

전남 서남부 농촌지역에 분포하는 나비군집의 변화 양상에 관한 연구

최 세 웅* · 안 정 섭¹

국립목포대학교 환경교육학과, ¹국립생태원 기후생태연구실

Pattern of Change of the Local Butterfly Community in a Rural Area of Southwestern Part of Korea

Sei-Woong Choi* and Jeong-Seop An¹

Department of Environmental Education, Mokpo National University, Muan, Jeonnam 534-729, Korea

¹Division of Climate and Ecology, National Institute of Ecology, Seoecheon, Chungnam 325-813, Korea

Abstract - We surveyed butterfly community in a rural area of the southwestern part of Korea to investigate the changes of species composition and their abundances between 2001 ~ 2002 and 2014. The butterfly survey was conducted at the same site using a line transect method. There was a significant decrease of the numbers of species and individuals between 2001 ~ 2002 and 2014. We categorized each species based on six ecological traits: habitat type, habitat breadth, food plant type, food plant breadth, number of generation per year and overwintering stage. The comparison of number of species using these ecological traits showed no difference during the 10-yr time intervals. However, the comparison of number of individuals for the ecological traits showed the significant differences except for one trait, overwintering stage. We could suspect that the decrease of butterflies in the study area was resulted from the habitat change. To investigate the causal factors and the changes of butterfly fauna, we need a long-term monitoring of the local butterfly community.

Key words : butterfly, rural ecosystem, landscape, land use change, life history, climate change

서 론

나비는 날개가 비교적 크고 날개 무늬가 뚜렷하면서 화려하여 일반인 및 전문가에게 문화 및 과학 분야에서 많은 관심을 받는 곤충이다. 특히 나비는 서식지 변화, 기후변화와 같은 자연적 및 인위적 환경변화를 감지하

는 효과적인 지표종으로 많이 이용되고 있다 (Erhardt 1985; Fox *et al.* 2001; Roy *et al.* 2001; Thomas 2005). 나비 개체군의 변동에 대한 관심은 전국적인 모니터링 체계로 확대되어 영국, 네덜란드, 핀란드 등을 포함한 유럽 여러 나라에서는 전국 수준에서의 나비 개체군 변동에 관한 보고서 및 관련 논문을 출판하고 있으며 (Asher *et al.* 2001; van Swaay *et al.* 2008), 웹사이트도 운영하고 있다 (<http://www.bc-europe.eu>).

영국에서는 1973년 이후 전국적으로 나비 모니터링을 실시하고 있는데 이러한 나비 모니터링을 통해 얻을 수

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

있는 것은 첫째로 지역 및 국가 수준에서 나비 개체군 변동이 어떻게 되는가에 대한 기초자료를 제공하고 이들 나비 개체군 변동이 어떠한 방향으로 나타나는가를 파악하는 것과 둘째로 각 조사지역에서 얻어진 나비 개체군 변동이 다른 지역결과와 비교 분석하여 서식지 변화와 같은 지역적 단위에서 나타나는 영향이 어떻게 이루어지는가를 파악하는 것이다 (Pollard *et al.* 1986). 전국적으로 이루어진 모니터링 결과는 최근 기후변화에 따른 나비 개체군 변동이 나타나기도 하고 (Parmesan *et al.* 1999), 영양염류나 중금속 축적으로 인한 나비 개체군 변화도 보고되었다 (Mulder *et al.* 2005).

한국에서도 나비에 관한 분류학적 연구 및 야외에서 종을 쉽게 확인할 수 있도록 하는 도감류가 꾸준히 출판되었다 (Shin 1989; Kim 2002; Kim and Seo 2012). 최근에는 국내 나비 분포를 알아볼 수 있는 연구자료가 출판되었는데 1996년 이후 전국적으로 300여 개소를 대상으로 선조사법을 실시한 결과와 문헌자료를 포괄하여 나비 분포현황을 발표하였다 (Kim *et al.* 2012). 또한 Kwon *et al.* (2012)은 1938년 이후 국내 나비 분포변화를 4단계의 문헌 자료를 비교 분석하여 기후변화에 따라 남방계 나비는 늘어나고 북방계 나비는 점차 줄어드는 양상을 발표하였다. 또한, 시대별로 지역적 수준에서 나비 군집 구조 변화를 알아보기 위하여 중부지방 2지점을 대상으로 1950년대, 1970년대 그리고 2000년대 나비 출현과 개체수 변동을 조사하였다. 그 결과 북방계 중 숲에 서식하는 종은 늘어난 반면 초지성 종은 줄어들었으며 (Kwon *et al.* 2010) 남방계 3종과 북방계 1종이 크게 늘어난 반면 북

방계 5종은 크게 감소한 것을 확인 (Kwon *et al.* 2013) 함으로써 저자들은 지구온난화와 천이로 인한 숲 번성을 지역적 나비 군집 변화 원인으로 제안하고 있다.

본 연구는 농경지 주변 생태계에서 봄에 출현하는 나비 군집 변화가 10여 년 사이 얼마만큼 변동이 있는가를 알아보기 위하여 전남 무안군 청계면 야산에서 2001년부터 2003년까지 나비 군집 조사를 실시하여 발표한 자료 (Hyun and Choi 2003)와 10여 년이 지난 2014년 동일지역을 대상으로 이른봄인 4월부터 6월 말까지 출현하는 나비 군집을 동일한 방법으로 조사해서 나비 군집의 변화 여부를 분석하였다. 조사가 이루어진 지역은 해발 23~70 m의 농촌지역으로 야산과 경작지가 혼합되어 있으며 경작지에서는 농업활동이 활발하게 진행되고 있었다. 일반적으로 국내에서 나비 군집변화에 대한 연구는 산림을 중심으로 이루어지고 있는데 이 연구는 농업 지역을 중심으로 이루어져 기존 연구와 차별성을 지니고 있다.

재료 및 방법

1. 조사지역

조사지역은 전남 무안군 청계면에 위치하고 있으며 논과 밭 경작지와 함께 작은 마을숲이 있는 곳이다 (Fig. 1). 조사지역의 전체 면적은 0.03 km²이고 경로는 총 0.96 km로 농로 및 산길로 이루어졌다. 2001년과 2002년 여름과 가을에는 주로 벼가, 겨울에는 양파가 재배되었

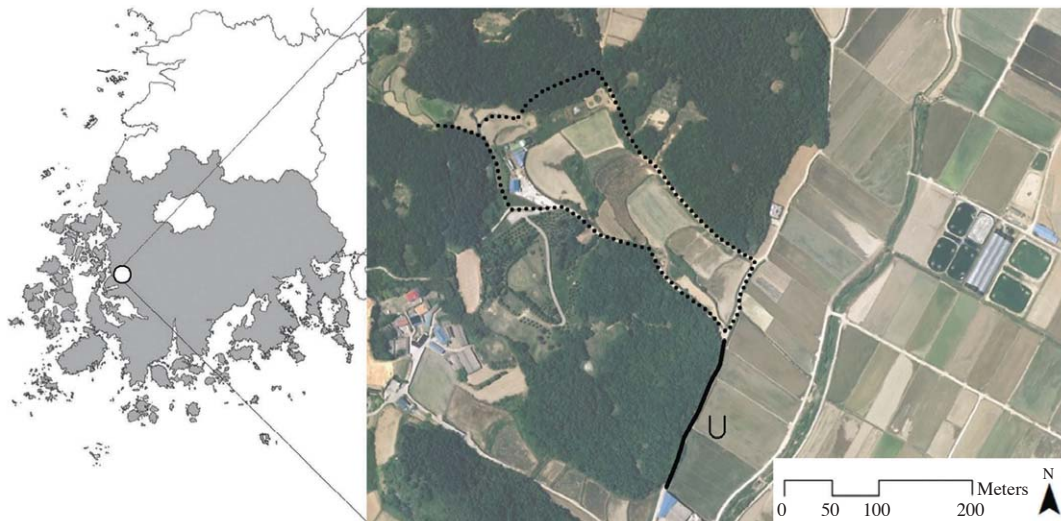


Fig. 1. Study site, Chungkye-myon, Mu-an-gun, Jeonnam, South Korea. Dotted line indicates the surveyed route, line with U indicates the excluded route in 2014.

다. 그러나 2014년에는 겨울에는 양파가 주종이었으나 늦봄과 여름에는 벼 대신 배추, 깨, 고추 등으로 바뀌거나 농업활동이 이루어지지 않는 휴경논이나 목밭으로 변화하였다. 또한 경작지 주변 숲은 묘지 조성을 위하여 개별되거나 숲 가꾸기 사업의 일환으로 작은 관목은 베어져 전체적으로 숲의 나무 밀도도 감소하였다.

조사지역의 기온 변화를 조사년도 1월부터 조사가 완료된 6월까지 주별로 살펴보았다. 기온 및 강우량 자료는 조사지역에서 가장 가까운 목포기상대에서 얻었다 (<http://www.kma.go.kr>). 그 결과 조사기간 동안 주별 평균기온, 주별 최고기온, 강우량은 통계적으로 큰 차이를 나타내지 않았다(주별 평균기온 $R^2=0.33$, $F=0.551$, $p>0.05$, 주별 최고기온 $R^2=0.01$, $F=0.082$, $p>0.05$, 주별 강우량 $R^2=0.10$, $F=1.729$, $p>0.05$, Fig. 2).

조사지역 식생은 소나무 (*Pinus densiflora*), 졸참나무 (*Quercus serrata*), 굴참나무 (*Quercus variabilis*), 노간주나무 (*Juniperus rigida*), 사방오리나무 (*Alnus firma*), 사스레피나무 (*Eurya japonica*), 예덕나무 (*Mallotus japonicus*) 등이 서식하는 혼합림으로 주 우점종은 소나무와 졸참나무이다.

2. 조사방법

4월 초(14째주)부터 6월말(26째주)까지 1주일 간격으로 나비를 육안으로 관찰하여 기록하였다. 조사방법은 선조사법 (Pollard and Yates 1995)으로 조사경로를 따라 초당 2~3보의 속도로 이동하면서 좌우 5m에 출현하는 모든 나비를 기록하였다. 외관상 비슷하여 종 구분이 어려운 푸른부전나비류 경우(암머부전나비, 푸른부전나비, 남방부전나비 등) 포충망을 이용, 채집을 한 뒤 동정하였다.

조사횟수는 2001년에는 4월초인 14째주부터 23째주까지 10회, 2002년과 2014년에는 14째주부터 26째주까지 이루어졌으나 2002년에는 20째주 모니터링이 이루어지지 않아 2002년 12회, 2014년 13회가 이루어졌다. 기존 Hyun and Choi (2003)에서는 2003년 자료를 포함하였으나 5월과 6월 자료가 일부만 포함되어 이 연구에서는 2003년 자료를 포함하지 않았다.

각 모니터링에 소요된 시간은 2001년은 평균 46분, 2002년에는 평균 47분이 소요되었으나 2014년에는 29분으로 시간이 줄어들었다. 조사시간이 줄어든 이유는 조사지점 초입인 논 주위 및 주택으로 이루어졌던 조사지역에 새롭게 대형 축사 신축 공사가 진행되고 있어 2014년 조사에서는 제외시켰기 때문이다 (Fig. 1).

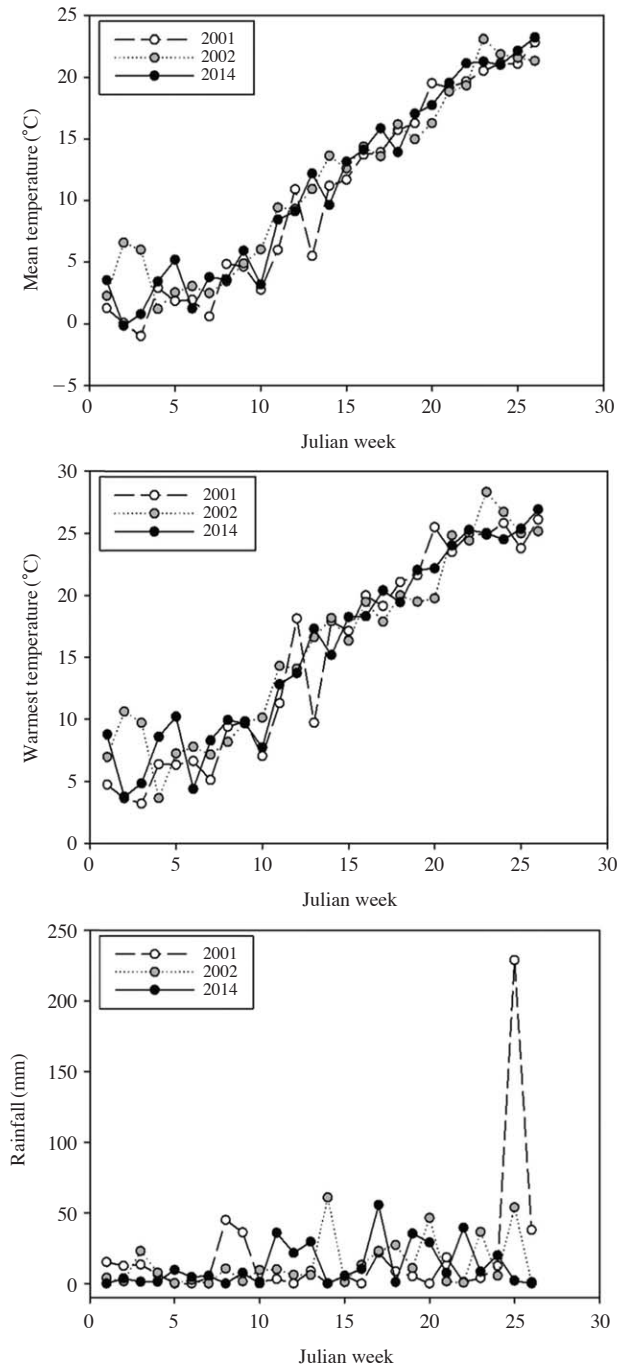


Fig. 2. Weekly weather data from January to June for three years (2001, 2002, 2014). Mean temperature (top), warmest temperature (middle), and rainfall (bottom).

3. 자료 분석

2001년, 2002년, 2014년에 채집된 종과 개체수를 이용하여 Simpson 균등도지수, Shannon-Wiener 다양도지수,

Table 1. List of the butterfly species collected at a study site of Chungkye-myon, Muan-gun, Jeonnam, South Korea

Korean name	Scientific name	Ecological traits						Butterfly data			
		HT	HB	FT	FB	GN	OW	01	02	14	Total
호랑나비과	Papilionidae										
제비나비	<i>Papilio bianor</i>	FI	St	S	O	P	Pu	9		4	13
호랑나비	<i>Papilio xuthus</i>	GL	W	S	O	P	Pu	3	7	6	16
흰나비과	Pieridae										
갈구리나비	<i>Anthocharis scolymus</i>	FE	St	H	O	M	Pu	12	3	3	18
노랑나비	<i>Colias erate</i>	GL	W	H	O	P	Pu	41	25	41	107
남방노랑나비	<i>Eurema hecabe</i>	GL	W	H	O	P	Ad	4	4	1	9
큰줄흰나비	<i>Pieris melete</i>	FE	W	H	O	P	Pu	7			7
배추흰나비	<i>Pieris rapae</i>	GL	W	H	O	P	Pu	110	74	72	256
부전나비과	Lycaenidae										
솜뿔부전나비	<i>Callophrys ferrea</i>	FE	St	S	P	M	Pu	18	11		29
푸른부전나비	<i>Celastrina argiolus</i>	FE	W	S	O	P	Pu	16	59	10	85
암먹부전나비	<i>Everes argiades</i>	GL	W	H	O	P	Pu	36	21	28	85
작은주홍부전나비	<i>Lycaena phlaeas</i>	GL	W	H	M	P	La	19	8	4	31
남방부전나비	<i>Pseudozizeeria maha</i>	GL	W	H	M	P	La	15	21	17	53
범부전나비	<i>Rapala caerulea</i>	FE	W	S	P	P	Pu	2	2		4
네발나비과	Nymphalidae										
작은멋쟁이나비	<i>Cynthia cardui</i>	GL	W	H	O	P	Ad	2	3		5
청띠신선나비	<i>Kaniska canace</i>	FE	W	S	O	P	Ad	1			1
빨나비	<i>Libythea celtis</i>	FI	St	A	M	M	Ad	1		1	2
제일줄나비	<i>Limenitis helmanni</i>	FE	W	S	O	P	La		3		3
부처사촌나비	<i>Mycalesis francisca</i>	FE	W	H	O	P	La	3	4		7
부처나비	<i>Mycalesis gotama</i>	FE	W	H	O	P	La	3		3	6
별막이새줄나비	<i>Neptis pryri</i>	FE	W	S	M	P	La	1			1
애기새줄나비	<i>Neptis sappho</i>	FE	St	S	P	P	La	7	5	1	13
네발나비	<i>Polygonia c-aureum</i>	GL	W	H	M	P	Ad	6	4	2	12
큰멋쟁이나비	<i>Vanessa indica</i>	GL	W	H	P	P	Ad		1		1
물결나비	<i>Ypthima motschulskyi</i>	GL	W	H	O	P	La	2	22	14	38
팔랑나비과	Hesperiidae										
왕자팔랑나비	<i>Daimio tethys</i>	FE	St	H	M	P	La		1	1	2
맷팔랑나비	<i>Erynnis montanus</i>	FE	W	A	M	M	La	6	4	1	11
왕팔랑나비	<i>Lobocla bifasciata</i>	FE	W	S	O	M	La		1	2	3
유리창떠들썩팔랑나비	<i>Ochlodes subhyalina</i>	GL	W	H	O	M	La		12		12
흰점팔랑나비	<i>Pyrgus maculatus</i>	GL	St	H	O	P	Pu		1		1

HT: Habitat type, HB: Habitat breadth, FT: Food type, FB: Food breadth, GN: Generation number, OW: Overwintering
St: steno, W: wide, S: shrub, A: tall tree, H: herb. Pu. Pupae, Ad. Adult, La. Larvae.

Fisher's alpha 및 Berger-Parker 우점도 지수를 산출하였다. 연도별 종별 및 시기별로 종 및 개체의 풍부도에 차이가 있는가를 알아보았다. 자료분석은 정규성 검증을 통하여 일원분산분석 (One-Way ANOVA)을 실시하였으며 본페로니 (Bonferroni) 사후 검정을 실시하였다. 조사가 이루어진 3개년 동안 조사시간의 단축이 조사결과에 미치는 영향을 알아보기 위하여 공분산 분석 (analysis of covariance, ANCOVA)을 실시하여 검증하였다. 분석에 사용한 프로그램은 SPSS (IBM 2012; ver. 21.0)를 이용하였다. 연도별 Shannon-Wiener 다양도 지수의 차이를 알아보기 위한 t-test를 실시하였다. 다양도 지수 산출 및 연도별 다양도 지수 차이는 PAST (ver. 3.0; Hammer *et al.* 2001)를 이용하였다.

조사기간 동안 관측된 종수를 기반으로 예측 종 수를

계산하여 해당 조사기간에 출현이 가능한 종 수를 예측하고 조사시간의 단축이 예측 종 수에 영향을 미치는가도 알아보았다. 분석은 EstimateS (Colwell 2013)를 이용하였으며 예측 종 수 계산은 Chao 1을 이용하였다.

지난 10년 동안 조사지역에 분포하고 있는 나비 종 구성이나 풍부도가 이들이 지닌 생태학적 기능에 의하여 변화를 보이는가를 알아보았다. 나비 종의 생태학적 정보는 Kim and Seo (2012)를 참조하였으며 여기에 이용된 자료는 서식지 유형 (숲안쪽 FI, 숲가장자리 FE, 초지 GL), 서식지 범위폭 (서식지수가 3개 이상으로 넓거나 1~2개로 좁은것), 먹이식물 유형 (애벌레 먹이식물이 교목, 관목, 초본류), 먹이식물 범위폭 (애벌레 먹이식물이 한속에 속하는 단식성, 한과에 속하는 협식성, 두개 과 이상의 다식성), 세대수 (1회, 다회), 겨울나기 유형 (어른

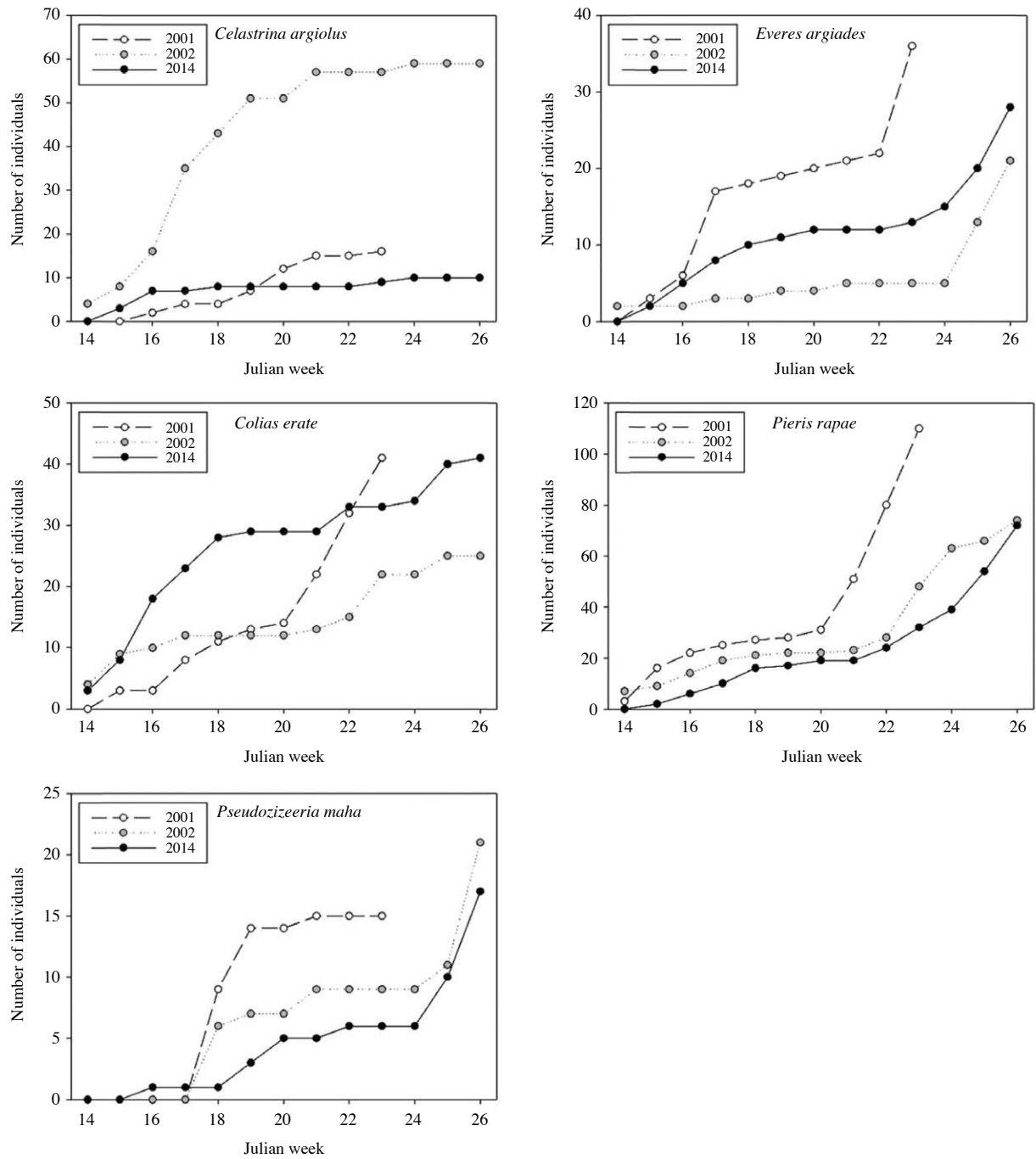


Fig. 3. Cumulative number of individuals of five dominant butterflies collected at a study site of Chungkye-myon, Muan-gun, Jeonnam, South Korea.

벌레, 애벌레, 번데기) 등 6개를 사용하였다. 각 생태학적 특성에 해당하는 종 수 및 개체수가 10년 동안 변화하였는가를 알아보기 위하여 교차분석을 실시하였으며 분석은 PAST (ver. 3.0; Hammer *et al.* 2001)를 이용하였다.

결 과

조사 기간 3년 (2001년, 2002년, 2014년) 동안 총 5과 29종 831개체의 나비가 관찰되었다 (Table 1). 종수가 가장 많은 과는 네발나비과 (Nymphalidae)로 11종이며, 다

Table 2. Summary of the butterfly diversity and abundance from a study site of Chungkye-myon, Muan-gun, Jeonnam, South Korea

	2001	2002	2014	Total
Species richness	23	23	18	29
Abundance	324	296	211	831
Simpson Evenness	0.84	0.87	0.81	0.86
Shannon-Wiener Diversity	2.36	2.44	2.07	2.44
Fisher's alpha	5.66	5.83	4.71	5.84
Berger-Parker Dominance	0.34	0.25	0.34	0.31

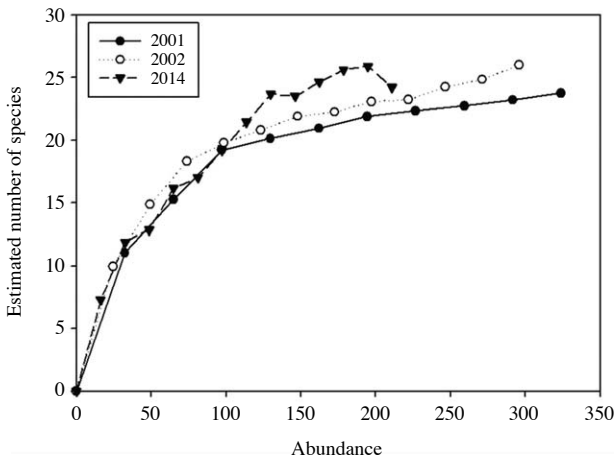


Fig. 4. Estimated number (Chao 1 estimator) of butterfly species in three years (2001, 2002, and 2014) at a study site of Chungkye-myon, Muan-gun, Jeonnam, South Korea.

음으로 부전나비과 (Lycaenidae) 6종, 팔랑나비과 (Hesperiidae)와 흰나비과 (Pieridae) 각 5종, 호랑나비과 (Papilionidae) 2종이 기록되었다. 관찰된 개체수는 흰나비과가 397개체로 가장 많았으며, 다음으로 부전나비과 287개체, 네발나비과 89개체, 팔랑나비과와 호랑나비과가 각각 29개체가 확인되었다. 우점종으로는 흰나비과 배추흰나비 (*Pieris rapae*)가 256개체로 가장 많이 관찰되었고, 다음으로 노랑나비 (*Colias erate*), 암떡부전나비 (*Everes argiades*), 푸른부전나비 (*Celastrina argiolus*), 남방부전나비 (*Pseudozizeeria maha*) 순이었다 (Fig. 3). 한 개체만 관찰된 종으로는 팔랑나비과 흰점팔랑나비 (*Pyrgus maculates*), 네발나비과 청띠신선나비 (*Kaniska canace*), 별박이세줄나비 (*Neptis pryri*), 큰멋쟁이나비 (*Vanessa indica*)이다. 2001년과 2002년에 관찰되었지만 2014년에 관찰되지 않은 종은 부전나비과 범부전나비 (*Rapala caerulea*)와 쇠빛부전나비 (*Callophrys ferrea*), 네발나비과 부처사촌나비 (*Mycaliesis francisca*), 작은멋쟁이나비 (*Cyntia cardui*)이다. 2001년에 관찰되었지만 2014년에 관찰되지 않은 종은 네발나비과

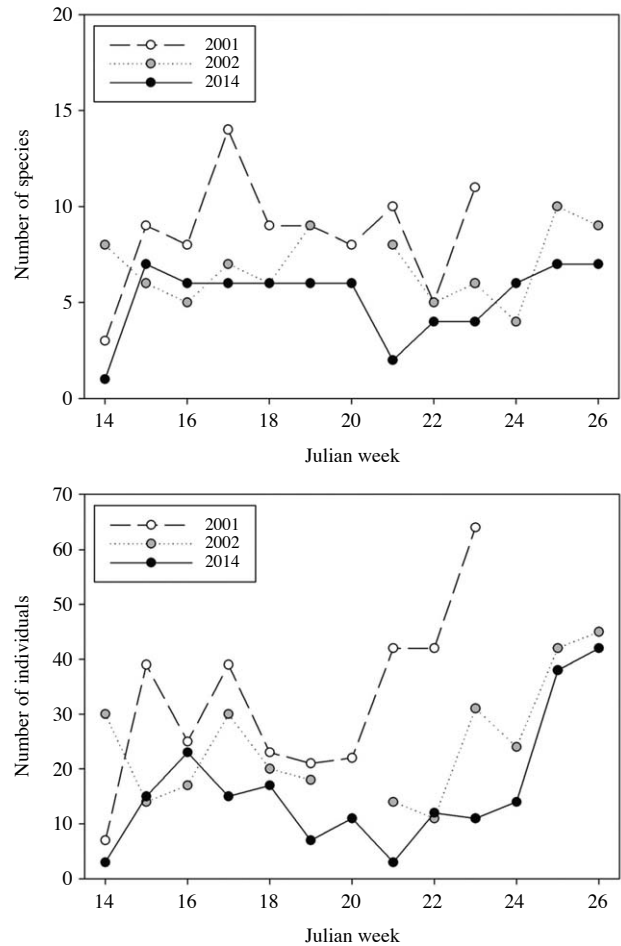


Fig. 5. Temporal change (Julian week) of number of butterfly species (top) and individuals (bottom) collected at a study site of Chungkye-myon, Muan-gun, Jeonnam, South Korea.

별박이세줄나비, 청띠신선나비, 흰나비과 큰줄흰나비 (*Pieris melete*)이다. 2002년에 관찰되었지만 2014년에 관찰되지 않은 종은 팔랑나비과 유리창때들썩팔랑나비 (*Ochloides subhyalina*), 흰점팔랑나비, 네발나비과 제일줄나비 (*Limnitis helmanni*), 큰멋쟁이나비이다. 2001년과 2002년에 관찰되지 않았지만 2014년에 새롭게 발견된 종은 없었다.

2001년과 2002년은 23종씩 관찰되었으며, 개체수는 324개체와 296개체이었다. 2014년은 18종 211개체가 관찰되어 종 및 개체수가 줄어들었다 (Table 2). 다양도 및 균등도 지수에서 2014년 결과는 2001년과 2002년보다 낮게 나타났다 (Table 2). 종 수의 경우 2001년과 2002년은 통계적으로 차이가 없었으나 2001년은 2014년과는 차이를 나타내었고 2002년은 2014년과 차이를 나타내지 않았다 (one-way ANOVA, d.f.=2, 32, F=6.236, p<0.01).

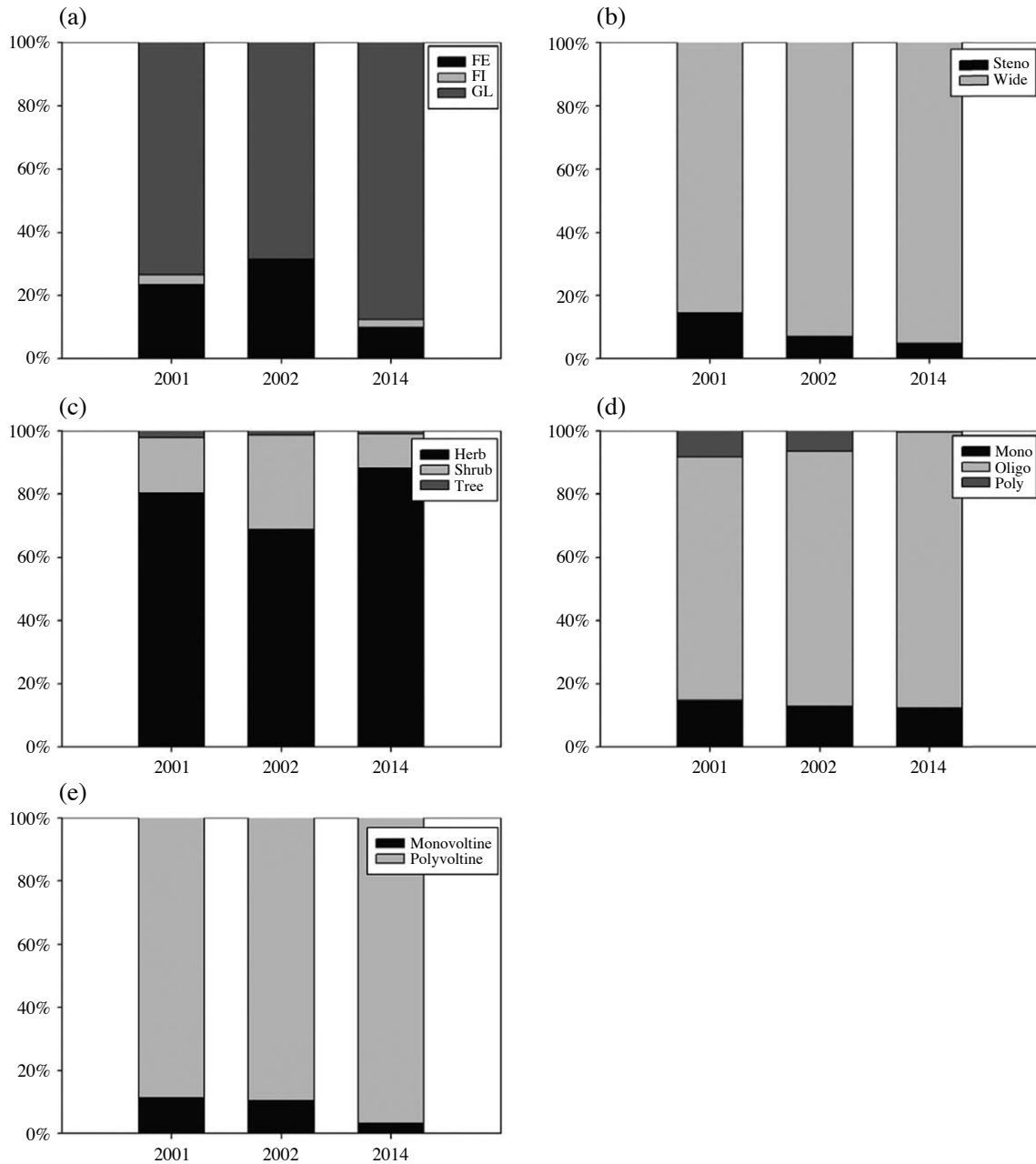


Fig. 6. Proportional change (%) of number of butterfly individuals for five ecological traits. (a) type of habitat: FE. Forest edge, FI forest interior, GL, grassland; (b) habitat breadth: wide, more than 3 habitats, steno, 1-2 habitats; (c) type of food plant; (d) food plant breadth: mono, larval foodplant comprise one plant genus, oligo, larval food plant comprise one plant family, poly, larval food plant comprise more than two plant families; (e) number of generation per year: monovoltine, one generation per year, polyvoltine, more than 2 generations per year.

개체수의 경우 2001년과 2002년은 통계적으로 차이가 나타나지 않았으나 2001년과 2002년 모두 2014년과 차이를 나타내었다(one-way ANOVA, d.f.=2, 32, F=4.468, $p < 0.05$). 연도별 Shannon-Wiener 다양도 지수의 차이를 알아본 결과 2001년과 2002년은 차이가 나타나지 않았

다(t -test=-0.87, d.f.=619.98, $p > 0.05$). 그러나 2001년과 2014년 그리고 2002년과 2014년 모두 통계적으로 차이가 나타났다(2001 vs. 2014 t -test=2.88, d.f.=471.23, $p < 0.01$; 2002 vs. 2014 t -test=3.74, d.f.=445.9, $p < 0.01$). 조사가 이루어진 기간 동안 조사시간의 단축이 조사결과

에 미치는 영향을 알아보기 위하여 공분산 분석을 실시한 결과 연도별 관찰된 종 수($F=4.409$, $p<0.05$) 및 개체수($F=3.302$, $p<0.05$)에 차이가 있었다. 이러한 결과는 조사시간을 변인으로 하지 않는 분산분석과 동일하게 종수와 개체수 모두 연도별로 차이가 있다는 것을 나타내며 조사시간의 단축은 이 연구 결론을 도출하는데 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 나타났다. Chao 1을 이용한 예측 종 수는 2001년 23.8종, 2002년 26.0종, 2014년 24.2종으로 나타나 조사지역에서 출현 가능한 종 수는 큰 차이가 없었다(Fig. 4).

각 연도별로 관찰된 나비 종수와 개체수의 변화를 주별로 살펴보았다(Fig. 5). 2001년에는 17주에 종 수가 늘어난 이후 8~12주를 유지하였으며 2002년에는 조사기간 초기에 높다가 중반에는 비교적 낮은 종수를 유지하나 25주째에 종수가 높게 나타났다. 2014년은 2001년과 유사한 양상이지만 전체적으로 종수가 낮게 유지되었다. 개체수는 3년 모두 시간이 흐르면서 증가하는 양상을 보여 6월 중반 이후에 많은 개체수를 나타내지만 조사 중반에는 증가와 감소가 반복하는 양상을 나타내었다.

생태학적 특성에 따른 출현여부를 교차분석을 실시한 결과 지난 10년 동안 조사지역에서 출현한 종 수는 생태학적 특성에 따라 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다: 서식지 유형(d.f.=4, $\chi^2=2.91$, $p>0.05$), 서식지 범위(d.f.=2, $\chi^2=0.26$, $p>0.05$), 먹이식물 유형(d.f.=4, $\chi^2=2.155$, $p>0.05$), 먹이식물 범위(d.f.=4, $\chi^2=0.94$, $p>0.05$), 세대수(d.f.=4, $\chi^2=0.22$, $p>0.05$), 겨울나기 유형(d.f.=4, $\chi^2=0.94$, $p>0.05$). 반면 개체수를 이용한 생태학적 특성은 겨울나기 유형을 제외한 5가지 특성에서 지난 10년간 많은 차이를 나타내었다: 서식지 유형(d.f.=4, $\chi^2=18.20$, $p<0.001$), 서식지 범위(d.f.=2, $\chi^2=17.17$, $p<0.001$), 먹이식물 유형(d.f.=4, $\chi^2=30.851$, $p<0.001$), 먹이식물 범위(d.f.=4, $\chi^2=16.85$, $p<0.05$), 세대수(d.f.=4, $\chi^2=6.76$, $p<0.05$), 겨울나기 유형(d.f.=4, $\chi^2=8.15$, $p>0.05$).

조사기간 동안 개체수의 변동이 유의미하게 나타난 5가지 생태적 특성에서 개체들의 상대적 점유도(%)를 나타내었다(Fig. 6). 2014년에는 2001년과 2002년에 비하여 초지성 특성을 지닌 종은 늘어났지만 숲 안쪽과 가장자리를 선호하는 종은 줄어드는 양상을 띠고 있다. 서식지 범위는 상대적으로 서식지 종류 3개 이상을 차지하는 서식지 범위 폭이 넓은 종의 비율이 늘어났고 먹이도 초본류를 선호하는 종류가 늘어났다. 먹이 범위 폭은 단식성과 광식성은 줄어든 반면 협식성 종류가 늘어난 양상을 띠고 있으며 세대수는 다화성의 비율이 상대적으로 늘어난 양상을 나타내었다.

고 찰

2001년과 2002년 전남 서남부 지역에서 이루어진 나비 군집 구성을 알아본 이후(Hyun and Choi 2003) 10여 년이 지나 동일한 지점에서 나비 군집 변동을 살펴본 결과 기온과 강우량은 큰 차이를 보이지 않는 반면 2014년의 종수와 개체수 모두 2001년과 2002년에 조사한 결과와는 많은 차이를 나타내었다(Fig. 5, Table 2). 나비를 포함한 모든 생물을 대상으로 지속적인 모니터링을 실시하게 되면 시기별로 개체수의 증감이 나타나는 등 다양한 변동이 생기게 된다. 나비를 관찰하는 과정에서 발생할 수 있는 개체수 증감의 변이 원인은 기상 조건, 하루 중 조사 시간(오전, 오후), 조사자 경험여부, 천이나 기타 서식지 변화로 인한 식생 높이 변화 등이다(van Swaay *et al.* 2008). 전남 무안군 청계면 농촌 지역 나비 모니터링의 경우 기상조건이나 조사시간은 2001년, 2002년과 거의 동일한 방법과 시간에 수행되었으며 조사자도 동일하였지만 나비 종수의 감소가 나타났다. 이러한 종과 개체수 감소의 원인은 이번 연구를 통하여 직접 알 수는 없으나 2014년 조사지점 일부 누락으로 인한 조사시간의 감소는 조사기간 동안 종과 개체수에 큰 영향을 준 변인으로 나타나지는 않았다.

조사지역에서 출현한 나비 종의 생태학적 특성을 고려한 결과 종 수에서는 뚜렷한 변화를 볼 수 없었지만 개체수에서는 겨울나기 유형 특성을 제외하고 뚜렷한 변화가 관찰되었다. 5가지 생태학적 특성인 서식지 유형, 서식지 범위폭, 먹이식물 유형, 먹이식물 범위폭, 세대수에서 2001년, 2002년, 2014년 모두 출현한 종의 개체수는 통계적으로 큰 차이를 나타내었다. Stefanescu *et al.* (2003) 및 Kwon *et al.* (2008)는 나비 종의 생활사와 관련된 생태학적 변인의 변화는 기후변화와 함께 변화를 할 것으로 예상하였지만 별다른 차이가 나타나지 않음을 확인하였다. 이러한 결과를 토대로 지역적 수준에서 나비 군집의 변화를 나타내는 데에는 나비 종 구성보다는 개체수를 반영한 풍부도가 생태적 특성을 크게 반영하고 있는 것으로 나타났다. 종 구성 보다는 풍부도가 주변 생태적 특성에 영향을 더 많이 받는 이유는 지역적 환경변화가 특정 종의 개체수 증감에 더 크게 작용한 결과라고 예측되지만 이에 관해서는 더 세심한 연구가 필요하다고 생각한다.

2014년에 관찰된 종의 생태학적 특성이 2001년과 2002년에 비해 서식지가 초지성이고 서식지 범위가 넓어진 광범위성, 먹이식물로 초본류 선호성, 일년 세대수

의 다화성의 상대적 비율이 늘어난 것으로 나타났다 (Fig. 6). 조사지역은 전형적인 농촌지역으로 작은 야산과 논과 밭으로 이루어져 있다. 이러한 조사지역에서 출현하는 나비 종들은 주변 환경과 밀접한 관련을 지을 수 있는데 지난 10여 년 동안 많은 변화를 관찰할 수 있었다. 지난 2001년과 2002년에는 논으로 경작되었던 곳이 2014년에는 밭이 되었거나 농업활동이 이루어지지 않아 나대지로 되어 있는 경우가 많았다. 또한 일부 지역에는 폐지축사가 들어오기도 하였으며 묘지 조성이 이루어지기도 하였다. 이러한 환경변화와 함께 출현한 나비의 생태적 특성을 살펴보면 조사기간 동안 최고로 우점한 배추흰나비, 노랑나비, 암떡부전나비는 주변에 풍부한 초지 및 산림과 초지를 포함한 다양한 서식지, 초본을 먹이식물로 하며 일년에 1회 이상 출현하는 공통적인 특성을 지니고 있다. 조사시기가 봄부터 초여름까지로 비교적 이른 시기이기 때문에 일년에 1회 이상 출현하는 종들은 겨울을 번데기로 지낸 경우가 우세하다. 반면 남방부전나비, 물결나비 (*Ypthima motschulskyi*), 작은주홍부전나비 (*Lycaena phlaeas*) 역시 우점종과 유사한 생태적 특성을 지니고 있는데 초지 서식지, 넓은 서식지 범위, 초본을 먹이식물로 하며 일년에 1회 이상 출현하지만 겨울을 애벌레로 지내는 것에서 차이가 난다. 한편 쇠빛부전나비는 서식지가 숲가장자리인 것과 관목을 먹이식물로 하며 번데기로 겨울을 나는 생태적 특성을 지니고 있는데 2001년과 2002년에는 많은 개체수가 관찰되었으나 2014년에는 관찰되지 않았다. 푸른부전나비 역시 쇠빛부전나비와 유사한 생활사를 가지고 있지만 개체수 변동은 크게 없었다. 쇠빛부전나비의 출현이 감소한 데에는 이 나비의 특성이 남방계로 더 이른 봄에 출현하여 조사기간과 겹치지 못하였거나 먹이식물이 줄어들었을 가능성이 있기 때문에 이에 대한 면밀한 조사가 앞으로 이루어져야 할 것이다. 이러한 조사지역 주변의 생태학적 변화가 이 지역에 서식하는 초식곤충인 나비 군집에 영향을 줄 것으로 생각하지만 원인을 파악하기 위하여 장기적인 모니터링을 통한 자료 수집과 분석이 이루어져야 할 것으로 생각한다.

나비는 변온동물로 주변 기온분포와 밀접한 연관을 가지고 있어 최근 기후변화에 따른 나비 종의 분포역 변동을 추적하는 데 이용되고 있다 (Parmesan *et al.* 1999). 지난 10년 간 청계 주변 지역 나비 군집의 변화에 기후요인이 작용하였는가에 대하여 기온과 강우량과의 상관관계를 살펴본 결과 조사기간 동안 기후변인은 나비 종수 및 개체수 증감에 뚜렷한 영향이 없는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과를 단정하기는 어렵다. Kwon *et*

al. (2013) 등에서는 한국 중부지방인 광릉과 앵무봉에서 시간에 따라 북방계 종의 숫자는 줄어들고 남방계 종의 숫자가 늘어나는 것을 확인할 수 있어 다른 북반구의 많은 지역에서 일어나는 양상 (Parmesan *et al.* 1999; Roy and Sparks 2000; Hill *et al.* 2002; Stefanescu *et al.* 2003)과 동일한 결과를 보여주었다. 이 조사가 이루어진 청계지역은 한국 서남부에 위치하고 바다와 가까운 지리적 특성으로 인하여 비교적 온화한 기후를 지니고 있으며 이 지역에서 나타난 대부분 종의 분포 특성은 전국적으로 분포하는 것으로 북방계는 없고 단지 3종의 남방계(남방노랑나비, 남방부전나비, 쇠빛부전나비)만 분포하고 있다. 이러한 종 구성 특성으로 인하여 기후영향에 의한 종 다양성 증감을 감지하기는 어렵다고 생각한다. 그러나 기후가 온화함에 따라 출현하는 종의 개체수가 늘어나거나 이른 봄에 출현하는 종의 출현시기의 변화를 토대로 기후변화의 영향을 감시할 수 있을 것이다.

적 요

농촌 논과 밭 경작지 및 야산지역에 분포하는 나비 군집 변화가 지난 10년 동안 어떻게 변화했는가를 알아보기 위하여 2001년부터 2002년에 이루어진 자료와 2014년 자료를 비교, 분석하였다. 나비 조사는 선 조사법을 통하여 동일한 지점에서 이루어졌다. 조사 결과 나비의 종 수와 개체수는 10년 전과 비교하였을 때 줄어드는 양상을 나타내었는데 2001년과 2002년에 비하여 2014년에는 종 수와 개체수 모두 감소하였다. 조사지역의 출현 종 수가 그들의 생태학적 특성인 서식지, 서식지 범위, 먹이식물, 먹이식물 범위, 세대수 및 겨울나기 유형 등에 변화가 있는가를 조사한 결과 종 수는 차이가 나타나지 않았으나 개체수에서는 겨울나기 유형을 제외하고 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 이 결과는 지난 10년간 지역적으로 나비 군집에 많은 변화가 있었다는 것을 나타내고 있으며 주 원인은 조사지역의 서식지 변화가 주요 요인이었을 것으로 추측한다. 조사지역에서 나비 군집의 변화를 일으키는 원인을 알기 위해서는 앞으로 지역적 수준에서 종 변화 및 이 변화의 원인을 알기 위해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각한다.

사 사

이 연구는 국립농업과학원 과제-농업생태계 기후변화

지표생물 개발 (PJ009970)의 일환으로 이루어졌습니다. 지도를 그리는 데 도움을 준 국립생태원 신만석 연구원과 논문 작성에 도움을 주신 심사위원들께 감사드립니다.

REFERENCES

- Asher J, M Warren, R Fox, P Harding, G Jeffcoate and S Jeffcoate. 2001. The millennium atlas of butterflies in Britain and Ireland. Oxford University. Oxford, 456 pp.
- Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Erhardt A. 1985. Diurnal Lepidoptera: Sensitive indicators of cultivated and abandoned grassland. *J. Appl. Ecol.* 22:849-861.
- Fox R, M Warren, P Harding, I McLean, J Asher, D Roy and T Brereton. 2001. The state of Britain's butterflies. Butterfly Conservation, Wareham: CEH and JNCC. 18 pp.
- Hammer Ø, DAT Harper and PD Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electron.* 4. 9 pp.
- Hill JK, CD Thomas, R Fox, MG Telfer, SG Willis, J Asher and B Huntley. 2002. Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 269:2163-2171.
- Hyun TH and SW Choi. 2003. Population dynamics of butterflies in a rural area, Muan-Gun, Cheonnam. *Engineer. Res. Technol.* 3:84-88.
- IBM Inc. 2012. IBM SPSS Statistics, version 21. Chicago.
- Kim SS, CM Lee, TS Kwon, HZ Joo and JH Sung. 2012. Korean butterfly atlas (1996-2011). Korea Forest Research Institute. Seoul.
- Kim SS and YH Seo. 2012. Life histories of Korean butterflies. Sakyejul. Paju.
- Kim YS. 2002. Illustrated book of Korean butterflies in color. Kyohaksa. Seoul.
- Kwon TS, BK Byun, SH Kang, SS Kim and BW Lee. 2008. Analysis on changes, and problems in phenology of butterflies in Gwangneung forest. *Korean J. Appl. Entomol.* 47: 209-216.
- Kwon TS, SS Kim, JH Chun, BK Byun, JH Lim and JH Shin. 2010. Changes in butterfly abundance in response to global warming and reforestation. *Environ. Entomol.* 39:337-345.
- Kwon TS, SS Kim and CM Lee. 2013. Local change of butterfly species in response to global warming and reforestation in Korea. *Zool. Stud.* 52:1-47.
- Kwon TS, CM Lee, SS Kim and JH Sung. 2012. Distribution change of Korean butterflies 1938-2011. Korea forest research institute. Seoul.
- Mulder CT, D Aldenberg, D de Zwart, HJ van Wijnen and AM Breure. 2005. Evaluating the impact of pollution on plant-Lepidoptera relationships. *Environmetrics* 16:357-373.
- Parnesan C, N Ryrholm, C Stefanescu, JK Hill, CD Thomas, H Descimon, B Huntley, L Kaila, J Kullberg, T Tammaru, WJ Tennent, JA Thomas and M Warren. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399:579-583.
- Pollard E, ML Hall and TJ Bibby. 1986. Monitoring the abundance of butterflies 1976-1985. Nature Conservancy Council. Peterborough.
- Pollard E and TJ Yates. 1995. Monitoring butterflies for ecology and conservation. Conservation biology series. Chapman & Hall. London.
- Roy DB and TH Sparks. 2000. Phenology of butterflies and climate change. *Glob. Change Biol.* 6:407-416.
- Roy DB, P Rothery, D Moss, E Pollard and JA Thomas. 2001. Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *J. Anim. Ecol.* 70:201-217.
- Shin YH. 1989. Colored atlas of butterflies in Korea. Academy Publishing. Seoul.
- Stefanescu C, J Penuelas and I Filella. 2003. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Glob. Change Biol.* 9:1494-1506.
- Thomas JA. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Phil. Trans. R. Soc. B* 360:339-357.
- Van Swaay CAM, P Nowicki, J Settele and AJ van Strien. 2008. Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. *Biodivers. Conserv.* 17:3445-3469.

Received: 2 January 2015

Revised: 10 March 2015

Revision accepted: 14 March 2015