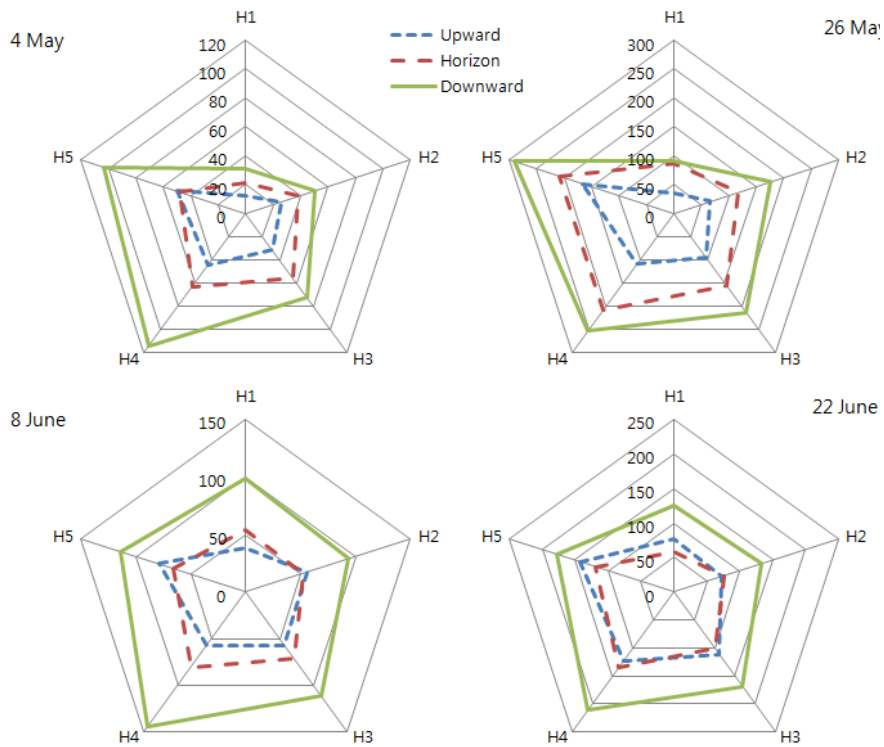


Fig. 4. The pattern of different height and body direction of adult *Athalia rosae ruficornis* caught on a yellow sticky trap (15 × 25 cm) placed 10 cm above the plant canopy on different surveyed dates. A sticky trap was divided by 5-cm intervals from the bottom (H5 to H1). There were significant differences among heights and directions on each surveyed date by Tukey's HSD test at $P=0.05$.

향 간에 차이가 없었으나 트랩 아랫부분에 가까울수록 위쪽 방향의 성충이 많은 경향이 있었다. 이는 성충이 식물체 위에서 서식하다가 이동할 때 위쪽으로 튀어 오르는 습성때문인 것으로 판단된다.

무잎벌은 모든 조사 기간에 걸쳐 트랩의 높이에 관계없이 아래쪽 방향의 성충이 많았으며, 위쪽과 수평방향은 거의 비슷한 양상을 보여주었다. 이는 무잎벌 성충이 트랩보다 더 높게 날아오른 후 기주식물을 향해 내려오는 습성을 갖고 있는 것으로 추정된다. 본 시험에서는 트랩방향을 수직 한 방향에 대해서만 조사하였는데 무잎벌의 비행습성을 보면 수평 또는 사선방향 등 트랩 설치방향에 대해 더 자세한 연구가 필요하다.

연간 발생특성

벼룩잎벌레 성충은 연 3회의 발생성기를 보였다(Fig. 5). 발생성기별 시기는 3월 상순~4월 하순은 월동성충이고, 제 1회 성충은 5월 하순~7월 중순, 제 2회는 7월 하순~8월 하순, 제 3회는 10월 상순~11월 상순으로 이 시기에 발생한 성충이 월동하는 것으로 추정되었다.

겨울철(12~2월) 동안에도 가끔 트랩에 유인되었지만 본격적으로 유인된 시기는 2014년과 2015년 모두 3월 상순부터이었다. 이는 벼룩잎벌레가 월동처에서 분산이 활발하게 일어날 수 있는 비행온도 조건이 만들어졌기 때문이다. 잎벌레의 분산에

관여하는 조건으로는 온도와 바람, 먹이조건, 교미여부 등이다(Oku et al., 2010). 잎벌레의 이동은 온도는 14°C 이상이고 건조할 때 증가한다. 먹이가 부족하면 암수 성충 모두 이동이 증가하며 교미한 암컷의 이동이 교미하지 않은 것보다 더 활발한 것으로 알려져 있다. 이는 본 연구 결과와도 일치하는데 조사포장 중 표선지역은 2015년에 무의 봄재배가 되지 않았음에도 불구하고 봄철에 유인량이 많았다. 이는 전년도에 월동 성충의 밀도가 높았던 것과 함께 먹이부족으로 인해 성충의 이동이 더 활발했던 것으로 생각된다.

제주지역 무에서 벼룩잎벌레 피해는 주로 가을재배(9~10월)에 피해가 많다. 8월 하순부터 무 포장으로 이동해온 성충에 의해 생육초기(떡잎과 본엽 1~4엽)에는 잎에 피해를 받지만 무 뿌리 성장과 비대기인 10~11월에는 유충에 의한 지하부 피해가 크다. 무의 지하부가 피해를 받으면 상품성이 크게 떨어져 판매가 어려운 실정이다(Song, J.H., unpublished observation).

무잎벌은 연간 5회 정도의 발생성기를 보여주고 있었다(Fig. 6). 무잎벌은 전년도 가을에 유충으로 월동한 후 제 1회 성충은 4월 상순~하순에 나타나며, 제 2회 5월 하순~6월 하순, 제 3회 7월 중순~8월 중순, 제 4회 9월 상순~10월 상순, 제 5회는 10월 하순~11월이었다. 무잎벌 유충은 30°C 이상의 고온에서는 사망률이 높으며, 단일조건(일장 12시간 이하)이 되면 휴면으로 들어간다(Uchidoi et al., 1993). 이로 인해 야외에서 무잎벌이 발육할 수 있는 시기는 3월 하순~11월 하순으로 판단되고 있다.

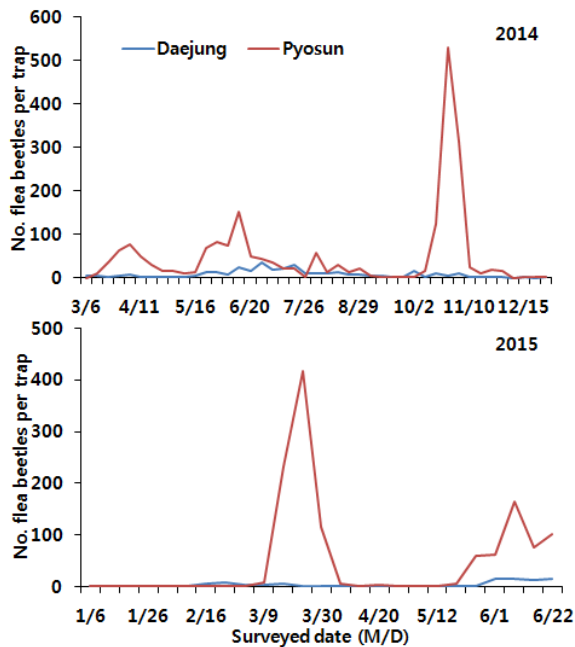


Fig. 5. Seasonal occurrence of adult *Phyllotreta striolata* using yellow sticky traps with aggregation pheromone.

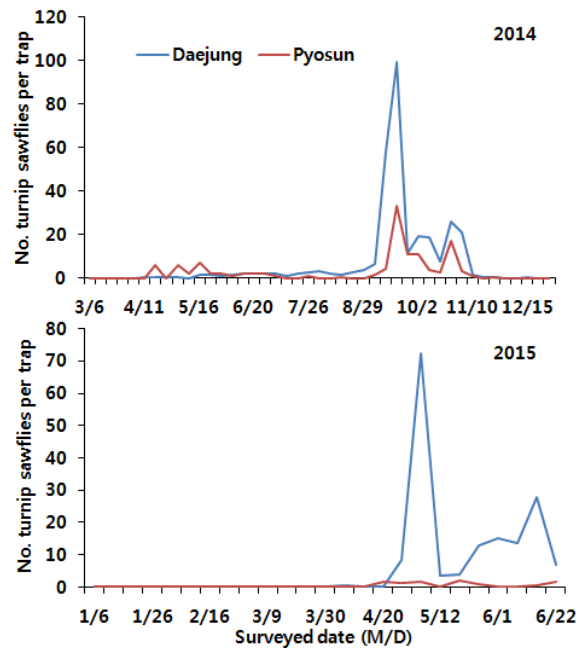


Fig. 6. Seasonal occurrence of adult *Athalia rosae ruficornis* using yellow sticky traps with aggregation pheromone.

무잎벌 유충에 의한 피해가 가장 클 것으로 추정되는 시기는 제주지역에서는 5~6월로 이 시기에 상업적으로 재배되는 배추과 채소가 적어 그 피해는 거의 없다. 여름철에는 고온으로 인해 무잎벌 발생이 적지만 고랭지와 같은 서늘한 지역에서는 무뿐만 아니라 배추에서도 피해가 심하게 나타나고 있다. 이는 25°C 이상의 온도에서 무잎벌 번데기의 발육이 오히려 늦어지기 때문이다(Uchidoi et al., 1993). 또한, 제주지역에서 고온기인 여름이 지나고 온도가 낮아지는 10~11월에 피해가 심해지는 경향과도 일치한다.

제주지역에서 대표적인 무 재배지역 대정과 표선지역에서 2년간(2014년 3월~2015년 6월) 조사한 결과 벼룩잎벌레는 표선지역, 무잎벌은 대정지역이 발생밀도가 높아 지역 간에 차이가 있었다. 표선지역의 경우 일부 조사포장이 2013년 가을재배 무에서 벼룩잎벌레 피해가 심했던 포장이 포함된 것이 발생밀도가 높게 나타난 원인 중 하나로 판단된다.

무잎벌이 가을철에 대정지역에서 발생밀도가 높았던 것은 두 지역 간에 무 파종시기와 봄재배 유무에 의한 것으로 판단된다. 대정지역은 봄재배가 이루어지고 있으며, 가을무 파종이 8월 하순부터 9월 중하순까지 이루어지고 있는 반면에 표선지역은 봄재배가 거의 없으며, 가을무가 주로 9월 중하순에 파종되고 있어 무잎벌의 가을철 밀도가 낮아지는 특징이 있었다.

무에 발생하는 해충 피해를 줄이기 위해서는 발생밀도를 손쉽게 추정할 수 있는 방법이 필요하다. 벼룩잎벌레 성충은 잎을 가해하지만 조사하는 동안 잎을 움직이면 튀어 다른 곳으로 이동하기 때문에 육안조사가 힘들다. 또한 무에서 벼룩잎벌레 피해는 생육초기의 잎 피해뿐만 아니라 유충에 의한 지하부 피해가 더 큰 문제가 되고 있어 방제에 어려움을 겪고 있다. 무잎벌 피해는 봄철에는 5월 상중순부터 유충에 의한 나타나며, 5월 하순부터 6월 중순까지의 피해가 가장 크다. 그렇지만 이 시기에는 제주지역에서 상업적으로 무가 재배되지 않는 시기이기 때문에 크게 문제되지 않고 있다. 가을재배 무에서 파종을 9월 상순 이전에 하는 경우 피해 우려가 높아 주의가 필요하다.

무에서 벼룩잎벌레와 무잎벌 성충의 발생예찰에 본 연구결과를 활용하면 손쉽게 효율적으로 조사할 수 있으며, 트랩 유인수와 피해와의 관계에 대한 연구가 추가된다면 두 해충의 피해를 최소화할 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ00919413)의 지원으로 수행한 결과입니다.

Literature Cited

- Abe, M., 1988. A biosystemic study of the genus *Athalia* Leach of Japan (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Esakia*. 26, 91-131.
- Amano, T., Nishida, R., Kuwahara, Y., 1997. Ajugatakasins A and B, new diterpenoids from *Ajuga decumbens*, and feeding stimulative activity of related neoclerodane analogs toward the turnip sawfly. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61, 1518-1522.
- Beran, F., Mewis, I., Srinivasan, R., Svoboda, J., Vial C., Msimann, H., Boland W., Büttner, C., Ulrichs, C., Hansson, B.S., Reinecke, A., 2011. Male *Phyllotreta striolata* (F.) produce an aggregation pheromone: Identification of male-specific compounds and interaction with host plant volatiles. *J. Chem. Ecol.* 37, 85-97.
- Burgess, L., 1977. Flea beetles (Coleoptera-Chysomelidae) attacking rape crops in the Canadian prairie provinces. *Can. Entomol.* 109, 21-32.
- Feeny, P., Paauwe, K.L., Demong, N.J., 1970. Flea beetles and mustard oils: host plant specificity of *Phyllotreta cruciferae* and *P. striolata* adults (Coleoptera: Chysomelidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 63, 832-841.
- Lamb, R.J., 1989. Entomology of oilseed *Brassica* crops. *Annu. Rev. Entomol.* 34, 211-229.
- Laska, P., Kocourek, F., 1991. Monitoring of flight activity in some crucifer feeding pests by means of yellow water traps. *Acta Entomologica Bohemoslovaca.* 88, 25-32.
- Nagasaka, K., 1991. Crucial factors determining the spatio-temporal distribution patterns of three *Athalia* sawflies on crucifer? *Res. Pop. Ecol.* 34, 383-395.
- Nishida, R., Fukami, H., Miyata, T., Takeda, M., 1989. Clerodendrins: Feeding stimulants for the adult turnip sawfly, *Athalia rosae ruficornis*, from *Clerodendron trichotomum* (Verbenaceae). *Agric. Biol. Chem.* 53, 1641-1645.
- Oku, K., Vermeer, K.M.C.A., Verbaarschot, P., De Jong, P.W., 2010. Effects of starvation and mating status on the activity of the flea beetle, *Phyllotreta nemorum* (Coleoptera: Chysomelidae). *Eur. J. Entomol.* 107, 549-551.
- SAS Institute, 1999. SAS OnlineDoc, version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Shimokawa, K., Kitano, H., 1989. Feeding habit of the turnip sawfly adult *Athalia rosae ruficornis*, *A. lugens infumata* and *A. japonica* (Hymenoptera, Tenthredinidae) on the glandular trichome of *Clerodendron trichotomum* leaves and its biological significance. *Japan. J. Entomol.* 57, 881-888.
- Stobbs, L.W., 1998. Occurrence of turnip yellow mosaic virus on oriental cruciferous vegetables in southern Ontario, Canada. *Plant dis.* 82, 351.
- Uchidoi, T., Naito T., Takeda, M., 1993. Life cycle characteristics of sympatric *Athalia* sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae) sharing food resources. *Appl. Entomol. Zool.* 28, 407-415.