

# 호두나무 포장 내 절지동물의 다양성

정종국 · 이호석<sup>1</sup> · 이승규 · 고상현\*

국립산림과학원 산림병해충연구과, <sup>1</sup>서울대학교 농업생명과학연구원

## Arthropod Diversity in Walnut Orchards

Jong-Kook Jung, Hyoseok Lee<sup>1</sup>, Seung Kyu Lee and Sanghyun Koh\*

Division of Insect Pests and Disease, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Republic of Korea

<sup>1</sup>Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

**ABSTRACT:** This study was conducted to investigate the community structure of arthropods, including various insect pests and their natural enemies, in walnut orchards. Furthermore, we tried to compare the species richness and community structure of arthropods by three different sampling methods, including beating, funnel trap, and pitfall trap. Arthropods were surveyed in three walnut orchards located at Gimcheon, Buyeo, and Hwaseong in South Korea from May to September, 2016. A total of 408 arthropod species were identified from 4,372 individuals, and 63 species were collected in all study sites. The species richness was the highest in funnel trap, while the abundance was the highest in pitfall trap. The species composition of the insects collected by the beating method was more similar to that of the funnel trap than the pitfall trap. Although the distributions of the economically important pests were different according to the study sites, six species, including *Dichrocrocis punctiferalis*, *Pseudaulacaspis pentagona*, *Gastrolina depressa*, *Lycorma delicatula*, *Metcalfa pruinosa*, and *Pochazia shantungensis*, are the potentially important pests in walnut orchards. We also found a variety of predators and parasitoids, which will be important for walnut pest management.

**Key words:** Beating, Funnel trap, Pitfall trap, Functional guild, Community structure

**초 록:** 본 연구에서는 국내 호두나무 재배지에 대한 절지동물의 군집 구조를 파악하고, 주요 해충과 천적의 종류 조사를 위해 수행하였다. 또한 조사방법(털어잡기, 깔때기트랩 및 함정트랩)에 따른 다양성 및 군집구조를 비교하였다. 이를 위해 김천시, 부여군 및 화성시에서 호두나무 재배 농가 1곳씩을 선정하였고, 2016년 5월부터 9월까지 조사하였다. 조사 결과, 총 408종 4,372개체의 절지동물이 채집되었고, 이중 전체 조사지역에서 채집된 종은 63종이었다. 깔때기트랩에서 가장 다양하게 절지동물이 채집되었으며, 함정트랩에서 가장 많은 절지동물이 채집되었다. 또한 깔때기트랩과 털어잡기에 의해 채집된 종 구성은 서로 유사한 특징을 보였다. 본 연구를 통해 지역별로 주요 해충의 발생양상이 다르게 나타났는데, 특히 북송아명나방, 뽕나무까지벌레, 호두나무잎벌레, 꽃매미, 미국선녀벌레 및 갈색날개매미충이 잠재적으로 중요한 해충이 될 것이라 생각된다. 이외에도 다수의 포식성 및 기생성 절지동물들이 확인되었고, 이들에 대한 정보들은 향후 호두나무 포장의 관리에 있어 중요한 기초 자료가 될 것이다.

**검색어:** 털어잡기, 깔때기트랩, 함정트랩, 기능군, 군집구조

호두나무는 국내에서 생산되는 수실류(견과류와 과일류) 중 2015년 기준 1,122.98톤이 생산되었고(전년 대비 32.14톤 증가), 총 190억 원 규모의 농가 소득을 올려 복분자, 뽕은감, 밤 등과 함께 임업농가의 주요 소득원 중 하나이다(Statistical Year Book of Forestry, 2016). 또한 호두나무의 노동생산성은

시간당 22,030원으로 수실류 중 가장 높고, 토지생산성은 ha당 14,050,000원으로 대추 다음으로 높아서 경제성이 높은 것으로 알려져 있다(Korea Forestry Promotion Institute, <http://www.kofpi.or.kr>). 호두나무는 국내의 중부이남 지역에서 주로 재배되고 있는데, 지역별로는 경북에서 전국 호두 생산량의 50.3%를 차지하고 있어 주요 생산지역으로 알려져 있고, 다음으로 충북(21.2%), 충남(12.9%), 전북(10.1%) 등의 순으로 재배되고 있다(Statistical Year Book of Forestry, 2016).

\*Corresponding author: [shkoh@korea.kr](mailto:shkoh@korea.kr)

Received December 7 2016; Revised March 20 2017

Accepted April 7 2017

기존에 알려진 호두나무 해충은 총 12종으로 국립산림과학원에서 발간한 특용수 해충도감(KFRI, 2007)과 상록활엽조경수 해충도감(KFRI, 2011)에서는 매미나방(*Lymantria dispar*), 미국 흰불나방(*Hyphantria cunea*), 박쥐나방(*Endoclyta excrescens*), 벼슬집명나방(*Locastra muscosalis*), 복숭아명나방(*Dichocrocis punctiferalis*), 어스랭이나방(*Diptyoploca japonica*), 차주머니나방(*Eumeta minuscula*), 오리나무좀(*Xylosandrus germanus*), 주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus*), 호두나무잎벌레(*Gastrolina depressa*), 뽕나무까지벌레(*Pseudaulacaspis pentagona*), 대벌레(*Baculum elongatum*)에 대한 생태 및 방제 정보가 기록되어 있다.

이중에서도 벼슬집명나방(Park et al., 1993), 주둥무늬차색풍뎅이(Lee et al., 1997) 및 호두나무잎벌레(Chang and Park, 2011)에 대해서만 생태나 기주 정보가 조사되어 있다. 최근에는 침입해충인 갈색날개매미충(*Pochazia shantungensis*)이 호두나무 및 가래나무를 가해한다는 보고도 있다(Kim et al., 2015).

그러나 호두나무를 가해하거나 가해할 가능성이 있는 해충에 대한 연구는 여전히 부족하며, 농업생태계에서 중요한 역할을 담당하고 있는 천적과 관련해서도 포식성 천적인 풀잠자리, 무당벌레류, 사마귀류, 딱정벌레류 등을 보호해야 한다고만 기술되어 있어(KFRI, 2007, 2011) 전반적인 호두나무 포장 내 절지동물상에 대한 기초 자료는 부족한 실정이다. 추가적으로 이들에 대한 조사방법 조차 확립되어 있지 않은 문제도 있다. 일반적으로 서식환경, 행동 및 활동시기 등이 분류군에 따라 크게 달라지기 때문에(Jeong et al., 2005), 조사대상 분류군에 적합한 조사방법의 선정은 매우 중요한 문제이다.

따라서 본 연구에서는 국내 호두나무 재배지에 대한 절지동물의 군집 구조를 파악하고, 주요 해충과 천적의 종류 조사를 위해 수행하였다. 또한 조사방법(털어잡기, 깔때기트랩 및 함정트랩)에 따른 다양성 및 군집구조를 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 조사지역

호두나무 포장 내 절지동물의 군집구조 연구를 위하여 경북 김천시 대항면 1곳(위도, 36° 06' 19.42"; 경도, 128° 00' 14.79"; 고도, 243 m; 포장면적, 약 20,000 m<sup>2</sup>), 충남 부여군 남면 1곳(위도, 36° 11' 42.75"; 경도, 126° 48' 35.56"; 고도, 111 m; 포장면적, 약 16,000 m<sup>2</sup>), 경기 화성시 매송면 1곳(위도, 37° 15' 50.26"; 경도, 126° 55' 27.68"; 고도, 78 m; 포장면적, 약 6,800 m<sup>2</sup>)을 선정하여 2016년 5월부터 9월까지 조사를 수행하였다. 조사

지역 모두 8월까지 하층 식생을 별도로 관리하지는 않았으며, 수확시기인 9월 중순경 이전에 예초기를 이용한 제초 작업이 이루어진 것으로 확인되었다. 조사지역 중 부여와 화성에 위치한 농가는 밤나무림과 소나무림에 둘러싸여 있는 특징이 있다. 반면, 김천에 위치한 농가는 황악산(고도 1,111 m)에 인접하고 있어 상대적으로 고도가 높고 주변에 활엽수림이 잘 발달한 것이 특징이다.

### 조사방법 및 동정

절지동물의 조사를 위해서 3가지 방법(털어잡기, 깔때기트랩 및 함정트랩)을 이용하여 농가별 5지점에 대해 조사를 수행하였다(Fig. 1). 각 지점별로 깔때기트랩 1개와 함정트랩 2개를 설치하였고, 털어잡기법을 이용하여 3개 가지에서 절지동물을 채집하였다. 각 지점간 거리는 10~15 m 정도 이격시켰다. 털어잡기를 위해 비팅천(BioQuip Products, Inc., Canvas Beating Sheet)을 이용하여 각 지역별 5개 나무를 대상으로 지상에서부터 약 2 m 높이까지의 호두나무 가지에 대해 조사를 수행하였다. 깔때기트랩은 500 ml PET병의 상단 부위를 절단하여 이용하였다. 생수병의 입구가 아래로 향하게 하여 깔때기 모양으로 10개를 배치하고, 각각의 깔때기(입구지름, 8 cm)를 끈으로 연결하였다. 가장 아래의 깔때기는 사각형의 플라스틱병(500 ml)의 뚜껑과 연결하고, 보존액으로 부동액을 넣어 채집된 절지동물을 보존할 수 있게 하였다. 깔때기트랩의 상단에는 빗물이 유입되는 것을 최소화하기 위해 덮개(20 cm<sup>2</sup>)를 설치하였고, 플라스틱병에도 12개의 작은 구멍을 뚫어 빗물이 배출되게 하였다. 함정트랩은 일회용 플라스틱컵(500 ml, 높이 10 cm, 입구지름 9 cm)을 땅속에 묻고, 컵의 입구를 지표면의 높이에 맞추었다. 함정트랩에는 채집된 절지동물을 보존하기 위한 보존액으로 부동액을 넣었으며, 함정트랩의 위에 빗물과 낙엽 등의 유입



Fig. 1. Three sampling methods (beating with visual sampling, freely hanging funnel trap, and pitfall trap) used for the investigation of arthropods in walnut orchards.

을 막기 위한 덮개(20 cm<sup>2</sup>)를 설치하였다. 또한 깔때기트랩과 함정트랩에 채집된 절지동물 샘플은 월 1회 수거하였고, 이때 보존액도 새로운 부동액으로 교체하였다.

수거한 절지동물 샘플은 실험실로 운반하여 낙엽 및 흙 등로부터 절지동물을 분류한 뒤에 실체현미경(30x, Olympus SD30) 하에서 종 수준까지 동정하였으며(Namkung, 2003; Kim, 2011, 2012; Park et al., 2012; Jung, 2012a, b, 2013, 2014; Kim, 2013; Park et al., 2014; Chang et al., 2015), 종 분류체계는 Paek et al. (2010)을 참고하였다. 미확정종은 형태적인 특징을 기반으로 과 수준까지 동정을 완료하였고, 일부 목 수준에서 동정이 되는 종들은 분석에서 제외하였다. 과 또는 아과 수준에서 알려진 섭식 기능에 따라 기능군을 식균성(fungivores), 식식성(herbivores), 천공성(xylophages), 부식성(saprophages), 잡식성(mixed), 포식성(predators), 기생성(parasitoids) 및 화분섭식성(nectarivores)으로 구분하였고, 분류군이 불명확하거나 기능군이 확실치 않은 종들은 정보없음(unknown)으로 구분하였다.

## 자료 분석

각 조사지역에서 털어잡기법, 깔때기트랩 및 함정트랩으로 채집된 절지동물을 종별 개체수를 계수하여 조사방법별 목록을 작성하였고, 이후 조사방법별 종수 추정을 위해 비모수적인 종수 추정 방법인 종수추정곡선(Rarefaction curves)으로 분석하였다(Gotelli and Colwell, 2001). 또한 조사방법간 기능군의 개체수 및 종수 차이를 비교하기 위해서 반복측정 분산분석(repeated measures analysis of variance, RM ANOVA)을 수행하였다. 털어잡기의 경우에만 5월 조사 결과가 도출되었기 때문에 동일한 기준으로 비교 분석하기 위해서 각각의 조사방법별로 6월부터 9월까지 월별 절지동물의 개체수와 종수 자료를 대상으로 분석하였다. 분석에 사용된 개체수 및 종수 자료들은 정규성을 보였기 때문에 변환하지 않은 자료를 이용하였다. RM ANOVA 분석 후, 통계적인 유의성이 관찰되면 Tukey's test를 이용하여 조사방법간 다중비교를 수행하였다.

조사지역간 및 조사방법간 절지동물 종 구성의 유사성을 분석하기 위해서 조사지점별-조사방법별-트랩 위치별 채집된 절지동물의 종별 개체수 정보를 기반으로 데이터 시트를 작성하여 비유사도(Bray-Curtis dissimilarity)를 계산하였다. 추가적으로 종 구성의 월별 변화를 확인하기 위해서 조사방법별로 데이터 시트를 생성한 뒤에 조사지점별-월별 채집된 절지동물의 종별 개체수 정보를 기반으로 비유사도를 계산하였다. 작성된 비유사도 행렬 자료들을 이용하여 다차원적도법(NMDS, nonmetric multidimensional scaling)으로 산점도를 작성하였

다. 추가적으로 유사도 분석법(ANOSIM, analysis of similarity)을 이용하여 조사지역간 절지동물의 종 구성 차이와 조사방법에 따른 차이를 분석하였다. 일반적으로 야의 생태 자료는 정규성을 보이지 않고, 임의적이거나 또는 불연속적인 형태를 보이기 때문에(McCune and Grace, 2002), NMDS는 30번의 순열 검정을 수행하였다. NMDS 분석을 통해 얻어지는 stress 값은 산점도 내 점 좌표에 대한 왜곡된 정도를 의미하며, 이 값이 낮을수록 왜곡된 정도가 낮음을 뜻한다. 또한 ANOSIM 분석은 최대 999번의 순열 검정을 수행하였고, 이를 통해 분석 전에 정의한 3개의 그룹 간(털어잡기, 깔때기트랩 및 함정트랩) 유사도를 Global R과 P값을 이용하여 비교하였다. 참고적으로 Global R값은 1에 가까워질수록 조사방법간 차이가 커짐을 의미한다. 종 구성 분석에 사용된 절지동물 종별 개체수 정보는 제곱근 변환된 자료(square root transformed data)를 이용하였다.

종수추정곡선 및 RM ANOVA 분석을 위해서 오픈소스 프로그램인 R 3.3.2. (R Core Team, 2016)을 이용하였고, R 프로그램에서 이용 가능한 패키지들 중 종수추정곡선 분석을 위해서는 'vegan' 패키지(Oksanen et al., 2017)를, RM ANOVA 분석을 위해서는 'nlme' 패키지(Pinheiro et al., 2017)를 이용하여 분석한 후, 다중비교를 위해 'multcomp' 패키지(Hothorn et al., 2016)를 이용하여 분석하였다. NMDS 및 ANOSIM 분석은 생물군집 분석 프로그램인 PRIMER v6.0 (Clarke and Gorely, 2006)을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

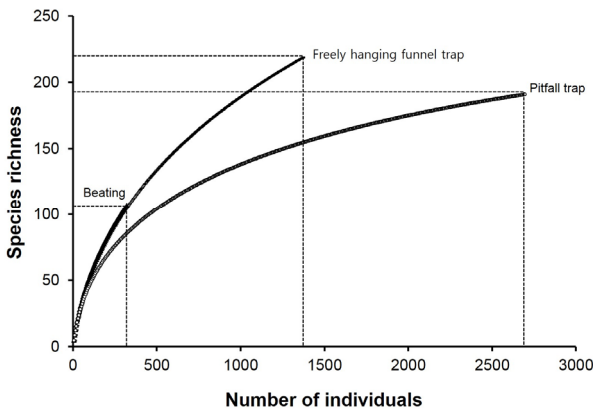
조사 결과, 총 10목 97과 408종 4,372개체의 절지동물이 채집되었고, 이중 전체 조사지역에서 채집된 공통종은 63종이었다(전체의 15.4%). 또한 채집된 총 개체수가 10개체 이상인 종은 82종 3,216개체로 확인되어, 이들이 채집된 전체 절지동물 개체수의 73.6%를 차지하였다(Appendix-1).

국내 호두 생산의 주산지 중 하나인 김천에서의 호두나무 포장 내 절지동물은 236종 1,305개체로 조사되었고, 부여와 화성에서는 각각 169종 1,432개체와 220종 1,635개체가 채집되었다. 우점종은 지역별로 다르게 분포하고 있었는데, 김천에서는 제주거저리(94개체), 톱다리개미허리노린재(51개체), 왕귀뚜라미(49개체), 애긴노린재아과 sp.1 (42개체), 녹슬은방아벌레(31개체) 등의 순이었다. 부여의 경우, 민집계벌레(178개체), 감나무좀(162개체), 큰넓적송장벌레(119개체), 왕귀뚜라미(75개체), 풍뎡이붙이 sp.1 (63개체) 등의 순이었다. 끝으로 화성에서는 큰넓적송장벌레(146개체), *Onthophagus* sp.1 (118개체), 미국선녀벌레(70개체), 왕귀뚜라미(68개체), 밀빠진벌레

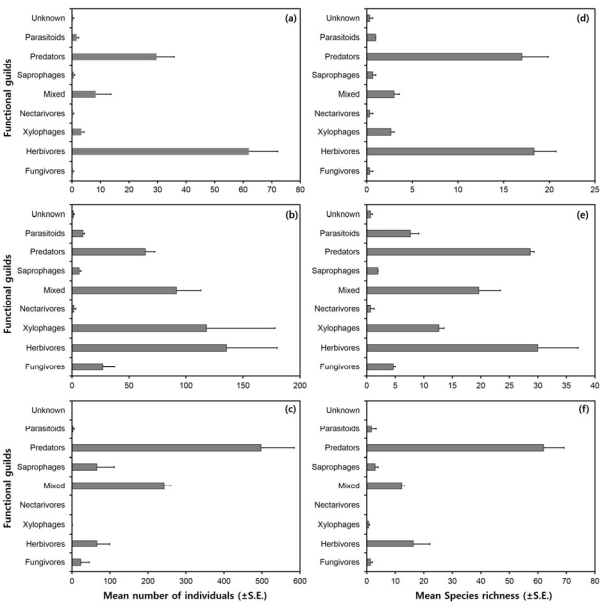
과 sp.5 (68개체)의 순이었다. 주요 우점종 중에서는 미국선녀벌레만 호두나무를 가해하는 것을 야외조사시 관찰한 바 있다.

### 조사방법별 호두나무 절지동물의 군집구조

조사방법별로 살펴보면, 털어잡기에 의해 107종 320개체가, 깔때기트랩에 의해 219종 1,367개체가, 함정트랩에 의해 191종 2,695개체가 채집되어 깔때기트랩에 의해 보다 다양한 절지동물이 채집되었다(Fig. 2). 털어잡기의 경우, 채집된 개체수는 적



**Fig. 2.** Species richness estimation based on the individual-based rarefaction curves in walnut orchards with three different sampling methods (beating, freely hanging funnel trap, and pitfall trap).



**Fig. 3.** Mean number of individuals (a, c, and e) and species richness (b, d, and f) of feeding functional groups in walnut orchards according to the three different sampling methods of beating (a and b), freely hanging funnel trap (c and d), and pitfall trap (e and f).

었지만 조사 횟수나 반복이 증가한다면 깔때기트랩처럼 많은 종수가 기록될 것으로 예상된다. 이에 비해 함정트랩은 깔때기트랩에 비해 적은 종수임에도 2배 가까이 많은 개체수가 채집되었고, 곡선의 기울기가 점근하고 있어 향후 더 많은 조사 혹은 더 많은 함정트랩을 설치하더라도 더 이상 종수가 증가하지는 않을 것으로 예상된다.

그러나 조사방법에 따라 기능군의 구성은 크게 달랐는데 (Fig. 3), 털어잡기에 의해서는 식식성이거나 포식성인 노린재류와 딱정벌레류가 주로 채집이 되었다(Fig. 3a, d). 깔때기트랩으로는 나무좀류, 방아벌레류 및 노린재류 등 식식성 또는 천공성 종 이외에도 다수의 포식성 및 잡식성 종들이 채집되어 가장 다양한 종류의 기능군이 채집되었다(Fig. 3b, e). 반면, 함정트랩에서는 딱정벌레류와 거미류 중심으로 다수의 포식성 및 잡식성 절지동물들이 주로 채집되어 차이를 보였다(Fig. 3c, f). 이러한 차이는 조사시기를 반복적으로 측정하여 비교 분석한 결과에서도 확인되었다(Table 1, 2). 개체수의 경우, 식식성 및 천공성 해충군과 기생성 천적군은 깔때기트랩에 의해 많이 채집되었던 것에 비해, 잡식성이나 포식성 천적군은 함정트랩으로 많은 개체수가 채집되었다(Table 1). 종수의 경우에도 대체적으로 유사한 경향을 보였으며, 부식성 천적군이 함정트랩으로, 균식성 곤충류가 깔때기트랩으로 다양하게 채집되는 것이 확인되었다(Table 2). 조사방법에 따라 채집되는 곤충류가 차이가 나는 것은 일반적인 현상이긴 하지만(e.g. Jeong et al., 2005), 호두나무 포장 내에서 특정 분류군을 조사하기 위해서는 그들의 생태적 특성을 고려하여 적절한 조사방법을 선택하는 것이 중요함을 의미한다.

NMDS와 ANOSIM을 이용한 호두나무 포장 내에서 채집된 절지동물에 대한 종 구성의 유사도를 분석한 결과, 지역간 차이가 다소 확인되고 있지만, 대체적으로는 조사방법간 차이가 더 큰 것으로 나타났다(Fig. 4, Table 3). 특히 깔때기트랩법과 털어잡기법에 의해 채집된 종 구성이 함정트랩법에 비해 보다 유사하였다. 이러한 차이는 호두나무 포장 내 관리방법에 따른 차이 때문으로 생각되는데, 일반적으로 호두나무 포장 내 생물상은 초생관리, 퇴비의 사용 등에 따른 호두나무의 생육과도 밀접한 관련이 있기 때문이다(Van Sambeek et al., 2004). 부여와 화성의 농가는 9월 수확 전까지 초본류에 대한 특별한 관리가 이루어지지 않았고, 특히 부여에서는 퇴비로 복토를 하여 다른 지역과 큰 차이를 보였다. 즉, 하층의 초생 관리 및 시비조건 등과 같은 환경적 요인으로 인해 부여와 화성에서 큰넓적송장벌레, *Onthophagus* sp.1, 민집게벌레, 왕귀뚜라미와 같은 절지동물이 김천에 비해 다수 채집된 원인 중 하나로 생각된다.

조사방법별 절지동물류의 월별 변이를 NMDS를 이용하여

**Table 1.** Comparison of the number of individuals (abundance) caught by three different sampling methods during the sampling months (May to September). The repeated measures analysis of variance (RM ANOVA) was conducted for the statistical analysis, and Tukey's test was performed for multiple comparisons

Functional feeding group	Sampling method	Sampling month					Statistics <sup>a</sup>		
		May	June	July	August	September	$F_{2, 6}$	$P$	Tukey's test <sup>b</sup>
Fungivores	Beating	0	0	0	0	0.3 ± 0.33	2.303	0.181	
	Funnel	-	10.0 ± 6.94	13.0 ± 6.39	2.0 ± 1.00	2.0 ± 2.00			
	Pitfall	-	2.7 ± 2.67	6.7 ± 6.67	13.0 ± 12.50	1.0 ± 0.58			
Herbivores	Beating	13.0 ± 4.58	22.3 ± 3.84	16.7 ± 6.57	6.0 ± 2.65	4.0 ± 2.00	5.539	0.0434	F > (P = B)
	Funnel	-	25.7 ± 12.25	50.3 ± 24.84	24.0 ± 6.69	35.7 ± 8.76			
	Pitfall	-	10.3 ± 4.81	19.0 ± 9.85	22.0 ± 10.39	14.3 ± 9.84			
Xylophages	Beating	1.0 ± 0.58	2.3 ± 1.33	0	0	0	12.126	0.0078	F > (P = B)
	Funnel	-	38.7 ± 8.98	25.7 ± 5.36	15.7 ± 9.39	38.0 ± 32.18			
	Pitfall	-	0.3 ± 0.33	0.7 ± 0.67	0	0			
Nectarivores	Beating	0	0.3 ± 0.33	0	0	0	1.216	0.36	
	Funnel	-	0	1.3 ± 0.00	0.3 ± 1.33	0.0 ± 0.33			
	Pitfall	-	0	0	0	0			
Mixed	Beating	2.7 ± 1.76	4.0 ± 4.0	1.3 ± 0.88	0.3 ± 0.33	0	8.442	0.018	P > (F = B)
	Funnel	-	36.7 ± 16.74	36.0 ± 9.94	12.7 ± 15.10	6.3 ± 0.58			
	Pitfall	-	30.3 ± 10.48	39.0 ± 9.17	62.0 ± 16.82	111.0 ± 12.74			
Saprophages	Beating	0	0.3 ± 0.33	0	0.3 ± 0.33	0	2.864	0.1339	
	Funnel	-	1.7 ± 0.41	3.0 ± 0.88	0.0 ± 0.67	1.7 ± 0.58			
	Pitfall	-	5.3 ± 5.33	4.7 ± 2.33	9.0 ± 8.00	46.3 ± 33.75			
Predators	Beating	2.7 ± 0.88	12.3 ± 2.73	8.3 ± 4.91	2.0 ± 0.58	4.3 ± 0.88	70.387	<0.001	P > (F = B)
	Funnel	-	26.3 ± 6.53	23.0 ± 3.48	6.7 ± 5.17	8.3 ± 1.45			
	Pitfall	-	139.3 ± 28.09	141.0 ± 17.16	96.0 ± 21.08	118.0 ± 40.77			
Parasitoids	Beating	1.3 ± 0.88	0	0	0	0.3 ± 0.33	7.721	0.0219	F > (P = B)
	Funnel	-	3.7 ± 0.82	1.7 ± 0.67	1.0 ± 1.00	3.3 ± 1.76			
	Pitfall	-	0	0.3 ± 0.33	1.3 ± 1.33	1.3 ± 1.33			
Unknown	Beating	0	0.3 ± 0.33	0	0	0	3.326	0.1067	
	Funnel	-	0	0.3 ± 0.33	0.7 ± 0.33	0.3 ± 0.33			
	Pitfall	-	0	0	0	0			

<sup>a</sup>In RM ANOVA, data from May were excluded because traps of two sampling methods (freely hanging funnel traps and pitfall traps) were placed at May and first samples were sampled at June.

<sup>b</sup>Abbreviation of sampling methods are: B, beating; F, freely hanging funnel trap; P, pitfall trap.

**Table 2.** Comparison of the number of species (species richness) caught by three different sampling methods during the sampling months (May to September). The repeated measures analysis of variance (RM ANOVA) was conducted for the statistical analysis, and Tukey's test was performed for multiple comparisons

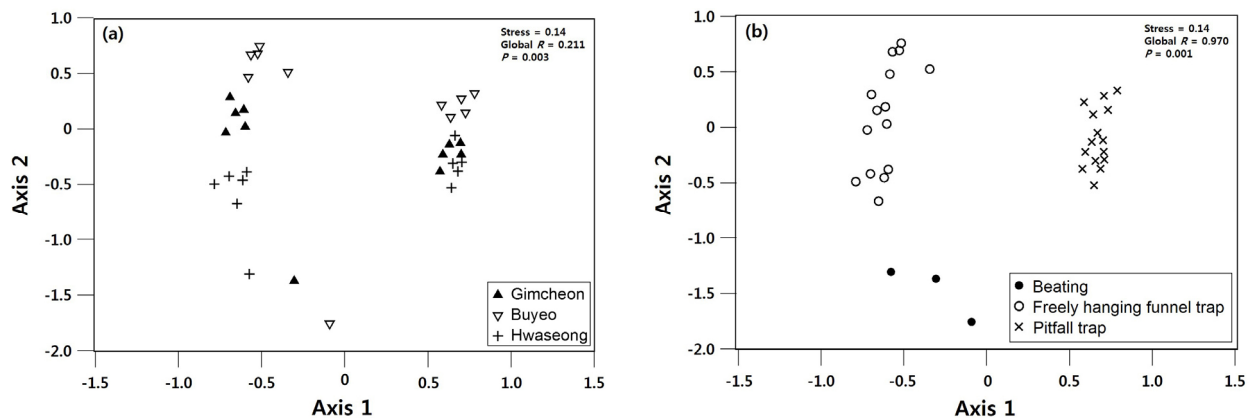
Functional feeding group	Sampling method	Sampling month					Statistics <sup>a</sup>		
		May	June	July	August	September	$F_{2, 6}$	$P$	Tukey's test <sup>b</sup>
Fungivores	Beating	0	0	0	0	0.3 ± 0.33	8.134	0.0196	F > (P = B)
	Funnel	-	2.7 ± 1.22	3.7 ± 1.15	1.3 ± 0.33	0.7 ± 0.67			
	Pitfall	-	0.7 ± 0.67	0.3 ± 0.33	0.7 ± 0.33	1.0 ± 0.58			

**Table 2.** Continued

Functional feeding group	Sampling method	Sampling month					Statistics <sup>a</sup>		
		May	June	July	August	September	$F_{2, 6}$	$P$	Tukey's test <sup>b</sup>
Herbivores	Beating	5.0 ± 0.58	10.0 ± 1.15	3.7 ± 0.67	2.7 ± 0.88	2.3 ± 0.33	7.195	0.0255	F > (P = B)
	Funnel	-	13.7 ± 4.49	16.7 ± 6.11	9.7 ± 3.18	7.7 ± 0.88			
	Pitfall	-	6.3 ± 2.67	9.0 ± 4.16	6.7 ± 2.67	4.7 ± 2.19			
Xylophages	Beating	1.0 ± 0.58	1.7 ± 0.67	0	0	0	27.188	<0.001	F > (P = B)
	Funnel	-	7.7 ± 0.82	7.3 ± 1.76	3.3 ± 0.88	3.3 ± 0.58			
	Pitfall	-	0.3 ± 0.33	0.3 ± 0.33	0	0			
Nectarivores	Beating	0	0.3 ± 0.33	0	0	0	1.242	0.3537	
	Funnel	-	0	0.7 ± 0.00	0.3 ± 0.67	0.0 ± 0.33			
	Pitfall	-	0	0	0	0			
Mixed	Beating	1.3 ± 0.67	1.0 ± 1.00	1.3 ± 0.88	0.3 ± 0.33	0	16.23	0.0038	(F = P) > B
	Funnel	-	11.0 ± 2.86	9.7 ± 2.00	4.3 ± 2.33	3.7 ± 0.33			
	Pitfall	-	5.3 ± 1.20	8.0 ± 0.00	5.7 ± 1.20	4.7 ± 0.88			
Saprophages	Beating	0	0.3 ± 0.33	0	0.3 ± 0.33	0	8.084	0.0198	P > F ≥ B
	Funnel	-	0.7 ± 0.41	1.3 ± 0.00	0.0 ± 0.67	1.0 ± 0.33			
	Pitfall	-	1.0 ± 1.00	1.7 ± 0.67	1.7 ± 0.67	2.0 ± 1.00			
Predators	Beating	2.7 ± 0.88	9.7 ± 2.19	3.3 ± 2.03	2.0 ± 0.58	3.0 ± 0.58	90.01	<0.001	P > F > B
	Funnel	-	14.7 ± 1.63	12.7 ± 0.88	5.3 ± 2.19	5.3 ± 0.88			
	Pitfall	-	26.3 ± 0.67	27.3 ± 2.60	24.0 ± 6.03	24.7 ± 2.33			
Parasitoids	Beating	0.7 ± 0.33	0	0	0	0.3 ± 0.33	12.158	0.0078	F > (P = B)
	Funnel	-	3.3 ± 0.41	1.7 ± 0.67	1.0 ± 1.00	2.7 ± 1.15			
	Pitfall	-	0	0.3 ± 0.33	1.0 ± 1.00	0.7 ± 0.67			
Unknown	Beating	0	0.3 ± 0.33	0	0	0	3.326	0.1067	
	Funnel	-	0.0 ± 0.00	0.3 ± 0.33	0.7 ± 0.33	0.3 ± 0.33			
	Pitfall	-	0	0	0	0			

<sup>a</sup> In RM ANOVA, data from May were excluded because traps of two sampling methods (freely hanging funnel traps and pitfall traps) were placed at May and first samples were sampled at June.

<sup>b</sup> Abbreviation of sampling methods are: B, beating; F, freely hanging funnel trap; P, pitfall trap.

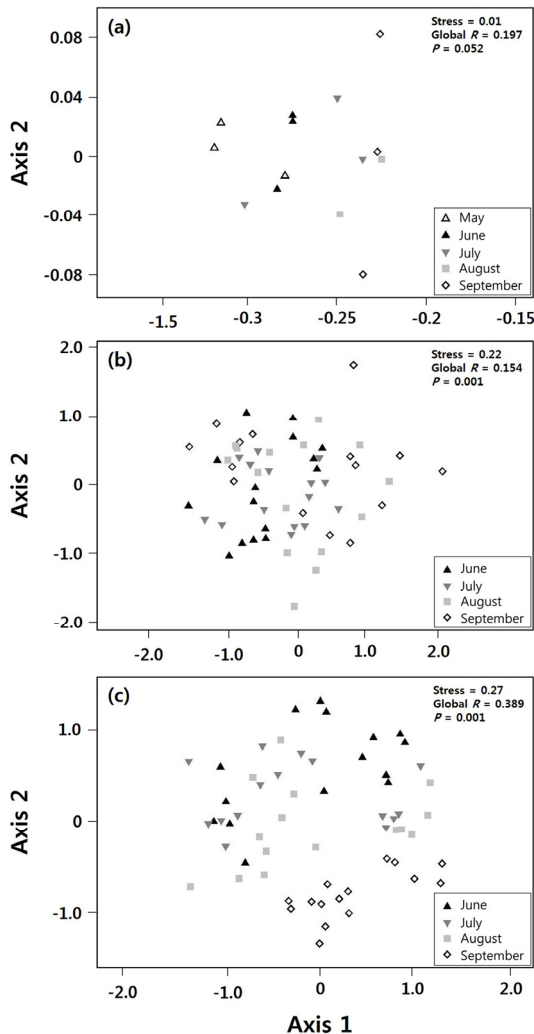


**Fig. 4.** Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordination based on arthropods in three walnut orchards (a) with three different sampling methods (b).



**Table 3.** Analysis of similarity based on Bray-Curtis dissimilarity between predefined groups (region and sampling method).

Factor	Groups	Global R	P
Region	Buyeo vs. Gimcheon	0.213	0.032
	Buyeo vs. Hwaseong	0.207	0.031
	Gimcheon vs. Hwaseong	0.213	0.023
Sampling method	Beating vs. Funnel trap	0.770	<0.001
	Beating vs. Pitfall trap	0.999	<0.001
	Funnel trap vs. Pitfall trap	0.990	<0.001



**Fig. 5.** Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordination based on arthropods during sampling periods (May to September) in (a) beating, (b) freely hanging funnel trap, and (c) pitfall trap.

분석한 결과, 털어잡기와 깔때기트랩에 비해 함정트랩에서 월별 변이가 보다 뚜렷한 것으로 나타났다(Fig. 5). 털어잡기의 경우, 월간 종 구성의 변화가 거의 없는 것으로 나타났고, 깔때기트랩에서는 6월-8월(Global R=0.227, P=0.001), 6월-9월(Global R=0.256, P=0.001), 7월-8월(Global R=0.128, P=0.024), 7월-9월(Global R=0.235, P=0.002)간에 다소 차이가 있었다. 이에 비해 함정트랩에서는 7월-8월간 차이가 없었던 것을 제외하고, 모든 조사 월간 차이가 확인되었다(Global R=0.309~0.642, P=0.001~0.002). 이러한 결과는 조사 시기를 결정하는데 있어 조사방법별로 다르게 적용할 필요가 있음을 의미한다. 즉, 털어잡기의 경우에는 채집되는 절지동물의 종수나 개체수가 적기 때문에 각 시기별 군집의 특성을 잘 반영하지 못할 가능성이 높으므로 본 연구보다 강도 높은 조사가 이루어질 필요가 있다고 생각된다. 깔때기트랩을 이용하는 경우에는 6월-7월간 또는 8월-9월간에는 군집의 유사도가 높기 때문에 조사 시기를 구분하여 조사를 수행한다면 효율적일 수 있다고 생각된다. 이와는 달리 함정트랩은 거의 모든 시기에서 군집의 비유사성이 높을 정도로 군집의 변동이 크기 때문에 호두나무 포장 내 절지동물의 군집구조를 이해하기 위해서는 가능한 모든 시기에 조사를 수행하여야 할 것이다.

### 지역별 호두나무 포장 내 주요 해충

본 연구에서는 조사시기와 곤충의 발생시기가 불일치하였거나 조사방법의 한계점 등으로 인하여 우점종으로 확인되지 않았지만 일부 해충은 향후 주의 깊게 살펴볼 필요가 있을 것으로 생각된다. 부여의 경우, 인근의 밤나무림에서 이동해온 것으로 추정되는 복숭아명나방이 발생하여 호두를 가해하는 것이 관찰되었다. 7월과 8월에 추가적으로 수행된 호두열매의 피해율 조사에서 각각  $19.7 \pm 14.04\%$  (평균±표준편차, n=78)와  $27.8 \pm 12.11\%$  (n=109)의 열매 피해가 육안조사로 확인되었다. 복숭아명나방의 피해를 받은 호두는 낙과하거나 가지에 썩은 상태로 달려 있어 향후에도 복숭아명나방에 의한 지속적인 피해가 예상된다. 김천에서는 금년 4월 현장답사 시 뽕나무 깍지벌레가 다수 발견되었다. 금년 조사에서는 이 종으로 인한 피해가 심각하게 발견되지는 않았지만, 2015년에는 김천 지역에서 많은 피해보고가 있었기에 지속적인 예찰이 필요해 보인다. 이외에도 3개 조사지역 모두에서 호두나무의 주요 해충 중 하나인 호두나무잎벌레가 확인되었으나 발생시기와 조사시기의 차이로 본 조사에서는 적은 수가 채집되었다. 그러나 이들은 초기 잎의 생장에 심각한 피해를 주므로 지속적인 관심이 필요할 것으로 판단된다(Chang and Park, 2011).

이외에도 최근 농경지와 산림에서 문제가 되고 있는 꽃매미, 미국선녀벌레 및 갈색날개매미충이 일부 지역의 호두나무 포장에서 확인되어 주의가 필요할 것으로 생각된다. 화성에서는 다른 지역에서는 채집되지 않은 미국선녀벌레와 꽃매미가 다수 확인되었고, 부여에서는 갈색날개매미충이 다수 채집되었다. 아직까지는 이들의 호두나무 포장 내 밀도가 높지 않아서 흡즙에 의한 줄기 피해나 배설물에 의한 그을음병의 발생이 심각한 수준은 아니었지만, 과거 꽃매미의 대발생으로 포도 농가에서 심각한 피해를 입었던 것을 감안한다면(Lee et al., 2011) 지속적인 예찰과 방제를 통해 피해를 예방할 필요가 있다. 한편, 다른 지역과 달리 부여에서만 나무좀류의 밀도가 높은 편이었는데, 이들 중 일부는 오리나무좀(*Xylosandrus germanus*)으로 확인되었다. 오리나무좀은 호두나무의 묘목에 많은 피해를 주는 것으로 알려져 있기 때문에(Weber and McPherson, 1984) 향후 채집된 나무좀류에 대한 정확한 종 동정 작업과 이들에 대한 생태적 특성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

앞서 언급된 주요 해충들 외에도 노린재류(톱다리개미허리노린재, 55개체; 애긴노린재아과 sp.1, 59개체; 애망노린재, 35개체; 망노린재, 30개체; 떼허리노린재, 25개체), 방아벌레류(녹슬은방아벌레, 63개체; 방아벌레과 sp.2, 44개체; 방아벌레과 sp.1, 36개체) 및 풍뎅이류(검정풍뎅이과 sp.1, 33개체; 주둥무늬차색풍뎅이, 20개체; 긴다색풍뎅이, 19개체) 등 다수의 식식성 혹은 잡식성 곤충류가 채집되었다. 이들 중 일부(주둥무늬차색풍뎅이)는 호두나무의 해충으로 알려져 있으나(KFRI, 2007), 대부분은 호두나무 포장 내 하층식생이나 주변 환경 특성 등 다른 요인으로 다수 채집된 것으로 생각된다. 따라서 호두나무에 직접적인 피해를 주는지 여부에 대해서는 보완 연구가 필요하다.

### 지역별 호두나무 포장 내 주요 천적

본 연구를 통해 확인된 대부분의 천적군은 거미목과 딱정벌레과(딱정벌레목) 종류로 구성되어 있었다. 또한 깔때기트랩법(49종 193개체)과 털어잡기법(42종 95개체) 보다는 함정트랩법(109종 1109개체)에 의해 많은 종들이 채집되었는데, 이들 중 대부분은 토양환경에서 주로 먹이활동을 하는 특성이 있어 호두나무 해충에 대한 직접적인 천적으로 보기엔 어려운 점이 있다. 다만, 딱정벌레과에 속하는 종들의 경우, 먹이 범위가 넓어서 번데기가 되기 위해 지상으로 낙하하는 나방류 및 잎벌레류의 유충을 섭식할 수 있기 때문에 중요한 포식성 천적군으로 관리할 필요가 있다고 생각된다. 부여의 호두나무 포장의 경우, 천적군 중 가장 많은 개체수가 채집된 큰넓적장벌레(부여

119개체; 화성 146개체)를 제외하더라도 포식성 딱정벌레류의 개체수가 매우 높았다(부여 348개체; 김천 190개체; 화성 149개체). 이러한 결과는 세 조사 지역의 호두나무 포장 주변 환경이 산림으로 비슷하고 포장 내 하층 식생 역시 큰 차이가 없었던 것을 고려할 때, 토양 특성의 차이가 포식성 딱정벌레류의 전체 개체수에 영향을 주는 요소 중 하나일 것으로 생각된다. 부여는 다른 두 지역과 달리 퇴비를 이용하여 복토를 함으로써 토양습도, 토성 등이 크게 달랐는데, 이로 인해 먹이원이 되는 톱토기류나 지렁이류가 쉽게 관찰되었다(J.K. Jung's personal communication). 그러나 포장 내에서 채집된 이들 포식성 천적군이 실제 해충류의 천적으로 역할을 하는지와 토양 관리방법 차이에 대한 천적 곤충들의 분포 변화 등에 대해서는 추가적인 검증이 필요하다.

반면, 기생성 천적군인 고치벌과와 맵시벌과의 경우에는 대부분이 깔때기트랩에 의해 채집되었으며, 이는 잎을 가해하는 나방류 해충의 밀도와 밀접한 연관이 있을 것으로 생각된다. 실제 야외에서 채집해서 실험실로 운반해 온 유충들 중에서는 이미 기생을 당한 상태였던 경우도 있었다. 다만, 연구에서 나방류 유충의 조사는 지상으로부터 2 m 이내의 제한된 높이에서 수행되어 많은 개체수를 확보하지는 못하였기 때문에 나방류 유충과 기생성 천적군과의 상관성을 입증하기엔 한계가 있었다. 하지만 잎과 열매 등을 가해하는 나방류 유충의 피해는 나무의 성장과 생산성에 큰 영향을 주기 때문에 포장 내 기생성 천적군의 역할을 구명하는 것은 매우 중요한 과제가 될 것이다.

### 결론

결론적으로 본 연구를 통해 어떤 조사방법을 선택하느냐에 따라 절지동물 군집의 특성이 뚜렷하게 달라지는 것이 확인되었다. 따라서 호두나무 포장 내 해충 피해를 저감하기 위해서는 조사대상 분류군의 생태적 특성에 맞는 적절한 조사방법을 선택하여 모니터링함으로써 관리 방법 변화가 포장 내 절지동물 군집에 어떻게 영향을 주는지 이해할 필요가 있으며, 이렇게 수집된 정보들은 호두나무 포장 내 해충 및 천적에 대한 관리 전략을 수립하는데 중요하게 활용될 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에 사용된 조사방법들은 대표적인 식염성 해충인 나방류에 대한 조사가 거의 불가능하였기 때문에 보다 다양한 조사 방법들이 적용될 필요가 있다고 판단된다.

또한 호두나무의 재배에 있어서 하층식생 관리(제초제 살포 또는 예초)가 포장 내 해충 및 천적군의 관리에 있어 중요한 요소로 알려져 있는데(Ehler and Endicott, 1984; Stamps et al., 2002, 2009), 본 연구에서는 호두나무 포장이 위치한 지역의 경



관 구조 및 주변 환경의 식생 역시 포장 내 절지동물 군집에 많은 영향을 줄 가능성이 있는 것으로 조사되었다. 실제 경관 구조의 이질성이 증가하면 호두나무 포장 내 해충에 대한 천적의 포식압이 증가하거나(Östman et al., 2001), 절지동물의 생물다양성이 증가하는 등(Weibull et al., 2003) 경관 구조가 생물상에 미치는 영향은 많은 연구를 통해 확인되고 있기 때문에 향후 연구에서는 이러한 점을 고려한 조사가 수행될 필요가 있을 것이다.

## Acknowledgement

본 연구는 국립산림과학원의 “조경 및 임산소득 수종 병해충의 발생특성 구명 및 방제법 개발” 및 “2016년 석박사연구원 지원 사업”의 지원을 받아 수행되었습니다. 나무좀류 및 바구미류 동정에 도움을 주신 박상욱 박사님께 감사드립니다.

## Literature cited

- Baek, M.K., Hwang, J.M., Jung, K.S., Kim, T.W., Kim, M.C., Lee, Y.J., Cho, Y.B., Park, S.W., Lee, H.S., Ku, D.S., Jeong, J.C., Kim, K.G., Choi, D.S., Shin, E.H., Hwang, J.H., Lee, J.S., Kim, S.S., Bae, Y.S., 2010. Checklist of Korean Insects. Nature & Ecology Publishing Co., Seoul.
- Chang, H.K., Lee, S.H., Choi, W., 2015. Cerambycidae of Korea. GEOBOOK Publishing Co., Seoul.
- Chang, S.J., Park, I.K., 2011. Morphological and ecological study of *Gastrolina depressa* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae). Korean J. Appl. Entomol. 50(3), 253-256.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2006. Primer v6: User manual/tutorial, PRIMER-E, Plymouth.
- Ehler, L.E., Endicott, P.C., 1984. Effect of malathion-bait sprays on biological control of insect pests of olive, citrus, and walnut. Hilgardia 52, 1-47.
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecol. Lett. 4, 379-391.
- Hothorn, T., Bretz, F., Westfall, P., Heiberger, R.M., Schuetzenmeister, A., Scheibe, S., 2016. Package ‘multcomp’. Simultaneous Inference in General Parametric Models, version 1.4-6.
- Jung, B.H., 2012a. Insect fauna of Korea, vol. 12, no. 5, Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae: Tenebrioninae. Junghaengsa, Inc., Incheon.
- Jung, B.H., 2012b. Insect fauna of Korea, vol. 12, no. 9, Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae: Diaperinae, Allculinae. Junghaengsa, Inc., Incheon.
- Jung, B.H., 2013. Insect fauna of Korea, vol. 12, no. 12, Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae: Lagriinae, Stenochiinae, Pimeliinae. Junghaengsa, Inc., Incheon.
- Jung, B.H., 2014. Insect fauna of Korea, vol. 12, no. 19, Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Cleroidea: Cleridae. Junghaengsa, Inc., Incheon.
- Jeong, J.K., Lee, S.I., Choi, J.S., Kwon, O.K., 2005. Comparison of occurrences of Coleoptera by three sampling methods in Mt. Yeonyeop area, Korea. Korean J. Environ. Biol. 23(3), 228-237.
- KFRI, 2007. An illustrated pest book of special purpose trees. Korea Forest Research Institute, Seoul, ISBN 978-89-8176-423-4 (93520).
- KFRI, 2011. An illustrated pest book of broad-leaved evergreens and landscape trees. Korea Forest Research Institute, Seoul, ISBN 978-89-8176-860-7 (93520).
- Kim, D.E., Lee, H., Kim, M.J., Lee, D.-H., 2015. Predicting the potential habitat, host plants, and geographical distribution of *Pochazia shantungensis* (Hemiptera: Ricaniidae) in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 54(3), 179-189.
- Kim, J.I., 2011. Insect fauna of Korea, vol. 12, no. 1, Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Scarabaeoidea: Pleurosticti. Junghaengsa, Inc., Incheon.
- Kim, J.I., 2012. Insect fauna of Korea, vol. 12, no. 3, Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Scarabaeoidea: Laparosticti. Junghaengsa, Inc., Incheon.
- Kim, T.W., 2013. Orthoptera of Korea. GEOBOOK Publishing Co., Seoul.
- Lee, D.W., Choo, H.Y., Chung, J.M., Lee, S.M., Lee, T.W., and Park, Y.D., 1997. Host plants and preference of brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse (Coleoptera: Scarabaeidae). Korean J. Appl. Entomol. 36(2), 156-165.
- Lee, K.Y., Kim, S.K., Kim, I.H., Kim, K.S., 2011. Seasonal occurrence of spot clothing wax cicada, *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) and its control efficacy using EFAM at the vineyards. Korean J. Pestic. Sci. 15(3), 303-309.
- McCune, B., Grace, J.B., 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design.
- Namkung, J., 2003. The spiders of Korea (2nd ed.). Kyo-hak Publishing Co., Seoul.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O’Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H., 2017. Package ‘vegan’. Community ecology package, version 2.4-2.
- Östman, Ö., Ekblom, B., Bengtsson, J., 2001. Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. Basic Appl. Ecol. 2, 365-371.
- Park, C.H., Lee, B.Y., and Lee, S.P., 1993. Life history of *Locastra muscosalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) and its natural enemies. Korean J. Appl. Entomol. 32(1), 101-104.
- Park, J.K., Choi, I.J., Park, J., Choi, E.Y. 2014. Insect fauna of Korea, vol. 12, no. 16, Arthropoda: Insecta: Coleoptera: Carabidae: Chlaeniini, Truncatipennes group: Odacanthinae, Lebiinae. Junghaengsa, Inc., Incheon, 111 pp.

- 
- Park, G.T., Kwon, Y.J., Park, J.K., Bae, Y.S., Bae, Y.J., Byun, B.K., Lee, B.W., Lee, S.H., Lee, J.W., Lee, J.E., Han, K.D., Han, H.Y., 2012. Illustrated guide book of Korean Insects. GEO-BOOK Publishing Co., Seoul.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., EISPACk authors, Heisterkamp, S., Van Willigen, B., R Core Team, 2017. Package 'nlme'. Linear and nonlinear mixed effects models, version 3.1-131.
- R Core Team, 2016. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org/>.
- Stamps, W.T., Nelson, E.A., Linit, M.J., 2009. Survey of diversity and abundance of ground-dwelling arthropods in a black walnut-forage alley-cropped system in the mid-western United States. *J. Kansas Entomol. Soc.* 82(1), 46-62.
- Stamps, W.T., Woods, T.W., Linit, M.J., Garrett, H.E., 2002. Arthropod diversity in alley cropped black walnut (*Juglans nigra* L.) stands in eastern Missouri, USA. *Agroforest. Syst.* 56(2), 167-175.
- Statistical Year Book of Forestry, 2016. Statistical Year Book of Forestry. Korea Forest Service. Publication registration number, 11-1400000-000001-10.
- Van Sambeek, J.W., Garrett, H.E., 2004. Ground cover management in walnut and other hardwood plantings. p. 85-100. In: C.H. Michler et al. (Eds), Black walnut in a new century: Proc. of the 6th Walnut Council Symp., Lafayette, IN. 25-28 July 2004. General Tech. Rep. NC-243. USDA Forest Service North Central Research Stn., St. Paul, MN.
- Weber, B.C., McPherson, J.E., 1984. Attack on black walnut trees by the ambrosia beetle *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Scolytidae). *Forest Science* 30(4), 864-870.
- Weibull, A.C., Östman, Ö., Granqvist, Å., 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodivers. Conserv.* 12, 133-1355.

**Appendix-1.** List of abundant arthropod species ( $\geq 10$  individuals) in walnut orchards with feeding functions.

Functional guilds	Scientific name	Korean name	Sampling method*	Study region <sup>†</sup>			Total
				Bu	Gi	Hw	
Herbivores	<i>Adoretus tenuimaculatus</i> Waterhouse	주둥무늬차색풍뎅이	B, F	14	6		20
	<i>Corythucha ciliata</i> (Say)	버즘나무방패벌레	B, F			17	17
	Chrysomelidae sp.1	앞벌레과 sp.1	B, F	1	8	4	13
	<i>Chromaphis juglandicola</i> (Kaltenbach)	-	B	4	4	3	11
	Entiminae sp.1	줄바구미아과 sp.1	B, F, P		10		10
	<i>Gastrolina depressa</i> Baly	호두나무잎벌레	B		7	11	18
	<i>Geotomus pygmaeus</i> (Dallas)	애팡노린재	F, P	3	27	5	35
	<i>Heptophylla picea</i> Motschulsky	긴다색풍뎅이	F, P	2	3	14	19
	<i>Hygia lativentris</i> (Motschulsky)	떼허리노린재	P		18	7	25
	<i>Lycorma delicatula</i> (White)	꽃매미	B, F	1		33	34
	<i>Macroscytus japonensis</i> Scott	망노린재	F, P	4	21	5	30
	<i>Meimuna opalifera</i> (Walker)	애매미	F	1	16	2	19
	<i>Metcalfa pruinosa</i> (Say)	미국신녀벌레	B, F			70	70
	Mordellidae sp.3	꽃벼룩과 sp.3	F, P	6	26	2	34
	Melolonthidae sp.1	검정풍뎅이과 sp.1	B, F, P	6	18	9	33
	Orsillinae sp.1	애긴노린재아과 sp.1	B, F, P	11	42	6	59
	<i>Riptortus clavatus</i> (Thunberg)	톱다리개미허리노린재	B, F, P	1	51	3	55
	<i>Pochazia shantungensis</i> Chou and Lu	갈색날개매미충	B, F, P	24			24
	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i> (Targioni-Tozzetti)	뽕나무각지벌레	B		12		12
	<i>Togo hemipterus</i> (Scott)	미디표주박긴노린재	P		3	16	19
Xylophages	<i>Debus defensus</i> (Blandford)	목련나무좀	B, F	9	3	17	29
	<i>Hypothenemus eruditus</i> (Westwood)	감나무좀	F	162	13	14	189
	<i>Hypothenemus</i> spp.	<i>Hypothenemus</i> spp.	B, F	24	9	3	36
	<i>Xylosandrus crassiusculus</i> (Motschulsky)	팔배나무좀	F	5	4	4	13
	<i>Xyleborinus saxesenii</i> (Ratzeburg)	암브로시아나무좀	F	16	6		22
	Scolytidae sp.5	나무좀과 sp.5	F	11	16	1	28
Mixed	<i>Agrypnus binodulus coreanus</i> Kishii	녹슬은방아벌레	B, F, P	1	31	31	63
	<i>Anisolabis maritima</i> (Bonelli)	민집게벌레	P	178	24	1	203
	<i>Borboresthes cruralis</i> (Marseul)	밤빛사촌씩덩벌레	B, F			38	38
	Elateridae sp.1	방아벌레과 sp.1	B, F, P	5	27	4	36
	Elateridae sp.2	방아벌레과 sp.2	B, F, P	4	8	32	44
	Nitidulidae sp.1	밀빠진벌레과 sp.1	B, F, P	4	9	16	29
	Nitidulidae sp.2	밀빠진벌레과 sp.2	F	9	2		11
	Nitidulidae sp.3	밀빠진벌레과 sp.3	F, P	29	6	1	36
	Nitidulidae sp.4	밀빠진벌레과 sp.4	F, P	8	2		10
	Nitidulidae sp.5	밀빠진벌레과 sp.5	B, F, P	3	25	68	96
	Nitidulidae sp.13	밀빠진벌레과 sp.13	F		14		14
	<i>Pedinus strigosus</i> Faldermann	제주거저리	P		94	49	143
	<i>Teleogryllus emma</i> (Ohmachi et Matsuura)	왕귀뚜라미	P	75	49	68	192
	Throscidae sp.1	거짓방아벌레과 sp.1	F	1	3	31	35

Appendix-1. Continued

Functional guilds	Scientific name	Korean name	Sampling method*	Study region†			Total
				Bu	Gi	Hw	
Predators	<i>Anahita fauna</i> Karsch	너구리거미	P	21	15	20	56
	<i>Anisodactylus punctatipennis</i> Morawitz	점박이먼지벌레	F, P	19	7		26
	Anthocoridae sp.1	꽃노린재과 sp.1	F, P	6	7	2	15
	<i>Chlaenius naeviger</i> Morawitz	쌍무늬먼지벌레	P	30	20	13	63
	<i>Coptolabrus smaragdinus branickii</i> Taczanowski	진홍단딱정벌레	P	25	9	12	46
	<i>Diplocheila zeelandica</i> (Redtenbacher)	모래사장먼지벌레	P	1	1	14	16
	<i>Drassyllus biglobosus</i> Paik	쌍방울참매거미	P	7	1	11	19
	<i>Drassyllus vinealis</i> (Kulczyn'ski)	포도참매거미	P			19	19
	<i>Eusilpha jakowlewi</i> (Semenov)	큰넓적송장벌레	F, P	119		146	265
	Gnaphosidae sp.1	수리거미과 sp.1	P		6	10	16
	<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	무당벌레	B, F	3	8	2	13
	Histeridae sp.1	풍뎅이붙이과 sp.1	F, P	63	4		67
	<i>Itatsina praticola</i> (BösenbergandStrand)	족제비거미	P		27	11	38
	Linyphiidae sp.1	접시거미과 sp.1	F, P	6	7	10	23
	Lycosidae sp.1	늑대거미과 sp.1	P	1	3	8	12
	<i>Nebria chinensis chinensis</i> Bates	중국먼지벌레	P	20	6	7	33
	<i>Ocyopus weisei</i> Harold	노랑털검정반날개	P	10	12		22
	<i>Ozyptila nongae</i> Paik	눈개곤봉계거미	P			14	14
	<i>Parasteatoda tepidariorum</i> (C. L. Koch)	말꼬마거미	B, F, P	9	2		11
	<i>Pardosa brevivulva</i> Tanaka	뿔가시늑대거미	P	40			40
	<i>Pardosa herbosa</i> JoandPaik	풀늑대거미	P			52	52
	<i>Pardosa laura</i> Karsch	가시늑대거미	P	7	3	56	66
	<i>Peirates turpis</i> Walker	검정무늬침노린재	P			10	10
	<i>Pheropsophus jessoensis</i> Morawitz	폭탄먼지벌레	P	2	26		28
	<i>Piratula procurvus</i> (BösenbergandStrand)	좁늑대거미	P	2	24	12	38
	<i>Platydracus brevicornis</i> (Motschulsky)	홍딱지반날개	P	44	3	1	48
	<i>Pterostichus microcephalus</i> (Motschulsky)	잔머리먼지벌레	P	9		1	10
	<i>Sibianor pullus</i> (Bösenberg and Strand)	반고리깡충거미	F, P			10	10
	Staphylinidae sp.2	반날개과 sp.2	F, P	20	2	4	26
	Staphylinidae sp.3	반날개과 sp.3	F, P	6	2	2	10
	Staphylinidae sp.5	반날개과 sp.5	F, P	1	3	6	10
	Staphylinidae sp.10	반날개과 sp.10	F, P	1		9	10
	<i>Stemmops nipponicus</i> Yaginuma	검정토시꼬마거미	P	3	1	6	10
	<i>Synagelides agoriformis</i> Strand	어리개미거미	P	33			33
	<i>Synuchus arcuaticollis</i> Motschulsky	등근칠납작먼지벌레	P			10	10
	<i>Synuchus nitidus</i> (Motschulsky)	윤납작먼지벌레	P	42	3	2	47
	<i>Trochosa ruricola</i> (DeGeer)	촌티늑대거미	P	12			12
	<i>Vesputa flaviceps flaviceps</i> (Smith)	땅벌	F, P	1	17	27	45
	<i>Xysticus concretus</i> Utochkin	쌍지계거미	P	4	13	22	39
	<i>Xysticus</i> sp.1	-	B, F, P	1	7	5	13

Appendix-1. Continued

Functional guilds	Scientific name	Korean name	Sampling method*	Study region†			Total
				Bu	Gi	Hw	
	<i>Yemma exilis</i> Horváth	실노린재	<b>B</b>	13	1		14
	<i>Zelotes wuchangensis</i> Schenkel	자국염라거미	<b>P</b>	26	11		37
Parasitoids	Braconidae·Ichneumonidae spp.	고치벌과·맷시벌과 spp.	<b>B, F, P</b>	7	14	20	41
Saprophages	Aphodiidae sp.1	똥뽕땡이과 sp.1	<b>F, P</b>		2	14	16
	Dermestidae sp.1	수시렁이과 sp.1	<b>F</b>	6	1	7	14
	Cholevinae sp.1	애송장벌레아과 sp.1	<b>P</b>		1	10	11
	<i>Onthophagus atripennis</i> Waterhouse	흑가슴검정소똥뽕땡이	<b>F, P</b>	2	10	16	28
	<i>Onthophagus lenzii</i> Harold	렌지소똥뽕땡이	<b>P</b>		10		10
	<i>Onthophagus fodiens</i> Waterhouse	모가슴소똥뽕땡이	<b>P</b>	10	8		18
	<i>Onthophagus</i> sp.1	-	<b>P</b>			118	118

\* Abbreviations of sampling methods are: B, beating with visual; F, funnel trap; P, pitfall trap. Bold letters indicate more or less suitable sampling methods for each species.

† Abbreviations of study regions are: Bu, Buyeo; Gi, Gimcheon; Hw, Hwaseong.