

## 신갈나무림의 군집별 토양특성<sup>1</sup>

박관수<sup>2</sup> · 장규관<sup>3</sup>

## Soil Properties in *Quercus mongolica* Communities<sup>1</sup>

Gwan-Soo Park<sup>2</sup>, Kyu-Kwan Jang<sup>3</sup>

### 요 약

본 연구는 한반도 냉온대 낙엽수림을 특징짓는 신갈나무림에 대한 군집별 토양특성의 차이를 조사하기 위해 실시되었다. 본 연구에서 식생조사 및 토양조사는 1991년 4월부터 1994년 10월까지 오대산과 중왕산 전역에서 신갈나무가 우점하는 임분을 대상으로 실시하였다. 조사지역 내의 신갈나무 우점림을 Braun-Blanquet 법으로 분석한 결과, 조사지역은 신갈나무-분비나무, 신갈나무-당단풍, 신갈나무-생강나무, 신갈나무-복장나무, 그리고 신갈나무-까치박달나무의 5개 군집으로 구분되었다. 신갈나무-분비나무군집은 A층의 토심이 약 5cm로서 다른 군집에 비해서 가장 얇게 발달되어 있었으며 식물뿌리는 주로 토심 10cm까지 발달되어 있었고 건조한 토양수분 상태를 유지하고 있었다. 신갈나무-당단풍군집과 신갈나무-생강나무군집은 매우 유사한 토양의 형태학적인 특성을 가지고 있었으며 A층의 토심이 약 20cm였다. 식물뿌리는 주로 토심 20cm까지 발달되어 있고 약간 건조한 토양수분 상태를 유지하고 있었다. 신갈나무-복장나무군집과 신갈나무-까치박달나무군집의 두 군집 또한 유사한 토양특성을 보여주었는데 A층의 토심은 약 35cm로서 다른 군집에 비해 가장 깊은 A층을 유지하고 있었다. 식물뿌리는 주로 토심 40cm이상까지 발달되어 있었고 비교적 습윤한 토양수분 상태를 유지하고 있었다. 신갈나무-복장나무군집 그리고 신갈나무-까치박달나무군집은 0~10cm 그리고 10~20cm의 토양깊이에서 가장 많은 유기물, 전질소, 치환성 Ca, Mg, 그리고 K 함량과 CEC를 가지고 있었으며, 신갈나무-분비나무군집에서 가장 적은 유기물, 전질소, 그리고 CEC를 가지고 있었다. 본 연구 결과 신갈나무림의 군집별 토양특성은 큰 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 존재하는 식생들에 의한 차이보다는 우선적으로 군집간 주요 분포지의 입지조건이 다르기 때문으로 사료된다.

주요어 : 토심, 토양수분, 토양유기물

### ABSTRACT

This study was to compare soil characteristics among *Quercus mongolica* communities that characterize the boreal-temperate deciduous forest in Korea. The classification of *Quercus mongolica* community and soil sampling were carried in Mt. Odae and Mt. Jungwang in Kangwondo from April of 1991 to October of 1994. The study area was classified as 5 *Quercus mongolica* communities with Braun-Blanquet method as follows; *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis*, *Quercus mongolica* - *Acer pseudosieboldianum*, *Quercus mongolica* - *Lindera*

1 접수 9월 21일 Received on Sep. 21, 1998

2 충남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon, 305-764, Korea

3 원광대학교 생명자원과학대학 College of Life Science & Natural Resources, Wonkwang University, Iri, 570-749, Korea

*obtusiloba*, *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum*, and *Quercus mongolica* - *Carpinus cordata* communities. *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis* community had the most shallow depth of A horizon(5cm) among communities, and root penetration was mainly from 0 to 10cm soil depth, and they had a dry soil moisture condition. Depth of A horizon of *Quercus mongolica* - *Lindera obtusiloba* and *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum* communities was about 20cm, and root penetration was mainly from 0 to 20cm soil depth, and they had a slightly dry soil moisture condition. *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum*, and *Quercus mongolica* - *Carpinus cordata* communities had the deepest depth of A horizon(35cm) and root was well developed over 45cm, and they had a moderately-slight dry soil condition. The soil organic matter, total N, exchangeable Ca, Mg and K concentration and CEC was the greatest in *Quercus mongolica*-*Acer mandshuricum* community and *Quercus mongolica*-*Carpinus cordata* community among communities. *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis* community had the smallest soil organic matter, total N, and CEC among communities. There were large differences among *Quercus mongolica* communities by soil properties and the result may be due to different habitat positions in the landscape among communities

**KEY WORDS : SOIL DEPTH, SOIL MOISTURE CONTENT, SOIL ORGANIC MATTER**

## 서론

신갈나무는 각처 산지의 중턱에서 주로 자라고 높이 30m, 지름 1m까지 자라는 낙엽교목으로서(이창복, 1985) 한반도 거의 전지역에 분포하고 있으며(정태현과 이우철, 1965), 신갈나무군집은 우리나라 대표적인 산림형으로 중부지역의 냉온대 낙엽활엽수림대와 산악 정상부근의 표징종으로 건조한 산악 상부에서는 기후적 극상림으로 발달하고 있어(장윤석과 임양재, 1985) 생태학적으로 매우 중요한 역할을 차지하고 있다. 이에 신갈나무림 군집분류에 관한 많은 보고가 있다(정태현과 이우철, 1965; 이우철 등, 1994; 이호준 등, 1994; 이경재 등, 1993; 송호경 등, 1995; 한상섭 등, 1992).

임목이 토양특성의 변화에 영향을 미친다는 이론은 의심할 바가 없다(Alban, 1982). 그러나 임목의 자연적 분포는 또한 입지조건에 따라 크게 영향을 받기 때문에 그들 사이의 원인과 결과에 대한 논의는 사실상 불가능하다(Stone, 1975). Alban(1969), Zinke와 Crocker(1962)는 노령의 임목이 존재하여 오랜기간 동안 토양에 영향을 미쳐 임지의 토양특성에 큰 변화를 가져왔다고 보고하였다. 그러나 bioenergy의 목적으로 시행되고 있는 short-rotation energy plantation에서의 잦은 벌채로 인한 토양특성 변화의 경우를 제외하고는 짧은 기간 동안에 수목에 의한 토양특성 변화는 매우 적을 것이다(Alban, 1982).

수종차이에 의한 토양특성의 변화에 대한 결과는 다양한데, Turner와 Kelly(1985), Turner와 Lambert(1988), Gilmore와 Rolfe(1980)는 유의적 변화를 보였다고 했으며, Alban(1982)은 화학적 토양특성에서 변화를 보였지만, 토양의 형태적 특징에서는 어떠한 변화도 보이지 않았다고 했고, Lane(1989)은 토양특성 변화가 없었다고 보고하고 있다.

본 연구는 우리나라에서 널리 분포되고 있는 신갈나무 우점림의 군집별 토양특성 차이를 조사하기 위해 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

본 연구의 조사지역으로 강원도에 위치하고 있는 오대산과 증왕산의 두 곳을 선정하였다(Figure 1). 영서와 영동의 중앙에 위치한 오대산은 해발 1,564m로 최고봉인 비로봉을 중심으로 남서쪽에 호령봉, 북동쪽에는 상왕봉과 두로봉, 남동쪽에 동대산이 솟아있으며, 행정구역상 홍천군, 평창군 및 명주군의 3개 군에 걸쳐 있다. 영서 남부에 위치한 증왕산은 해발 1,384m로 임목축적량이 높으며 평창군과 정선군 등에 걸쳐 있다. 이들 지역의 기후는 인제, 속초, 대관령의 기상자료에 의하면 연평균 기온 6.3~

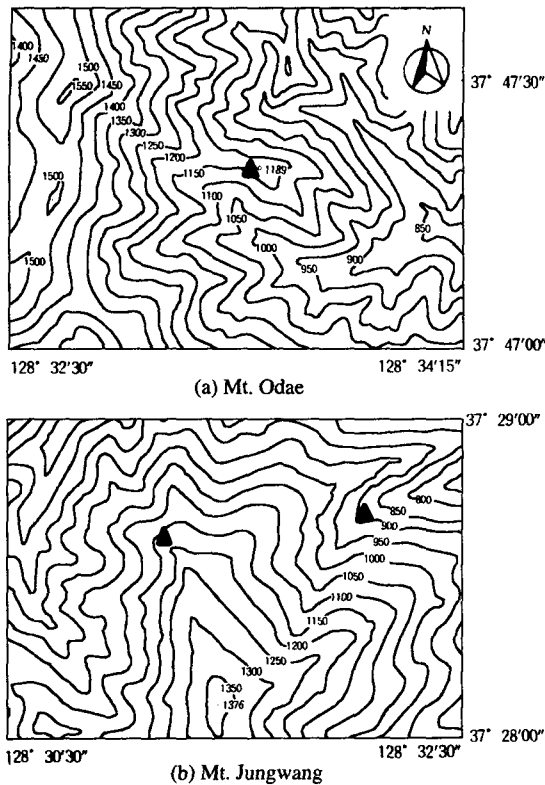


Figure 1. Location map and sampling plots(▲) of *Quercus mongolica* communities

9.8℃, 연평균 강수량 1,095~1581mm로 냉온대 낙엽활엽수림대의 기후적 특성을 나타내고 있다.

조사지역의 식생은 대부분이 이차림으로 오대산 지역은 신갈나무, 당단풍, 피나무, 잣나무, 만주교로쇠 등이, 점봉산 지역은 신갈나무, 당단풍, 피나무, 잣나무, 분비나무 등이, 중왕산 지역은 신갈나무, 거제수나무, 층층나무, 난티나무, 만주교로쇠 등이 우점하고 있었다.

2. 식생 및 환경조사

식생조사는 식물사회학적 방법과 방형구법에 의하여 오대산과 중왕산의 자연림 중에서 인위적 피해가 적은 산림군락을 대상으로 1991년 4월부터 1994년 9월 사이에 식생조사를 실시하였다. 조사구는 신갈나무군락에서 15×15m의 방형구를 설치하고, 흉고직경 3cm 이상의 수목을 대상으로 매목조사를 실시하였다. 입지 환경요인은 조사지의 지형조건, 해발고도 및 방위를 측정하였으며, 지형조건은 조사구의 미지

형을 기준으로 하여 계곡부, 평탄부 및 능선부로 구분하였고, 방위는 컴퍼스, 해발고는 Altimeter를 이용하여 측정하였다.

3. 토양조사 및 분석

토양단면 형태 및 특성 조사는 각 군락별로 2개 지점을 선정하여 실시하였으며, 화학분석을 위해 0~10cm 그리고 10~20cm의 토양층위에서 1kg의 시료를 채취하여 실험실로 운반한 후 자연상태에서 건조하였다. 본 연구 조사지의 토양산도는 토양시료와 증류수를 1:5로 희석하여 초자전극법으로 측정하였으며, 모든 화학분석은 토양화학 분석방법(농촌진흥청, 1979)에 의하여 전 질소는 macro-Kjeldahl법, 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 Ca, Mg 및 Na는 원자흡광분석법을, K는 염광분광분석법을 사용하였고 Cation Exchange Capacity(CEC)는 Brown법을 사용하였다. 토양 수분함량을 조사하기 위하여 현장에서 채취한 시료를 비닐에 넣은 후 실험실로 운반하여 건조기에서 105℃로 건조하였다.

결과 및 고찰

1. 군락별 토양단면의 형태 및 특성

조사지역내의 신갈나무 우점림을 Braun-Blanquet법으로 분석한 결과, 조사지역은 신갈나무-분비나무, 신갈나무-당단풍, 신갈나무-생강나무, 신갈나무-복장나무, 그리고 신갈나무-까치박달나무의 5개 군집으로 구분되었다.

신갈나무-분비나무군집은 오대산 1,190m의 남서쪽의 능선부에 위치한 지점으로 주로 산정의 정상부근에 분포하며(Table 1) A층의 토심이 약 5cm로서 다른 군락에 비해서 가장 얇게 발달되어 있으며, 식물뿌리는 주로 토심 10cm까지 발달되어 있고 비교적 건조한 토양수분 상태를 유지하고 있었다(Table 2).

신갈나무-당단풍군집과 신갈나무-생강나무군집은 중왕산 1,200m의 남사면에 위치한 지점으로 주로 완만한 산정 및 산복에 분포하며 두 군락은 거의 유사한 토양형태를 가지고 있었는데, A층의 토심은 약 20cm였으며 식물뿌리는 토심 20cm까지 주로 발달되어 있었고 약간 건조한 토양수분 상태를 유지하고 있었다. 신갈나무-복장나무군집과 신갈나무-까치박달나무군집은 중왕산 900m의 서북사면에 위치한 지

**Table 1. General topography descriptions of *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis* (Qm-An), *Quercus mongolica*-*Acer pseudosieboldianum*(Qm-Ap), *Quercus mongolica* - *Lindera obtusiloba*(Qm-Lo), *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum*(Qm-AM), and *Quercus mongolica* - *Carpinus cordata*(Qm-Cc) communities.**

Topography	Communities			
	Qm-An	Qm-Lo, Qm-Ap	Qm-Am, Qm-Cc	
Elevation	1,190	1,200	900	
Aspect	SW	S	WN	
Position	Peak	Middle	Foot	

Notes: Peak = peak mountain, Middle = middle mountain, Foot = foot mountain

점으로 주로 산지 하부 및 계곡 평탄부에 위치한 지점으로 두 군집은 거의 유사한 토양형태를 보여주고 있는데 A층의 토심은 약 35cm로서 다른 군집에 비해 가장 깊은 A층을 유지하고 있었으며 많은 뿌리가 토심 40cm 이상까지 발달되어 있었으며 비교적 습윤한 토양수분 상태를 유지하고 있었다.

Alban(1982)에 의하면 식재 후 40년 이후에 수종에 따른 토양의 화학적 특성들은 차이가 있었으나, 광물질 토양층위에서는 어떠한 형태학적인 차이를 발견하지 못했다고 보고하였다. 또한 Alban(1969)은 수목의 식재 후 수백년이 지난 후에 표토층의 토양특성 변화가 예상되나, 25cm 아래의 층에는 거의 변화가 없을 것이라고 보고하였다.

본 연구 결과에 의하면 신갈나무-분비나무군집으로 분류된 곳과 신갈나무-복장나무군집과 신갈나무-까치박달나무군집이 발달한 곳의 토양단면, A층의 깊이, 토양의 수분상태 그리고 식물뿌리의 발달상태 등이 매우 다르게 나타나고 있다(Table 2). Alban(1982), Lane(1990)의 보고처럼 토양의 화학적 특성과는 달리 토양의 형태적 특성들은 수목에 의해 단기간에 변화하는 성질이 아니기 때문에 본 연구에서 토양의 형태적 특징이 군집별로 큰 차이를 보이고 있는 것은 군집차이에 의한 수목의 영향보다는 우선적으로는 지형적 요인에 의한 차이로 판단된다.

염현호 등(1994)은 산정의 능선부근, 산복 사면의 상부 등 건조한 곳에 위치한 토양에 비해 산복 사면의 오목형 지형과 산록 사면에 위치한 토양은 수분이 적당하기 때문에 유기층의 분해가 빨라 A층이 깊고

**Table 2. Characteristics of soil horizon in *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis* (Qm-An), *Quercus mongolica*-*Acer pseudosieboldianum*(Qm-Ap), *Quercus mongolica* - *Lindera obtusiloba*(Qm-Lo), *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum*(Qm-AM), and *Quercus mongolica* - *Carpinus cordata*(Qm-Cc) communities.**

Soil Characteristics	Communities			
	Qm-An	Qm-Lo, Qm-Ap	Qm-Am, Qm-Cc	
Depth of A horizon(cm)	5	20	35	
Condition of soil moisture	Dry to slightly dry	Slightly dry	Moderately slightly dry	

양호한 수분조건을 가지며 자갈의 혼입으로 통기성과 투수성도 양호하여 식물뿌리가 B층 깊이까지 뻗는다고 하였다. 본 연구의 신갈나무-복장나무군집과 신갈나무-까치박달나무군집이 다른 군집에 비해 가장 깊은 A층과 뿌리발달 그리고 양호한 수분상태를 보이는 것은 산지계곡부의 평탄부에서 산지 하부에 이르는 습성 입지조건 때문으로 사료된다(Table 1).

## 2. 군집별 토양의 화학적특성

각 군집별 토양의 화학적 특성은 Table 3, 4와 같다. 본 연구의 결과와 이수욱과 박관화(1986)가 강원도 홍천지역의 신갈나무군집 표토층에서 분석한 결과와 비교해 보면, 유기물은 기존 연구에서 3.90%인데 반하여 본 연구의 신갈나무 군집은 4.9~13.6%로 높게 나타났으며, CEC는 5.1인데 비해 본 조사지역에서는 15.9~28.8로 높게 나타났고, 치환성 K는 0.23인데 비해 본 연구에서는 0.27~1.58로 높게 나타났고, 치환성 Ca은 1.4인데 비해 0.6~15.6으로 높게 나타났으며, 치환성 Mg이 0.2인데 비해 0.19~2.3으로 토양의 화학적 특성이 대체로 양호하게 나타났다.

군집별 토양의 화학적 특성을 보면 신갈나무-고로쇠 군집, 신갈나무-까치박달나무 군집에서 0~10cm 그리고 10~20cm의 토양층에서 유기물, 토양 pH, CEC, 전질소, 치환성 Ca, Mg, 그리고 K함량이 신갈나무-분비나무 그리고 신갈나무-당단풍, 신갈나무-까치박달나무군집보다 다소 높게 나타났다

(Table 3, 4).

임목성장에 중요한 영향을 미치는 유기물이 다른 군집에 비하여 신갈나무-복장나무 군집, 신갈나무-까치박달나무 군집에서 많은 이유는 앞에서 언급한 대로 토양구조가 신갈나무-복장나무군집, 신갈나무-까치박달나무군집에서 가장 잘 발달되어 있는 것처럼, 토양의 유기물 함량도 군집별 수목에 의한 영향보다는 신갈나무-복장나무군집, 신갈나무-까치박달나무 군집이 산지계곡부의 평탄부에서 산지 하부에 이르는 습성 입지조건으로 인하여 상부 낙엽층이 쉽게 분해되어 표토층에 유입되었기 때문으로 사료된다. 또한, 지리적으로 산정 및 산복에서 이동해 내려오는 포행성 표토와 함께 붕적되는 유기물이 많은 곳에 주로

위치해 있기 때문에 유기물의 양이 다른 지역에 비해서 많은 것으로 사료된다. 비록 토양유기물 함량에 직접적으로 영향을 미치는 litterfall과 fineroot turnover에 대한 조사가 이루어지지 않았기 때문에 부가적인 설명이 어렵지만, 본 조사지역에 대한 선행 연구에서 장규관(1996)의 흉고직경 분류와 수목본수에 대해 살펴보면, 전체 5개의 모든 군집에 있어서 가장 크게 우점하고 있는 신갈나무와 당단풍의 흉고직경과 수목본수가 군집별로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

수목의 본수와 흉고직경이 군집별로 큰 차이를 보이지 않았기 때문에 litter양의 차이에 의한 토양중 유기물 함량에 큰 차이가 없을 것으로 사료된다. 따

Table 3. Soil characteristics in *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis*(Qm-An), *Quercus mongolica*-*Acer pseudosieboldianum*(Qm-Ap), *Quercus mongolica* - *Lindera obtusiloba*(Qm-Lo), *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum*(Qm-AM), and *Quercus mongolica* - *Carpinus cordata*(Qm-Cc) communities in 0~10cm soil depth

Soil Characteristics	Communities				
	Qm-An	Qm-Lo	Qm-Ap	Qm-Am	Qm-Cc
Soil pH	4.8	4.7	4.1	5.8	5.8
Organic matter(%)	6.6	9.5	9.7	13.6	11.2
Total N(%)	0.2	0.4	0.3	0.6	0.6
Exchangeable Ca(me/100g)	0.7	0.6	1.4	15.6	10.6
Exchangeable Mg(me/100g)	0.52	0.19	0.44	2.37	1.73
Exchangeable Na(me/100g)	0.06	0.07	0.02	0.02	0.05
Exchangeable K(me/100g)	0.67	0.40	0.27	1.15	1.58
CEC(me/100g)	15.9	16.5	18.1	28.8	26.1

Table 4. Soil characteristics in *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis*(Qm-An), *Quercus mongolica*-*Acer pseudosieboldianum*(Qm-Ap), *Quercus mongolica* - *Lindera obtusiloba*(Qm-Lo), *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum*(Qm-AM), and *Quercus mongolica* - *Carpinus cordata*(Qm-Cc) communities in 10~20 cm soil depth

Soil Characteristics	Communities				
	Qm-An	Qm-Lo	Qm-Ap	Qm-Am	Qm-Cc
Soil pH	5.0	4.9	4.4	5.3	5.5
Organic matter(%)	4.9	6.8	6.9	9.7	8.8
Total N(%)	0.1	0.3	0.2	0.4	0.5
Exchangeable Ca(me/100g)	1.5	0.5	0.3	9.3	6.9
Exchangeable Mg(me/100g)	0.41	0.11	0.21	1.45	1.23
Exchangeable Na(me/100g)	0.04	0.06	0.05	0.02	0.07
Exchangeable K(me/100g)	0.42	0.23	0.24	0.52	0.95
CEC(me/100g)	14.3	14.5	15.6	22.3	20.8

라서, 군집간 토양유기물 함량의 차이는 우선적으로 는 군집간 주요 서식지의 입지조건 차이 때문으로 판단된다.

유기물은 토양중 거의 모든 질소의 공급원이다 (Miller and Donahue, 1990). 위에서 설명한 여러 이유로 인하여 다른 군집에 비하여 신갈나무-복장나무군집, 신갈나무-까치박달나무군집에서 높은 유기물 함량은 또한 토양중 총 질소의 함량을 증가시켰을 것으로 판단된다.

유기물은 토양중 CEC총량의 30~70%를 공급하며 또한 부식은 양료의 흡착을 위한 양이온치환 입지를 제공한다(Miller and Donahue, 1990). 다른 군락에 비하여 신갈나무-복장나무군집, 신갈나무-까치박달나무군집에서 CEC 그리고 치환성 Ca, Mg, 그리고 K함량이 높게 나타난 것은 높은 유기물 함량과 습윤조건으로 상부 낙엽층이 쉽게 분해되어서 물과 양분이 잘 흡수되었기 때문으로 사료된다. 반대로 신갈나무-분비나무군집이 신갈나무-복장나무군집, 신갈나무-까치박달나무군집에 비하여 양료상태가 빈약한 것은 주로 건조한 곳에 분포하기 때문에 낙엽층 분해가 잘되지 않아 표토층으로 물과 양료의 유입이 적었기 때문으로 사료된다. 그 증거로서 신갈나무-복장나무군락, 신갈나무-까치박달나무군집에 비하여 매우 얇은 A층을 가지고 있었다.

결론적으로, 신갈나무의 군집별 토양특성은 큰 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이러한 군집별 토양의 형태학적 특성 및 화학적 특성의 차이는 존재하는 식생들에 의한 차이보다는 우선적으로 군집간 주요 서식지의 입지조건이 다르기 때문으로 사료된다.

## 인용문헌

농촌진흥청 농업기술연구소(1979) 토양화학 분석법. 농촌진흥청, 321쪽.  
 송호경, 장규관, 김성덕(1995) TWINSPAN과 DCA에 의한 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 84(3): 299-305.  
 염현호, 이명중, 신영오, 전상근(1994) 산림토양학. 향문사, 325쪽.  
 이경제, 류창희, 조현서(1993) 소백산국립공원 회방계곡의 산림군집구조분석. 응용생태연구 6(2): 113-126.  
 이수옥, 박관화(1986) 한국의 소나무 및 참나무 천연림 생태계의 Biomass 및 유기 Energy 생산에 관한 연구. 임산에너지학회 6(1): 46-58.

이우철, 백원기, 김문기(1994) 설악산 신갈나무림의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 17(2): 185-201.  
 이창복(1985) 대한식물도감. 향문사, 서울, 990쪽.  
 이호준, 이재석, 변두원(1994) 명지산 신갈나무림의 군락 분류와 식생패턴. 한국생태학회지 17(3): 319-331.  
 장규관(1996) 강원도 신갈나무림의 군락생태학적 연구. 충남대학교 대학원 박사학위논문, 91쪽.  
 장운석, 임양재(1985) 지리산 피아골의 식생형과 그 구조. 한국식물학회지 28(2): 165-175.  
 정태현, 이우철(1965) 한국 산림 식물대 및 적지적수론. 성균관대학교 논문집 10: 329-435.  
 한상섭, 김도영, 심주석(1992) 신갈나무 장령임분의 물질생산구조에 관한 연구. 한국임학회지 81(1): 1-10.  
 Alban, D.H.(1969) The influence of western hemlock and western red cedar on soil properties. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33: 453-457.  
 Alban, D.H.(1982) Effects of nutrient accumulation by aspen, spruce, and pine on soil properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 853-861.  
 Gilmore, A.R. and G.L. Rolfe(1980) Variation in soil organic matter in shortleaf pine and loblolly pine plantations at different tree spacings. Univ. Illinois Agr. Exp. Stat. For. Res. Rep. No. 80-2: 1-4.  
 Lane, C.L.(1989) Forest stand conversion from hardwoods to pine: 23 years later. In: S.P. Gessel, D.S. LacCate, G.F. Weetman, and R.F. Powers (eds.), Sustained Productivity of Forest Soils, 7th North American Forest Soils Conference, University of British Columbia, Vancouver, B.C., pp. 253-256.  
 Stone, E.L.(1975) Effects of species on nutrient cycles and soil changes. Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B 271: 149-162.  
 Turner, J. and J. Kelly(1985) Effect of raiata pine on soil chemical characteristics. For. Ecol. Managem. 11: 257-270.  
 Turner, J. and M. J. Lambert(1988) Soil properties as affected by Pinus raiata plantations. New Zealand J. For. Res. 18: 77-91.  
 Zinke, P.J. and R.L. Crocker(1962) The influence of giant sequoia on soil properties. For. Sci. 8: 2-11.