

한국산 꼬리명주나비의 메타개체군 동태

김도성* · 권용정

경북대학교 응용생명과학부 농생물학과

Metapopulation Dynamics of the Oriental Long-tailed Swallow *Sericinus montela* (Lepidoptera: Papilionidae) in Korea

Do Sung Kim and Yong Jung Kwon

School of Applied Biosciences, Kyungpook National University Daegu, Korea

ABSTRACT: The loss of natural habitats and their fragmentation caused by human activities pose a great threat to biodiversity worldwide, reducing animal population to small, fragmented patches of natural habitat. In this paper, a metapopulation dynamics of *Sericinus montela koreanus*, a species of butterfly, was studied for two years by mark-release-recapture (MRR) techniques in the Musimcheon, Cheongju Korea. 2,749 individuals (males: 2,295, females: 454) were marked and released, with 343 individuals (12.5%) recaptured during the MRR experiment. Capture sex ratio and recapture sex ratios was both consistently male-biased. The Jolly-Seber model was used to estimate daily metapopulation size, survival rates, addition rate, and accidental deaths. We urge conservation biologists to consider the local population dynamics of species for the management of metapopulations in fragmented landscapes. In the case of the *S. montela koreanus*, continuing site protection is essential.

Key words: Butterfly, Metapopulation, *Sericinus montela*, MRR, Patch

초 록: 세계적으로 인간 활동에 따른 서식지의 소실과 단절은 생물다양성을 떨어뜨리는 주요원인이며 서식지의 소형화와 세분화는 개체군의 크기를 감소시키고 있다. 본 연구는 꼬리명주나비를 표지-방사-재포획법(MRR방법)을 이용하여 메타개체군 동태를 파악하였다. 그 결과 2,749개체(암컷-2295, 수컷-454)가 포획되었으며 이중 343개체(12.8%)가 재포획되었다. 포획된 암수 비율에서는 수컷이 주를 이루는 것으로 나타났다. Jolly-Seber의 방법으로 일일메타개체군의 크기, 생존율, 추가율, 사망률을 추정하였다. 저자들은 보전생물학자들에게 단절된 경관에서 국지적 메타개체군의 관리와 보전을 강조하고자 하며, 특히 한국산 꼬리명주나비의 경우 지속적인 서식지 보전이 필요하다.

검색어: 나비, 메타개체군, 꼬리명주나비, 패치

오래전부터 생물의 생존과 진화론적 구조를 이해하는데 개체군집의 크기와 세분화가 중요하다는 것을 인식하였으며(Ehrlich and Raven, 1964) 국지적인 지역에서 개체군의 생존과 진화의 예측은 생물학적 보전을 위해서 필요하다(Fahrig and Merriam, 1994). 계속된 서식지의 소실과 조각화는 종 다양성과 개체군의 크기를 감소시키는 주요 원인이며(Wilcox and Murphy, 1985; Caughley, 1994; Van Swaay

and Warren, 1999; Chris *et al.*, 2006), 인간 활동에 의한 서식지의 단절은 종의 고립화가 심화되어 국지적 소멸 위험에 빠뜨리고 있으며(Erhardt and Thomas, 1991; Meffe and Carrol, 1997; Hunter, 2001), 특히 도시와 농촌 인접지역의 나비 서식지 개체군은 다른 지역보다 위험이 큰 것으로 나타나고 있다(Fischer *et al.*, 1999).

서식지 조각화가 개체군에 미치는 영향은 전체 서식지 면적의 감소, 서식지 패치 수의 증가, 서식지 패치 크기의 감소, 패치 고립도의 증가로 나타났다(Fahrig, 2003). 또한 서식지 패치면적이 작은 곳에서는 종의 이주율이 높게 나타

*Corresponding author: bremeri2000@hanmail.net

Received September 9 2010; revised September 27 2010; accepted November 2 2010

나고, 넓은 면적의 패치에서는 먹이식물이 풍부한 안전한 곳을 선호하였다(Fred and Brommer, 2003). 또한 여러 종의 나비가 서식하는 곳에서 서식지의 먹이식물 분포면적과 패치 고립도를 비교해 보면, 먹이식물 분포면적의 크기보다는 패치 고립도가 높은 곳에서 종의 소멸속도가 빠른 반면, 고립도가 낮은 곳에서는 기대 이상의 개체군을 유지하는 것으로 나타났다(Sawchik *et al.*, 2003). 따라서 서식지의 먹이식물량과 면적 그리고 패치연결성 효과는 패치 네트워크 수준에서 일어나며, 이 경우 메타개체군의 크기는 서식지 면적의 합이 아니라 패치 네트워크에서의 이용도로 결정되는데, 그 이유는 메타개체군의 크기 또한 패치 네트워크상에서 즉, 서식지 조각화 정도에 따라서 결정되기 때문이다(Hanski and Meyke, 2005).

또한 경관이 전략상 적합한 패치를 찾는데 중요한 영향을 주는 것으로 나타나고 있다. 다양한 모양의 패치에서 개체군의 크기는 패치 면적과 연결성으로 설명된다. 실험에서 일정한 모양의 패치들은 적합한 패치를 찾을 때 공간적 구조만이 영향을 주는데 반하여, 임의의 모양의 패치에서는 다른 양상으로 나타나고 있다(Taylor *et al.*, 1993). 따라서 곤충의 서식지 선택은 분산사망률에 영향을 받으며 이것은 패치간의 경관에 따른 메타개체군 구조가 갖는 효과를 보여주는 것이며(Simone *et al.*, 2006), 메타개체군 동태는 인접한 서식지들이 각기 독립적으로 작용하지 않고 상호 연결성을 가지며, 경관을 기반으로 움직이고 있는 것으로 이해되어야 한다.

최근의 나비 연구는 기후변화와 같은 환경의 잠재적 위험

에 대한 지표종이나(Parmesan *et al.*, 1999; Parmesan, 2003) 중요 서식지에 대한 곤충과 식물의 지표종으로서 활용되고 있으며(New, 1997), 메타개체군 동태를 파악하는 대상으로 활발히 진행되고 있다(Baguette *et al.*, 2003). 메타개체군 이론(Hanski and Gilpin, 1997; Hanski, 1999)은 서식지 조각화에 따른 종 보전프로그램에 적합하며, 특히 국지지역에서의 종 이주에 따른 소멸과 재서식을 추론할 수 있을 뿐만 아니라, 최소 메타개체군 크기와 적합한 서식지를 이론적으로 제시할 수 있다(Hanski *et al.*, 1996; Hanski, 1999).

본 연구는 청주시 일원에서 도시화에 따른 꼬리명주나비의 서식지가 조각화 및 단절화가 되고 있어 보전대책을 수립하는데 이론적 근거를 마련하고자 표지-방사-재포획(MRR)방법을 이용하여 메타개체군 동태와 패치별 개체군 변동을 조사하였다.

재료 및 방법

장소

충청북도 청주시에서 꼬리명주나비 서식지는 무심천을 따라서 길게 형성되어 있으나 도시화로 인한 서식지가 시가지 중심을 돌로 나뉘어졌다. 조사지역은 청주 시가지를 중심으로 두개의 패치군으로 나뉘어져 동쪽으로 10개, 서쪽으로 2개의 패치로 이루어져 있다(Fig. 1). 각각의 패치 식생은 하천 특성상 전반적으로 비슷하나 크게 세 가지 군락을 이루고 있다. 하나는 갈대와 사초군락지로 이루어져

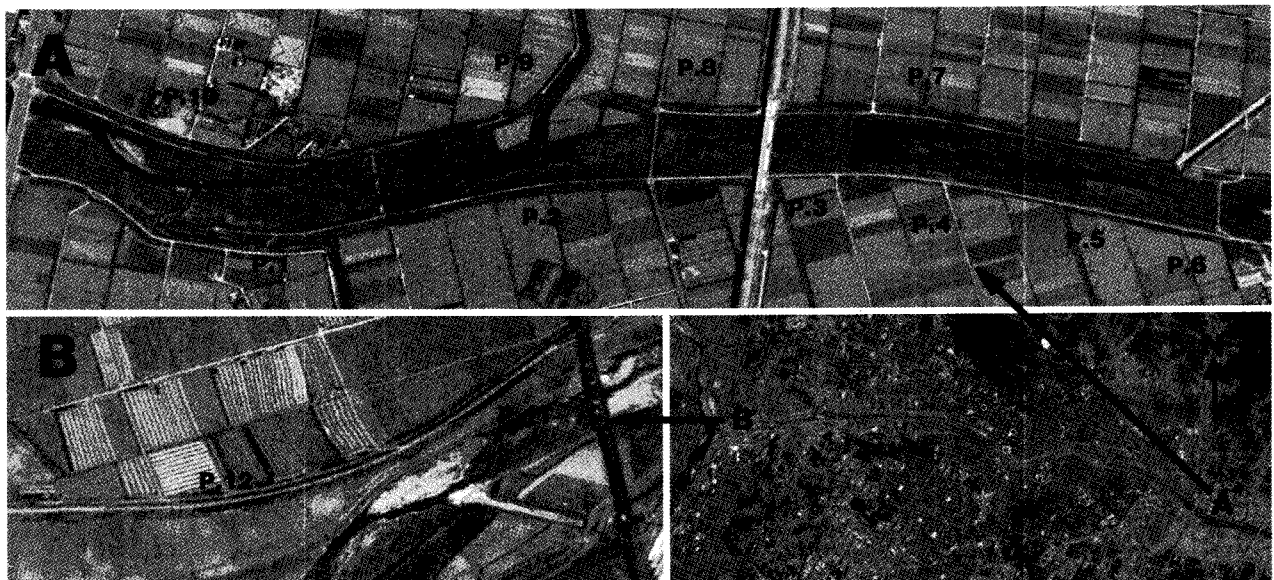


Fig. 1. Landscapes of survey area on Mark-Release-Recapture study for *Sericinus montela koreanus* around Musimcheon, Cheongju, Korea.

있으며, 또 하나는 꼬리명주나비의 먹이식물인 쥐방울덩굴 (*Aristolochia contorta* Bunge)과 관목이 함께 자라고 있으며, 나머지 하나는 서식지와 인접하여 부분적으로 옥수수, 호박, 들깨, 고추 등 농작물이 재배되고 있다(Table 1). 그리고 이 지역은 부정기적으로 낚시와 농업활동을 위해서 관목과 교목을 제거하고 있다.

방법

표지-방사-재포획 방법(Mark-Release-Recapture, MRR)을 이용하여 조사하였다(Cormack, 1968). 포획된 개체에 유성펜을 이용하여 고유번호를 뒷날개의 아랫면에 적어 방사한 후 매일 재포획하였으며, 개체별로 패치번호, 성별, 날개상태 등을 기록하였다(Fig. 2).

Table 1. Summary of characteristics of semi-natural habitat for *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from 2007 to 2008

Patch no.	Habitat		Patch size (m ²)
1	reeds and sedges, farmland, hedgerows, scrub		841
2	reeds and sedges, hedgerows, scrub		837
3	scrub, reeds		545
4	reeds and sedges		742
5	reeds and sedges, scrub		353
6	reeds and sedges		401
7	reeds and sedges, hedgerows		1048
8	reeds and sedges		1333
9	farmland, reeds and sedges, possible use of herbicides		98
10	sedges, scrub		507
11	reeds and sedges, farmland, possible use of herbicides		1589
12	reeds and sedges, farmland, possible use of herbicides		1539

Patch no.	Distances between each patch (m)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-												
2	563	-											
3	1029	522	-										
4	1318	735	233	-									
5	1704	1103	642	311	-								
6	1905	1317	807	544	208	-							
7	1397	825	259	121	351	564	-						
8	912	357	247	439	782	1042	456	-					
9	728	164	500	747	1140	1392	840	296	-				
10	168	648	1148	1430	1772	2034	1450	930	750	-			
11	10299	10862	11384	11617	11928	12136	10279	11029	11325	11781	-		
												-	241

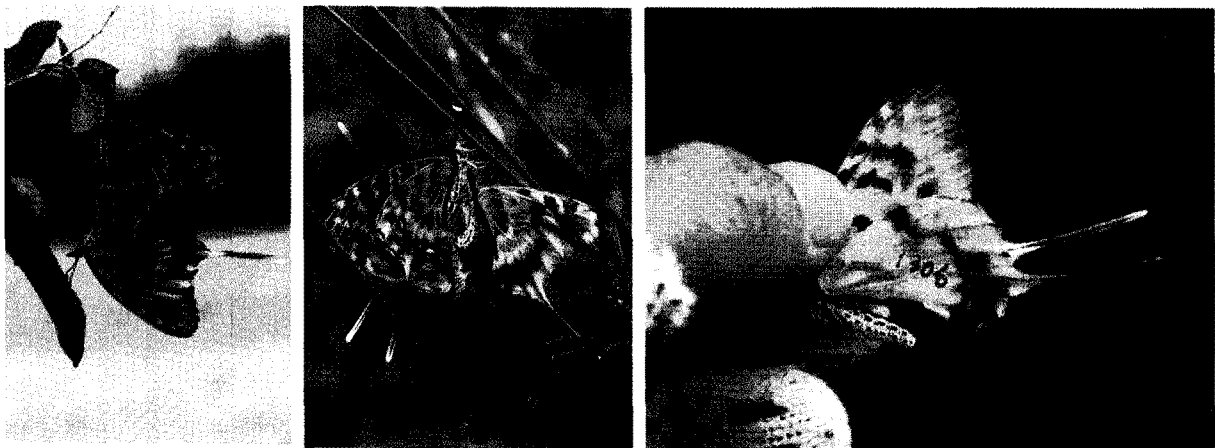


Fig. 2. Marking the number with oil marker on discal cell ventrally of the hind wing of *Sericinus montela koreanus*.

조사기간

조사기간은 2007년 6월부터 2008년 5월까지 매일 도보로 순회하였으며 비가 오거나, 강풍이 있는 날에는 조사하지 않았다. 그러나 여름철 우기 중에는 오전 11시 이전에 비가 그칠 경우 조사하였다. 시간은 나비가 활동하기 좋은 시간대를 선택하여 1~4세대는 오전 9-10시에, 5~6세대는 10시 이후에 실시하였으며 통상 3~4시간 소요되었다.

자료분석

메타개체군 크기는 Jolly-Seber (1965) 방법으로 개방형 개체군을 선택하여 95%의 신뢰 범위에서 추정하였다. 나비의 수명은 매일 각각의 패치에서 포획된 개체별로 일일단위로 계산하였다. SAS StatView program (1992-98)을 이용하여 단순회귀분석을 실시하였다.

결 과

개체군 크기

꼬리명주나비는 2007-2008년 동안 전체 12개 패치에서 총 2,749개체가 포획되었다. 패치별 개체수는 패치번호 1(421), 11(384), 12(340) 순으로 많았고, 패치번호 9(32)에서 가장 적었으며, 암수 비율은 2,295 : 454 (83 : 17%)로 수컷의 비율이 4배 이상 높게 조사되었다(Table 2). 경관에 따른 개체군 크기는 근접한 서식지가 있는 1, 10번 패치, 11, 12번 패치 그리고 4, 5, 7패치가 다른 패치에 비하여

큰 개체군을 이루고 있는 것으로 나타났으며, 이는 면적과의 비교에서도 패치의 크기보다는 인접지의 상호 연결성에 더 많은 영향을 받고 있는 것으로 판단된다(Table 1, 2). 따라서 종의 보전을 위해서는 서식지를 단절시키거나 고립되지 않도록 하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 그리고 개체수와 재포획 개체수와의 양의 상관관계($Y=2.077X+29.589$, $R^2=0.227$, $n=52$, $F=14.696$, $p=0.0004$)를 보여 개체군의 크기가 크면 재포획될 확률도 높아지는 것으로 나타났다.

세대별 개체군 크기

꼬리명주나비는 그동안 연 2-3회 발생하는 것으로 알려져 있었으나 청주시 무심천에서는 이른 봄인 4월부터 9월까지 6회 발생하는 것으로 나타났다(Fig. 4, 5). 세대별 개체군 크기는 3가지 패턴을 보였는데(Fig. 3) (1) 세대별로 안정된 개체군 크기를 보이고(패치번호 1, 12) (2) 한 세대가 대발생 뒤 다음 세대부터는 적은 개체가 불연속적인 발생을 보였으며(패치번호 2, 4, 5) (3) 세대개체군이 소멸하였다(패치번호 3). 각 패치의 다양한 개체군 크기는 세대별로 전체 메타개체군 크기를 200개체 이상으로 유지하는 것으로 나타났다. 각 패치는 개체군 크기에 의해서 먹이식물의 생육환경이 영향을 받고 있어 나비의 일시적 소멸이나 적은 개체군은 먹이식물이 있을 재생산하거나 생육을 방해받지 않아 많은 종자를 생산함으로써 먹이식물의 증가로 이어지게 되는 것이다. 결국 이런 과정을 반복함으로써 나비와 먹이식물의 공진화가 이루어질 것으로 추론된다.

Table 2. The number of butterflies captured and recaptured on patches for *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from 2007 to 2008

Patch no.	Total	New captured (M:F)	Recaptured (M:F)	Recapturing ratio (%)
1	421	332 (268:64)	89 (81:8)	21.1
2	282	262 (236:26)	20 (20:0)	7.1
3	83	64 (59:5)	19 (19:0)	22.9
4	300	258 (216:42)	42 (42:0)	14.0
5	238	197 (169:28)	41 (41:0)	17.2
6	82	79 (64:15)	3 (3:0)	3.7
7	160	138 (112:26)	22 (19:3)	13.8
8	197	165 (135:30)	32 (32:0)	16.2
9	32	29 (26:3)	3 (1:2)	9.4
10	230	195 (156:39)	35 (34:0)	15.2
11	384	312 (230:82)	56 (49:7)	14.6
12	340	292 (223:69)	48 (45:3)	14.1

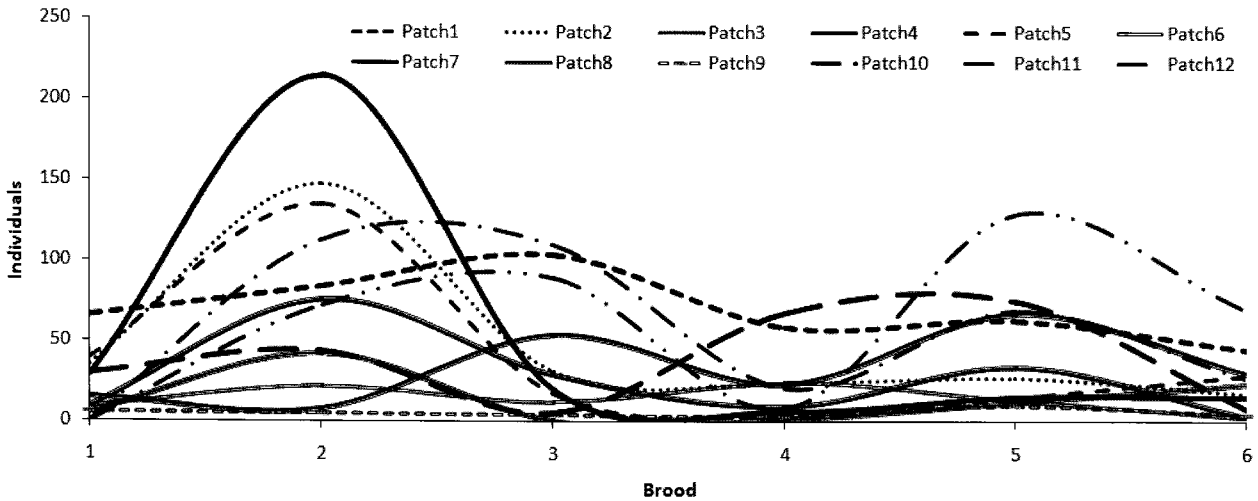


Fig. 3. Population density fluctuation in each generation per patch of butterflies captured for *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from 2007 to 2008.

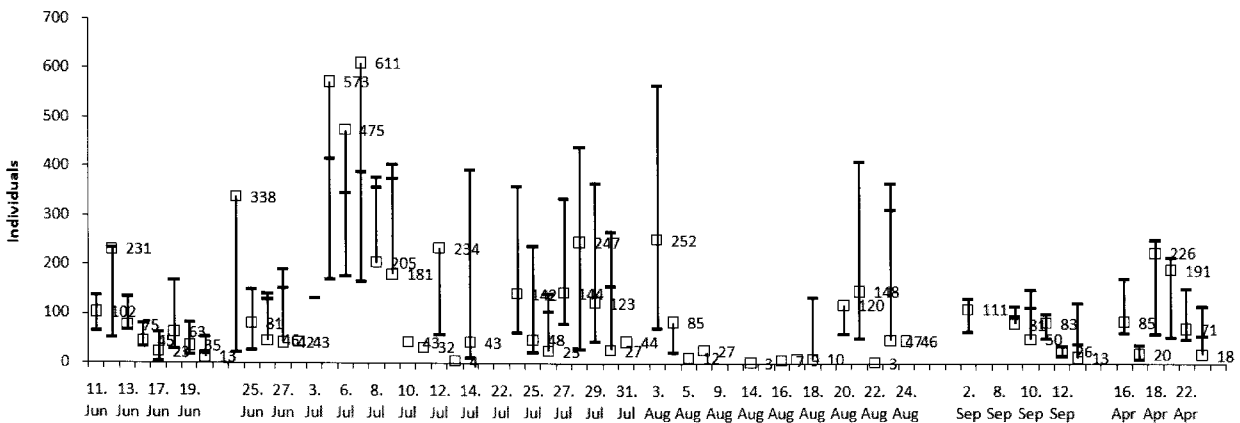


Fig. 4. Changes in the daily metapopulation size (with 95% confidence interval) of *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from Jun. 2007 to Apr. 2008.

추정 메타개체군 크기

연간 메타개체군의 크기(Fig. 4)는 8,364개체로 추정되었으며, 세대별로는 2세대 3,748개체로 가장 크고 4세대가 391개체로 가장 작았다. 추정된 일일 개체수를 보면 최대 발생기인 2세대에 611개체로 가장 높은 값을 나타내었다. 추정 메타개체군은 조사된 메타개체군과는 달리 정규 분포 형이 아닌 파동형을 보이고 있는데 이는 나비의 생존기간이 짧은 특성으로 재포획되는 개체수가 매우 불규칙적이거나 적기 때문이다. 특히 3-5세대는 여름철 고온과 집중호우, 강풍 등으로 개체 생존율이 급격하게 떨어지는 것으로 나타났다.

세대별 생존율(Fig. 5)을 보면 1세대 초기에는 생존율이 낮게 유지되다가 후반부에 높아지는 경향을 보였고, 2, 3,

4세대에는 초기에 생존율이 높아진 후 낮아지고 후반부에 다시 반복하는 너울형태를 보였다. 5세대에는 전반적으로 생존율이 낮게 유지되고 6세대에는 완만히 높아진 후 낮아졌다.

꼬리명주나비의 개체수, 생존율, 사망률, 추가율의 회귀 분석(Table 3)에서 개체군 크기와 추가율만이 역상관계($y = -1.810X + 60.54$, $R^2 = 0.340$, $n = 57$, $p = .0001$)를 보였으며, 그 이외의 변수 간에는 상관계수를 보이지 않았다. 따라서 꼬리명주나비의 경우 개체군 크기와 관계없이 생존율과 사망률은 서식지 환경에 영향을 받는 것으로 보인다.

세대별 생존율, 사망률, 추가율(Table 4)에서 생존율은 2, 3세대에서 가장 높고 4세대가 가장 낮고 가을형 5세대와 월동형 6세대에 점차 회복되는 경향을 보였다. 사망률은

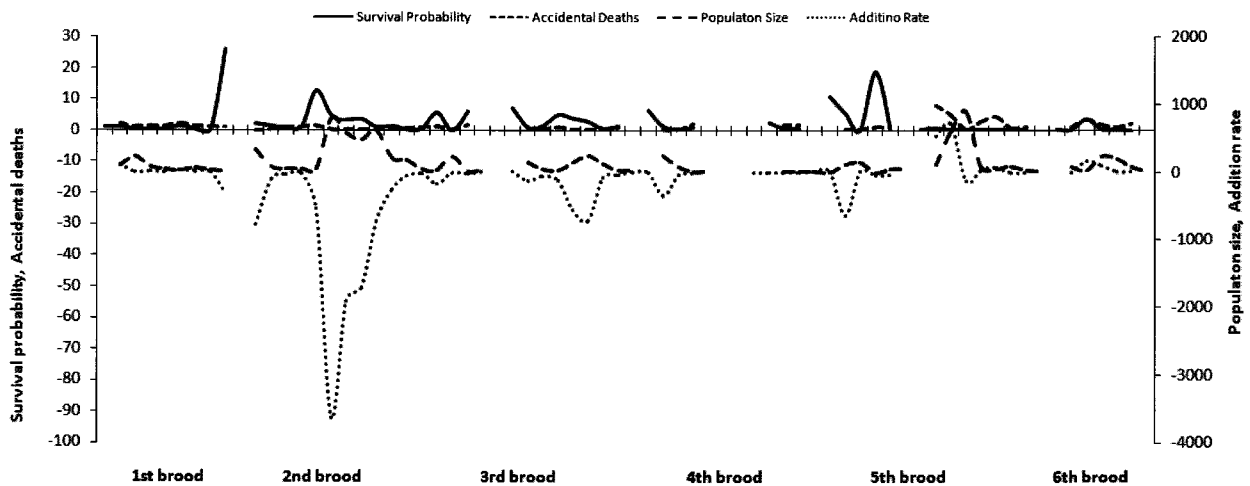


Fig. 5. Daily change in parameters for *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from 2007 to 2008.

Table 3. Simple logistic regression analysis of variance for *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from 2007 to 2008

Regression-simple		Sample no	R-square	F Value	Prov > F	
Daily	MPS	SP	61	.009	.550	.4612
		AD	61	.003	.168	.6834
		AR	57	.340	28.367	.0001***
	SP	AD	68	.003	.231	.6326
		AR	60	.028	1.697	.1979
	AD	AR	60	.015	.872	.3542
Polled daily of each brood	SP	AD	16	.075	1.139	.303
		AR	16	.016	.225	.642
	AD	AR	16	.014	2.459	.139

MPS: Metapopulation size, SP: Survival probability, AD: Accidental deaths, AR: Addition rate

Table 4. Brood parameter estimates and their 95% confidence intervals for *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from 2007 to 2008

Brood	ϕ (probability of survival)		λ (accidental deaths)		B (addition rate)	
1	0.73	0.32	4.03	1.72	22.16	-0.50
		1.15		6.36		43.82
2	3.02	1.33	0.73	0.44	-541.30	-1034.60
		4.36		1.17		-1575.90
3	2.74	0.88	0.49	0.14	-83.09	-173.37
		4.62		0.84		7.19
4	-8.34	-20.31	0.53	-0.24	-76.57	-197.68
		3.62		1.31		44.53
5	0.36	0.15	2.82	0.74	170.55	-14.44
		0.58		4.87		355.56
6	0.86	0.04	1.55	0.51	51.50	6.17
		1.69		2.59		96.84

Table 5. Survival periods per generation of butterflies captured in all patches for *Sericinus montela koreanus* in Musimcheon, Cheongju from 2007 to 2008

Generation		Days elapsed								Total number	Average survival period (day)
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	n	175	32	16	15	1	2	1	1	243	1.56
	%	72.0	13.2	6.6	6.2	0.4	0.8	0.4	0.4		
2	n	836	79	25	17	7				964	1.21
	%	87.6	8.2	2.6	1.8	0.7					
3	n	438	25	8	3	1				475	1.11
	%	92.2	5.3	1.7	0.6	0.2					
4	n	225	18	2	1	3				249	1.16
	%	91.6	7.2	0.8	0.4	0.6					
5	n	465	37	15	7	3	1	1		529	1.21
	%	87.9	7.0	2.8	1.3	0.6	0.2	0.2			
6	n	236	10	12	1	6	1	6	1	273	1.40
	%	86.4	3.7	4.4	0.4	2.2	0.4	2.2	0.4		

1세대에 4.03, 6세대 1.55 순으로 높고 4세대 0.53으로 가장 낮았다. 추가율은 성충의 생존기간이 긴 1, 5, 6세대에서는 양의 값을 보였으나 여름에 발생한 2~4세대에서는 음의 값을 보였다.

성충 생존일수

꼬리명주나비의 생존일수(Table 5)는 평균 1.11-1.56일로 나타났다. 제1세대가 가장 오래 생존하는 것으로 나타났으며 3세대가 가장 짧게 나타났다. 이는 여름철 고온과 우기가 겹쳐 다른 기간에 비하여 많은 영향을 주고 있는 것으로 여겨지며, 여름형의 재포획 횟수도 줄어들어 기상급 변은 나비의 생존을 짧게 하는 요인으로 작용하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 성충의 최대 생존일수는 8일로 나타났으나, 거의 대부분의 개체들(86%)은 2일 이상을 생존하지 못하였고, 5일 이후의 재포획률은 1%미만으로 나타나고 있다. 따라서 꼬리명주나비는 자신이 출생한 패치를 벗어나 다른 장소(패치)로 이주하거나 재포획 될 가능성이 없다고 판단된다.

세대별 개체군 크기에 따른 생존일수를 보면 개체군이 커지는 6-8월에 크기가 최대인 2세대의 경우 964개체를 보였으나 오히려 생존일수는 저조하여 최대 5일을 넘지 못하였다. 반면에 기후가 가장 안정되고 비가 적은 4월과 6월 초에 발생하는 세대에서는 개체군의 크기는 작으나 최대 8일까지 생존하여 개체군의 크기와 관계없이 기후 변화가 적을 때 오래 생존하는 것으로 나타났다.

고 찰

개체군 추정

청주시 일원에서 꼬리명주나비의 메타개체군 추정결과 는 세대별로 변화가 큰 것으로 나타났으며, 이는 나비의 특성상 성충의 생존기간과 관련 있을 것으로 판단된다. 즉, 성충의 짧은 생존기간은 재포획 빈도를 줄게 하여 수리적으로 메타개체군 추정을 어렵게 하는 요인으로 작용한 것이다. 예를 들어 네발나비과 *Preclossiana eunomia* 수컷의 평균수명은 2.6일(Baguette *et al.*, 2003)이고, 팔랑나비과 *Erynnis tagas*의 평균수명은 수컷 3.33일, 암컷 2.36일, 최대생존기간은 수컷 10일, 암컷 8일로 나타났으며(Gutierrez *et al.*, 1999), 호랑나비과 *Parides anchises nephalion*는 수컷 8.2-14.1일, 암컷 9-30일(Freitas and Ramos, 2001)로 나타난 결과와 비교해 볼 때 본 연구에서 얻어진 꼬리명주나비 성충의 평균생존일수 1.2일과 최대생존기간 8일은 짧은 것을 알 수 있다.

개체군 변동요인

나비의 발생양상을 파악하기 위해서는 장기간에 걸친 연구를 필요로 하며, 1년 동안의 단기간 조사로 메타개체군 크기의 변동을 추론하는 것은 한계가 있지만, 조사지역인 청주시 무신천변의 먹이식물 변화, 식생천이, 하천관리와 주변 농경지의 이용현황 등으로 판단해 볼 때 꼬리명주나비 개체군의 주요 변동요인으로는 환경변화에 따른 먹이식물

의 생육상태인 것으로 판단된다. 예를 들어 멸종위기종 나비인 *Lycaeides melissa samuelis*는 참나무숲 그늘이 개체군 감소의 주요인으로 지목되었으며(Grunde et al., 1998), 영국 웨일스 지역에 넓게 분포하는 종인 높표범나비(*Proclissiana eunomia*)는 15년 전만 해도 200개 이상의 서식지가 있었으나, 농경지의 확대 및 지속적인 개간(평탄작업)으로 서식지의 단절과 변화가 일어나 10년 동안 23.5%의 서식지가 감소하였다. 그 결과 웨일스 지방에서는 높표범나비가 지속적으로 발생할 수 있는 서식지가 부족하게 되어 빈약한 패치연결성을 보이고 있다(Fowles and Simth, 2006).

포식자 및 기생자

꼬리명주나비 개체군의 밀도변동에 관여하는 요인 중의 하나인 천적류에 대해서는 이번 조사에서 체계적인 조사가 이루어지지 않았으나 조사기간 중 여러 종류의 천적이 관찰되었다. 그 중 거미류인 무당거미(*Nephila clavata*), 호랑거미(*Argipe amoena*), 집왕거미(*Neoscona nautica*)의 밀도가 높았다. 특히 호랑거미는 서식지 전역에서 꼬리명주나비 성충을 가장 많이 포획하였고, 그밖에 포식천적으로 밀잠자리(*Orthetrum albistylum*), 파리매(*Promachus yesonicus*), 왕사마귀(*Tenodera aridifolia*)가 다수 목격되었다. 또한 포식자인 조류 중에는 참새(*Passer montanus*)와 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana*)가 군집으로 활동하는 것으로 나타났으며, 특히 붉은머리오목눈이 군집은 최대 100개체 이상이 서식지를 이동하면서 꼬리명주나비 유충을 포획하는 것으로 나타났다. 이번 조사에서는 비록 기생 천적류가 관찰되지는 않았으나 나비목 곤충들의 유충시기 사망률이 높은 점을 감안하면 비슷한 양상을 보일 것이다.

기후

기후변화는 일정 지역의 생물다양성을 감소시키고, 개체군 크기의 변화(McLaughlin et al., 2002)를 일으키는 등 지구 온난화에 따른 영향이 광범위하게 보고되고 있다(Parnesan, 2003). 청주시 무심천변을 따라 분포하고 있는 꼬리명주나비의 서식지는 인위적인 개발과 도시화에 따라 여름철 고온의 급상승으로 인해 성충의 생존기간을 단축시키는 요인으로 작용하는 것으로 보인다.

보전

꼬리명주나비의 국외 분포는 국외에 중국, 아무르, 연해

주와 일본에 분포한다(Kim, 2002). 청주시 무심천변을 따라 분포하고 있는 꼬리명주나비의 서식지는 도시의 팽창에 따른 감소 추세에 있으며, 현재 도심 서식지내 여러 곳에 먹이식물 군락이 존재하고 있으나 나비의 발생은 간헐적으로 나타나고 있다. 국내에 청주시와 같이 도심과 인접하여 넓은 면적의 꼬리명주나비 서식지가 있는 도시가 흔치 않으므로 시민들에게 정서적 휴식공간을 제공하기 위해서라도 시급한 보전대책의 수립이 요구되고 있다. 나비의 지속적인 발생을 저해하는 주요 원인이 주기적인 제초작업과 하상정비사업 그리고 하상 도로의 연장과 해충 방제활동 등이므로 청주 도심지 내의 나비류 보전을 위해서는 서식지인 하천변의 과도한 초지제거와 농작물의 경작을 금하고, 하천변의 도로개설이나 노면포장, 운동기구 설치 등을 자제할 필요가 있다. 또한 하천변을 따라서 조성중인 야생화단지나 화단에 꼬리명주나비의 먹이식물을 함께 식재하면 새로운 서식지 조성도 가능할 것으로 보인다.

Literatures Cited

- Baguette, M.G., M.S. Petit, and N. Schtickzelle. 2003. Effect of habitat fragmentation on dispersal in the butterfly *Priclissiana eunomia*. *Comptes Rendus Biologies*. 326: 200-209.
- Caughley, G. 1994. Directions in conservation biology. *J. Anim. Ecol.* 63: 215-244.
- Chris, A.M., van Swaay and M.S. Warren. 2006. Prime butterfly areas of Europe: an initial selection of priority sites for conservation. *Journal of Insect Conservation*. 10: 5-11.
- Cormack, R.M. 1968. Estimates of survival from the sighting of marked animals. *Biometrika*. 51: 429-438.
- Ehrlich P.R. and P.H. Raven. 1964. Butterflies and plants: A study in coevolution. *Evolution*. 18: 586-608.
- Erhardt, A. and J.A. Thomas. 1991. Lepidoptera as indicators of changes in the semi-natural grasslands of lowland and upland Europe. In: Collins, N.M. and J. A. Thomas (eds). *The Conservation of Insects and their Habitats*. Academic Press. London. pp. 213-237.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*. 34: 487-515.
- Fahrig, L. and G. Merriam. 1994. Conservation of fragmented population. *Cons. Biol.* 8: 50-59.
- Fischer, K., B. Beinlich and H. Plachter. 1999. Population structure, mobility and habitat preferences of the violet copper *Lycaena helle* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Western Germany: implication for conservation.
- Fowles, A.P. and R.G. Simth. 2006. Mapping the habitat quality of patch networks for the march fritillary *Euphydryas aurinia* (Rottemburg, 1775) (Lepidoptera, Nymphalidae) in Wales. *Journal of Insect Conservation*. 10: 161-177.
- Fred, M.S. and J.E. Brommer 2003. Influence of habitat quality

- and patch size on occupancy and persistence in two population of the Apollo butterfly (*Parnassius apollo*). *Journal of Insect Conservation*. 7: 85-98.
- Freitas, A.V.L. and R.R. Ramos. 2001. Population biology of *Parides anchises nephalion*(Papilionidae) in a coastal site in Southeast Brazil. *Braz. J. Biol.* 61: 623-630.
- Grunde, R., N.B. Pavlovic and C.L. Sulzman. 1998. Habit use by the endangered Karner blue butterfly in oak woodlands: the influence of colony cover. *Biological Conservation*. 85: 47-53.
- Gutierrez, D., C.D. Thomas and J. Leon-Cortes. 1999. Dispersal, distribution, patch network and metapopulation dynamics of the dingy skipper butterfly(*Erynnis tages*). *Oecologia*. 121: 506-517.
- Hanski, I. 1999. *Metapopulation ecology*. Oxford University Press. New York.
- Hanski, I. and M. E. Gilpin. 1997. Case studies. Pages 353-357. in Hanski, I. and M.E. Gilpin. editors. *Metapopulation biology: ecology, Genetics, and evolution*. Academic Press. San Diego, California.
- Hanski, I. and E. Meyke. 2005. Large-scale dynamics of the Glanville fritillary butterfly: landscape structure, population processes, and weather. *Ann. Zool. Fennici*. 42: 379-395.
- Hanski, I., A. Moilanen and M. Gyllenberg 1996 Minimum viable metapopulation size. *American Naturalist*. 147: 527-541.
- Hunter, M.L. 2001. *Fundamentals of conservation Biology*. Blackwell Science, Inc. Cambridge, MA.
- Jolly, G.M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika*. 52: 225-247.
- Kim, Y.S. 2002. *Illustrated book of Korean butterflies in color*. Kyohaksa.
- McLaughlin, J.F., J.J. Hellmann, C.L. Boggs and P.R. Ehrlich. 2002. The route to extinction: population dynamics of a threatened butterfly. *Oecologia*. 132: 538-548.
- Meffe, G.K. and C.R. Carroll. 1997. *Principles of conservation biology*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland Massachusetts.
- New, T.R. 1997. *Butterfly conservation*. Oxford University Press.
- Parmesan, C. 2003. Butterflies as bioindicators for climate change effects. pp. 541-559. In eds. Boggs, S. L., Watt W. B. and Ehrlich P. R. *Butterflies: Ecology and evolution taking flight*. The University of Chicago.
- Parmesan, C., N. Ryrholm, C. Stefanescu, J.K. Hill, C.D. Thomas, H. Descimon, B. Huntley, L. Kaila, J. Kullberg, T. Tammaur, W.J. Tennent, J.A. Thomas and M. Warren. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*. 399: 579-583.
- Sawchik, J., M. Dufrene and P. Lebrun. 2003. Estimation of habitat quality based on plant community, and effects of isolation in a network of butterfly habitat patches. *Acta Oecologica* 24: 25-33
- Simone K.H. and E. Strand. 2006. Adaptive patch searching strategies in fragmented landscapes. *Evolutionary Ecology*. 20: 113-130.
- Taylor, P.D., F.K. Henein and G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*. 68: 571-573.
- Van Swaay, C.A.M. and M.S. Warren. 1999. *Red data book of European butterflies*. Council of Europe publishing. Nature and Environment. No. 99. Strasbourg.
- Wilcox, B.A. and D.D. Murphy. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *Am. Nat.* 125: 897-887.