

비행간섭트랩에 포획된 속리산국립공원내의 송장벌레류 종구성 및 풍부도의 계절적 변동

오광식 · 김도성¹ · 조영복*

한남대학교 자연사박물관, ¹경북대학교 응용생명과학부

The effects of seasonal changes on the species composition and abundance of Silphids (Coleoptera: Silphidae) captured by FIT at Mt. Sokrisan National Park, Chungbuk Province

Kwang Sik Oh, Do Sung Kim¹ and Young Bok Cho*

Natural History Museum, Hannam University, Ojeong-dong, Daedeok-gu, Daejeon 306-791, Korea

¹School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

ABSTRACT: Changes in insect communities are one of the best indicators of environmental changes. A survey was conducted using the Flight Interception Trap (FIT) method to check the changes of species composition and abundance of silphids at Mt. Sokrisan National Park from April to October in 2003 to 2007. A total of 9,704 individuals of six silphid species were examined by FIT. Among them, *Nicrophorus quadripunctatus* was the most dominant species with 8,763 (90.3%) individuals. There were only 971 (9.7%) individuals of the other five species. The seasonal abundance of silphids peaked in July and August. The annual abundance has decreased gradually since 2004. Therefore, the changing patterns of species composition and abundance of silphids checked by long-term monitoring could be used as environmental indicators which indirectly show the environmental changes of Mt. Sokrisan National Park.

Key words: Silphidae, Species Composition, Abundance, Monitoring

초 록: 곤충 군집의 변화는 서식지 환경의 변화를 파악할 수 있는 척도가 된다. 속리산국립공원에서 2003년부터 2007년까지 월별(4월-10월)로 Flight Interception Trap (FIT)을 이용하여 송장벌레류의 종 구성과 풍부도의 변화를 알아보기 위한 조사를 실시하였다. 그 결과, 6종 9,704개체가 조사되었는데, 이 중 넙점박이송장벌레(*Nicrophorus quadripunctatus*)가 8,763개체(90.3%)로 가장 높은 우점도를 보였다. 넙점박이송장벌레를 제외한 나머지 5종은 971개체(9.7%)에 불과하였다. 송장벌레 6종의 계절적 풍부도 변화에 따르면 7월과 8월이 최성기인 것으로 나타났다. 또한 연간 풍부도는 2004년 이후 점차 감소하는 경향을 보이고 있다. 장기간의 모니터링 결과, 환경지표종으로 활용이 가능한 송장벌레류의 종구성과 풍부도 변화는 속리산의 기후변화를 간접적으로 나타내고 있음을 시사한다.

검색어: 송장벌레과, 딱정벌레, 풍부도, 모니터링

인간 활동에 의한 서식처의 파괴와 교란 그리고 환경의 변화로 많은 생물들이 생존을 위협받고 있을 뿐만 아니라 생물다양성 또한 급격히 감소하고 있고(Wake and Vredenburg, 2008), 서식처의 분열로 인해 생물이 서식할 수 있는 생활공간의 감소로

동물의 군집 감소를 야기 시키고 있다(Henle *et al.*, 2004). Pimentel *et al.* (1992)에 따르면 지구면적의 75%가 인간에 의해 이용되고 있는 것으로 추정되는 가운데 최근 10년 동안 생물이 멸종하는 비율이 증가 추세에 있다(Laurance *et al.*, 2002).

최근 각 나라마다 자국의 생물에 대한 자원화와 주권을 갖기 위하여 노력하는 가운데 국내에서도 생물자원의 중요성이 강조되어 환경부에서는 국립공원 및 생태경관우수지역과 같은 주요 지역에 대한 장기모니터링이 진행 중에 있다.

*Corresponding author: silpha@hanmail.net

Received June 22 2011; Revised September 5 2011

Accepted September 21 2011

장기간에 걸쳐 동물 개체군의 크기와 군집의 변화를 모니터링 하는 것은 환경변화를 감지할 수 있는 유용한 방법이며 (Sutherland, 1996), 동물군집의 변화를 판단하는 핵심방법이 되기도 한다(Gibbs, 2000). 또한 모니터링을 통해 선정된 지역의 생물자원 현황 및 변화상을 파악하여 서식지 환경을 이해할 수 있으며, 그 결과는 생물자원의 관리 및 복원을 위한 기초자료로 활용이 가능하다(Gibbs *et al.*, 1999).

송장벌레(Coleoptera: Silphidae)는 동물의 사체가 자연으로 환원될 수 있도록 청소부 역할을 하는 큰 그룹 중의 하나로 세계적으로 2아과 13속 210종이 알려져 있다(Peck, 1990; Kalinová *et al.*, 2009). 송장벌레는 번식을 위한 산란장소와 성충의 먹이로 동물의 사체를 이용하며(Pukowski, 1933), 먹이획득을 위해서 포유동물, 파리, 개미 등과 같은 경쟁자들과 경쟁하기도 한다(Fuller, 1934; Walker, 1957). 송장벌레는 먹이에 대한 경쟁력을 높이기 위해 촉각이 발달하였고, 이로 인해 다른 동물보다 빨리 동물의 사체를 찾아낼 수 있으며(Abbot, 1927; Boeckh, 1962; Ernst, 1972), 수 킬로미터 이상 떨어진 거리일지라도 하루 안에 찾아낼 수 있는 능력을 갖고 있다(Petruska, 1975). 이렇듯 송장벌레는 생태계에서 동물의 사체를 분해하거나 소비자 역할을 하는 중요한 분류군으로서 송장벌레의 풍부도 변화는 곧 먹이원인 동물상의 변화를 감지할 수 있는 지표종에 해당하므로 우리는 이런 변화에 주목할 필요가 있다(Ulyshen and Hanula, 2004).

본 연구에서는 속리산국립공원에서 장기간에 걸쳐 송장벌레의 풍부도와 계절 변화에 따른 종 구성에 대하여 모니터링 하였다. 이 자료는 앞으로 속리산의 환경변화를 감지할 수 있는 기초자료가 될 것으로 판단된다.

재료 및 방법

조사지역

속리산 지역의 모니터링 조사를 위하여 충청북도 보은군 내 속리면 법주사(St. 1 - N36° 32' 21.5"; E127° 50' 10.4")지역과 충청북도 괴산군 칠성면 쌍곡리(St. 2 - N36° 43' 25.4"; E127° 54' 28.6")지역을 각각 선정하였다(Fig. 1) 이 두 지역은 속리산국립공원에서 선정한 기본 조사 격자로 매년 다양한 분류군의 연구자들이 공동으로 참여하는 지역이다. St. 1은 해발 337m에 위치하고 있고, 전나무와 참나무가 우점하고 있는 동사면의 혼효림으로 조사지점은 등산도로에서 약 30m 위쪽에 위치하고 있다. St. 2는 해발 420m에 위치하고 있으며, 소나무가 우점하는 서사면의 혼효림으로 조사지점은 도로에서 정상 쪽으로 300m 거리에 위치하고 있고, 조사지점 옆에 작은 계곡이 있다.

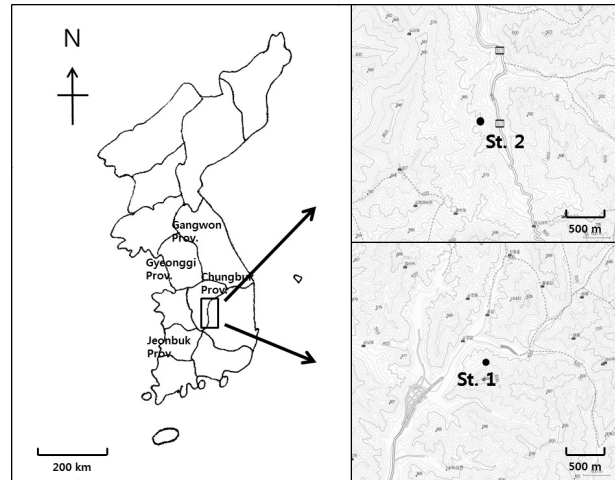


Fig. 3. The survey sites in Mt. Sokrisan National Park. (St. 1: Beobjusa, St. 2: Ssanggok-ri)

조사시기 및 방법

송장벌레의 포획을 위하여 속리산 St. 1과 St. 2에 Flight Interception Trap (FIT)를 각각 1개씩 설치하여 2003년부터 2007년까지 5년간, 매년 4월부터 10월까지 월별로 1회씩 포획된 송장벌레를 수거하였다. FIT는 낮게 비행하는 곤충의 장기간에 걸친 포획에 용이하고 특히 송장벌레와 같이 비행성이 다소 떨어지는 곤충들의 포획에 많이 이용된다(Nomura *et al.*, 2006). 본 조사에서 사용한 FIT는 170×120cm의 스크린(mesh 크기 1×1mm)을 곤충의 비행이 용이하도록 공간이 잘 확보된 나무 사이에 설치하고 위에는 비가림막(214×120cm)을 설치하여 포획 용기 안에 포획된 곤충이 물이 차서 넘치거나 낙엽이 들어가는 것을 방지하였다. 곤충을 잡기위한 용기(28×22×6cm)는 스크린 길이(170cm)에 맞추어 아랫면에 설치하였다. 그리고 용기 안에는 50% Ethylene glycol을 용기 깊이의 1/2정도 넣어 포획된 곤충이 부패하지 않도록 하였다(Fig. 2).

포획된 표본은 월 1회씩 각 지역별로 수거하여 실험실에서 동정 후 종별로 각 개체수를 기록하였다. 그리고 포획된 개체수와 강수량, 기온과의 회귀분석은 SAS-StatView 5.0.1(1998)를 이용하여 단순회귀와 다중회귀분석을 하였다.

결과

출현종 · 개체수 · 출현빈도

2003년부터 2007년까지 송장벌레류에 대한 조사 결과, 총 6종 9,704개체가 포획되었다. 이 중 낙점박이송장벌레(*Nicrophorus*

quadripunctatus)가 8,763개체(90.3%)로 높은 우점도를 보였다. *N. quadripunctatus*를 제외한 나머지 5종은 971개체(9.7%)에 불과하였다. 이들 중 대모송장벌레(*Calosilpha brunneicollis*)는 조사기간 동안 8개체(0.1%)만 포획되어 가장 적게 나타났다 (Table 1).

포획된 송장벌레의 개체수를 연도별로 비교한 결과, 2003년에 971개체로 가장 적었다가 2004년에 3,483개체로 급증하였다. 그러나 2005년부터 개체수가 점차 감소하는 경향을 보이고 있다.

월별 송장벌레의 출현빈도는 *N. quadripunctatus*가 88.2%로



Fig. 2. Flight Interception Trap (FIT) in Beopjusa. A: roof; B: vertical screen; C: collecting container.

가장 높은 것으로 나타났으며, 큰넓적송장벌레(*Eusilpha jakowlewi*)는 32.4%로 개체수에 비해 출현빈도가 낮게 나타났다. 그리고 *C. brunneicollis*는 20.6%로 가장 낮게 나타났다.

종별 개체수의 변화에서는 *N. quadripunctatus*는 매년 많은 개체수가 포획되었으며, 2004년 기점으로 매년 개체수가 감소하는 경향을 보이고 있다. 꼬마검정송장벌레(*Ptomascopus morio*)는 다른 종과는 달리 2005년에 가장 많은 247개체가 출현한 후 감소하는 경향을 보였다. *E. jakowlewi*는 2004년에는 92개체로 가장 많이 나타났으나 2004년 이외에는 10개체 미만으로 아주 적게 출현하였고, 2007년에는 출현하지 않았다. *N. maculifrons* 역시 2004년에 34개체가 출현하였으며, 2004년 이외에는 5~12개체로 낮게 나타났다. 그러나 검정송장벌레(*Nicrophorus concolor*)와 *C. brunneicollis*는 불규칙한 발생 패턴을 보이고 있으며, 개체수도 5년 동안 각각 28개체와 8개체로 다른 종에 비해 적게 출현하였다 (Table 1).

지점별 개체수의 변화는 개체수가 현저히 떨어지는 *N. concolor*와 *C. brunneicollis*를 제외한 상위 4종을 살펴 보면, 5년 동안 *N. quadripunctatus*는 St. 1과 St. 2가 각각 2,928개체와 5,835개체로 St. 2에서 많이 포획되었고, *N. maculifrons*는 St. 1과 St. 2에서 각각 555개체와 183개체로 St. 1에서 많이 포획되었다. *P. morio*는 St. 1과 St. 2가 각각 103개체와 3개체로 St. 1이 압도적으로 많이 포획되었고, *E. jakowlewi*는 St. 1과 St. 2가 각각 11개체와 50개체가 포획되어 St. 2에서 많이 포획되었다. 2007년도에 *E. jakowlewi*과 *C. brunneicollis*는 두 지점 모두에서 출현하지 않았으며, *N. maculifrons*와 *N. concolor*은 St. 1에

Table 5. Total abundance and relative proportions of the different Silphidae species collected using a Flight Interception Trap (FIT) at each study site for five years (2003-2007)

Species name	Site	Year					Total No. of individuals	Percent of total	Occurrence frequency (%)
		2003	2004	2005	2006	2007			
<i>Nicrophorus quadripunctatus</i>	St.1	238	1259	768	293	370	2,928	90.3	88.2
	St.2	692	1861	1443	1095	744	5,835		
<i>Ptomascopus morio</i>	St.1	18	206	172	93	66	555	7.6	55.9
	St.2	6	20	75	32	50	183		
<i>Eusilpha jakowlewi</i>	St.1	4	92	2	5	0	103	1.1	32.4
	St.2	3	0	0	0	0	3		
<i>Nicrophorus maculifrons</i>	St.1	1	7	1	2	0	11	0.6	50.0
	St.2	4	27	4	10	5	50		
<i>Nicrophorus concolor</i>	St.1	3	6	3	2	0	14	0.3	44.1
	St.2	0	2	5	4	3	14		
<i>Calosilpha brunneicollis</i>	St.1	2	1	0	2	0	5	0.1	20.6
	St.2	0	2	1	0	0	3		
Total		2,974	5,485	4,478	3,544	3,245	9,704	100	

서 출현하지 않았다. 특히 *E. jakowlewi*는 2003년 St.2에서 3개체 나온 이후 한 개체도 출현 하지 않고 있다(Table 1).

계절적 풍부도

속리산 지역의 월별 개체수는 출현종 모두 여름철(7월과 8월)에 많은 것으로 나타났으며, 봄철(4월과 5월)과 가을철(9월과 10월)에는 적게 나타났다(Fig. 3). 가장 많이 출현하는 시기는 6종 모두 비슷하여 *N. quadripunctatus*는 5월부터 10월까지 출현하는 가운데 7월과 8월에 가장 많이 출현하였다. 그리고 *P.*

*morio*는 7월과 8월에 가장 많은 개체가 출현하였으나 출현 기간은 *N. quadripunctatus*와 달리 5월부터 9월까지로 나타났다. 또한 *N. maculifrons*는 대체적으로 7월에 가장 많이 출현하는 것으로 나타났고, 4월부터 10월까지 불규칙적으로 출현하고 있다. *E. jakowlewi*, *N. concolor* 그리고 *C. brunneicollis*는 출현시기가 일정하지 않고 불규칙적으로 출현하는 패턴을 보였다. 전체 6종의 출현빈도가 가장 높은 달은 모든 종이 출현한 7월과 8월이고 가장 적은 종수를 기록한 달은 이마무늬송장벌레(*N. maculifrons*) 한 종만 출현한 4월로 나타났다.

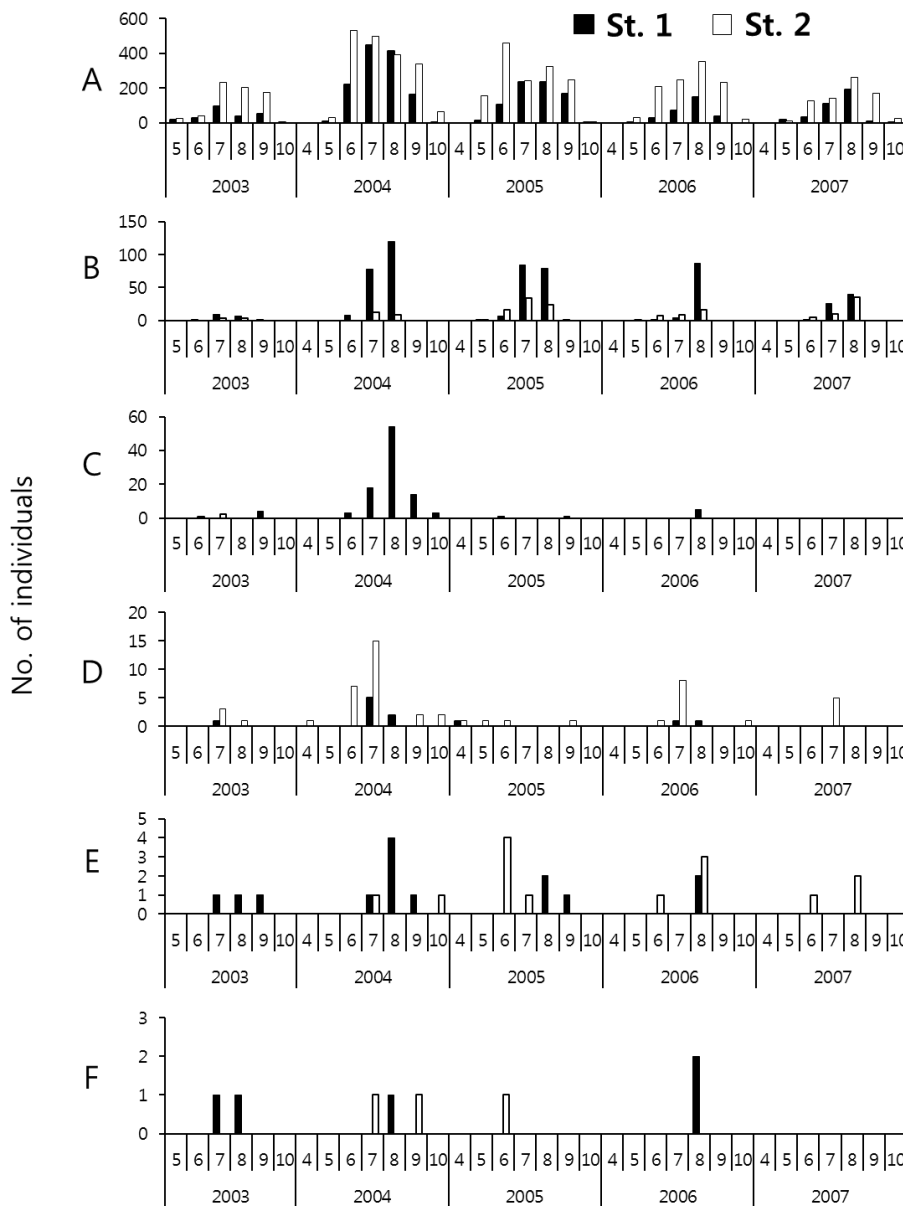


Fig. 3. Monthly abundance of the different Silphidae species collected using a Flight Interception Trap (FIT) at each study site for five years (2003-2007). A: *N. quadripunctatus*; B: *P. morio*; C: *E. jakowlewi*; D: *N. maculifrons*; E: *N. concolor*; F: *C. brunneicollis*.

고찰

속리산국립공원에서 2003~2007년간 포획된 송장벌레류의 개체군 종구성과 월별 풍부도 조사에 따르면 *N. quadripunctatus*가 가장 우점하는 종으로 나타났다. 이것은 서식처 유형에 따른 종들의 개체군 크기에 관한 연구 결과에서도 *N. quadripunctatus*는 여러 환경에서 가장 우점하는 종으로 나타나고 있다 (Shubeck, 1969; Katakura et al., 1985). 송장벌레류는 먹이의 크기, 출현기 그리고 서식처의 분화 등을 통해 공존하며 살아가지만 (Katakura and Ueno, 1985), *N. quadripunctatus*의 경우에는 다양한 환경에 적응하여 다른 종과의 먹이경쟁, 출현기 그리고 서식처 등이 중첩되는 경우가 많다 (Katakura et al., 1985). 일본에서의 연구에서 *N. maculifrons*는 다양한 서식처에서 *N. quadripunctatus* 다음으로 높은 풍부도를 보이고 있으나 (Ohkawara et al., 1998; Ikeda et al., 2011;), 본 조사지역에서는 풍부도가 낮게 출현하였다.

본 연구에서 *N. quadripunctatus*, *P. morio*, *E. jakowlewi* 및 *N. maculifrons*의 개체수는 2003년에 가장 적었고, 2004년에 가장 많았다. 이러한 원인을 규명하기 위하여 2003년부터 2005년까지 기상청 자료를 이용하여 기온과 강수량에 대한 패턴을 살펴 보았다 (Fig. 4). 기온의 경우는 매년 유사한 패턴을 보여 특이사

항이 발견되지 않았다. 그러나 강수량은 2003년 7월의 경우 다른 해에 비하여 증가한 것으로 나타났으며, 이 해의 송장벌레 개체수는 5년간의 조사기간 중 가장 적게 나타났다. 그러나 범주지역과 쌍곡지역의 회귀분석결과에서는 최우점종인 *N. quadripunctatus*와 강수량과의 상관관계가 없는 것으로 나타났으며 (범주: $Y=413.8-0.50X$, $R^2=0.32$, $p=0.33$; 쌍곡: $Y=357.5-193X$, $R^2=0.05$, $p=0.69$), *N. quadripunctatus*, *P. morio*, 그리고 *N. maculifrons*와 강수량과의 다중회귀분석결과 역시 상관관계를 보이지 않았다 (범주: $F=0.44$, $p=0.77$; 쌍곡: $F=1.33$, $p=0.54$). 하지만 강수량이 개체수에 미치는 영향이 있을 것으로 추정되므로 보다 세밀한 실험이 필요했음을 느낀다.

2004년에는 평년 수준의 강수량을 보이며 *N. quadripunctatus* 개체수가 급증하였다. 송장벌레는 알에서 성충으로 되기까지는 보통 1~2개월이 소요되고 (Ohkawara et al., 1998; Nisimura et al., 2002), 낮은 온도에서는 성장하는데 더 오랜 시간이 걸린다 (Midgley and Villet, 2009). 따라서 2003년 포획된 개체수가 적은 이유는 많은 강수량으로 인해 성장 및 활동에 제한을 받게 됨으로써 트랩 유살량이 적은 것으로 보인다.

기상변화는 점점 급진적으로 변화하고 있는 가운데 강수량은 토양근층의 생활에 직접적으로 영향을 주고 있는 요인으로 판단된다. 따라서 토양근층인 송장벌레류의 개체수와 기온 및

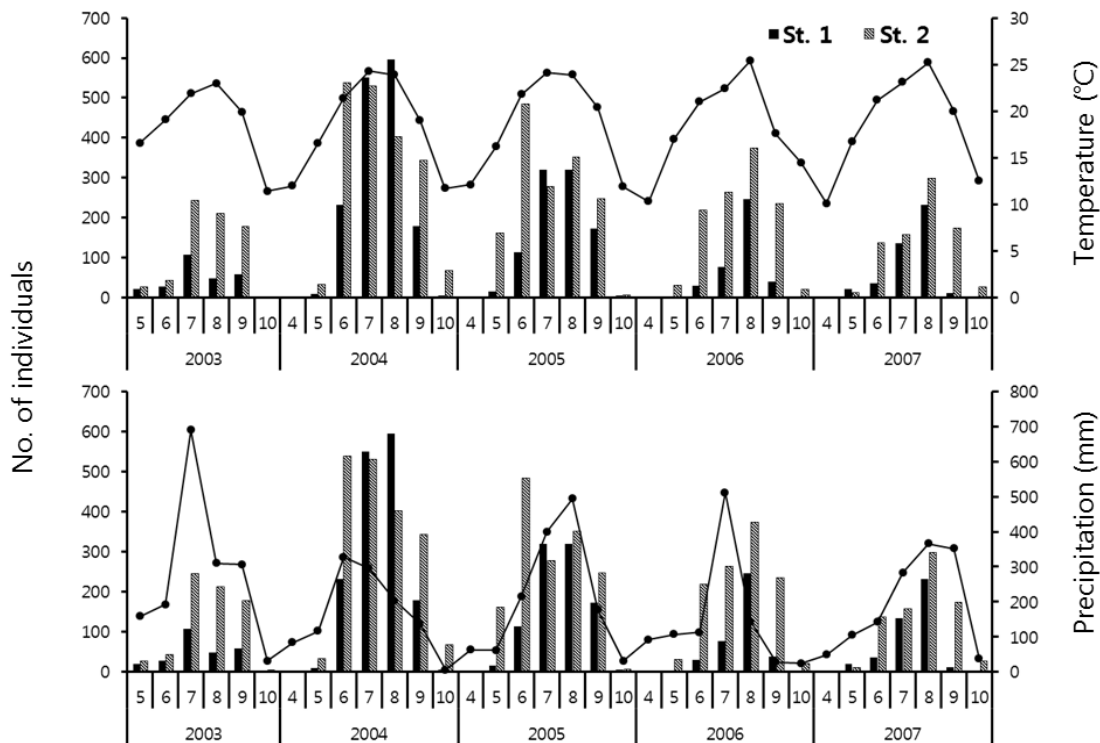


Fig. 4. Monthly abundance of the different Silphidae species collected using a Flight Interception Trap (FIT) at each study site for five years (2003-2007).

강수량 변화와의 상관관계에 관한 연구가 미약하므로 앞으로 보다 장기적인 자료의 축적과 분석이 필요할 것으로 생각된다. 본 연구를 통해 환경지표종으로 활용이 가능한 송장벌레류의 종구성과 풍부도 변화상은 속리산의 기후변화를 간접적으로 나타내고 있음을 시사하고 있다.

사 사

본 논문은 2003-2007년 속리산국립공원관리공단 용역연구 과제인 속리산의 곤충상 모니터링 연구 과제를 수행하는 과정에서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었습니다.

Literature cited

- Abbot, C.E. 1927. Experimental data on the olfactory sense of Coleoptera, with special reference to the Necrophori. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 20: 207-215.
- Boeckh, J. 1962. Elektrophysiologische Untersuchungen an einzelnen Geruchsrezeptoren auf den Antennen des Totengrabers (Necrophorus, Coleoptera). *Z. Vgl. Physiol. Berl.* 46: 212-248.
- Ernst, K.D. 1972. Sensillum coelosphaericum, die Feinstruktur eines neuen olfaktorischen Sensillentypes. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 132: 95-106.
- Fuller, M.E. 1934. The insect inhabitants of carrion: a study in animal ecology. *Austr. Coun. Sci. Ind. Res. Bull.* 82: 1-62.
- Gibbs, J.P., H.L. Snell and C.E. Causton. 1999. Effective monitoring for adaptive wildlife management: lessons from the Galapagos islands. *J. Wildlife Mgmt.* 63: 1055-1065.
- Gibbs, J.P. 2000. Monitoring populations. pp. 213-252. *In* Research techniques in animal ecology controversies and consequences, eds. by L. Boitani and T.K. Fuller. 442 pp. Columbia University Press, New York.
- Henle, K., D.B. Lindemayer, C.R. Margules, D.A. Saunders and C. Wissel. 2004. Species survival in fragmented landscapes: where are we now? *Biodiver. Conserv.* 13: 1-8.
- Ikeda, H., S. Shimano and A. Yamagami. 2011. Differentiation in searching behavior for carcasses based on flight height differences in carrion beetles (Coleoptera: Silphidae). *J. Insect Behav.* 24: 167-174.
- Kalinová, B., H. Podskalská, J. Růžická, M. Hoskovec. 2009. Irresistible bouquet of death-how are burying beetles (Coleoptera: Silphidae: *Nicrophorus*) attracted by carcasses. *Naturwissenschaften* 96: 889-899.
- Katakura, H. and R. Ueno. 1985. A preliminary study on the faunal make-up and spatio-temporal distribution of carrion beetles (Coleoptera: Silphidae) on the Ishikari Coast, Northern Japan. *Jap. J. Ecol.* 35: 461-468.
- Katakura, H., M. Sonoda and N. Yoshida. 1985. Carrion beetle (Coleoptera, Silphidae) fauna of Hokkaido University Tomakomai experiment forest, Northern Japan, with a note on the habitat preference of a geotrupine species, *Geotrupes laevistriatus* (Coleoptera, Scarabaeidae). *Res. Bull. coll. Exp. for.* 43: 43-55.
- Laurance, W.F., T.E. Lovejoy, H.L. Vasconcelos, E.M. Bruna, R.K. Dirham and P.C. Stouffer. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22 year investigation. *Conserv. Biol.* 16: 605-618.
- Midgley, J.M. and M.H. Villet. 2009. Development of *Thanatophilus micans* (Fabricius 1794) (Coleoptera: Silphidae) at constant temperatures. *Int. J. Legal Med.* 123: 285-292.
- Nishimura, T., M. Kon and H. Numata. 2002. Bimodal life cycle of the burying beetle *Nicrophorus quadripunctatus* in relation to its summer reproductive diapause. *Ecol. Entomol.* 27: 220-228.
- Nomura, S., T. Kamijo and S. Ichinosawa. 2006. A study on the species diversity and dynamics of air floating beetle community in the garden of the imperial palace. *Mem. Natn. Sci. Mus.* 43: 187-240.
- Ohkawara, K., S. Suzuki and H. Katakura. 1998. Competitive interaction and niche differentiation among burying beetles (Silphidae, *Nicrophorus*) in North Japan. *Entomol. Sci.* 1: 551-559.
- Peck, S.B. 1990. Soil biology guide. pp. 1113-1136. *In* Insecta: Coleoptera Silphidae and the associated families Agyrtidae and Leiodidae, eds. by D.L. Dindal 1349 pp. John Wiley & Sons, New York.
- Petruska, F. 1975. The effect of predominating winds on the flight of some species of beetles from the group of Silphidae into pitfall traps (Col. Silphidae). *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Natur.* 51: 55-175.
- Pimentel, D., U. Stachow, D.A. Takacs and H.W. Brubaker. 1992. Conserving biological diversity in agricultural forestry system. *Bioscience* 42: 354-362.
- Pukowski, E. 1933. Okologische Untersuchungen an *Nicrophorus*. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere.* 27: 518-586.
- SAS-StatView 5.0.1. 1998. SAS institute Inc. Second edition.
- Shubeck, P.P. 1969. Ecological studies of carrion beetles in Hutcheson Memorial Forest. *J. New York Entomol. Soc.* 77: 138-151.
- Sutherland, W.J. 1996. Ecological census techniques. 2nd ed., 332 pp. Cambridge University Press.
- Ulyshen, M.D and J.L. Hanula. 2004. Diversity and seasonal activity of carrion beetles (Coleoptera: Silphidae) in Northeastern Georgia. *J. Entomol. Sci.* 39: 460-463.
- Wake, D.B. and V.T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction. A View from the world of amphibians. *PNAS* 105: 11466-11473.
- Walker, T.J. 1957. Ecological studies of the arthropods associated with certain decaying materials in four habitats. *Ecology* 38: 262-276.