

제주도의 꽃자왈에 분포하는 지표성 딱정벌레 군집의 특성

전형식 · 양경식¹ · 이가은 · 김원택*

제주대학교 생명과학과,

¹(재)제주하이테크산업진흥원 제주생물종다양성연구소

Community Characteristics of Ground Beetles in Four Gotjawal Terrains of Jeju Island, Korea

Hyung-Sik Jeon, Kyoung-Sik Yang¹, Ga-Eun Lee and Won-Taek Kim*

Department Life Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

¹Jeju Biodiversity Research Institute, Jeju Hi-Tech Industry Development Institute, Jeju 697-943, Korea

Abstract – Sampling of the ground beetles in four ‘gotjawal’ terrains of Jeju island was conducted from April to October, 2007, using pit-fall trap. Totally 2,887 individuals of 23 species belonged to 4 families were collected. The species diversity index was the highest at Aeweol gotjawal (AW), while it was the lowest in Hangyeong-Andeog gotjawal (HA). Clustering analysis revealed that the insect communities of four gotzawals were grouped in only one cluster. Jocheon-Hamdeog Gotjawal (JH) formed a cluster with Gujwa-Sungsan gotjawal (GS) at the lowest chord distance (0.24). At the higher chord distance of 0.50, AW fused the cluster of JH and GS. HA fused with the rest three terrains, forming a single cluster at the highest chord distance of 0.98.

Key words : ground beetles, Jeju island, gotjawal, pit-fall trap

서 론

현재까지 꽃자왈(송 2000)의 생태계는 비교적 잘 보전된 상태이지만 각종 개발의 위협을 받고 있는 매우 민감한 곳이기도 하다. 그럼에도 불구하고 꽃자왈의 생태계에 관한 연구가 매우 불충분한 초기 상태로서 꽃자왈의 생태학적 가치를 충분히 이해하고 있지 못한 상황이라고 할 수 있다

꽃자왈지대의 동물생태학적 연구는 최근에 와서야 극히 제한적으로 이루어져 보고되었는데, 야간동화를 이용

하여 채집한 곤충표본을 근거로 꽃자왈의 곤충군집의 구조를 분석하고 4개 꽃자왈지대의 군집 유사성이 비교된 바 있다(Yang *et al.* 2006a, b). 그러나 이 연구는 짧은 기간에 채집된 한정적인 표본을 이용한 것이어서 꽃자왈의 생태계를 이해하는 데 충분한 정보를 주지 못했다고 판단된다. 그러므로 곤충에서 가장 많은 곤충 분류군을 차지하는 분류군을 대상으로 좀 더 체계적인 표본을 얻음으로써 좀 더 많은 정보를 얻을 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 2007년 4월부터 10월까지 제주도 꽃자왈지대의 생태학적 특성을 생물학적으로 이해하는데 기초자료를 마련하고자 4군데 꽃자왈지대에서 함정덫(pitfall trap)으로 수집한 곤충표본을 토대로 꽃자왈지대의 지표성 딱정벌레 군집을 분석하였다.

* Corresponding author: Won-Taek Kim, Tel. 064-754-3520, Fax. 064-756-3541, E-mail. yowon@cheju.ac.kr

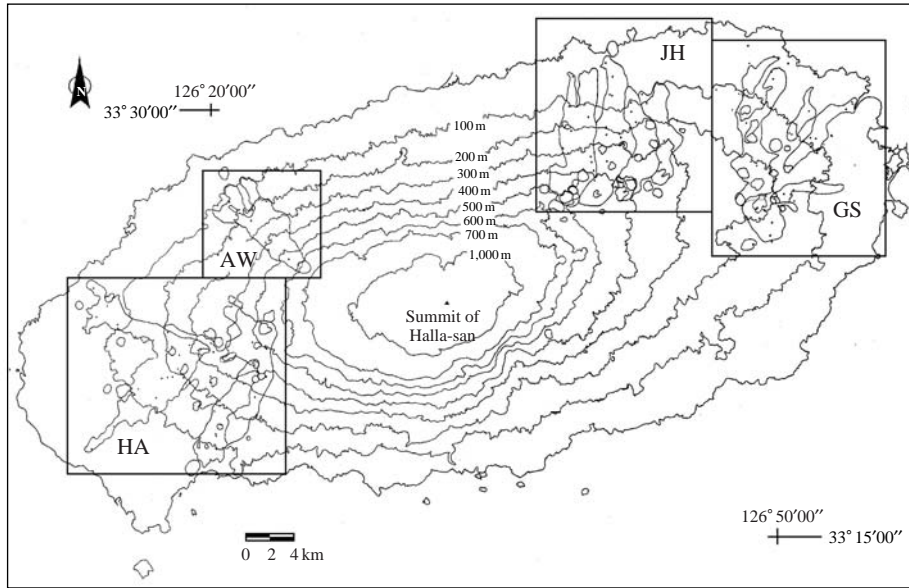


Fig. 1. Map of the indexed gotjawal terrains of Jeju Island, which are the investigated areas. AW: Aeweol, GS: Gujwa-Sungsan, HA: Hangeong-Andeog, and JH: Jocheon-Hamdeog (Adapted from Song 2000).

Table 1. Meteorological statistics in the survey areas

Weather	Temperature (°C)				Rainfall (mm)			
	Jeju	Seogwipo	Sungsan	Kosan	Jeju	Seogwipo	Sungsan	Kosan
April	13.9	14.9	13.8	13.2	38.1	81.0	81.9	52.1
May	18.9	19.4	18.4	17.4	50.8	154.0	92.1	75.5
June	21.5	21.8	21.0	20.9	101.9	144.4	134.7	68.1
July	24.8	25.4	24.4	24.5	302.8	464.2	385.5	285.1
August	28.1	28.2	27.0	27.5	231.7	330.0	563.8	189.5
September	23.3	25.1	23.9	24.0	880.0	506.1	850.1	318.2
October	18.3	20.1	18.7	18.8	167.5	183.0	146.6	97.1

재료 및 방법

조사 지소는 조천-함덕 꽃자왈 구좌-성산 꽃자왈 애월 꽃자왈 및 한경-안덕 꽃자왈 등 4개 지대에서 각각 한 곳을 선정하였다(Fig. 1). 표본의 채집은 2007년 4월부터 10월까지 함정 덫(pitfall trap)을 계속 설치하여 월 3회 회수하는 방법으로 실시하였다.

딱정벌레목의 채집에 쓰인 함정 덫(pitfall trap)은 지름 7 cm, 높이 7.8 cm의 플라스틱 컵을 이용하였으며, 각 조사지마다 5 m 간격으로 6개씩 설치하였다. 함정 덫 설치 후 유인제로는 닭의 내장과 흑설탕 혼합물(흑설탕 600 g, 증류수 4,000 mL, 맥주 300 mL, 사과식초 100 mL)을 각각 3개씩 번갈아 넣어 사용하였다.

함정 덫(pitfall trap)은 지표면과 같은 높이로 묻고 그 위에 돌이나 나무 등을 이용하여 빗물이나 다른 동물들로부터 보호하였다(문과 이 1999).

채집된 표본은 해부현미경(Dongwon OSM-1)을 통해 동정하였고 종의 학명과 국명은 한국곤충명집(1994)에 따랐다.

시간에 따른 각 구성 종들의 상대적 수도는 Kwon and Toda(1981)가 Sakuma(1964) 식을 응용한 방법을 이용하여 다수 종, 보통 종, 그리고 희소 종으로 나누어 표현하였다. 군집 간 종 다양도는 Shannon-Weaver(1949) 식으로 계산한 지수를 이용하여 비교분석하였다. 군집간의 유사도는 CLUSTER.BAS program으로 chord distance 값을 계산하여 클러스터분석을 통해 비교하였다(Ludwig and Reynold 1988).

결과 및 고찰

이 기간 동안 측정된 평균기후는 Table 1에 제시하였다.

Table 2. Temporal variation of individual number and relative abundance of the ground beetle species in the Jocheon-Hamdeog gotjawal

Species	Month							Frequency (R.A.*)
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Family Carabidae								
<i>Carabus fiduciarius kirinicus</i>	33	80	31	49	23	10	4	230(++)
<i>C. sternbergi sternbergi</i>	5	10	9	8	2	1		35(±)
<i>Damaster jankowskii jankowskii</i>			13	27	59	61	12	172(++)
Family Harpalidae								
<i>Lesticus magnus</i>			1	1				2(±)
<i>Pterostichus shirozui</i>	4	5	3	8				20(±)
<i>Dolichus halensis</i>		1		3		18	3	25(±)
<i>Synuchus nitidus</i>			1			19	23	43(±)
<i>Harpalus roninus</i>					13	23	7	43(±)
<i>Amara simplicidens</i>				1	4			5(±)
<i>Chlaenius naeviger</i>			15	38	17			70(+)
<i>C. abstersus</i>			1					1(±)
<i>Macrochlaenites costiger</i>				2	1			3(±)
<i>Galerita orientalis</i>			1	2	3	1		7(±)
Family Brachinidae								
<i>Brachinus scotomedes</i>			15	52	28	11		106(+)
<i>Pheropsophus jessoensis</i>		7	199	204	174	51	11	646(++)
Total	42	103	289	395	324	195	60	1408

Table 3. Temporal variation of individual number and relative abundance of the ground beetle species in Gujwa-Sungsan gotjawal

Species	Month							Frequency (R.A.*)
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Family Carabidae								
<i>Carabus fiduciarius kirinicus</i>	39	17	31	65	30	6	3	191(++)
<i>Damaster jankowskii jankowskii</i>		1	26	13	35	37	14	126(++)
Family Scaritidae								
<i>Scarites sulcatus</i>			1			1		2(±)
Family Harpalidae								
<i>Lesticus magnus</i>			5	2	5			12(±)
<i>Pterostichus shirozui</i>	23		1	5	1			30(+)
<i>Dolichus halensis</i>	2		2		2	6	8	20(±)
<i>Synuchus nitidus</i>							6	6(±)
<i>Anisodactylus signatus</i>	1	2						3(±)
<i>Harpalus capito</i>						1		1(±)
<i>H. roninus</i>						1		1(±)
<i>Harpalus pseudoophonoides</i>			1			3		4(±)
<i>Chlaenius naeviger</i>	1		1	2	5			9(±)
<i>C. abstersus</i>		3	1			1		5(±)
<i>Galerita orientalis</i>			2	4	4			10(±)
<i>Planetes puncticeps</i>		1		1	1	1		4(±)
Family Brachinidae								
<i>Brachinus scotomedes</i>		2	1	8	9			20(±)
<i>Pheropsophus jessoensis</i>	1	22	127	71	102	13		336(++)
Total	67	48	199	171	194	70	31	780

조사기간 동안 채집된 딱정벌레목은 조천-함덕 곳자왈에서 15종 1,408개체, 구좌-성산 곳자왈에서 17종 780개체, 애월 곳자왈에서 13종 514개체 그리고 한경-안덕 곳자왈에서 9종 185개체가 채집되었는데 이들의 총계는 4과, 23종, 2,887개체였다(Table 2-5).

1. 월별 변동

월별 종수는 조천-함덕 곳자왈은 7월에 12종, 구좌-성산 곳자왈은 6월에 12종, 애월 곳자왈은 6월에 10종, 한경-안덕 곳자왈은 5월과 7월에 5종으로 가장 많았다. 각 군집에서 종수가 가장 낮은 시기는 조천-함덕(JH)과 한

Table 4. Temporal variation of individual number and relative abundance of the ground beetle species in the Aeweol gotjawal

Species	Month							Frequency (R.A.*)
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Family Carabidae								
<i>Carabus fiduciarius kirinicus</i>	81	52	11	7	5	1		157(++)
<i>C. sternbergi sternbergi</i>	16	5	7	7	2			37(+)
<i>Damaster jankowskii jankowskii</i>			26	19	20	5	1	71(+++)
<i>D. smaragdinus monilifer</i>	2	2	1					5(±)
<i>Hemicarabus tuberculosus</i>			1	1				2(±)
Family Harpalidae								
<i>Lesticus magnus</i>						1		1(±)
<i>Pterostichus shirozui</i>	6	3	11	3				23(+)
<i>Dolichus halensis</i>	10	4	5	6	10	23	9	67(+++)
<i>Synuchus nitidus</i>							6	6(±)
<i>Chlaenius naeviger</i>			1	2	1	1		5(±)
<i>C. micans</i>		1						1(±)
<i>Galerita orientalis</i>			1					1(±)
Family Brachinidae								
<i>Pheropsophus jessoensis</i>	1	21	26	23	33	32	2	138(+++)
Total	116	88	90	68	71	63	18	514

Table 5. Temporal variation of individual number and relative abundance of the ground beetle species in the Hangeyong-Andeog gotjawal

Species	Month							Frequency (R.A.*)
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Family Carabidae								
<i>Carabus fiduciarius kirinicus</i>	44	44	26	26				140(+++)
<i>Damaster jankowskii jankowskii</i>		1	2	4	4	1		12(+)
<i>D. smaragdinus monilifer</i>		1				4	2	7(+)
Family Harpalidae								
<i>Lesticus magnus</i>				4	3	2		9(+)
<i>Pterostichus shirozui</i>		1						1(±)
<i>Synuchus nitidus</i>							1	1(±)
<i>Chlaenius micans</i>		2						2(±)
<i>Galerita orientalis</i>				5	3			8(+)
<i>Planetes puncticeps</i>				3		2		5(±)
Total	44	49	28	42	10	9	3	185

경-안덕 (HA) 꽃자왈에서 4월에 각각 3종과 1종이었고, 구좌-성산 (GS)과 애월 꽃자왈 (AW)은 둘 다 10월에 4종이었다 (Fig. 2).

Kwon and Toda (1983)의 방식으로 계산된 상대수도로 평가된 다수종 (abundant)은 조천-함덕 꽃자왈과 구좌-성산 꽃자왈에서는 왕딱정벌레 (*Carabus f. kirinicus*), 멧쟁이딱정벌레 (*Damaster jankowskii jankowskii*), 폭탄먼지벌레 (*Pheropsophus jessoensis*) 등 3종이었고, 애월 꽃자왈에서는 왕딱정벌레 (*C. fiduciarius kirinicus*), 멧쟁이딱정벌레 (*D. j. jankowskii*), 등빨간먼지벌레 (*Dolichus halensis*), 폭탄먼지벌레 (*P. jessoensis*) 등 4종이었으며 환경-안덕 꽃자왈에서는 왕딱정벌레 (*C. kirinicus*) 1종뿐이었다. 보통종 (common)은 조천-함덕 구좌-성산 애월 환경-안덕 꽃자왈 각각에서 2종, 1종, 2종, 4종이었고 희소종 (rare)은 각각 10종, 13종, 7종, 4종이었다 (Table 2-5).

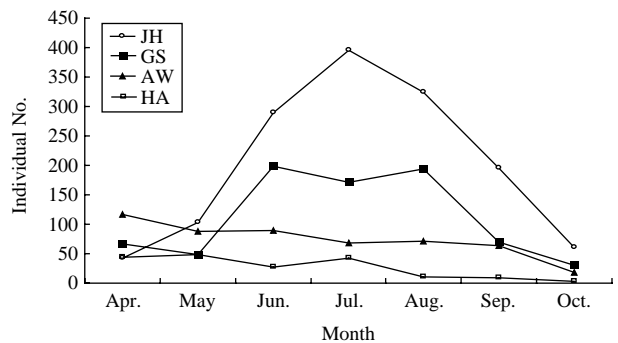


Fig. 2. Temporal change of the total individual numbers of four communities. Abbreviations of the legend represent the gotjawal terrains shown in Fig. 1.

각 꽃자왈의 개체수 월별 변동 (Fig. 3)은 6~8월에 정점을 이뤘다가 10월에 공통적으로 최소가 되었다. 또한

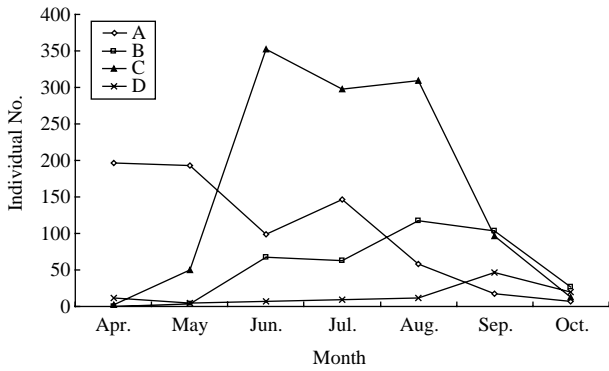


Fig. 3. Temporal change of the individual numbers of the abundant species. A: *Carabus fiduciarius kirinicus*, B: *Damaster jankowskii jankowskii*, C: *Pheropsophus jessoensis*, and D: *Dolichus halensis*.

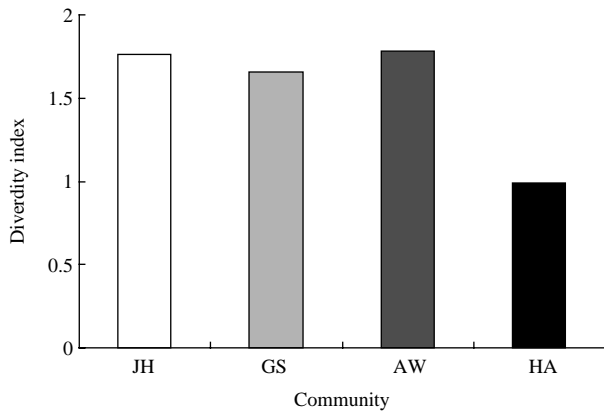


Fig. 4. Variation of the species diversities of four communities. AW: Aeweol, GS: Gujwa-Sungsan, HA: Hangyeong-Andeog, and JH: Jocheon-Hamdeog.

조사기간 중 강수량이 비교적 많은 7월과 8월에 정점을 이루었고, 태풍의 영향으로 강수량이 가장 많은 9월부터 감소추이를 보였다. 이는 최근 한라산 5·16도로를 중심으로 한 연구(양 등 2006)와 비슷한 추이였지만 그 감소폭은 비교적 낮았다. 이는 곳자왈 지역의 강수가 곧바로 지하수로 유입되는 투수성이 매우 높은 지역이기 때문에 강수량이 많아도 곳자왈 지역내 환경에 많은 영향을 끼치지 못하기 때문이라 사료된다.

월별 변동 유형은 왕딱정벌레 (*Carabus fiduciarius kirinicus*)의 경우 5월까지 증가하였다가 6월부터 감소하였고, 멧쟁이딱정벌레 (*Damaster jankowskii jankowskii*)는 6월부터 급증하였다. 이는 한라산 5·16도로를 중심으로 채집한 양 등 (2006)의 연구와 비슷한 결과인데, 이러한 현상은 습성이 비슷한 딱정벌레과 종들의 경쟁 때문일 것으로 추측된 바 있다. 등빨간먼지벌레 (*Dolichus halen-*

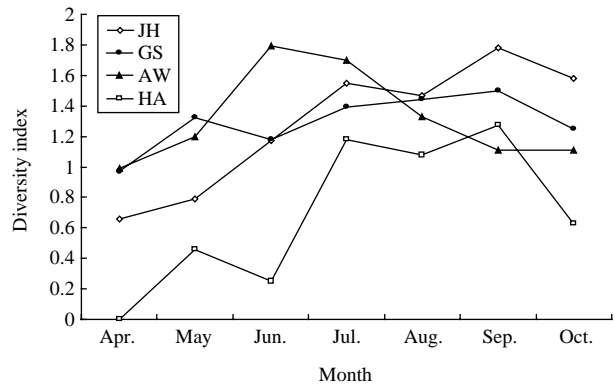


Fig. 5. Temporal change of the species diversity of four gotzawal communities.

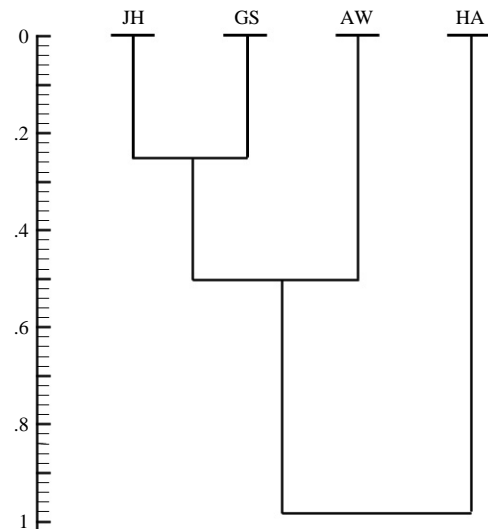


Fig. 6. Cladograms of the ground beetle communities analyzed by the chord distance. AW: Aeweol, GS: Gujwa-Sungsan, HA: Hangyeong-Andeog, and JH: Jocheon-Hamdeog.

sis)는 8월까지 적은 개체수를 유지하다가 9월에 급증하였는데 이는 많은 강수량으로 인해 먹이활동이 불리해져 함정 덫에 넣어둔 유인제로 모였기 때문이라 사료된다. 폭탄먼지벌레 (*Pheropsophus jessoensis*)는 4월부터 증가하기 시작하여 6월부터 8월까지 많은 개체수를 유지하였다 (Fig. 4).

2. 종 다양도

각 곳자왈의 종다양도 지수 (Fig. 5)는 애월 곳자왈이 1.78로 가장 높았고, 한경-안덕 곳자왈이 0.99로 가장 낮았다. 이러한 결과는 Yang *et al.* (2006a, b)이 동일 조사지에서 night trap으로 채집한 곤충 군집에서 계산된 다

양도 지수(3.1 이상)에 비하면 아주 낮은 것인데, 이는 채집된 개체수와 종수의 구성에 차이가 크기 때문에 생긴 것이다. 본 조사에서 다양도 지수가 애월 꽃자왈이 가장 높고, 환경-안덕 꽃자왈이 가장 낮은 이유는 애월 꽃자왈은 4종이 다수종(abundant), 2종이 보통종(common)으로 구성되어 다양도가 상대적으로 높은 반면 환경-안덕 꽃자왈은 다수종과 보통종이 각 1종과 4종으로 구성되어 다양도가 낮게 나타났다고 사료된다.

월별 다양도 지수의 변화(Fig. 6)에서 나타난 결과는 조천-함덕 꽃자왈, 구좌-성산 꽃자왈과 환경-안덕 꽃자왈에서 9월에 가장 높았고 애월 꽃자왈은 6월에 가장 높은 것으로 나타났다. 계절적으로 평균기온이 20°C가 넘는 6월부터 9월까지가 다양도가 비교적 높았고, 온도가 낮은 4월, 5월과 10월에는 비교적 낮았다. 이러한 양상을 보인 요인은 6월부터 9월의 군집이 개체수와 종수가 비교적 높은 반면 개체수가 적은 4월, 5월과 10월의 군집은 종수도 적었기 때문이다. 특히 환경-안덕 꽃자왈의 경우 4월에 다양도 지수가 0이었는데 이는 4월 채집된 44개체가 모두 왕딱정벌레(*Carabus fiduciaris kirinicus*) 1종이었기 때문이다. 양 등(2006)은 기온이 27°C, 강수량이 320 mm 정도일 때 딱정벌레목 군집의 다양성을 높이는 데 호조건으로 작용한다고 보고하였는데, 전체적으로 가장 높은 다양도 지수를 보인 7월부터 9월까지에는 기온이 24~28°C 정도의 범위이고, 강수량이 300 mm 이상으로 나타나 딱정벌레목 군집의 다양성을 높였다고 사료된다(Table 1).

3. 군집 유사도 분석

Chord distance로 유집분석한 결과(Fig. 7)에서 나타난 군집간 거리는 조천-함덕 꽃자왈과 구좌-성산 꽃자왈이 0.24로 가장 가까웠다. 이는 두 지역에서 채집된 20종 중 왕딱정벌레(*Carabus fiduciaris kirinicus*) 멧쟁이딱정벌레(*Damaster jankowskii jankowskii*) 등빨간먼지벌레(*D. halensis*) 등 12종이 공통으로 채집되었고, 특히 그 중 다수종인 왕딱정벌레(*C. f. kirinicus*) 멧쟁이딱정벌레(*D. j. jankowskii*) 폭탄먼지벌레(*Pheropsophus jessoensis*) 등 3종이 비슷한 비율로 채집되었기 때문이다. 이 두 지역은 4곳의 꽃자왈 중에서 지리적으로 가장 가깝게 위치하여 있고 인위적인 간섭이 비교적 미약한 지역으로서 생태 환경이 비슷한 것이 주된 요인이 되었다고 사료된다. 이 두 군집과 애월 꽃자왈 군집 간의 거리는 0.50이었는데 이는 공통종이 9종이었고 멧쟁이딱정벌레(*D. j. jankowskii*) 1종만이 비슷한 비율로 채집되었기 때문일 것이다. 애월 꽃자왈의 경우 꽃자왈의 시작인 노꼬메 오름을 중

심으로 등산로가 형성되고 마방목이 이뤄지면서 생태 환경에 영향을 준 결과로 다른 곳과 차이가 생겼기 때문일 수 있다고 사료된다. 마지막으로 환경-안덕 꽃자왈의 군집은 0.98로 가장 멀었는데 이는 공통종이 6종밖에 되지 않았기 때문이었다. 한편, light trap을 이용하여 채집된 표본을 기초로 동일한 지역의 꽃자왈 곤충군집의 유사도를 분석한 Yang *et al.* (2006a, b)의 결과를 비롯하여 본 결과까지 모두를 비교했을 때 각기 차이가 나타났다. 이러한 결과는 4개 꽃자왈의 생태계가 차이를 가지고 있음으로 인해 채집방법에 따른 표본의 오차율에 차이가 있었기 때문일 것으로 본다.

숲의 곤충군집은 여러 가지 생물적 요인과 무생물적 요인의 영향(Szujecki 1987)을 받는다는 점을 고려한다면, 이상의 분석 결과는 꽃자왈 지대의 곤충군집에 관하여 좀 더 정확하게 평가할 수 있기 위해서 앞으로 좀 더 기술적으로 세련된 연구계획을 수행할 수 있는 기회가 많이 부여되어야 함을 강조하는 것이라 여긴다.

사 사

이 논문은 아열대생물산업 및 친환경농업생명산업 인력양성 사업단의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- 문태영, 이성진. 1999. 영도산 곤충군의 의곤충학 및 보전생물학, III. 송장벌레과(딱정벌레목). 보전과학연구소보. 9: 115-126.
- 송시대. 2000. 제주도 암괴상 아아용암류의 분포 및 암질에 관한 연구. 부산대학교 대학원 박사학위논문. 118pp.
- 양경식, 김상범, 김원택. 2006. 한라산 5·16도로변에 분포하는 딱정벌레류의 월별과 고도별 군집 분석. 환경생물. 24:337-358.
- 한국곤충학회, 응용곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 건국대학교 출판부.
- Kwon OK and MJ Toda. 1981. A preliminary study on the ecological structure of drosophilid community in the Quelpart Island, Korea, with a supplementary note on the drosophilid assemblage on tree trunks. Cheju University Journal 13:31-43.
- Ludwig JA and JF Reynolds. 1988. Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing. John Wiley & Sons, New York.
- Sakuma A. 1964. Statistics in Biology. Tokyo Univ. Press, Tokyo. (In Japanese)

Shannon CE and W Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbana, IL.

Szujecki A. 1987. Ecology of Forest Insects. PWN-Polish Scientific Publishers, Warszawa.

Yang KS, SB Kim, SY Kim, SB Jeong and WT Kim. 2006a. Fauna and relative abundance of the insects collected by black light traps in Gotjawal terrains of Jeju island, Korea

(exclusion of Lepidoptera). J. Ecol. Field Biol. 29:85-103.

Yang KS, SB Kim, SY Kim, SB Jeong and WT Kim. 2006b. Community analysis of the moths in the Gotjawal terrains of Jeju island, Korea. J. Ecol. Field Biol. 29:365-379.

Manuscript Received: July 3, 2008
Revision Accepted: August 15, 2008
Responsible Editor: Hak Young Lee

K C I