

〈Original article〉

농촌경관에서 서식지 유형에 따른 딱정벌레와 나방의 시공간적 변화 양상

김남희 · 최세웅* · 이재석¹ · 이재하¹ · 안기정¹

목포대학교 환경교육과, ¹충남대학교 생물과학과

Spatio-Temporal Changes of Beetles and Moths by Habitat Types in Agricultural Landscapes

Nang-Hee Kim, Sei-Woong Choi*, Jae-Seok Lee¹,
Jaeha Lee¹ and Kee-Jeong Ahn¹

*Department of Environmental Education, Mokpo National University,
Muan 58554, Republic of Korea*

¹*Department of Biology, Chungnam National University,
Daejeon 34134, Republic of Korea*

Abstract – Agricultural landscapes in Korea comprise a large cultivation area of rice paddies, other crops, and forests which surround the cropland and the farmers' residential village. The forests in this agricultural landscape play important roles as ecological corridors and refuges for plants and animals in this agroecosystem. The present study investigated the spatial and temporal diversity patterns among these components of the agroecosystem to provide baseline data that describes how fauna change in the studies system. Insect sampling was conducted at four sites in two regions, Chungcheong (Ockcheon and Geumsan) and Jeonnam (Younggwang and Haenam), from March to August of 2014, using an UV light trap for moths and five pitfall traps for beetles. Beetles comprised 225 species and 2,457 individuals in 35 families, while moths consisted of 141 species and 403 individuals in 17 families. Beetles showed higher diversity in Chungcheong than Jeonnam, while moths showed no difference in diversity between regions. Forests showed the highest number of species and individuals, followed by orchards and rice paddies. The food preference of beetles showed that forests contained a higher proportion of herbivores, while orchards and rice paddies had a higher proportion of carnivores. Temporal changes in moths in the two regions were synchronous, while those of beetles were nonsynchronous. Moths increased from spring to summer across all habitats, especially in rice paddies during summer. Beetles also increased from spring to summer in orchards and rice paddies, although the beetles in the forests increased in the middle of summer. A detailed and long-term study is needed to reveal the causes of different diversity patterns of taxa among the different habitats within the agroecosystems.

Keywords : agricultural landscape, forest, insects, diversity, seasonality

* Corresponding author: Sei-Woong Choi, Tel. 061-450-2783,
Fax. 061-450-2789, E-mail. choisw@mokpo.ac.kr

서론

농업생태계는 생태계가 제공하는 여러 유형의 서비스를 생산하지만 동시에 생태계 서비스에 의존하고 있다. 농업생태계에서 생태계 서비스 평가와 관리가 중요한 이유는 농업생태계가 차지하는 비중, 농업활동이 다른 생태계 서비스 및 지구 생태계에 미치는 영향 등으로 알려져 있다(Garbach *et al.* 2014). 농업생태계는 지구 표면적의 약 40%를 차지할 정도로 지구 육상생태계에서 커다란 부분을 차지하고 있으며 여기에서 생산되는 농작물은 다른 생태계 서비스 분야에 영향을 미치고 있다(Foley *et al.* 2005; Zhang *et al.* 2007). 2005년 출판된 Millennium Ecosystem Assessment에서 측정된 24개의 서비스 중 15개(60%)가 농작물 생산과 인간 활동으로 인하여 질적 하락이나 지속적 사용이 불가능한 것으로 나타났으며(Garbach *et al.* 2014), 대규모 경작 농업은 환경오염, 질소나 인의 과다사용으로 인한 환경변화 등을 일으켜 지구 생명 유지 시스템을 파괴하고 있다(Rockström *et al.* 2009).

지난 수십 년 동안 자연 서식지를 단순한 농경지로 바꾸고 농약이나 비료와 같은 인공자원 사용을 극대화하면서 농업생산성은 대폭 증가하였지만 농업생태계는 자연 서식지 감소와 파편화로 생물다양성이 급격하게 줄어들었다(Aebischer 1991; Sotherton 1998; Chamberlain *et al.* 2000; Donald *et al.* 2001; Tscharntke *et al.* 2005; Liu *et al.* 2010). 한편 농업 집중화로 인한 생산성 증가는 때때로 식물 생체량 증가나 새, 포유류, 나비, 벌 등에게 열매를 제공하거나 화분(pollen)을 제공함으로써 생물 종 다양성을 높이기도 한다(Söderström *et al.* 2001; Westphal *et al.* 2003). 농업생태계에서 생태계 서비스와 관련된 요인은 주변 경관의 다양성과 기능에 의해 크게 영향을 받는다(Tscharntke *et al.* 2005). 즉 단순 경관에 숲이나 초지 등과 같은 다른 유형의 서식지를 포함시키면서 유기농과 같은 집중도가 낮은 농업을 도입한다면 경관구조 복잡성을 일으켜, 생물종 다양성과 생태계 서비스를 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다(Tscharntke *et al.* 2005).

농촌 경관의 종 다양성 양상을 확인하기 위하여 딱정벌레나 나방을 포함한 곤충 연구가 많이 이루어져 왔다. 보행성 딱정벌레는 포식성 또는 다식성 습성을 지니고 있어 천적생물로 잘 알려져 있으며 환경변화를 나타내는 지표종으로 많이 이용되고 있다(Kromp 1999; Kang *et al.* 2009; Koivula 2011; Jung 2016). 나방은 초식성으로 몇몇 종은 농업분야에서 주요 해충으로 알려져 있지만 자연서식지와 농업서식지 사이의 종 다양성을 비교하거나 숲 크기와 거리에 따른 다양성 영향을 알아보는 지표종으로도 이용되고 있다(Holloway 1985; Burford *et al.* 1999; Kitching *et al.* 2000; Ricketts

et al. 2001; Summerville *et al.* 2004; An and Choi 2013).

이 연구에서는 우리나라 농촌 경관을 구성하고 있는 숲, 과수원, 농경지 등에 서식하는 나방과 딱정벌레 종 다양성 양상을 시공간적으로 알아보고자 하였다. 한국 농촌 경관은 논과 밭을 중심으로 넓은 경작지와 함께 마을숲(maelsuop; village forest)이나 산림이 연결된 다소 복잡한 경관구조를 나타내고 있다. 농촌경관에 남아있는 마을숲은 마을사람들에 의해 조성되거나 잔존림을 보호하기 위해 오랫동안 관리되어온 숲으로 우리나라를 포함한 동북아시아 농촌 생태계에서 조류와 소형 포유류의 서식 공간과 자연산림 서식지 간 생물 이동과 종자 전파를 원활하게 하는 생태통로와 징검다리 역할을 한다(Park *et al.* 2006). 하지만 우리나라 농촌 지역 마을숲은 점차 파편화되고, 마을숲과 인근 잔존림, 자연산림과의 연결성이 낮아지고 있다(Kang *et al.* 2012). 농촌 경관을 구성하고 있는 다양한 형태의 생태공간에 분포하는 곤충은 농약이나 농작물 재배나 수확 등 인위적 교란에 크게 영향을 받을 뿐만 아니라 계절적인 온도와 강수량 변동과 같은 기후 변화로 인하여 영향을 받을 것으로 여겨진다. 특히 논이나 과수원 등에서 해충 또는 천적으로 활동하는 곤충은 추운 겨울을 지내기 위하여 농경지 인근 숲으로 이동하고 봄 이후 다시 농경지로 이동하는 양상을 띠면서 숲은 피난처(refugee) 역할을 할 것이다. 이 연구는 농촌경관의 서식지 내 곤충 군집이 어느 서식지 형태에서 계절적으로 어떻게 변화해 나가는가를 파악하기 위하여 실시되었다.

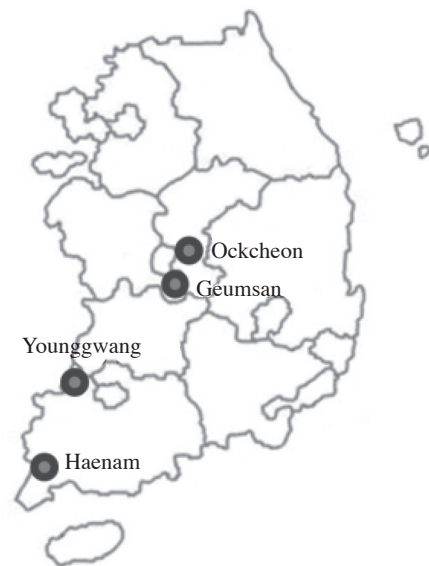


Fig. 1. Map of the four study sites in South Korea, Ockcheon and Geumsan (Chungcheong, CC) and Younggwang and Haenam (Jeonnam, JN). Each study site includes insect sampling from three different habitat types: forests, rice paddies, and orchards.

Table 1. Sampling site information for collecting beetles and moths from the middle and southern South Korea

Province	Site	Type	Latitude	Longitude
Chungnam	Geumsan	Forest	N36°08'19.48"	E127°31'31.52"
		Rice paddy	N36°07'52.59"	E127°31'31.82"
		Orchard	N36°07'39.72"	E127°31'45.80"
Chungbuk	Ockcheon	Forest	N36°15'58.87"	E127°32'20.21"
		Rice paddy	N36°16'11.27"	E127°31'44.32"
		Orchard	N36°16'07.79"	E127°31'37.50"
Jeonnam	Haenam	Forest	N34°41'27.28"	E126°24'29.21"
		Rice paddy	N34°42'34.88"	E126°24'2.26"
		Orchard	N34°41'40.37"	E126°24'19.19"
	Younggwang	Forest	N35°18'45.14"	E126°27'28.65"
		Rice paddy	N35°18'36.40"	E126°28'13.36"
		Orchard	N35°18'36.52"	E126°28'55.03"

Table 2. Sampling dates in 2014 and number of individuals collected from four sites of South Korea, CC (Chungcheong, Ockcheon and Geumsan) and JN (Jeonnam, Younggwang and Haenam)

Season	Julian week (Date)	Moths		Beetles	
		CC	JN	CC	JN
Spring	11-12 (Mar 15-21)	0	1	241	0
	15-16 (Apr 10-15)	37	38	551	63
	19-20 (May 8-15)	3	16	410	364
Summer	24-25 (Jun 12-19)	35	102	464	86
	32-33 (Aug 8-14)	106	65	171	107

재료 및 방법

농촌경관에 서식하는 나방과 딱정벌레 군집을 알아보기 위하여 충남(금산)과 충북(옥천), 전남(해남, 영광) 등 4지역에서 2014년 3월부터 8월까지 야외조사를 실시하였다(Fig. 1, Tables 1, 2). 조사는 각 지역에서 과수원, 논, 그리고 농경지 주변 야산을 대상으로 3개 조사지점을 선정한 후 각 조사지점에서 나방과 딱정벌레를 조사하였다(Table 1).

나방은 자외선등 트랩(Ultraviolet Light trap, BioQuip, USA)을 설치하여 채집하였고, 딱정벌레는 함정트랩(pitfall trap)을 설치하여 채집하였다. 자외선등 트랩은 22 watt 원형 자외선등을 12 Volt 배터리로 연결하여 해가 진 뒤 5시간 동안 자외선등이 켜져 유인되는 나방을 잡는 방법으로 설치한 다음날 트랩 안에 채집된 나방을 수거하여 실험실에서 나비목 관련 문헌을 이용하여(Kononenko *et al.* 1998; Kim *et al.* 2001; Shin 2001; Kim *et al.* 2016) 종 수준까지 동정하였다. 딱정벌레는 각 조사지점에서 5개의 함정트랩을 3 m 간격으로 설치하였으며 트랩 안에는 부동액과 알코올을 50:50으로 섞은 용액을 넣어 일주일간 함정트랩에 빠져 있는 곤충을 수

거하여 딱정벌레관련 국내외 문헌을 이용하여(Lawrence *et al.* 2000; Kim 2001; Bouchard *et al.* 2011) 종을 동정하였다.

채집 및 동정된 나방과 딱정벌레 자료는 각 지역별 서식지별 다양성 분석을 위하여 정리하였다. 지역간 나방과 딱정벌레 군집 차이는 Student t-test를 이용하였으며 서식지별 다양성 분석은 ANOVA 분석을 통하여 변인간 차이를 검정하였다. 딱정벌레의 먹이 습성이 밝혀진 종을 대상으로 서식지 유형에 따른 차이를 Chi-square 검증을 통하여 알아보았다. 통계분석을 위하여 R 프로그램(ver. 3.4.3, R Development Core Team)을 이용하였다.

결 과

전남과 충청 지역에서 채집된 나방과 딱정벌레의 종 다양성(종 수)과 풍부도(개체수)를 확인하였다. 그 결과 딱정벌레는 35과 225종 2,457개체, 나방은 17과 141종 403개체가 채집되어 딱정벌레 다양성이 더 높은 것을 확인하였다. 각 지역별 다양성은 전남 영광에서 딱정벌레 36종 334개체, 나방 55종 96개체, 해남 딱정벌레 38종 286개체, 나방 62종 126개체, 금산 딱정벌레 113종 862개체, 나방 47종 78개체, 옥천 딱정벌레 154종 975개체, 나방 32종 103개체가 채집되었다. 딱정벌레의 종 수와 개체수 모두 충청지역에서 높은 값을 나타내었으나(종 수: $t = -4.84$, $p < 0.05$; 개체수: $t = -9.91$, $p < 0.05$), 나방은 종 수와 개체수 모두 지역간 차이를 나타내지 않았다(종 수: $t = 2.30$, $p = 0.15$; 개체수: $t = 1.05$, $p = 0.40$) (Fig. 2).

딱정벌레에서 종 다양성이 높은 분류군은 바구미과(Curculionidae), 딱정벌레과(Carabidae), 반날개과(Staphylinidae), 잎벌레과(Chrysomelidae) 등으로 확인되었으며 나방

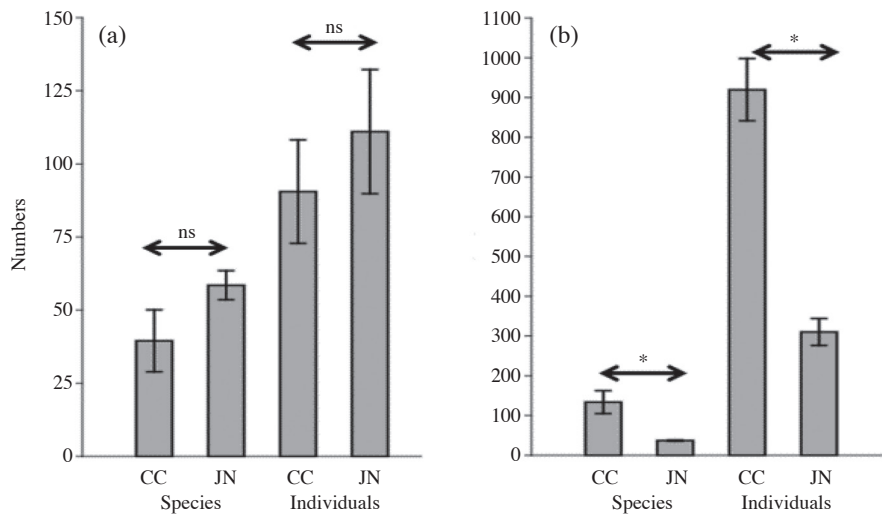


Fig. 2. Comparison of the numbers of species and individuals collected from Ockcheon and Geumsan (Chungcheong, CC) and Younggwang and Haenam (Jeonnam, JN). (a) moths, (b) beetles. * $p < 0.05$, ns: $p > 0.05$.

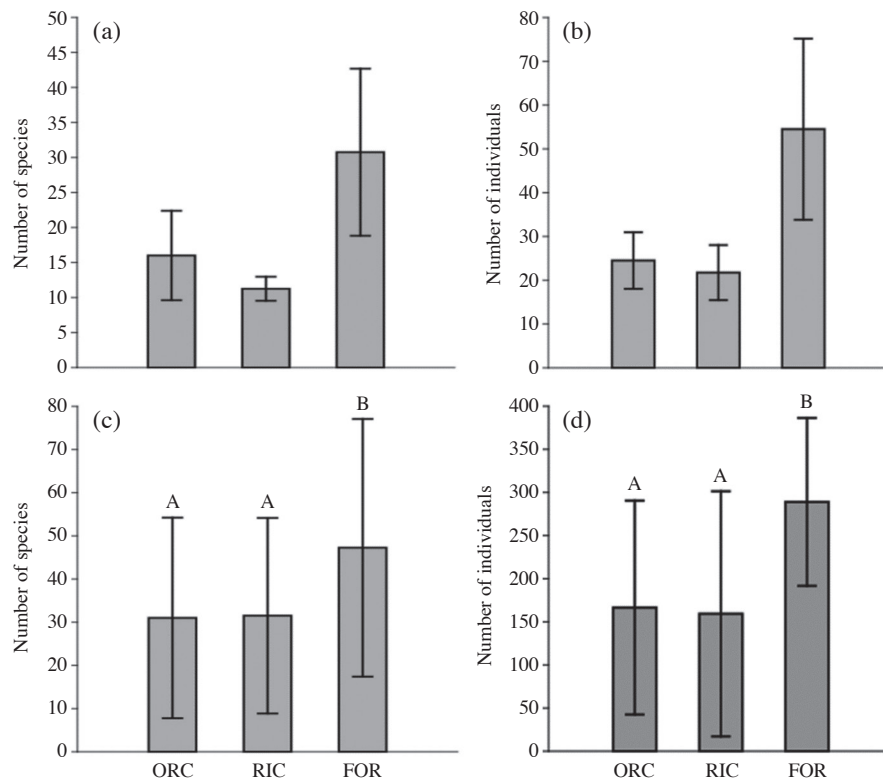


Fig. 3. Comparison of numbers of species and individuals collected from three different habitats in the agroecosystems in Chungcheong and Jeonnam. (a) number of moth species, (b) number of moth individuals, (c) number of beetle species, (d) number of beetle individuals. ORC, orchard; RIC, rice paddy; FOR, forest. Each bar indicates the mean and standard deviation. (a) $F = 1.14$, $p = 0.36$; (b) $F = 1.19$, $p = 0.35$; (c) $F = 6.68$, $p < 0.05$; (d) $F = 5.84$, $p < 0.05$. Different alphabets indicate the significance difference at $p < 0.05$.

은 밤나방과(Noctuidae), 태극나방과(Erebidae), 포충나방과(Crambidae), 자나방과(Geometridae) 등이 종 다양성이 높

은 분류군으로 확인되었다(Appendixes 1, 2). 전남과 충청 두 지역에서 채집된 나방과 딱정벌레의 서식

지 유형별 종 수와 개체수 양상은 산림에서 가장 높았고 다음으로 과수원, 논 순이었다. 딱정벌레는 종 수와 개체수 모두 산림에서 다소 높은 수치를 나타내었지만 통계적으로 특정한 유형의 서식지가 높은 경향을 띠지는 않았다(종 수: $F=$

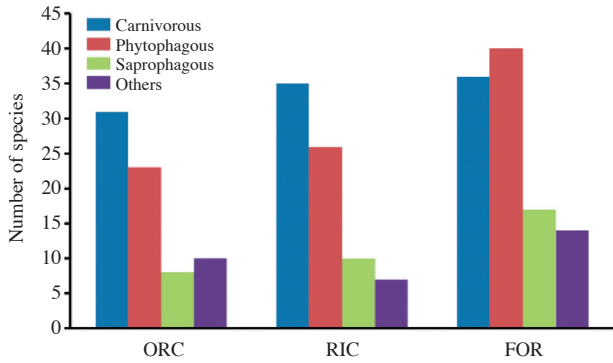


Fig. 4. Food preference of beetle species collected from three different habitats in agroecosystems in Korea. Each bar indicates the food preference. ORC, orchard; RIC, rice paddy; FOR, forest.

1.14, $p=0.36$; 개체수: $F=1.19, p=0.35$). 나방은 종 수와 개체수 모두 산림에서 가장 높은 것으로 나타났다(종 수: $F=6.68, p<0.05$; 개체수: $F=5.84, p<0.05$) (Fig. 3).

채집된 딱정벌레를 이용하여 서식지 간 곤충의 식성 차이가 있는가를 알아보았다. 산림의 경우 초식성곤충(phytophagous) 출현비율이 가장 높았으며 다음으로 포식성(carnivorous), 분식성(saprophagous), 기타 등이었다. 과수원과 논에서는 포식성을 띤 곤충의 출현비율이 가장 높았으며 다음으로 초식성, 분식성, 기타 등이었다(Fig. 4). 그러나 이들 지역간 식성을 띤 곤충의 차이는 통계적으로 차이를 나타내지는 않았다(Chi-squared test, $\chi^2=2.8047, p=0.59$).

시간별 곤충 출현시기는 나방의 경우 전남과 충청의 출현시기가 동일한 반면 딱정벌레는 충청과 전남지역에서 19주째(5월 8일)와 24주째(6월 13일)에 서로 최고와 최저가 바뀌는 값을 나타내었다(Fig. 5). 서식지별 출현 양상은 나방 종 수는 15주(4월 11일)와 24주째 이후 숲, 과수원, 논 등에서 모두 증가하는 추세를 보였으며 개체수는 종 수와 유사한 양상을 보였지만 농경지에서 19주째 급격한 상승을 나타

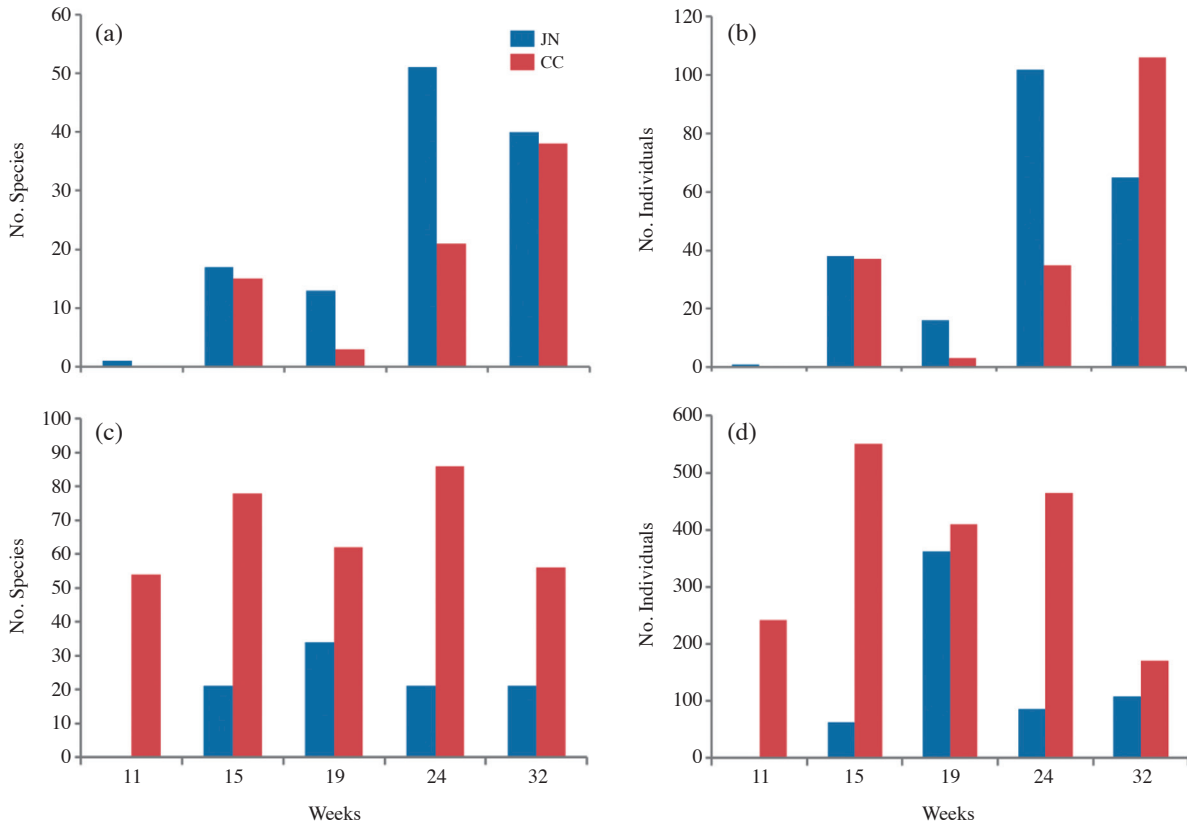


Fig. 5. Changes in numbers of species and individuals from two regions, Chungcheong (Ockcheon and Geumsan, CC) and Jeonnam (Younggwang and Haenam, JN), along Julian weeks. (a) number of moth species, (b) number of moth individuals, (c) number of beetle species, (d) number of beetle individuals.

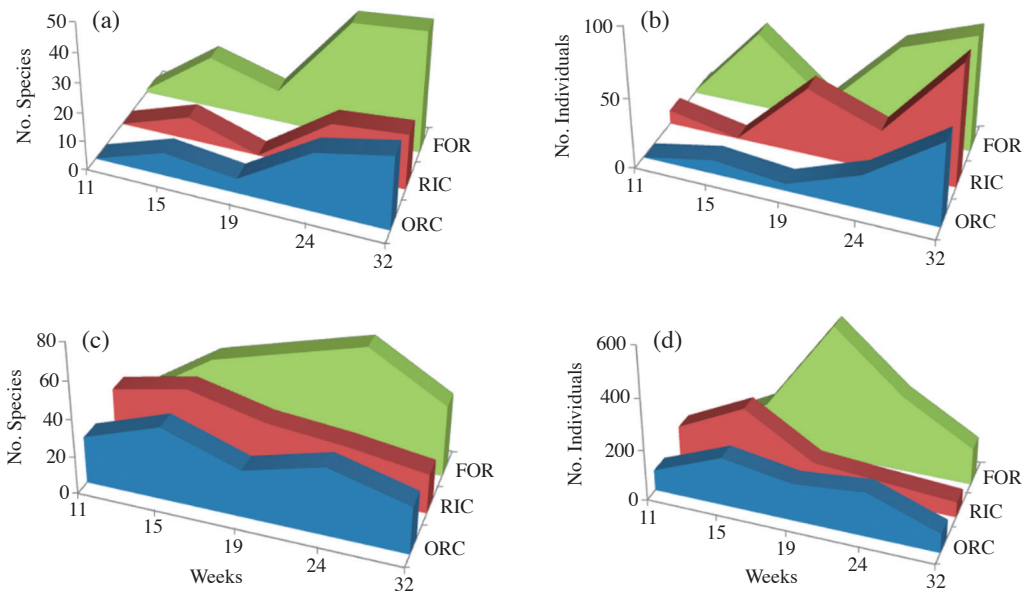


Fig. 6. Changes in numbers of species and individuals from three different habitats in the agroecosystems of Korea along Julian weeks. (a) Number of moth species, (b) number of moth individuals, (c) number of beetle species, (d) number of beetle individuals. ORC, orchard; RIC, rice paddy; FOR, forest.

내었다. 딱정벌레는 종 수는 15주와 24주째에 증가하는 양상을 보였으며 개체수는 숲에서 19주째 이후 급격하게 증가하여 과수원이나 논보다 높은 양상을 띤 15주째 이후 훨씬 높은 종 수를 나타내었다(Fig. 6).

고 찰

1. 서식지별 종 다양성 양상

한국 남부지방인 전남 해남, 영광과 중부지방인 충북 옥천, 충남 금산에서 채집된 나방과 딱정벌레의 다양성은 딱정벌레가 훨씬 높은 종 다양성을 나타내었다. 딱정벌레는 지구상 가장 풍부한 종 수를 가진 분류군으로 적어도 120만 종이 분포할 것으로 알려져 있으며(Stork *et al.* 2015) 지역적으로도 딱정벌레가 나방보다 많은 수가 채집되어 다양성에서 큰 차이를 나타내었다. 서식지 유형별로 출현한 나방과 딱정벌레 종 다양성은 산림에서 가장 높은 다양성을 나타내었으며 과수원, 논 순이었다. 농촌경관에서 산림 서식지는 딱정벌레와 나방과 같은 곤충은 물론 다른 척추동물 등의 종 다양성을 유지하는 중요한 역할을 하는 것으로 확인되었다(Park *et al.* 2006). 나방은 산림에서 가장 많은 종 수와 개체수가 채집되어 다양한 식물이 분포하는 산림과 뚜렷한 연관이 나타나는 초식성 곤충의 특징이 뚜렷하게 나타났다.

딱정벌레는 비록 산림에서 종 수와 개체수가 많이 채집되

었지만 초식성 뿐만 아니라 포식성, 분식성 등 다양한 식성을 지닌 종이 서식지별로 다양하게 분포함으로써 서식지 간 다양성의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 딱정벌레 중 종 수와 개체수가 풍부한 5개 과의 서식지별 출현양상에서 종 수는 잎벌레과(Chrysomelidae)를 제외하고 모든 4개 과에서 산림이 가장 많은 종 수가 확인되었다. 그러나 딱정벌레과(Carabidae)와 밀빠진벌레과(Nitidulidae)는 과수원에서 잎벌레과는 논에서 가장 많은 개체수가 채집되었다. 보행성 딱정벌레의 경우 주변 서식지 형태나 토양 이용이 종 출현과 밀접한 연관을 가진다고 알려져 있다(Van Emden 1965; Altieri and Schmidt 1986; Lövei and Sunderland 1996; Matson *et al.* 1997; Kang *et al.* 2009; Choe *et al.* 2016). 딱정벌레의 서식지 유형별로 식성형태를 살펴본 결과 산림에서는 초식성곤충(phytophagous)이 가장 높은 비중을 차지하였다. 한편 농작물이 재배되는 곳에서는 초식성보다는 포식성 딱정벌레가 더 비중이 높은 경향을 나타내어 농업생태계에서 천적 자원으로 딱정벌레 군집의 중요성을 확인할 수 있었지만 통계적으로 큰 유의성을 나타내지 않아 서식지 주변 식생형태가 딱정벌레 분포에는 영향을 덜 주는 것으로 나타났다.

나방 중 몇몇 종은 농업생태계에서는 주요 해충으로 알려져 있지만 많은 나방 종 또는 종 그룹이 농업생태계 내에서 담당하는 생태학적 역할에 대하여는 초식성으로 식물을 가해하거나 상위 포식자인 새나 박쥐의 먹이로 작용하는 것으로 알려져 있을 뿐 서식지 형태 변화에 따른 변화 등은 잘

알려져 있지 않다. 산림 서식지에서 불나방아과(Arctiinae), 갈고리나방과(Drepanidae), 가지나방아과(Ennominae), 재주나방과(Notodontidae)는 벌목이나 서식지 손실과 같은 인위적 영향에 부정적인 반응을 나타내는 것으로 알려져 있다(Holloway 1985; Burford *et al.* 1999; Kitching *et al.* 2000; Summerville *et al.* 2004; An and Choi 2013). 이번 연구에서 나방 종 수와 개체수는 산림 서식지에서 가장 많이 채집되었지만 과수원에서 채집된 밤나방과의 뒷흰날개담색밤나방(*Athetis dissimilis* Hampson)과 논에서 채집된 이화명나방(*Chilo suppressalis* Walker) 등은 산림보다는 과수원 또는 논에서 더 많이 채집되어 서식지 형태를 나타내는 지표종으로 이용될 수 있다. 또한 박각시과(Sphingidae) 2종은 논에서만 확인되었는데 이들 나방이 논 작물을 가해하기 보다는 주변 지역으로 이동하면서 채집된 것으로 여겨져 농경생태계 경관 사이에 생물의 이동이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

2. 시간적 다양성 변화 양상

시간적 곤충 출현 양상은 나방의 경우 전남과 충청의 출현시기가 동일한 반면 딱정벌레는 충청과 전남에서 서로 다른 양상을 나타내었다. 딱정벌레 종 수는 이른 봄과 여름에 증가하는 양상을 보였으며 개체수는 숲에서 늦은 봄부터 급격하게 증가하여 과수원이나 논보다 훨씬 높은 종 다양성 양상을 띠었다. 보행성 딱정벌레 중 딱정벌레과(Carabidae)는 애벌레와 성충 동안 토양층에 살고 있는데 일반적으로 출현 양상은 1년에 1회 출현하는 1화성으로 겨울을 애벌레나 성충으로 지낸다(Kromp 1999). 이러한 생활사는 딱정벌레 종수가 여름에는 높다가 가을부터는 줄어든 것으로 예측하는데 이번 연구에서도 여름에 종 수와 개체수 모두 피크를 나타내어 동일한 결과가 나타났다. 한편 잎벌레과(Chrysomelidae)와 바구미과(Curculionidae)는 늦은 봄부터 늘어나다 줄어듦과 반날개과(Staphylinidae) 개체수는 늦은 봄, 종 수는 여름부터 늘어나는 등 계절별 출현양상이 과 수준에서 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

이번 연구를 통하여 지역별 출현양상이 딱정벌레에서는 다르게 나타난 반면 나방에서는 지역간 차이가 나타나지 않았다. 이에 대한 원인 중 하나는 샘플링 시간으로 여겨진다. 나방은 조사기간이 1일로 짧은 반면 딱정벌레는 7일로 길다. 조사기간이 길어지면서 비교적 다양한 딱정벌레가 채집될 가능성이 커져 종 수나 개체수가 많아질 뿐만 아니라 서식지 간 차이도 뚜렷하게 나타나지 않은 가능성도 있다고 판단된다. 이에 대한 면밀한 검토가 조사기간이나 조사지 수를 늘리는 연구를 통하여 밝혀질 수 있을 것이다. 특히 농경지

내 서식지 형태 간에 분류군별 출현 양상이 차이가 나는 것은 특정 분류군의 행동 또는 형태학적 특징과 관계가 있을 것으로 예상되므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

적 요

한국 농촌 경관은 논과 밭을 중심으로 넓은 경작지와 함께 숲이 어우러진 다소 복잡한 경관구조를 나타내고 있으며 숲은 농경지와 산림 서식지 간 생물 이동과 종자 전파를 원활하게 하는 생태통로와 징검다리 역할을 함으로써 피난처 역할을 수행하는데, 이 연구에서는 곤충 개체군의 이동 현상을 파악하기 위한 기초연구로 각 서식지 간 다양성 양상을 시공간적으로 살펴보았다. 조사는 충남(금산)과 충북(옥천), 전남(해남, 영광) 등 4지역에서 2014년 3월부터 8월까지 실시하였으며 나방은 자외선등 트랩을 딱정벌레는 함정트랩을 설치하여 채집하였다. 딱정벌레는 35과 225종 2,457개체, 나방은 17과 141종 403개체가 채집되었으며 지역별로는 딱정벌레 종 수와 개체수 모두 충청지역에서 높은 값을 나타내었으나 나방은 두 지역간 차이를 나타내지 않았다. 서식지 유형별 종 수와 개체수 양상은 산림에서 가장 높았고 다음으로 과수원, 논 순이었다. 서식지 간 식성의 차이를 살펴본 결과 산림에서는 초식성곤충이 과수원과 논에서는 포식성 곤충 출현비율이 높은 경향을 나타냈다. 나방은 전남과 충청의 출현이 동일한 반면 딱정벌레는 시간차이가 있는 것으로 나타났다. 서식지별로 숲, 과수원, 논 등에서 모두 봄과 여름에 증가하는 추세를 보였으나, 논에서는 늦여름에 많은 개체가 확인되었다. 딱정벌레 역시 나방과 유사하였지만 숲에서 과수원이나 논보다 늦게 개체수가 늘어나는 양상을 나타내었다. 추후 농경생태계 내 다른 서식지 형태 사이에서 분류군의 출현양상에 대한 장기간 조사를 통하여 이번 연구에서 얻어진 결과에 대한 면밀한 검토가 필요할 것으로 생각한다.

사 사

이 연구를 위하여 곤충 채집을 도와 준 목포대학교 환경교육과와 충남대학교 생물학과 학생들에게 감사합니다. 이 연구는 농업과학원 과제(PJ01346303) 지원으로 이루어졌습니다.

REFERENCES

Aebischer NJ. 1991. Twenty years of monitoring invertebrates

- and weeds in cereal fields in Sussex. pp. 305–331. In *The Ecology of Temperate Cereal Fields* (Firbank LG, N Carter, JF Darbyshire and GR Potts eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Altieri MA and LL Schmidt. 1986. The dynamics of colonizing arthropod communities at the interface of abandoned, organic and commercial apple orchards and adjacent woodland habitats. *Agric. Ecosyst. Environ.* 16:29–43.
- An JS and SW Choi. 2013. Forest moth assemblages as indicators of biodiversity and environmental quality in a temperate deciduous forest. *Eur. J. Entomol.* 110:509–517.
- Bouchard P, Y Bousquet, A Davies, M Alonso-Zarazaga, J Lawrence, C Lyal, A Newton, C Reid, M Schmitt, A Słipiński and A Smith. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys* 88:1–972.
- Burford LS, MJ Lacki and CV Jr Covell. 1999. Occurrence of moths among habitats in a mixed mesophytic forest: implications for management of forest bats. *Forest Sci.* 45:323–329.
- Chamberlain DE, RJ Fuller, RGH Bunce, JC Duckworth and M Shrubbs. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *J. Appl. Ecol.* 37:771–778.
- Choe LJ, KJ Cho, SK Choi, SH Lee, MK Kim, HS Bang, J Eo and MH Kim. 2016. Effects of landscape and management on ground-dwelling insect assemblages of farmland in Jeju Island, Korea. *Entomol. Res.* 46:36–44.
- Donald PF, RE Green and MF Heath. 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 268:25–29.
- Foley JA, R DeFries, GP Asner, C Barford, G Bonan, SR Carpenter, FS Chapin, MT Coe, GC Daily, HK Gibbs, JH Helkowski, T Holloway, EA Howard, CJ Kucharik, C Monfreda, JA Patz, IC Prentice, N Ramankutty and PK Snyder. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309:570–574.
- Garbach K, JC Milder, M Montenegro, DS Karp and FAJ DeClerck. 2014. Biodiversity and ecosystem services in agroecosystems. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* 2:21–40.
- Holloway JD. 1985. Moths as indicator organisms for categorizing rain-forest and monitoring changes and regeneration processes. pp. 235–242. In *Tropical Rain-Forest* (Chadwick AC and SL Sutton eds.). The Leeds Symposium, Special Publ. of the Leeds Philosophical and Literary Society, Leeds.
- Jung JK, YJ Park, SK Lee, HS Lee, YG Park, JH Lee, TY Choi and DG Woo. 2016. Response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to vegetation structure in wildlife crossings. *Korean J. Environ. Ecol.* 30:185–198.
- Kang BH, JH Lee and JK Park. 2009. The study on the characteristics of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) community for conservation of biodiversity in agricultural landscape. *Korean J. Environ. Ecol.* 23:545–552.
- Kang WM, IS Koh, CR Park and DW Lee. 2012. An analysis of changes in forest fragmentation and morphology in surrounding landscapes of Maeulsoops and Jinan-gun. *Korean J. Environ. Ecol.* 26:941–951.
- Kim JH. 2001. The Coleopteran of Korea. Kyo-Hak, Seoul. p. 495. (in Korean)
- Kim SS, EA Beljaev and SH Oh. 2001. Illustrated catalogue of Geometridae in Korea (Lepidoptera: Geometrinae, Ennominae). Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology & Center for Insect Systematics, Daejeon.
- Kim SS, SW Choi, JC Sohn, T Kim and BW Lee. 2016. The geometrid moths of Korea (Lepidoptera: Geometridae). *Jung-haengsa*, Seoul. p. 499.
- Kitching RL, AG Orr, L Thalib, H Mitchell, MS Hopkins and AW Graham. 2000. Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *J. Appl. Ecol.* 37:284–297.
- Koivula MJ. 2011. Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *ZooKeys* 100:287–317.
- Kononenko VS, SB Ahn and L Ronkay. 1998. Illustrated Catalogue of Noctuidae in Korea (Lepidoptera). *Insects of Korea* 3. KRIBB & CIS, Jung-haengsa, Seoul. p. 507.
- Kromp B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74:187–228.
- Lawrence JF, AM Hastings, MJ Dallwitz, TA Paine and EJ Zurcher. 2000. Beetles of the world. Version 1.0. CSIRO, Collingwood, Victoria.
- Liu Y, JC Axmacher, C Wang, L Li and Z Yu. 2010. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in the intensively cultivated agricultural landscape of Northern China - implications for biodiversity conservation. *Insect Conserv. Divers.* 3:34–43.
- Lövei GL and KD Sunderland. 1996. Ecology and behaviour of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.* 41:231–256.
- Matson PA, WJ Parton, AG Power and MJ Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277:504–509.
- Park CR, JH Shin and DW Lee. 2006. Bibosoop: A unique Korean biotope for cavity nesting birds. *J. Ecol. Field Biol.* 29: 75–84.
- R Development Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. Ver. 3.4.3. R Foundation for Statistical Computing. URL <http://www.R-project.org/>.
- Ricketts TH, GC Daily, PR Ehrlich and JP Fay. 2001. Country-

- side biogeography of moths in a fragmented landscape: Biodiversity in native and agricultural habitats. *Conserv. Biol.* 15:378–388.
- Rockström J, W Steffen, K Noone, A Persson, FS Chapman III, EF Lambin, TM Lenton, M Scheffer, C Folke, HJ Schellhuber, B Nykvist, CA de Witt, T Hughes, S van der Leeuw, H Rodhe, S Sörlin, PK Snyder, R Costanza, U Svedin, M Falkenmark, L Karlberg, RW Corell, VJ Fabry, J Hansen, B Waler, D Liverman, K Richardson, P Crutzen and JA Foley. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461:472–475.
- Shin YH. 2001. Coloured illustrations of the moths of Korea. Academybook, Seoul.
- Söderstöm B, B Svensson, K Vessby and A Glimster. 2001. Plants, insects and birds in semi-natural pastures in relation to local habitat and landscape factors. *Biodivers. Conserv.* 10:1839–1863.
- Sotherton NW. 1998. Land-use changes and the decline of farmland wildlife: an appraisal of the set-aside approach. *Biol. Conserv.* 83:259–268.
- Stork NE, J McBroom, C Gely and AJ Hamilton. 2015. New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 112: 7519–7623.
- Summerville KS, LM Ritter and TO Crist. 2004. Forest moth taxa as indicators of lepidopteran richness and habitat disturbance: a preliminary assessment. *Biol. Conserv.* 116:9–18.
- Tscharntke T, AM Klein, A Kruess, I Steffan-Dewenter and C Thies. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8:857–874.
- Van Emden HF. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Sci. Hortic.* 17: 121–136.
- Westphal C, I Steffan-Dewenter and T Tscharntke. 2003. Mass flowering crops enhance densities at a landscape scale. *Ecol. Lett.* 6:961–965.
- Zhang W, TH Ricketts, C Kremen, K Carney and SM Swinton. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecol. Econ.* 64:253–260.

Received: 18 May 2018

Revised: 31 May 2018

Revision accepted: 4 June 2018

Appendix 1. Number of species (individuals) of moths at the family level from four sites in two regions, Chungcheong (Ockcheon and Geumsan, CC) and Jeonnam (Younggwang and Haenam, JN), Korea

Family	CC	JN	Total
Noctuidae	21 (77)	25 (69)	38 (146)
Erebidae	18 (31)	19 (42)	31 (73)
Crambidae	10 (27)	17 (33)	21 (60)
Geometridae	9 (33)	19 (22)	25 (55)
Pyralidae	2 (5)	3 (30)	4 (35)
Limacodidae	2 (3)	3 (5)	5 (8)
Tortricidae		2 (6)	2 (6)
Notodontidae	2 (3)	2 (3)	4 (6)
Drepanidae	1 (1)	2 (3)	2 (4)
Sphingidae		2 (2)	2 (2)
Alucitidae		1 (2)	4 (2)
Cossidae		1 (1)	1 (1)
Zygaenidae		1 (1)	1 (1)
Yponomeutidae	1 (1)		1 (1)
Thyrididae		1 (1)	1 (1)
Epiplemidae		1 (1)	1 (1)
Tineidae		1 (1)	1 (1)
Total	66 (181)	100 (222)	141 (403)

Appendix 2. Number of species (individuals) of beetles at the family level from four sites in two regions, Chungcheong (Ockcheon and Geumsan, CC) and Jeonnam (Younggwang and Haenam, JN), Korea

Family	CC	JN	Total
Curculionidae	18 (613)	10 (298)	22 (911)
Carabidae	40 (428)	23 (187)	45 (615)
Staphylinidae	53 (336)	9 (12)	57 (348)
Chrysomelidae	20 (151)	3 (4)	21 (155)
Silphidae	3 (44)	1 (51)	3 (95)
Histeridae	3 (55)	1 (1)	4 (56)
Nitidulidae	15 (45)	3 (9)	16 (54)
Cryptophagidae	6 (35)	1 (5)	6 (40)
Scarabaeidae	3 (9)	2 (25)	3 (34)
Leiodidae	5 (18)	1 (1)	5 (19)
Coccinellidae	5 (12)	2 (4)	7 (16)
Elateridae	3 (16)		3 (16)
Anthicidae	1 (13)		1 (13)
Hydrophilidae		2 (11)	2 (11)
Lathridiidae	2 (11)		2 (11)
Endomychidae	1 (9)		1 (9)
Tenebrionidae	3 (9)		3 (9)
Cicindelidae		1 (8)	1 (8)
Aphodiidae	2 (8)		2 (8)
Hydraenidae	1 (5)		1 (5)
Byrrhidae	2 (4)		2 (4)
Cerambycidae	1 (1)	2 (3)	3 (4)
Melolonthidae	2 (3)		2 (3)
Anthribidae	2 (2)		2 (2)
Mycetophagidae	1 (1)		1 (1)
Pyrochroidae	1 (1)		1 (1)
Bostrychidae	1 (1)		1 (1)
Lucanidae	1 (1)		1 (1)
Slivanidae	1 (1)		1 (1)
Cleridae	1 (1)		1 (1)
Biphylidae	1 (1)		1 (1)
Anobiidae		1 (1)	1 (1)
Corylophidae	1 (1)		1 (1)
Dermostidae	1 (1)		1 (1)
Discolomatidae	1 (1)		1 (1)
Total	201 (1,837)	62 (620)	225 (2,457)