

산화에 의한 산림환경변화가 토양의 특성에 미치는 영향

남이* · 민일식** · 장관순*** · 박관수*** · 이윤원**

*농협중앙회 영농자재부
**충북대학교 산림자원학과
***충남대학교 산림자원학과

Effects of Forest Environmental Changes on Soil Characteristics by Forest Fire

Yi Nam*, Ell Sik Min**, Kwan Soon Chang***, Kwan Soo Park***,
and Yoon Won Lee**

*Department of Federation farm Input, N.A.C.F.

**Dept. of forest resource, Joongbu University

***Dept. of forest resource, Chungnam University

ABSTRACT

This research has been made for influence of forest environmental changes, such as tree-clearcutting affecting to soil chemical and physical properties, on water storage capacity at forest fire land in Keumsan, Chungnam. The analyzed factors were bulk density, porosity, field moisture saturated hydraulic conductivity, air permeability and organic matter content. Field moisture saturated hydraulic conductivity and air permeability at uncutting sites were higher than those at clearcutting sites, especially the most differences were appeared at lower slope. After 2 years passed since forest fire, the most changeable parts of soil characteristics were 5-15cm depth below soil surface. Total Porosity, coarse pore and fine pore at uncutting sites were higher than those at clearcutting sites. Also, as soil depth increased, total porosity and coarse pore were decreased. Bulk density at uncutting sites was lower than that at clearcutting sites, and was decreased as soil depth increased. The order of the change trend in field moisture saturated hydraulic conductivity, air permeability and porosity was slope lower>middle>upper. Organic matter content at uncutting sites were higher than those at

clearcutting sites, and decreased as soil depth increased. As soil depth increased, bulk density had the positive correlation, in other hand, porosity, coarse pore, field moisture saturated hydraulic conductivity, air permeability and organic matter content had the negative correlation. It was concluded that forest environmental changes by forest fire degrade soil physical and chemical properties.

Key words : Forest fire, Water storage capacity, Porosity, Air permeability, Bulk density, water permeability, Soil organic matter

요약문

본 연구는 충남 금산군에 위치한 산화적지에서 산화후 개벌지역과 비개벌지역을 대상으로 산림식생의 존재여부가 산림토양의 이화학적 성질 변화로 인한 수저유능력에 미치는 영향을 파악하기 위해 가비중, 공극율(조공극 및 세공극), 투수성, 통기성 및 유기물 함량을 비교 분석하였다. 주요 측정인자들에 의해 얻어진 결과는 다음과 같다. 산화지역의 비개벌지 및 개벌지에서 토양 통기성과 투수성을 측정한 결과 비개벌지가 개벌지 보다 양호하였으며, 특히 산정보다는 산록부근에서 가장 큰 차이를 보였다. 또한 산화 뒤 2년이 경과된 후 가장 큰 변화가 나타난 부분은 표토 5~15cm 층이었다. 토양공극 분포는 비개벌지가 개벌지 보다 전공극, 조공극, 세공극이 높게 나타났으며, 토심이 증가함에 따라 전공극량과 조공극량은 감소하였다. 토양가비중은 비개벌지가 개벌지 보다 낮게 나타났으며, 토심이 증가할수록 높게 나타났다. 또한 산록>산복>산정 순으로 통기성, 투수성, 전공극 등이 동일하게 나타났다. 유기물함량은 비개벌지가 개벌지 보다 높았으며 토심이 증가할수록 감소하였다. 토심의 증가에 따라 토양가비중은 정의 상관관계를 나타냈고, 전공극량, 조공극, 통기성, 투수성 및 유기물함량은 부의 상관관계를 나타내었다. 산화적지에서 개벌에 따른 산림환경 변화는 토양의 물리성 및 화학성을 악화시키는 것으로 나타났다.

주제어 : 산화, 수저유능력, 공극율, 투수성, 통기성, 가비중, 유기물 함량

1. 서 론

산림이 갖는 공익적 기능인 수자원 함양과 수질 정화 기능은 유량, 지형, 계절에 따른 환경변화, 식생, 토양 등 산림의 상태와 토지의 이용정도 등에 따라 달라진다. 산림의 수저유능력을 평가하는 중요한 인자 중 하나가 산림토양으로서, 이는 임상 구성에 따른 식생변화가 산림의 수저유능력 중 토

양내 공극분포 및 통기성 등의 물리적 특성에 매우 큰 영향력을 준다^{1,2,3)}.

임지의 수자원함양 기능은 토양의 보수용량, 보수특성 및 침투능과 깊은 관계가 있으며 강수가 토양 속으로 침투할 때 표토층의 구조는 매우 중요한 인자가 된다^{4,5)}. 또한 산림토양의 공극조성과 부식 층의 퇴적양상은 토양의 종류, 모재 및 임상에 따라서도 크게 다른데 그 차이가 산림토양중에서의

강수침투, 수의 이동 및 저유상태 등을 좌우하는 것이다^{6,7)}. 산림토양에 일정량의 강수가 침투되면 그중 일부는 단시간에 배출되고 나머지 수는 상당 시간 동안 저유되어, 집중 강수기간 동안은 흥수경감 효과를 나타내고, 집중 기름기간 동안은 침투수를 통한 기저유출에 의해 수자원을 안정적으로 공급해주는 것이 산림의 공익적 기능인 것이다⁸⁾. 강수가 내리면 산림내 수목과 초본류가 강수를 일시 차단하여 수간류나 임내우로서 임지에 공급하며, 증산이나 식물체 표면에 부착된 강수를 증발을 통해 대기 중에 되돌려 보낸다. 또 토양하부에 있는 암석이나 퇴적물 형태에 의해서 지하수의 흐름에 영향을 미치게 된다. 따라서 산림에 투입된 강수는 계류와 하천으로 유출되거나 혹은 지하수로 보유되며, 수자원으로서 이용될 수 있는 대부분의 물은 산림토양의 공극을 통하여거나 혹은 표면으로 유출되기 때문에 산림의 수원함양 기능은 산림토양의 특성에 따라 영향을 미친다.

산화는 산림환경을 직접적으로 파괴시키는 중요한 요인이며, 산림생태계 전반에 걸쳐 영향을 미치게 되는데, 임목과 주변 식생의 소실과 이로 인한 산림경관의 훼손뿐만 아니라 지파물인 유기물의 제거로 토양환경에도 큰 변화를 일으켜 연소시와 연소후의 토양온도⁹⁾, 토양수분¹⁰⁾ 및 연소후의 토양침식이나 토양구조^{11,12)} 등의 물리적 특성의 변화와 각종 양료의 소실이나 토양산도의 변화^{13,14)} 등의 화학적 특성과 토양동물 및 미생물의 종류와 개체수의 변동¹⁵⁾ 등에도 영향을 주게 된다. 이에 따라 산화가 산림에 미치는 영향을 평가하기 위하여 토양조건이 불안정한 암석나출지에서 산불발생 후 시간경과에 따른 산림식생 및 토양의 회복과정을 파악하여 산불이 산림 환경에 미치는 영향과 산림재생능력¹⁶⁾에 관한 연구가 있으며, 산불이 초기식생 식생에 미치는 영향으로 토양 유기물함량과 함수량 및 화학적 성분변화에 관한 연구¹⁷⁾와 산화적지와 비산불지역을 대상으로 산림토양의 이화학적성질 및 공

극량분포 변화를 비교 분석하여 산림토양의 수저유기능 변화¹⁸⁾를 파악하는 등의 연구를 통해 산화에 관련된 산림토양의 유지관리가 제시되었다.

이상의 관점에서 산화로 인한 산림환경의 변화에 대한 기존의 연구는 산화의 요인과 원인 및 동태^{19,20)}, 산화에 대한 예방과 소방^{21,22)} 및 소설지역에서의 식물재생^{23,24)}에 관한 연구가 대부분이고, 특히 산화후 벌채에 의한 토양의 변화에 따라 산림의 수저유기능력을 정성적으로 평가하기 위한 분석은 많지 않다.

본 연구는 충남 금산군에 위치한 산화지역에서 산화후 개별에 의한 산림의 존재여부가 산림토양의 이화학적 성질에 미치는 영향을 파악하기 위해 산림토양의 물리적 성질 중 투수성, 전공극량(조공극량, 소공극량), 통기성, 가비중을 비교 분석하였으며, 산림토양의 화학적 성질 중 유기물함량을 비교 분석하여 산림의 공익적 기능 중 수자원 함양 기능의 중요성을 평가하는데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2-1. 조사지 개황

본역은 충남 금산군 군북면에 위치하고 있으며, 산화지의 경사도는 15~30°이고 사면 방위는 S80° E인 임지에 리기다소나무를 조림하여 최대목의 흥고직경이 약 30cm 정도로 성숙한 임분인데, 1996년 5월에 산화가 발생하여 약 8ha 정도 소실되었다. 익년 2월에서 3월 사이 산화적지의 일부인 3ha 정도에서 리기다소나무 등 산화로 인한 소개하였다. 본 산화적지의 식생 개황을 보면 비벌목지의 경우 리기다소나무가 산불피해에서 재생하여 교목층을 이루고 있으며, 평균 수고는 사면하부 10m, 사면 중부 6m, 능선부 4m이고, 식피율을 각각 40%, 10%, 25%이며, 아교목층은 조성되지 않았다. 관목층은 2차 식생으로 주로 맹아로 재생

된 졸참나무, 진달래, 싸리, 신갈나무 등이 우점하고 있으며, 수고는 사면하부 1m, 사면중부 1.5m, 사면상부 1m이고, 식피율은 각각 80%, 20%, 10%로 나타났다.

별목지의 경우 교목층은 없으며 관목층 이하만 형성되고 있는데, 우점수종은 비별목지와 비슷하다. 관목층의 수고는 사면하부 1m, 사면중부 0.5m, 능선부 0.8m이며, 식피율은 각각 60%, 25%, 15%로 나타났다. 초본층은 별목지 및 비별목지 구별 없이 억새, 고사리, 그늘사초, 으아리, 취, 산거울 등 산화 이전 음지성 식생과 산화 이후 양지성 식생이 혼생하여 다양하게 출현하고 있으나, 상층의 식피율에 따라 밀도의 차이가 있었다. 출현종수는 비별목지의 경우 교목층은 리기다소나무 1종이며, 관목층은 사면하부 10종, 사면중부 8종, 능선부 6종이, 초본층은 24종, 21종, 20종이 출현하였다. 별목지의 경우 교목층은 없으며 관목층은 사면하부 8종, 사면중부 8종, 능선부 6종이 초본층은 23종, 16종, 15종이 출현하였다.

본 조사지역의 지질은 주변암이 석영반암으로 암석 분류상 알칼리화강암에 속하고, 이를 함미사장석화강암이 관입하고 있으며 이 주변을 수m 폭의 페그마타이트가 광미하고 있다. 기반암인 석영반암의 화학적 조성은 SiO_2 가 70-75%, Al_2O_3 가 5-8%, K_2O 가 5-10%, CaO 가 3-8%로 구성되어 있으며 2-4mm 폭의 반과형의 석영과 미사장석 반정이 특징적이고 노두는 붉은 색을 보이며, 관입암의 화학조성은 SiO_2 가 68-73%, Al_2O_3 가 5% 이하, K_2O 가 10% 이상, CaO 가 8% 이상으로 구성되어 있고 5mm-1cm 폭의 과형 미사장석 반정이 특징이며, 이 암석들은 모두 FeO 와 MgO 함량은 8% 이하이다.

2-2. 토양시료 채취 및 분석

산화에 직접 영향을 받은 지역에 2차 식생이 형

성되어 식피가 균일하고 서로 비교가 가능한 곳에서 산화 발생 의년도에 개별을 실시한 지역과 개별을 실시하지 않고 방치한 지역으로 분류하여, 산화 적지를 산록부터 산정까지를 3등분하여 각각 상부, 중부 및 하부로 세분 조사구를 설정하였다. 각 실험조사구별로 지형, 모암, 표고, 방위, 배수상태, 침식상태 등의 입지환경에 관한 사항들과 식생의 분포 및 구성상태를 고려하여 상층임상, 하층식생 및 지피식생 등의 피복상태에 관한 사항들을 조사 및 분류하여 동질적인 요소들로 구성된 대표적인 입지내에서 토양시료를 채취 분석하기 위하여 전체를 대표할 수 있는 지점에 1.0m 깊이의 시향을 파고 토양단면 조사를 실시하였다. 토양단면 조사는 각 층위별로 토심, 토색, 토양구조, 수습상태, 침식정도, 풍화정도 등을 현지에서 조사하고, 이화학적 특성을 분석하기 위하여 5cm, 15cm, 30cm의 깊이에서 토양을 채취하여 실험실로 운반하였다.

토양의 물리적 특성은 석력합량, 입경분석, 토성, 용적밀도, 공극량, 통기성, 투수성을 측정하였다. 용적밀도는 현지에서 체적 100cm³의 금속제 시료체토원통²⁵⁾를 사용하여 3회 반복하였으며, 공극량은 조공극과 세공극으로 나누어 측정하였는데, 세공극은 토양이 중력에 견디어 저장할 수 있는 최대의 수분함량으로 24시간 자연배수 후 측정하였으며 조공극은 전공극량에서 세공극량을 차감하였다. 통기성은 일본 FHK사에서 개발한 현장토양통기성측정장치(K & M style)를 사용하였다(그림 1). 토양통기성은 토양중에 삽입한 주입침의 선단으로부터 확산(Gas meter 방식)되는 공기용량(ml)을 5회 반복 측정하여 단위시간당으로 계산하였다. 투수성은 Guelph Permeameter(Soil Moisture Model 2800K1)를 사용하여 측정하였으며, Field-Saturated Hydraulic Conductivity 값을 계산하였다⁶⁾. 토양의 화학적 특성은 유기물함량을 Tyurin법²⁶⁾에 의하여 측정하였다.

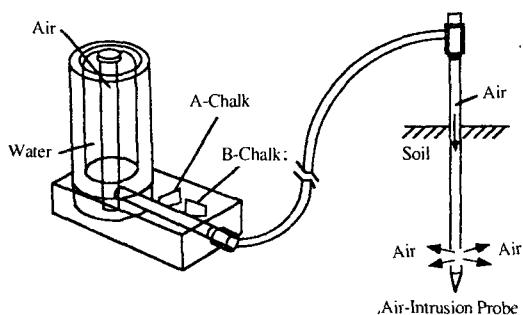


Fig 1. Diagram of soil-air permeability apparatus for field

3. 결과 및 고찰

3-1. 토양물리성 변화

3-1-1. 토양 통기성 변화

산화가 산림환경 변화에 미치는 영향은 매우 크며, 특히 산림토양의 공극분포와 같은 물리적 성질의 변화에도 크게 작용한다. 토양의 공극분포는 모재에 따라 다르지만 산림환경 변화에 따른 반응 또한 이에 못지 않다. 특히 토양통기성은 토양내 존재하는 공극량을 직접 의미하는 것으로서, 전공극 중 물이나 공기로 채워질 수 있는 부분인 조공극은 토양수의 중력에 의한 이동경로가 되며, 세공극은 토양수를 저유할 수 있는 장소가 된다. 산화지역 중 벌채지역과 비벌채지역간의 토양통기성을 고도별 및 토심별로 비교한 결과는 그림 2와 같다. 산화후 벌채지역은 산정 353, 산복 400, 산록 770ml/min이었으며, 비벌채지역은 산정 370, 산복 720, 산록 1320ml/min으로 비벌채지역이 벌채지역보다 토양통기성이 상당히 양호하였으며, 특히 산정보다는 산록에서 가장 큰 차이를 보였다. 또한 산화 뒤 2년이 경과후 가장 큰 변화를 나타낸 부분은 표토 5~15cm층이었다. 이는 비벌채로 인하여 식생피복이 조성되어 있어 강우강도에 대한 우적침식의

차단효과에 따른 침식의 감소와 퇴적유기물의 존재가 양호했기 때문으로 사료된다.

3-1-2. 토양공극 변화

토양공극을 전공극(공극율), 조공극(비모세관공극), 세공극(모세관공극)으로 구분하여 측정한 결과는 그림 2 및 그림 3과 같다. 전공극량은 개별지에서는 산정 36.2%, 산복 38.3%, 산록 42.3%이었으며, 비개별지에서는 산정 42.8%, 산복 49.1%, 산록 52.4%로 전체적으로 비개별지역이 개별지역 보다 전공극량이 많았으며 산록>산복>산정 순이였다. 이는 조공극량과 세공극량에서도 같은 경향을 나타냈다. 산록에서 산정으로 갈수록 전공극량, 조공극량, 세공극량이 감소하는 것은 지형적인 영향(凸形)으로 사료되며, 개별지역이 비개별지역 보다 공극분포가 감소하는 것은 산림환경변화에 따른 식생 파괴의 영향으로 보인다. 이러한 결과는 통기성 및 투수성의 변화와도 일치하며, 有光(1987)¹¹⁾의 연구 결과도 조공극량이 많을수록 투수성이 높았다고 보고하였다. 이(1996)¹²⁾는 산불 발생은 산화적지에서 표토의 공극 분포에 변화를 일으키면서 서서히 토양 심부까지 영향을 준다고 밝힌 바 있다.

3-1-3. 토양투수성 변화

Guelph Permeameter 2800를 이용한 투수성(Field moisture saturated hydraulic conductivity)의 측정 결과는 그림 2와 같다. 산화지역 중 비개별지에서는 평균적으로 산정 0.0038, 산복 0.0140, 산록 0.0194cm/min이었으며, 개별지에서는 산정 0.0019, 산복 0.0033, 산록 0.0087cm/min으로 개별지 보다 비개별지의 투수성이 불량했으며 고도별로는 산록>산복>산정의 순으로 나타났다. 이러한 현상으로 미루어 보아 산록 부근이 산정이나 산복 보다 수저유능력이 크게 나타났으며⁶⁾, 이는 산화적지의 산림지형이 凸形의

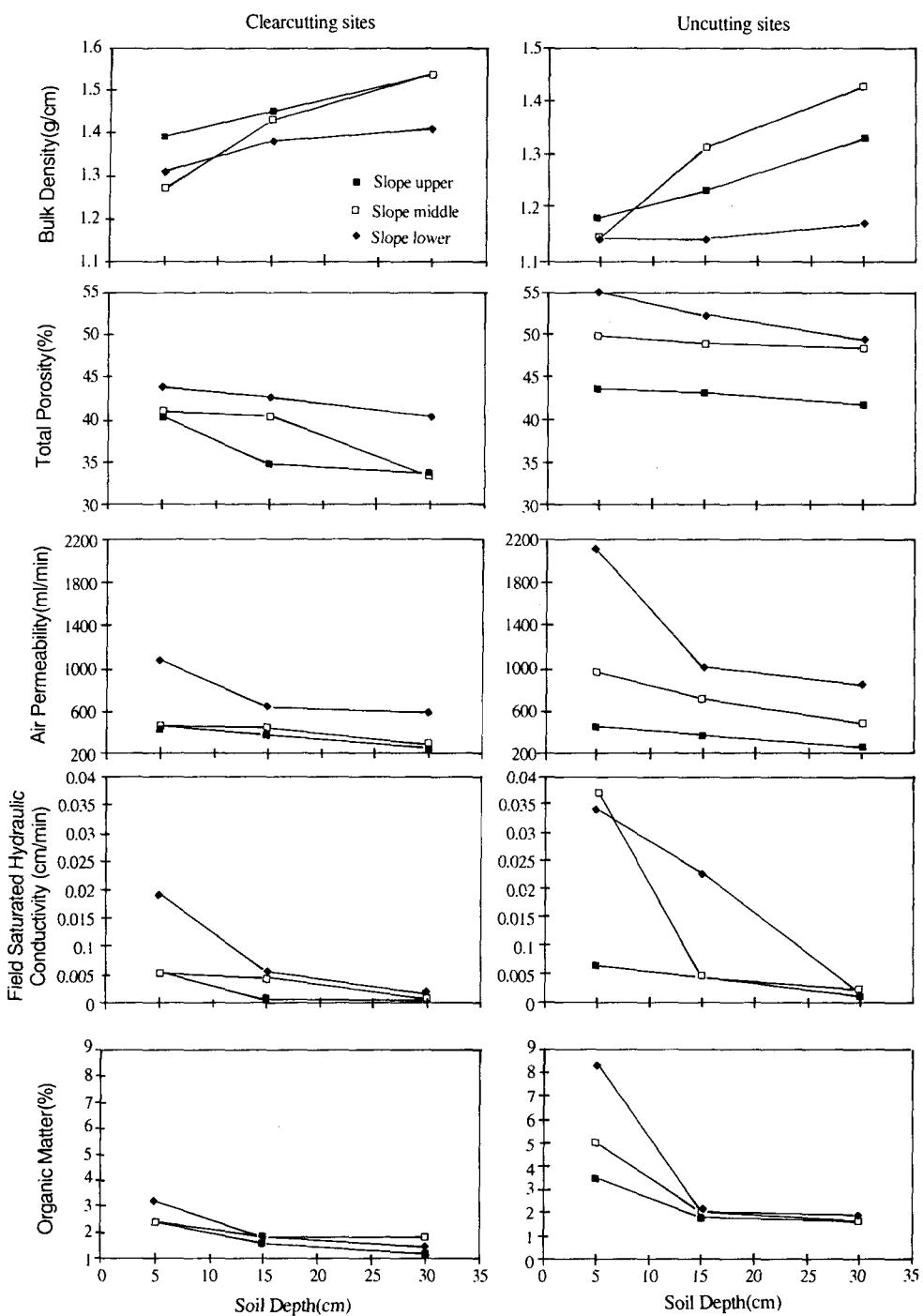


Fig 2. Bulk density, total porosity, air permeability, field saturated hydraulic conductivity, and organic mateer content of clearcutting and uncutting forest fire sites by soil depth and altitude in Keumsan, Chungnam.

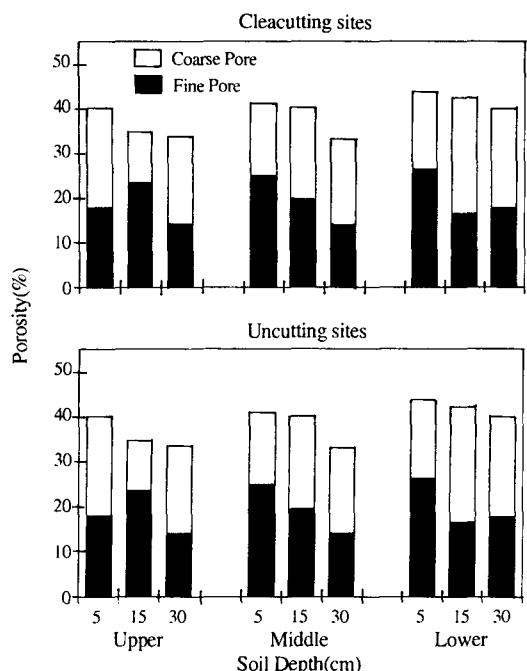


Fig 3. Coarse pore(%) and fine Pore(%) of clearcutting and uncutting forest fire sites by soil depth in Keumsan, Chungnam

영향이 클 것으로 사료된다. 또한 토심별로는 산록, 산복, 산정 모두에서 토심이 증가할수록 투수성이 감소하였다. 특히 비개벌지와 개벌지에서의 표토층인 5~15cm에서 가장 민감한 반응을 보였는데, 이 결과는 남(1997)⁶의 강원도 지역의 벌채지 및 비벌채지의 비교에서도 같은 결과를 보이고 있다. 이와 관련하여 村井(1975)²⁷은 산림지가 다른 식생구성 형태 보다 높은 침투능을 갖는다고 밝혔으며, 임지가 시간당 258mm, 벌채적지가 158mm, 초지가 127.7mm, 나지가 79.2mm의 침투능을 보이고 또한 임지에서는 활엽수림이 침엽수림보다 침투능이 양호하다고 밝힌 바 있다. 한편 有光(1987)¹¹은 침투능이 토양조건 중 지표에 조성되어 있는 퇴적유기물층의 특성 및 광물토층의 공

극조성과 밀접한 관계를 갖고 있으며 이는 수자원 함양에 상당한 영향을 준다고 밝힌 바 있다.

3-1-4. 토양가비중 변화

토양가비중은 공극을 포함하는 토양밀도를 나타내며 토양구조를 설명하는 주요 인자이다. 또한 공기유통이나 물의 저유능력을 암시적으로 판단할 수 있어 식생의 생육상을 나타내는 지표이기도 하다. 이러한 가비중은 사토에서는 높고 유기물함량이나 입단구조가 잘된 토양에서는 낮으며, 일반적으로 토양의 가비중이 증가하면 공극율과 투수성이 감소 한다^{28,29}. 산화지역에서는 개벌지가 비개벌지 보다 토양가비중이 높게 나타났으며 고도별로는 개벌지 역의 산정은 1.46, 산복은 1.41, 산록은 1.37g/cm³ 이였고, 비개벌지역은 산정이 1.29, 산복이 1.25, 산록이 1.15g/cm³으로 모두 산정보다는 산록이 낮은 값을 나타냈으며 특히 표토층의 차이가 크게 나타났다.

따라서 산화지역이라 하더라도 미관상의 문제로 개별 위주의 산림정책보다는 부분조림 등을 통하여 식생을 어느 정도 회복시킨 후 간벌을 실시하는 것이 바람직하다고 사료된다. 이러한 결과는 수자원 함양 면에서 볼 때 강수는 일차적으로 산림토양의 공극을 통하여거나 표면을 거쳐서 계류나 하천으로 유출되기 때문에 전적으로 산림토양 기능이 수보전 기능이라는 것과 일치한다고 할 수 있다¹¹. 따라서 산림의 수저유능력이 산림토양의 수저유능력이란 점에서 산림의 수저유능력을 평가하는데 있어서 가장 중요한 것은 토양의 공극분포(통기성 포함), 침투능, 수분함량, 가비중, 유기물함량, 토성, 토양구조, 토양견밀도 등이며 이러한 것은 산화지역이 산불로 인한 산림환경 파괴에 대한 수저유능력을 정성적으로 해석할 수 있는 지표라 할 수 있다⁶.

3-2. 토양화학성 변화

3-2-1. 토양유기물함량 변화

토양내 유기물함량은 임상의 양과 특성에 따라 다른데 유기물함량은 통기성, 기온, 수분, 미생물과 동물의 수 및 종류와 산림내 토양환경에 따라 크게 변화한다^{28,29)}. 산화지역에서 개별의 실시는 토양환경 변화를 일으키는 절대적인 인자로 작용하며 특히 기상조건 중 강우강도에 의한 토양유기물 유실 또는 그에 따른 토양미생물의 제거로 토양환경을 악화시키는 요인이 된다. 토양유기물은 산화지역의 비개별지가 평균 산정 2.3, 산복 2.9, 산록 4.1%, 개별지는 산정 1.7, 산복 2.0, 산록 2.2%로 비개별지역이 개별지역 보다 유기물 함량이 많았으며, 특히 표토 5cm에서 큰 차이를 나타냈고, 토심이 증가함에 따라 유기물 함량은 감소하는 경향을 보였다. 이는 산림내 식생의 제거가 강우강도에 의한 우적침식의 영향으로 토양환경이 악화된 것으로 사료된다.

3-3. 토심별 토양특성간의 상관분석

산림환경 변화에 따른 토심별 토양특성간의 상관분석 결과는 표 1과 같다. 토심의 증가에 따라

토양가비중은 정의 상관관계를 나타내고 있으며, 세공극량을 제외하고 전공극량, 조공극량, 통기성, 투수성 및 유기물함량은 부의 상관관계를 보이고 있다. 분석된 토양 인자중 전공극량이 가장 높은 상관관계를 나타내었는데, 이러한 현상은 침투능의 증가가 토양내 전공극량 특히 조공극량이 증가할수록 비례하며 토양내 유출가능수량도 따라서 증가한다는 이(1994)³⁰⁾의 조사 결과와 일치하였다. 이로 보아 산화후 개별에 의한 식생의 변화는 산림의 수저유능력에 대한 평가로 볼 때 토양의 여러 가지 인자 중 토양의 공극 분포가 가장 민감도가 높다는 것을 알 수 있다. 이상을 종합적으로 고찰해보면 임지의 수자원 함양기능은 표토의 구조에 따른 토양의 보수용량, 보수특성, 침투능, 통기성과 깊은 관계가 있으며 토양의 가비중에 영향을 미치는 전공극량이 중요한 결정인자라고 사료된다.

따라서 산불로 인한 산림환경 변화가 토양의 물리성 및 화학성에 큰 영향을 주며 이후 시간이 경과함에 따라 토양관리를 위한 산림사업이 이루어지지 않으면 산림의 공익적 기능 중 임지의 수저유능력에 크게 영향을 줄 것으로 추정된다.

Table 1. Correlation Matrix between Soil Depth and other Soil Properties of Clearcutting and Uncutting Forest Fire Sites in Keumsan, Chungnam

Site		Bulk density	Total porosity	Coarse porosity	Fine porosity	Air permeability	Field moisture saturated hydraulic conductivity	Organic matter
Clear Cutting	Upper	.9875	-.7222	-.9337	.8789	-.7370	-.7388	-.9820
	Middle	.9742	-.8893	-.5021	-.1653	-.9994	-.8337	-.9635
	Lower	.9421	-.9995	-.7310	.5000	-.8350	-.9106	-.8904
Uncutting	Upper	.9652	-.9907	-.9506	.9177	-.9997	-.9943	-.8564
	Middle	.9733	-.9696	-.1118	-.5960	-.9934	-.8322	-.8624
	Lower	.9177	-.9965	-.9972	.9796	-.8746	-.9983	-.8288

4. 결 론

산화지역의 산림환경 변화에 따른 토양의 이화학적 변화추이를 파악하기 위해 비개별지와 개별지의 토양환경변화를 조사하여 토양의 이화학적 성질이 산림내 수저유능력에 미치는 영향을 규명하였다.

1. 산화후 벌채지역의 토양통기성은 산정 353, 산복 400, 산록 770ml/min이었으며, 비벌채지역은 산정 370, 산복 720, 산록 1320ml/min으로 비벌채지역이 벌채지역보다 상당히 양호하였으며, 특히 산정보다는 산록에서 가장 큰 차이를 보였다.
2. 전공극량은 개별지의 경우 산정 36.2%, 산복 38.3%, 산록 42.3%이었으며, 비개별지에서는 산정 42.8%, 산복 49.1%, 산록 52.4%로 전체적으로 비개별지역이 개별지역 보다 전공극량이 많았으며 산록>산복>산정 순이였다.
3. 토양투수성은 산화지역 중 비개별지에서 평균적으로 산정 0.0038, 산복 0.0140, 산록 0.0194cm/min이었으며, 개별지에서는 산정 0.0019, 산복 0.0033, 산록 0.0087cm/min으로 개별지 보다 비개별지의 투수성이 불량했으며 고도별로는 산록>산복>산정의 순으로 나타났다.
4. 토양가비중은 산화지역의 경우 개별지가 비개별지 보다 토양가비중이 높게 나타났으며, 고도별로는 개별지역의 산정은 1.46, 산복은 1.41, 산록은 1.37g/cm³이었고, 비개별지역은 산정이 1.29, 산복이 1.25, 산록이 1.15g/cm³으로 모두 산정보다는 산록이 낮은 값을 나타냈으며 특히 표토총의 차이가 크게 나타났다.
5. 토양유기물은 산화지역의 비개별지가 평균 산정 2.3, 산복 2.9, 산록 4.1%, 개별지는 산정 1.7, 산복 2.0, 산록 2.2%로 비개별지역이 개별지역 보다 함량이 많았으며, 특히 표토 5cm에

서 큰 차이를 나타냈고, 토심이 증가함에 따라 함량은 감소하는 경향을 보였다.

6. 토심의 증가에 따라 토양가비중은 정의 상관관계를 나타내고 있으며, 세공극을 제외하고 전공극량, 조공극, 통기성, 투수성 및 유기물함량은 부의 상관관계를 보이고 있다.
7. 종합적으로 판단하여 볼 때 산화적지에서 개별에 따른 산림환경 변화는 토양의 물리성 및 화학성을 악화시키는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 有光一登, 森林土壤の保水のしくみ, 12卷, 創文株式會社, 東京, pp.59-80 (1987).
2. 이현호, 이영우 “지피상태에 따른 임지의 수저 유 특성(I)”, 한국임학회지 83(3), pp391-399 (1994).
3. Bates, C. G. and Henry, A. J. “Forest and stream experiment at Wagon wheel gap, Colorado”, *United state Monthly Weather Review, supplement*, Vol.30, pp1-79 (1928).
4. Kirkby, M. J., Hillslope Hydrology. 1st Edition, John Wiely & Sons, Chichester (1978)
5. Farmer, Eugene. E. “Relative detachability of soil particles by simulated rainfall”, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Vol.37, pp629-633 (1973).
6. 남이, 산림환경 변화가 토양내 수저유능력과 유출에 미치는 영향, 충남대학교 박사학위 논문, 102pp (1997)
7. 小林敏男, “森林の伐採と土壤空隙組成の變化”, 農林水産省林試年報, pp56-62 (1982).
8. 日野幹雄, 長谷部正彦, 水文流出解析, 林北出版株式會社, 東京, 254pp (1985).
9. Clay, C.R. and Chatten, L. R., “Principles of forest fire management”, State od California, The Resources Agency, Department of Conservation,

- Division of Forestry, Sacramento, California.* pp1-63 (1975).
10. Black, P. E., *Watershed Hydrology*, 1st Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 408pp (1991).
11. 이원규, 최정, 오민영, “산화에 의한 토양 및 식생의 변화”, 임업연구원연구보고 Vol.37, pp35-49 (1989).
12. DeBano, L. E. and Rice, R. M. “Water-repellent soils ; their implications in forestry”, *J. of Forestry* Vol.71, pp220-223 (1973).
13. 우보명, 권태호 “황폐산지에서의 산불이 산림식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구 (I)”, *한국임학회지* Vol.62, pp43-52 (1983).
14. Schlesinger, W. H., *Biogeochemistry-An Analysis of Global Change*, Academic Press, San Diego, California, pp181-183 (1991).
15. Kimmins, J. P., *Forest Ecology*, MacMillan Pub. Co., New York, pp287-304 (1987).
16. 우보명, 이현호 “황폐산지에서의 산불이 산림식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구”. *한국임학회지* 78(3), pp302-313 (1989).
17. Daubenmire, R. “Ecology of fire in grasslands”, *Adv. Ecol. Res.* Vol.5, pp209-266 (1968).
18. 이현호 “산불이 임지의 수저유 특성에 미치는 영향” *한국임학회지* 85(1), pp66- 75 (1996).
19. 이시영, 염육철, 정연하 “산불의 연소 진행속도 및 연소물의 내화성 연구”, *임업연구원연구보고* Vol.42, pp107-114 (1990).
20. 한상열, 최관 “산림화재 예측 Model의 개발을 위한 연구”, *한국임학회지* 80(3), pp257-264 (1991).
21. 김영채 “산림화재의 피해 상황과 예방 대책에 관한 연구”, *경희대학교논문집 Vol.16*, pp679-691 (1967).
22. 정연하, 이시영, 염육철, 여운홍 “산화위험 예측에 관한 연구”, *임업연구원연구보고 Vol.38*, pp117-123 (1989).
23. 김옥경 “산화적지의 생태학적 연구- 산화후의 종자 발아율에 대하여”, *한국임학회지* Vol.10, pp29-40 (1970).
24. 김재생, 김종갑 “지리산 지역의 산화적지에 대한 초기식생의 조사”, *경상대학교 연습림보고 Vol.1*, pp1-11 (1990).
25. 진현오, 삼림토양학, 향문사, 서울, 325pp (1996).
26. 농업기술연구소, 토양화학분석법, 농촌진흥청, 수원, pp38-40 (1988).
27. 村井宏 “地被區分別の浸透能”, 靜岡大學林試研報 Vol.27, pp73-81 (1975).
28. 이천용, 산림환경토양학, 보성문화사, 서울, 350pp (1992).
29. Pritchett, W. L., *Properties and Management of Forest Soils*. 1st edition, John Wiley and Sons. New York. 500pp (1979).
30. 이현호 “산림토양의 공극분포 분석에 의한 수저유량의 추정”, *영남대자원문제연구* Vol.13, pp141-149 (1994).