

## 산불지역의 토양동물에 관한 연구

손 홍 인 · 최 성 식

(원광대학교 생명자원과학대학 식물자원과학부)

## A Study on Soil Animal in the Forest Fire Area

Son, Hong-In and Seong-Sik Choi

(Division of Plant Resource Sciences, College of Life Science and Natural Resource, Wonkwang University)

## ABSTRACT

This study investigated the effect of soil animals at forest fire area, and it carried out the mountain located at Jundae Ri, Houeng-chen Myen, Ha-dong Gun, Kyoung-Nam Province, southern part of Korea, where burned out about 50 hectares on April 11, 1997. Vegetation of the examined area absolutely dominated with the pines of 7-14 cm in diameter and 20 to 30 years old and the rest were covered with mixed forest with a shrub such as the oak (*Quereus mongolia* Fisch., *Quereus variabilis* Bl., *Quereus dentana* Thunb.), snowbell (*Styrax japonica*, S. et, z), lacquer tree (*Rhus trichocarpa* Mig), azalea (*Rhododendron mucronulatum* Turcz), etc. And there were simple area organized as a herbaceous plant, and the burnt area was poor experimental sites, where litter layer and herbaceous plant disappeared due to fire, and the unburnt area was rich in surface plant, dead leaves, twigs, etc. But ground cover vegetations were poor in the unburnt area. The distribution of each animal groups, the seasonal fluctuation in population density, the biomass of meso · macroarthropods and the relationship between soil animal and some environmental factors were investigated and analyzed at each experimental area.

The result are summarized as follow:

1. Identified 257,087 individuals of soil microarthropods were classified into 7 classes and 24 orders of Arachnida, Insecta, Chilopoda, Symphyla, Diplopoda, Isopoda and Oligochaeta., and identified 8,006 individuals of the total meso · macroarthropods were classified into 7 classes and 20 orders of Arachnida, Insecta, Chilopoda, Symphyla, Diplopoda, Isopoda and Oligochaeta.
2. Among the total soil microarthropods, Arachnida formed 70.9%, followed by Insecta for 28.4% and among the total meso · macroarthropod, Insecta formed 57.6%, followed by Chilopoda for 23.8%.
3. Among the soil microarthropods, the population density revealed that Acari formed 99.68% in Arachnida and 70.6% in total soil microarthropod groups, and Collembola formed 87.9% in Insecta and 24.99% in total microarthropod groups. Therefore, Acari and Collembola formed 95.7% in the total microarthropod groups. And among the meso · macroarthropods, the population density revealed that Hymenoptera (Formicidae) formed 66% in the Insecta and 40.55% in the total meso · macroarthropod groups, and Lithobiomorpha formed 65.6% in the Chilopoda and 16% in the total meso · macroarthropod groups. Therefore, Hymenoptera and Lithobiomorpha formed 56.5% in the total meso · macroarthropos groups.
4. The advent density of the soil animals in the burnt and unburnt area appeared that the soil microarthropods were reduced 42% more in the burnt area than the unburnt one, and that of meso · macroarthropod were reduced 16.1% more in the burnt area than the unburnt one.
5. The reduced rates of the soil animal density by fire damage were 41.7% in Acari, 44% Collembola and 41% in Hymenoptera(Formicidae). But 63.2% of the Lithobiomorpha were increased and 18.9% of Coleoptera were increased.
6. The seasonal fluctuation of the soil animal density appeared higher in fall and spring than in summer, and reduced individual numbers more in spring and summer of the second year than first year in the burnt area. But The seasonal fluctuation was similar to the population density of unburnt area and burnt one in fall, 1998.
7. The environmental factors affecting the distribution of soil animals were the vegetation, the control of organic matters, the amount of precipitation and soil moisture, etc.

8. The soil microarthropods received a lot of the effect of the organic matter, vegetation, atmospheric environment for foods and habitats than the meso · macro arthropods.

## 서 론

토양 중에는 우리가 도외시키고 있는 매우 다양한 동물 군들이 복잡한 먹이사슬을 형성하면서, 독특한 생태계를 형성하고 있다. 이들 중에는 대형인 것, 아주 소형인 것, 일생을 통해서 어느 일정 기간만 토양에 서식하는 것, 전 기간을 토양에서 서식하는 것 등 다양한 생물군이 토양생태계의 구성원으로서 살고 있다.

토양에 서식하고 있는 동물군은 8문 18강 82목에 이르는 것으로 알려져 있으며(靑木 1980) 절지동물문은 7강 38목(Dindal 1990)으로 거의 절반을 차지하고 개체군 밀도에 있어서는 곤충강의 톱토기목과 거미강의 응애목이 그 대부분을 차지하고 있다.

이들 토양 미소절지동물들은 토양 미생물과 함께 토양에 공급되는 동·식물의 유체나 배설물 등 토양유기소재들의 분해, 토양의 입단 구조의 생성, 보수성의 변화, 투수성의 변화, 토성의 변화, 양분의 축적 등 토양의 물리화학적 성질을 변화시키므로써 식생과 동물에 영향을 미쳐 토양생태계 균형 유지 및 물질과 에너지 순환에도 큰 역할을 하고 있다(渡變 1971).

그리고, 이들은 부식의 양과 질, 토양의 구조나 온도, 습도, 산도 및 식생, 이웃 동물과의 상호관계, 기타 미기상요인을 포함한 여러 가지 환경 요인과 경운, 관수, 중경 제조, 농약을 비롯한 화학 물질의 연용들과 같은 인위적 요인들에 따라서 그 종이나 수의 분포에 크게 영향을 받고 있어서 토양 지표 생물로서도 중요한 위치를 차지하고 있다(Edwards와 Lofty 1969, 靑木 1985)

이와 같이 토양 동물은 자연 환경과 밀접한 관계를 유지할 때 동물의 개체수와 종수가 증가하는 것인데 자연적, 인위적인 자연 파괴에 의해서 토양 동물의 생태계도 이제 는 위협을 받고 있다. 특히 화재는 산림 그 자체를 소멸시킬 뿐만 아니라 토양 동물이 서식하는 생활 장소를 파괴시킨다.

우리 나라에서는 매년 건조한 봄철만 되면 산불에 의해서 많은 면적의 산림이 소실된다. 1994년에는 433건의 산불로 780ha, 1995년에는 630건으로 1,013ha, 1996년에는 527건으로 5,367ha, 1997년에는 524건으로 2,329ha의 산림이 소실(산림청 1998)되었는데 해를 거듭할수록 산불 건수와 피해 면적이 증가하는 것을 볼 수 있다. 산불에 의하여 지상의 식생이 소실되는 것은 물론 거기에 서식하는 각종 생물이 사멸되어 버린다. 따라서 산불은 지상부 환경의 파괴뿐만 아니라 토양의 많은 변화와 토양 속에 서식하는 토양 동물과 토양 미생물에도 큰 피해를 주고 있다.

산불의 화열에 의해 사멸되는 직접적인 타격은 물론이고, 토양의 성질이 악화되어 서식처가 불안정하게 되고, 낙엽 등 유기물을 먹이로 하는 분해자들이 먹이의 부족으로 죽어 버리는 등 간접적인 타격을 받는다. 특히, 토양 동물은 토양의 수분 함량과 먹이가 서식을 좌우하는 결정적인 요소인데, 화재는 이들 요소를 열악하게 하므로 토양 동물의 서식량이 크게 감소된다. 토양동물 서식량의 감소는 그들의 역할인 유기물의 분해(분해)와 토양의 경운작용이 부진해져서 생태계의 물질순환고리가 차단되므로 화재지역의 자연성이 열악해지는 요인이 된다(崔 1996).

산불이 토양 동물에 미치는 영향에 대하여는 외국의 경우 Huhta(1967)을 비롯하여, Mets Farrier(1971), 栗城과 吉田(1987) 등의 보고가 있으며, 우리 나라의 경우 매년 산불이 많이 발생하지만, 산림 화재 생태에 대한 연구가 많지 않고 다만 지상식생의 천이와 회복에 관한 보고(姜과 李 1982; 金 1989; 曺와 金 1991)와 산불이 토양 미소절지동물상에 미치는 영향(崔 1996)에서 토양미소 절지동물만을 대상으로 산불에 의한 감소율, 경시적인 양적 변화(회복율)를 조사하였으며, 특히 밀도에서 우점군인 날개응애류는 종단위까지 분류하여 고찰하였을 뿐 산불 지역에서 토양 미소절지 동물에 관한 연구가 아직은 미비하다.

따라서 본 연구는 1997년 4월 11일 경남 하동군 횡천면에서 발생한 산불 지역(약 50ha)을 조사 지역으로 삼아 화재 지역과 비화재지역을 중심으로 토양미소절지동물과 중·대형 절지동물을 동시에 조사하여 산불에 의한 토양 동물의 밀도 감소와 산불후에 시간이 경과됨에 따라 토양 동물의 개체군 밀도가 어떻게 변화되어 회복되어 가는가를 중점적으로 조사하였으며, 비화재지역의 동물이 화재 지역으로 넘어갈수 있는 가능성에도 관심을 가지고 시간에 따른 조사 지역의 토양 동물의 밀도를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 지역의개요

#### 1) 위치 및 지역 선정

조사 지역은 북위 35°08', 동경 127°47'으로 행정구역상 경상남도 하동군 횡천면에 소재한 야산으로 표고는 250-350m사이의 지대이다.

조사 지역은 1997년 4월 11일의 산불로 50ha 정도 타 버렸으며, Fig. 1과 같이 조사지내에서 화재지역과 비화재 지역의 경계면을 기준으로 양방향 10m, 50m, 100m에 상하방향 20m방형구를 18(10×10m)개로 설정하여 조사구

## A Study on Soil Animal in the Forest Fire Area

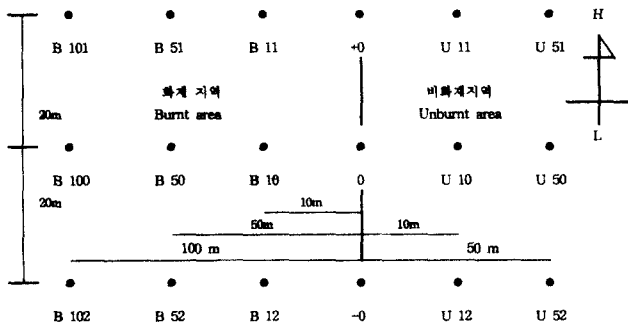


Fig. 1. Topography of eighteen sampling points.

Table 1. Climatic data in experimental area from April, 1997 to November, 1998

		Air temperature (°C)			R.H. (%)	D.S. (hrs)	A.P. (mm)
		Max	Min	Mean			
'97	Apr.	22.9	5.1	12.9	65.7	203.2	95.7
	Jun.	31.3	14.7	22.5	71.3	214	233.2
	Oct.	24.7	5.12	14.2	62	253.2	1.2
'98	Apr.	21.2	10.8	15.5	75	187.4	155.1
	Jun.	24.7	16.8	20.5	79	111.5	333
	Nov.	15.9	1.61	7.9	70	197.9	16.3

\* R.H. : Relative humidity, D.S. : Duration of sunshine, A.P. : Amount of precipitation

를 삼았다.

### 2) 토양 및 기상 조건

#### (1) 토양

채취 지역의 토양 분석은 농촌진흥청 토양 화학 분석법에 준하여 토양 산도는 1:5 물 현탁액에 대해 초자전극법으로, 유기물은 변화된 Tyurin의 크류산 산화적정법으로 측정하였으며, 토양의 경도는 Soil hardness Tester (TMB-590), 경사도는 Blume-Leiss의 경사측정기를 사용하여 측정하였다.

#### (2) 기상 조건

조사 지역에 대한 최근 기상은 인근에 있는 진주 기상 관측소 자료를 참조하였고, 조사 기간의 기상 현황은 월평균으로 Table 1과 같다.

### 3) 조사지의 식생

화재 지역과 비화재지역을 포함한 조사 지역(150×40 m)을 임의로 정하고, 조사지역내에 분포되어 있는 식물상을 조사하였으며 Lee (1982)에 따라 분류하였다.

### 2. 조사 시기

1997년 4월부터 1998년 11월까지 봄(4월), 여름(6월), 가을(11월)에 걸쳐 2개년에 총 6회 조사하였다.

### 3. 조사 방법

#### 1) 토양 시료의 채취

토양 채취 구역은 전체 조사지 면적을 화재 지역과 비화재지역을 포함해서 6,000 m<sup>2</sup> (150×40 m)의 구역을 임의로 선정하고 이 전체 조사지역에서 채취지점을 Fig. 1과 같이 총 18구로 소등분(소구당 10×10 m)하여 시료 채취 단위구역으로 정하였다.

시료 채취는 정량 채집(토양미소절지동물)과 정성 채집(중·대형절지동물)으로 시료를 채취하였는데, 정량 채집에는 토양채취기(10×10×5 cm, metal frame)로 각 소구당(10×10 m) 가장자리부분과 중앙부분으로 하여 5군데에서 부식층을 포함한 표토를 채취하여 1시료로 하였고, 정성채집에는 시료채취기(30×30×10 cm, metal frame)를 사용하여 각 소구당 1개씩 표토를 제외한 부식층을 중점으로 하여 정량채집과 동일하게 실시하였다.

#### 2) 토양절지동물의 추출 방법 및 처리

토양 시료는 Tullgren apparatus에 넣어 72시간 동안 토양미소절지동물을 추출하였고 추출된 토양미소절지동물은 70% 에탄올에 보관하였다. 추출된 토양미소절지동물은 먼저 해부 현미경(×20)하에서 대분류하고 군집별로 분류계수하였다.

부엽층 시료는 체(Standard tasting sieve, mesh 0.5 cm)에 다 조금씩 넣고 받드위에서 친 다음 받드위에 떨어진 중·대형 절지동물을 흡충관, 핀셋으로 잡아 모으고, 체위에 남아 있는 거친 낙엽등 재료를 받드위에 쏟은 다음 다시 잡아 모으는 방법을 취했으며, 잡아 모은 중·대형절지동물은 독병에서 질식사를 시킨 후 분류계수한 다음 조사구별로 생체량을 측정하였다(崔와 Lee 1982; Luxton 1975).

## 결 과

### 1. 조사지환경 분석

화재 지역과 비화재지역은 동일한 자연환경하에서 화재라는 재해 때문에 입지환경이 다르게 나타났다.

토양 환경의 분석 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 pH는 비화재지역보다 화재 지역에서 약간 높게 나타났으며, 유기물 함량은 비화재지역 50m지점에서 화재지역의 100 m지점으로 갈수록 점점 작아지는 경향을 나타냈는데, 이것은 화재지역에 비화재지역으로부터 멀어질수록 토양 환경과 산림이 시간이 지남에 따라 더욱더 열악해졌기 때문으로 해석이 되며, 화재지역의 100m지점에서 유기물의 함량이 급격히 감소된 원인은 산의 능선으로 다른 지역보다 환경의 파괴가 컸다고 생각된다. 따라서 화재지역보다는 토양동물의 먹이가 되는 유기물의 함량과 대사물질인 질소가 풍부한 비화재지역에서 토양동물의 서식에 유리한 토양환경이라고 생각된다.

Table 2. Edaphic data in experimental area

Factor	sampling sites																	
	+0	0	-0	B11	B10	B12	B51	B50	B52	B101	B100	B102	U11	U10	U12	U51	U50	U52
pH	4.0	4.1	3.8	4.3	4.1	4.3	4.2	4.2	4.1	4.4	4.3	4.3	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.3
OM	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.5	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	0.9

\* Note : OM : Organic mater, pH : Soil pH(1 : 5)

Table 3. Grade (°, G) and hardness (mm/cm³, H) in experimental area

Kind	Sampling sites																	
	+0	0	-0	B11	B10	B12	B51	B50	B52	B101	B100	B102	U11	U10	U12	U51	U50	U52
G (°)	15	10	20	10.9	8.1	16	12	9	18	15	10	20	15.5	11.5	23	12	9	18
H (mm/cm³)	11.1	12	11.5	12.4	12.1	11.8	12.5	11.9	13.2	11.5	12.8	13.7	9.5	10.2	11.1	9.6	10.5	10.6

조사 지역의 경사도는 평균 14°이며, 토양의 경도는 평균 12.72 mm/cm³로 화재지역보다 비화재지역에서 경도가 크게 나타났으며, 이것은 산불로 인해서 화재지역의 표면이 비화재지역보다 노출이 심해 기상환경 등의 원인으로 인해서 비화재지역보다 토양 경도가 심화되었다고 생각되며, 각 지역간 경사도와 경도는 Table 3과 같다.

화재 지역과 비화재지역에 분포되어 있는 식물상을 조사한 결과, 두 조사 지역 모두 리기다 소나무가 우점종인 전형적인 침엽수림으로 교목층은 대부분이 굴참나무(*Quercus variabilis* BI), 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch), 때죽나무(*Styrax japonica* S. et Z), 개웃나무(*Rhus trichocarpa* Mig), 졸참나무(*Quercus serrata* Thunb), 산벚나무(*Prunus sargentii* Rehder), 떡갈나무(*Quercus dentata* Thunb)등이 공통수종이며, 화재직 후 화재지역에서는 초본류는 거의 소실되고 관목층은 졸참나무(*Quercus serrata* Thunb), 개웃나무(*Rhus trichocarpa* Mig), 진달래(*Rhododendron mucronulatum* Turcz) 등으로 화재지역에서는 대부분 관목층과 초본류는 거의 소실되어 지상부근의 식물상이 빈약한 반면, 비화재지역에서는 두꺼운 부엽층(약 10 cm)에 초본류보다는 관목층이 지상 부근에서 삼림을 형성하고 있었으며, 교목층은 비화재지역이나 화재지역에서 비슷한 밀도를 형성하고 있었다.

2. 토양 동물의 군집 분석

1) 군집구성

토양 중에 서식하는 절지동물에 대하여 Wallwork (1976)는 5군으로, 靑木 (1980) · Dindal (1990) 등은 7강 39목으로 분류 · 보고한 바 있으며, 최 (1984)는 광릉지역의 삼림에서 5강을 그리고 화재지역 (1996)에서 5강을 정리 · 보고했고, 광 (1989)도 광양지역의 삼림에서 6강 18목을 조사 보고했다. 본 조사지역은 Table 4, 5와 같이 토양미소절지동물이 7강 24목, 중대형동물이 7강 22목이 검출되었으며, 이

들의 구성은 거미강 (Arachnida), 곤충강 (Insecta), 지네강 (Chilopoda), 애지네강 (Symphyla), 노래기강 (Diplopoda), 연갑강 (Isopoda), 빈모강 (Oligochaera)이었다.

본 조사 지역에서 토양미소절지동물의 군집구성비는 Table 4-1에서 보는 것처럼 토양미소절지동물상에서는 거미강이 182,275개체로 70.9%의 가장 높은 개체수비율을 보였으며 곤충강이 73,064개체, 28.4%로 나타나 이들 2군의 합계가 255,339개체, 99.5%로 절대적 우위를 보였다.

거미강중에서 응애목이 181,687개체로 99.7%를 차지하고 전체동물군에서도 70.7%로 가장 높은 개체수 비율을 나타냈으며 그 다음이 곤충 강의 톱토기 목이 64,221개체로 곤충강의 87.9%를 차지하였으며 전체 동물군에서는 25%로 응애목과 톱토기목이 245,908개체로 전체 동물군에서 95.7%로 나타났다.

이것은 광릉 지역에서 토양 미소절지동물의 분포상을 조사한 보고 (崔 1984)나 산불이 토양미소절지동물상에 미치는 영향을 조사한 보고 (崔 1996), 그리고 경작 단지별 재배 환경이 토양동물 생태에 미치는 영향에서 조사한 보고 (蘇 등 1985)와도 같은 경향이며 남부 지리산 피아골 극상림에서의 조사 보고 (崔 1980), 광양지역에서의 조사 보고 (郭 1989), 잣나무 조림지내 토양미소절지동물상에 관한 연구 (權 1991)와도 비슷한 경향을 나타냈다.

중 · 대형절지동물의 군집 구성은 Table 4-2에서 보는 바와 같이 곤충강이 4,495개체로 57.6%의 가장 높은 개체수 비율을 보였으며 다음이 지네강으로서 1,896개체, 23.8%의 비교적 높은 비율을 나타냈다.

곤충강중에서 벌목 (개미과)이 3,194개체로 65.9%이며 전체 동물군에서는 40.1%로 가장 높은 개체수 비율로 나타났으며, 지네강에서는 돌지네가 1,243개체, 65.6%로 전체 동물군에서는 15.6%로 비교적 높은 개체수 비율을 보여주었다. 다음으로는 딱정벌레목, 절합강, 땅지네, 거미순으로 이들 종류의 동물군이 전체 동물군에서 차지하는 비율은

**A Study on Soil Animal in the Forest Fire Area**

**Table 4.** The number of individual of soil animal in experimental area from April, 1997 to November, 1998

(1) Microarthropod

Animal	Sampling sites	B · S		B		U	
		Total	Ave.	Total	Ave.	Total	Ave.
Arachnida							
Acari		31,240	10,410	55,432	6,159	95,015	15,941
Araneae		76	25	142	16	173	29
Pseudoscorpiones		27	42	54	6	96	16
Chilopoda							
Geophilomorpha		84	28	259	28	302	50
Lithobiomorpha		136	42	297	33	209	36
Scolopendromorpha		13	4	34	4	26	4
Symphyla		70	23	75	8	161	27
Diplopoda		8	3	44	5	12	2
Isopoda				5	2		
Oligochaeta		4	1	5	0.6	3	0.5
EI Insecta							
Collembola		11,292	3761	19,016	2,113	33,944	5,667
Hymenoptera							
Foemicidae		783	261	1,387	154	1,959	327
Coleoptera		196	65	365	41	322	54
Diptera		101	43	175	19	94	32
Homoptera		395	231	545	61	1,803	301
Thysanoptera		62	20	101	11	120	32
Psocoptera		12	4	43	5	73	13
Protura		10	3	10	1	20	3
Archaeognatha		1		0.1	4	0.7	
Diplura					6	1	
Isoptera		19	6	7	0.8	57	10
Lepidoptera		3	1	1	0.1	10	2
Blattaria			1	0.1			
Hemiptera		6	2	4	0.4	8	1
Total		44,537	14,848	77,998	8,666	134,522	22,419

\* Note : B · S : border site (site: 3), B : burnt area (site: 9), U : unburnt area (site: 6)

(2) Meso · macroarthropod

Arachnida							
Araneae		118	39	176	20	250	42
Pseudoscorpiones		25	8	65	7	141	24
Chilopoda							
Geophilomorpha		85	38	270	31	226	38
Lithobiomorpha		285	95	594	66	364	61
Scolopendromorpha		10	3	29	3	36	6
Symphyla		88	39	209	23	331	55
Diplopoda		18	16	28	3	23	4
Isopoda		1	0.3			6	1
Oligochaeta			3	0.3	5	1	
Insecta							
Hymenoptera							
Formicidae		934	311	842	94	1,438	240
Coleoptera		190	63	435	48	366	61
Diptera		39	13	149	17	115	19
Archaeognatha		1	0.3			4	0.7
Isoptera		5	1.7	5	0.6		
Lepidoptera		11	4	3	0.3	9	2
Hemiptera		2	0.7	14	2	18	3
Orthoptera		1	0.3	1	0.1		
Diplura					15	3	
Blattaria			1	0.1			
Homoptera			2	0.2	17	3	
Total		1,813	604	2,826	314	3,367	561
Biomass		1.932 g	0.644	3.72 g	0.402	4.281 g	0.714

\* Note : B · S : border site (site: 3), B : burnt area (site: 9), U : unburnt area (site: 6)

**Table 5.** Total soil microarthropod fauna at each sample sites in experimental areas from April, 1997 to November, 1998.

Animal	Sampling sites																	AVE													
	+0	0	-0	Ave.	B11	B10	B12	B51	B50	B52	B101	B100	B102	Ave.	U11	U10	U12		U51	U50	U52										
Arachnida																															
Acari	10,250	11,221	9,769	10410	7,890	7,985	7,876	6,303	6,628	5,980	4,495	4,663	3,612	6159	13,180	14,644	12,799	17,826	21,265	15,301	15,941										
Araneae	28	32	16	25	10	20	48	9	16	9	8	13	9	16	32	32	32	30	289	19	29										
Pseudoscorpiones	9	112	6	42	12	8	6	8	1	4	2	6	7	6	25	14	7	14	17	19	16										
Chilopoda																															
Geophilomorpha	49	18	17	28	34	45	21	6	46	55	4	43	5	28	54	28	51	71	47	51	50										
Lithobiomorpha	52	58	26	42	21	32	33	32	34	31	42	26	46	33	24	43	29	27	46	40	35										
Scolopendromorpha	7	3	3	4	3	4	5	7	4	4	2	5	4	4	5	3	5	4	3	6	4										
Symphyla	46	18	6	23	14	27	7	12	6	5	1	3	3	8	26	18	15	36	35	31	27										
Diplopoda	3	2	3	3	5	3	5	4	3	5	10	7	2	5	2	1	1	5	1	3	2										
Isopoda																															
Oligochaeta	4																					0.6	2	1			5	1.8			0.5
Insecta																															
Collembola	3,689	4,036	3,567	3761	2,830	3,109	2,713	1,937	2,344	2,028	1,451	1,522	1,082	2113	5,154	5,724	4,683	5,777	7,019	5,587	5,667										
Hymenoptera																															
Fomicidae	121	450	2/2	261	81	409	253	60	59	83	184	210	48	154	522	2/2	222	475	2580	270	327										
Coleoptera	66	71	59	65	55	70	49	22	41	32	24	49	23	41	48	60	59	49	48	58	54										
Diptera	19	40	42	43	14	23	10	19	12	16	14	52	15	19	36	40	16	27	40	35	32										
Homoptera	61	152	182	231	34	176	201	7	66	12	24	19	6	61	158	389	638	407	70	141	301										
Thysanoptera	26	16	20	20	9	11	16	7	5	12	2	23	16	11	33	27	20	13	17	17	32										
Pscoptera	4	5	3	4	3	11	3	4	9	4	3	3	3	5	17	9	13	11	8	15	13										
Protura	1	8	1	3	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	4	6	6	3										
Archaeognatha																															
Diplura																															
Isoptera	19																					0.8	57			10					
Lepidoptera	3																					0.1	1	3			2	4	2		
Hemiptera	5	1	2																				0.4	7	1	1					
Blattaria																															
Total	14,444	16,169	13,932	14848	11,017	11,936	11,254	8,431	9,284	8,280	6,271	6,642	4,882	8666	19,317	21,250	18,593	24,834	28,904	21,617	22,419										

82.7%로 대부분을 차지하였다. 이는 비교적 외부 환경에 대한 저항성이 강하고 움직임이 비교적 빠른 동물군으로서 응애 툭토기등 미소절지동물을 제외한 중대형동물의 개체수 밀도는 산불이 토양미소절지동물상에 미치는 영향을 조사한 보고(崔 1996)와 栗城과 吉田(1987)의 화재 갈대밭에서 토양 동물을 조사한 결과와 비슷하게 나타났다.

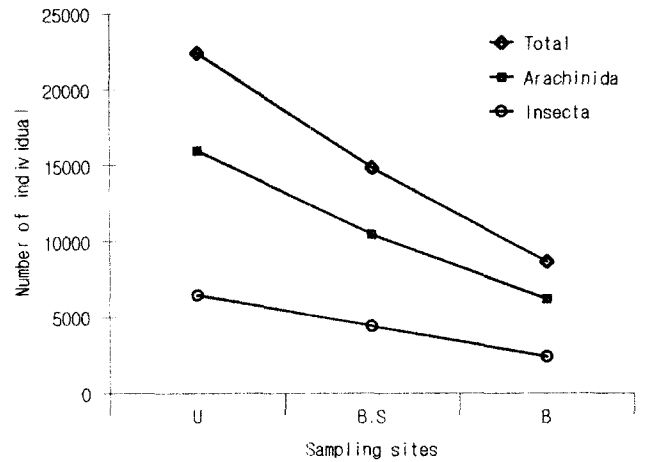
2) 화재 지역과 비화재지역에서의 토양동물의 분포상

(1) 토양미소절지동물

각 조사 지역에서의 검출된 토양미소절지동물은 Table 5에서 보는 바와 같이 7강 24목에 257,057개체였으며, 비화재지역에서는 134,522개체, 경계지역에서는 44,537개체, 그리고 화재지역에서는 77,998개체가 검출되었다. 하지만 조사지역의 수가 달라 정확한 토양미소절지동물의 분포상을 확인하기 위해 화재지역, 비화재지역, 그리고 경계지역에서 검출된 개체수를 조사 지역수로 나누어 평균치를 가지고 살펴보면, 비화재지역에서는 22,419개체, 경계지역에서는 14,848개체, 그리고 화재지역에서는 8,666개체로 각 조사지역에서 개체수 변화를 나타낸 그림이 Fig. 2-1, 2로, 비화재지역에서 화재지역으로 넘어갈수록 전체적인 개체수가 감소하고 응애목이나 툭토기목등 우점군의 개체수도 감소하는 것으로 조사 결과 나타났다. 그리고 동물군별 우점군의 개체수 비율에서는 비화재지역에서 응애류가 70.6%, 툭토기류가 25.2%로 이들 두군이 95.8%를 점유하며 기타가 4.2%를 차지했다. 화재지역에서는 응애류가 71.1%, 툭토기류가 24.4%로 이들이 95.5%를 점유하며 기타가 4.5%를 차지했다. 화재지역이나 비화재지역에서의 응애류나 툭토기류가 차지하는 밀도는 크게 차이가 없었지만 화재지역은 비화재지역에 비하여 응애류는 생존율이 58.3%로 41.7%가 감소했고, 툭토기는 56%의 생존율에 44%가 감소하는 것으로 보아 근소한 차이이기는 하지만 응애류보다 툭토기류가 화재로 인해 더 많은 타격을 받아 감소치가 높은 것을 나타내 주고 있다. 이 결과는 崔(1996)의 연구 결과와도 비슷하게 나타났다. 그러나 栗城과 吉田(1987)은 6월에 갈대를 태우고 토양 동물을 조사한 결과 화재로 인한 밀도감소는 약 1/2이었다고 보고하였다. Mets와 Farrier(1971)은 화재 후 24시간에 툭토기류는 거의 감소하지 않았으나 응애류는 1/3 이하로 크게 감소하였다고 보고하였다. 따라서 토양 미소절지동물의 밀도변동에 미치는 영향은 그들 개체의 내적요인과 그것을 둘러싼 외적인 기상 환경과 먹이의 재료, 서식지의 환경 등으로 볼때 토양동물에게는 서식지의 식생, 토양상태, 유기물 소재의 질과 양 및 기상조건이 중요한 제한요소로 생각된다. 그리고, 화재에 의한 토양동물에 미치는 영향은 화재시기, 식생 및 상태, 조사시기, 동물군 등에 따라서 다르게 나타나는 것을 알 수 있다.

(2) 중·대형절지동물

1) Microarthropod



2) Dominant groups

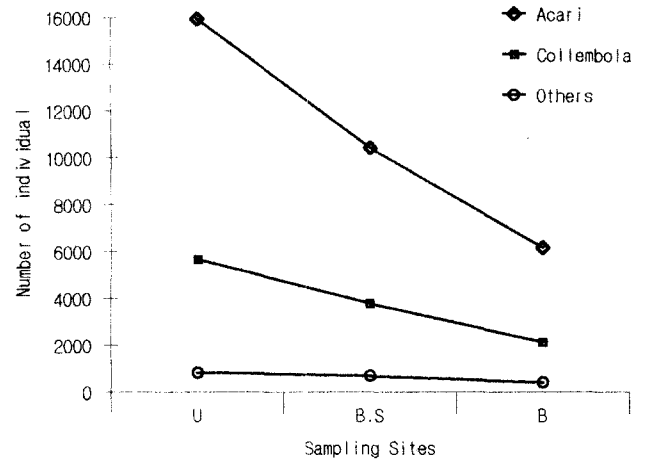


Fig. 2. Changes of the numbers of individual in Unburnt area (U), Border site (B.S) and Burnt area (B).

각 조사 지역에서 검출된 중·대형절지동물은 Table 6에서 보는 바와 같이 8강 22목에 8,006개체였으며, 비화재지역에서는 3,367개체, 경계지역에서는 1,813개체, 그리고 화재지역에서는 2,826개체가 검출되었다. 하지만 조사지역의 수가 달라 정확한 중·대형절지동물의 분포상을 확인하기 위해 화재지역, 비화재지역, 그리고 경계지역에서 검출된 개체수를 조사 지역수로 나누어 평균치를 가지고 살펴보면, 비화재지역에서 561개체, 경계지역에서는 604개체, 그리고 화재지역에서 314개체로 나타났다. 각 조사지역에서의 개체수 변화를 나타내면 Fig. 3-1, 2와 같이 경계지역에서의 개체수가 약간 높게 나타났으나, 전반적으로 비화재지역에서 화재지역으로 넘어갈수록 개체수가 감소하는 것을 볼 수 있으며, 개미과, 툭토기목, 지네강 등의 우점군들도 전반적으로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 각 조사

지별 Total Biomass의 평균치를 살펴보면, 경계지역은 0.644 g, 화재지역에서는 0.402 g, 비화재지역에서는 0.764 g으로 비화재지역에서 화재지역로 넘어갈수록 개체수와 더불어 Biomass도 감소하는 것으로 조사 결과 나타났다. 그리고, 동불군별 우점군의 개체수 비율은 비화재지역에서 벌목의 개미류가 42.7%, 딱정벌레목이 10.9%, 돌지네목이 10.8%의 순서로 전체에서 64.4%를 차지하였으며 기타가 35.6%를 차지했다. 화재 지역에서는 개미류가 29.8%, 돌지네목이 21%, 딱정벌레목이 15.4%의 순서로 전체에서 61.6%를 차지하였으며 기타가 38.4%를 차지했다. 전체적인 개체수 비율로 볼때 개미류는 59%의 생존율에 41%의 감소율을 보였지만 돌지네나 딱정벌레는 63.2%, 18.9%가 오히려 증가했다. 개미류는 화재로 인한 화열 때문에 서식처가 붕괴되었기 때문으로 생각되며, 지네나 딱정벌레는 유기물층 밑의 토양속에서 대부분 서식하고 있기 때문에 화재로 인한 화열의 영향을 많이 받지 않았거나 이동력이 크기 때문에 이입해 온 것이 아닌가 싶다.

3) 계절별 분포변동

(1) 토양미소절지동물

화재가 발생(97. 4. 11)한 후 1차 채집(97. 4. 26)부터 6차 채집(98. 11.21)까지의 토양미소절지동물에 있어서 우점종

인 응애목과 툭토기목을 화재 지역과 비화재지역에서 조사시기별 개체수의 변화(Fig. 4)와 화재 지역에서의 회복율(Figs. 5, 6)을 살펴보면, 전반적으로 화재가 발생한 97년도에는 그 개체수가 감소하다가 98년 11월에는 현저한 증가를 보이고 있다. 즉, 조사시기별에 따라 우점종의 개체군 밀도변화를 채집일을 기준으로 하여 비화재지역과 화재지역을 상호비교하면 Fig. 4에서 보는 바와 같이 화재지역에서는 개체수가 화재발생 초기이후부터 점차적으로 감소하다가 98년 11월의 채집에서는 증가되었다. 반면 비화재지역에서는 봄과 가을에 대부분 개체수의 최대치를 보였으나, 97년 11월 채집에서는 10월의 강수량이 1.2 mm의 기상환경으로 인해서 개체수가 감소했고, 그 충격으로 월동하는 개체수가 감소하여 이듬해 4월의 개체수도 따라서 감소했다고 생각 된다. 화재지역에서 토양미소절지동물의 회복율은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 화재발생 초기 이후부터 점차 감소하다가, 98년 11월의 채집에서부터 화재지역의 개체수가 점차적으로 회복되어 갔지만 화재가 발생하기 전의 개체수에는 미치지 못했다. 그리고 97년 4월 26일의 비화재지역에서 개체수 출현밀도를 기준으로 해서 밀도 감소율을 살펴보면 전반적으로 화재 2년차까지의 회복율에 있어서는 약 50% 정도에 지나지 않았다.

Table 6. Total meso · macroarthropod fauna at each sample sites in experimental areas from April, 1997 to November, 1998.

Animal	Sampling sites																			Ave.		
	+0	0	-0	Ave.	B11	B10	B12	B51	B50	B52	B101	B100	B102	Ave.	U11	U10	U12	U51	U50		U52	Ave.
Arachnida																						
Araneae	49	42	27	39	28	42	42	18	12	11	9	5	9	20	41	50	50	37	45	27	42	
Pseudoscorpiones	7	10	8	8	9	18	19	3	3	1	5	7	7	53	24	10	10	11		33	24	
Chilopoda																						
Geophilomorpha	18	51	16	38	23	52	26	18	40	90	8	9	4	31	39	9	37	48	21	72	38	
Lithobiomorpha	155	52	78	95	75	78	63	44	93	76	17	83	65	66	70	69	50	52	48	75	61	
Scolopendromorpha	4	5	1	3	7	3	8	2	1	5			2	3	6	7	5	5	6	7	6	
Symphyla	53	12	23	39	23	58	46	6	38	21	8		9	23	67	13	40	45	15	151	55	
Diplopoda	12	5	1	16	2	5	6	1	1	8	4	1		3	1	2	4	3	1	12	4	
Isopoda		1		0.3																	6	1
Oligochaeta								1		1		1		0.3				4		1	1	
Insecta																						
Hymenoptera																						
Formicidae	201	419	314	311	36	80	170	72	93	77	26	250	38	94	141	147	57	614	131	348	240	
Coleoptera	90	39	61	63	61	84	112	34	39	57	12	14	22	48	74	64	56	48	35	89	61	
Diptera	14	5	20	13	6	4	64	6	13	10	3	28	15	17	22	16	20	18	8	31	19	
Homoptera						2								0.2	3	1				13	3	
Orthoptera			1	0.3									1	0.1								
Archaeobnatha				0.3															4			0.7
Isoptera	5			1.7		5								0.6								
Hemiptera	2			0.7	3		2		1	8				2	1			10		7	3	
Lepidoptera	1	9	1	4		1		1		1				0.3		4	3	2	1	2		
Blattaria					1									0.1				1		0.2		
Diplura																			2	13	3	
Total	612	650	551	604	276	430	559	205	332	367	89	395	172	314	518	407	332	897	328	885	561	
Biomass (g)	0.831	0.695	0.406	0.644	0.502	0.482	0.563	0.476	0.334	0.536	0.277	0.336	0.214	0.402	0.537	0.535	0.655	0.577	0.459	1.518	0.714	



조사 시기별로 우점종의 밀도 감소율을 살펴보면 Fig. 6과 같다. 즉 화재발생 후 1차 채집(97년 4월 26일)에서 검출된 토양미소절지동물의 감소율은 비화재지역에 비하여 화재지역의 응애류가 62.3%, 툴토기류가 73.3%가 감소했으며, 1차 채집의 주된 감소 원인은 화재의 직접적 화열에 의한 것으로 생각된다.

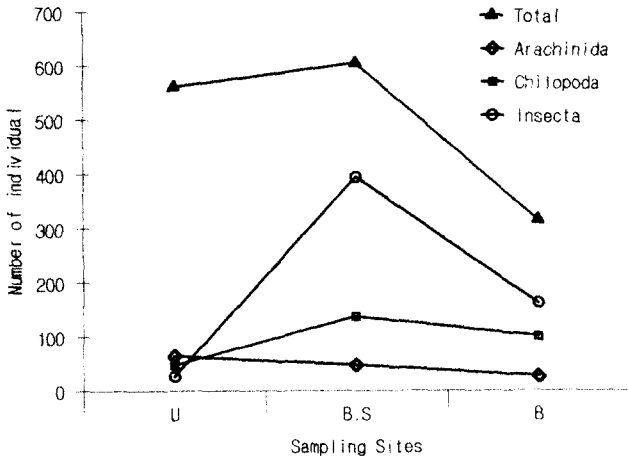
2차채집(97년 6월 27일)에서 검출된 토양미소절지동물 중에서 비화재지역에 비하여 화재 지역의 감소율을 보면, 응애류가 68.3%, 툴토기류가 75.6%이며, 전체적으로는 1차 채집보다 약 14%가 감소한 것으로 이는 화재로 인하여 토양의 서식처가 파괴 또는 열악해졌고, 대부분 유기물 분해자인 토양 동물의 먹이가 되는 낙엽·낙지 등 유기물이 모두 타버려 먹이부족이 초래되었기 때문으로 생각된다 그리고 서식처가 열악해진 것은 화재로 지상의 수목, 지표

식물, 낙엽·낙지 등이 모두 타버려 일광이 지표에 직접 닿고, 지표에 쌓인 숯, 재 등으로 인하여 태양열의 흡수율이 높아져 지온이 높아지고, 토양이 매우 건조해졌고, 더욱이 4월부터 6월까지의 건조기로서 강우가 적어 토양 건조상태가 최악에 이르렀기 때문으로 사료되며, 채집당일을 전후한 일주일의 기상환경을 살펴보면 장마로 인한 많은 강수(204.4 mm)로 인해 화재 지역의 생활환경이 더욱 열악해졌다고 생각할 수 있다.

3차채집(97년 11월 1일)에서 검출된 토양미소절지동물 중에서 비화재지역에 비하여 화재 지역의 감소율을 살펴 보면, 응애류가 64.1%, 툴토기류가 78.6%, 전체동물에서는 2차채집보다 35.6%가 감소했지만 응애류의 감소율을 2차 채집보다 낮아진 반면 툴토기류의 감소율은 오히려 증가했다. 이것은 채집당일을 기준으로 한 일주일의 기상환경을 살펴보면 강수량이 1.2 mm, 평균습도는 62%인데 반하여 일조시수가 253.2hr로 높은 수치를 나타냈다. 따라서 화재지역의 환경은 더욱더 열악해졌고 몸이 열악한 툴토기류가 토양심층이나 두꺼운 유기물층에 사는 응애류보다 더 주변환경의 영향을 받아 점차 감소했을 것으로 생각된다.

1년을 기준으로 화재 지역과 비화재지역의 환경과 토양미소절지동물과의 관계를 살펴볼 때, 화재 직후인 4월에는

1) Meso·Macroarthropod



2) Dominant groups

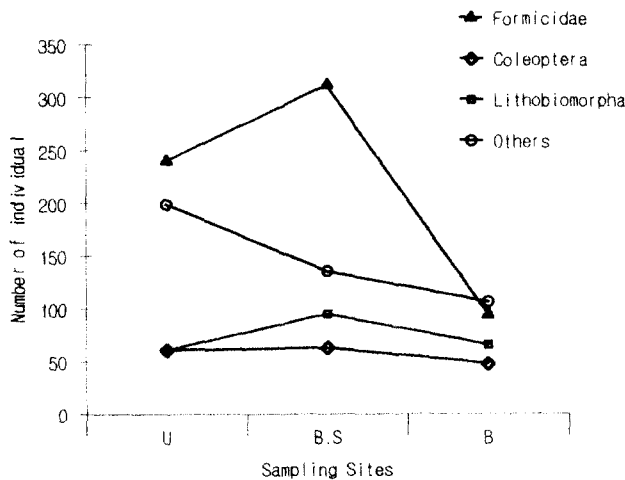
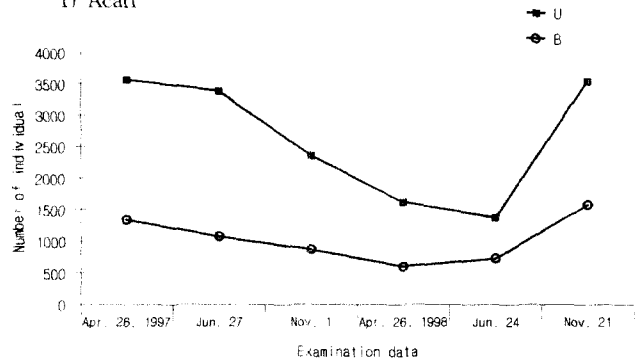


Fig. 3. Changes of the number of individual in Unburnt area (U), Border site (B.S) and Burnt area (B).

1) Acari



2) Collembola

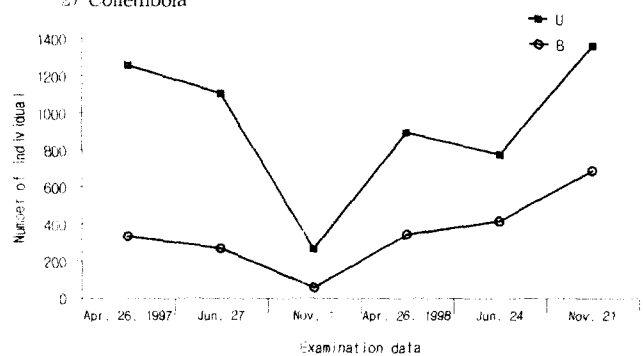


Fig. 4. Seasonal fluctuations of the number of individual in unburnt area (U) and burnt area (B).

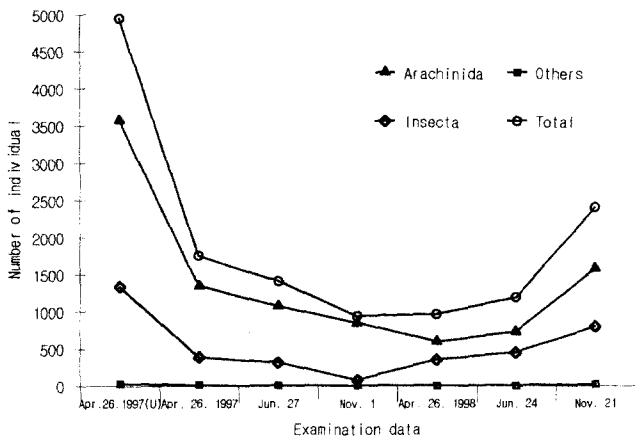


Fig. 5. Seasonal fluctuations of the number of individual of soil arthropod in burnt area (B).

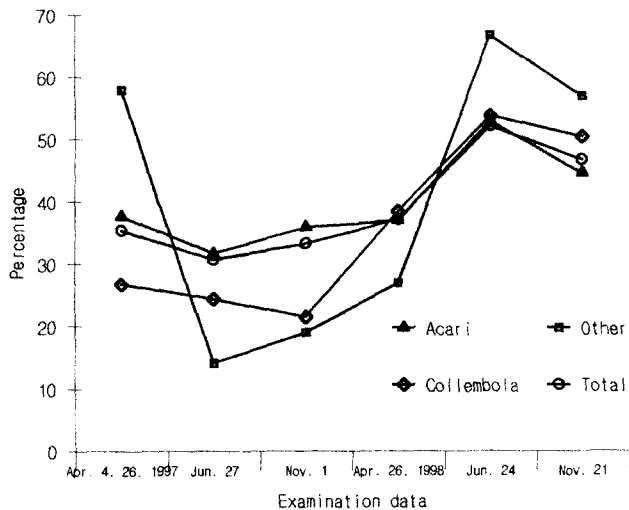


Fig. 6. Seasonal fluctuations of percentage of the number of individual of burnt area to that of unburnt area.

화재로 인한 화열이 직접적인 원인이 되어 감소했지만 6월의 감소율은 화재로 인한 서식처 파괴와 먹이 부족이라는 간접적인 원인과 기상 환경의 영향을 많이 받고 이후의 감소율과 증가율은 화재구의 주변 환경과 기상 환경의 영향을 많이 받고 있다는 것으로 생각된다. 그리고 조사지점간 토양 미소절지동물의 밀도변화를 보면, 화재 초기에는 화재 지역과 비화재지역간 개체수 밀도에는 큰 차이가 없었지만 회를 거듭할수록 개체수 밀도에 큰 차이를 보였다. 이것은 비화재지역에 비해 화재지역의 환경변화가 절대적인 영향을 미친 것으로 생각되며 비화재지역에서 계절적 밀도변화에서는 봄·가을이 여름에 비해 개체수가 많이 나왔는데, 이것은 봄과 가을에 고저밀도 변화를 보인다고 한 *崔(1984)*의 한반도 중부지방에서의 결과나 *郭*

(1989)의 한반도 남부지방에서의 결과, 또 *Price(1973)*의 보고 등과 비슷한 결과이다. 이러한 원인은 우리나라 남부 지방은 온대성기후로서 6월부터 시작한 장마로 인한 많은 강수량으로 기계적인 충격과 토양수분함량의 과다로 토양동물의 양적변화에 크게 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

이후 계속된 결과를 살펴보면 4월과 6월까지 감소율이 낮아지다가 이후부터는 급속히 회복되는 추세를 보여 주는데, 이것은 서식처의 환경과 먹이 공급의 사슬이 점차 안정되어 가고 있기 때문으로 사료된다. 그리고 화재 2년 차까지의 조사에서는 화재 지역에서 토양동물상의 회복은 화재초기 비화재지역의 개체수 출현밀도를 중심으로 살펴볼 때 회복율은 50%에 지나지 않아 차후 계속된 조사가 필요하다고 본다.

(2) 중·대형토양동물

중·대형토양동물의 주요 분류군은 거미강(Arachnida), 곤충강(Insecta), 지네강(Chilopoda), 애지네강(Symphyla), 노래기강(Diplopoda), 연갑강(Isopoda), 빈모강(Oligochaera)으로 이들은 화재에 의한 화열의 영향은 Table 6에서 보는 바와 같이 토양미소절지동물보다 그 감소율이 적은 것으로 조사됐다. 이것은 중·대형토양동물중 대부분이 깊은 유기물 층이나 토양 층에서 서식하고 있기 때문에 화열의 영향을 토양미소절지동물보다 덜 받는 것으로 생각되며 대부분이 포식자이면서 토양미소절지동물보다 이동성이 크기 때문이며, 월동기간에 화재가 발생하였기 때문이고 몸의 구조상 유연한 것보다는 단단한 각질로 구성되어 있기 때문으로 생각된다.

화재가 발생한 후 1차 채집(97. 4. 26)부터 6차 채집(98. 11.21)까지의 중·대형 절지동물에 있어 화재 지역과 비화재지역에서 개미, 딱정벌레, 지네강 등 우점종의 조사 시기별 개체수의 변화(Fig. 7)와 화재지역에서의 개체수의 증감(Fig. 8)을 살펴보면, 토양미소절지동물과는 달리 화재가 발생한후 개체군의 밀도의 감소폭이 적었다가 97년 11월부터는 점진적으로 증가했다.

조사 시기별에 따라 우점종의 개체군 밀도변화를 채집일을 기준으로 하여 비화재지역과 화재지역을 상호비교하면, Fig. 7에서 보는 바와 같이 화재지역에서는 화재직후인 97년 4월 26일 채집부터는 보편적으로 그 개체수가 감소하다가 97년 11월 1일의 채집부터는 증가하는 것으로 조사결과 나타났으며, 이는 토양미소절지동물의 조사시기별 개체수 변화와는 다른 성격을 띠고 있으며 비화재지역에서는 조사시기별에 따라 개체수의 밀도변화폭은 적게 나타났다.

화재 지역에서 중·대형절지동물의 개체수의 증감은 Fig. 8에서 보는 바와 같이 화재발생 이후부터는 점차 감소추세를 보였지만 토양미소절지동물보다는 그 감소폭이 적었으며 어떤종은 97년 11월의 채집에서 1차채집(97. 4. 26)때 비화재지역의 개체수보다 더 증가하는 현상이 나타

난 것으로 보아 화재에 대한 피해를 덜 받은 것으로 생각되며, 비화재지역에서의 1차채집을 기준으로 하여 화재지역의 1차채집부터 6차채집까지의 개체수의 변화를 나타낸 그림이다.

이와 같이 계절에 따른 개체군의 밀도 변화를 채집일을 기준으로 살펴보면 Fig. 8과 같이 화재발생후 채집 기간동안 검출된 중·대형토양동물중 증감 양상은 개미류가 97년 4월 26일에는 약 94%의 매우 큰 감소율을 보였지만 6월 27일 조사에서는 21.3%로 감소율이 매우 낮게 나타났으며 이후 조사에서는 화재 지역이나 비화재지역에서 개미류의 밀도에는 별다른 변화가 없었다. 이것은 집단서식처를 중심으로 채집했을 경우도 있겠으나 개미류는 다른 토양 동물보다 이동성이 매우 크고 서식처 또한 토양 매

우 깊은 곳에 있기 때문으로 생각되며, 화재발생직후인 4월에는 서식처 파괴와 먹이의 부족이 가장 크게 영향을 미쳤을 것으로 생각되며 이후에는 서식처의 복구와 화재의 잔재물과 동물의 사체등의 먹이의 회복이 개체수 증가를 가져왔다고 생각된다.

딱정벌레류는 화재에 의한 피해가 다른 동물에 비해 적게 받은 것으로 조사 결과 나타났다. 즉, 97년 4월 26일 채집에서는 37%의 비교적 낮은 감소율을 보이다가 6월 27일 채집에서는 47%으로 오히려 증가했다. 그 이유는 화재 직후인 4월에는 성충이나 유충의 활동기가 아직은 월동기이고 월동장소가 토양심층이나 깊은 유기물층이기 때문에 화재에 대한 직접적인 영향이나 먹이의 부족등에서 오는 영향을 덜 받았다고 볼 수 있다. 그러나 6월에는 주변환경 파괴로 오는 서식처의 감소나 토양미소절지동물의 감소로 인한 먹이의 부족등이 감소율의 원인으로 생각되며 이후 11월의 채집에서는 감소율이 낮아지다가 98년 4월에는 오히려 36%가 증가했다.

지네류는 딱정벌레류와는 달리 화재에 의한 화열의 피해를 많이 받았다. 4월 26일의 조사 결과를 보면 비화재지역에 비하여 70.8%가 감소했으며, 6월 27일의 조사에서는 59%의 감소율로 낮아진 것을 볼 수 있다. 이것은 화열의 직접적인 피해와 먹이부족으로 오는 간접적인 피해때문으로 분석할 수 있는데 4월의 조사결과에서 톱토기류의 급격한 수적감소가 지네류의 감소에 영향을 미쳤다고 생각할 수 있으며, 97년 11월의 채집에서는 비화재지역보다 오히려 79%가 더 증가했으며 이후 조사부터는 그 수가 비화재지역과 비슷한 개체수 비율을 나타냈다.

이와 같이 중대형 토양 동물의 화재에 의한 피해는 토양미소절지동물보다는 적다는 것이 이번 연구에서 조사되었으며 서식처나 먹이의 부족, 그리고 기상 환경에 대해서

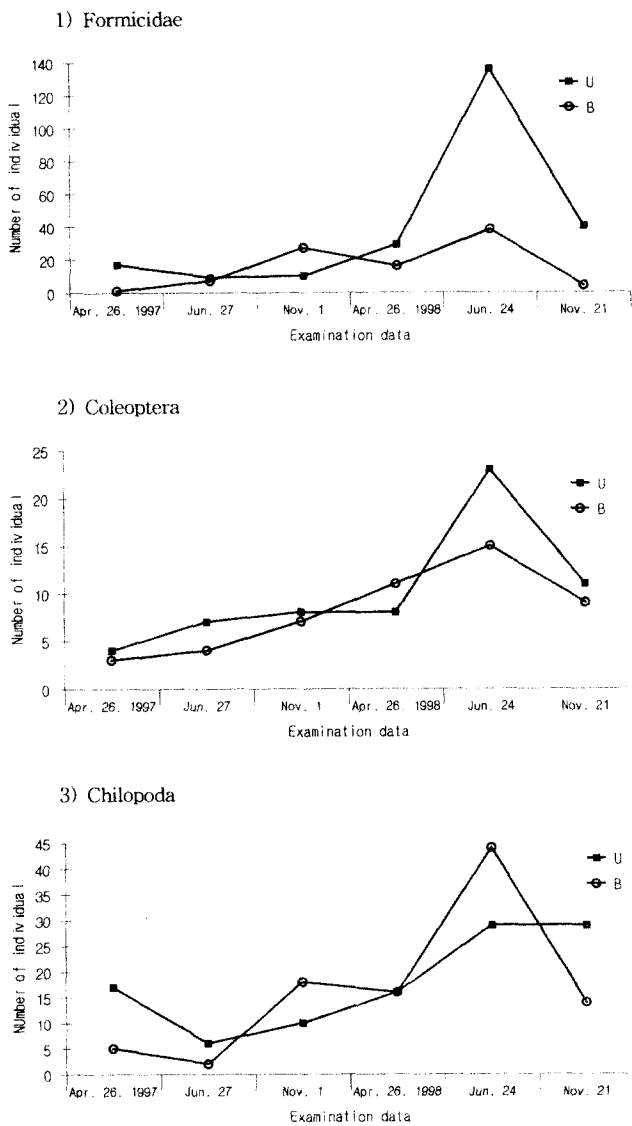


Fig. 7. Seasonal fluctuations of the number of individual in unburnt area (U) and burnt area (B).

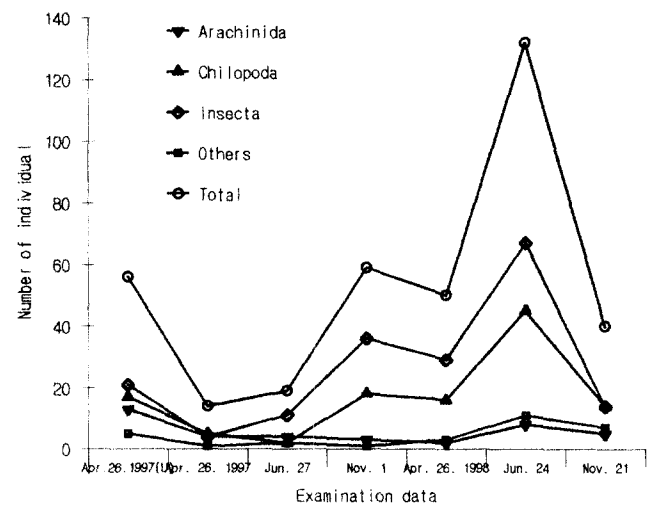


Fig. 8. Seasonal fluctuations of the number of individual of meso-macroarthropod in burnt area (B).

도 토양미소절지동물보다도 영향을 적게 받았다고 볼 수 있겠고, 그리고 회복되는 시간도 토양미소절지동물보다도 훨씬 빠르다는 것을 알 수 있었는데 이것은 이동력이 강하며 번식력의 차이에서도 그 이유를 찾아 볼 수 있다.

4) 토양 동물의 이동성

비화재지역에서 경계지역을 경유하여 화재 지역으로 토양미소절지동물이 이동할 수 있다는 가능성을 조사해 본 결과 Fig. 9에서 보는 바와 같이 비화재지역과 경계지역 그리고 화재지역의 개체수는 전 개체수의 계절적인 변화와 비슷한 변화를 나타냈다. 그리고 Fig. 10은 비화재지역 10m지점을 중심으로 경계지역, 화재지역 10, 50, 100m지점에서 검출된 토양미소절지동물의 생존율을 나타낸 것으로 화재직후인 97년 4월 26일 채집이후부터 생존율이 점점 증가되는 것으로 조사결과 나타났다. 그리고 토양미소절지동물중 비교적 개체수가 많이 검출된 응애, 툫토기, 개

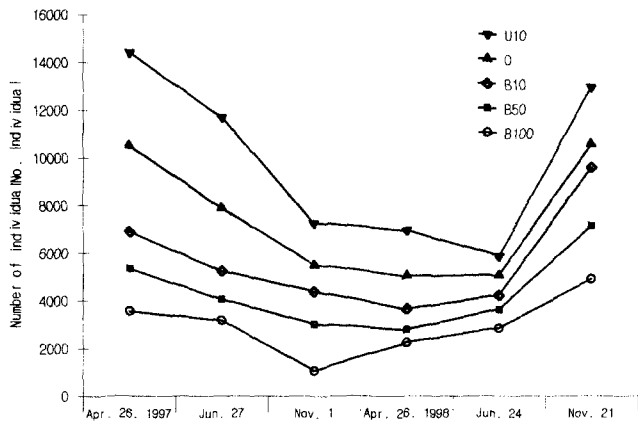


Fig. 9. Changes of the number of individual of soil microarthropod according to sampling date in each sampling sites (Number of individual/1,500 cm<sup>3</sup>).

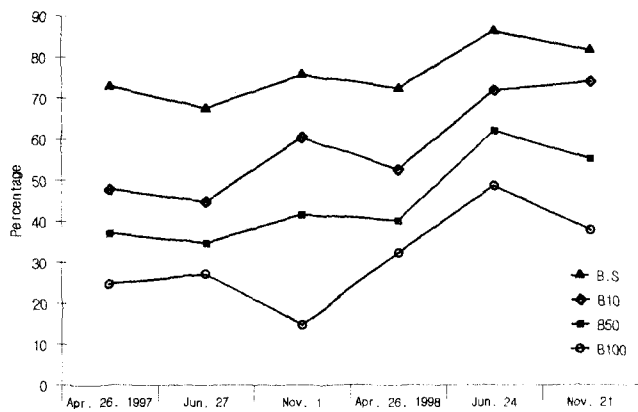
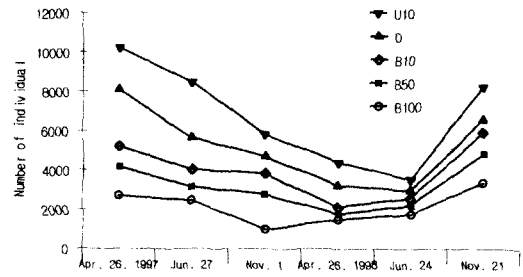
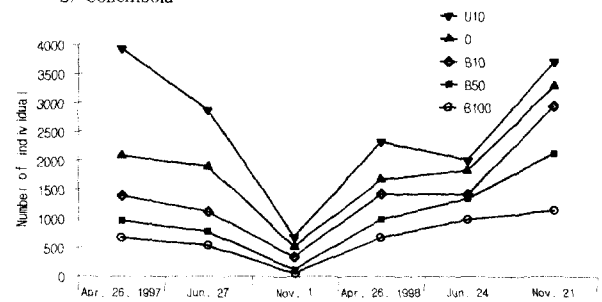


Fig. 10. Changes of percentage of the number of individual of soil microarthropod according to sampling date in border site and burnt site to that of unburnt site 10 m.

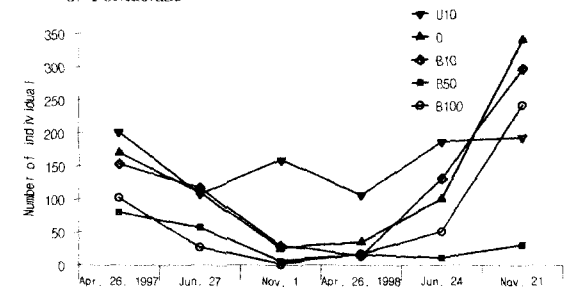
1) Acari



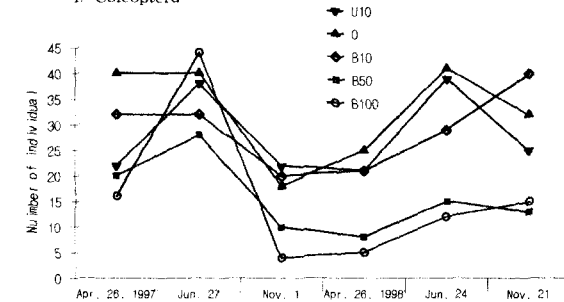
2) Collembola



3) Formicidae



4) Coleoptera



5) Chilopoda

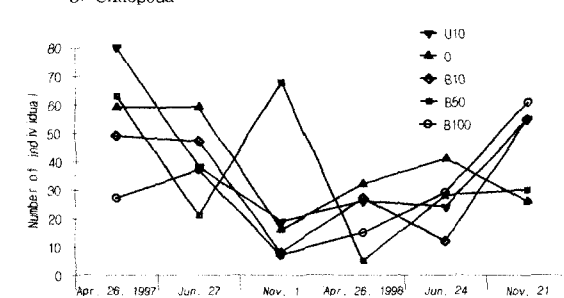


Fig. 11. Changes of the number of individual of each animal groups according to sampling date in each samling sites.

미, 딱정벌레, 지네류 등에 있어 비화재지역에서 경계지역을 경유하여 화재지역으로의 이동성은 Fig. 11과 같이 응애나 톱토기류는 화재발생초기에는 조사지역간 개체수의 차이가 크게 나타났지만 98년 11월 21일의 채집에서는 개체수의 차이폭이 적게 나타났으며, 특히 비화재지역 10m, 경계지역, 화재지역 10m 지점은 화재초기에 비해 근접한 반면, 화재지역 50, 100m 지점에서 검출된 개체수는 다른 지역과 많은 차이를 나타냈다. 물론 시간이 경과됨에 따라 개체수의 회복되는 이유도 있겠지만, 이동성이 미비한 미소절지동물이라도 가까운 거리까지는 이동이 이루어져 개체수가 증가되었다고 생각된다.

반면, 비교적 움직임이 빠른 개미, 딱정벌레, 지네류등은 응애, 톱토기와는 달리 비교적 화재초기에는 비화재지역에 비해서 화재 지역의 개체수가 적게 나타났지만 시간이 경과됨에 따라 지역에 관계없이 비화재지역 10m 지점보다 많은 개체수가 나타나는 것으로 보아 비화재지역에서 화재지역으로의 이동이 활발했다고 생각된다. 이와 같이 개체수 변화는 계절적인 변화와 비슷한 면을 보이고 있지만 생존율을 살펴보면, 비화재지역과 다른 조사지점에서 검출된 토양미소절지동물의 생존율이 증가했다는 것은 토양미소절지동물이 비화재지역에서 화재지역으로 이동했다고 생각할 수 있으며, 따라서 화재지역의 환경이 회복됨에 따라 토양미소절지동물의 개체수가 증가되는 것이 주 원인이 되겠지만 토양미소절지동물의 이동성에 따른 개체수 증가도 배제할 수 없는 것 같다. 따라서 화재지역에서 토양 동물의 개체수 회복에 영향을 미치는 요인중 토양동물의 이동성도 크게 영향을 미친다고 생각된다.

이상의 결과로 볼 때 토양 동물의 개체군 밀도는 계절에 따라 그 수가 증감하는 것으로 나타났고, 토양 동물의 밀도증가와 화재지역의 산림회복과의 관계는 화재지역의 산림이 점차적으로 회복되어 감에 따라 토양동물의 개체수밀도와 종의 다양성이 이루어지는 것으로 보아 식생과 토양환경이 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 중·대형 절지동물에 비해 낙엽·낙지층등 부식자 역할을 하는 토양미소절지동물은 이동성이 극히 미약하지만 토양동물의 개체수 회복에 영향을 미치는 것으로 조사결과 나타났다. 따라서 화재지역에서 개체수의 회복에 영향을 미치는 요인은 토양환경을 중심으로 산림의 회복과 기상환경, 그리고 토양동물의 이동성이 중요하다고 생각된다. 결론적으로 토양미소절지동물이나 중·대형 절지동물의 분포는 지형이나 기상등의 환경에 따르는 물리적 요인, 식생의 차이에서 발생하는 토양의 화학적 요인, 그리고 동물군집내 개체간의 생물적 상호작용이 지배적인 요인으로 생각된다.

### 3. 토양 동물과 환경요인과의 상관

#### 1) 환경 요인별 상관

토양 미소 절지동물의 분포에 미치는 환경 요인의 영향

을 분석하기 위하여 Table 5, 6에서와 같이 각 조사 지역에서 출현한 토양 미소절지동물 및 중·대형동물과 토양환경 요인과의 상관관계를 SAS (Statistical Analysis System)에 의한 상관 통계프로그램으로 분석한 결과는 Table 7과 같다.

#### (1) 토양동물과 토양산도(pH)와의 관계

토양동물과 토양산도와의 상관에서는 모두 負의 경향을 보이고 있으나, 토양미소절지동물중에서 톱토기류와 사이에서만 유의성이 인정되었다. 이것은 광양지역에서의 郭(89)의 연구 보고와, 특히 토양산도와의 상관에 있어서 '식생에 따라 차이가 있고, 負의 상관을 나타내는 경향이 있다'고 한 靑木(60)의 보고나, 負의 상관이 있다고 한 蘇等(85), 金等(87)의 보고와 일치하는 경향을 보였다.

#### (2) 토양동물과 유기물과의 관계

토양 동물에 있어 유기물은 직접적인 요인과 간접적인 요인, 즉 두 가지의 의의를 가지고 있으며 직접적인 요인으로서 토양 동물이 직접 섭취하는 먹이로 되는 것으로 토양 동물의 식성에 따라 서식종이나 양이 달라지게 되며 간접적인 요인으로는 토양의 다른 요인에 매우 중대한 영향을 미치는 것으로 토양의 유기물은 다른 요인(물리화학적 및 생물적 요인)과 깊은 관련이 있으므로 단독으로 떼어서 생각할 수는 없다. 즉 토양수분함량의 변화, 토양구조, 토양 온도와 습도, 토양산도변화 등을 비롯한 토양을 물리적으로 부드럽게 만들고 한편으로는 식물의 생육과 토양동물의 생활환경을 최적의 상태로 변화시켜 준다(崔 1996). 따라서, 유기물의 질과 양은 토양에 서식하는 여러 가지 생물의 질과 양을 좌우하는데 있어서 다른 어느 조건보다도 크게 영향을 미치는 것으로 생각된다.

토양동물과 유기물과의 관계는 Table 7에서 보는 바와 같이 正의 경향을 보이고 있으며, 특히 응애류와 톱토기류 등의 토양미소절지동물과의 관계에서는 유의성이 인정되었다. 따라서 토양동물에 있어 유기물의 다소에 따라 개체군 밀도의 증감이 영향을 받는다고 해석되며, 특히 중·대형 절지동물에 있어서는 유기물이 토양미소절지동물의 서식처가 되고 먹이가 되기 때문에 유기물이 풍부할수록 토양미소절지동물이 많아 대부분이 포식자로 구성된 중·대형동물에서는 유기물과 밀접한 관계가 유지되었다고 생각된다.

#### (3) 토양동물과 토양경도와의 관계

토양동물과 토양경도와의 관계는 Table 7에서 보는 바와 같이 딱정벌레류를 제외한 다른 동물과는 負의 경향을 보이고 있으며, 지네류와는 유의성이 인정되었다. 이것은 토양의 경도가 단단할수록 토양동물의 생활장소로서는 부적당하다고 생각되며, 딱정벌레의 경우는 다른 동물보다는 이동성이 크기 때문에 다른 결과가 나왔다고 생각된다.

#### 2) 토양 동물과 기상 환경과의 관계

동일지역에서 화재로 인해서 환경이 서로 다르게 되는

**Table 7.** Correlation coefficients between soil environmental factors and the number of individual of soil animals in experimental area

	Microarthropod			Meso · macroarthropod			
	Total	Acari	Collembola	Total	Formicidae	Coleoptera	Chilopoda
pH	-0.4621*	-0.4368	-0.4982*	-0.2921	-0.3309	-0.2916	-0.0821
OM	0.7806**	0.7770**	0.7751**	0.4145	0.2094	0.3004	0.2585
Hardness	-0.1001	-0.0903	-0.1721	-0.3094	-0.0385	0.0629	-0.4891*

것이 직접적인 원인이라면 간접적인 원인으로서는 기상 요소가 가장 크게 영향을 미친다고 볼 수 있다(崔 1996).

따라서 화재 지역과 비화재지역을 조사 지역으로 설정한 후 두지역의 환경을 相異하게 만들어 놓은 것들 중 기상 요소 가운데 강수량이 가장 중요시 되는데, 전 조사기간중 화재직후에는 화열로 인한 직접적인 피해로 토양 동물의 밀도감소를 초래 했으나 시간이 지남에 따라 기상환경의 영향으로 유기물의 질과 양이 감소하고 서식처가 파괴되면서 토양동물의 밀도감소를 가속시켰다고 볼 수 있다. 조사기간중 기상환경을 관찰해 보면 화재직후인 97년 4월과 6월에는 평년기온에 비교적 높은 강수량(95.7 mm, 204 mm)과 높은 온도(12.9, 22.5°C)로 인해서 지표환경이 열악한 화재지역은 비화재지역에 비해서 그 파괴정도가 심해졌다. 따라서 초본류의 성장에 저해를 가져와 토양 동물이 서식할 수 있는 장소가 파괴되었다. 그리고 직사광선에 노출된 화재지역은 화재로 인한 재 때문에 지표층의 온도가 상승하게 되었고, 그 결과 화재지역은 비화재지역에 비해서 토양동물이 서식할 수 있는 장소로는 부적당하게 되었다. 그리고 10월에는 강수량이 1.2 mm인 반면 평균 온도가 14.2°C에 일조시수가 253.2(hr)으로 가을 부채이 계속되어 화재지역의 환경을 더욱더 열악하게 만들었고, 그 결과 토양동물의 화재지역과 비화재지역의 밀도비율에도 상당한 차이를 나타냈다.

이후, 98년도에는 화재 지역에서 식목일(4월 5일)을 전후해서 수목을 재식재 하면서 고사한 수목을 벌채를 했기 때문에 화재지역의 삼림이 더욱더 열악해졌으나 지표식물과 관목층의 재생이 토양동물의 수적감소를 막았고, 따라서 화재지역의 환경이 안정됨에 따라 토양 동물의 밀도가 안정되어 가고, 따라서 기상으로 인한 직접적인 피해는 많이 완화되어, 98년 11월의 채집부터는 화재지역의 개체수가 증가되었다고 생각된다.

## 적 요

본 연구는 산불이 토양 동물에 미치는 영향을 조사한 것으로써 1997년 4월 11일에 약 50 ha 정도 화재가 발생한 경남 하동군 횡천면 전대리에 위치한 야산에서 실시되었다.

조사 지역의 식생은 흉고직경 7-14 cm, 20-30년생 소나무가 절대적인 우점종이며 그 밖에 참나무과 수목과 매죽나

무, 개웃나무, 진달래, 관목류 등의 혼합림이며, 초본류로 구성되어 있는 지표층은 비교적 단순한 지역이며, 화재지역은 부엽층(약 10 cm)이지만 비화재지역은 낙엽·낙지와 부식층 및 지피식물들이 풍부한 지역이다.

토양미소절지동물들은 계절에 따른 밀도와 환경 인자와의 관계를 연구하였으며, 중·대형 동물은 계절에 따른 밀도와 생체중이 환경 인자와 어떠한 관계가 있는지 알아보았다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 토양미소절지동물은 7강 24목에 257,087개체수이며, 중·대형 동물은 7강 22목에 8,006개체수가 검출되었으며, 검출된 개체군은 거미강, 곤충강, 지네강, 절합강, 노래기강, 연갑강, 빈모 강등이었다.

2 토양미소절지동물은 전체 257,057개체수중에서 거미강이 70.9%로 가장 높은 개체수 비율을 나타냈으며, 곤충강이 28.4%로 나타나 이들 2군의 합계가 99.45%로 절대적 우위를 보였고, 중·대형동물에서는 전체 8,006개체수중에서 곤충강이 57.6%로 가장 높은 개체수비율을 보였으며 다음이 지네강으로서 23.8%의 비교적 높은 비율을 나타냈다.

3. 토양미소절지동물중에서 개체군의 출현 밀도는 거미강의 응애목이 거미강중에서 99.7%, 전체 동물군에서 70.7%로 가장 높은 개체수비율을 나타냈으며, 톱토기목이 곤충강중에서 87.9%, 전체 동물군에서 25%로 응애목과 톱토기목이 전체동물군중 95.68%를 차지했다.

그리고 중·대형동물에서는 벌목(개미과)이 곤충강중에서 65.9%, 전체 동물군에서는 40.6%로 가장 높은 개체수비율로 나타났으며, 돌지네가 지네강중에서 65.7%, 전체동물군에서 16%를 차지 하였다.

4. 화재 지역과 비화재 지역에서의 토양 동물의 출현 밀도는 토양미소절지동물에서는 화재지역 이 비화재지역에 비하여 42%가 적게 나타났으며, 중·대형 동물에서는 비화재지역에 비하여 16.1%가 적게 나타나 토양미소절지동물보다 중·대형동물이 화재로 인한 화열의 직접적인 피해, 먹이와 서식처의 간접적인 영향을 덜 받는 것으로 나타났다.

5. 화재 지역에서 각 개체군의 생존율은, 응애류가 생존율이 58.3%로 41.7%가 감소했고, 톱토기는 56%의 생존율에 44%가 감소하여 응애류보다 톱토기류가 화재로 인한 화열에 대해 많은 피해를 받았으며, 중·대형동물에서는

벌목(개미과)류가 59% 생존율에 41%의 감소율을 보인 반면 들지네나 딱정벌레는 63.2%, 18.9%가 오히려 증가하여 토양미소절지동물에 비해서 화재로 인한 화열의 피해를 덜 받거나 영향을 받지 않았다.

6. 계절에 따른 토양미소절지동물과 중·대형동물의 개체수 밀도 변화는 비교적 봄·가을이 여름보다 높게 나타났으며, 화재 지역에서는 화재 1년차보다 화재 2년차의 봄·여름은 개체수가 감소했으나 가을에는 비화재지역과와 비슷한 개체수밀도 변화가 나타났다.

7. 토양 동물에 있어 이동성을 살펴본 결과, 응애, 툴토기 등 비교적 몸집이 작은 미소절지동물들은 비화재지역에서 비교적 가까운 거리까지는 이동이 이루어지나 화재지역 50, 100m 처럼 비교적 먼거리까지는 이동이 어렵고, 이동성이 비교적 빠른 개미, 딱정벌레, 지네류는 화재초기에는 비화재구보다 개체수가 감소하였으나 이후 조사부터는 비화재지역보다 많은 개체수가 검출되었고, 이동성도 거리와는 관계없이 이루어져 각 조사지역에서 고르게 그 개체수 분포가 이루어졌다.

8. 토양미소절지동물에서는 화재 지역보다는 비화재지역에서 토양동물의 출현빈도나 밀도의 변화가 적었지만 화재지역에서는 시간이 지남에 따라 환경의 파괴가 가속화됨에 따라 먹이와 서식처가 사라지면서 토양동물의 출현 빈도나 밀도 변화가 크게 나타났으며, 중·대형 동물 보다는 토양미소절지동물에서 영향을 더 크게 받았고, 화재지역의 환경이 회복됨에 따라 토양동물의 개체수가 증가하였다.

9. 토양미소절지동물이나 중·대형동물의 분포에 영향을 미치는 환경 요인으로는 식생의 천이, 유기물의 함량, 강수량, 토양수분함량 등이 중요한 요인으로 작용했다.

## 인 용 문 헌

강상중, 이종태. 1982. 산화지의 식생회복에 관한 생태학적 연구. 韓生誌. 5: 54-62.  
 광준수, 최성식, 김태홍. 1989. 서울대 광양 연습림내 토양미소절지동물에 관한 연구 2. 개체군밀 도와 생물량. 韓生誌. 12(3): 183-190.  
 광준수, 길봉섭. 1989. 서울대 광양연습림내 토양미소절지동물에 관한 연구 3. 날개응애와 식생 과의 관계. 韓生誌. 12: 191-202.  
 광준수, 최정식, 박노풍, 최성식, 김태홍, 김태영. 1987. 서울대 광양 연습림내 토양미소절지동물에 관한 연구 4. 토양미소절지동물과 식생 환경과의 관계. 韓生誌. 12(3): 203-208.  
 광준수, 최정식, 김태홍, 조현연. 1990. 서울대 광양 연습림내 토양미소절지동물에 관한 연구 5. 수직분포와 계절적 변동. 韓生誌. 13(1): 25-32.  
 광준수. 1982. 작형에 따른 토양 미소절지동물의 분포에 관한 연구. 원광대학교 농학과 석사학위 논문. p. 29.  
 광준수. 1987. 서울대 광양 연습림내 토양미소절지동물에 관한 연구. 날개응애 종조성. 韓生誌. 10(1): 23-31.  
 광준수. 1989. 광양지역 삼림토양의 미소절지동물에 관한 생태학적 연구. 전북대학교 농학과 박사학위 논문. p. 85.  
 권영립. 1984. 牧草地内の 土壤微小節肢動物에 關한 研究. 1. 版

21pp.  
 권영립, 윤경원. 1995. 잣나무 조림지내 토양미소절지동물상에 관한 연구 4. 날개응애의 군집분석. 韓應昆誌. 34(2): 120-126.  
 권영립, 최성식. 1992. 잣나무 조림지내 토양미소절지동물상에 관한 연구 1. 날개응애종의 구성. 韓應昆誌. 31(1): 10-22.  
 김경훈, 현재선. 1989. 조림연도가 다른 잣나무조림지 토양중 툴토기군의 계절적 변동에 관한 연구. 韓應昆誌. 28(4): 201-209.  
 김원. 1989. 소나무림의 산화지의 이차식생과 종다양성. 韓生誌. 12: 285-295.  
 김태홍, 이종진, 광준수, 이병옥. 1987. 모악산의 남북 사면별 표고에 따른 날개응애의 분포. 韓生誌. 10(2): 81-89.  
 김형동, 현재선. 1988. 조림연도가 다른 잣나무 조림지 토양절지동물군집의 계절적 변동에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문 18: 28.  
 농촌진흥청 농업기술연구소. 1979. 토양화학분석법. p. 24-91.  
 박흥현. 1995. 남산과 광릉 침엽수림에서 날개응애류(Acari: Oribatida) 군집분석. 서울대학교 석사학위논문. pp. 79.  
 산림청. 1998. 임업통계연보 제28호 p. 186-187.  
 소인영 외 4인. 1985. 경작단지별 재배환경이 토양동물 생태에 미치는 영향. 전북대학교 논문집 자연과학편. 26: 205-217.  
 禹建錫, J.D. Lattin. 1990. 앤드류스 실습림의 토양절지동물의 종류와 분포에 관한 연구. 韓應昆誌. 28: 210-220.  
 우건석, 백운하. 1982. 토양절지동물에 관한 분류학적 연구 1. 총체벌레에 관하여. 韓植保誌. 21(1): 1-7.  
 禹建錫, 추호열, 정 근. 1987. 산림토양의 절지동물상에 관한 연구. 韓植保誌. 26: 133-138.  
 이병훈, 최영연. 1982. 피아골 극상림의 토양소동물의 밀도와 생물량(절지동물과 선충의 조사). 한국자연보존 조사 보고서. 21: 163-177.  
 이산봉. 1988. 도시녹지대의 토양미소절지동물에 관한 연구 -전주시를 중심으로-. 원광대학교 농학과 석사논문. p. 7-28.  
 李昌福. 1982. 大韓植物圖鑑. 서울 郷文社. 1010pp.  
 이해룡, 정원호, 이장훈. 1989. 침엽수림 표토의 토양생물 군집에 관하여. -소나무 임토내의 절지 동물과 토양선충의 군집. 자연보존연구 보고서 5: 119-125.  
 장석기. 1995. 전주시 체령공원 내의 토양 미소절지동물상에 관한 연구. 원광대학교 석사학위논문. pp.24.  
 조영호, 김 원. 1991. 산화후 도덕산 소나무림의 초기식생 회복과 종다양성. 韓生誌. 14: 15-23.  
 성철의. 1996. 남산과 광릉 활엽수림지역의 날개응애류 군집분석. 서울대학교 석사학위논문. pp. 97.  
 최성식, 백운하. 1980. 지리산의 토양미소절지동물에 관한 연구. 원광대학교 논문집 14: 299-307.  
 최성식. 1981. 토양미소절지동물에 미치는 살충제의 영향. 원광대학교 논문집 15: 297-305.  
 최성식. 1984. 광릉지역의 토양미소절지동물상 분석에 관한 연구. 원대 논문집. 18: 185-235.  
 최정식. 1996. 산불이 토양미소절지동물상에 미치는 영향. 韓生誌. 19(3): 251-260.  
 최정식. 1996. 산림생태계의 생물다양성조사. 1. 남해 금산과 광릉 시험림지역의 날개응애 (응애목)상. 원광대논문집. 31: 9-31.  
 崔星植, 青木淳一. 1985. 隣接する 落葉廣葉樹林とヒノキ人工林のササラダニ群集の變化. 横浜 國大環境研記要 12(1): 137-144.  
 Aoki, J. 1979. 土壤動物 指標化の 考え方. 環境科學研報集. B30-S2-2: 47-65.  
 青木淳一. 1980. 土壤動物學. 北隆館. p. 814.  
 吉田勝一, 栗城原一. 1975. 採草地の小地域における 重型動物の空間分布. 東北齒大誌. 2(3): 125-128.  
 吉田勝一, 栗城原一. 1976. 火山荒原における 中型土壤動物の微小生殖域-とくにササラダニ群集 について-東北齒大誌. 3(3): 134-140.  
 吉田勝一, 栗城原一. 1978. 磐梯山の火山荒原における 土壤小型節足

- 動物群集の季節変化. 東北歯大誌. 5(3):209-218.
- 吉田勝一, 栗城源一. 1981. 松林の火災が土壤小型節足動物に與える影響. 東北歯大誌. 8(4):289-296.
- 吉田勝一, 栗城源一. 1982. ヨシ原の地表性節足動物に対する野火の影響. 東北歯大誌. 9(2):187-189.
- 吉田勝一, 栗城源一. 1987. ススキ草地の土壤動物に及ぼす火入れの影響. (II). 大形土壤動物群集. 飯泉 茂.(篇). 1987. 林野火災の生態. 日本東北大學, 仙臺. pp. 313-326.
- 吉田勝一, 栗城源一. 1987. ススキ草地の土壤動物に及ぼす火入れの影響. (I). 中形土壤動物群集. 飯泉 茂.(篇). 1987. 林野火災の生態. 日本東北大學, 仙臺. pp. 301-312.
- 頭山昌郁, 中越信和. 1989. 林野火災適地の植生回復と地表生殖性節足動物群集の動態. 日生態誌. 39:107-119.
- 渡邊弘之. 1973. 土壤動物の生態と觀察. 策地書館. 146pp.
- 頭山昌郁, 中越信和. 1994. 植林地と二次林における土壤動物相の比較. 日生態誌. 44:21-31.
- Atlavinyte, O. 1971. The activity of Lumbricidae, Acari and Collembola in the straw humification process. *Pedobiologia*, Bd. 11: 104-115.
- Luxton, M. 1975. Studies on the Oribatid mites of a danish beech wood soil. II. Biomass, calorimetry, and respirometry. *Pedobiologia*. 15: 161-200.
- Price, D.W. 1973. Abundance and vertical distribution of microarthropods in the surface layers of a California pine forest soil. *Hilgardia*. 42(2): 121-148.
- Wallwork, J.A. 1970. Ecology of soil animals. London, McGraw hill. 259pp.