

채집 방법과 시기 및 빈도에 따른 곤충의 다양성 비교

박근호¹ · 조수원*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ¹경기도산림환경연구소

Comparison of Insect Diversity in Relation to the Sampling Method, Time And Window

Geun-ho Park¹ and Soowon Cho*

Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763

¹Gyeonggi Forestry Environmental Research Institute, Osan-si, 447-290, KOREA

ABSTRACT : To find out the affection of the sampling techniques to the result of a faunistic study, we surveyed the insect fauna of the Chungbuk National University (four different sites) for a year, from spring to fall. For each site, four different collecting methods: light trap, net sweeping, pitfall trap, and window trap, were applied and the collecting was done every other week for a total of 16 times. A total of 14 orders and 672 species were collected. 501 species were collected by the light trap, which covers about 75% of the total number of species, turn out to be the most effective, while other methods could only cover 18% or less. On average, only about 30% of the species collected at a given time of collecting were re-collected at the next collecting, which means about 70% of the species collected from the first collecting remains not collected in the next collecting if you collect insects every other week. The result suggests that, in addition to applying diverse collecting methods, frequent sampling, or narrow sample window, is another very important factor for a good representation of species diversity in an insect faunistic study.

KEY WORDS : Insect faunal survey, Sampling window, Collecting method, Light trap, Net sweeping, Pitfall trap, Window trap, Insect biodiversity

초 록 : 곤충의 채집방법, 횟수 및 시기와 채집된 곤충의 종류 및 개체수에 대한 상관관계를 조사하기 위하여 충북대학교 내 4곳을 선정, 일 년간 봄부터 가을까지 매 2주마다 채집을 실시, 총 16회 조사를 하였다. 각 장소마다 light trap, net sweeping, pitfall trap, window trap의 4가지 채집방법을 병행 실시하여 결과를 비교분석하였다. 모두 14목 672종이 조사되었으며, 전체 종수의 75%인 501종이 채집된 유아등 채집(light trap)방법이 18% 또는 그 이하의 종수를 기록한 타 채집방법들에 비해 보다 효과적인 것으로 나타났다. 또한 각 채집시기에서 채집된 종이 2주 후의 채집에서 다시 채집되는 비율이 평균 30% 정도 밖에 되지 않았다. 결과적으로 곤충다양성 조사에 있어서 보다 의미 있는 결과를 확보하기 위해서는 다양한 채집방법과 함께 채집의 빈도(sampling window)를 높이는 것이 특히 중요한 것으로 나타났다.

검색어 : 곤충상 조사, 채집빈도, 채집법, Light trap, Net sweeping, Pitfall trap, Window trap, 곤충 생물다양성

*Corresponding author. E-mail: soowon@chungbuk.ac.kr

곤충은 모든 생물 중에서 생물다양성이 가장 높은 분류군이다. 전 세계적으로 밝혀진 곤충의 종수는 이미 100만 종을 넘어섰으며, 이는 전체 동물 종수의 약 80%를 차지하는 것이다. 곤충을 비롯한 육상절지동물은 이러한 높은 다양성 때문에 생물다양성에 있어 중요한 역할을 하고 있으며(Marshall *et al.*, 1994), 생물다양성을 평가하는 경우 곤충상 조사가 항상 포함되고 있다. 이에 따라 세계적으로 생물다양성 조사에 관한 논의가 여러 형태로 이루어지고 있을 뿐 아니라, 예컨대 Canada의 Alberta주에서처럼 국가 내 하나의 지방에서도 육상절지동물의 한 부분을 대상으로 하는 생물다양성조사의 방법과 기준을 제시하기도 한다(Battigelli, 2004). 또 곤충의 종목록 (species inventory)을 위한 샘플링의 효율성을 추정하는 방법에 관한 수학적 연구도 실시되었으며(Keating *et al.*, 1998), Soberon & Llorente (1993)은 species richness의 예측수단으로서 샘플링의 정도와 이에 따른 종수의 추가 정도의 관계를 수학적으로 제시하고 있다. 한편, 열대지역의 개미상 조사에 있어서 샘플링 방법 간 각각 및 조합의 효율성을 비교하기도 하였다(Longino & Colwell, 1997). 생물다양성 조사에 있어서 종다양도가 높은 곤충의 비중이 매우 크다는 사실에도 불구하고, 실제로 대부분의 산지에 대한 육상 곤충상 조사는 지리적 여건 등으로 인해 연간 조사 횟수가 수차례로 그치고 있으며, 이는 경우에 따라서 그 지역의 전반적인 곤충상을 대변하기에는 조사 횟수가 부족하다고 볼 수도 있는 상황이다. 따라서 곤충다양성을 연구함에 있어서 채집의 방법, 시기 및 횟수가 미치는 영향을 평가하고자 이번 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

채집장소 및 시기

채집조사는 지리적으로 접근이 가장 용이하여 정기조사가 원활한 충북대학교 내에서 실시하였다. 채집장소는 수풀이 비교적 잘 우거지고 건물과 조명으로부터 먼 곳으로 4곳을 선정하였으며, 각각 A(의대), B(테니스), C(본부), D(농대)로 명명하였고 그 위치는 Fig. 1과 같다. 교내 곤충상 조사는 인근 충남대에서도 보고된 바 있으나(Choi, 2000), 채집된 곤충의 종류만이 제시되었기에 비교연구는 실시하지 않았다. 채집시기는 2003년 3월말부터 10월 말까지 약 2주 간격으로 모두 16회 실시하였다(Table 1). 1회의 채집은 방법에 따라 길게는 사흘에 걸쳐 이루어졌으며, 채집은 매 2주마다 실시되 가능한 한 비가 오는 날을 피하여 실시하였으나 드물게는 마무리하기 전에 비가 잠시 내린 경우도 있었다.

Table 1. Date for each collection (Collection was done in every other week.)

Time	Date	Time	Date
1	3. 29 - 31	9	7. 19 - 21
2	4. 12 - 14	10	8. 5 - 7
3	4. 26 - 28	11	8. 20 - 22
4	5. 10 - 12	12	8. 31 - 9. 2
5	5. 26 - 28	13	9. 15 - 17
6	6. 7 - 9	14	10. 4 - 6
7	6. 24 - 26	15	10. 15 - 17
8	7. 5 - 7	16	10. 25 - 27



Fig. 1. Four collecting sites (A-D) selected for insect diversity study inside the Chungbuk National University.

채집방법

채집방법(Collection method, Coll.)으로는 light trap (L), net sweeping (N), pitfall trap (P), window trap (W)의 네 가지(Fig. 2)를 매번 각 장소마다 동시에 적용하였다. Light trap은 bucket trap을 의미하며, 첫 날 저녁 6시부터 당일 밤 12시까지 UV light (black light, 8W)를 켜서 자외선에 유인되는 곤충이 플라스틱 통 안으로 들어오게 하여 채집하였고, net sweeping은 포충망으로 주변을 20분간 sweeping 및 눈에 띄는 곤충을 중심으로 채집 하였다. 그러나 이 방법은 채집자의 채집능력이나 곤충에 대한 선호도, 혹은 당시의 상황에 따라 편차가 클 수 있어 가능한 한 참고자료로만 활용하였다. Pitfall trap은 각 장소마다 3개를 설치하였으며, 서로 약 3 m 간격이 되도록 3곳을 선정하여 흙바닥과 같은 높이에 플라스틱 통(내경 57 mm)으로 된 함정을 묻었고, 함정으로 사용한 통 안에는 유인제를 넣지 않고 향이 없는 비눗물을 넣었는데, 이는 유인제에 더 잘 반응하는 곤충이 편중되어 잡히는 것을 피하기 위해서였다. 이들 pitfall trap은 설치 후 사흘째 되는 날 수거하였다. Window trap은 곤충이 비행 도중 투명한 아크릴판(window)에 부딪혀 바로 아래 비눗물에 떨어지도록 하는 채집법으로, 가능하면 나무 등에 의해 가리지

않는 곳을 선정하여 가슴 높이에 해당되도록 설치하고 이튿날 수거하여 조사하였다. 이들 채집방법은 국제생물 다양성기구인 DIVERSITAS 산하 아시아기구 DIWPA 내 IBOY의 생물다양성 연구기준을 최대한 참조하였다 (Nakashizuka and Stork, 2002).

채집물의 정리

수거된 곤충들은 우선 나비, 나방 등 날개를 펴서 전시하여 건조시키는 과정이 필요한 경우 전시판을 활용하여 정리하였으며, 알코올 표본으로 보관해야 하는 경우는 액침표본을 만들었다. 종의 동정까지는 긴 시간이 걸렸으나, 일부는 종 동정이 완료되지 못하였는데, 이번 조사는 어느 종이 채집되었는지를 알기 위해 종을 동정하는 것보다는 종별로 구분하여 얼마나 많은 종들에 대해 얼마나 많은 개체가 채집되었는지가 관심사이므로, 여기서는 종명 대신 OTU (operational taxonomic unit)를 혼용하여 사용한다. 종 또는 OTU의 구분을 위한 자료는 한국 및 일본의 전문도감을 주로 활용하였으나, 참고문헌에는 포함시키지 않았다. 각각의 개체들은 정리가 끝나면 개체마다 채집정보에 관한 라벨(label)을 첨부한 후, 어느 곤충목(Order)에서 몇 개의 OTU가 각각 몇 개체씩 채집되었



Fig. 2. The collecting methods used. Window trap, net sweeping, pitfall trap and light trap were used at each site.

는지를 조사하였다. 곤충강 내 각 곤충목은 다음과 같은 약자를 사용하여 구분하였으며, 곤충은 아니지만 곤충강에 가까운 거미강은 AR로 표시하였다.

BL(바퀴목), CB(톡토기목), CO(딱정벌레목), DE(집게벌레목), DI(파리목), HE(노린재목), HO(매미목), HY(벌목), LE(나비목), NE(폴잡자리목), OD(잠자리목), OR(메뚜기목), TH(총채벌레목)

채집정보의 정리

채집된 곤충들에 대한 정보는 Excel 및 Access (MS)를 활용하여 날짜(Date), 채집장소(Site), 채집방법(Coll.), 곤충 목(Order), 곤충종(OTU), 및 개체수(N_SPM)로 구분하여 데이터베이스를 구축하였다. 또한 이들 자료를 기본적으로 각 채집단위별로 정리하였는데, 이 양식은 각 채집시기, 장소, 및 방법별로 어떤 곤충 목에서 몇 가지 OTU가 몇 개체씩 채집되었는지를 테이블 형식과 그래프로 정리하였으며, 모두 16(시기) × 4(장소) × 4(방법)의 256가지로 정리되었다. 이후, 이들 데이터들을 모두 취합하여 전체에 대한 다양한 비교분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

이번 조사를 통하여 분석된 총채집종(OTU)수 및 총개체수는 672종, 8047개체이다(표 2). 종당 평균 약 12.0개체에 해당하지만, 실제로 토양 속 미소곤충인 톡토기류(CB)처럼 종종 대량 발생하는 경우 많은 개체들이 채집되는데, 이번 조사에서도 10종의 톡토기 중 5종에서 300개체 이상 채집되었다. 실제로 톡토기목을 제외하고 비교해보면, 662종, 5169개체, 즉 종당 평균 약 7.8개체가 채집되었다고 하겠다.

곤충 목별 분석

각 목별로 채집된 OTU 및 개체수를 비교해보면 표 2와 같다. 그 중 나비목이 가장 많은 종수를 보였고, 이어서 딱정벌레목, 파리목, 벌목의 순서였다. 개체수에 있어서는 전술한 바와 같이 톡토기목이 가장 많았으며, 톡토기목을 제외하면 나비목, 파리목, 딱정벌레목에서 많은 개체가 채집되었다. 하지만 현재 가장 많은 종수가 알려진 목은 딱정벌레목으로 전체 곤충 종수의 약 40-45%를 차지하는데, 이번 조사에서 딱정벌레목보다 오히려 나비목이 가장 많이 채집된 것은 곧 채집방법의 선택에 따라 채집되는

종류에 영향이 크다는 것을 의미하겠다.

채집시기별 분석

각 채집시기별로 조사된 목별 종 수 및 개체수는 표 3과 같다. 시기별로 조사된 곤충의 목별 종수를 볼 때(Fig. 3), 5월 중순부터 7월 하순 내지 8월 초순까지가 가장 높은 곤충다양성을 나타내었으며, 특히 나비목(LE) 곤충은 5월 중순부터 8월 하순까지 많은 종들이 나타났다. 반면, 파리목(DI)이나 벌목(HY)에서는 한여름인 7월에서 8월 사이에 오히려 다양성이 감소하는 것을 알 수 있었는데, 이 같은 현상은 나비목에서도 7월에 일시적으로 나타나는 것을 볼 수 있었다. 전체적으로는 두 차례의 peak가 나타났는데, 곤충의 이화기성 등 여러 가지 이유를 생각할 수 있겠다.

한편, 시기별로 채집된 곤충의 개체수를 비교해 보면, 전체적으로는 6월 중순에서 8월 초순까지 많은 개체수가 조사되었으나, 실제로 톡토기목(CB)의 일부 대량발생으로 인한 숫적 증가를 제외하면 시기별 개체수는 전체적으로 여름에 완만한 증가를 보이는 것으로 나타났다(Fig. 4).

채집장소별 분석

충북대학교내 4곳의 채집장소에 대한 곤충상을 비교해보면, A(의대), B(테니스), C(본부), D(농대) 각각에서

Table 2. Number of collected species (N_OTU) and of specimens (SUM_SPM) for each order, including Arachnida

Order	N_OTU	SUM_SPM
NE (Neuroptera)	1	5
TH (Thysanopterya)	1	25
BL (Blattaria)	4	8
DE (Dermaptera)	6	13
OD (Odonata)	7	17
OR (Orthoptera)	10	167
CB (Collembola)	10	2878
AR (Arachnida)	11	57
HO (Homoptera)	13	88
HE (Heteroptera)	24	79
HY (Hymenoptera)	35	357
DI (Diptera)	80	1462
CO (Coleoptera)	100	1300
LE (Lepidoptera)	370	1591
14 Orders	Total # of Species (OTU): 672	Total # of Specimens: 8047

Table 3. Number of OTUs and of specimens by order and date (Full order names are listed in Table 2.)

Date	Data	AR	BL	CB	CO	DE	DI	HE	HO	HY	LE	NE	OD	OR	TH	SUM
03-29	OTU	6		7	1		26	1	3	7	1					52
	SPM	13		140	7		238	1	6	9	1					415
04-12	OTU	6		2	6	1	29	2	4	9	5		1			65
	SPM	13		3	15	1	123	4	15	18	8		1			201
04-26	OTU	5		5	24		26	1	3	10	12		1	1		88
	SPM	13		18	63		84	5	3	50	23		1	2		262
05-10	OTU			4	15		20	3		10	32		2		1	87
	SPM			52	60		187	4		34	73		2		25	437
05-26	OTU	3	2	5	28	1	13	7	4	9	84	1				157
	SPM	5	2	121	114	1	74	16	7	31	167	1				539
06-07	OTU	1	1	4	27	2	8	3	1	8	82	1		1		139
	SPM	1	1	78	123	2	43	6	1	36	176	3		1		471
06-24	OTU	5		5	23	1	13	6	3	6	90		2	1		155
	SPM	7		551	157	1	271	8	4	18	169		2	4		1,192
07-05	OTU	1	1	6	31	4	6	4	3	2	52	1	2	3		116
	SPM	1	2	1,153	227	5	16	7	15	2	119	1	2	8		1,558
07-19	OTU		1	3	25	2	6	4	2	7	64			2		116
	SPM		1	6	189	2	15	5	4	13	183			16		434
08-05	OTU		1	4	18	1	5	5	4	5	92		4	1		140
	SPM		1	554	48	1	18	5	7	5	239		9	20		907
08-20	OTU			4	14		6	3	1	5	57			4		94
	SPM			77	61		10	3	1	8	186			12		358
08-31	OTU	2	1	3	14		8	2	2	4	51			3		90
	SPM	2	1	62	35		23	6	5	8	132			27		301
09-15	OTU				14		19	2	2	10	21			4		72
	SPM				109		220	4	6	49	78			72		538
10-04	OTU	2		6	4		3		3	3	8			2		31
	SPM	2		32	48		5		8	33	32			4		164
10-15	OTU			3	2		14	2	3	6	4			1		35
	SPM			15	33		93	5	5	20	4			1		176
10-25	OTU			3	2		14		1	5	1					26
	SPM			16	11		42		1	23	1					94
Total N_OTU		57	8	2,878	1,300	13	1,462	79	88	357	1,591	5	17	167	25	8,047

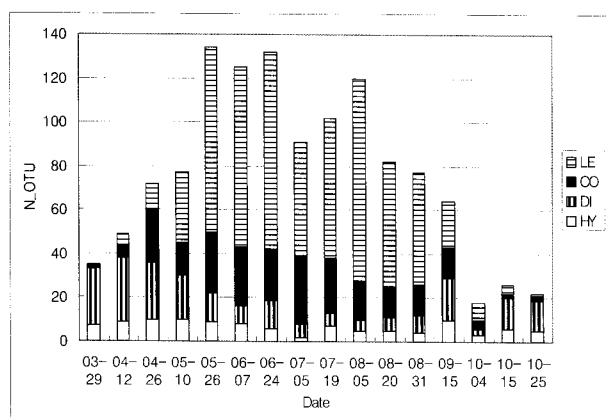


Fig. 3. Number of OTUs collected in four major orders. LE, Lepidoptera; CO, Coleoptera; DI, Diptera; HY, Hymenoptera.

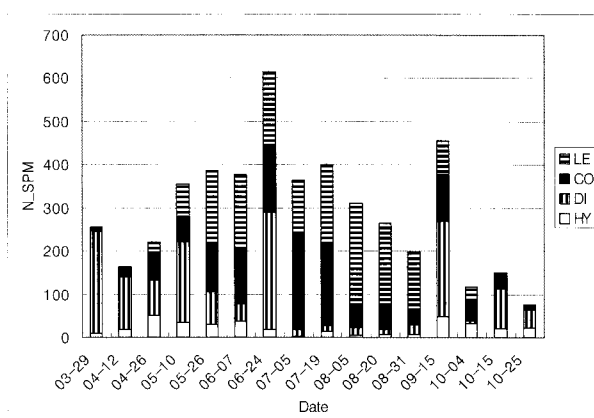


Fig. 4. Number of specimens collected in four major orders. LE, Lepidoptera; CO, Coleoptera; DI, Diptera; HY, Hymenoptera.

OTU가 399, 238, 335, 281종으로 나타났으며, 총개체수는 각각 2368, 1570, 1990, 및 2119개체였다. 즉 총 종수 및 개체수에 있어서 모두 의대 뒤편 숲이 가장 곤충의 생물다양성이 높은 곳으로 나타났으며, 이어서 중수에 있어서는 본부 앞 숲이 2위를, 그리고 개체수에 있어서는 농대 뒤편이 2위를 차지하였다. 반면에, 그 동안 출입이 힘들었던 정문 테니스장 뒤편 숲은 종 수 및 개체수에 있어서 가장 적은 수가 채집되어 생각보다 다양성이 떨어지는 곳으로 나타났는데, 이는 숲을 구성하는 식물의 종류와 관계가 있어 보인다. 각 채집지역에 대한 식생을 조사해본 결과, A(의대)지역이 상층과 하층에서 식생이 다양한 편인 반면, B(테니스)지역은 상층이나 하층에서 모두 단조로운 것을 알 수 있었다(표 4).

채집방법별 분석

4가지 채집방법에 대하여 비교해보면, L(ight trap), N(et sweeping), P(itfall trap), W(indow trap) 방법을 통해 각각 501, 107, 86, 119종이 채집되었다. 이 결과를 그대로 해석하면, 가장 다양한 곤충상을 조사할 수 있는 방법은 UV형 광등을 이용한 light trap, 즉 유아등 채집법으로 볼 수 있다. 그러나 light trap으로 잡힌 곤충상이 다른 채집방법에 의해 잡힌 곤충상과 종류에 있어서 차이가 크다면 이 방법은 비록 중요한 방법으로 활용되어야 하더라도, 이

방법만으로는 어떤 지역의 곤충상을 대표할 수 있는 결과를 낼 수가 없을 것이다. 실제로 채집방법간에 서로 겹치는 종의 비율을 보면 Light trap의 10%에 해당하는 종만이 다른 방법에 의해서도 채집된 것으로 나타났으며, 반면 pitfall trap이나 window trap은 각각 그 방법만으로 채집되는 종의 비율이 40% 이하여서, 60% 이상의 종이 다른 채집방법에 의해서도 채집되는 것으로 조사되었다.

Table 5의 결과를 바탕으로 볼 때, 가장 좋은 방법은 L, 즉 light trap이 되겠다. 또한 예컨대 두 가지의 채집방법을 함께 사용한다면 light trap과 net sweeping을 선택하면 좋을 것이다. 왜냐하면 네 가지 방법을 다 사용하는 것을 전체로 볼 때 전체 672종 중 P 채집법(P only)만으로 34종, W 채집법(W only)만으로 47종, PW 채집법으로 15종(합 96종)을 제외한 576종, 즉 전체의 86%가 이 두 가지 방법으로 채집되었기 때문이다. 물론 여기에 window trap을 추가하면, P 채집법만으로 채집한 34종을 제외한 전체의 96%가 포함된다. 그러나 여기서 간과하지 말아야 할 것은, 실제로 light trap을 제외한 나머지 방법들은 어떤 것을 제2의 방법으로 추가하더라도 전체의 83-86%는 커버되므로 제2의 채집방법을 선택함에 있어서 종 수는 큰 차이가 유발되지 않는다는 점이다. 그보다 더 중요한 것은 채집하려는 대상에 따라 올바른 채집방법을 선택해야 한다는 것이며, 다만 이것이 지역의 전체적인 곤충상을 목적으로 하는 조사라면 아마도 light trap이 선행조건이 된다

Table 4. Upper, middle, and lower vegetation structures at each site

Site	Upper	Middle	Lower
A	<i>Castanea crenata</i> (밤나무), <i>Robinia pseudoacacia</i> (아카시아나무), <i>Pinus koraiensis</i> (잣나무)	<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기나무)	<i>Cerastium holosteoides</i> (점나도나물), <i>Chelidonium majus</i> (애기똥풀), <i>Setaria viridis</i> (강아지풀), <i>Humulus japonicus</i> (한삼덩굴)
B	<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무), <i>Robinia pseudoacacia</i> (아카시아나무)	poor overall: <i>Carex</i> spp. (사초류), <i>Arundinella</i> spp. (새류)
C	<i>Pinus densiflora</i> (소나무), <i>Castanea crenata</i> (밤나무)	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무), <i>Morus bombycis</i> (산뽕나무)	<i>Oplismenus undulatifolius</i> (주름조개풀), <i>Artemisia princeps</i> (쑥)
D	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무), <i>Pinus densiflora</i> (소나무)	<i>Robinia pseudoacacia</i> (아카시아나무), <i>Platanus orientalis</i> (플라타너스)	poor overall: <i>Artemisia princeps</i> (쑥)

Table 5. Number of OTUs collected (L, Light trap; N, Net sweeping; P, Pitfall trap; W, Window trap; only, the number of OTUs collected only by the method and not by others; sum, the number of OTUs collected in the method)

	only	NP	NW	PW	LN	LP	LW	LNPW	sum	only/sum
L	425	6	9	9	11	10	25	6	501	90.0%
N	63	4	6	2	11	6	9	6	107	58.9%
P	34	4	2	15	6	10	9	6	86	39.5%
W	47	2	6	15	9	9	25	6	119	39.5%

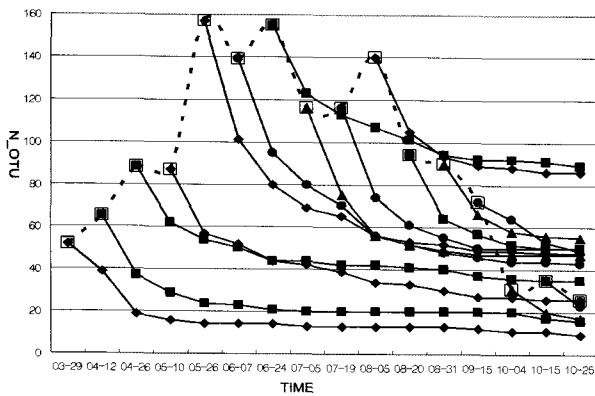


Fig. 5. Number of OTUs collected, at each collecting, then remained as never collected in subsequent collecting.

면 보다 효율적인 곤충상조사가 이루어질 것이라는 점이다. 참고로, Longino & Colwell (1997)은 개미상 조사의 경우 거기에 맞는 Berlese, Malaise, 그리고 fogging 방법을 사용하였고, 이들 사이에 효율성에는 큰 차이가 없었지만, 서로간의 상보성 때문에 Berlese 채집법을 Malaise 또는 fogging 방법과 함께 활용하는 것이 가장 효율적이라고 보고하였다. 그리고 이번 채집결과에서 보면, 톱토기목(CB)은 전체 종이 모두 pitfall trap에서만 채집되었고, 잠자리목(OD)처럼 주행성 비행 곤충은 낮에 net sweeping에 의해서만 채집이 가능하였으며, 나비목(LE)에 속한 대부분의 나방들도 light trap으로만 채집되었다.

채집간격별 분석

한편, 채집된 종들 중에는 2주후의 채집에서 다시 발견되는 종이 있는가 하면 어떤 종은 그 후로 다시는 채집되지 않는 종이 있다. 실제로 2주마다 채집을 실시하였을 때 처음에 채집된 종이 그 후 매 2주마다의 채집에서 끝까지 채집되지 않는 종의 수와 비율은 어떤지를 알아보았다. 그림 5는 16회의 시기마다 채집된 종으로부터 그 후의 채집에서 여전히 채집되지 않고 있는 종의 수를 그래프로 나타낸 것이다. 주로 채집량이 많은 5월-8월의 채집을 비교해보면, 6월말과 8월초의 채집에서 종다양성도 높았지만 더 이상 채집되지 않는 종의 수가 높게 나타난(첫 채집 이후 더 이상 채집되지 않는 종수의 비율이 10월말까지 50%를 넘음) 반면, 5월에서 6월 중순 사이에 채집된 종들에 대한 그래프선들을 보면 8월초 채집에서 채집되지 않고 남아 있는 종의 수가 비례적으로 더 많이 빠르게 줄어드는 것을 볼 수 있다(첫 채집 이후 더 이상 채집되지 않는 종수의 비율이 네 번째 채집에서 이미 50% 이하가

됨). 그 이유로는 여러 가지 복합적 가능성이 있겠으며, 곤충의 2화기성 또는 전후 채집종의 구성에 따른 차이 등도 고려할 수 있으나 현재로서는 정확한 이유는 알 수가 없고, 환경분석, 장기적 반복실험, 종 동정 등, 보다 복잡한 분석이 필요할 것으로 보인다.

이들 남은 종수에 대한 그래프를 동일한 출발점에서 시작하여 매 2주마다 어느 정도의 비율로 줄어드는지를 알아보기 위해, 마지막 채집을 제외한 각 채집으로부터 그 다음 2주후의 채집에서 다시 채집되지 않은 종의 비율을 조사하였다. 물론 각 채집방법별 또는 특정 분류군을 대상으로 할 경우 2주후 비율에 있어서 상당한 차이를 나타낼 수 있음은 분명하지만, 여기서는 한 지역의 전체적인 곤충상을 조사하는 상황에 대한 실험이므로 전체를 통합한 평균적인 내용만 알아본다. 따라서 첫 채집 이후 2주후의 채집에서 아직 중복 채집되지 않고 남아있는 종의 비율은 평균 70% 정도에 이른다. 즉, 평균적으로 첫 채집 이후 2주 만에 다시 채집을 하여도 실제로 동일한 종이 채집되는 비율은 30% 정도에 불과하다. 뿐만 아니라 평균 2주마다의 잦은 채집으로도 약 30-40%는 첫 채집 이후 다시는 채집되지 않는 것으로 나타났다.

이처럼 2주만의 채집에서도 서로 겹치지 않는 종의 수가 대부분을 차지하는 것은 아마도, 곤충에는 개체수가 매우 적은 종의 수가 매우 많기 때문일 수도 있으며(Yanega, D., personal communication), 바로 이러한 곤충의 다양성이 특히 채집의 빈도를 높이면서 다양한 채집방법을 활용하여야 하는 이유가 될 것이다. 2주만의 채집에서도 70% 정도가 차이가 난다면 크다고도 볼 수 있으나, 사실 온대 지방은 열대지방에 비해 훨씬 덜한 편이다. 지난 30여년간 Costa Rica에서 microhymenopteran fauna를 연구해 온 Dr. John Noyes (personal communication)에 의하면, 지난 수십년간 다양한 방법으로 수많은 채집을 해왔지만, 그 모든 채집된 종의 약 40%는 단 한 개체만이 채집된 결과를 보였으며, 지금도 그러한 현상은 변함이 없다고 한다. 결국 다른 동물이나 식물의 대부분과는 달리, 짧은 생활사, 특히 동정이 가능 또는 유용한 성충 시기가 짧은 점, 그리고 생물 종다양성의 3/4을 차지할 만큼 높은 곤충의 다양성이 바로 이러한 결과와 직접 관련이 있다고 하겠다.

종합고찰

어떤 산의 전반적인 곤충상을 조사한다고 할 때, 대부분 적게는 3-4회, 많게는 5-6회 정도의 채집을 하게 되는데,

이번 실험결과를 볼 때, 종다양도가 높은 그룹에서처럼 extrapolation을 이용하는 것(Hammond, 1994)이 아니라면, 질적으로 우수한 곤충상 조사를 위해서는 지금까지의 채집정도에 비해 훨씬 빈번한 채집이 이루어져야 한다. Underwood (1993)는 채집의 시기나 횟수는 채집대상과 방안을 함께 고려하여야 한다고 했다. 즉, 봄에 많이 나타나는 종에 대한 조사를 할 경우에는 봄에 채집횟수를 집중시켜서 가능하면 다양한 종이 조사될 수 있도록 해야 한다는 것이다. 그러나 현실적으로 곤충상 조사는 다른 동식물 조사에 비해 여러 가지 힘든 점이 있는데, 예를 들면 표본의 정리에 소요되는 시간이 상당히 많고, 동정에 할애되는 시간이 타 동식물군에 비해 일반적으로 몇 배나 길다는 점, 그리고 높은 생물다양성과 이로 인해 특정 그룹에 치우칠 수밖에 없는 동정상의 전문성 등을 들 수 있다. 예산상의 문제 역시 간과할 수 없다. 실제로 캐나다에서 조사한 예를 보면, 5가지 채집방법(light trap 비포함)을 활용하여 한 사이트에서 한 차례 조사하여 유경험자가 이들 중 일부 대표적인 과들에 대해서만 과 수준으로 정리 동정하는데 드는 시간이 55.5시간이 든다고 하였다 (Marshall *et al.*, 1994). 또 그와 같은 방식으로 조사했을 때 light trap에서는 한 차례 나방에 대해서만 대표적 과를 과 수준에서 정리 동정했을 때 총 81시간이 소요되었다고 한다(Scudder, 1996). 여기서 일부 과를 전체로 대상을 바꾸고, 과 수준을 종 수준으로 하고, 그 5가지 채집방법에 포함되지 않은 light trap을 포함시키면, 이에 소요되는 시간은, 설사 종 동정이 모두 가능할 만큼 참고문헌이 확보되어 있다 해도, 가히 엄청날 수밖에 없다. 결국 역으로 말하면 대부분의 전체적인 곤충상 조사는 우리가 원하는 만큼의 결과를 얻기에는 현실적으로 제약이 너무 크다는 것을 뜻한다. 또 만약 다른 그룹과는 달리 곤충의 다양성과 동정에의 어려움을 인정하고 곤충상 조사에서만큼은 열 배 스무 배의 경비를 지원해주어 다양성조사의 질을 높인다고 해도 여전히 다른 문제가 있을 수 있는데, 예컨대 만약 매 2주마다 채집을 나가 20회의 채집을 했다 하더라도 이들 표본을 모두 정리하고 동정하기 위한 인력과 시간의 수급 자체가 현실적으로 어렵다는 점이다.

따라서 이러한 여건들을 감안할 때, 해결책으로 제시될 수 있는 것은, 먼저 종 동정까지를 목표로 하는 경우에는 그 분야의 전문가를 통해, 이미 종 동정이 충분히 이루어질 수 있는 참고문헌들이 확보된 그룹(예컨대, 나비목에서는 대시류 몇 개 과들)을 대상으로, 선택된 대상에 맞는 채집일정 하에 조사가 이루어지고, 이를 추후 전체적 다양성을 추정하는 extrapolation의 근간으로 하는 방법이 좋겠다. 또 만약 전체적인 곤충상 조사가 목적이라면 일단

과 수준에서의 조사를 목표로 설정하되, 여건에 따라서 여기에 추가적으로 해당 연구자의 전문성이 포함될 수 있는 그룹 일부 종들에 대해서만 좀 더 상세한 조사를 하는 정도가 되어야 할 것이다. 이 모든 경우에도 이번 연구결과에서 보는 바와 같이 종다양성이 목표인 경우에는 결국 채집의 빈도가 높아야 하기 때문에, 지금까지의 곤충상 조사보다는 최소 서너 배의 비용이 들 수밖에 없겠다. 만약 한 지역의 조사에서, 여러 목에 대한 종 수준까지의 조사, 즉 대상범위가 넓고도 깊이 있는 조사를 목적으로 한다면, 결국 각 분야의 전문가들이 모여, 각 해당 그룹을 책임지고 담당하여 조사하는 방법 밖에 없는데, 이 경우 그 조사비용은 전문가별로 활용하는 채집방법과 횟수에 따라 시간 소요의 정도가 결정될 수 있으며, 이 경우 Scudder(1996)의 예시를 참조하면 좋을 것이다. 앞으로 이번 연구와 같은 데이터를 더 축적하고 분석하여 언제 어느 시기에 몇 차례, 어떤 방법으로 채집을 하는 것이 가장 효율성이 좋은지를 경우에 맞게 평가하여, 나름의 기준을 제시하고 그 기준을 만족시킬 수 있도록 하는 작업이 필요하겠다.

사 사

이번 채집조사와 분석에 물심양면으로 도움을 제공해주신 곤충계통정보학실험실 박형진, 남상찬, 임종욱, 그리고 한영은에게 감사하며, 곤충 및 식물의 동정이 어려울 때마다 도움을 주신 손재천, 나비목 표본제작에 많은 도움을 준 권오봉에게 감사를 드린다. 이 논문은 2006학년도 충북대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었다.

Literature Cited

- Battigelli, J.P. 2004. Revised terrestrial arthropod sampling protocols for the Alberta Biodiversity Monitoring Program: Examining the biodiversity of soil mesofauna (Acari and Collembola) in Alberta. 49pp. Alberta Biodiversity Monitoring Program, Alberta.
- Choi, K.R. 2000. Insect fauna of Chungnam National University. CNU Environment Research Report, 18: 25-37.
- Hammond, P.M. 1994. Practical approaches to the estimation of the extent of biodiversity in speciose groups. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 345: 119-136.
- Keating, K.A., J.F. Quinn, M.A. Ivie, and L.L. Ivie. 1998. Estimating the effectiveness of further sampling in species inventories. *Ecological Applications*, 8: 1239-1249.
- Longino, J.T. and R.K. Colwell. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical

- rain forest. *Ecological Application*, 7: 1263-1277.
- Marshall, S.A., R.S. Anderson, R.E. Roughley, V. Behan-Pelletier, and H.V. Danks. 1994. *Terrestrial Arthropod Biodiversity: Planning a study and recommended sampling techniques*. 33pp. The Biological Survey of Canada, Ottawa.
- Nakashizuka, T. and N. Stork. (ed.) 2002. *Biodiversity Research Methods: IBOY in Western Pacific and Asia*. 216pp. Kyoto Univ. Press and Trans Pacific Press, Australia.
- Scudder, G.G.E. 1996. *Terrestrial and freshwater invertebrates of British Columbia: priorities for inventory and descriptive research*. 206pp. Research Branch, British Columbia Ministry of Forests, and Wildlife Branch, British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks. Victoria, British Columbia Working Paper 09/1996.
- Soberon, J.M. and J. Llorente B. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7: 480-488.
- Underwood, A.J. 1993. The mechanics of spatially replicated sampling programmes to detect environmental impacts in a variable world. *Australian Journal*.

(Received for publication November 8 2007;
accepted December 20 2007)