

유기재배 배 과수원에서 그물망과 정향유 처리가 큰검정풍뎀이 방제에 미치는 영향

서호진 · 최으뜸 · 송장훈*

국립원예특작과학원 배연구소

Effectiveness of Net Traps and Clove Oil in Controlling Large Black Chafers Beetle (*Holotrichia parallela*) in Organic Pear Orchards

Ho-Jin Seo, Eu Ddeum Choi and Janghoon Song*

Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 58216, Korea

ABSTRACT: The purpose of this study was to investigate whether leaf damage in pear orchards caused by large black chafer beetles can be controlled through net traps and clove oil treatment. In June 2017, we measured large black chafer beetle population density and leaf damage rates in two orchards, located in Boseong and Hampyeong, under three treatments: net, net plus clove oil, and control. In order to evaluate the effect of net position on the adult beetles, nets were placed outside the orchard and along the upper and lower parts of a horizontal trellis. The adult beetle population density was 20.4 to 34.7% lower in the net alone treatment, and 21.1 to 38.1% lower in the combined net and clove oil treatment than in the control. The adult beetle population density was 10.9-14.4 times higher outside the orchard and 5.1 to 9.1 times higher in the upper parts of the horizontal trellis than in the lower parts of the horizontal trellis. Leaf damage under both the net only and net plus clove oil treatments was significantly lower than that in the control at both sites. Therefore, intensive net installation around orchards may be a practical organic alternative to prevent leaf damage caused by large black chafer beetles.

Key words: Clove oils, *Holotrichia parallela*, Net, Pear, Physical control

초록: 본 연구는 배 유기재배 과수원에서 그물망과 정향유물을 처리하였을 때 큰검정풍뎀이에 의한 잎 피해를 예방할 수 있는지 확인하고자 수행되었다. 2017년 6월 하순에 보성과 함평의 배 과수원에서 그물망, 그물망 + 정향유, 무처리구 등 3처리구를 두고 큰검정풍뎀이 밀도와 잎 피해율을 조사하였다. 또한 그물망 설치 위치를 달리하여 과수원 외부, 평덕시설의 상부, 평덕시설의 하부에 그물망을 설치하여 포획된 성충 개체수를 계수하였다. 그 결과 그물망 처리구에서 20.4~34.7%, 그물망 + 정향유 혼합처리구에서 21.1~38.1% 수준으로 무처리구보다 낮은 성충수가 포획되었다. 또한 그물망 설치위치에 따른 포획 개체수는 수관하부 설치구 대비 과수원 외곽은 10.9~14.3배, 수관 상부는 5.1~9.1배로 더 많이 포획되었다. 처리구별 잎 피해율을 조사 한 결과 두 지역 모두 무처리구와 비교하여 유의적으로 그물망, 그물망 + 정향유 처리구에서 잎 피해율이 낮았다. 따라서 큰검정풍뎀이에 의한 잎 피해를 예방하기 위해 그물망을 외곽에 처리하는 것이 실용적 대안이라고 판단된다.

검색어: 정향유, 큰검정풍뎀이, 그물망, 배, 물리적 방제

유기농산물을 재배하는 농가는 인체에 무해한 유기농업인 증자재 만을 사용하여 해충을 방제 하고 있는데 살충성 친환경 유기농업 인증자재 만을 사용할 경우 합성농약을 사용하는 관행 농가에 비해 높은 방제효과를 기대하기 어려워 농가의 소득

향상에 어려움을 주고 있다.

큰검정풍뎀이(*Holotrichia parallela*)는 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 등 동아시아에 분포하는 해충으로 많은 원예작물에 피해를 주는 해충이다(Choi et al., 2006; Leal et al., 1993; Ju et al., 2012). 유충은 주로 토양 내에서 구근류의 뿌리와 줄기를 가해하고(Cherry et al., 1990; Geng et al., 2018; Wei et al., 1995), 성충은 작물의 잎에 피해를 주는 주요 해충이다(Song et

*Corresponding author: bird0423@korea.kr

Received March 28 2019; Revised May 28 2019

Accepted May 29 2019

al., 2018). 국내에서 큰검정풍뎅이는 6월 하순부터 8월 중순까지 연 1회 성충이 발생하는데 7월 중순경에 가장 많이 발생하며, 성충은 땅속에 알을 낳는다(Kim and Hyun, 1998). 유충은 3번 탈피한 후 번데기가 되며 주로 토양 속에서 서식하므로 방제가 매우 어렵다(Kim, 1990).

관행재배에서 큰검정풍뎅이 피해를 예방하기 위해 유충시기를 대상으로 살충제를 살포하고 있지만 농약잔류, 환경오염, 살충제 저항성 등의 문제점이 지적되고 있다(Ju et al., 2018). 한편, 유기재배지에서는 페로몬트랩, 유아등, 기피자재 등이 이용되고 있으나 페로몬트랩의 경우 큰검정풍뎅이의 수컷성충만이 반응을 보이고 지속효과가 짧으며, 유아등은 포획효과가 낮다(Ju et al., 2012; Song et al., 2018).

국내 유기재배 배 과원에서 큰검정풍뎅이에 의한 잎 피해는 6월부터 9월 말까지 나타나 엽면적 확보가 어려워 과실 비대 및 꽃눈 분화, 결과지 갱신 등 안정적인 과실을 생산하는 데 문제점으로 지적되고 있다(Song et al., 2018). 또한 살충성 친환경 유기농자재에 의한 살충효과도 낮아 농가에서는 야간에 직접 손으로 포획하는 방식으로 방제를 하고 있는 실정이다.

그물망을 이용한 해충 방제기술은 많은 작물에서 그 효과가 확인되고 있다. 그러나 포획방식이 아닌 농작물로 진입을 하지 못하도록 작물 전체를 에워싸는 연구만이 보고되어 있는 실정이다(Simon et al., 2014). 이러한 방법은 개체군 밀도를 조절하기 어렵고 매년 반복적인 설치가 필요하며, 발작물 위주로 이용되고 있는 반면, 과수작물에서는 관련 연구가 부족한 실정이다(Vincent et al., 2003; Martin et al., 2006).

유기재배지에서 활용 가능한 일부 식물정유는 식물의 2차 대사과정에서 만들어진 향기를 가지고 있는 휘발성 물질로 낮은 독성을 지니고 있어 환경에 대한 유해성이 적고, 인체에 안전하기 때문에 합성농약의 대체물질로 많이 활용되고 있다(Scott et al., 2003; Regnault-Roger et al., 2012). 그 중 정향유는 다양한 해충에 대하여 살충 및 기피 효과를 보이고 있다(Mann et al., 2010; Tian et al., 2015).

따라서 배 유기재배지에서 큰 피해를 주고 있는 큰검정풍뎅이를 대상으로 그물망을 설치하고 정향유를 경엽살포하여 성충의 포획 효과 및 잎 피해에 대한 예방 수준을 확인하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

그물망과 식물추출물 처리에 따른 효과 검증

큰검정풍뎅이(*Holotrichia parallela*)가 매년 다발생하여 피

해가 심각한 유기재배 배 과수원 2개소(전라남도 함평 및 보성)에서 2017년 6월부터 9월까지 실험이 수행되었다. 두 과수원 모두 주 품종은 신고(*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Niitaka), 였으며 6.0 × 3.0 m로 재식되고, 평균 수고가 2.5 m였다. 수령은 보성 농가가 18년이었으며 함평 농가는 15년이였다. 실험처리는 두 곳의 과수원에 그물망, 그물망+ 식물추출물 처리구, 무처리구 등 3수준으로 하였다. 시험구 선정은 각각의 과수원내에서 수세가 비슷한 배나무 20주를 선정 후 330 m² 넓이로 사방을 그물망으로 다 막는 방법으로 처리하였다. 그물망의 높이는 덕시설을 기준으로 3.8 m 높이까지 그물망을 설치하였다. 또한 기피 효과를 구명하기 위한 식물추출물 처리는 정향유(공시-2-6-009; 유효성분 10%)를 500배로 희석하여 성충 발생 최성기를 기준으로 2주 간격으로 4회(2017/07/14, 07/28, 8/11, 8/24) 경엽살포를 하였다. 처리에 따른 성충 밀도변화를 확인하고자 각 처리구 내 수관 상부에 그물망을 길이 10 m, 높이 3.8 m 크기로 3반복으로 설치하여 처리기간 중 총포획수를 조사하였다. 또한 그물망에 포획된 풍뎅이를 수거하여 외부 형태적 특성을 조사하였다.

그물망 설치 위치에 따른 포획 능력 검증

과수원 내 그물망 처리 위치에 따른 포획효과를 검증하기 위해 과수원 외곽, 덕시설 상부, 덕시설 하부에 각각 그물망(10 × 3.8 m) 3개를 설치한 후 포획된 개체수를 조사하였다(Fig. 1). 과수원 외곽과 덕시설 상부에 그물망을 설치 시에는 6 m 길이의 파이프를 10 m 간격으로 지주대를 설치한 후 덕 시설(지상 1.8 m) 위쪽으로 그물망을 설치하였고, 하부에 설치할 경우에는 지주대 없이 기존 덕 시설에 그물망을 고정하였다. 그물망은 어구 전문판매점에서 극세사 제품(높이 3.8 m, 길이 70 m, 눈 크기 1.3 × 1.3 cm)을 구입하여 사용하였다.

잎 피해를 조사

잎 피해율을 조사하고자 처리구별로 큰검정풍뎅이 발생이 전인 5월 하순경에 1년생 가지를 150개를 선정하였고, 과실 수확 후 각 신초의 상위 15엽까지 피해수준을 조사하였다. 잎 피해율은 성충의 섭식 정도에 따라 정상 잎은 '0', 잎 면적의 20% 미만은 '1', 40% 미만은 '2', 60% 미만은 '3', 80% 미만은 '4', 80% 이상은 '5'로 구분하여 조사하였다(Fig. 2). 잎 피해율은 육안으로 관찰하여 피해율을 백분율로 환산하였다.



Fig. 1. Picture of the outer side of a pear orchard (A) and trellis training system—upper (B) and lower (C) position, installed in different treatments.

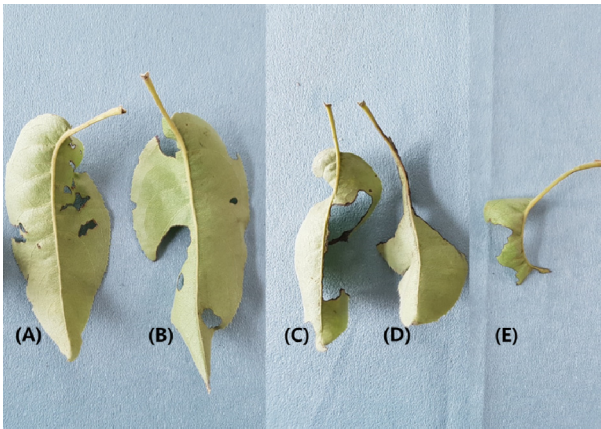


Fig. 2. Damage severity levels in pear leaves (*Pyrus pyrifolia* Nakai) according to the leaf's damage area: (A) level 1, 1-20%; (B) level 2, 21-40%; (C) level 3, 41-60%; (D) level 4, 61-80%; and (E) level 5, >81% of the leaf's sectional area.

통계처리

처리구간 평균간 유의 차 검증을 위한 통계분석은 SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 Duncan's multiple range test (DMRT, $P < 0.05$)를 실시하여 처리구간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

그물망 설치와 정향유 엽면살포에 따른 효과 검정

큰검정풍뎅이는 6월에 우화하여 과수류에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어(Lee et al., 2002; Song et al., 2018) 5월말 이전까지 과원에 그물망을 설치한 후 조사한 결과, 평균 몸길이는 17~21 mm으로 등껍질은 광택을 보이지 않는 검은색 또는 암갈색을 보였으며 다리가 갈퀴모양으로 되어있어 그물망에 다리가 걸리면 빠져나가기 힘들어 하는 모습을 보였다(Fig. 3).



Fig. 3. Large black chafer beetle (*Holotrichia parallela*) caught by nets.

작물에 그물망 처리는 작물과 해충간에 물리적 장벽을 만들어 비래 해충에 의한 작물의 피해를 감소시킬 수 있으며, 농약의 사용량을 절감할 수 있는 장점을 가지고 있다고 알려져 있다 (Licciardi et al., 2008; Vincent et al., 2003; Weintraub and Berlinger, 2004).

두 곳의 배 유기재배과원에서 큰검정풍뎅이 발생시기인 7월부터 8월까지 처리구에 따른 누적 포획개체수를 조사한 결과 함평지역에서의 그물망 단독 처리구에서 83.3마리, 그물망 + 정향유의 혼합 처리구에서 50.7마리, 무처리구에서 240마리가 포획되었다. 보성지역에서의 그물망 단독 처리구에서 20마리, 그물망 + 정향유 혼합 처리구에서 37.3마리, 무처리구에서는 98마리가 포획되었다. 두 지역 모두 무처리구보다 실험처리구에서 유의적으로 더 적은 개체수가 포획된 것을 확인 할 수 있었다. 이 중 그물망 + 정향유 혼합처리구에서 그물망 단독처리구보다 더 많은 큰검정풍뎅이가 포획되었지만 두 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Fig. 4). 이는 높은 가격의 유기살충제를 작물에 살포하지 않고 그물망 단독처리만으로도 큰검정풍뎅이 방제에 효과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

그물망의 크기는 방제하고자 하는 대상 해충의 이동을 억제 하는데 중요하다. 그러나 그물 눈의 크기로 인해 공기의 이동, 온도, 상대습도 등에 영향을 미친다(Klose and Tantau 2004; Simon et al., 2014). 이와 같은 미세 기후변화는 작물의 생육과 해충발생에 영향을 줄 수 있다는 보고도 있다(Tanny et al., 2003). 그러나 본 실험에서 설치한 그물은 투명한 경심(monofilament) 재질로써 주간에는 차광수준이 거의 미미하고 기류흐름, 온도, 상대습도 등 외기조건과 차이가 없는 것으로 나타났다(자료미제시). 위 결과로 보아 본 실험에 사용한 경심 재질 그물망으로 인한 작물생육과 해충발생에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.

배 과수원에서 그물망 설치 위치에 따른 효과 검증

두 곳의 배 유기재배 농가를 대상으로 과원 내 그물망 설치 위치를 다양하게 처리하여 큰검정풍뎠이의 포획 효과를 조사한 결과, 함평지역에서는 과수원 외곽에 그물망을 설치하였을 때 721마리, 과원 내 덕시실 상부 339마리, 과원 내 덕시실 하부 66마리 등 총 1,126마리가 포획되었다. 보성지역에서는 과수원 외곽에 그물망 처리 시 286마리, 과원 내 덕시실 상부 182마리, 과원 내 덕시실 하부 20마리 등 총 488마리가 포획되었다(Fig. 5). 기존에 동일한 과원을 대상으로 보고한 페르몬트랩과 유아 등에 의한 포획 개체수 보다 그물망 처리에 의한 성충 포획 개체수가 더 많은 것으로 나타났다. 유아등과 더불어 그물망 처리

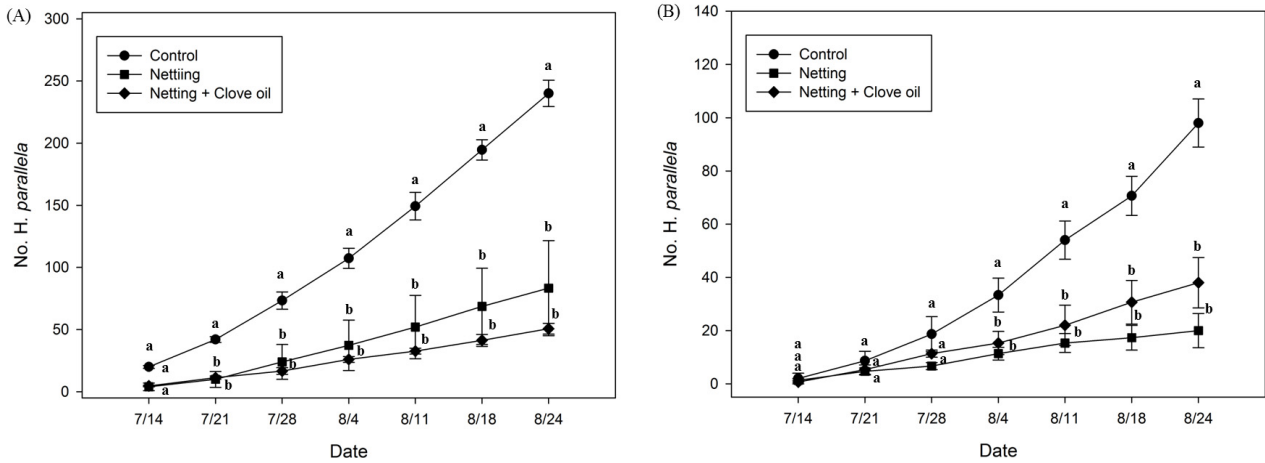


Fig. 4. Seasonal fluctuation in adult *Holotrichia parallela* numbers captured in nets and using clove oil in Hampyeong (A) and Boseong (B). Vertical bars indicate \pm standard errors ($n = 3$). Different lowercase letters above each bar indicate significantly different means, as determined by Duncan's multiple range tests.

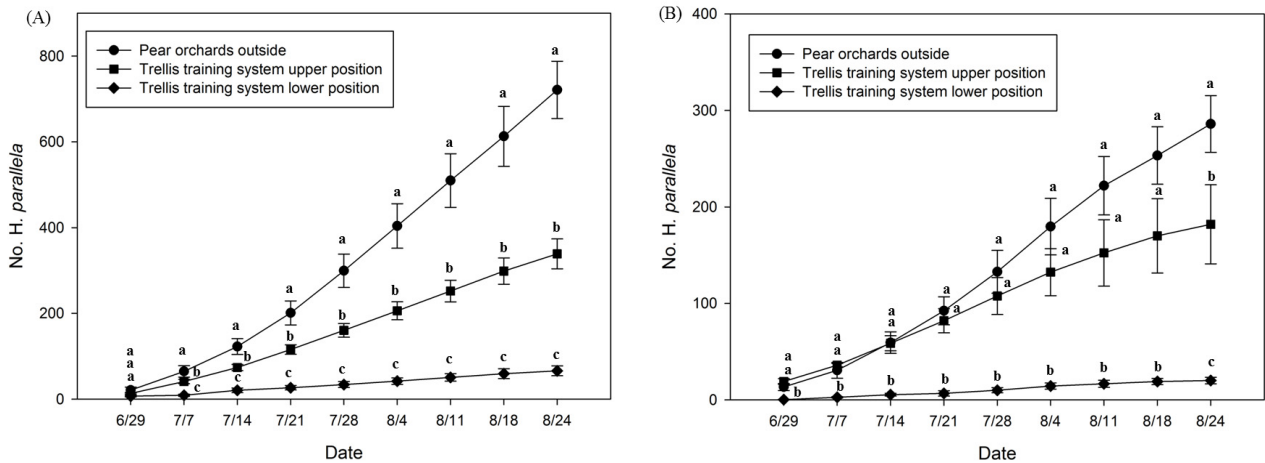


Fig. 5. Seasonal fluctuation in adult *Holotrichia parallela* numbers captured according to net trap treatment positions in Hampyeong (A) and Boseong (B). Vertical bars indicate \pm standard errors ($n = 3$). Different lowercase letters above each bar indicate significantly different means, as determined by Duncan's multiple range tests.

는 성충 발생 예찰과 직접 구제하는 방제방법으로써 실용적 대안이 될 것이라 판단되었다(Lee et al., 2002; Song et al., 2018).

두 과원 모두 그물망을 과수원 외곽에 설치하였을 때 다른 처리방법보다 포획개체수가 유의적으로 더 많은 것을 확인하였다. 이는 큰검정풍뎅이가 배 과수원 내부의 토양에 서식하며 우화한 개체수 보다 과수원 밖에서 비래하여 오는 개체수가 더 많기 때문으로 판단된다. 실제 실험기간 동안 두 지역 모두 과수원 내부 토양에서 유충존재 여부를 확인하기 위해 깊이 15 cm, 가로 세로 각각 1 m 넓이로 5월에 시험포장 5개소씩 육안 확인을 하였으나 관찰되지 않았다. Kim et al. (1991)에 의하면 큰검정풍뎅이는 야간에 지상활동 이외에는 목초지, 인삼, 고구마 등의 재배 단지 내 지하부에 서식하면서 산란한다고 하였다. 본 연구의 실험처리가 이뤄진 과수원은 바로 인접한 곳에 산야지(보성), 목초지(함평), 고구마 재배지(함평)가 있어 이곳에서 유충들이 우화하여 배 과수원으로 비행하여 잎을 가해한 것으로 판단되었다. 이는 과수원 주변의 식생의 영향으로 풍뎅이류가 특정 과수원에서 더 많이 포획되었다는 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Lee et al., 2002). 따라서 그물망을 설치할 때는 주변 식생들을 관찰 후 야간에 큰검정풍뎅이가 과원으로 비래하는 방향에 맞추어 설치하는 것이 보다 효과적일 것으로 판단된다.

그물망 처리에 따라 큰검정풍뎅이 이외에도 과실에 피해를 주는 유해 조류, 나방류 등이 포획되는 것도 관찰하였다. 처음 그물망을 설치하고서 약 10일간 직박구리, 참새, 멧비둘기 등의 유해조류가 포획이 되었으나 시간이 지남에 따라 포획 개체수가 감소함과 동시에 과수원 주변에서 유해조류의 관찰이 줄어들었다. 이는 새들이 그물망을 인식하여 과수원을 기피하여

비행하기 때문이라고 판단하였다. 그러나 설치 초기에 유해조류 이외에도 일부 유용천적류인 붉은머리오목눈이, 후투티 등 조류가 포획되므로 향후 실용성과 생물자원보전 측면에서 정밀한 적용연구가 필요하다.

그물망과 정향유 처리에 따른 잎 피해율 조사

Martin et al. (2006)은 폴리에스터 재질의 그물망(눈 크기 1.6 mm)을 이용하여 야간에는 작물을 덮어주고 낮에는 제거하여 주면 양배추(*Brassica lulerasa* var. *capitata*) 재배 시 해충방제에 효과적이나 매일 두 번씩 그물망을 관리하는 번거로움 때문에 농민들이 사용을 원하지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서 사용한 그물망은 한 번만 설치를 하면 1~2년까지 사용할 수 있는 장점을 가지고 있어 보다 효과적이라고 판단된다.

두 지역의 배나무 유기재배 농가에서 큰검정풍뎅이에 의한 잎 피해를 방지하기 위해 그물망 단독처리, 그물망 + 정향유 혼합 처리 후 처리구간 피해율을 조사한 결과 두 처리구 모두 무처리구 보다 유의적으로 낮은 피해율을 보였다(Fig. 6). 함평은 무처리구에서 20% 정도의 피해를 보여 처리구에 비해 2배 이상의 잎피해율을 보였으며, 보성 지역에서는 처리구에 비해 3배 이상의 피해율을 보였다. 함평농가에서는 그물망 단독처리구와 그물망 + 정향유 혼합처리구간 잎피해율에 유의적이 차이가 나타나지 않았으나, 보성농가에서는 단독처리구와 혼합처리구에서 수준에서 차이가 나타나 지역간 차이를 나타내었다. 그러나 정향유 가격 등 노동비용을 감안했을 때 그물망 단독 처리만으로도 충분한 방제효과를 거둘 수 있다고 판단되었다.

본 연구결과 그물망 설치시기는 큰검정풍뎅이 발생 시기 전

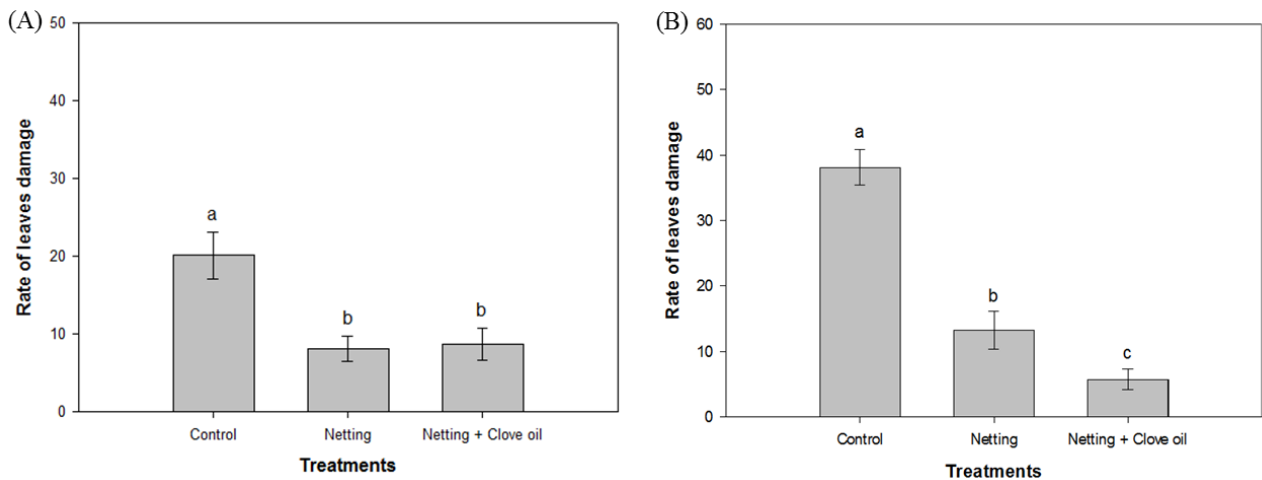


Fig. 6. Leaf damage (rate of damage) observed under different treatments in two organic pear orchards. (A) Hampyeong, (B) Boseong. Different lowercase letters above each bar indicate significantly different means as determined by Duncan's multiple range tests.

인 5월 중에 설치하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 또한 그물망 트랩을 나무보다 높게 기존 덕 시설을 이용하여 과수원 외곽에 모두에 설치하는 것이 효과적이나 야간에 풍뎡이가 비래하여 오는 방향을 확인하여 그물망을 부분적으로 설치하면 실용적일 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립원예특작과원 배연구소의 지원(PJ014484)에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Cherry, R.H., Coale, F.J., Porter, P.S., 1990. Oviposition and survivorship of sugarcane grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) at different soil moistures. *J. Econ. Entomol.* 83, 1355-1359.
- Choi, M.Y., Paik, C.H., Seo, H.Y., Lee, G.H., Kim, J.D., Riotberg, B.D., Gries, G., 2006. Attractiveness of sex pheromone of the large black chafer, *Holotrichia parallela* (Motschulsky) (Coleoptera: Scarabaeidae), in potato field. *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 169-172.
- Geng, L.L., Shao, G.X., Raymond, B., Wang, M.L., Sun, X.X., Shu, C.L., Zhang, J., 2018. Subterranean infestation by *Holotrichia parallela* larvae is associated with changes in the peanut (*Arachis hypogaea* L.) rhizosphere microbiome. *Microbiol. Res.* 211, 13-20.
- Ju, Q., Li, X., Guo, X.Q., Du, L., Shi, C.R., Qu, M.J., 2018. Two odorant-binding proteins of the dark black chafer (*Holotrichia parallela*) display preferential binding to biologically active host plant volatiles. *Front. Physiol.* 9, 769.
- Ju, Q., Qu, M.J., Wang, Y., Jiang, X.J., Li, X., Dong, S.L., Han, Z.J., 2012. Molecular and biochemical characterization of two odorant-binding proteins from dark black chafer, *Holotrichia parallela*. *Genome* 55, 537-546.
- Kim, K.W., 1990. Flight activities of larger black chafer (*Holotrichia morose* Waterhouse) and Korean black chafer (*H. diomphalia* BaTes). *Korean J. Appl. Entomol.* 29, 222-229.
- Kim, K.W., Hyun, J.S., 1998. Seasonal changes in vertical distribution of larger black chafer (*Holotrichia morose* Waterhouse) and Korean black chafer (*H. diomphalia* Bates) in soil. *Korean J. Appl. Entomol.* 27, 194-199.
- Kim, K.W., Son, J.S., 1991. Oviposition activities of larger black chafer (*Holotrichia morosa* Waterhouse) and Korean black chafer (*H. diomphalia* Bates). *Korean J. Appl. Entomol.* 30, 265-270.
- Klose, F., Tantau, H.J., 2004. Test of insect screens measurement and evaluation of the air permeability and light transmission. *Eur. J. Hortic. Sci.* 69, 235-243.
- Leal, W.S., Sawada, M., Matsuyama, S., Kuwahara, Y., Hasegawa, M., 1993. Unusual periodicity of sex pheromone production in the large black chafer *Holotrichia parallela*. *J. Chem. Ecol.* 19, 1381-1391.
- Lee, D.W., Lee, K.C., Park, C.G., Choo, H.Y., Kim, Y.S., 2002. Scarabs (Coleoptera: Scarabaeidae) in sweet persimmon orchard and effect on sweet persimmon. *Korean J. Appl. Entomol.* 41, 183-189.
- Licciardi, S., Assogba Komlan, F., Sidick, I., Chandre, F., Hougard, J.M., Martin, T., 2008. A temporary tunnel screen as an ecofriendly method for small-scale farmers to protect cabbage crops in Benin. *Int. J. Trop Insect Sci.* 27, 152-158.
- Mann, R.S., Tiwari, S., Smoot, J.M., Rouseff, R.L., Stelinski, L.L., 2010. Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *J. Appl. Entomol.* 136, 87-96.
- Martin, T., Assogba Komlan, F., Houndete, T., Hougard, J.M., Chandre, F., 2006. Efficacy of mosquito netting for sustainable small holders' cabbage production in Africa. *J. Econ. Entomol.* 99, 450-454.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnasson, J.T., 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Ann. Rev. Entomol.* 57, 405-424.
- Scott, I.M., Jensen, H., Scott, J.G., Isman, M.B., Arnason, J.T., Philogène, B.J., 2003. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado Potato Beetle *leptinotarsa decemlineata* say (Coleoptera: Chrysomelidae), *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 54, 212-225.
- Simon, S., Assogba Komlan, F., Adjatto, L., Mensah, A., Coffic, H.K., Ngouajiod, M., Martina, T., 2014. Efficacy of insect nets for cabbage production and pest management depending on the net removal frequency and microclimate. *Int. J. Pest Manage.* 60, 208-216.
- Song, J.H., Alim, M.A., Choi, E.D., Seo, H.J., 2018. Effect of sex pheromone trap and bio-insecticides against large black chafer (*Holotrichia parallela*) in organic pear orchards. *Korean J. Org. Agric.* 26, 245-257.
- Tanny, J., Cohen, S., Teitel, M., 2003. Screenhouse microclimate and ventilation: an experimental study. *Biosyst. Eng.* 84, 331-341.
- Tian, B.L., Liu, Q.Z., Liu, Z.L., Li, P., Wang, J.W., 2015. Insecticidal potential of clove essential oil and its constituents on *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) in laboratory and field. *J. Econ. Entomol.* 108, 957-961.
- Vincent, C., Hallman, G., Panneton, B., Fleurat-Lessard, F., 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. *Annu. Rev. Entomol.* 48, 261-281.
- Wei, X.T., Xu, X.D., Deloach, C.J., 1995. Biological control of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) by larvae of *promachus yesonicus* (Diptera: Asilidae) in China. *Biol. Control* 5, 290-296.
- Weintraub, P.G., Berlinger, M.J., 2004. Physical control in greenhouses and field crops, in: Horowitz, A.R., Ishaaya, I. (Eds.), *Insect pest management*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 301-318.