

石灰岩 地域 소나무群集의 構造와 土壤의 物理·化學的 性質

金俊鎬·文炯泰*·郭永世

서울대학교 자연대학 식물학과·공주대학교 생물학과*

Community Structure and Soil Properties of the *Pinus densiflora* Forests in Limestone Areas

Kim, Joon-Ho, Hyeong-Tae Mun* and Young-Se Kwak

Dept. of Botany, Seoul Natl. Univ. Dept. of Biology, Kongju Natl. Univ.

ABSTRACT

Floristic composition and soil properties were analyzed in red pine (*Pinus densiflora*) communities in the limestone areas, Tanyang, Ch'ungbuk Province in Korea. The tree layer was composed of *Juniperus rigida*, *Quercus dentata*, *Q. mongolica* and others as well as *P. densiflora*, all of which also appeared in soils of grinite origin. The shrub layer was dominated by *Q. dentata*, *Lespedeza cyrtobotrya*, *Securinega suffruticosa*, *Abelia coreana* and *Uimus davidiana* for *suberosa*. Among these *A. coreana* and *U. davidiana* for *suberosa* belonged to calcicole plant. The herb layer dominated by *Carex lanceolata*. Soil pH ranged 7.9-8.3. Total nitrogen and available phosphorus content of the soil were lower than those of noncalcareous soils. However, exchangeable calcium and magnesium content were 10 times and 2~3 times greater than those of noncalcareous soils, respectively. The difference of soil texture between top soil (loam soil) and subsoil (sand soil), and higher soil organic matter content than noncalcareous red pine forest soils seemed related to the casts forming activities of earthworms.

緒 論

석회암이 풍화된 염기성 토양은 다른 토양에 비해 다량의 칼슘과 탄산이온을 함유하고 있기 때문에 토양 pH가 중성 또는 약 알칼리성을 띤다(Larcher 1975). 칼슘 함량이 많은 중성 또는 약알칼리성 토양에서는 불용성인 Ca-phosphate가 형성되어 인산의 이용도가 낮아진다. 그리고 다량의 탄산이온은 식물의 철이온의 흡수와 이동을 저해하기 때문에 백화현상을 유발시키기도 한다(Chang and Mok, 1981; Kinzel, 1983; Woolhouse, 1966).

본 논문은 1989년도 문교부 기초과학연구소 학술연구조성비 지원에 따른 연구 결과임.

석회암 토양은 단립구조(crumb structure)가 발달하고 배수가 잘 되기 때문에 다른 토양보다 쉽게 건조해진다. 이러한 토양특성으로 인하여 석회암 지역의 생태계는 구조와 기능면에서 비석회암 지역과 다르다. 우리 나라의 석회암 지역은 강원도의 영월과 삼척, 충북의 제천과 단양에 분포하고 있다. 이 지역의 생태계는 일반적으로 왜소한 관목형 군집이나 생장이 부진한 삼림군집이 형성되어 있지만 어떤 지역에는 생육상태가 양호한 군집도 관찰된다. 한편 이러한 토양에는 토양소동물 중 서식밀도가 높은 지렁이의 활동으로 토양의 물리, 화학적 성질이 변화되고 유기물의 분해율이 높아진다(Mun and Kim, 1990).

본 연구는 한국 주요 생태계의 구조와 기능을 밝히기 위한 연구의 일환으로 석회암지역에 형성되어 있는 소나무 군집의 구조와 토양의 물리, 화학적 특성을 파악하는데 그 목적이 있다.

材料 및 方法

조사지 개황

군집구조는 충북 단양군 매포읍(128°18'E, 37°03'N) 일원의 9개 소나무군집에서 조사하였고, 토양채취는 상시리에 있는 45°경사의 북 또는 북서사면의 소나무 군집에서만 실시하였다(Fig. 1). 제천측후소의 자료에 의하면 본 조사지소와 인접한 제천의 1985년 부터 1989년에 걸친 5년간의 연평균 강수량은 1,458mm, 연평균 기온은 10.2°C 이었고 최한월은 1월의 -5.3°C, 최난월은 8월의 24.2°C 이었다.

식생조사

식생조사는 1990년 6월 부터 8월에 걸쳐 실시하였다. 교목층은 9개 지소에 10×10m 넓이의 대방형구 1개씩을 설치한 다음 출현종의 개체수와 DBH 측정을 통한 기저면적으로 부터 상대 밀도와 상대기저면적을 계산하고 중요치를 얻었다. 관목층은 동일한 대방형구 내에 5×5m 넓이의 중방형구 2개씩, 총 18개의 중방형구 내의 출현종의 개체수와 관목 수관부의 직경에서 계산한 피도로 부터 상대밀도와 상대피도를 산출하여 중요치를 얻었다. 초본층은 각각의 대방형구 내에 2×2m 넓이의 소방형구 4개씩, 총 36개 소방형구 내의 출현종의 피도를 기록하여 계산한 상대피도로 부터 중요치를 얻었다. 종의 동정은 Lee(1985)에 따랐다.

토양채취 및 분석

토양은 상층토(0~10cm)와 하층토(10~20cm)로 구분하여 채취하였고 비닐 봉지에 밀봉하여 실험실로 옮긴 다음 그 일부로 수분함량을 측정하고, 나머지는 음건시킨 후 2mm 체로 쳐서 분석에 사용하였다. 토양은 1989년 10, 12월과 1990년 2월~7월에 채취하였다.

토성은 Kuhn 장치를 이용하여 모래와 미사(Silt), 그리고 점토의 구성비를 측정하였고 토양의 pH는 토양 : 증류수를 1 : 2.5로 하여 1시간 동안 진탕시킨 후 pH meter로 측정하였다. 수분함량은 105°C에서 48시간 이상 건조시킨 후 칭량하여 건조토양에 대한 수분의 %를 계산하였고, 유기물 함량은 600°C의 전기로에서 4시간 태운 다음 소실량으로 산출하였다. 총질소는 micro-Kjeldahl법으로 정량하였다. 가용성 인은 pH 8.5로 조절된 0.5M NaHCO₃ 추출용액으로 추출한 뒤 발색시켜 비색 정량하였다(Allen et al., 1974, Wilde et al., 1979). 칼륨, 칼슘 그리고 마그네슘은 ammonium acetate로 추출한 뒤 atomic absorption spectrophotometer를 이용하여 정량하였다(Wilde et al., 1979).

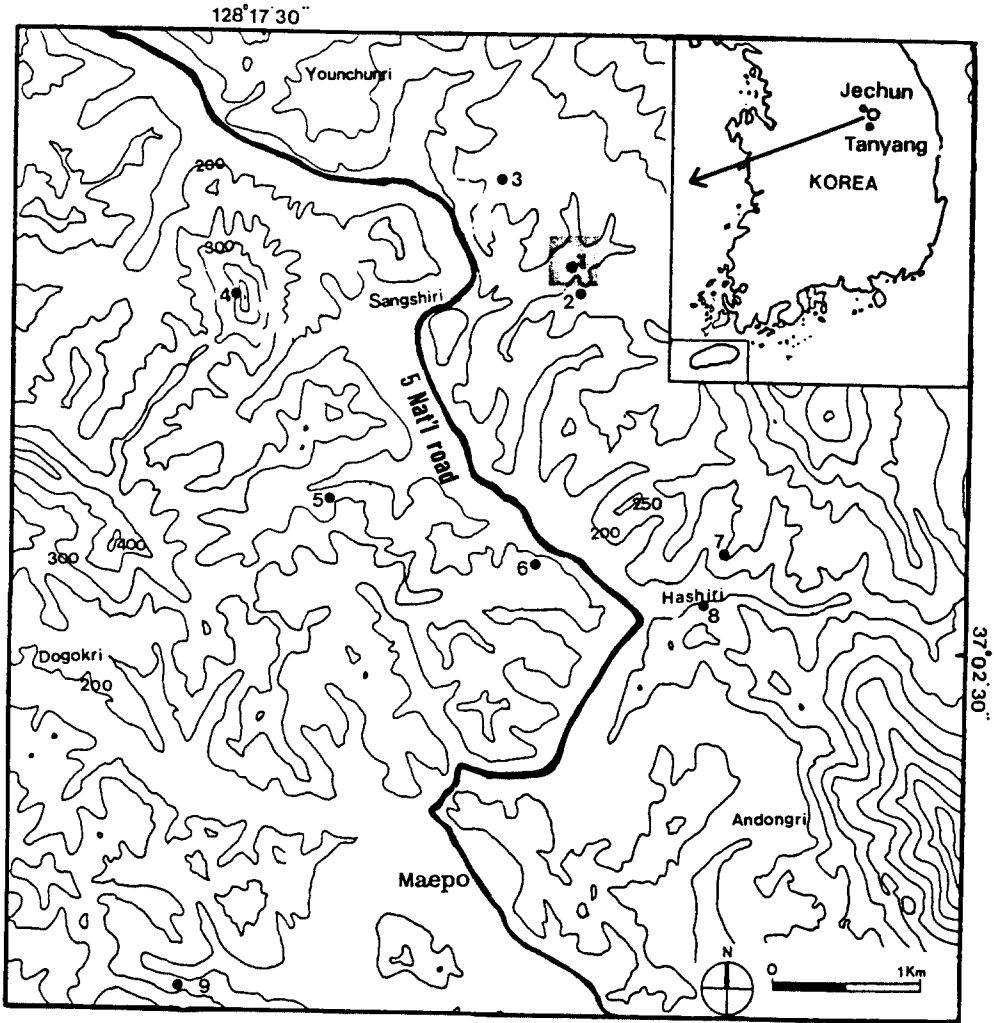


Fig. 1. Geographical and topographical map of the study area. Points nearby numerals indicate community sampling sites and dark square area indicate soil sampling site.

結果 및 論議

식생조사

소나무군집의 교목층에는 소나무(*Pinus densiflora*, 중요치=89.2)이외에 노간주나무(*Juniperus rigida*), 떡갈나무(*Quercus dentata*), 신갈나무(*Q. mongolica*), 흑느릅나무(*Ulmus davidiana* for. *suberosa*) 등 9종류가 출현하였다(Table 1). 이들 중 흑느릅나무를 제외하고는 비석회암 토양에도 흔히 출현하는 종류이다. 교목층의 수관부 평균 높이는 10m이었고 임목밀도는

Table 1. Importance values of tree layer in the *Pinus densiflora* community at Tanyang limestone areas

Species		Relative density	Relative basal area	Importance value
Tree layer(9 kinds of species)				
<i>Pinus densiflora</i>	(소나무)	82.7	95.7	89.2
<i>Juniperus rigida</i>	(노간주나무)	8.0	1.0	4.5
<i>Quercus dentata</i>	(떡갈나무)	2.7	2.3	2.5
<i>Quercus mongolica</i>	(신갈나무)	2.7	0.3	1.5
<i>Ulmus davidiana</i> for. <i>suberosa</i>	(흑느릅나무)	2.2	0.2	1.2
<i>Prunus sargentii</i>	(산벚나무)	1.0	0.2	0.6
<i>Platycarya strobilacea</i>	(굴피나무)	0.3	0.1	0.2
<i>Thuja orientalis</i>	(측백나무)	0.3	0.1	0.2
<i>Pinus rigida</i>	(리기다소나무)	0.1	0.3	0.2

3,322그루/ha로서 교목의 생장이 불량한 편이다. 관목층에는 관목상 떡갈나무 (*Q. dentata*, 중요치=10.1)가 우점하였다(Table 2).

관찰한 바에 따르면 석회암지역의 조사지 내에는 떡갈나무의 순군락이 출현하였다. 이밖에

Table 2. Importance values of shrub layer in the *Pinus densiflora* community at Tanyang limestone areas

Species		Relative density	Canopy area (%)	Importance value
Shrub layer(42 kinds of species)				
<i>Quercus dentata</i>	(떡갈나무)	9.5	10.6	10.1
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	(참싸리)	7.6	10.9	9.3
<i>Securinega suffruticosa</i>	(광대싸리)	6.2	7.1	6.7
<i>Abelia coreana</i>	(털뫼강나무)	5.7	6.9	6.3
<i>Rhamnus davurica</i>	(갈매나무)	6.2	6.2	6.2
<i>Euonymus alatus</i>	(화살나무)	6.2	4.7	5.5
<i>Ulmus davidiana</i> for. <i>suberosa</i>	(흑느릅나무)	4.6	6.2	5.4
<i>Viburnum carlesii</i>	(분꽃나무)	4.6	4.4	4.5
<i>Spiraea chinensis</i>	(당조팝나무)	6.2	2.4	4.3
<i>Juniperus rigida</i>	(노간주나무)	1.9	5.8	3.9
<i>Zanthoxylum coreanum</i>	(산초나무)	4.1	3.0	3.6
<i>Rhus chinensis</i>	(붉나무)	2.7	3.9	3.3
<i>Smilax sieboldii</i>	(청가시덩굴)	3.2	2.8	3.0
<i>Abelia taihyoni</i>	(줄뫼강나무)	3.0	2.2	2.6
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	(개암나무)	2.7	3.2	3.0
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	(조록싸리)	2.2	1.7	2.0
<i>Corylus heterophylla</i>	(난티잎개암나무)	2.2	1.3	1.8
<i>Weigela subsessilis</i>	(병꽃나무)	1.4	1.7	1.6
<i>Celastrus orbiculatus</i>	(노박덩굴)	2.2	0.8	1.5
<i>Rubus crataegifolius</i>	(산딸기)	2.2	0.6	1.4

관목층에는 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*), 팥대싸리(*Securinega suffruticosa*), 털댕강나무(*Abelia coreana*), 갈매나무(*Rhamnus davurica*) 등 42 종류가 출현하였는데, 이 중에서 털댕강나무와 흑느릅나무는 석회암 지역에 주로 분포하고(Lee and Oh, 1970), 참싸리, 팥대싸리, 털댕강나무, 화살나무(*Euonymus alatus*), 분꽃나무(*Viburnum carlesii*)의 5종은 세포내 수용성 칼슘농도가 높음으로써 호석회성 식물임이 밝혀졌다(Kwak and Kim, 1990). 관목층의 평균 높이는 2.5m, 수관의 평균 직경은 61cm, 평균 밀도는 17,100그루/ha로서 관목층이 비교적 잘 발달되어 있었다. 초본층에는 112 종류가 출현하였는데 이 중에서 그늘사초(*Carex lanceolata*, 상대피도=43.4)의 상대피도가 가장 높았다(Table 3). 이밖에 기름새(*Spodiopogon cotulifer*), 대사초(*C. siderosticta*), 새(*Arundinella hirta*), 땃땃이덩굴(*Cocculus trilobus*) 등 비석회암 지역과의 공통종이 많았다. 그런데 그늘사초, 산평의다리(*Thalictrum filamentosum*), 대극(*Euphorbia pekinensis*), 오이풀(*Sanguisorba officinalis*), 민둥갈퀴(*Galium kinuta*), 으아

Table 3. Cover values of herb layer in the *Pinus densiflora* community at Tanyang limestone areas

Species	Relative cover
Herb layer(112 kinds of species)	
<i>Carex lanceolata</i>	(그늘사초) 43.4
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	(기름새) 7.1
<i>Carex siderosticta</i>	(대사초) 2.3
<i>Arundinella hirta</i>	(새) 2.0
<i>Cocculus trilobus</i>	(땃땃이덩굴) 1.6
<i>Thalictrum filamentosum</i>	(산평의다리) 1.5
<i>Euphorbia pekinensis</i>	(대극) 1.2
<i>Sanguisorba officinalis</i>	(오이풀) 1.2
<i>Isodon inflexus</i>	(산박하) 1.2
<i>Dioscorea batatas</i>	(마) 1.1
<i>Leibnitzia anandria</i>	(숨나무) 1.1
<i>Asparagus oligoclonos</i>	(방울비짜루) 1.1
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	(둥굴레) 1.1
<i>Galium kinuta</i>	(민둥갈퀴) 1.0
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	(미역취) 1.0
<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	(기름나무) 1.0
<i>Clematis mandshurica</i>	(으아리) 1.0
<i>Convallaria keiskei</i>	(은방울꽃) 0.9
<i>Atractylodes japonica</i>	(삼주) 0.9
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	(양지꽃) 0.9
<i>Dictamnus dasycarpus</i>	(백선) 0.9
<i>Sophora flavescens</i>	(고삼) 0.9
<i>Miscanthus sinensis</i>	(참억새) 0.8
<i>Potentilla freyniana</i>	(세잎양지꽃) 0.8
<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i>	(갈퀴꼭두선이) 0.7

리(*Clematis mandshurica*), 은방울꽃(*Convallaria keiskei*)의 7종은 세포내 불용성 칼슘에 대한 수용성 칼슘의 비가 높은 호석회식물로 알려져 있다(Kwak and Kim, 1990).

토양의 물리·화학적 성질

상층토의 토성은 모래(조사와 세사) 함량이 약 50%, 점토함량이 약 25%인 양토인데 비해 하층토는 모래함량이 70~80%, 점토함량이 5~10%인 사토로 구성되어 있었다(Fig. 2). 본 조사지소에서 지렁이가 형성한 soil casts의 양은 6~7t/ha(600~700g/m²)인데 그 토성은 모래함량이 10-15%, 점토함량이 55~65%인 식토로 구성되어 있었다(Mun and Kim, 1990). 이것으로 보아 상층토양이 하층토양보다 점토 함량이 많은 원인은 지렁이의 soil casts 형성에 기인한 것으로 해석된다.

토양의 수분함량은 상층토(25~35%)가 하층토(15~25%)에 비해 많았다(Fig. 3A). 그 이유는 상층토의 점토함량이 많고 낙엽과 초본층으로 덮혀 있어 증발이 억제되며 지렁이가 soil casts를 형성한데 있을 것이다(Mun and Kim, 1990). 본 소나무군집의 토양수분함량은 본인 등이 공주의 비석회암지역 소나무군집에서 측정한 값(20~30%, 미발표 자료)보다 많거나 비슷하였다.

토양의 유기물함량은 상층토와 하층토 사이에 유의할 만한 차이는 없었고 보통 10~20%의 범위로 나타났다(Fig. 3B). 계절적으로 평균 유기물함량이 5월에 증가하였지만 상대적으로 편차가 크게 나타났다. 소나무군집 토양의 유기물함량은 Lee 및 Kim(1987)과 Koh 및 Yim

(1987)이 각각 비석회암지역인 관악산과 칠갑산에서 조사한 것보다 많았으며, Oh(1972)가 한국 중부지방의 자연생 소나무군집에서 조사한 값보다도 많았다. 이러한 이유의 하나는 본 조사지역에서 지렁이의 토양혼합 효과에 의해 낙엽분해가 빠르는데 있을 것이다.

토양의 pH는 7.9~8.3의 범위이었고 상층토와 하층토 사이에 뚜렷한 차이가 없었다(Fig. 4A). 이 pH값은 Choung 및 Kim(1987)이 조사한 강원도 영월 석회암 지역의 소나무군집 토양의 값(pH 7.0~7.4)보다 높았다. 공주의 비석회암지역 소나무군집의 토양은 pH 4.0~4.5(미발표 자료)의 범위인데 비해 본 석회암지역 토양의 pH는 월등히 높았다. Mun(1988)이 밝힌 바 있는 염기성암인 사문암지역의 토양 pH 6.0~7.3은 본 석회암 토양의 pH보다 더 낮았다.

총질소 함량은 0.15~0.35mg/g의 범위로 나타났고, 상층토와 하층토 사이에 유의한 차가 없었으며, 계절적으로 겨울부터 여름까지 현저히 감소하였다(Fig. 4B). 본 조사지소의 총질소 함량은 비석회암 지역의 것에 비해 적었지만 (Mun *et al.*, 1977; Oh, 1972), 사문암지역과는 비슷하였다(Mun, 1988). 가용성 인산함량은 하층토보다 상층토가 많았다(Fig. 5A).

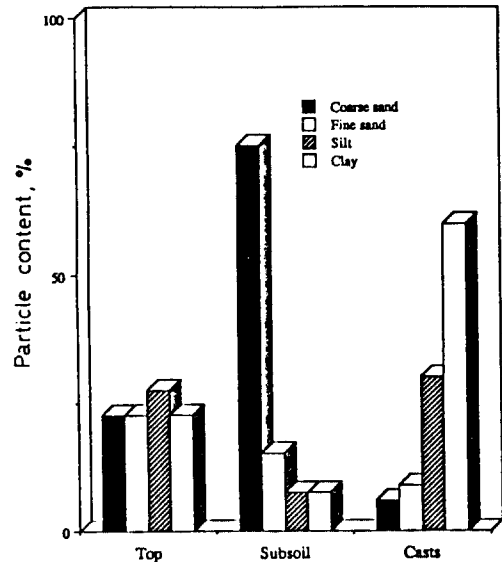


Fig. 2. Particle contents of soils in the study area.

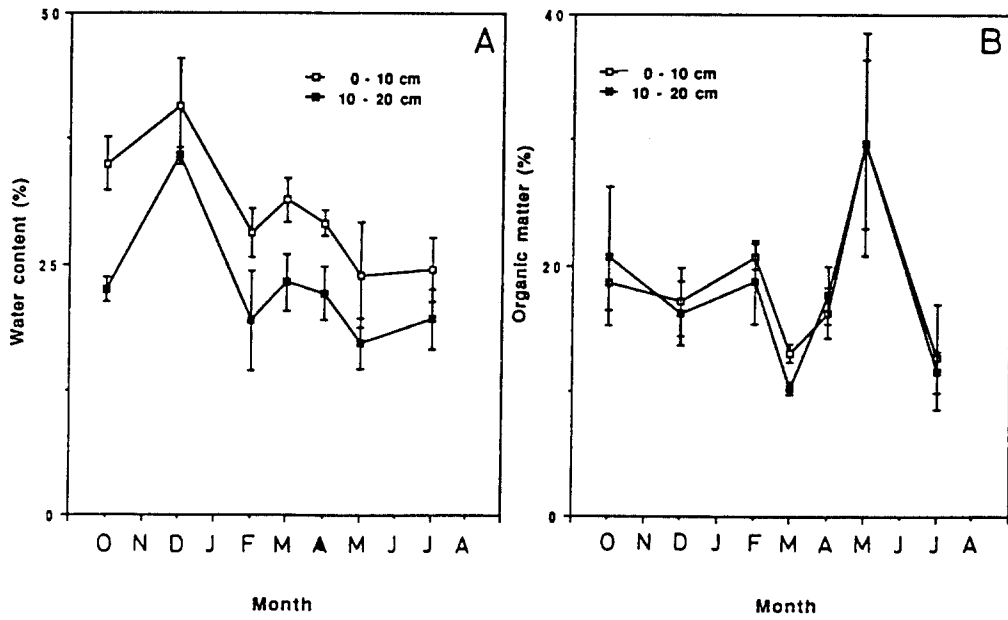


Fig. 3. Seasonal soil water(A) and organic matter(B) in the study area.

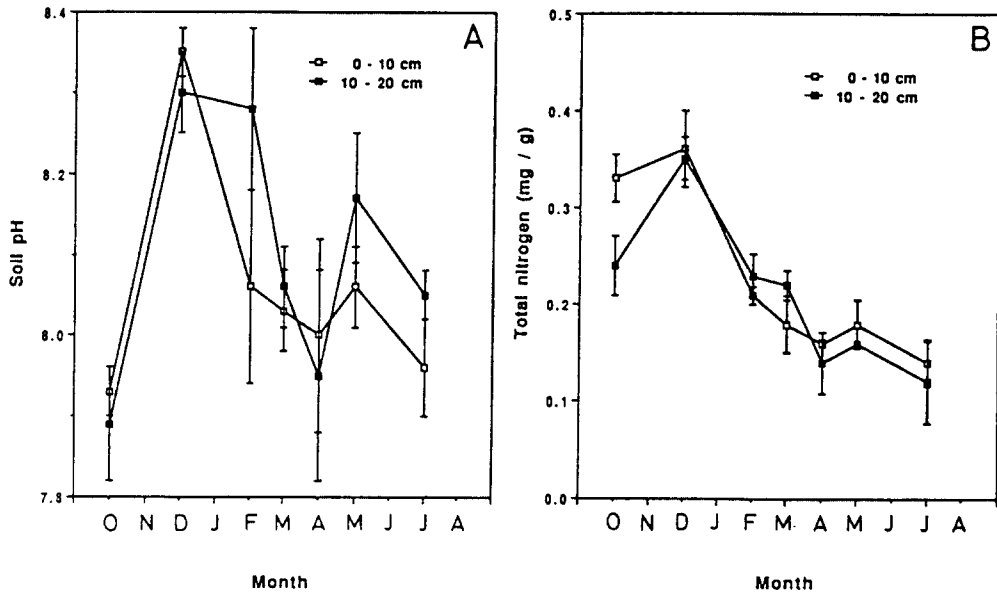


Fig. 4. Seasonal soil pH(A) and nitrogen(B) in the study area.

그 원인은 상층토의 많은 점토함량, 낙엽 분해에 의한 인산의 첨가, 그리고 지렁이의 soil casts 형성과 연관성이 있을 것이다(Bhadauria and Ramakrishnam, 1989 ; Syers and Springett, 1984 ; Mun and Kim, 1990). 본 조사지소의 가용성 인산함량은 물오리나무군집

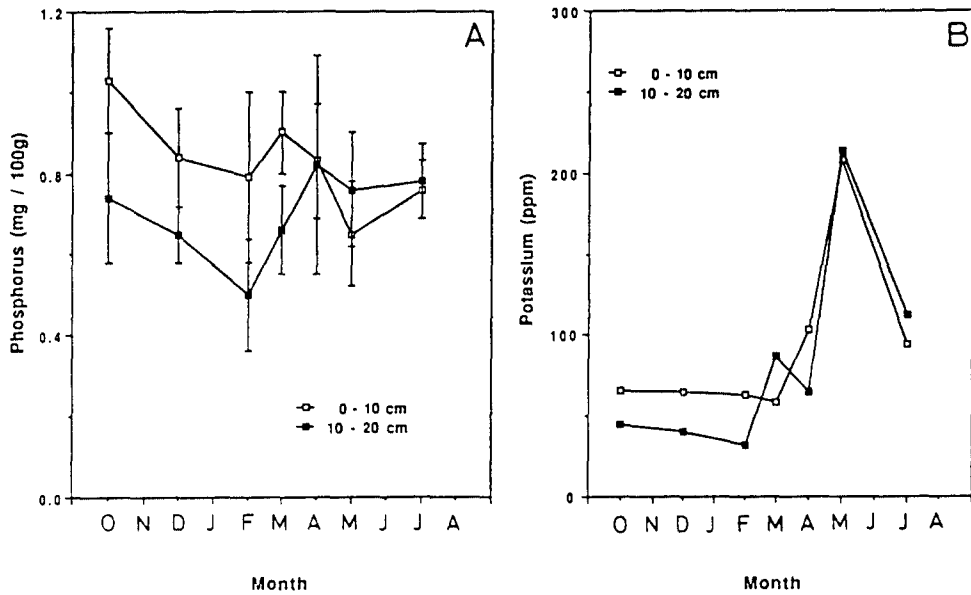


Fig. 5. Seasonal available phosphorus(A) and exchangeable potassium(B) in the study area.

과 상수리나무군집(Mun *et al.*, 1977), 그리고 사문암지역(Mun, 1988)의 토양에 비해 1/2 - 1/3 정도로 적었는데 이 원인은 석회암지역 토양의 높은 pH와 많은 칼슘 함량에서 비롯되었을 것이다(Kinzel, 1983).

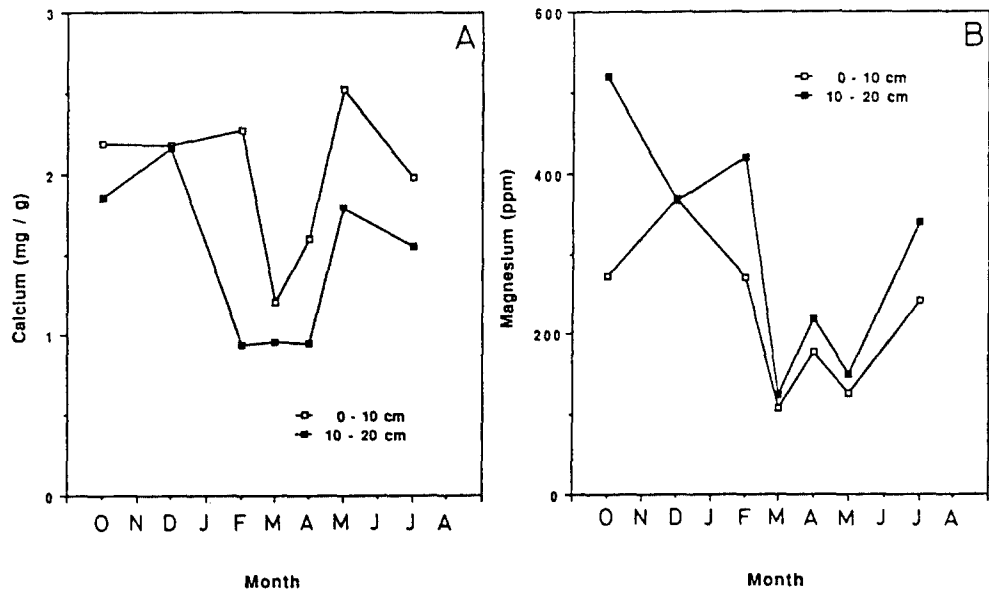


Fig. 6. Seasonal exchangeable calcium(A) and magnesium(B) in the study area.

칼륨함량은 겨울에만 하층토보다 상층토가 많았고, 계절적으로 3월부터 증가하여 5월에 최대치를 보인 후 7월에 감소하였다(Fig. 5B). 7월에 그 값이 감소한 이유는 6월의 많은 비로 인한 칼륨의 세탈과 관계가 있었을 것이다. 본 조사지소의 칼륨함량은 공주의 비석회암지역 토양의 것과 (미발표 자료) 비슷하였다. 한편 토양의 칼슘 함량은 연중 하층토에 비해 상층토에서 많았다(Fig. 6A). 하층토는 모암인 석회암과 인접해 있기 때문에 칼슘함량이 상층토보다 많을 것으로 예상되지만 실제로 얻은 결과는 반대였다. 그 이유는 낙엽분해에 따른 상층토에서의 칼슘 집적 및 지렁이의 soil casts 형성 활동과 밀접한 관계가 있을 것이다(Mun and Kim, 1990). 본 조사지소의 칼슘함량은 공주의 비석회암지역 토양보다 약 10배 만큼 많았다 (미발표 자료). 계절적으로 칼슘함량은 봄(2월~4월)에 다른 계절보다 적은 것으로 나타났다. 한편 마그네슘함량은 칼슘과는 달리 대체로 상층토에 비해 하층토에서 많았고 칼슘함량의 패턴처럼 봄(3월~5월)에 다른 계절보다 적었다(Fig. 6B). 본 조사지소의 마그네슘함량은 공주지역의 비석회암지역 토양보다 2~3배 만큼 많았다(미발표 자료).

본 조사지소 토양의 유기물, 칼륨, 그리고 칼슘함량이 5월에 최대를 보이는 것은 지렁이의 활동과 관련이 있는 것으로 생각된다. 온대지방의 경우 지렁이의 casts 형성 활동은 4월 이후부터 활발하여지고 기온이 하강함에 따라 11월 경부터 2~3월까지 cast 형성이 거의 일어나지 않는다(Bhadoria and Ramakrishnan, 1989; Wallwork, 1970). 따라서 지렁이의 활동이 재개됨에 따라 낙엽의 분해 및 토양의 화학적 성질도 변화될 것으로 추측되나 이 문제에 관해서는 더 많은 연구가 필요한 것으로 생각한다.

생태계의 구조와 기능의 변화는 대부분의 경우 장기간에 걸쳐 점진적으로 일어난다. 토양의 영양염류 함량도 시간과 공간에 따른 많은 요인의 복합적인 상호작용으로 장기간에 걸쳐 생태계에 영향을 미친다. 석회암지역의 토양은 모암의 특성으로 인해 비석회암 지역보다 칼슘과 마그네슘을 다량 함유하며 pH가 높고 대체로 토심이 얇은 특이한 성질을 갖는다. 이러한 특성으로 말미암아 이 지역 생태계 내 식물군집의 물질생산, 낙엽의 생산과 분해율, 분해과정 중의 영양염류의 동태, 식물체에 의한 영양염류의 흡수와 저장, 토양소동물의 분포 및 생태계 내에서의 이들의 역할이 영향을 받을 것이다.

摘 要

석회암 지역에 형성된 소나무군집의 구조와 토양의 물리, 화학적 성질을 밝혔다. 교목층에는 소나무, 노간주나무, 떡갈나무, 신갈나무, 흑느릅나무 등 9종류가, 관목층에는 관목상 떡갈나무, 참싸리, 광대싸리, 털댕강나무 등 42 종류가, 그리고 초본층에는 그늘사초, 기름새 등 112 종류가 출현하였다. 이 중에서 털댕강나무와 흑느릅나무를 제외한 나머지는 비석회암의 소나무군집에도 출현하는 종류였다. 토성은 상층토가 양토, 하층토가 사토이었고 토양의 pH는 7.9~8.3의 범위였으며, 총질소와 인산의 함량은 비석회암 토양보다 적었지만 칼슘 함량은 그보다 10배, 마그네슘 함량은 2~3배 많았다. 본 조사지소에서 상층토의 점토함량이 하층토에 비해 많은 것과, 비석회암 토양보다 유기물함량이 많은 것은 지렁이의 soil casts 형성으로 설명될 수 있었다.

引用文獻

- Allen, S.E., J.A. Parkinson, H.M. Grimshaw and C. Quarmby. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Sci. Publishing, Oxford, 565pp.
- Bhadoria, T. and P.S. Ramakrishnam. 1989. Earthworm population dynamics and contribution to nutrient cycling during cropping and fallow phases of shifting agriculture (Jhum) in north-east India. J. Appl. Ecol. 26 : 505-520.
- Chang, N.K. and C.S. Mok. 1981. Physiological and ecological studies of the vegetation on ore deposits. 2. Incidence of lime-chlorosis in the vegetation of Korea. Korean J. Ecol. 4 : 25-32.
- Choung, Y.S. and J.H. Kim. 1987. Effects of fire on chemical properties of soil and runoff, and phytomass in *Pinus densiflora* forest. Korean J. Ecol. 10 : 129-138.
- Kim, J.H. and Y.S. Kwak. 1990. Community structure and distribution of calcicole plants in limestone and granite areas. Presentation on 16th Annual Meeting of Korean Ecological Society at Kangwon Univ.
- Kinzel, H. 1983. Influence of limestone, silicates and soil pH on vegetation. *In*, Physiological plant ecology III. Responses to the chemical and biological environment, O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, H. Ziegler(eds.). Springer-Verlag, Berlin. pp. 201-244.
- Koh, J.K. and Y.J. Yim. 1987. Vegetation of Mt. Chil-gab. Korean J. Ecol. 10 : 33-42.
- Larcher, W. 1975. Physiological plant ecology. Springer-Verlag, Berlin 252pp.
- Lee, C.S. and J.H. Kim. 1987. Relationships between soil factors and growth of annual ring in *Pinus densiflora* on stony mountain. Korean J. Ecol. 10 : 151-159.
- Lee, Y.N. and Y.J. Oh. 1970. Flora of Dodamsambong area of Tanyang. J. Korean Res. Inst. Better Living(Ewha Women's Univ.) 5 : 101-115.
- Lee, T.B. 1985. Illustrated flora of Korea, Hyangmunsa, Seoul, 990pp.
- Mun, H.T. 1988. Comparisons of primary production and nutrients absorption by a *Miscanthus sinensis* community in different soils. Plant and Soil 112 : 143-149.
- Mun, H.T., C.M. Kim and J.H. Kim. 1977. Distributions and cyclings of nitrogen, phosphorus and potassium in Korean alder and oak stands. Korean J. Bot. 20 : 109-118.
- Mun, H.T. and J.H. Kim. 1990. Comparisons of soil properties between earthworm casts and top soil of red pine forest in the limestone area. Submitted to Kor. J. Ecol.
- Oh, K.C. 1972. An analysis of the relationship of soil factors to the height growth of *Pinus densiflora* within young natural stands in central Korea. Korean J. Bot. 15 : 1-12.
- Syers, J.K. and Springett. 1984. Earthworms and soil fertility. Plant and Soil 76 :

93-104.

Wallwork, J. A. 1970. Ecology of soil animals. McGraw-Hill, London, 283pp.

Wilde, S. A., R. B. Corey, J. G. Iyer and G. K. Voigt. 1979. Soil and plant analysis for tree culture. Oxford and IBH Publishing, New Delhi, 224pp.

Woolhouse, H. W. 1966. The effect of bicarbonate on the uptake of iron in four related grasses. *New Phytol.* 65 : 22-31.

(1990年 11月 4日 接受)