Jour. Korean For. Soc. Vol. 94, No. 4, pp. 226~235 (2005)

한국임학회지

JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY

산불지와 비산불지의 딱정벌레상 비교

權太晟[1]* · 朴鍾均[2]

[1]국립산림과학원 산림생태과, [2]상주대학교 생물응용학과

Comparative Study on Beetle Fauna between Burned and Unburned Forest

Tae-Sung Kwon[1]* and Jong-Kyun Park[2]

[1]Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

[2]Department of Applied Biology, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

요 약: 산불로 식생이 전소한 소나무림은 덤불이 우거진 초지로의 식생변화가 일어난다. 그러나 산불 당년에는 인접한 소나무림에 서식하는 곤충들이 이입할 가능성이 높아 초지와 덤불로 구성된 산불피해 임지에 산림성 곤충이 일시적으로 득세할 가능성이 있다. 본 연구는 산불 후 1년 동안 피해지에 산림곤충들이 이입하는 현상을 관찰하기 위해 1996년 대형산불이 발생한 강원도의 고성지역에서 피해지와 인접한 소나무 숲에서 딱정벌레류의 발생상황을 비교 조사하였다. 산불지는 60종 381개체, 비산불지는 63종 370개체가 채집되어 차이가 없었다. 피해지에서 출현된 딱정벌레 중 개체수가 비교적 많았던 종들은 대부분 인접 산림에서도 채집되었고, 계절별 채집양상이 산불지와 비산불지가 비슷하여 산불초기에 활발한 곤충의 이입을 나타내었다. 서식처별로는 지표 보다는 식생에 서식하는 딱정벌레류의 이입이 활발하였다.

Abstract: The burned pine forest may change into the grassland with bushes. However, it is likely that forest insects immigrated from the adjacent forest may be temporally abundant in the burned forest. This study was conducted to observe the immigration of insects for a year since forest fire. Beetle fauna in burned forest was compared with that in unburned forest in Goseong in Gwangwon province where the big fire was occurred and burned 3,762 ha of forest in 1996. The 381 individuals of 60 beetle species was collected from the burned forest, whereas the 370 individuals of 63 beetle species from the unburned forest. There was no difference in abundance and species richness of beetle fauna between burned forest and unburned forest. Most of abundant beetle species were collected from burned forest as well as unburned forest. Seasonal occurrence of the insects in burned forest were similar to those in unburned forest. These indicate active immigration of insects in burned forest in early season after fire. The beetles dwelling on vegetation were more actively immigrated into burned forest compared with those foraging in ground.

Key words: *Forest fire, Insect, Species diversity, Disturbance, Pine forest*

서 론

우리나라에서는 1996년에 고성에서 3,762 ha의 대형산불이 난 이후(이진규 등, 1997), 2000년에는 고성에서 삼척에 이르는 광범위한 지역에서 23,792 ha의 산림에서 큰 산불이 발생하였고(오정수 등, 2000), 2005년에는 양양과 고성에서 피해면적이 973 ha에 달하는 산불이 발생하여 낙산사내 일부 사찰과 문화재 22점을 태우고, 약 390명에 달하는 이재민을 발생시키는 등(산림청 보고자료), 1990년대 후반이후 대형산불이 빈발하고 있다. 이러한 대형산불은 주로 강원의 영동지역에서 4월에 발생하는데, 이 시기에 나타나는 유사푄현상(김용상과 홍성길, 1996)으로 인한 건조한 기후와 강한 바람과 더불어 소나무로 주로 이루어진 산불에 취약한 산림구조로 인해 발생한다(임주훈, 2000; 이진규 등, 1997; 오정수 등, 2000). 그러므로 산불은 소나무림으로 주로 구성된 영동지역의 산림생태계를 변화시키는 주요한 동인으로 작용하여, 산불피해를 받은 산림은 필연적으로 동식물 및 미생물의 생물상과 토양 및

*Corresponding author
E-mail: insectcom@chol.com

수계의 이화학적인 변화를 겪게 된다(임주훈 등, 2003).

산불로 인해 산림이 파괴되면, 광량이 증가하므로서 다양한 초본류가 침입하고, 피해를 받은 각종 활엽수의 맹아가 발육하여 산불 초기에는 초본과 관목류가 우점하게 된다(임주훈 등, 2003). 이러한 변화된 식생에도 불구하고 산불이 난 당년에는 주변의 피해를 받지 않은 산림에서 곤충류들이 우선 침입할 가능성이 높기 때문에, 피해임지의 식생과 어울리지 않는 산림성 곤충이 우점하는 현상이 나타날 것으로 예상된다. 그러나 시간이 지남에 따라 보다 원거리에서 초지성이나 덤불성 곤충류들이 점차 이입하여, 초지와 덤불에 고유한 곤충들이 점차 늘어날 것으로 예견된다. 본 연구는 이러한 산불초기에 예상되는 인접 산림으로부터 곤충류가 이입되는 현상을 관찰하기 위하여 1996년에 대형산불이 발생한 고성지역에서 산불로 식생이 완전히 전소되었던 피해지에서 발견되는 딱정벌레류를 인접한 산림에서 서식하는 것과 산불 후 1년 동안 비교 조사하였다.

재료 및 방법

1. 조사장소

본 조사지역인 고성 산불피해지역은 1996년 4월 23일부터 25일까지 3일간 약 3,762 ha의 산림에서 대형 산불이 났으며, 연평균 기온은 11.9℃, 연평균 강수량은 1,330 mm로서, 기반은 편암 및 편마암류와 화강암류로 구성되며 토양은 갈색산림토양, 적황색갈색산림토양, 적색계갈색산림토양 등으로 구성되어 있다(이진규 등, 1997). 조사구는 강원도 고성군의 산불피해지의 외곽에 위치한 죽왕면 오봉리의 왕곡마을에서 간성쪽으로 통하는 농로에 인접하여 산불피해가 난 곳 1개소(피해구)와, 길 건너 산불피해가 발생하지 않은 소나무림 1개소(비피해구)를 2개소로 선정하였다(Figure 1). 산불당시 식생과 낙엽층이 전소한 극심 피해지는 전체 피해지의 33% 가량이었으며(이진규 등, 1997), 피해구는 극심한 산불 피해를 받은 곳으로 피해전 임상은 이차림의 소나무 단순림이었으며, 수령은 30-40년 전후였다.

피해구와 비피해구의 조사지점(함정트랩을 설치한 곳)들간의 마주보는 거리는 대략 50-200 m 가량 되었다. 피해구에 출현하는 곤충류는 토양에서 월동하는 일부 곤충류를 제외하고는 치사되었을 가능성이 매우 높기 때문에, 산불 후 피해구에서 발견된 대다수의 곤충들은 대부분 산불피해를 받지 않은 주변지역에서 유입된 것으로 추정할 수 있다.

2. 조사방법

조사는 1996년 산불 후 1개월이 경과한 5월 23일부터

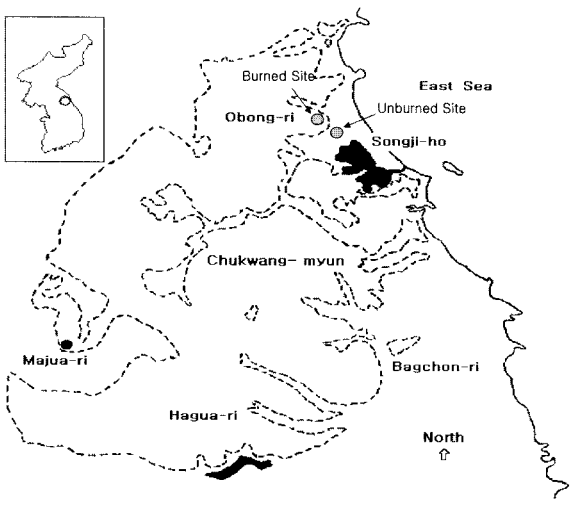

Figure 1. Map of study sites.

1997년 5월 19일까지 1년간 겨울철을 제외하고 매월 실시하였다. 조사구별로 대략 10 m 간격으로 10개의 조사목을 임의로 선정하여 비닐끈으로 표시한 후, 각 조사목 주위에 8개의 함정트랩(비닐컵, 상부직경 7.2 cm, 하부직경 5 cm, 높이 7.5 cm, 부피 226 cm^3)을 조사목 주변으로 반경 2 m 주변으로 설치하여 1개월 후에 수거하고, 새로운 컵으로 교체하였다. 8개의 컵에서 채집된 표본들은 합쳐서 동정하였다. 컵에는 표본의 보존을 위해 20% 포르말린을 컵의 30% 가량 주입하였다. 채집된 딱정벌레류는 모두 건조표본으로 만든 후 동정하였으며, 표본들은 국립산림과학원 곤충표본실에 보관중이다.

3. 자료분석

딱정벌레류 곤충들의 먹이습성은 Borror 등(1981)의 기준에 근거하여 과(family)별로 분류하였다. 과내에는 종별로 먹이습성의 변이가 있으나, 본 조사에서 채집된 종들의 생태가 거의 알려져 있지 않기 때문에 종별로 구분하기가 어려워 편의상 과내의 대다수 종들이 속하는 것으로 정하였다. 서식처는 먹이습성을 토대로 지표(ground)에 서식하는 것과 지표 아닌 다른 숲의 서식공간에 서식하는 것들을 식생(vegetation)으로 하여 구분하였다. 군집의 비교는 χ^2 검정을 이용하여, 과구성, 먹이구성, 서식처 등을 비교하였다. 빈도(개체수)가 5이하인 그룹은 묶어서 한 개의 그룹으로 만든 후 분석을 실시하였다(Zar, 1999). 우점종이나 과의 월별 개체수 비교는 ANOVA-검정으로 하였으며, 변이의 정규분포화를 위하여 로그변환후 검정을 실시하였다. 분석은 STATISTICA(StatSoft, 2001)를 이용하였다.

결 과

본 연구에서 채집된 딱정벌레류는 23과 87종 751개체

Table 1. Abundance (total individuals) and species richness of beetles (Coleoptera) in the burned and unburned pine forests.

Item	Kind	Abundance		Species Richness	
		Burned	Unburned	Burned	Unburned
Family	Cantharidae	1		1	
	Carabidae	93	127	17	17
	Cetoniidae		1		1
	Cephaloidae		5		1
	Cerambycidae	5	4	5	4
	Chrysomelidae	2	12	1	1
	Cicindellidae	1		1	
	Coccinellidae	1		1	
	Curculionidae	136	55	9	8
	Elateridae	4	6	3	3
	Endomychidae	1	5	1	2
	Histeridae	1		1	
	Lagriidae		1		1
	Lucanidae	3	5	2	2
	Melolonthidae	2	8	1	1
	Melyridae		1		1
	Nitidulidae	2		1	
	Oedemeridae		1		1
	Rhynchophoridae	13	11	1	1
	Rutelidae		4		3
	Scarabaeidae	12	30	3	3
	Staphylinidae	11	13	7	9
	Tenebrionidae	93	81	5	5
Function	Detritivore	18	41	7	8
	Herbivore	255	183	25	28
	Predator	108	141	28	27
	Undifined		5		1
Habitat	Vegetation	167	114	24	28
	Ground	214	256	36	36

였으며(Tables 1, 3), 산불지는 60종 381개체, 비산불지는 63종 370개체가 채집되어 산불피해지는 산불피해를 받지 않은 소나무림과 거의 비슷한 종풍부도와 풍부도를 보였다(Table 2). 종풍부도와 풍부도의 월별 출현양상은 산불지와 비산불지 간에 차이가 없었다(Figure 2, Table 2). 종풍부도의 구성은 과($\chi^2 = 0.37$, df = 4, $p > 0.995$), 기능($\chi^2 = 24.8$, df = 2, $p > 0.90$), 서식처($\chi^2 = 0.18$, df = 1, $p > 0.75$)별로 산불지와 비산불지 간에 차이를 보이지 않았으나, 풍부도의 경우에는 과($\chi^2 = 62.9$, df = 10, $p < 0.001$), 기능($\chi^2 = 24.8$, df = 2, $p < 0.001$), 서식처($\chi^2 = 13.6$, df = 1, $p < 0.001$) 별로 차이가 있었다(Table 1). 과의 경우 가장 큰 차이가 나는 것은 바구미과(Curculionidae) 로 산불지는 비산불지에 비해 2.5배 가량 많은 개체가 채집되었다. 이에 반해 소똥구리과(Scarabaeidae) 는 비산불지에서 2배 가량 많은 개체가 채집되었다. 딱정벌레과(Carabidae) 역시 비산불지에서 많은 개체가 채집되었으나, 그 차이는

Table 2. Results of ANOVA on species richness and the number of beetles (Coleoptera) of total (abundance), dominant families and species.

Item	Factor	df	MS	F
Abundance	Month	7	6.58	11.95***
	Fire	1	0.09	0.16
	Month×Fire	7	0.71	1.29
	Error	164	0.55	
Species Richness	Month	7	1.11	3.90
	Fire	1	0.10	0.36
	Month×Fire	7	0.07	0.26
	Error	2	0.28	
Carabidae	Month	7	3.61	12.02***
	Fire	1	1.38	4.60*
	Month×Fire	7	0.40	1.33
	Error	164	0.30	
Curculionidae	Month	6	3.49	10.77***
	Fire	1	2.52	7.76***
	Month×Fire	6	0.59	1.83
	Error	146	0.32	
Tenebrionodae	Month	7	0.92	2.65*
	Fire	1	0.02	0.04
	Month×Fire	7	0.84	2.41*
	Error	164	0.35	
Scarabidae	Month	4	0.51	2.82*
	Fire	1	0.50	2.73
	Month×Fire	4	0.29	1.60
	Error	90	0.18	
Chlaenius naeviger	Month	3	0.42	2.57
	Fire	1	0.18	1.10
	Month×Fire	3	0.14	0.83
	Error	92	0.16	
Curtonotus macronotus	Month	4	0.66	5.86***
	Fire	1	0.73	6.47*
	Month×Fire	4	0.15	1.36
	Error	90	0.11	
Damaster smaragdinus	Month	6	0.84	6.35***
	Fire	1	2.56	19.26***
	Month×Fire	6	0.12	0.87
	Error	126	0.13	
Gonocephalum coriaceum	Month	4	0.84	4.22**
	Fire	1	3.93	19.77***
	Month×Fire	4	0.92	4.61**
	Error	110	0.20	
Hisolampidius koreanus	Month	7	0.18	1.98
	Fire	1	0.34	3.66
	Month×Fire	7	0.20	2.19
	Error	164	0.09	
Hylobitelus haroldi	Month	5	2.15	9.20***
	Fire	1	1.73	7.39**
	Month×Fire	5	0.54	2.30
	Error	128	0.23	
Pedinus strigosus	Month	5	0.23	1.31
	Fire	1	1.23	6.91**
	Month×Fire	5	0.30	1.68
	Error	108	0.18	
Shrirahoshizo rufescens	Month	4	0.65	3.58**
	Fire	1	0.30	1.68
	Month×Fire	4	0.03	0.14
	Error	110	0.18	

*p<0.05, **p<0.01. and ***p <0.001.

Table 3. Number of individual of coleopteran species collected in the burned and unburned pine forests.

Family	Species	Burned	Unburned
Cicindelinae	*Cicindela (Cylindera) gracilis* Pallas	1	
Carabidae	*Damaster (Coptolabrus) smaragdinus branickii* Taczanowski	14	48
	Nebria (Orientonebria) chinensis chinensis Bates	6	8
	Nebria (Orientonebria) coreica Solsky		6
	Trigonognatha coreana Tschitschérine		1
	Dolichus hanlesis hanlesis Schaller	1	
	Synuchus (Synuchus) cycloderus Bates	2	5
	Synuchus (Synuchus) melantho Bates		1
	Synuchus sp.1	7	3
	Synuchus sp.2	5	
	Harpalus (Harpalus) bungii Chaudoir	1	
	Harpalus (Harpalus) chalcentus Bates	1	
	*Harpalus sp.*1		1
	Amara (Amara) microdera Chaudoir	1	1
	Amara (Curtonotus) macronota Solsky	8	24
	Chlaenius (Ilaenchus) naeviger Morawitz	23	13
	Chlaenius (Ilaenchus) posticalis Motschulsky	3	2
	Chlaenius (Pachydinodes) virgulifer Chaudoir	13	9
	Chlaenius (Spilochlaenius) micans Fabricius	2	
	*Chlaenius sp.*1	4	1
	Epomis nigricans Wiedemann		1
	Macrochlaenius costiger Chaudoir		3
	Cymindis (Menas) daimio Bates	1	
Histeridae	*Platysoma sp.*1	1	
Staphylinidae	*Astenus sp.*1		3
	*Astenus sp.*2	1	
	*Astenus sp.*3		1
	*Bolitobius sp.*1		1
	*Bolitobius sp.*2	1	
	*Ochthephilum sp.*1	1	
	*Ocypus sp.*3	1	1
Staphylinidae	*Stenus* sp.1	3	
	Stenos sp.2	1	
	Stenos sp.3		1
	Stenos sp.4		1
	Zyras sp.1	3	
	Omaliinae sp.1		1
	Staphylininae sp.1		3
Lucanidae	*Macrodorcas rectus rectus* Motschulsky	2	4
	Serrognathus platymelus castanicolor Motschulsky	1	1
Scarabaeidae	*Onthophagus (Gipponthophagus) atripennis* Waterhouse	3	5
	Onthophagus (Phanaeomorphus) fodiens Waterhouse	1	12
	Onthophagus sp1.	8	13
Melolonthidae	*Maladera orientalis* Motschulsky	2	8
Rutelidae	*Adorestus tenuimaculatus* Waterhouse		1
	Mimela testaceipes Motschulsky		2
	Popillia mutans Newmann		1
Cetoniidae	*Gametis jucunda* Faldermann		1
Elateridae	*Agrypnus binodulus coreanus* Kishii		1
	Agrypnus cordicollis Candéze	1	4
	Gambrinus kraatzi Candéze	1	
	Melanotus (Spheniscosomus) cete Candéze	2	1

Table 3. Continued.

Family	Species	Burned	Unburned
Cantharidae	*Podabrus lictorius* Lewis	1	
Melyridae	*Attalus* sp.		1
Nitidunidae	*Nitidulinae* sp.1	2	
Endomychidae	*Lycopperdina mandarinea* Gerstäcter		1
	Endomychidae sp.1	1	4
Coccinelidae	*Coccinella (Coccinella) septempuntata* Linné	1	
Cephaloidae	*Cephaloon* sp.1		5
Oedermeridae	*Oedermerina* sp.1		1
Lagriidae	*Lagria nigricollis* Hope		1
Tenebrionidae	*Gonocephalum coriacerum* Motschulsky	69	5
	Misolampidius koreanus Chujô et Imasaka	12	25
	Pedinus (Blindus) strigosus Faldermann	5	39
	Plesiophthalmus davidis Faldermann	1	1
	Anaedius mroczkowskii Kaszab	6	11
Cerambycidae	*Prionus insularis* Moschulsky		1
	Rhagium inquisitor Linné	1	
Cerambycidae	*Gaurotes ussuriensis* Blessig	1	
	Pidonia (Pidonia) gibbicoelis Blessig		1
	Corymbia variicornis Dalman	1	
	Leptura aethiops Poda		1
	Clytus melaenus Bates		1
	Mesora myops Dalman	1	
Chrysomelidae	*Philopona vibex* Erichson	2	12
Curculionidae	*Enaptorrhinus granulatus* Pascoe	10	1
	Pseudocneorhinus obesus Roelofs	2	8
	Pissodes nitidus Roelofs	2	1
	Pissodes sp.1	1	
	Tachius ovalis Roelofs		1
	Ectatorhinus adamsii Pascoe		1
	Hylobitelus haroldi Faust	82	28
	Lissorhoptrus oryzophilus Kuschel	4	
	Shirahoshizo rufescens Roelofs	33	14
	Curculio dentipes Roelofs	1	
	Curculio koreanus Heller	1	1
Rhynchophoridae	*Sipalinus gigas gigas* Fabricius	13	11

그렇게 크지 않았다. 우점 분류군 중 거저리과(Tenebrionidae) 는 산불지와 비산불지 간에 차이가 없었다. 기능별로는 부식성 및 포식성 딱정벌레류는 비산불지에서 많이 채집된 반면, 식식성 딱정벌레류는 산불지에서 많이 채집되었다. 서식처별로는 지표성 딱정벌레류는 비산불지에서, 식생에 서식하는 딱정벌레류는 산불지에서 많이 채집되었다.

분포양식을 출현종의 개체수에 따라 나타낸 것이 Figure 3이다. 전체 종의 절반 가량인 42종은 한 개체만 채집되었는데, 이중 19종은 산불지에서, 23종은 비산불지에서 채집되었다. 2-3마리가 채집된 종들의 46%, 4-8마리가 채집된 종들의 64%는 산불지와 비산불지에서 공통으로 발견되었으며, 9개체 이상 채집되었던 19종은 양조사구에서 모두 채집되었다. 개체수가 증가할수록 공통으로 분포한 종의 비율이 급격하게 증가하는 것은 개체수가 적었던 종들은 양조사구에 분포하였더라도, 한쪽 지역에서만 채집되었을 가능성이 높음을 시사한다고 하겠다. 이러한 결과는 대다수 곤충들이 산불지와 인접의 산림에 공통적으로 분포하는 것을 뜻하며, 이는 곧 산불피해를 받지 않은 소나무림에서 곤충들이 매우 활발히 인접한 산불피해지로 확산된다는 것을 나타낸다고 할 수 있다.

산불피해지의 딱정벌레군집에서 종 구성은 거의 비슷하였으나, 종별 개체수는 산불지와 비산불지간에 많은 차이가 있었다(Figures 4-7, Table 3). 딱정벌레과(*Carabidae*)는 23종 220개체가 채집되어, 가장 종수와 풍부도가 높았고, 산불지와 비산불지간의 월별 밀도 변화의 차이가 있었다 (Figure 4와 Table 2, $p < 0.05$). 우점종 중 쌍무늬먼지벌

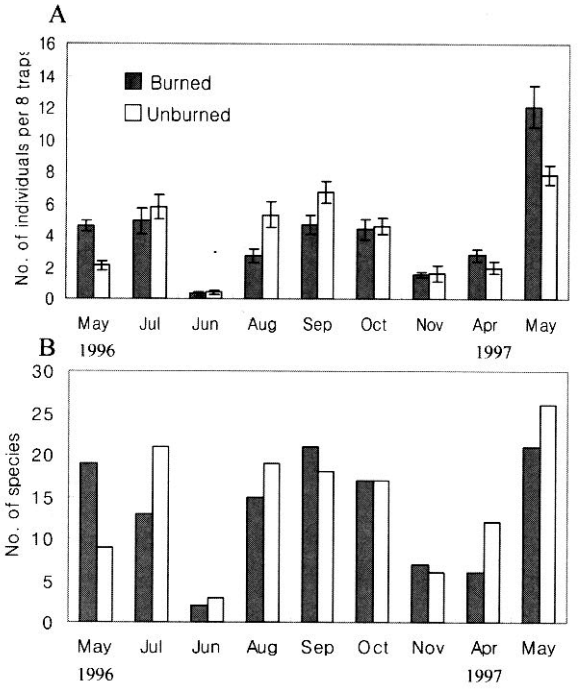

Figure 2. Monthly abundance and species richness in beetle community in burned and unburned sites.

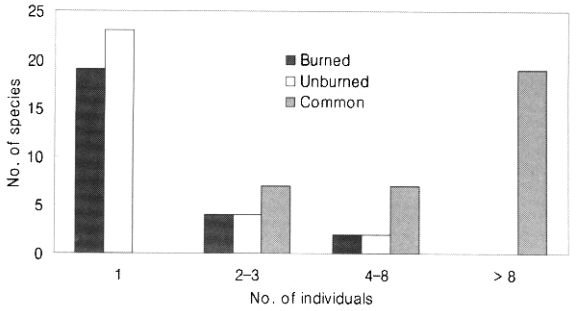

Figure 3. Abundance characteristics of beetle species occurred in burned and unburned sites.

레(*Chlaenius naeviger*)는 산불지역에서 밀도가 높았으나 통계적인 차이는 나타나지 않았는 데 비해, 야산먼지벌레(*Curtonotus macronotus*) ($p < 0.05$)와 진홍단딱정벌레(*Coptolabrus smaragdinus branickii*) ($p < 0.001$)는 비산불지에서 밀도가 높았고, 통계적인 차이가 있었다. 거저리과의 경우에도 과 전체로는 산불지와 비산불지에서 밀도 차이가 없었으나($p = 0.83$), 산불지를 선호하는 정도가 종들간에 차이가 있었다. 고려거저리(*Gonocephalum coriaceum*)는 산불지역에서 주로 채집된 반면($p < 0.0001$), 제주거저리(*Pedinus strigosus*)는 비산불지에서 주로 채집되었고($p<0.01$), 우리호리병거저리(*Misolampidius koreanus*)는 양 조사구에서 고루 출현하는 양상($p > 0.05$)을 보였다(Figure 5, Table 2).

바구미과는 산불지에서 밀도가 월등히 높았으며(Figure 6, Table 2, $p < 0.001$), 우점종이었던 솔곰보바구미(*Hylobitelus haroldi*) ($p < 0.01$)와 솔흰점박이바구미

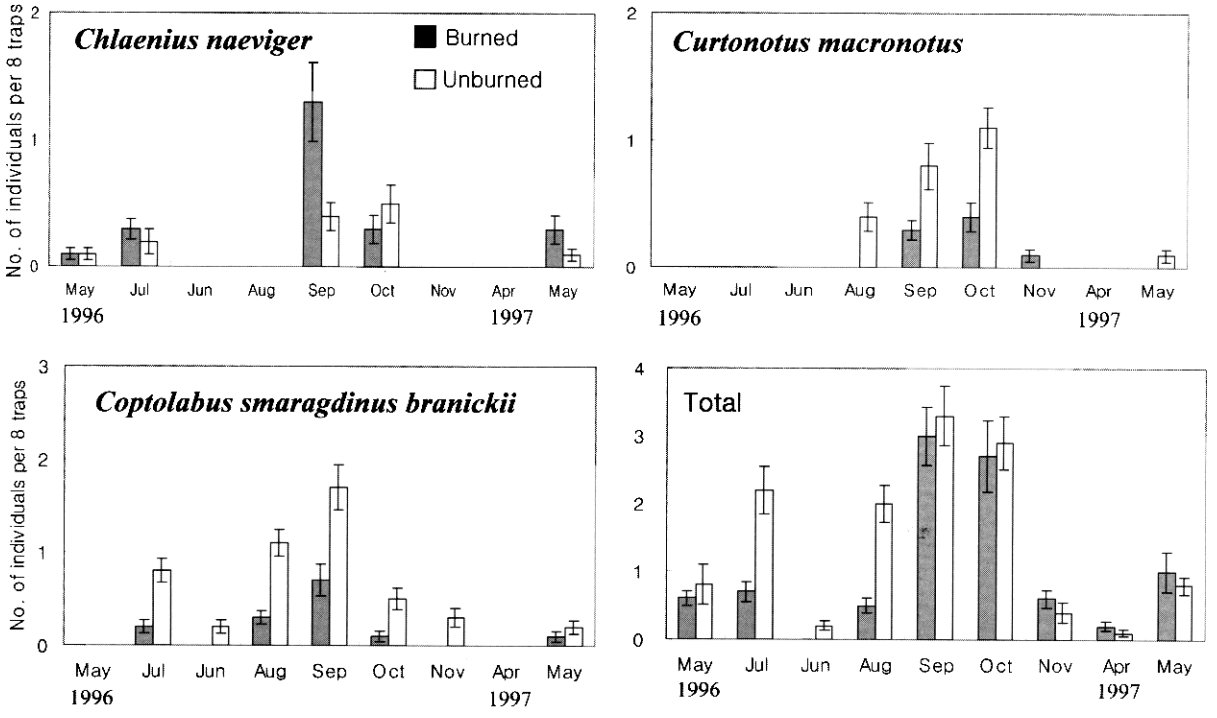

Figure 4. Monthly occurrence of ground beetles (Coleoptera, Carabidae). The bars and the lines indicate mean and SE, respectively.

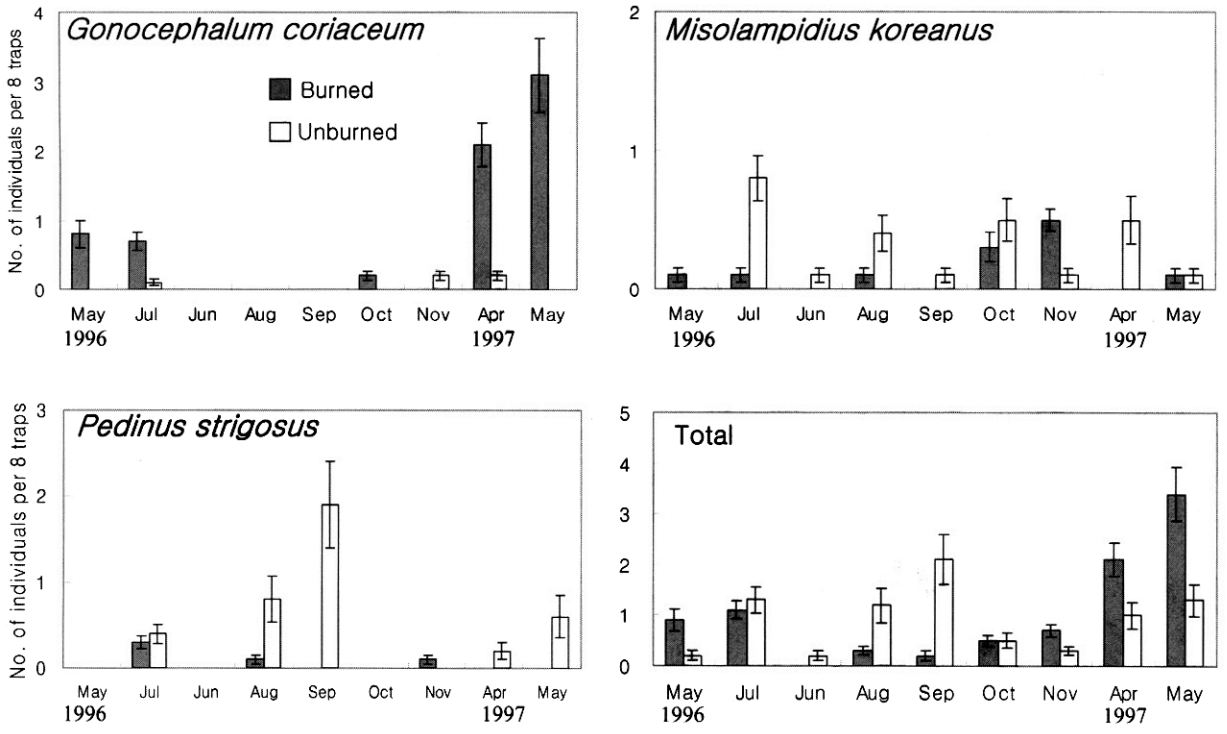

Figure 5. Monthly occurrence of darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae). The bars and the lines indicate mean and SE, respectively.

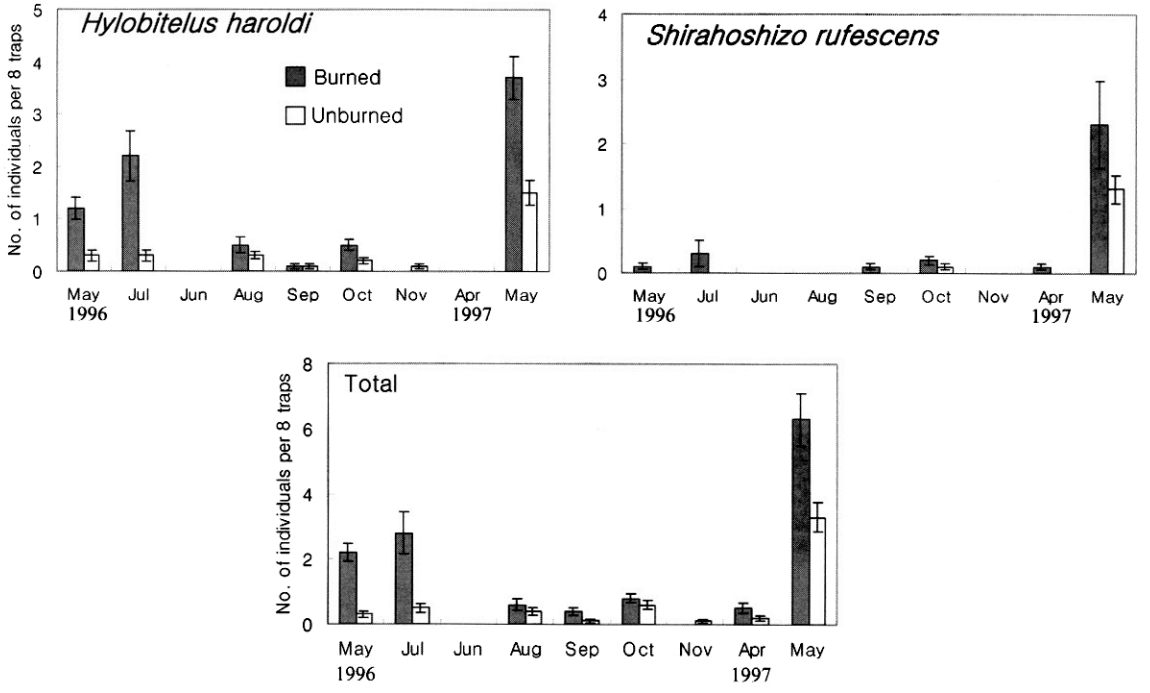

Figure 6. Monthly occurrence of snout beetles (Coleoptera, Curculionidae). The bars and the lines indicate mean and SE, respectively.

(*Shirahoshizo rufescens*)는 주로 산불지에서 채집되었다. 소똥구리과는 양 조사구에서 모두 채집되었으나, 산불지에서 12개체, 비산불지에서 30개체가 채집되어 비산불지에서 밀도가 배 이상으로 높았으나, 통계적인 차이는 나타나지 않았다(Figure 7, Table 2, $p = 0.1$). 출현한 3종(*Onthophagus* spp.) 모두 산불지와 비산불지에서 발견되었으며, 모가슴똥풍뎅이(*Onthophagus fodiense*)는 다른 종들에 비해 비산불지에서의 밀도가 월등히 높아, 산불지로

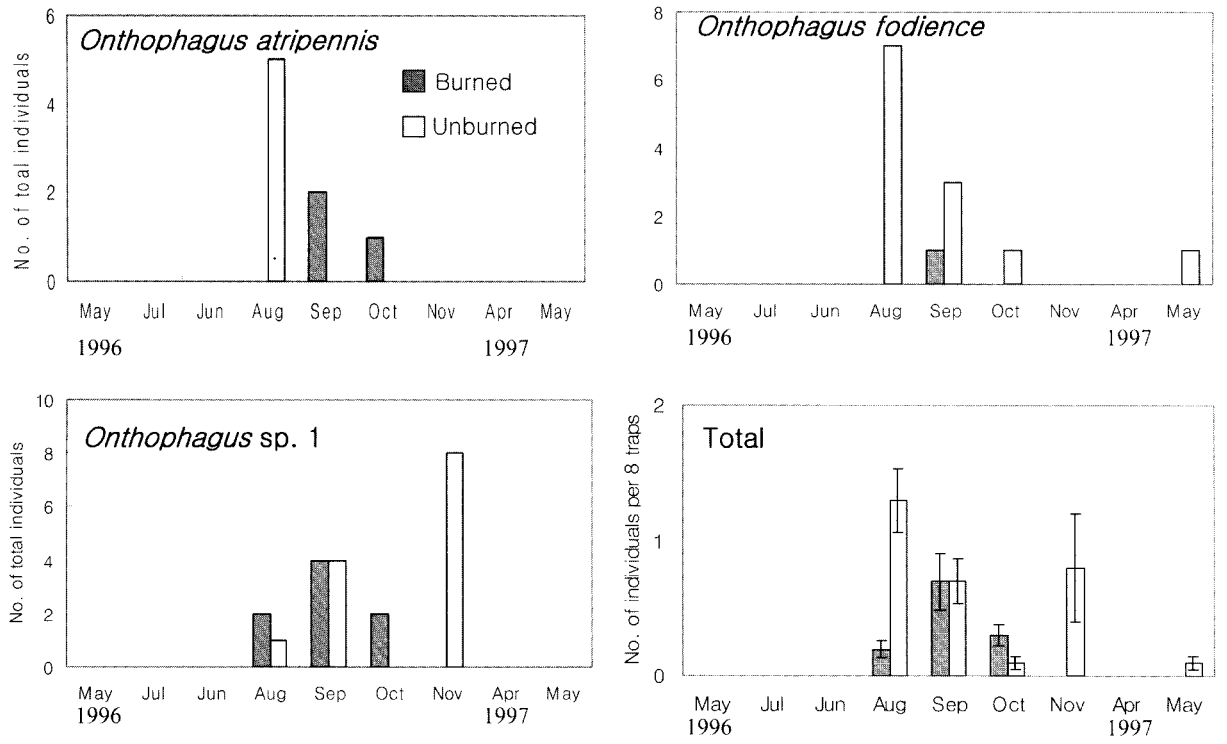

Figure 7. Monthly occurrence of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae). The bars and the lines indicate mean and SE, respectively.

의 이동 경향이 상대적으로 약하였다.

고찰 및 결론

산불이나 화산 등 자연재해에 의해 생물상이 완전히 파괴되는 경우, 그 생물상은 주변에서 이입한 생물에 의해 점차 회복이 된다. 본 연구결과 산불피해로 곤충류의 서식처가 거의 완전히 파괴된 산림에서 피해를 받지 않은 소나무림과 거의 대등한 종수와 개체수의 딱정벌레류가 발견되었고, 대다수의 종들이 산불지와 인접한 소나무림에서 동시에 채집된 사실은, 산불 초기과정에 건전한 산림으로부터 곤충류의 이입이 매우 활발했던 것을 나타낸다고 할 수 있다. 종수와 개체수의 월별 출현 양상이 비슷하였던 것은 그러한 이입이 어떤 특정 시기에 집중되지 않고 지속적으로 이루어졌다는 것을 나타내는 것으로 사료된다.

많은 곤충들이 산불지역으로 이동은 하되, 서식처나 생태특성에 따라 그 정도는 다르게 나타났다. 산불지에서 식식성 곤충의 비율이 상대적으로 높았던 것은, 산불 당해 연도에 초본류와 관목류의 식생피복이 급속하게 이루어지는 것과 깊은 관련이 있는 것으로 생각된다. 정연숙과 김준호(1987)은 산불 당해 연도에 초본류가 화재구에서 대조구에 비해 148% 증가하였다고 보고하였으며, 박봉규와 김봉희(1981)는 220% 가량 증가하였다고 하였다. 김원(1978)은 본 조사지와 유사하게 수관화 피해로 식생이 완전히 파괴된 산불지에서 산불 3년 후 조사를 한 결과, 산불지의 식물종수는 비산불지에 비해 132% 가량 증가하였다고 하였다. 이러한 산불초기의 식생의 풍부도와 종다양성의 증가는 기존 곤충상 파괴로 인한 경쟁의 감소와 결합하여, 식생에 서식하는 곤충류의 서식에 적합한 환경을 제공할 것으로 판단된다.

그에 반해 지표서식 딱정벌레류는 산불지에서 상대적으로 적게 채집되었는데, 이는 서식처가 되는 낙엽층이 파괴되어, 원상회복에 시간이 많이 소요되기 때문에 식생에 서식하는 곤충들에 비해 생존에 불리하기 때문으로 사료된다. 그리고 낙엽층의 붕괴는 산림의 부식성 먹이망에서 최하부층을 형성하는 톡토기류와 응애류의 밀도를 저하시켜, 다양한 포식성 곤충류의 서식을 어렵게 할 것으로 추정된다. 그리고 지표성 딱정벌레류중 개체수가 가장 많았던 딱정벌레과는 대다수의 종들이 뒷날개가 퇴화되어 이동을 주로 보행에 의존하기 때문에, 뒷날개가 발달하여 비행이 가능한 종들에 비해 확산속도가 느려 산불초기과정에서 이입이 지연될 가능성이 있을 것으로 여겨진다. 그러나 딱정벌레과중 쌍무늬먼지벌레(*Chlaenius naeviger*)는 유독 산불지에서 비산불지 보다 많은 개체들이 채집되었다. 이 종은 행동이 민첩하며, 초본류의 잎 및 나뭇가지 등으로 이동이 용이하여 나무에 서식하는 진딧물류 등 미세곤충을 포식하는 종으로 산불지역에서 급속히 자라나는

키가 작은 관목, 초본류에 서식하는 진딧물 등의 미소곤충에 유인되었을 것으로 추측된다.

산불지역에서 바구미과의 밀도가 높은 것은 피해목에 산란을 하려는 재식성 종류들이 고사목이 많이 발생한 산불지로 유인되기 때문으로 사료된다. 산불지에서 월등히 많이 채집되었던 솔곰보바구미(*Hylobitelus haroldi*)는 침엽수고사목의 뿌리를 식해하는 종이고(Hayashi 등, 1994), 또 다른 우점종인 솔흰점박이바구미(*Shrirahoshizo rufescens*)의 경우, *Shirahoshizo*속 바구미의 유충들은 고사한 소나무류의 수피밑에서 서식하면서 목질을 식해하는 것으로 알려져 있다(이범영과 정영진, 1997). 따라서 솔곰보바구미와 솔흰점박이바구미의 성충들이 산불지에서 많이 채집된 것은 산불피해목에 산란하기 위해 성충들이 인접한 산림에서 유인되었기 때문으로 사료된다. 고성 산불피해지에서 산불 1년 후에 피해목의 수피 밑에서 많은 바구미류의 유충들이 발견되었는데(권태성, 1997), 이번 연구는 이런 유충들의 상당수가 솔흰점박이바구미일 가능성이 높음을 시사한다 하겠다.

일반적으로 소똥구리과의 곤충들은 소와 같은 대형 초식동물들의 배설물을 섭식함으로서 물질의 순환을 돕는 기능을 하는 것으로 알려져 있다(Bang 등, 인쇄중; Giller과 Doube, 1994). 그러나 함정트랩을 이용하여 조사를 해보면 대형 초식동물의 서식가능성이 낮은 산림에서 소형의 소똥구리류(*Onthophagus* spp.)가 흔하게 채집이 되고, 본 조사에서도 밀도는 높지 않았으나, 산불지와 비산불지에서 3종이 채집되었다. 본 연구를 수행한 지역은 민가와 논에 인접한 곳으로 멧돼지나 노루 등의 서식가능성이 희박하며, 소의 방목도 이루어지지 않은 곳이다. 따라서 *Onthophagus*의 먹이원으로 고려할 수 있는 것은 산불지나 소나무림에서 밀도가 높은 쥐나 멧토끼 등 소형포유류나 조류의 배설물을 들 수 있으나, 아직 *Onthophagus* 속이 소형 포유류나 조류의 배설물을 먹이로 이용하는 지에 대한 연구는 없어, 이를 확인하기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

함정트랩은 조사의 편이성으로 인해, 절족동물의 조사에 널리 이용되고 있다. 그러나 함정트랩은 밀도를 나타내기 보다는 활동성을 나타낸다는 지적도 있다. 산불피해지에서는 지표면이 검게 그을리고, 식생이 없어짐에 따라 지표의 온도가 상승하는데(Chandler 등, 1983; 김홍선 등, 1990; Holliday, 1991) 이것이 산불피해지에서 곤충들의 활동성을 높여, 실제보다 트랩에 많은 개체가 유인되었을 가능성을 배제할 수 없다. 일반적으로 함정트랩을 사용할 경우, 3-10일 정도의 짧은 기간 동안 설치하는 것이 일반적이나(Agosti 등, 2000; 권태성 등, 2004), 본 연구에서는 대략 한달씩 설치하였다. 이렇게 설치기간이 긴 경우 채집된 곤충들의 부패에 의한 타 곤충의 유인효과를 나타낼 수 있다는 것이다. 그러나 본 연구에서는 부패한 곤충사체에 유인가능성이 상대적으로 높은 부식성 딱정벌레류의 비율이 다른 연구(권태성 등, 2004)에 높지 않아, 트랩의 장기 설치에 따른 부패한 사체의 유인효과로 인한 편이현상은 나타나지 않았던 것으로 사료된다.

소나무림이 수관화 피해를 받는 경우, 교목층은 사라지고, 피압되어 있던 초본류와 관목류의 생장량이 증가하며 맹아에 의한 식생회복이 빠르게 이루어지면서 산불피해지는 다음 해에 관목류가 우점하는 덤불로 급격한 식생구조의 변화가 일어난다(이진규 등, 1997; 임주훈 등, 2003; 이명보 등, 2004). 고성산불지에서는 산불피해 초기에 초본류는 산거울, 기름새, 새, 맑은대쑥과 닭의장풀 등이 많이 발생하였고, 관목류로는 맹아력이 강한 싸리, 아까시나무, 졸참나무, 갈참나무 등이 우세하였다(이진규 등, 1997). 본 연구에서는 산불 후 초기에 나타나는 곤충들은 주로 인접한 소나무림에서 이입한 산림곤충으로 추정된다(Figure 2). 이처럼 산불초기에 인접한 소나무림에서 일시적으로 유입되었던 곤충들은 변화된 식생에 고유한 종들로 점차 대체될 것으로 예상된다. 결론적으로 산불지의 곤충상은 산불당해 연도에는 인접한 소나무림에서 유입한 산림곤충들로 구성된 과도적인 군집구조를 거쳐, 점차 초지나 덤불 환경 고유의 곤충들이 우점하는 군집으로 이행할 것으로 예상된다. 이러한 종의 천이는 산불 후 초기 수년간에 걸쳐 극심하게 일어날 것으로 예상된다.

인용문헌

1. 권태성. 1997. 고성산불지역의 소나무고사목에 서식하는 곤충류. 임업정보 75 : 54-56.
2. 권태성, 박영석, 권영한, 송미영, 신상철, 박지두. 2004. 항공방제가 소나무림 절족동물군집에 미치는 영향. 한국임학회지 92(6): 608-617.
3. 김용상, 홍성길. 1996. 늦봄 또는 초여름에 영동지방에 나타는 "유사 푄" 현상에 대한 연구. 한국기상학회지 32(4) : 593-600.
4. 김 원. 1978. 산불에 의한 소나무 수림의 이차식생에 관하여. 경북대학교 교육대학원 논문집 10 : 113-122.
5. 김홍선, 이영인, 이해풍. 1990. 쥐불놀이(논둑태우기)가 해충 및 천적상에 미치는 영향. 한국응용곤충학회지 29 (3) : 209-215.
6. 정연숙, 김준호. 1987. 산화가 소나무림의 토양과 유출수의 화학적 성질 및 식물량에 미치는 영향. 한국생태학회지 10(3) : 129-138.
7. 박봉규, 김봉희. 1981. 치악산의 식생과 토양에 미친 산불의 영향. 식회지 24 : 31-45.
8. 오정수외 159인. 2000. 산불피해지의 건전한 자연생태계 복원 및 항구적인 산림복구계획 수립을 위한 동해안 산불지역 정밀조사보고서 I. 동해안산불피해지 공동조사단. 533pp.

9. 이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 성안당. 459pp.
10. 이명보외 15인. 2004. 주요 산불피해지의 임목 및 임지 회복. 국립산림과학원 연구보고 '04-07호. 368pp. 삼우토탈. 서울.
11. 이진규외 19인. 1997. 제2차년도 고성산불지역 생태조사 결과보고서. 임업연구원, 서울. 155pp.
12. 임주훈. 2000. 동해안 산불과 기상. 한국농림기상학회지 2(2) : 62-67.
13. 임주훈, 신수철, 조재형, 정진현, 윤호중, 정용호, 권태성, 이한수, 이상현, 이명보, 오정수. 2003. 산불피해후 생태계 변화. 대형산불방지 및 생태계보전 심포지움 논문집 100-137. 임업연구원 · 자연재해방재기술개발사업단.
14. 최민휴외 60인. 1996. 고성 산불지역 생태조사 결과 보고서. 임업연구원. 두솔. 서울. 169pp.
15. Agosti D., J.D. Majer, L.E. Alonso and T.R. Schultz. 2000. Ants, Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity. Smithsonian Institution Press, Washington, 280pp.
16. Borror, D.J., D.M. de Long and C.A. Triplehorn. 1981. An introduction to the study of insects (fifth edition). CBS College Publishing. 827pp.
17. Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud and D. Williams. 1983. Fire in forestry vol. 1, Forest fire behavior and effects. 203-253.
18. Hayashi, M., K. Morimoto and S. Kimoto. 1994. The Coleoptera of Japan in color Vol. IV. Hoikusha Pub. Co. Osaka. 438p. (in Japanese)
19. Holliday, N.J. 1991. Species responses of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) during post-fire regeneration of boreal forest. The Canadian Entomology 123 : 1369-1389.
20. StatSoft. 2001. STATISTICA System reference.
21. Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis (fourth edition). Prentice Hall International, Inc. USA.

(2005년 2월 18일 접수; 2005년 7월 6일 채택)