

동반작물 주위재배에 의한 배추 벼룩잎벌레 억제효과*

한은정** · 최재필*** · 김용기*** · 홍성준*** · 박종호*** ·
심창기*** · 김민정*** · 김석철***

Suppressive Effect of Repellent Plant Cultivation against Striped Flea Beetle of Chinese Cabbage

Han, Eun-Jung · Choi, Jae-Pil · Kim, Yong-Ki · Hong, Sung-Jun ·
Park, Jong-Ho · Shim, Chang-Ki · Kim, Min-Jeong · Kim, Seok-Cheol

We evaluated two herbal plants, basil (*Ocimum basilicum*) and lemon balm (*Melissa officinalis*), for their potential as repellent plants in the management of striped flea beetle (*Phyllotreta striolata*), in organic production of chinese cabbage. It was confirmed that striped flea beetle avoided these two herbal plants in olfactometer experiment. We conducted field experiment in which the suppressive effect of the two selected herbal plants and cruciferous crops preferred by striped flea beetle were evaluated through cultivating as inter crops and border crops, respectively. In inter-cropping experiment, unlike *in vitro* test, the density of striped flea beetle was low in basil- or mustard-intercropping cultivation plot, but high in lemon balm-intercropping cultivation plot. In border cropping experiment, the density of striped flea beetle on chinese cabbage in lemon balm or basil cultivation plot were approximately zero. As a result of this study, we think that border cropping of lemon balm or basil can be used to reduce preventively striped flea beetle of chinese cabbage under organic farming system.

Key words : basil, border-cropping, chinese cabbage, lemon barm, striped flea beetle

* 본 연구는 2015년 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ01087904 2015)의 연구비 지원으로 수행되었음.

** Corresponding author, 국립농업과학원 농업환경부 유기농업과(hejs2@korea.kr)

*** 국립농업과학원 농업환경부 유기농업과

I. 서 론

세계적으로 농산물의 안전성과 건강을 중요시하는 소비패턴의 변화와 지속가능한 농업의 필요성 증가로 유기농업의 수요가 최근 급격히 증가하고 있다(FiBL & IFOAM, 2014). 국내에서도 지난 10년간 유기농업 생산면적은 19,312 ha까지 증가하여 2010년에는 전체 농가에 대한 유기재배농가의 비율이 0.9%까지 증가하였다(Kim et al., 2012).

이에 따라 유기농산물을 안정적으로 생산하기 위한 친환경적 농작물 재배기술의 요구가 증가하고 있다. 현재 식물추출물, 해충병원성 미생물, 천적, 해충유살트랩 등의 개발이 꾸준히 이루어지고 있다. 특히 고삼, 제충국, 멸구슬나무 등의 식물추출물은 진딧물(kim et al., 2009), 나방류(Kim et al., 2009; Whang et al., 2009), 가루이류 등에 대하여 높은 살충력을 가지는 것으로 보고되었고 친환경농자재로 많이 활용되고 있다. 또한 식용유와 계란 노른자를 혼합한 난황유가 개발되어(Park et al., 2008) 미소해충 방제에 활용되고 있다.

그러나 유기농업의 생태의 원칙(Luttikholt, 2007)에서 유기농업은 생명이 살아있는 생태 시스템과 순환을 기반으로 해야 하며 생태계를 활용하고 생태계의 원리를 모방하고, 생태계가 유지될 수 있도록 도와야 한다고 강조하고 있다. 하지만 이에 적합한 생태적 해충관리 방법에 대한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

허브식물은 특유의 향기를 가지고 있어 이들 허브식물을 건조하여 향신료, 차, 방향제 등으로 활용하고 있으며 정유 성분을 추출하여 향료로 활용한다. 특히 허브식물의 정유는 모기와 같은 위생해충 뿐만 아니라 농업해충의 기피제 또는 살충제로서의 연구가 진행되고 있다(Nerio et al., 2010). 이처럼 허브식물은 해충의 생태적 방제시스템을 구축하는데 있어서 해충을 밀어내는 인자로 작용하여 농경지 내로의 해충유입 차단이나 해충의 피해 회피의 목적으로 활용 가능하다. 하지만 이러한 허브식물에 대한 해충의 기피활성은 주로 모기와 같은 위생해충에서 연구가 이루어 졌으며, 정유를 활용한 연구가 대부분이다(Nerio et al., 2010).

벼룩잎벌레(*Phyllotreta striolata*)는 잎벌레과에 속한 딱정벌레로서 배추, 무 등 배추과 작물을 가해하는 협식성 해충이다(Lamb, 1984; Hicks & Tahavanainen, 1974). 벼룩잎벌레에 의한 작물의 피해는 어린시기에 심하며, 작물의 생육초기 벼룩잎벌레에 의해 생긴 식흔은 작물이 자라면서 커져 피해를 준다. 시설 배추 재배지에서 벼룩잎벌레의 피해가 크며 이들의 요방제 수준은 관행방제를 기준으로 배추 생육초기에는 10주당 2.1마리, 생육중기에는 10주당 9.6마리로 설정되어 있다(Lee et al., 2014). 벼룩잎벌레의 성충은 뿌리나 얇은 흙속에 산란을 하며 부화한 유충은 뿌리를 가해하여 피해를 입힌다.

벼룩잎벌레에 대한 효과적인 방제기술 연구의 부재와 지하부와 지상부를 오가는 생태적 특성으로 인해, 유기 배추재배 농가에서 벼룩잎벌레에 의한 피해가 증가하고 있어 벼룩잎벌레 방제기술 연구가 시급하다.

본 연구에서는 유기농 배추 재배지에서 주요 해충인 벼룩잎벌레를 관리하기 위한 생태적 관리기술을 개발하기 위하여 실내에서 바질과 레몬밤에 대한 벼룩잎벌레의 기피활성을 평가하고 포장에서 해충 발생억제 효과를 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실내실험

벼룩잎벌레(striped flea beetle, *Phyllotreta striolata*)가 허브식물을 기피하는 행동반응을 조사하기 위하여 실내에서 시험하였다. 대상식물인 레몬밤(Lemon balm, *Melissa officinalis*)과 바질(Basil, *Ocimum basilicum*)은 지름 10 cm 화분에 재식된 화분을 허브재배농가(허브다섯메)에서 구입하였으며, 유기농업온실($25\pm 3^{\circ}\text{C}$)에서 재배하며 초장이 10 cm 되었을 때 사용하였다. 대조구로 벼룩잎벌레의 기주인 배추(품종명: 장미, 회사명: 농우)가 사용되었으며, 72공 플라스틱 트레이에 파종 후 지름 10 cm 화분이 이식하여 온실에서 초장이 10 cm인 식물을 사용하였다. 공시충인 벼룩잎벌레는 충북 음성 소재 배추농가에서 채집하였고, 국립농업과학원 유기농업온실에서 배추를 기주로 사육하면서 실험을 수행하였다.

벼룩잎벌레의 후각에 의한 기주 식물 선택행동을 관찰하기 위하여 Y-tube를 이용한 후각계를 활용하여 평가하였다. 유리 재질의 5000 mL chamber에 각 처리 식물을 배치하고 charcoal filter와 moisture filter를 통해 깨끗해진 공기를 처리식물이 배치된 chamber에 통과시킨 후 30 ml min^{-1} 의 속도로 Y자 튜브의 팔로 불어넣어 주었다. Y자 튜브는 유리 재질로서 내경이 2.6 cm, 줄기관 13 cm, 분기관 13 cm의 형태를 가지고 있었다. 줄기관에 벼룩잎벌레 성충을 한 마리 씩 방사하고 각 팔에 처리 식물을 통과하면서 식물의 휘발성물질을 함유하게 된 공기를 불어넣어 주어, 이로 인한 후각 신호에 따른 벼룩잎벌레의 선택결과를 조사하였다.

처리 당 7마리의 곤충을 실험하였으며, 3반복으로 수행하였다. 실험 조건은 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 $60\pm 10\%$ 로 유지되었으며 암조건에서 적색(20 W, 60 Hz) 등을 조명으로 하여 실험하였다.

2. 포장시험

실내 실험을 통해 배추 주요해충의 기피식물로 선발된 바질과 레몬밤, 유인식물로 알려진 겨자의(*Brassica juncea* (L.)) 품종인 적겨자(Juggyeja, 동부팜한농), 돌산갓(Dolsan, 농우바이오)을 배추 재배 시 간작으로 재배하였을 때 해충 밀도억제효과를 비교하기 위하여 경기도 수원에 위치한 국립농업과학원 농업생물부 시험포장에서 수행되었다. 시험은 봄작기를

대상으로 수행되었으며 배추 품종으로는 춘광(Chungwang, 사카타코리아)을 사용하였다. 배추는 72공 트레이에 파종하여 모종을 준비하였으며, 기피식물로 선발된 바질과 레몬밤은 허브재배농가(허브다섯매)에서 구입하여 준비하였다. 적겨자, 돌산갓은 72공 트레이에 파종하여 모종을 준비하였고, 2013년 4월 12일에 정식하였다. 배추는 2줄 재배하였으며 각 처리 식물이 식재된 이랑과 배추이랑을 교호로 배치하였다. 벼룩잎벌레의 발생은 육안으로 조사되었으며, 배추 단작처리를 무처리로 두어 비교하였다. 벼룩잎벌레의 공간분포 분석을 위하여 전체 시험포장에 대하여 균일한 간격으로 표시된 격자에서 벼룩잎벌레의 밀도가 조사되었으며, 조사된 데이터는 Spatial Analysis by Dispersal Indices (SADIE; Perry et al., 1999)를 이용하여 공간분포를 분석하였으며 Surfer 11을 이용하여 그래프를 작성하였다.

벼룩잎벌레의 기피식물로 선발된 바질과 레몬밤, 벼룩잎벌레의 유인식물로 알려진 겨자류 식물인 적겨자(Juggyeoja), 청겨자(Cheonggyeoja), 얼청갓(Eolcheong)의 배추 주위작으로서의 효과를 검증하기 위하여 경기도 수원에 위치한 농업생물부 시험포장에서 시험이 수행되었다. 시험은 가을작기를 대상으로 수행되었으며, 배추 품종으로는 추월을 사용하였다. 배추는 72공 트레이에 파종하여 모종을 준비하였으며, 기피식물로 선발된 바질과 레몬밤은 허브재배농가에서 구입하여 준비하였다. 적겨자, 청겨자, 얼청갓은 72공 트레이에 파종하여 모종을 준비하였다.

준비된 식물은 2013년 9월 2일에 정식하였다. 배추 이랑 끝 2주와 가장자리 이랑에 처리 식물 모종을 배추 정식 시 함께 정식하여 재배하였으며 처리 당 3반복으로 수행되었다.

발생 해충의 조사는 배추 정식 14일 후부터 일주일 간격으로 5회 조사하였다. 벼룩잎벌레는 잎에 존재하는 성충을 조사하였으며 반복 당 20주의 배추에서 밀도를 조사하였다.

3. 통계분석

기피 및 유인식물 처리에 의한 벼룩잎벌레의 밀도 차이는 SAS 통계패키지의 PROC GLM을 이용하여 일원분산 분석하였으며 처리평균간 비교를 위하여 Turkey's multiple range test를 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

본 연구에서는 바질과 레몬밤에 대하여 벼룩잎벌레의 기피행동을 Y-tube 후각계를 통하여 조사하였다. 기피식물인 레몬밤, 바질과 기주식물인 배추를 아무것도 처리하지 않은 무처리와 비교하였다. 그 결과 배추와 무처리를 비교하였을 때 배추에 강하게 유인되는 것으로 나타났다. 한편 기피식물인 바질과 레몬밤을 각각 무처리와 비교하였을 때 63%와 70%

의 벼룩잎벌레가 무처리를 선택하여 이들 식물을 기피하는 것으로 나타났다(Fig. 1).

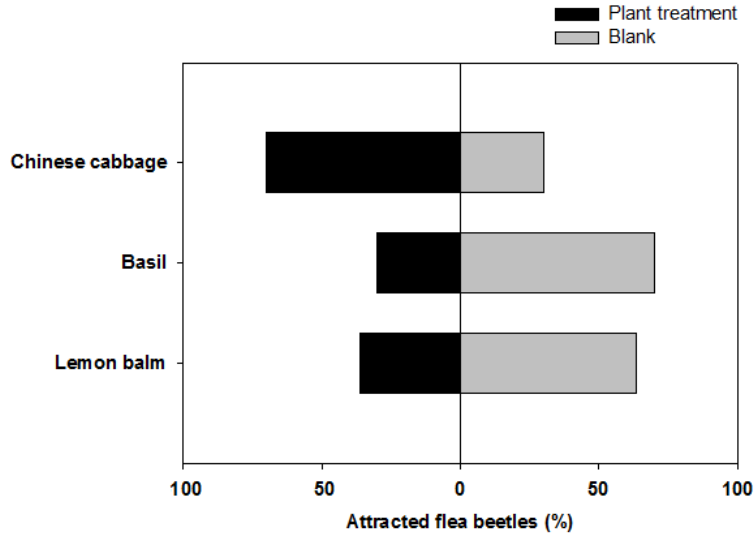


Fig. 1. Evaluation of repellent effect of two herbal plants and chinese cabbage striped flea beetle using Y-tube olfactometer compared with blank treatment.

벼룩잎벌레는 기주식물의 휘발성 물질을 후각으로 감지하여 유인되는 것이 보고되어왔다. 특히 배추과 식물에서 생성되는 2차 대사산물인 glucosinolate 분해물질에 의해 벼룩잎벌레가 유인된다고 Pivnick et al. (1992)이 보고한 바 있으며, 배추에 대한 벼룩잎벌레의 후각을 통한 기주선택 행동특성은 본 연구결과에서도 이들 연구와 유사한 경향을 보였다.

바질은 식재료로 사용될 뿐만 아니라 그 정유는 향료로 사용되어 왔다. 특히 바질의 정유는 진균, 세균 등 유해미생물에 대하여 광범위하게 항균 활성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Suppakul et al., 2003). 또한 바질의 정유는 모기류(Erlar et al., 2006; Prajapati et al., 2005)와 빈대(Del Fabbro & Nazzi, 2008) 등 위생해충에 대하여 기피활성을 가지고 있으며, 동부콩바구미(Pascual & Ballesta, 2003)에 대하여도 기피행동을 보인다고 보고된 바 있다. 이는 바질의 주요 성분인 휘발성 성분인 eugenol과 methyl eugenol이 해충의 기피성분으로 작용한다고 보고되었으며(Ngoh et al., 1998; Obeng-Ofori & Reichmuth, 1997) 이러한 성분에 의해 벼룩잎벌레가 바질을 기피한 것으로 판단된다. 하지만 이들 물질에 대한 벼룩잎벌레 기피활성 평가가 추가적으로 수행되어야 할 것이다. 한편 Momen et al.(2014)은 레몬밤의 정유는 점박이용애를 강하게 기피시켰으며, 산란기피 활성도 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 0.5 µl/L의 레몬밤 정유는 복숭아혹진딧물을 100% 사충시킨다고 보고되어 있어 기피활성뿐 아니라 살충활성도 높은 것으로 알려져 있다(Digilio et al., 2008).

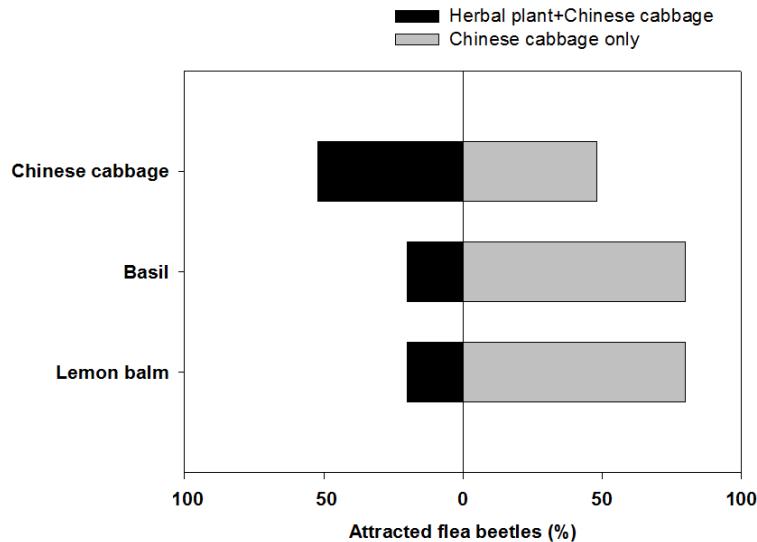


Fig. 2. Evaluation of repellent effect of assemblage (combined treatment) of each two herbal plants and chinese cabbage against striped flea beetle using Y-tube olfactometer compared with chinese cabbage alone.

바질과 레몬밤의 정유를 통한 연구들이 이들 식물 추출물이 해충 기피제 및 살충제로서의 가능성을 보여 주었다면, 본 연구에서는 식물 자체의 포장 활용가능성을 증명한 결과라 할 수 있다.

바질과 레몬밤이 배추와 함께 있을 경우 후각에 의한 벼룩잎벌레의 기주선택 행동을 조사하기 위하여, 후각계의 한쪽에 처리식물과 배추를 함께 배치하고 나머지 한쪽에 배추를 단독으로 처리하여 벼룩잎벌레의 행동을 분석한 결과 바질과 레몬밤을 배추와 함께 배치했을 경우에도 배추 단독 처리를 더 선호하는 행동을 보였다(Fig. 2). 이러한 결과는 기주식물인 배추의 휘발성물질과 바질 또는 레몬밤의 휘발성물질이 혼합되어 있어도 벼룩잎벌레는 구별을 하여 인식할 수 있음을 보여주며, 배추포장에서 바질 또는 레몬밤이 함께 재식되어 있을 때에도 기피식물로서 활용될 수 있음을 보여준다.

배추과 식물 중에서도 겨자류는 벼룩잎벌레의 선호 식물로 알려져 있다(Kim et al., 2015). 겨자류 작물인 적겨자, 얼청갓, 청겨자와 실내실험결과 기피식물로 밝혀진 바질, 레몬밤을 주작물인 배추와 간작 처리한 결과 처리간의 전 작기에 걸쳐 처리간의 유의한 차이를 보였다(Fig. 3). 실내 실험과는 다르게 레몬밤 처리구에서 벼룩잎벌레의 발생밀도가 가장 높았으며 배추 단독처리, 바질, 돌산갓 순이었다. 특히 레몬밤 간작 처리구에서 주당 16마리의 벼룩잎벌레가 조사되어 배추에 많은 피해를 주었다.

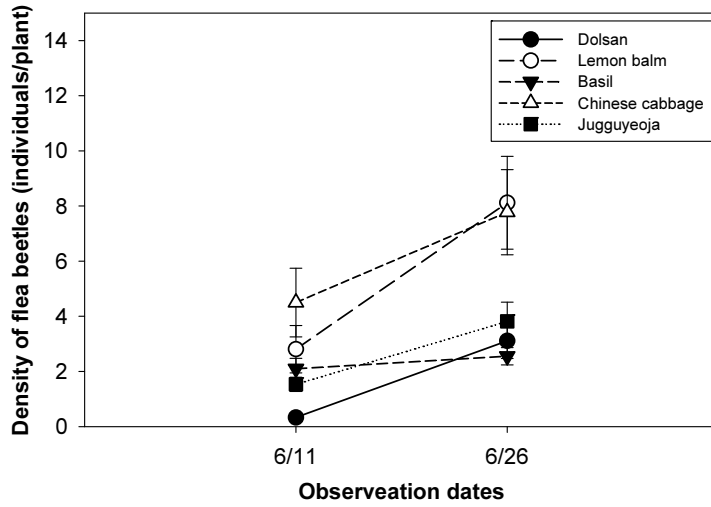


Fig. 3. Field evaluation of inter-cropping effect of two repellent plants and two attractant plants against striped flea beetle in 2013.

또한 시험 포장 내 벼룩잎벌레 분포를 조사한 결과 벼룩잎벌레는 집중 분포하는 경향을 보였으며, 배추 밭의 가장자리에서 침입하여 이랑을 통해 확산되는 패턴을 보였다(Fig. 4). 이는 벼룩잎벌레의 해충억제를 위한 동반식물의 활용을 위해서 간작을 활용한 방법이 한계가 있음을 시사한다.

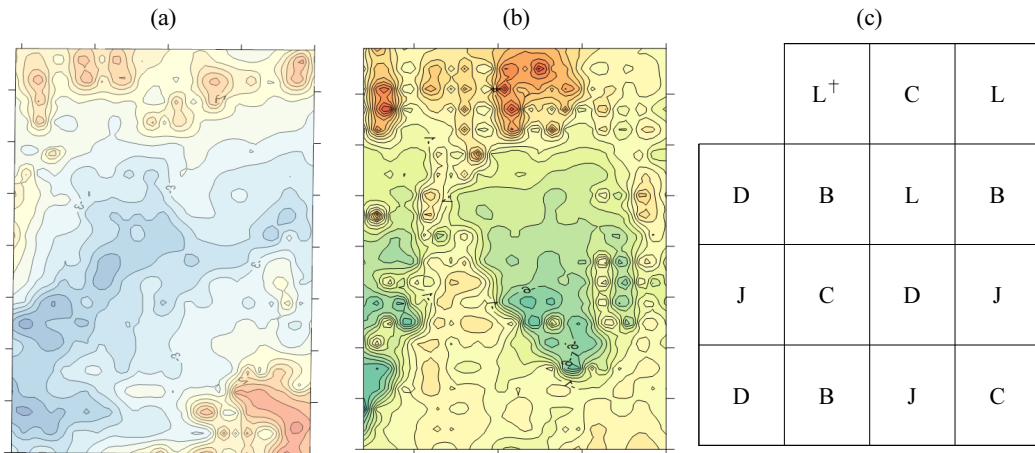


Fig. 4. Distribution analysis of striped flea beetle on experimental field in which four selective plant resources were inter-cropped in 2013 (a and b was observed in May 11 and June 11, respectively; c : plot design, ⁺B: basil; C: Chinese cabbage; D: dolsan; J: juggyeoja; L: lemon balm).

한편 동반작물 주위재배의 벼룩잎벌레 발생 억제효과를 평가하기 위해 처리 식물을 배추밭 가장자리에 재식하고 5회에 걸쳐 배추에 발생한 벼룩잎벌레의 밀도를 조사하였다. 전작기에 걸쳐 벼룩잎벌레의 발생이 주당 1마리 이하로 낮은 경향을 보였다. 하지만 10월 2일에 벼룩잎벌레의 발생이 피크를 보였으며 이 시기부터 처리 간에 벼룩잎벌레 밀도가 유의한 차이를 보였다. 벼룩잎벌레의 밀도가 가장 높았던 10월 2일에는 적겨자, 배추 단독처리, 청겨자, 얼청갓 순으로 높았으며, 특히 기피식물인 레몬밤과 바질 주위재배 처리에서는 벼룩잎벌레가 발생하지 않았다(Fig. 5). 이는 레몬밤과 바질에 대한 벼룩잎벌레의 기피행동이 포장에서도 효과를 나타내는 것으로 생각되며, 이랑을 통해 확산되는 벼룩잎벌레의 분산패턴(Fig. 4)을 기피식물의 주위재배를 통해 차단할 수 있었던 것으로 판단된다.

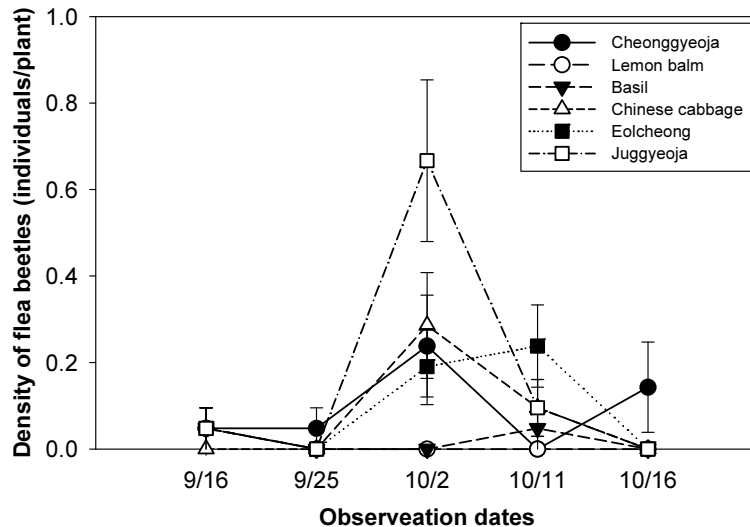


Fig. 5. Field evaluation of inter-cropping effect of two repellent plants and three attractant plants against striped flea beetle in 2013.

동반식물의 주위작을 활용하여 해충방제에 성공한 옥수수의 사례가 보고되어 있으며 Push-Pull strategy라고 알려져 있다(Cook et al., 2007). 이 해충방제 전략은 African stemborer를 방제하기 위하여 이 해충이 산란선호성을 보이지만 유충의 먹이로 적합하지 않은 Napier grass를 유인식물로 선발하고(Khan et al., 2007), 옥수수 농경지 주변에 재식하여 해충기피와 천적 유인 효과를 가진 Desmodium을 간작으로 재배하여 방제효과를 가져온 사례가 있다(Khan et al., 2010). 옥수수의 Push-pull strategy의 경우 대상 해충인 African stemborer의 작물 가해 단계인 유충의 분포는 성충의 산란선호와 행동에 가장 큰 영향을 받기 때문에 산란선호성이 높은 동반식물인 Napier grass를 농경지 주변에 재식함으로써 해충피해를 경감할 수 있었다. 하지만 본 연구에서 대상으로 한 벼룩잎벌레의 경우 주로 피해를 주는

생육단계인 성충이 이동성을 가지고 있고 농경지 주변에서 유입되므로 기피식물의 주위 재배가 벼룩잎벌레 밀도억제에 영향을 준 것으로 생각된다.

농경지 내에서 식물의 종다양성 증가가 해충군 관리에 미치는 영향과 그 기작에 대한 많은 연구가 있다(Andow, 1991; Russell, 1989; Landis et al., 2000). 유기농경지에서 해충을 종합적으로 관리하기 위해서는 해충의 생태에 대한 이해와 작물을 비롯한 다양한 식물종과 해충의 상호작용에 대한 다각적인 분석이 필요하다. 본 연구를 통해 얻은 결과는 그 일부인 해충과 기피식물의 상호작용에 따른 기피행동을 활용한 해충 관리기술이며, 더 많은 측면에서 이해되었을 때 효과적인 해충관리가 이루어 질 수 있을 것이다. 또한 벼룩잎벌레가 기피하는 식물인 바질과 레몬밤의 유효 휘발성 물질과 이들의 농도에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

IV. 적 요

본 연구는 배추에서 벼룩잎벌레의 생태적 관리기술을 개발하고자 실험실과 포장 야외포장에서 수행되었다. 허브 식물인 바질과 레몬밤의 벼룩잎벌레에 대한 기피활성을 실험실 내에서 후각계를 활용하여 측정된 결과, 벼룩잎벌레가 바질과 레몬밤을 기피하는 결과를 얻을 수 있었다. 선발된 기피식물과 유인식물로 알려진 겨자류 작물을 대상으로 포장내에서 간작과 주위작 처리했을 때의 벼룩잎벌레 억제효과를 평가하였다. 식물자원의 간작 재배효과는 시험결과 실내실험과는 달리 레몬밤 간작처리구에서 벼룩잎벌레의 밀도가 높았으며, 바질 간작처리구와 돌산갓 간작처리구에서 벼룩잎벌레의 밀도가 낮았다. 식물자원의 주위작 재배효과 시험결과 적겨자 주위작 처리와 배추 단독처리구에서 벼룩잎벌레의 밀도가 가장 높았으며, 바질과 레몬밤에서는 벼룩잎벌레가 거의 발생하지 않았다. 벼룩잎벌레 기피식물인 바질과 레몬밤 주위재배를 통해 유기농 배추 재배지에서 벼룩잎벌레의 발생을 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

[Submitted, November. 02, 2015; Revised, November. 27, 2015; Accepted, December. 12, 2015]

References

1. Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 561-586.

2. Cook, S. M., Z. R. Khan, and J. A. Pickett. 2006. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 52: 375-400.
3. Del Fabbre, S. and F. Nazzi. Repellent effect of sweet basil compounds on *Ixodes ricinus* ticks. *Exp. Appl. Acrol.* 45: 219-228.
4. Digilio, M. C., E. Mancini, E. Voto, and V. De Feo, 2008. Insecticide activity of Mediterranean essential oils. *J. Plant. Interact.* 3: 17-23.
5. Erler, F., I. Ulugm, and B. Yalcinkaya. 2006. Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. *Fitoterapia.* 77: 491-494.
6. FiBL and IFOAM 2014. The world of organic agriculture: statistics and emerging trends. pp. 34-59.
7. Hicks, K. L. and J. O. Tahvanainen. 1974. Niche differentiation by crucifer-feeding flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Am. Midl. Nat.* 91: 406-423.
8. Khan, Z. R., C. A. Midega, L. J. Wadhams, J. A. Pickett, and A. Mumuni. 2007. Evaluation of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) varieties for use as trap plants for the management of African stemborer (*Busseola fusca*) in push-pull strategy. *Entomol. Exp. App.* 124: 201-211.
9. Khan, Z. R., C. A. Midega, T. J. Bruce, A. M. Hooper, and J. A. Pickett. 2010. Exploiting phytochemicals for developing a 'push-pull' crop protection strategy for cereal farmers in Africa. *J. Exp. Bot.* 61: 4185-4196.
10. Kim, M. J., C. K. Shim, Y. K. Kim, H. J. Jee, J. C. Yoon, J. H. Park, E. J. Han, and S. J. Hong. 2013. Effect of inter- and mixed cropping with attractant and repellent plants on occurrence of major insect pests in organic cultivation of chinese cabbage. *Korean J. Organic. Agri.* 21:685-699.
11. Kim, S. K., J. H. Jin, C. K. Lim, J. H. Hur, and S. Cho. 2009. Evaluation of insecticidal efficacy of plant extracts against major insect pests. *Korean J. Pestic. Sci.* 13: 165-170.
12. Kim, C. G., H. K. Jeong, and D. H. Moon, 2012. Production and consumption status and market prospects for Environment-friendly agri-foods. KREI report.
13. Lamb, R. J. 1984. Effects of flea beetles, *Phyllotreta* spp. (Chrysomelidae: Coleoptera), on the survival, growth, seed yield and quality of canola, rape and yellow mustard. *Can. Entomol.* 116: 269-280.
14. Landis, D. A., S. D. Wratten, and G. M. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Ann. Rev. Entomol.* 45: 175-201.
15. Lee, Y. S., J. Y. Kim, S. S. Hong, and H. H. Park. 2014. Economic injury level of the striped cabbage flea beetle, *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelida), on chinese

- cabbage. Korean J. Appl. Entomol. 53:93-96.
16. Luttkholt, L. W. M. 2007. Principles of organic agriculture as formulated by international federation of organic agriculture movements. J. Life Sci. 54: 374-360.
 17. Momen, F., H. Abdel Rahman, E. Samour, S. Aly, and S. Fahim. 2014. Acaricidal activity of *Melissa officinalis* oil and its formulation on *Tetranychus urticae* and the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Tetranychidae and Phytoseiidae). Acta Phytopathol. Hun. 49: 95-115.
 18. Nerio, L. S., J. Olivero-Verbel, and E. Stashenko. 2010. Repellent activity of essential oils: a review. Bioresource Technol. 101: 372-378.
 19. Ngoh, S. P., L. E. Choo, R. Y. Pang, Y. Huang, M. R. Kini, and S. H. Ho. 1998. Insecticidal and repellent properties of nine volatile constituents of essential oils against the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.). Pestic. Sci. 54: 261-268.
 20. Obeng-Ofori, D. and C. H. Reichmuth. 1997. Bioactivity of eugenole, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. Int. Pest Manage. 43: 89-94.
 21. Park, J. H., K. Y. Ryu, B. M. Lee, and H. J. Jee. 2008. Effect of COY (cooking oil and yolk mixture) on control of *Tetranychus urticae*. Korean J. Appl. Entomol. 47: 249-254.
 22. Pascual-Villalobos, M. J. and M. C. Ballesta-Acosta. 2003. Chemical variation in an *Ocimum basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus maculatus*. Biochem. Syst. Ecol. 31: 673-679.
 23. Perry, J. N., L. Winder, J. M. Holland, and R. D. Alston. 1999. Red-blue plots for detecting clusters in count data. Ecol. Lett. 2: 106-113.
 24. Pivnick, K. A., R. J. Lamb, and D. Reed. 1992. Response of flea beetles, *Phyllotreta* spp., to mustard oils and nitriles in field trapping experiments. J. Chem. Ecol. 18: 863-873.
 25. Prajapati, V., A. K. Rtipathi, K. K. Aggarwal, and S. P. S. Khanuja. 2005. Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. Bioresource Technol. 96: 1749-1757.
 26. Russell, E. P. 1989. Enemies hypothesis: a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. Environ. Entomol. 18: 590-599.
 27. Suppakul, P., J. Miltz, K. Sonneveld, and S. W. Bigger. 2003. Antimicrobial properties of basil and its possible application in food packaging. J. Agric. Food Chem. 51: 3197-3207.
 28. Whang, I. C., J. Kim, H. M. Kim, D. I. Kim, S. G. Kim, S. S. Kim, and C. Jang. 2009. Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and matrine against main pests and natural enemies. Korean J. Appl. Entomol. 48: 87-94.