

전남 두륜산 일대에 서식하는 대형나방종의 다양성 및 종 구성 변화

최 세 응* · 나 상 덕
목포대학교 환경교육과

Diversity and Faunal Changes of the Macrolepidoptera in Mt. Duryunsan and Its Neighboring Area, Jeonnam, Korea

Choi, Sei-Woong* and Sang-Duck Na

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

ABSTRACT: We investigated the species richness of macrolepidoptera (including pyralid moths) in the evergreen broad-leaved forests of southwestern coast of Korea. The studied site was Mt. Duryunsan and its neighboring area, Haenam-gun, Jollanam-do and moths were identified and analyzed after collecting them with UV light traps from 2001 to 2004. A total number of species comprised 18 families and 489 species. We expected that the number of species would be increased when the species of microlepidoptera and butterflies were included. The family Noctuidae with 181 species was dominant in the area followed by Geometridae with 129 species and Pyralidae with 72 species. Based on number of collected individuals, Geometridae was the highest and followed by Noctuidae, Pyralidae and Drepanidae. Fifty-one percent of the total species consisted of less than two specimens in the collected sample. Monthly changes of numbers of species and individuals were examined and indices of Simpson's heterogeneity and evenness were also drawn. We briefly discussed the possibility of moth species or group of species as bioindicator for assessing the condition of forest after disturbance.

Key words: Bioindicator, Evergreen Broad-leaved forests, Habitat fragmentation, Lepidoptera, Rare species, Species richness

서 문

한반도 서남단에 위치한 전남 해남군 두륜산 및 대둔산 일대는 식물분포구계로 볼 때 남해안아구에 속하며 붉가시나무, 동백나무 등의 상록활엽수와 졸참나무, 소나무, 신갈나무 등 낙엽활엽수 그리고 소나무, 곰솔 등 침엽수가 함께 혼재한 다양한 식생구조를 나타내고 있다(김 등 1994). 잘 발달된 식생 및 해안과 접한 지리학적 특성으로 이 지역에 대한 동, 식물학적 연구의 중요성이 부각되었으나, 곤충의 경우 석(1973)에 의해 60종의 나비가 기록되었고 한국자연보존협회 조사 및 전국자연 생태계 조사 등으로 약 250여종이 분포한다고 알려져 있다(이 등 1994).

본 연구의 목적은 남해안 일대의 상록활엽수림대에 서식하고 있는 나비목 곤충 중 미소나방(명나방 제외)을 제외한 대형나방의 구성 종 및 계절에 따른 종 출현 변화 추이를 밝히는 데 있다. 나비목(Lepidoptera, 나비와 나방)은 전 세계에 약 120,000 종이 알려져 있으며 화려한 날개와 주간에 활동하는 나비를 대상으로 환경연구에 많이 이용되고 있다. 하지만 나비의 경우 상대적으로 채집이 어렵고 산림지역에서는 상대적으로 종 다양성이 높지 않아, 다양한 종으로 구성되고 분류학적 연구가

많이 이루어진 대형나방을 대상으로 생태계에 미치는 영향을 파악하는 지표생물로 이용하고 있다(Kitching *et al.* 2000).

지금까지 두륜산 일대에서의 나비목 곤충에 대한 연구는 학술적으로 많은 관심이 있었음에도 불구하고 접근성을 포함한 지리적인 문제로 연구자들의 연구가 쉽게 이루어지지 못했다. 이 일대지역에서 알려진 나비와 나방은 총 144종이었다(이 등 1994). 이 기록은 주로 1~2주 등 짧은 채집기간과 주로 여름을 중심으로 한 채집이 바탕이 되었기 때문에 이 지역을 포함한 우리나라 서남해안 상록활엽수림에 서식하는 나방에 대한 전반적인 이해가 부족하였다(禹 1938, 신 등 1986, 신과 주, 1991). 하지만 이 지역에서는 청띠제비나비(*Graphium sarpedon*), 굴빛부전나비(*Japonica lutea*), 남방녹색부전나비(*Thermozephyrus ataxus*) 등과 같은 학술 및 보전적 관심을 끌만한 나비가 발견되고 있어 이 지역의 나방 및 다른 곤충에 대한 연구의 필요성도 증대되었다.

재료 및 방법

두륜산(북위 34° 9', 동경 126° 8', 해발 703m)은 전남 해남군에 위치하고 있으며, 연평균 기온은 13.2°C로 여름 평균 25.1°C, 겨울 평균 0.9°C이다. 연평균 강수량은 1,330mm로 다소 강우

* Corresponding author; Phone: +82-61-450-2783, e-mail: choisw@mokpo.ac.kr

량이 많은 지역이다. 이 지역 일대에 서식하고 있는 나방을 채집하기 위하여 2001년 3월부터 2004년 10월까지 38회에 걸쳐 야간 채집을 실시하였다.

나방 채집은 12V 휴대용 건전지로 작동되는 U자형 15W 자외선 등 트랩(Bioquip Co., U.S.A.)을 고도를 달리하여 1개씩 설치하였으며, 이들 설치된 트랩의 중간 고도에서 천으로 된 스크린과 자외선 등을 이용하여 나방을 채집하였다. 채집은 일몰이 시작된 후 약 3시간동안 이루어졌으며 가급적 비가 오지 않고 바람이 불지 않는 날로 정하였다. 달의 밝기가 나방의 활동에 영향을 미침으로(Yela and Holyoak 1997) 가급적 보름달이 있는 날은 피하였다. 채집된 표본은 건조표본으로 제작하여 동정, 분류한 후 목포대학교 환경교육과에 보관하고 있다. 종 동정은 국내외의 문헌을 참조하였고, 외관상 동정이 어려운 종은 생식기 조사를 통하여 종을 확인하였다.

월별로 변화하는 종 구성을 알아보기 위하여 Simpson의 이질성도(heterogeneity index) 및 균등도(evenness index)를 산출하였다. 이질성도와 균등도를 산출하는데 본 조사에서는 Simpson 지수를 이용하였다. 이 지수는 군집 내 우점종에 의해 영향을 받는다고 알려지고 있다(Magurran 1988). 총 4년의 조사기간 동안 종수 및 개체수 변화에 차이가 있었는가를 알아보기 위하여 Wilcoxon Matched Pair test를 SPSS(ver. 11.0, 2001)로 분석하였다.

결 과

2001년부터 2004년까지 38회에 걸쳐 채집한 결과 총 18과 489종이 채집되었다. 과별로 종 우점도를 살펴보면 밤나방과(Noctuidae)가 181종으로 가장 높았고 다음으로 자나방과(Geometridae, 129종), 명나방과(Pyralidae, 72종) 순이었다. 채집된 개체수로는 자나방과가 1,537개체로 가장 많았고 다음으로 밤나방과, 명나방과, 갈고리나방과(Drepanidae)의 순이었다(Table 1, Fig. 1, 2). 채집된 개체수와 종 풍부도 사이에는 통계적으로 유의한 상관관계($r=0.73, P<0.001$)를 나타냈으며, 이들 수치를 바

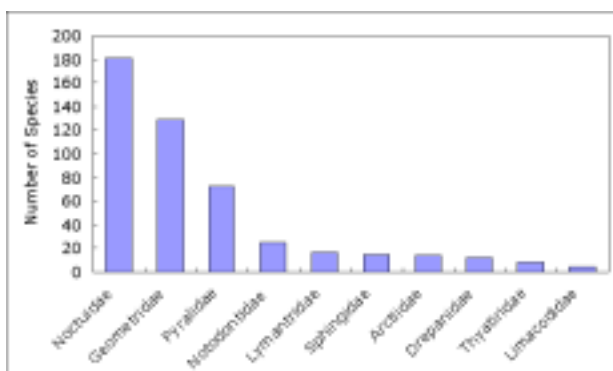


Fig. 1. A graph showing the number of species by families in Mt. Duryunsan and its neighboring area, Korea. Families with less than five species were not drawn. See Table 1 for detail number of species.

Table 1. Numbers of species and individuals of Lepidoptera collected from 2001 to 2004 in Mt. Duryunsan and its neighboring area, Korea. Data are arranged according to decreasing species richness. Nomenclature follows Inoue (1982).

Family	Number of Species	Number of Individuals
Noctuidae	181	1024
Geometridae	129	1537
Pyralidae	72	403
Notodontidae	25	135
Lymantridae	17	122
Sphingidae	15	41
Arctidae	14	110
Drepanidae	12	297
Thyatiridae	8	55
Limacodidae	5	46
Epiplemaeidae	2	13
Lasiocampidae	2	11
Saturniidae	2	4
Zygaenidae	1	1
Cossidae	1	3
Thyrididae	1	14
Brahmaeidae	1	1
Cyclididae	1	4
Total	489	3,821

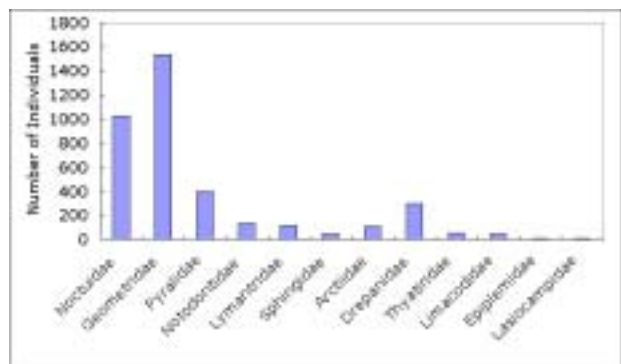


Fig. 2. A graph showing the number of individuals by families in Mt. Duryunsan and its neighboring area, Korea. Families with less than ten specimens were not drawn. See Table 1 for detail number of individuals.

탕으로 산출된 이질성도와 균등도 사이에는 상관관계를 나타내지 않았다($r=0.25, n.s.$). 채집된 개체수를 나방 종으로 나타낸

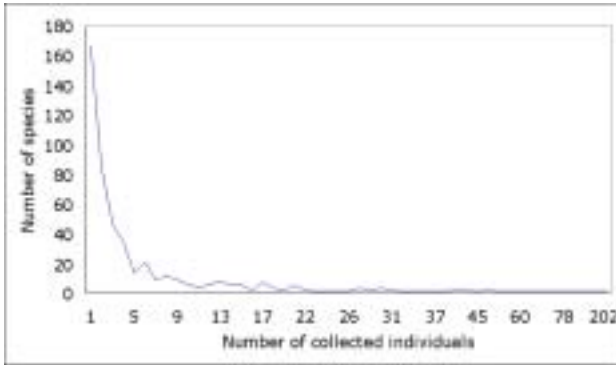


Fig. 3. Rightly skewed graph showing the relationship between the number of specimens collected and the number of species. More than 50% species comprise the species with less than two specimens collected.

결과 오른쪽으로 편향된 곡선을 나타내었다(Fig. 3).

채집된 종을 대상으로 2001년부터 2004년까지 종 수 변화를 조사한 결과 조사기간 내내 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며 개체수의 경우 2001년과 2004년 사이에 통계학적으로 약간 유의한 차이를 나타내었다(Table 2).

월별 채집된 종수와 개체수의 변화를 살펴본 결과 5월부터 8월 사이에 가장 높은 종 수 및 개체수를 나타내었다. 개체수의 경우 여름에 높은 수를 보인 후 9~10월에 다시 한번 큰 곡선을 나타내었는데 이것은 자나방과의 털빨가지나방(*Alcis angulifera*)과 갈고리나방과의 민갈고리나방(*Macrocilix mysticata*) 등이 다수 채집된 결과이다(Fig. 4, 5).

Fig. 6과 7은 월별 이질성도와 균등도를 산출한 결과이다. 일반적으로 이질성도는 5월 이후 최대치를 보이다가 9월 이후 감소하는 경향을 보였다. 하지만 조사기간 동안 5월과 8월에 큰 차이를 보이고 있다. 2001년과 2003년 5월에는 높은 값을 나타낸 반면 2002년과 2004년에는 낮았다. 2001년과 2004년 9월 이후 이질성도는 높은 값을 가진 반면 2002년과 2003년에는 낮았다. 균등도는 봄과 가을에 높은 값을 보이지만 여름에는 (2002년 제외) 비교적 적은 값을 나타내었다.

Table 2. Result of Z-value derived from Wilcoxon Signed Ranks Test between years from 2001 to 2004. Upper right triangle indicates differences of the number of species and lower left triangle indicates differences of the number of individuals

Year	2001	2002	2003	2004
2001	-	0.000	-0.700	-1.153
2002	-0.845	-	-1.014	-0.676
2003	-1.400	-1.014	-	-0.140
2004	-2.173*	-0.593	-0.560	-

* $P < 0.05$.

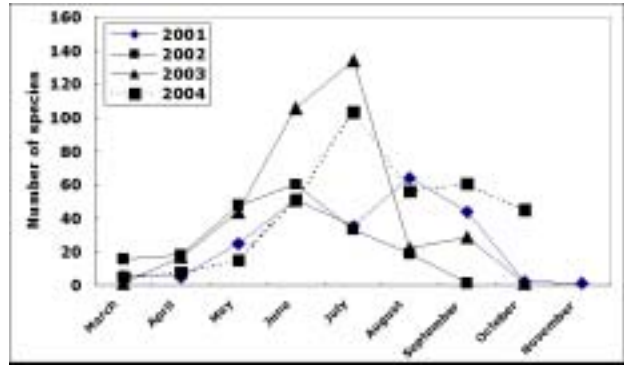


Fig. 4. Monthly changes of number of species in Mt. Duryunsan and its neighboring area, Korea from 2001 to 2004. All year graphs were significantly no different.

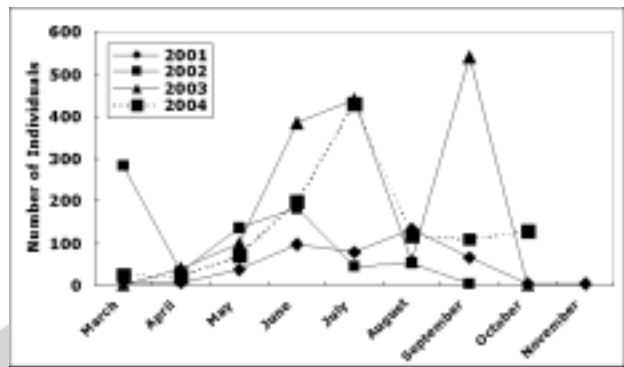


Fig. 5. Monthly changes of number of individuals in Mt. Duryunsan and its neighboring area, Korea from 2001 to 2004. There was slight difference between that of 2001 and that of 2004 ($P < 0.1$).

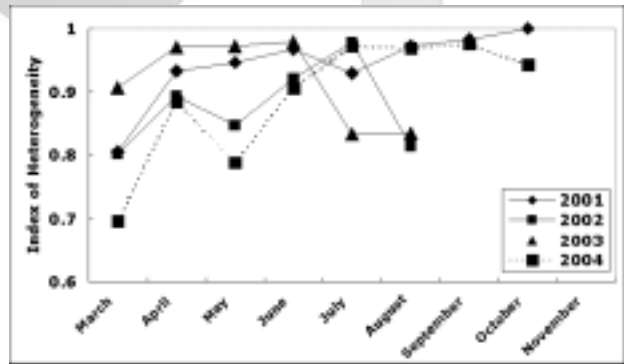


Fig. 6. Monthly changes of Simpson's heterogeneity index in Mt. Duryunsan and its neighboring area, Korea.

고찰

한반도 서남해안 일대의 상록활엽수림에 분포하고 있는 나방 중 및 월별 구성종의 변화를 알아보기 위하여 전남 해남군에 위치한 두륜산 일대를 중심으로 2001년부터 2004년까지 야간채

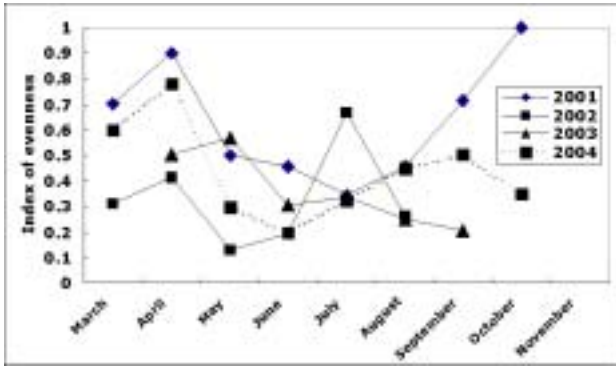


Fig. 7. Monthly changes of Simpson's evenness index in Mt. Duryunsan and its neighboring area, Korea.

집을 실시한 결과 18과 489종이 채집되었다. 이 수치는 지금까지 이 지역에서 채집, 분포하는 것으로 알려진 144종의 나비목 곤충의 수보다(이 등 1994) 훨씬 증가한 것이다. 본 연구에서는 전체 나비목 곤충 중 명나방과를 제외한 미소나방을 포함하지 않았고 주간에 활동하는 호랑나비상과 및 팔랑나비과의 나비를 포함하지 않았기 때문에 이 지역에 분포할 것으로 예상되는 나비목 곤충의 수는 훨씬 많을 것이다. 본 연구에서 얻어진 결과를 통하여 우리는 어떤 지역의 곤충 및 생물상을 연구하기 위해서는 지속적이면서도 장기적인 채집과 채집된 종을 정확하게 동정할 수 있는 검색표 등 분류학적 방법이 필요하다고 생각한다.

열대나 온대지방 산림의 종 다양성은 하나 또는 두 마리의 개체수인 종으로 구성된 경우가 많으며 왜 이들 생태계가 이렇게 많은 희귀종으로 구성되어있는가에 대한 논의가 많이 이루어졌다(Wagner *et al.* 1996, Butler *et al.* 1997, Novotny and Basset 2000, Summerville *et al.* 2003). 특히 온대지방 산림에서 높은 비율을 차지하고 있는 희귀종은 해충 관련 연구나 보전생물학에서 중요한 문제로 인식되고 있다(Gaston *et al.* 2001, Summerville *et al.* 2003). 본 연구결과 한반도 서남해안 상록활엽수림대에서 채집된 종 중 2개체 미만이 전체 종의 51%(247종)을 차지하고 있어, 이 지역의 종 다양성을 보전하기 위한 관리대책을 세우기 위해서는 이들 희귀종들의 개체수를 높일 수 있는 방안(예를 들어 기주식물 탐색 및 관리)을 모색하고, 이들 종의 개체군 변동을 감시할 수 있는 지속적인 모니터링이 필요하다(Summerville *et al.* 2003).

월별 채집된 나방 종의 변화는 전체 조사기간 동안 거의 변화를 보이지 않았다. 개체수의 경우 2001년과 2004년의 결과에서 차이가 있다고 나타났다(Table 3, Wilcoxon Matched Paired test $z = -2.173, P < 0.05$). 나방은 대부분이 초식성(herbivore)이기 때문에 식생의 차이에 따라 종 구성에 많은 변동을 보이고 또한 조사 범위의 차이(scale) 등에서도 나타난다(Usher and Keiller 1998, Summerville and Crist 2003). 본 연구에서 조사년도별 개체수의 차이가 나타난 요인은 조사기간 동안 강우량이나 온도 등과 같은 기후요인이 작용할 수도 있으나 채집방법 또는 채집 일자와 같은 샘플링에서도 발생할 가능성이 있다고 생각된다.

이에 대해서는 추후 더 자세한 연구가 필요하다.

야간에 채집되는 나방 종 및 개체에 가장 밀접한 연관을 보이는 환경 요인은 온도이다(Williams 1940, Harling 1968, Persson 1971, Yela and Holyoak 1997). 온도 이외에 채집되는 개체수에 영향을 미치는 요인으로 바람의 세기나 달빛의 영향 등이 알려져 있다. 본 연구조사에서도 온도의 상승이 종 및 개체가 증가하는데 큰 기여를 한 것을 알 수 있었다. 하지만 2003년 가을 개체수가 급격하게 늘어난 것은 털뿔가지나방이나 민갈고리나방 등 몇몇 우점종이 많이 채집되었기 때문이다.

숲에 서식하고 있는 나방 종 구성에는 산림 면적과 숲의 연령 그리고 인간의 간섭과 같은 요인이 영향을 미친다고 알려져 있는데, 이들 요인 중에서도 숲의 연령과 숲을 구성하고 있는 식물 종이 가장 중요하다고 여겨지고 있다(Brown and Hutchings 1997, Summerville and Crist 2002, 2003). Summerville and Crist (2003)는 전체 군집의 변화를 감지하는데 나방 종 구성의 변화는 기대했던 만큼 크게 변화를 보이지 않기 때문에 숲 생태계 변화를 감지하기 위해 사용할 나비목 곤충은 나방 전체보다는 숲이나 나방종의 구성의 변화를 나타낼 수 있는 종이나 소규모 종 그룹을 찾는데 초점을 두어야 한다고 주장하고 있다. 서식지 파편화로 인한 서식지 감소나 인간의 서식지 이용은 나방 종 구성을 단일화하는 결과를 초래하고 궁극적으로 개체수가 적은 희귀종은 지역적으로 절멸하거나 더 희귀해질 가능성이 높아질 것이다. 이것은 자연 상태와 인간의 간섭이 많이 이루어진 지역을 대상으로 분포하고 있는 나방을 조사한 결과 자연 상태에서 서식하는 종은 관목 종류와 밀접한 연관을 보인 반면 간섭이 많이 이루어진 곳에서는 단자엽식물과 같은 초본 식물을 기주로 하는 밤나방이 우점을 나타낸 것을 토대로 유추되었다(Kitching *et al.* 2000). 또한 이들은 서식지 이용과 나비목 곤충의 과(family) 사이에 연관이 있는 것을 발견하였는데, 조사 대상 나방 중 불나방과(Arctiidae), 밤나방과(Noctuidae) 및 포충나방과(Phycitidae)는 서식지 간섭이 많아지면 종이 늘어나는 한편 지나방과(Geometridae), 독나방과(Lymantridae)는 오히려 종이 줄어들었다(Kitching *et al.* 2000). 이러한 결과는 어떤 지역의 생태계를 평가하는데 그 지역의 나방 종 구성을 조사하여 이루어질 수 있다는 것을 의미하고 이러한 연구결과를 바탕으로 인간의 간섭에 의해 나타나는 숲의 생태계 변화를 감지하는데 특정 나방의 종을 이용할 수 있을 것으로 기대가 되고 있다. 우리나라에서는 서식지 감소나 숲의 이용 등과 같은 다양한 인간의 간섭에 따라 나방 종 구성에 어떤 변화가 생기는가에 대한 연구가 많이 이루어지지 않았다. 추후 이러한 연구를 바탕으로 우리나라 숲이나 기타 생태계의 변화를 알 수 있는 지표로 나방 종 구성이 역할을 할 수 있는가를 밝혀내고, 전체 나방 구성보다는 지역 특성을 더 쉽게 밝혀낼 수 있는 나방이나 나방 그룹을 이용할 수 있는 방법이 나올 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구를 수행하는데 지난 4년여 동안 채집에 참여한 목포

대학교 환경교육과 대학원생 및 학부 학생들에게 감사의 말을 전합니다. 이 연구는 목포대학교 연구소 지원사업의 일부(2004년)에 의해 수행되었음을 밝힙니다.

적 요

한반도 서남해안 상록활엽수림이 우점하고 있는 산림의 대형나방(명나방 포함) 중 다양성을 조사하였다. 조사지역은 해남군 두륜산 일대로 2001년 3월부터 2004년 10월까지 약 4년간 야외조사 등을 이용한 야간채집을 통하여 나방 종을 분류, 분석하였다. 조사결과 채집된 나방은 총 18과 489종이었으며, 미소나방과 주간활동성인 나비를 합한다면 이 지역에 분포하는 나비목 곤충은 훨씬 더 많을 것으로 예상된다. 채집된 종 중 밤나방과가 181종으로 가장 많았고 다음으로 자나방과(129종), 명나방과(72종) 순이었으며, 개체수로는 자나방과가 가장 많았고 다음으로 밤나방과, 명나방과, 갈고리나방과의 순이었다. 채집된 종의 51%가 2개체 미만의 희귀종을 차지하였다. 월별 종수와 개체수의 변화를 살펴보고, 이들 수치를 이용한 이질성도와 균등도를 산출하여 계절별 변화를 살펴보았다. 산림생태계 보전 및 이용에 특정 나방 종 및 종 그룹을 이용하는 것에 대하여 간략히 논의하였다.

인용문헌

- 김종홍, 정영철, 신정식. 1994. 두륜산의 식생 및 녹지자연도 '94 자연생태계 지역정밀조사 보고서 - 해남 두륜산. 환경부. pp. 12-35.
- 신유항, 김성수, 김홍철. 1986. 月出山 일대의 나비목에 대하여. 한국자연보존협회 조사보고서 21: 107-121.
- 신유항, 주재성. 1991. 珍島의 나비목 昆蟲相에 關하여. 자연보존 75: 33-48.
- 이원규, 서홍열, 임재원. 1994. 두륜산의 곤충상. '94 자연생태계 지역정밀조사 보고서 - 해남 두륜산. 환경부. pp. 165-191.
- Brown, Jr., K.S. and R.W. Hutchings. 1997. Disturbance, fragmentation and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies. In Laurance, W.F. and Bierregaard, R.O. (eds.) Biological dynamics of tropical forest fragments. Chicago Univ. Press, pp. 91-110.
- Butler, L., G.A. Chrislip, V.A. Kondo and E.C. Townsend. 1997. Effect of diflubenzuron on non-target canopy arthropods in closed deciduous watersheds in a central Appalachian forest. J. Econ. Entomol. 90: 784-794.
- Gaston, K.J., A.S.L. Rodrigues, B.J. van Rensburg, P. Koleff and S. Chown. 2001. Complementary representation and zones of ecological transition. Ecol. Lett. 4: 4-9.
- Harling, J. 1968. Meteorological factors affecting the activity of night flying macro-Lepidoptera. Entomologist 101: 83-93.
- Inoue, H. (ed.) 1982. Moths of Japan. Kodansha, Tokyo. 966p.
- Kitching, R.L., A.G. Orr, L. Thalib, H. Mitchell, M.S. Hopkins and A.W. Graham. 2000. Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. J. Appl. Ecol. 37: 284-297.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton Univ. Press, Princeton. 192p.
- Novotny, V. and Y. Basset. 2000. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. Oikos 89: 564-572.
- Persson, B. 1971. Influence of light on flight activity of noctuids (Lepidoptera) in south Sweden. Entomol. Scand. 2: 215-232.
- SPSS. 2001. SPSS for Windows, Ver. 11.0. SPSS Inc.
- Summerville, K.S. and T.O. Crist. 2002. The effects of timber harvest on forest Lepidoptera: community, guild, and species responses. Ecol. Apps. 12: 820-835.
- Summerville, K.S. and T.O. Crist. 2003. Determinants of lepidopteran community composition and species diversity in eastern deciduous forests: roles of season, ecoregion and patch size. Oikos 100: 134-148.
- Summerville, K.S., M.J. Boulware, J.A. Veech and T.O. Crist. 2003. Spatial variation in species diversity and composition of forest Lepidoptera in Eastern deciduous forests of North America. Conserv. Biol. 17: 1045-1057.
- Yela, J.L. and M. Holyoak. 1997. Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths. Environ. Entomol. 26: 1283-1290.
- Usher, M.B. and S.W.J. Keiller. 1998. The macrolepidoptera of farm woodlands: determinants of diversity and community structure. Biodiv. Conserv. 7: 725-748.
- Wagner, G.L., J.W. Peacock, J.L. Carter and S.E. Talley. 1996. Field assessment of *Bacillus thuringiensis* on non-target Lepidoptera. Environ. Entomol. 25: 1444-1454.
- Williams, C.B. 1940. An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part II. The effect of weather conditions on insect activity; and the estimation and forecasting of changes in the insect population. Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 90: 227- 306.

(2005년 2월 14일 접수; 2005년 3월 14일 채택)