

침엽수와 활엽수 산림에서 산불 후 토양화학적 및 토양미생물학적 특성 변화

김 종 갑 · 오 기 철*

경상대학교 산림과학부, 농어촌개발연구소*

적 요: 침엽수림과 활엽수림의 산불지역에서 토양환경의 회복과정을 살펴보기 위해, 산불발생 후 시간이 경과함에 따른 토양화학적 성질과 토양미생물 변화를 조사하였다. 활엽수림인 삼신봉 지역 산화지에서의 산불직후 토양의 화학적 성질은 pH 5.8, 유기물량 7.42%, 전질소량 0.37%, 유효인산량 28.5 mg/kg, 치환성양이온인 K⁺이 1.3 me/100g, Ca⁺⁺이 13.3 me/100g, Mg⁺⁺이 2.2 me/100g로 나타났으나 시간이 경과할수록 감소하는 경향이었으며, 비산화지에서는 시간 경과에 따른 변화폭이 적었다. 침엽수림인 촛대산 산불지역에서 산불직후 토양의 화학적 성질은 pH 5.3, 유기물량 6.42%, 전질소량 0.25%, 유효인산량 24.4 mg/kg, 치환성양이온인 K⁺이 0.7 me/100g, Ca⁺⁺이 3.7 me/100g, Mg⁺⁺이 2.1 me/100g로 각각 나타났으며, 시간이 경과할수록 역시 감소하는 경향이 있었다. 활엽수림인 삼신봉 산불지역의 토양미생물은 호기성균 291×10⁴ CFU/菌, 방선균 523×10⁴ CFU/菌, 진균 691×10⁴ CFU/菌으로 진균의 개체수가 비교적 높게 나타났으며, 비산불지역에서는 호기성균 160×10⁴ CFU/菌, 방선균 745×10⁴ CFU/菌, 진균 594×10⁴ CFU/菌으로 방선균의 개체수가 높게 나타났다. 침엽수림인 촛대산 산불지역에서는 호기성균 350×10⁴ CFU/菌, 방선균 434×10⁴ CFU/菌, 진균 676×10⁴ CFU/菌으로 진균의 개체수가 비교적 높게 나타났으며, 비산불지역에서는 호기성균 328×10⁴ CFU/菌, 방선균 319×10⁴ CFU/菌, 진균 461×10⁴ CFU/菌으로 진균의 개체수가 높게 나타났다. 토양미생물은 호기성균, 방선균, 진균 모두 비산불지역 보다 산불지역에서 많이 나타났다. 본 조사지역에서 호기성균은 활엽수림보다 침엽수림에서 많게 나타났으며, 방선균과 진균은 침엽수림보다 활엽수림에서 많이 나타났다.

검색어: 방선균, 산불, 진균, 토양미생물, 토양화학적 성질, 호기성균

서 론

산불은 우리 주변에서 볼 수 있는 산림생태계의 교란요인 중의 하나로서, 식물군집과 토양의 이화학적 성질에 영향을 미치는데, 산불의 강도와 지속기간, 토양 수분함량, 산불의 발생시기, 산불 후 강우 강도 등에 따라 많은 차이가 있으며 (Chandler *et al.* 1983), 일시적으로 토양의 영양염류의 함량을 증가시키는 것으로 알려져 있다 (Wagle and Kitchen 1972, Lewis 1974, Wright and Bailey 1982). 토양속에 증가된 영양염류는 산불발생 후 용탈에 의해 상당량이 소실되며 (Grier and Cole 1971, Hobbie and Likens 1973, Boerner and Forman 1982), 일부는 복원재생되는 식생에 흡수되기도 한다. 정과 김 (1987)은 소나무림에 산불이 발생한 후 1년간 토양과 유출수의 pH, 전기전도도 및 영양염류의 변화를 조사하여 산불이 토양에 미치는 영향을 조사한 바 있다.

산림토양 관리에 우선적으로 고려되어야 할 분야는 토양의 물리·화학적 성질이지만 앞으로는 토양미생물 분야에도 큰 비중을 두어야 할 것이다. 그 이유는 자연이라는 생태계는 생물이 존재하여야 하며, 생태계가 정상적으로 유지되기 위해서는 물질순환이 효율적으로 진행되어야 하는데, 이 과정에서 토양미생물이 깊이 관여하고 있기 때문이다. 지금까지의 토양미생물에 대한 국내 연구동향을 살펴보면 단편적이며 주로 응용적

인 면에 치우쳐 수행되어 왔다. 그러나 앞으로는 토양미생물학이 추구하는 분야를 재인식하고, 환경보전이라는 관점에서 토양의 질을 생물학적으로 평가할 수 있는 방법 모색에 적극적인 자세로 접근하여야 할 것이다. 올바른 토양관리를 위해서는 토양환경에 관련된 모든 요인을 종합적으로 평가할 수 있는 방법이 무엇인지 체계적인 연구가 수행되어야 한다. 토양미생물을 이용하는 방법으로서 토양미생물의 밀도, 호흡량, 효소활성 그리고 미생물체량 (Vance *et al.* 1987) 등 다양한 연구가 이루어지고 있다.

따라서 본 연구는 산불 발생후 토양생태계 회복에 중요한 토양미생물의 피해와 회복상태가 산림생태계에 미치는 영향이 활엽수림과 침엽수림에 따라 차이가 있을 것으로 사료되어 산불발생후 시간의 경과에 따른 토양화학적 성질 및 토양미생물의 개체수 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

조사지 개황

본 연구 대상지는 산불이 발생한 활엽수림 지역과 침엽수림 지역으로 구분하여 토양 환경변화에 대하여 조사하였다. 활엽수림의 조사지역은 행정구역상 경남 하동군 청암면, 화개면과 산청군 시천면으로 3개 면의 경계지역인 지리산 삼신봉 (해발 1,284 m) 지역이다 (Fig. 1A). 삼신봉지역은 1997년 10월 21일

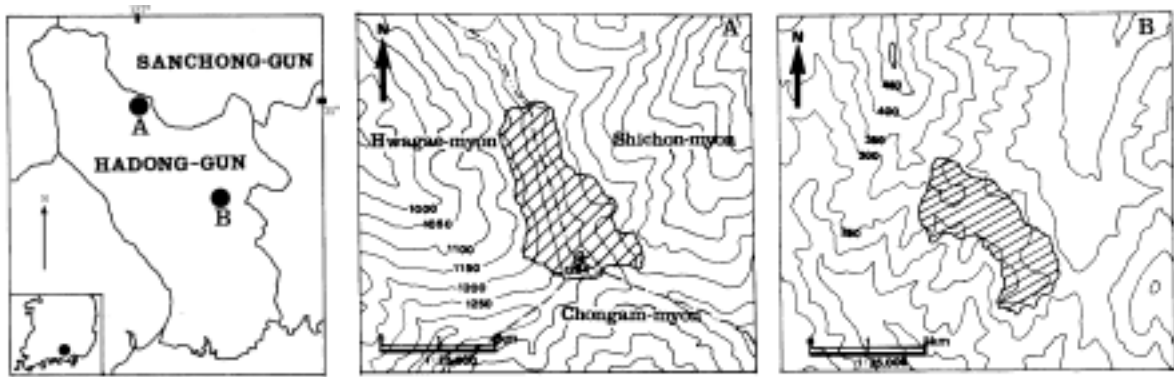


Fig. 1. Map showing the investigated sites. A : Samsinbong in Mt. Chiri, B : Mt. Chocdae.

해발 1,200 m에서 등산객의 실화로 추정되는 산불이 발생하여 청암면 청학동, 산청군 시천면 내대리 거림마을 등의 세 방향으로 번져 지리산 국립공원내 삼신봉 주변의 임야 약 40 ha가 소실되었다. 활엽수림인 삼신봉지역의 임상은 교목층에 신갈나무, 노각나무, 산벚나무 등이 우점하고 있었으며, 관목층은 전 지역에 걸쳐 조릿대가 우점하였다. 침엽수림의 조사지역은 경남 하동군 횡천면 전대리 산 144번지에 위치한 촛대산(해발 450 m)으로, 1997년 4월 12일 해발 250 m에서 산불 발화로 인하여 약 30 ha의 산림이 소실되었다. 침엽수림인 촛대산의 교목층은 소나무가 우점하고 있는 가운데 아교목층에 떡갈나무, 때죽나무, 진달래 등이 출현하고 있었다. 이 두 지역 모두 지표화와 수관화가 동시에 발생하였다.

산불지역의 기후인자 중 평균강우량을 살펴보면, 1997년 8, 9, 10월 3개월 동안 5 mm(기상청 1997)의 강우량을 보여 지표면과 대기가 매우 건조하였으며, 1998년 7월과 8월 2개월 동안 6,895 mm(기상청 1998)의 집중성 폭우현상이 나타났다.

연구방법

토양의 화학적 성질

토양 화학적 성질과 토양미생물의 변화상태를 분석하기 위한 토양시료는 산불이 발생한 지역 중 활엽수림과 침엽수림을 대표할 수 있는 지역에 10×10 m 방형구를 5지점을 선정하여 각 방형구에서 낙엽층을 제거한 후 깊이 10 cm에서 강철각통(10×10×5 cm)을 사용하여 채취하였으며, 총 8회에 걸쳐 pH, 전질소 함량, 유기물함량, 유효인산함량, 치환성 양이온을 측정하였다.

pH는 초자전극법(시료 : 증류수 = 1 : 5)으로 pH meter (Consort-C831)로 측정하였고, 토양중의 전질소함량은 Kjeldahl법, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산함량은 Lancaster법, 치환성 양이온 함량은 1N-ammonium acetic acid를 혼합·진탕한 후 여과하여 원자흡광분광광도계(Sesia-AA-680)로 측정하였다(농업기술 연구소 1988).

토양미생물

채취한 시료를 2 mm 체로 친 후 100 g씩 정량하여 진탕기(36-sin-90)로 증류수와 혼합시킨 후, 희석평판법(10^{-4})에 의해 출현한 미생물(aerobic bacteria, actinomycetes, fungi)을 분류하였다. 토양미생물 분석에 사용된 배지는 다음과 같다.

Aerobic Bacteria ; egg-albumin agar medium (Dindal 1990).

Actinomycetes ; Starch casein medium (Kuster 1966).

Fungi ; Rose-bengal agar medium (Dindal 1990).

결과 및 고찰

임상별 토양의 화학적 성질 변화

활엽수림 지역

활엽수림 삼신봉 지역의 산불지역과 비산불지역에 대한 토양의 계절별 화학적 성질 변화를 살펴보면 Table 1과 같다. 활엽수림 삼신봉의 산불지역과 비산불지역에 대한 토양의 pH를 비교하여 보면, 산불지역의 pH가 높게 나타나 산불이 토양의 pH를 증가시킨다는 Austin과 Baisinger (1955), Douglas와 Ballard (1971), 차 (1981), 이 등 (1988)의 보고와 유사한 결과를 보였다. 초지에서의 불은 대부분 토양의 pH를 증가시키는데, 이는 식물이 타고난 뒤 재(ash)속에 함유된 염기성 물질인 K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} 등이 농축되었기 때문이다(Daubenmire 1968, 박과 김 1981). 유기물 함량은 산불지역 7.42%, 비산불지역 2.92%로 산불지역이 높게 나타났다. 이는 산불로 인한 토양내 유기물함량은 산불발생 전보다 증가 또는 감소한다는 보고를 종합해 볼 때 낙엽 및 유기물의 불완전연소 및 유기물의 양과 토양 등의 여러요인에 따라 유기물함량이 다양하게 변화하고 있음을 나타내고 있다. 우와 이 (1989)는 토양의 pH와 토양유기물함량은 산불발생 직후 일반적으로 증가하였다가 시간이 경과함에 따라 차츰 감소한다고 보고한 바 있다.

Table 1. Monthly changes of soil chemical properties at the burned and unburned areas in Mt. Samsinbong

	Burned areas							Unburned areas						
	pH (1:5)	O.M. (%)	T.N. (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-cation (me/100g)			pH (1:5)	O.M. (%)	T.N. (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-cation (me/100g)		
					K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺					K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
97.Oct.	5.8±0.1	7.42±0.19	0.37±0.07	28.5±1.2	1.3±0.03	13.3±1.1	2.2±0.1	4.0±0.2	2.92±0.21	0.21±0.03	14.3±1.3	0.4±0.02	3.2±0.4	1.9±0.6
97.Nov.	5.6±0.2	5.16±0.15	0.35±0.05	24.2±1.1	1.2±0.02	12.7±1.0	4.6±0.3	4.0±0.3	2.34±0.19	0.21±0.05	14.2±1.4	0.5±0.01	5.1±0.3	2.3±0.2
98.Apr.	5.2±0.1	3.82±0.18	0.32±0.04	17.3±1.0	1.3±0.06	11.8±1.0	3.8±0.2	4.1±0.1	2.81±0.16	0.22±0.04	12.2±1.1	0.7±0.04	6.8±0.5	3.5±0.5
98.Jun.	5.2±0.3	3.44±0.12	0.31±0.07	9.6±1.1	1.2±0.02	11.0±1.3	8.2±0.1	4.0±0.2	2.52±0.23	0.23±0.06	12.6±1.6	0.7±0.01	11.9±0.2	3.6±0.3
98.Aug.	4.8±0.2	1.85±0.21	0.29±0.04	7.9±1.2	1.2±0.01	10.5±1.2	3.3±0.1	3.9±0.1	2.31±0.23	0.19±0.07	11.2±1.2	0.7±0.03	0.7±0.6	4.6±0.8
98.Oct.	4.7±0.1	1.34±0.31	0.29±0.03	8.1±0.9	0.8±0.03	5.8±0.9	2.0±0.3	4.1±0.1	2.41±0.22	0.21±0.05	11.9±1.1	0.6±0.02	4.4±0.2	2.2±0.2

※ O.M. : Organic Matter, T.N. : Total Nitrogen

산불지역의 전질소 함량은 0.37%, 비산불지역 전질소 함량은 0.23%로 산불지역이 높게 나타났는데, Ahlgren (1960)은 토양내 질소는 산불로 인해 증감되는데, 증가하는 경우는 산불이 토양내에서 질소고정박테리아의 작용을 촉진하는 데 그 원인이 있다고 보고한 바 있다. 유효인산은 산불지역 28.5 mg/kg, 비산불지역 14.3 mg/kg으로 산불지역이 높게 나타났다. 치환성 양이온인 K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺은 산불지역 1.3 me/100g, 13.3 me/100g, 2.2 me/100g, 비산불지역 0.4 me/100g, 3.2 me/100g, 1.9 me/100g로 산불지역이 각각 높게 나타났다. 치환성 양이온은 산불발생 후 증가 하였다가 점차 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 식물이 산화에 의해 회분화된 양료가 토양에 추가되기 때문인 것으로 생각된다.

침엽수림지역

침엽수림인 촛대산 지역의 산불지역과 비산불지역에 대한 계절별 토양의 화학적 성질 변화를 살펴보면 Table 2와 같다. 침엽수림인 촛대산 지역의 산불지역과 비산불지역의 토양 pH는 산불지역이 높게 나타났으며, 유기물 함량은 산불지역이

6.42%, 비산불지역이 2.82%로 산불지역보다 높은 값을 나타내었다. 산불지역의 전질소 함량은 0.25%, 비산불지역 전질소 함량은 0.19%로 산불지역이 높게 나타났으며, 유효인산은 산불지역이 24.4 mg/kg, 비산불지역이 16.9 mg/kg로 산불지역이 높게 나타났다. 치환성 양이온인 K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺은 산불지역이 0.7 me/100g, 3.7 me/100g, 2.1 me/100g, 비산불지역이 0.4 me/100g, 1.0 me/100g, 1.4 me/100g로 산불지역이 각각 높게 나타났다. 산불발생 후 표토층의 토양 pH가 높아지는 것은 재의 발생으로 증가되는 치환성 양이온 때문인 것으로 알려져 있다 (이 등 1988, Debano 1991, 문과 정 1996). 산불지역에서 토양 pH의 증가는 토양내 여러 가지 미생물의 활동을 활발하게 하여 질소, 황, 인산, 칼륨 등 임목생장에 관계되는 여러 가지 양분의 유효도를 증가시켜 (Reich *et al.* 1990), 새로이 침입된 식물 및 재생된 임목의 생장에 상당한 도움을 주는 것으로 생각된다. 그러나 적은 양의 강우에도 염기성 양료의 용탈이 심하게 일어나기 때문에 산불지역내 토양 pH의 증가는 짧은 기간 동안에 한정될 수밖에 없을 것으로 추정된다.

산불지역에서 유기물은 감소하거나(Covington and Sackett

Table 2. Monthly changes of soil chemical properties at the burned and unburned areas in Mt. Chocdae

	Burned areas							Unburned areas						
	pH (1:5)	O.M. (%)	T.N. (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-cation (me/100g)			pH (1:5)	O.M. (%)	T.N. (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-cation (me/100g)		
					K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺					K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
97.Oct.	5.3±0.1	6.42±0.14	0.25±0.02	24.4±1.9	0.7±0.01	3.7±1.0	2.1±0.1	4.2±0.1	2.82±0.11	0.19±0.02	16.9±2.0	0.4±0.01	1.0±0.6	1.4±0.1
97.Nov.	5.0±0.1	4.23±0.11	0.23±0.04	20.6±2.1	0.7±0.01	3.8±0.9	2.1±0.2	4.3±0.1	2.64±0.16	0.20±0.01	16.0±1.9	0.4±0.01	1.1±0.4	1.4±0.2
98.Apr.	4.2±0.1	3.21±0.13	0.22±0.01	19.6±2.4	0.7±0.02	2.0±0.7	1.9±0.1	4.0±0.1	2.52±0.13	0.22±0.02	13.8±1.5	0.3±0.01	1.5±0.7	1.5±0.4
98.Jun.	4.4±0.1	3.32±0.14	0.22±0.02	18.4±2.3	0.9±0.01	5.6±0.8	2.2±0.1	4.8±0.1	2.41±0.14	0.23±0.01	17.8±1.7	0.5±0.01	1.9±0.5	1.3±0.1
98.Aug.	4.2±0.1	1.31±0.06	0.17±0.01	14.1±1.8	0.3±0.02	2.2±0.7	1.4±0.1	4.2±0.1	2.11±0.17	0.21±0.02	15.1±1.6	0.4±0.01	0.8±0.4	0.8±0.1
98.Oct.	4.2±0.1	1.81±0.19	0.17±0.05	14.2±2.1	0.3±0.02	1.9±0.4	1.4±0.1	4.8±0.1	2.22±0.13	0.21±0.01	15.4±1.5	0.4±0.01	1.7±0.6	1.1±0.1

1984), 증가하는 것으로(이 등, 1988) 알려져 있으며, 감소하는 주 원인은 산불발생 후 지상부의 산림소실로 인한 낙엽, 낙지 등의 유입량이 감소하기 때문이다. 그러나 산불발생은 많은 양의 뿌리를 연소시켜 그 결과로 산림 토양내 유기물 함량이 일시적으로 증가한다는 보고(이 등 1997)와 같이, 본 연구에서는 양지역 모두 산불발생초기에는 토양 유기물함량이 높게 나타났으나, 시간이 경과됨에 따라 줄어드는 경향을 보이고 있다. 본 연구의 삼신봉과 촛대산의 산불지역에서 1997년 10월과 98년 10월의 유기물 함량의 차이가 크게 나타난 것은 1998년 8월에 폭우성 강우에 의해 토양 유기물이 유실되었기 때문으로 추정된다. 문과 정(1996)의 보고에 의하면, 산불지역에서의 유효인산 함량은 산불 발생후 재로 분해된 식물체의 양료에 의해 인산의 양이 증가한다는 보고와 같이 본 연구에서도 초기에는 유효인산양이 증가하는 경향을 보였으나 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. Raison(1979)은 유기물의 양이 적은 지역에서의 산불은 토양의 치환성 양이온의 양이 뚜렷한 차이를 보이지 않는다고 하였는데, 본 연구의 치환성 양이온은 활엽수림 산불지역에서는 비산불지역에 비하여 높게 나타났으나, 침엽수림은 큰 차이를 보이지 않았다. 그 원인으로서는 침엽수림 지역의 유기물 함량이 활엽수림 지역보다 적었기 때문으로 사료된다.

본 조사에서 침엽수림과 활엽수림에서 pH, 유기물, 유효인산, 치환성 양이온은 산불 발생후 높게 나타났으나 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있었으며, 비산불지역에서는 시간이 경과해도 일정한 경향을 나타내었다.

임상별 토양미생물의 변화

활엽수림인 삼신봉지역의 산불지역과 비산불지역에 대한 토양미생물 Aerobic bacteria, Actinomycetes, Fungi의 계절별 개체수 변화과정은 Figs. 2, 3, 4와 같다.

Fig. 2는 활엽수림인 삼신봉지역의 산불지역과 비산불지역에서 호기성균(aerobic bacteria)의 계절별 개체수 변화를 비교한 것으로, 산불지역이 63%, 비산불지역 37%로 산불지역이 비산불지역보다 26% 높게 나타났으며, 산불 초기에는 비산불지역이 산불지역보다 54% 높게 나타났으나, 시간이 경과함에 따라 산불지역이 30% 이상 높게 나타났다. 98년 8월에는 집중 강우에 의하여 호기성균의 개체수가 낮게 나타났다.

침엽수림인 촛대산 지역의 산불지역과 비산불지역에서 호기성균(aerobic bacteria)의 계절별 개체수 변화를 보면, 산불지역이 51.6%, 비산불지역이 48.4%로 나타나 산불지역이 비산불지역보다 3.5% 높게 나타났다. 산불발생 후 1998년 4월과 6월에 산불지역이 비산불지역 보다 11% 높은 개체수를 보였고, 1997년 10월과 1998년 8월에는 극심한 가뭄과 집중 강우에 의한 토양 유기물 유실로 호기성균의 개체수가 낮게 나타난 것으로 사료되어진다.

활엽수림지역이 침엽수림 지역보다 산불발생 후 개체수가 낮은 경향을 나타내었으나 시간이 경과함에 따라 활엽수림의

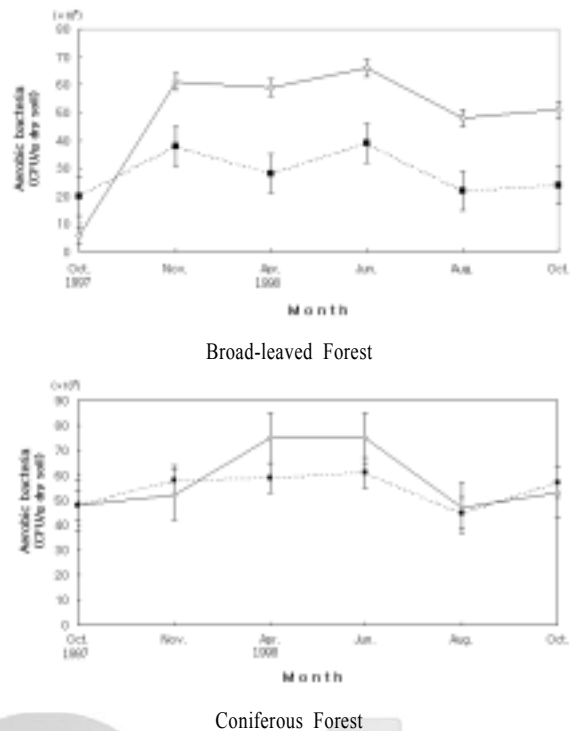


Fig. 2. Monthly changes of individual number of aerobic bacteria at the burned and unburned areas. —○— : Burned areas, -■- : Unburned areas.

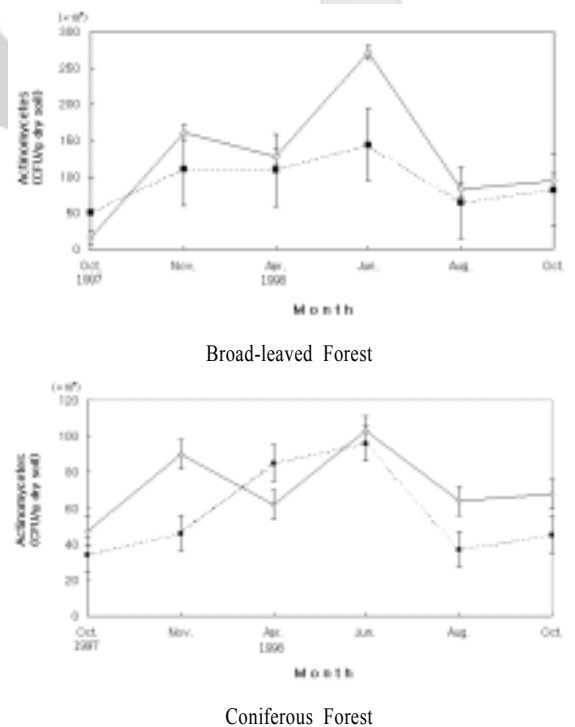


Fig. 3. Monthly changes of individual number of Actinomycetes at the burned and unburned areas. —○— : Burned areas, -■- : Unburned areas.

호기성균의 개체수가 침엽수림보다 높게 나타났다.

Fig. 3은 활엽수림과 침엽수림 지역에서의 토양내 방선균의 변화를 나타낸 것이다. 활엽수림인 삼신봉 지역의 산불지역과 비산불지역에서 방선균(Actinomycetes) 개체수의 계절별 변화를 보면, 산불지역이 57.4%, 비산불지역 42.6%로 산불지역이 비산불지역보다 14.8% 높게 나타났다. 산불 초기에는 비산불지역이 산불지역보다 개체수가 높게 나타났다. 1998년 6월 방선균 개체수의 계절별 변화는 산불지역이 65.3%, 비산불지역이 34.7%로 나타나 산불지역이 비산불지역보다 개체수 증가를 보였다. 1998년 8월의 방선균의 개체수가 낮게 나타난 것은 집중 강우에 의한 토양 양분의 유실로 추정된다.

침엽수림 촛대산 지역에서 방선균(Actinomycetes)의 계절별 개체수 변화는 산불지역이 55.9%, 비산불지역이 44.1%로 산불지역이 비산불지역보다 11.8% 높게 나타났다. 산불 직후인 1997년 10월 산불지역과 비산불지역의 개체수 변화를 나타내면 산불지역이 58%, 비산불지역이 42%로 산불지역이 높게 나타났다. 1998년 6월에는 방선균의 개체수가 높게 나타났으나, 1998년 8월에는 낮았는데, 이와 같은 현상은 이 시기의 집중 강우에 의한 토양양분의 용탈 때문인 것으로 추정된다.

Fig. 4는 활엽수림과 침엽수림 지역에서 진균의 개체수 변화를 계절별로 비교한 것으로, 산불지역 51.6%, 비산불지역 48.4%로 산불지역이 비산불지역보다 4% 높게 나타내었다.

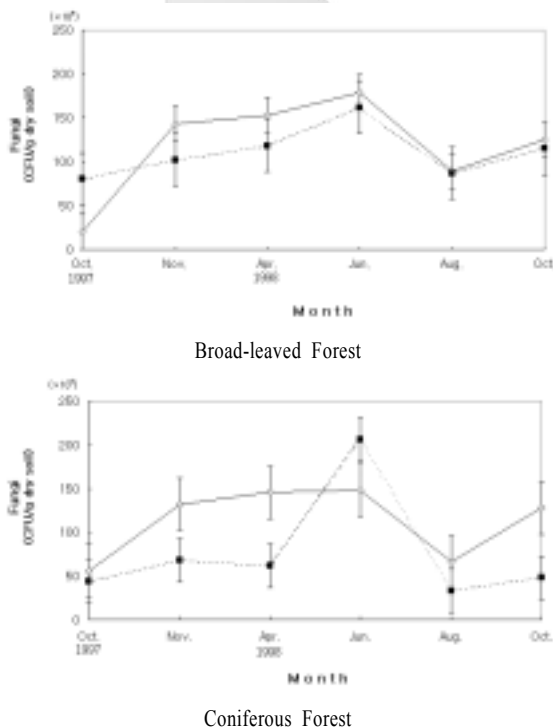


Fig. 4. Monthly changes of individual number of fungi at the burned and unburned areas in Samsinbong. —○— : Burned areas, ---■--- : Unburned areas.

침엽수림 지역에서 진균의 계절별 변화는 산불지역 59.5%, 비산불지역 40.5%로 산불지역이 비산불지역보다 19% 높게 나타났다. 1998년 6월 산불지역 41.8%, 비산불지역 58.2%로 비산불지역이 산불지역보다 높았다. 이는 비산불지역에 일시적인 토양수분의 증가 때문인 것으로 추정된다.

활엽수림과 침엽수림의 토양미생물의 변화는 활엽수림인 삼신봉 산불지역에서 호기성균 291×10^4 CFU/菌, 방선균 523×10^4 CFU/菌, 진균 691×10^4 CFU/菌으로 진균의 개체수가 비교적 높게 나타났고, 비산불지역에서는 호기성균 160×10^4 CFU/菌, 방선균 745×10^4 CFU/菌, 진균 594×10^4 CFU/菌으로 방선균의 개체수가 높게 나타났다.

침엽수림인 산불지역은 호기성균 350×10^4 CFU/菌, 방선균 434×10^4 CFU/菌, 진균 676×10^4 CFU/菌으로 방선균의 개체수가 높게 나타났으며, 비산불지역에서는 호기성균 328×10^4 CFU/菌, 방선균 319×10^4 CFU/菌, 진균 461×10^4 CFU/菌으로 진균의 개체수가 높게 나타났다. 호기성균은 활엽수림보다 침엽수림에서 산불지역과 비산불지역 모두 높게 나타났으며, 방선균과 진균은 침엽수림보다 활엽수림에서 산불지역과 비산불지역 모두 높게 나타났다. 본 연구결과 1998년 8월에 개체수가 낮게 나타났는데, 이와 같은 현상은 1998년 8월의 집중 강우에 의하여 개체수가 줄어든 것으로 추정된다.

임상별 산불지역의 조사결과, 토양미생물은 산불초기에는 산불지역이 비산불지역보다 적은 개체수로 나타내었으나 시간이 경과함에 따라 산불지역이 비산불지역보다 높은 개체수를 보였다. 산불에 의한 조릿대와 하층 식생의 소실로 토양 중의 유기물 함량과 치환성 양이온의 증가에 따라 토양의 pH가 높아져 토양미생물의 생활환경에 변화를 준 것으로 추정된다. 산불은 토양미생물에 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있으며 산불지역에서 토양미생물의 서식지 환경에 대한 기초적인 연구가 축적된다면 산림의 생태적 육림과 보존보호에 대한 활용가치는 증대될 것으로 사료된다.

인용문헌

기상청. 1997. 기상연보. 242 p.
 기상청. 1998. 기상연보. 245 p.
 농업기술연구소. 1988. 무기원소순환에 관여하는 미생물. 토양 화학분석법. pp. 350-354.
 문형태, 정연숙. 1996. 강원도 고성지역 산불이 소나무림 토양의 영양염류에 미치는 영향. 한국생태학회지 19: 375-383.
 박봉규, 김종희. 1981. 치악산의 식생과 토양에 미친 산불의 영향. 한국식물학회지 24: 31-45.
 산림청. 1998. 임업통계연보 28: 186-187.
 우보명, 이현호. 1989. 황폐산지에서의 산불이 산림식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구(IV). 한국임학회지 78: 302-313.
 이원규, 최경, 오민영. 1988. 산화에 의한 토양 및 식생의 변화.

- 임업연구연보 37: 35-49.
- 이원규, 김춘식, 차순형, 김영걸, 변재경, 구교상, 박재욱. 1997. 산불이 산림토양의 이화학적 성질에 미치는 영향. 한국생태학회지 20: 157-162.
- 정연숙, 김준호. 1987. 산화가 소나무림의 토양과 유출수의 화학적 성질 및 식물량에 미치는 영향. 한국생태학회지 10: 129-138.
- 차순형. 1981. 산화적지의 토양 변화와 관리. 산림 189: 44-50.
- Ahlgren, I.F. and C.E. Ahlgren. 1960. Ecological effects of forest fires. Bot. Rev. 26: 483-533.
- Austin, R.C. and D.H. Baisinger. 1955. Some effects of burning on forest soils of western Oregon and Washington. J. Forestry 53: 275-280.
- Boerner, R.E.J. and R.T.T. Forman. 1982. Hydrologic and mineral budgets of New Jersey Pine Barrens upland forests following two intensities of fire. Can. J. For. Res. 12: 503-515.
- Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud and D. Williams. 1983. Fire in Forestry. Vol. I. Forest Fire Behavior and Effects. John Wiley & Sons, New York. 450 p.
- Covington, W.W. and S.S. Sackett. 1984. The effect of a prescribed burn in southwestern ponderosa pine on organic matter and nutrients in woody debris and forest floor. Forest Sci. 30: 183-192.
- Daubenmire, R. 1968. Ecology of fire in grasslands. Adv. Ecol. Res. 5: 209-266.
- Debano, L.F. 1991. The effect of fire on soil properties. Proceedings-management and productivity of Western-Montane forest soils. USDA Forest Service General Technical Report INT-280. pp. 151-156.
- Dindal, D.L. 1990. Soil sampling and methods of analysis. Soil Biology Guide Wiley Interscience.
- Douglas, G.W. and T.M. Ballard. 1971. Effects of fire on alpine plant communities in the North Cascades, Washington. Ecology 52: 1058-1064.
- Grier, C.C. and D.W. Cole. 1971. Influence of slash burning on ion transport in a forest soil. Northwest Sci. 45: 100-106.
- Hobbie, J.E. and G.E. Likens. 1973. Output of phosphorus, dissolved organic carbon, and fine particulate carbon from Hubbard Brook Watersheds. Limnol. Oceanogr. 18: 734-742.
- Kuster, E. and S.T. Williams. 1966. Selection of media for isolation of streptomycetes. Nature (London) 202: 928-929.
- Lewis, W.M. Jr. 1974. Effects of fire on nutrient movement in a South Carolina pine forest. Ecology 55: 1120-1127.
- Raison, R.J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires with particular reference to nitrogen transformations: a review. Plant and Soil 51: 73-108.
- Reich, P.B., M.D. Abrams, D.S. Ellsworth, E.L. Kruger and T. J. Tabone. 1990. Fire affects ecophysiology and community dynamics of central Wisconsin oak forest regeneration. Ecology 71: 2179-2190.
- Vance, E.D., P.C. Brookes. and D.S. Jenkins. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass. Soil Biol. Biochem. 19: 703-707.
- Wagle, R.F. and J.H. Kitchen. 1972. Influence of fire on soil nutrients in a ponderosa pine type. Ecology 53: 119-125.
- Wright, H.A. and A.W. Bailey. 1982. Fire ecology: United State and Southern Canada. John Wiley & Sons, New York. 501 p.

(2000년 1월 10일 접수; 2000년 12월 26일 채택)

Changes of Chemical and Microbial Properties of Soils after Forest Fires in Coniferous and Deciduous Forests

Kim, Jong-Kab and Ki-Cheol Oh*

Faculty of Forest Science, and The Institute of Agriculture and Fishery Development,
Gyeongsang National University*

ABSTRACT: This study was carried out to examine the recovery of forest ecosystem by changes of soil chemical properties and soil microorganism at the burned areas of coniferous (Mt. Chocdae) and broad leaved forest (Samsinbong in Mt. Chiri). In the soil chemical properties of the burned area of Samsinbong, pH was 5.8, and contents of organic matter, total nitrogen, available P_2O_5 , exchangeable K^+ , exchangeable Ca^{++} and exchangeable Mg^{++} were 7.42%, 0.73%, 28.5 mg/kg, 1.3 me/100g, 13.3 me/100g and 2.2 me/100g, respectively. But they showed a tendency to decrease with time. In the soil chemical properties of the burned area of Mt. Chocdae, pH was 5.3, and contents of organic matter, total nitrogen, available P_2O_5 , exchangeable K^+ , exchangeable Ca^{++} and Exchangeable Mg^{++} were 6.42%, 0.25%, 24.4 mg/kg, 0.7 me/100g, 3.7 me/100g and 2.1 me/100g, respectively, and they also showed a tendency to decrease with time. In contrast, they were not changed with time at the unburned areas. At the burned area of Samsinbong, soil microorganism showed to order of fungi (69×10^4 CFU), actinomycetes (523×10^4 CFU) and aerobic bacteria (291×10^4 CFU), and at the unburned area, showed to order of actinomycetes (745×10^4 CFU), fungi (594×10^4 CFU), and aerobic bacteria (160×10^4 CFU). At the burned area of Mt. Chocdae, soil microorganism showed to order of fungi (676×10^4 CFU), actinomycetes (434×10^4 CFU) and aerobic bacteria (350×10^4 CFU), and at the unburned area, showed to order of fungi (461×10^4 CFU), aerobic bacteria (328×10^4 CFU) and actinomycetes (319×10^4 CFU). Soil microorganisms of the aerobic bacteria, actinomycetes and fungi appeared at the burned areas were much more abundant than unburned areas. The aerobic bacteria appeared at the coniferous forest were also much more than the broad-leaved forest. The actinomycetes and fungi appeared at the broad-leaved forest were much more abundant than the coniferous forest.

Key words: Actinomycetes, Aerobic bacteria, Forest fire, Fungi, Microorganism, Soil chemical properties
