

남산과 광릉의 토양 미소절지동물에 관한 연구

박홍현 · 정철의 · 이준호 · 이범영*

(서울대학교 농생물학과

*임업연구원 곤충과)

Soil Microarthropods Fauna at the Namsan and Kwangreung

Park, Hong-Hyun · Chul-Eui Jung · Joon-Ho Lee and Byum-Yung Lee*

(Department of Agricultural Biology, Seoul National University

*Department of Entomology, Forestry Research Institute)

ABSTRACT

This research was carried out to investigate soil microarthropods fauna in Namsan and Kwangreung which were considered to receive different degrees of environmental pressures. In basic environmental data, Namsan where under rather accelerated acidification by air contamination and acidic rain showed low pH, tardy decomposition and turnover rate. Population density of soil microarthropods was high in Kwangreung, 17,169.8/m²(coniferous forests), 17,892.6/m²(deciduous forests) than in Namsan, 12,143.8/m² (coniferous forests), 14,216/m²(deciduous forests). Biomass of soil microarthropods was 2,020,219mg/m² at coniferous forests and 4,270,172mg/m² at deciduous forests in Namsan, and 3,287,326mg/m² at coniferous forests and 4326.1mg/m² at deciduous forests in Kwangreung. Population density constantly showed high in spring, and seasonal fluctuations were correlated with seasonal precipitation. As far as vertical distribution is concerned, population density was concentrated in litter layer as much as 70% while 30% are in soil layer and also decreased with increasing depth.

Key words : Soil microarthropods, Population density, Biomass, Seasonal fluctuations, Vertical distribution, Namsan, Kwangreung

서 론

생물다양성이 매우 풍부한 산림은 그들의 성장과 활력이 자연현상 및 인간의 활동 등에 의한 다양한 오염원들에 의해 가해지는 스트레스에 시달리고 있으며, 이러한 스트레스는 산림생태계내의 영양물질 순환에 치명적인 상처를 남겨 산림의 피

해와 쇠퇴를 유도하게 된다. Wallwork(1976)는 산업시설 주변에 있는 산림이 특히 심하여 대기오염에 의한 식생 변화가 수반되고, 결국에 가서는 산림 토양에서 매우 높은 생물다양성을 유지하고 있는 토양 절지동물들의 전체밀도와 종구성에 영향을 미치게 된다고 하였다.

산림토양내에 대표적인 토양 미소절지동물로는 응애류, 톱토기류, 거미류, 원생동물, 선충, 파리유

충, 기타 절지동물 등이 있는데(Schaefer, 1991), 이들 대부분이 미생물과 더불어 분해자로서 낙엽의 분해를 가속화하는 역할을 하여 토양의 비옥도를 증진시키는데 유익한 생물들이다. (Hartenstein, 1961). 또한 이들은 많은 다양한 종류의 토양에서 밀도가 매우 높아 쉽게 채집할 수 있고, 개선된 추출장치들을 이용하여 효과적으로 토양과 부엽에서 추출할 수 있어 이들의 생물다양성을 결정하는 여러가지 물리, 화학적 요인들에 관한 상대적인 중요성을 연구하는데 매우 적합하다(Gill, 1969).

본 연구는 국내에서 토양 미소절지동물에 대한 조사가 이루어지지 않았던 한반도 중부지방의 환경적인 도태압을 받고 있다고 판단되는 도시림인 남산과 지금까지 비교적 많은 연구가 이루어져 토양 미소절지동물상이 밝혀져 있으며(최, 1984), 비교적 보존상태가 건전하다고 생각되는 자연림인 광릉수목원의 침엽수림, 활엽수림에서 이들 조사지의 기초입지환경과 토양 미소절지동물을 대상으로 이들의 서식밀도, 생물량, 계절별 밀도변동, 수직분포를 조사하여 식생별, 조사지별로 비교 분석하였다.

재료 및 방법

조사지 개요 및 조사구 선정

본 연구 수행을 위한 조사지는 도시 한가운데 고립되어 있어 환경 스트레스를 심하게 받을 것으로 보이는 도시림으로서 서울시 소재 남산과 도시 외곽에 위치하면서 한반도 중부지방의 대표적인 자연생태계로 고려되는 경기도 포천군 소재 광릉시험림을 선정하였다.

남산의 지리적위치는 북위 37°32', 동경 126°

58'~127° 에 위치하며 침엽수림 조사지는 남산타워를 기준으로 남사면에 위치하여 남산 식생조사지에서 리기다소나무(*Pinus rigida*)군집과 잣나무(*Pinus koraiensis*)군집으로 분류되어 있는 지역을 선정했고, 활엽수림 조사지는 남산타워를 기준으로 동남쪽 사면에 위치하여 신갈나무(*Quercus mongolica*)군집으로 분류되어 있는 곳을 선정하였다. 조사지의 해발고도는 200~230m 였으며, 이곳에 크기가 20 x 20m 인 정방형구를 한개의 조사구로 하여 여섯 개의 조사구를 선정하였다.

광릉시험림의 지리적 위치는 남산에서 약 40km 정도 떨어진 북위 37°45', 동경 127°10' 이며 광릉시험림중에서 침엽수림 조사지는 침엽수림의 대표성을 띠는 잣나무가 조립되어있는 45임반을 조사지로 선택했고, 활엽수림 조사지는 45임반 천연활엽수림지를 선정하였는데 굴참나무(*Quercus variabilis*), 갈참나무(*Quercus aliena*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*) 등이 비교적 고른 우점도를 보이면서 분포하였고, 조사지의 해발고도는 140~180m 였으며 남산과 동일한 크기(20 x 20m)로 여섯개의 조사구를 설정하였다.

조사시기, 시료채취 및 추출

1993년 5월부터 1994년 10월까지 2년간 봄, 여름, 가을에 걸쳐 총 6회 조사하였고, 남산과 광릉 두지역의 조사시기는 비슷한 시기를 선택하였다. 조사시간은 오전 10~12시 사이에 조사하였다. 표 1은 조사시기와 그당시의 대기온도, 강수량을 정리한 것이다.

토양 미소절지동물의 채집을 위한 시료채취는 부엽층과 토양층을 구분하여 별도로 채취하였다. 부엽의 설정범위는 땅에 떨어진 신선한 낙엽으로부터 낙엽이 썩기 시작하여 흙이 나오기 전까지의

Table 1. Sampling date, air temperature(°C) and precipitation(mm) at Namsan and Kwangreung.

	1993			1994		
	1st.	2nd.	3rd.	1st.	2nd.	3rd.
Namsan						
Sampling date	May 21	Aug. 2	Oct. 7	May 25	Aug. 1	Oct. 5
Air temperature (°C)	18.3	22.5	18.0	19.6	26.3	14.9
Precipitation (mm)	8.7	10.6	0	35.4	9.6	2.4
Namsan						
Sampling date	May 25	Aug. 3	Oct. 5	May 23	July. 25	Oct. 14
Air temperature (°C)	13.8	18.7	10.7	14.8	24.0	13.9
Precipitation (mm)	5.5	0	0	0	0	0

부분으로 하였고, 토양층은 부엽층을 완전히 제거한 다음에 채취하였다. 부엽의 채취방법은 조사구 내에서 임의로 정한 정방형의 1m² 내 3곳에서 채취하였으며 이들의 부피는 약 162.5cm³ 이었고, 이것을 1반복으로 하여 조사구내에서 3반복을 실시했다.

토양시료의 채취는 부엽을 채취하기위하여 정한 정방형의 1m² 내에서 네모서리와 중앙부위에서 직경 5cm의 토양시료채취용 둥근코아로 깊이 5cm 씩을 채취한다음 이들 5개를 모아서 1반복으로 하였는데 이들의 총부피는 490.6cm³ 였고, 부엽과 동일하게 조사구내에서 3반복을 실시하였으며, 94년도 조사에서는 토양의 깊이를 0~2.5cm, 2.5~5cm의 두층으로 세분화하여 따로 채취하였다. 조사시기마다 조사지의 토양과 부엽에서 각각 18개(3개/조사구)의 시료를 채취하였으며, 두해에 걸쳐 토양과 부엽에서의 총시료수는 각각 108개 였다.

채취한 부엽과 토양 시료속의 절지동물을 추출하기 위한 장치는 토양 미소절지동물 연구에 일반적으로 널리 쓰이는 Berlese & Tullgren funnel을 개선하여 사용하였으며(Macfadyen 1961, 1962 ; Edwards 와 Fletcher, 1971), 추출에 소요되는 시간은 부엽과 토양이 충분히 건조되도록 48시간이상으로 하였고, 추출된 토양 미소절지동물은 75%의 에탄올 수용액에 보관하였다. 추출된 토양 미소절지동물은 해부현미경(x10) 하에서 토양 미소절지동물 대부분류를 실시하여 목별로 나누어 개체수를 기록한 다음 다른 연구들과의 서식지 밀도비교를 위하여 평균밀도/m² 로 환산하였고, 생물량은 Edwards(1967), 광동(1989)이 구한 목별 생물량의 평균치를 취하여 계산하였다.

조사지내 환경인자 조사

토양절지동물의 종구성, 밀도 및 이들의 분포특징과 관련되어 제한요인으로 고려되는 강수량, 온도, 부엽 pH, 토양 pH, 강우산도, 유기물함량, 부엽층의 두께를 조사하였다.

남산과 광릉에서 부엽과 토양을 별도로 각 조사지에서 36개(6개/조사구)를 채취하여 pH를 측정하였는데, 토양 pH 측정은 토양시료 5g에 증류수 25ml씩을 부어서 측정하였고, 부엽의 pH는 부

엽 2.5g과 증류수 50ml를 섞어서 측정하였다.

유기물함량은 작열소실법을 이용하여 450℃의 전기로에서 8시간 동안 작열시킨 후 측정전후의 시료무게차에 의하여 구하였다(Hesse, 1971).

부엽층의 두께는 토양의 한면을 삼으로 파낸 다음 L 층과 F 층의 단면 높이를 자로 측정하였는데, 각 조사지에서 36번(6반복/조사구) 측정하였다.

결과 및 고찰

조사지내 환경인자

기본적인 생태계의 질적 평가와 토양 미소절지동물의 분포와 관련된 남산과 광릉 조사지에 대한 환경인자들로 pH, 산성비, 유기물함량, 부엽층의 두께, 강수량, 지상부 온도변화를 측정하였다(표 2). pH에 있어 전체적으로 부엽층이 토양층에 비하여 높게 나타나고 남산에서는 식생에 따른 차이가 많이 났으나 광릉에서는 식생에 따른 차이가 없었다. 침엽수림에서는 남산 토양층이 4.76 광릉 토양층이 4.75로 두 지역이 비슷하게 나타났고 부엽층에서는 남산이 6.02, 광릉이 5.08로 pH 1 이상이나 남산 침엽수림 부엽에서 차이를 보였다. 이는 남산 토양의 산성화에 대한 대처 방안으로 1989년부터 실시한 석회의 대량 시용(80ton/년)에 의한 결과라 볼수 있다.

활엽수림지역에서는 남산 토양층이 4.39, 광릉 토양층이 4.82 그리고 부엽층이 각각 5.05, 5.21로 남산에 비하여 광릉이 pH가 높게 나타났다. 강우산도 역시 남산보다 광릉이 조금 높게 나타나 대기오염으로 인한 환경 압력과 토양의 산성화에 의한 스트레스는 광릉에 비해 남산이 높게 받고 있음을 알 수 있다.

토양내의 유기물 함량은 식생에 관계없이 남산에 높아 토양내 유기물집적이 높은 것으로 나타났고, 부엽층의 두께는 침엽수림지역에서는 신선한 낙엽층(L층)과 분해가 많이 된 F층 모두 남산에서 높았다. 활엽수림지역에서는 신선한 낙엽층은 광릉이 높는데 비하여 F층은 남산이 높게 나타나 생태계의 1차 생산성은 광릉이 높은 반면 유기물 분해와 물질의 순환에 있어서 전환율은 남산이 낮

Table 2. The values of Enviromental factors in the coniferous and deciduous forests at Namsan and Kwangreung.

		Coniferous Forests		Deciduous Forests	
		Namsan (Mean±S. E.)	Kwangreung (Mean±S. E.)	Namsan (Mean±S. E.)	Kwangreung (Mean±S. E.)
pH	Litter	6.02±1.03	5.08±0.49	5.05±0.3	5.21±0.21
	Soil	4.76±0.44	4.75±0.16	4.40±0.22	4.82±0.15
pH	Acid rain	5.24±0.14	5.48±0.19	5.24±0.14	5.48±0.19
Oranic matters (%)		12.92±2.31	7.88±0.47	8.90± 2.1	8.47±1.33
Depth(cm)	L layer	2.27±1.28	1.73±0.48	3.99±1.31	5.14±1.18
	F layer	3.04±0.44	1.95±0.14	2.71±1.08	2.19±1.21
	L+F	5.31±0.55	3.69±0.30	6.71±0.65	7.33±1.48

은 것으로 나타났다. 그림 1은 월 강수량과 월평균 기온을 나타내고 있는데 남산과 광릉의 연 강수량은 평균 1,100mm 정도이며, 조사기간 동안의 계절별 강수량은 93년과 94년 두해간의 5월, 8월에는 차이가 없었으나, 10월의 경우에는 많은 강수량의 차이를 보였다. 월 평균기온은 광릉이 남산보다 1°C정도 낮았고, 두 지역의 온도는 5월부터 10월까지 13 ~ 27°C까지의 범위를 보였다. 그리고 두 지역의 연 강수량 패턴과 월평균 온도 변화 패턴은 비슷하게 나타났다(그림 1).

서식밀도 및 분류군별 구성비율

토양중에 서식하는 절지동물에 대하여 Wallwork(1976)는 5군으로 靑木(1980)은 7강 39목으로 분류, 보고하였으며, 최(1984)는 광릉지역의 삼림에서 5강을, 광동(1989)은 백운산에서 6강 18목을 보고하였다. 본 연구에서는 6강에 속하는 절지동물들이 조사되었으며, 표 3 에서와 같이 정리하였다. 토양 미소절지동물들의 평균 서식밀도는 식생별 남산과 광릉을 비교할 때, 침엽수림지역의 경우 광릉이 1.4배 정도 높은 밀도를 나타내었고, 활엽수림지역의 경우에는 1.3배 정도로 두 식생에서 광릉이 남산에 비해서 높은 서식밀도를 보여, 토양 미소절지동물들의 산림생태계내의 역할을 고려할 때 높은 서식밀도를 보이는 광릉지역이 더 건전한 생태계라는 것을 알 수 있다. 그들의 평균 서식밀도는 남산에서 침엽수림지역의 경우 12,143.9/m², 활엽수림지역의 경우 14,121.6/m² 개

체로 활엽수림지역지역에서 조금 높은 밀도를 보였다. 광릉에서는 침엽수림지역의 경우

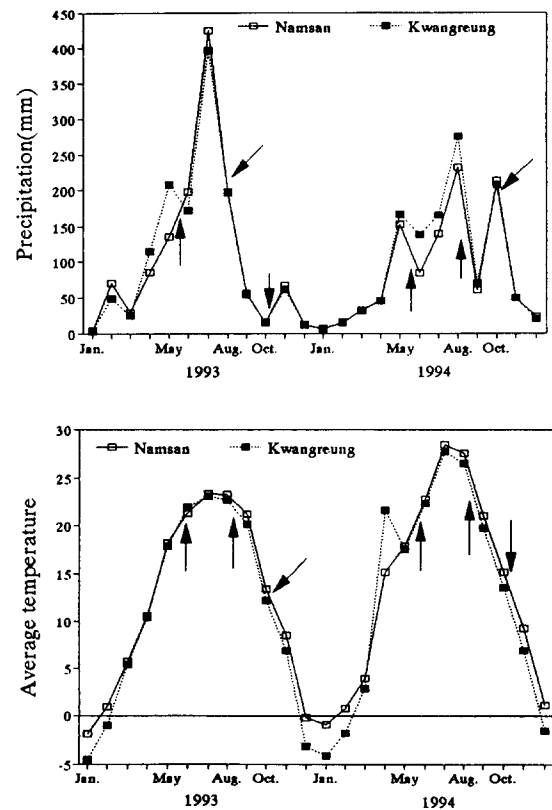


Fig. 1. Average monthly temperature(°C) and monthly precipitation(mm) in Namsan and Kwangreung from January 1993 to December 1994: Arrows(↑) indicate sampling date.

Table 3. Mean population density of soil microarthropods per m² in the coniferous and deciduous forests at Namsan and Kwangreung from 1993 to 1994.

Soil microarthropod	Coniferous forests		Deciduous forests	
	Namsan	Kwangreung	Namsan	Kwangreung
Arthropoda				
Arachnida	7,538.5	12,469.2	8,713.7	12,989.9
Acari	7,505.5	12,375.9	8,524.1	12,764.4
Araneae	27.4	84.9	146.2	191.5
Pseudoscorpion	5.7	8.5	43.4	34.0
Chilopods	103.7	312.2	332.0	298.0
Diplopoda	3.8	15.1	35.8	79.2
Symphyla	11.3	17.0	61.3	89.6
Insecta	4,343.2	4,137.6	4,363.9	4,004.6
Protura	18.9	31.1	25.5	56.6
Collembola	3,715.2	3,226.5	2,580.4	3,204.8
Diptera	114.1	183.0	196.2	143.4
Coleoptera	62.2	114.1	504.6	292.4
Hymenoptera				
Formicidae	435.7	582.9	1,057.3	307.5
Aschelminthes				
Nematoda	25.5	33.0	97.1	131.1
Others	117.9	185.8	348.0	299.9
Total	12,143.9	17,169.8	14,121.6	17,892.6

17,169.8/m², 활엽수림지역의 경우 17,892.6/m² 개체로 비슷한 밀도를 나타내었다.

표 3 에서 분류군별 서식밀도는 전체 조사지에서 거미강과 곤충강이 95%내외의 높은 비율을 보여 절대우점군을 차지하고 있으며, 거미강내 응애목이 전체밀도에서 차지하는 비율은 남산에서는 남산 활엽수림지역이나 광릉 침, 활엽수림지역의 18%에 비해 높은 비율을 보여주었다. 응애목이 절대우점군을 차지하고 있는 본 연구결과는 국내 삼림조사지에서 보고된 최(1984), 광동(1989)의 연구와 일치함을 볼 수 있었다.

남산 침엽수림지역의 경우 거미강이 7,538.5/m², 62.1%를 차지하였고, 곤충강이 4,343.2/m², 35.8%, 이 두군의 합이 11,881.7/m², 87.9%의 절대우위를 나타내었으며, 전체밀도에서 차지하는 분류군별 비율은 응애목 62.1% - 툴레기목 35.8% - 지네강 4.2% - 벌목 개미과 3.6% - 파리유충 0.9% 순으로 나타났다.

남산 활엽수림지역의 경우 거미강이 8,713.7/m², 61.7%였고, 곤충강이 4,363.9/m², 30.9%로 이 두군의 합은 13,077.6/m², 92.6%를 나타내었으며, 전체

60%내외, 광릉에서는 70%내외로 광릉에서 응애목이 차지하는 비가 높게 나타났다. 곤충강에서 툴레기목은 남산 침엽수림지역이 35%정도를 보여 밀도에서 차지하는 분류군별 비율은 응애목 60.4% - 툴레기목 18.3% - 벌목 개미과 7.5% - 딱정벌레목 3.6% - 지네강 2.4% - 파리유충 1.38% 순으로 나타났다.

광릉 침엽수림지역에서는 거미강이 12,469.2/m², 72.6% 였고, 곤충강이 4,137.6/m², 24.1%로 이 두군의 합이 16,606.8/m², 96.7%로 절대우위를 나타내었으며, 전체밀도에서 차지하는 분류군별 비율은 응애목 72.1% - 툴레기목 18.8% - 벌목 개미과 3.4% - 지네강 1.8% - 파리유충 1.1% - 딱정벌레목 0.7% 순으로 나타났다.

광릉 활엽수림지역에서는 거미강이 12,989.9/m², 72.6%, 곤충강이 4,004.6/m², 22.4%로 이 두군의 합이 16,994.5/m², 95.0%로 절대우위를 나타내었으며, 전체밀도에서 차지하는 분류군별 비율은 응애목 71.3% - 툴레기목 17.9% - 벌목 개미과 - 1.7% - 지네강 1.6% - 딱정벌레목 1.6% - 거미목 1.1% - 파리유충 0.8% 순으로 나타났다.

생물량 및 분류군별 구성비율

본 연구에서 평균 생물량은 남산에서 침엽수림 지역 2020.219mg/m², 활엽수림지역 4270.172mg/m² 으로 나타났고, 광릉에서는 침엽수림지역 3287.326mg/m², 활엽수림지역 4326.1mg/m² 으로

나타나 침엽수림지역에 비하여 활엽수림지역에서 남산과 광릉 각각 2.1배, 1.3배 정도로 높게 나타났다(표 4). 그리고 남산에 비하여 광릉지역이 평균 1.7배 이상 높은 토양절지동물의 생물량을 보여 주어 평균서식밀도와 일치된 결과를 보였다.

Table 4. Mean biomass(mg) of soil microarthropods per m² in the coniferous and deciduous forests at Namsan and Kwangreung from 1993 to 1994.

Soil microarthropod	Coniferous forests		Deciduous forests	
	Namsan	Kwangreung	Namsan	Kwangreung
Arthropoda				
Arachnida	786,837	1,592.02	1,733,728	2,386.0
Acari	588,666	981,028	668.8	1,001.5
Araneae	195,663	607.23	1,045.7	1,369.6
Pseudoscorpion	2,508	3,762	19,228	15.0
Chilopods	142.67	429,307	456.5	409.9
Diplopoda	11,196	44,784	106.3	235,116
Symphyla	0,984	1,476	5.3	7.8
Insecta	1,078,254	1,229,636	1,928,154	1,286.92
Protura	0.04	0,066	0,054	0.12
Collembola	551.04	478.94	383	475.7
Diptera	213,806	341,978	367.5	268.6
Coleoptera	80.52	147.58	612.7	378.2
Hymenoptera				
Formicidae	232,848	261,072	564.9	164.3
Aschelminthes	0,0488	0,063	0.19	0.3
Nematoda				
Others	- *	-	-	-
Total	2,020,219	3,287,326	4,270,172	4,326.1

-* : Values not presented by Edwards(1967) and Kwak et al.(1989).

분류군별 생물량

광릉(1989)은 서식밀도에서 최대우점군이 거미강과 곤충강의 생물량이 전체생물량의 92.6% 를 차지한다고 보고하였는데, 본 조사에서 최대우점군의 전체 생물량에 있어서 비율은 85% ~ 92% 까지 나타났고, 침엽수림지역에서는 응애목, 활엽수림지역에서는 거미목이 가장 높은 비율을 차지하였다.

남산 침엽수림지역의 경우 거미강이 786.837mg, 38.9% 를 차지하였고, 곤충강이 1078.254mg, 53.4% 를 차지하여 이두군이 1865.091mg, 92.3% 를 차지하여 다수를 이루고 있으며, 전체 생물량에서 차지하는 비율은 응애목 29.1% - 툴레기목 27.3% - 벌목 개미과 11.5% - 파리유충 10.6% - 거미목 9.7% - 지네강 7.1% - 딱정벌레목 3.9%

순이었다.

남산 활엽수림지역의 경우 거미강이 1733.728mg, 40.6% 를 차지하였고, 곤충강이 1928.154mg, 45.2% 를 차지하여 이 두군이 3661.882mg, 85.8% 를 차지하여 다수를 이루고 있으며, 전체 생물량에서 차지하는 비율은 거미목 24.5% - 응애목 15.7% - 딱정벌레목 14.3% - 벌목 개미과 13.2% - 지네강 10.7% - 파리유충 10.6% - 툴레기목이 9.0% - 파리유충 8.6% - 노래기강 2.5% 순이었다.

광릉 침엽수림지역의 경우 거미강이 1592.02mg, 48.4% 를 차지하였고, 곤충강이 1229.636mg, 37.4% 를 차지하여 이두군이 2821.656, 85.8% 를 차지하여 다수를 이루고 있으며, 전체 생물량에서 차지하는 비율은 응애목 29.8% - 거미목 18.5% - 툴레기목 14.6% - 지네강 13.1% - 파리유충

10.4% - 벌목 개미과 7.9% - 딱정벌레목 4.5% 순이었다.

광릉 활엽수림지역의 경우 거미강이 2386mg, 55.2% 를 차지하였고, 곤충강이 1286.92mg, 29.7% 를 차지하여 이두군이 3672.92mg, 84.9% 를 차지하여 다수를 이루고 있으며, 전체생물량에서 차지하는 비율은 거미목이 31.7% - 응애목 23.2% - 툴레기목 11.0% - 지네강 9.5% - 딱정벌레목 8.7% - 파리유충 6.2% - 노래기강 5.4% - 벌목 개미과 3.3% 순이었다.

이러한 결과들은 이와 최(1982)의 피아골 극상림의 보고에서의 툴레기목 3117.81mg/m², 응애목 1479.73mg/m² 결과와 비교하면 남산, 광릉의 생물량이 다소 낮음을 알 수 있었다.

계절별 밀도변동

지상 및 토양온도, 강수량등과 밀접한 관련을 맺고 있는 토양 미소절지동물의 계절적 밀도변동은 표 5, 6에서 보는 것처럼 전체적으로 봄에 안정적인 최고밀도를 볼 수 있었고, 여름과 가을에는 식생별, 조사지별로 다른 밀도 변동양상을 보였다. 표 5의 침엽수림의 경우에는 남산에서 93년 10월에 3,383/m² 로 최저밀도를 보였고, 94년 5월에 19,366.2/m² 로 최고밀도를 기록하였는데, 대체로 두해에 걸쳐 봄과 여름에는 비슷한 밀도를 보인 반면, 가을에는 다소 낮은 밀도를 나타내었고, 93년의 가을의 밀도는 94년과 비교해서 매우 낮았다. 광릉에서는 역시 93년 10월에 11,295.0/m²로 최저밀도, 94년 5월에 26,545.6/m² 로 최고밀도를 보였고, 93년 가을의 밀도는 94년과 비교해서 매우 낮은 밀도를 보여 남산과 일치하였다.(표 5). 표 6의 활엽수림의 경우에는 남산에서 93년 5월에 6,507.7/m² 로 최저밀도를 보였고, 94년 8월에 28,843.1/m² 로 최고밀도를 기록하였는데, 두해에 걸쳐 여름에 최고밀도를 기록하는 패턴을 보였다. 광릉에서는 역시 93년 10월에 9,054.1/m² 로 최저밀도, 94년 5월에 30,144.6/m² 로 최고밀도를 보였고, 93년 가을의 밀도는 94년과 비교해서 매우 낮은 밀도를 보여 침엽수림에서 보였던 결과와 일치하였다(표 6).

이러한 결과는 가을과 봄에 2차례의 최고 밀도를 보였던 국내에서 보고된 최(1984), 광동(1990)

의 연구와는 봄에는 최고밀도를 나타내어 일치하지만 가을에는 다소 일치하지 않았는데, 이는 그림 1의 강수량 자료에서와 같이 93년 가을에 심한 가뭄으로 인한 적정 수분공급미달로 인하여 토양 미소절지동물들의 사망률의 증가와 생식력의 격감을 초래했을 것으로 고려할 수가 있었고, 이들의 계절적 변동에 수분이 많은 영향을 미친다는 Davis(1963)의 보고에서도 근거를 찾아 볼 수 있다. 그리고 기상요인의 악화가 주는 영향은 표 5, 6에서 보듯이 광릉지역보다 환경적인 스트레스에 시달리는 남산에 서식하는 토양절지동물들의 밀도에 더 크게 작용하여 밀도를 감소시킴을 볼 수 있다.

분류군별 밀도변동 양상은 전체 밀도변동과 본 연구에서 많은 비율을 차지하는 응애목이 잘 일치하였고, 툴레기류의 경우에는 전체 조사지에서 봄과 가을에 두차례의 뚜렷히 높은 밀도를 나타내었고, 여름에 다소 낮은 밀도양상을 나타내었다.

수직분포

토양 미소절지동물의 부엽과 토양에서 수직분포는 그림 2 에서 보는 것 처럼 전체밀도의 60 ~ 70% 가 부엽층에 분포하였고, 토양층에서는 30 ~ 40% 가 분포하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 부엽이 서식지의 먹이 등의 조건이 양호하여 유기물이 많은 상층부가 조사기간 중의 토양 미소절지동물의 생존에 더 적합한 것으로 생각할 수 있다(Wallwork, 1976).

Wallwork(1959)는 토양 미소절지동물의 수직분

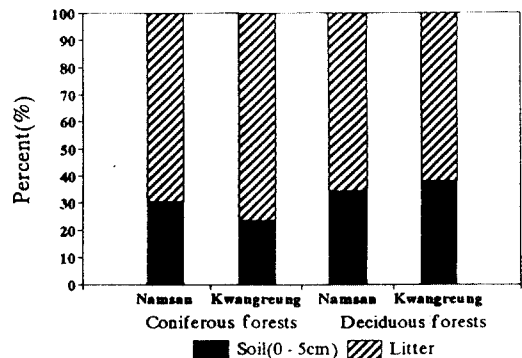


Fig. 2. Vertical distribution of soil microarthropods in the litter (▨) and soil (■) layer Namsan and Kwangreung.

Table 5. Seasonal population density of soil microarthropods per m² in the coniferous forests at Namsan and Kwangreung

Soil microarthropod	Namsan						Kwangreung					
	1993			1994			1993			1994		
	late May	early Aug.	early Oct.	late May	early Aug.	early Oct.	late May	early Aug.	early Oct.	late May	early Aug.	early Oct.
Arthropoda												
Arachnida	6,026.7	10,231.2	1,918.3	8,839.1	11,181.9	7,033.9	12,047.7	9,444.6	5,546.7	16,156.0	13,337.9	18,283.7
Acari	6,015.3	10,225.5	1,890.1	8,839.1	11,097.0	6,966.0	12,036.3	9,405.0	5,409.8	16,071.1	13,275.6	18,057.3
Araneae	11.3	5.7	28.3	0.0	56.6	62.2	11.3	34.0	124.5	62.2	62.2	215.0
Pseudoscorpion	0.0	0.0	0.0	0.0	28.3	5.7	0.0	5.7	11.3	22.6	0.0	11.3
Chilopods	45.3	56.6	107.5	147.1	232.0	34.0	84.9	226.4	226.4	498.0	56.6	780.9
Diplopoda	0.0	11.3	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	17.0	0.0	50.9	11.3	11.3
Symphyla	28.3	34.0	5.7	0.0	0.0	0.0	17.0	67.9	17.0	0.0	0.0	0.0
Insecta	3,638.6	1,018.6	1,692.0	10,321.7	6,400.1	2,987.9	3,446.2	1,363.8	5,245.7	9,455.9	2,008.9	3,304.8
Protura	0.0	0.0	0.0	39.6	62.2	11.3	0.0	0.0	0.0	152.8	0.0	34.0
Collembola	3,576.4	537.6	1,131.6	9,025.8	5,228.8	2,772.8	3,327.4	814.9	4,713.8	6,717.0	1,556.2	2,229.6
Diptera	5.7	435.7	90.5	107.5	17.0	28.3	50.9	345.2	124.5	430.1	39.6	107.5
Coleoptera	5.7	22.6	28.3	34.0	209.4	73.6	11.3	11.3	215.0	271.6	90.5	84.9
Hymenoptera												
Formicidae	50.9	22.6	441.4	1,114.8	882.8	101.9	56.6	192.4	192.4	1,884.4	322.6	848.8
Aschelminthes	34.0	5.7	96.2	5.7	11.3	0.0	39.6	34.0	107.5	17.0	0.0	0.0
Nematoda												
Others	34.0	73.6	16.4	22.6	469.7	5.7	254.6	141.5	152.8	367.8	124.5	62.2
Total	9,806.8	2,020	3,983.8	19,336.2	18,300.7	10,067.1	15,890.0	11,306.3	11,295.0	26,545.6	15,539.2	22,442.9

Table 6. Seasonal population density of soil microarthropods per m² in the deciduous forests at Namsan and Kwangreung

Soil microarthropod	Namsan						Kwangreung					
	1993			1994			1993			1994		
	late May	early Aug.	early Oct.	late May	early Aug.	early Oct.	late May	early Aug.	early Oct.	late May	early Aug.	early Oct.
Arthropoda												
Arachnida	2,982.2	9,223.9	5,330.6	10,831.0	18,051.7	5,862.6	6,739.7	11,006.4	5,687.1	22,493.1	16,512.5	15,194.0
Acari	2,925.6	9,156.0	5,206.1	10,791.4	17,299.1	5,766.4	6,688.7	10,949.8	5,460.8	22,261.9	16,110.7	14,809.2
Araneae	22.6	45.3	107.5	11.3	633.8	56.6	50.9	56.6	203.7	181.1	322.6	333.9
Pseudoscorpion	34.0	22.6	17.0	28.3	118.8	39.6	0.0	0.0	22.6	50.9	79.2	50.9
Chilopods	186.7	226.4	124.5	492.3	582.9	379.1	113.2	254.6	305.6	616.8	192.4	305.9
Diplopoda	11.3	28.3	34.0	0.0	118.8	22.6	17.0	56.6	17.0	5.7	282.9	107.5
Symphyla	17.0	215.0	135.8	0.0	0.0	0.0	5.7	322.6	209.4	0.0	0.0	0.0
Insecta	2,801.7	2,755.9	3,259.6	4,849.6	9,461.6	3,055.8	3,384.0	2,139.0	2,563.5	6,230.4	4,589.3	5,121.2
Protura	0.0	0.0	0.0	84.9	39.6	28.3	0.0	0.0	0.0	209.4	124.5	5.7
Collembola	1,697.7	1,731.6	2,274.9	3,610.3	4,300.7	1,867.5	3,061.4	1,516.6	1,765.6	5,098.6	3,451.9	4,334.7
Diptera	17.0	701.7	299.9	107.5	28.3	22.6	56.6	537.6	152.8	39.6	45.3	28.3
Coleoptera	39.6	220.7	277.3	124.5	1,991.9	373.5	67.9	73.6	498.0	328.2	339.5	447.0
Hymenoptera												
Formicidae	1,046.9	101.9	407.3	922.4	3,101.0	763.9	198.1	11.3	147.1	554.6	628.1	305.6
Aschelminthes	147.1	135.8	73.6	17.0	305.6	0.0	328.2	243.3	107.5	90.5	45.3	0.0
Nematoda												
Others	362.2	305.6	384.8	362.2	322.6	254.6	367.8	192.4	164.1	198.1	594.2	254.6
Total	6,507.7	12,834.2	9,342.7	16,552.1	28,843.1	9,574.7	10,955.5	14,203.7	9,054.1	30,144.6	22,216.6	21,288.5

포는 일반적으로 여름에는 부엽층에서 대부분 분포하고, 겨울에는 토양층으로 내려간다고 보고하였는데, 본 연구에서 이들의 계절별 수직분포 양상은 조사시기가 봄에서 가을까지만하여 토양온도에 아주 민감하게 반응하여 부엽층과 토양층간의 이동이 활발했을 것이라고는 생각되지 않는다. 그림 3의 침엽수림의 경우에 있어서 남산조사지의 수직분포는 93년 10월에 토양층에서 밀도가 70%까지 증가하였는데, 그림 2의 전체 수직분포 패턴과는 다른 모습을 보여준다. 이와 비슷한 결과를 그림 4의 활엽수림에서도 볼 수 있는데, 수분부족으로 인한 부엽층의 먹이조건 등이 나빠져 전체적으로 밀도가 낮은 상태에서 토양층의 밀도비율이 부엽층에 비해 상대적으로 높게 나타난 것으로 유추해볼 수 있다. 그림 3의 광릉에서는 대체로 부엽층에서 높은밀도를 보여 주는 전체적인 수직분포와 비슷한 양상을 보여 주었다. 그림 4의 활

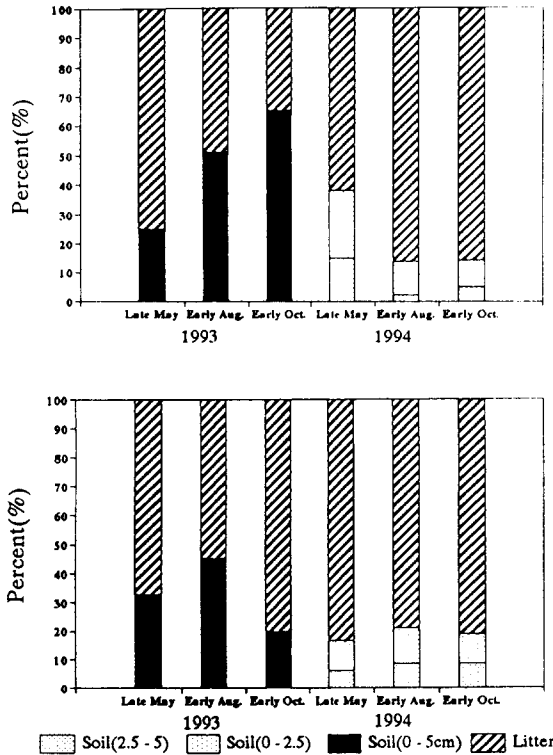


Fig. 3. Seasonal fluctuations in vertical distribution of soil microarthropods in the litter and soil layer at Namsan(upper) and Kwangreung(bottom) coniferous forests.

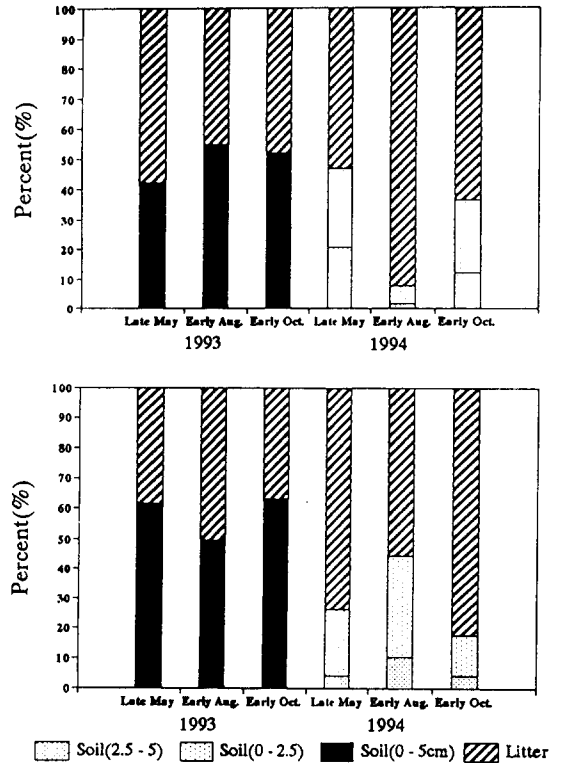


Fig. 4. Seasonal fluctuations in vertical distribution of soil microarthropods in the litter and soil layer at Namsan(upper) and Kwangreung(bottom) deciduous forests.

엽수림의 경우에는 남산과 광릉 두지역다 침엽수림과는 다른 양상을 보여주었는데, 부엽층과 비교해서 토양층에서 다소 높은 밀도를 보여주고 토양 내에서는 깊이 내려갈수록 밀도가 감소하는 일차된 결과를 보여주었다.

적 요

환경적인 도태압을 많이 받아 생태계가 훼손되어 있는 지역으로서 남산과 비교적 잘 보존된 생태계로 간주되어온 광릉수목원의 토양 미소절지 동물상을 파악하기 위하여 연구를 수행하였다.

남산과 광릉의 기초 입지 환경조사는 산성비와 대기오염 물질 등에 의한 토양 산성화가 남산에 더 가속화 되어 산도가 광릉에 비하여 더 낮았으며 유기물의 분해, 전환속도 역시 낮은 것으로 나

타났다.

평균 서식밀도는 광릉지역의 경우, 침엽수림 17,169.8/m², 활엽수림 17,892.6/m² 으로 나타나 남산지역에서의 침엽수림 12,143.8/m², 활엽수림 14,216/m² 밀도보다 풍부함을 보여주었다. 평균 생물량은 남산 침엽수림 2,020.219mg/m², 남산 활엽수림 4,270.172mg/m², 광릉침엽수림 3,287.326 mg/m², 광릉 활엽수림 4,326.1mg/m²을 보여주었다.

계절적 밀도 변동은 봄에 안정적인 높은 밀도를 나타내었고, 다른 계절에서는 강수량에 따라 다른 밀도변동 양상을 보여주었다.

토양 미소절지동물의 수직분포는 상층부인 부엽층에서 전체밀도의 70%, 토양층에서 30% 정도가 존재하였고 토양 아래로 내려갈수록 감소하였다.

검색어 : 토양미소절지동물, 남산, 광릉

인 용 문 헌

- 崔星植. 1984. 光陵地域の土壤微小節肢動物相分析에 관한 연구. 圓光大學校 論文集 18 : 185~235.
- 郭峻洙, 崔貞植, 朴魯豊, 崔星植, 金泰興, 金台榮. 1989. 서울大 光陽練習林內 土壤微小節地動物에 관한 연구. 4. 土壤微小節地動物과 棲息環境과의 關係. 韓生態誌. 12 : 203~208.
- 郭峻洙, 崔星植, 金泰興, 趙亨燦. 1990. 서울大 光陽練習林內 土壤微小節地動物에 관한 연구. 5. 垂直分布와 季節的 變動. 韓生態誌. 13(1) : 25~32.
- 이병훈, 최영연. 1982. 피아골 극상림의 토양 소동물의 밀도와 생물량 - 절지동물과 선충의 조사. 한국자연보존협회의회조사보고서 21 : 163~177.
- Chiba, S., T. Abe, J. Aoki, G. Inadata, K. Ishikawa, M. Kondoh, M. Shiba, H. Watanable. 1975. Studies on the productivity of soil animals in Pasoh forest reserve, West Malaysia I. Seasonal change in the density of soil mesofauna : Acari, Collembola and others. Sc. Rep. Hirosaki Univ. 22(2) : 87~124.
- Davis, B. N. K. 1963. A study of microarthropod communities in mineral soils near Corby, Northants. J. Anim. Ecol. 32 : 49~71.
- Edwards, C. A. 1967. Relationships between Weights, Volumes and numbers of soil animals. In Progress in Soil Biology, O.L. Graff and J. E. Satchell (eds.), pp. 585~594.
- Edwards, C. A. and K. E. Fletcher. 1971. A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods. pp. 150~185. In J. Phillipson (eds.), Methods of study in quantitative soil ecology : population, production and energy flow. Blackwell scientific publications.
- Gill, R. W. 1969. Soil microarthropod abundance following old-field litter manipulation. Ecology 50 : 805~816.
- Hesse, P. R. 1971. A textbook of soil chemical analysis. Chemical Publishing Co., New York. pp. 209~211.
- Macfadyen, M. 1961. Improved funnel-type extractors of soil arthropods. J. Anim. Ecol. 30 : 171~184.
- Macfadyen, M. 1962. Soil arthropod sampling. Advances in Ecological Research, 1 : 1~34.
- Schaefer, M. 1991. The animal community : Diversity and resources. In Ecosystem world. VII. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam pp. 51~120.
- Wallwork, J. A. 1959. The distribution and dynamics of some forest soil mites. Ecology 40 : 557~563.
- Wallwork, J. A. 1976. The distribution and diversity of soil fauna. Academic Press. London. 331 pp.

(1996년 3월 13일 접수)