

中旺山 地域 신갈나무林的 林分形 區分 및 育林作業에 適切한 未來木 本數의 決定^{1*}

崔先德² · 李敦求² · 馬相圭³

Classification of *Quercus mongolica* Stand Types at Mt. Joongwang, Kangwon-Do and Determination of Proper Future Tree Density for Forest Tending Work^{1*}

Seon Deok Choi², Don Koo Lee² and Sang Kyu Ma³

요 약

이 연구의 목적은 강원도 평창군 중왕산 지역에 자라는 활엽수림중 신갈나무림을 대상으로 임분형을 구분하고 이에 따른 신갈나무의 형질을 비교 분석하며, 육림작업시 적용될 수 있는 적절한 미래목 본수 및 미래목들간의 간격을 결정하는 것이다.

연구대상지에 0.05ha 크기의 시험구 22개에 대한 자료조사를 통해 재적혼효율에 따른 임분형을 분류한 결과 중왕산 지역의 신갈나무림은 4개의 임분형(신갈나무 단순림<Ⅰ형>, 신갈나무-기타활엽수림<Ⅱ형>, 신갈나무-소나무림<Ⅲ형>, 기타활엽수-신갈나무림<Ⅳ형>)으로 구분되었다. 이중 신갈나무의 혼효율이 25%이하인 기타활엽수-신갈나무림 임분형<Ⅳ형>에서 신갈나무의 수간형질이 가장 우수하게 나타났으며, 신갈나무 단순림<Ⅰ형>이나 신갈나무-소나무 혼효림<Ⅲ형> 보다 신갈나무-기타 활엽수 혼효림<Ⅱ형 및 Ⅳ형>에서 신갈나무의 수간형질이 더 좋았다. 그러므로 신갈나무림에 대한 경영목표를 고품질의 목재생산에 둔다면 기타 활엽수와 적절한 혼효를 유지시키는 방향으로 신갈나무의 육림방향을 설정하는 것이 바람직하다고 판단된다.

신갈나무단순림<Ⅰ형>에서의 미래목 본수는 122본/ha이며, 미래목간 간격은 9.15m가 적절한 것으로 나타났다. 그리고 임분형별 적절한 미래목 간격은 Ⅱ형과 Ⅳ형 임분에서는 7.2m-9.3m 정도가, Ⅲ형 임분에서는 8.0m가 적절하며, 신갈나무가 혼효되지 않은 Ⅴ형 임분에 대하여는 미래목 간격이 7.1m-9.5m가 적절할 것으로 나타났다.

ABSTRACT

The objectives of this study were 1) to classify the types of *Quercus mongolica* stands at Mt. Joongwang and compare their quality, and 2) to determine the proper future tree number of *Q. mongolica* per ha and the appropriate distance between the future trees.

The results from this study were as follows: *Q. mongolica* stands at Mt. Joongwang was classified into four types, pure *Q. mongolica* stand as stand type I, *Q. mongolica*-hardwood stand as stand type II, *Q. mongolica*-*Pinus densiflora* stand as stand type III, Hardwood-*Q. mongolica* stand as stand type IV, according to mixture rate in stand volume.

¹ 接受 1998年 9月 7日 Received on September 7, 1998.

² 서울대학교 농업생명과학대학 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Suwon, Korea. 441-744

³ 임업협동조합중앙회 임업기계훈련원 National Forestry Cooperatives Federation, Forest Work Training Center, Kangnung, Korea, 210-860

* 이 연구는 산림청이 지원한 '국유림경영현대화 산학협동실연연구'의 일부 결과임

Stand type IV showed the best quality stem of *Q. mongolica* among the stand types, and the stem quality of *Q. mongolica* in *Q. mongolica* stand mixed with hardwood as stand types II and IV was better than those in pure *Q. mongolica* stand as stand type I and in *Q. mongolica* - *P. densiflora* stand as stand type III.

If the management goal for *Q. mongolica* stand is to produce its high quality-timber, it is desirable to sustain proper mixture rate of *Q. mongolica* with another hardwoods.

The proper number of future trees in pure *Q. mongolica* stand as stand type I was 122trees/ha and reasonable distance between the future trees was 9.15m. The distance between future trees in other stand types was 7.2m to 9.3m for stand types II and IV, while 8.0m for stand type III.

Thus, the classification of *Q. mongolica* stand type based on stand character and maturity, and proper stem number of future tree and optimum distance between future trees would be a useful forest tending work.

Key words : *Quercus mongolica*, stand type, future tree, forest tending work

서 론

한국에서 참나무류는 다른 활엽수종들과 마찬가지로 경제수종으로 취급되지 않았으며 침엽수들을 가꾸기 위한 산림작업을 통하여 지속적으로 제거되어 왔을 뿐만 아니라 새로운 동령림을 조성하기 위한 빈번한 개별작업이 참나무류 순림에 대하여 이루어져 왔다. 그러나 참나무류 목재는 그 견고함과 강도 그리고 아름다운 무늬 때문에 가구재 등과 같은 특수한 용도로 빈번히 사용되어 왔다(염영근, 1995). 신갈나무는 중간 정도의 내음성을 가지며 다른 활엽수와 함께 잘 어울려 혼효임분을 구성하며, 왕성한 갱신능력을 가지고 있는 수종이다. 따라서, 신갈나무는 활엽수와 침엽수로 이루어진 다층임분에서 주수종을 이루는 충분한 능력을 가지고 있다(신만용 등, 1992). 그러나 한국에서 자라고 있는 신갈나무는 지하고가 높지 않고, 빈번한 잡아의 발생, 그리고 구부러진 수간형태를 가지기 때문에 목재로서의 가치는 좋지 못한 편이다(서민환, 1993). 그러므로 신갈나무림을 가치 높은 목재생산 숲으로 가꾸기 위해서는 적절한 무육작업이 이루어져야 한다. 서민환(1993)은 한국에서 자라고 있는 신갈나무도 다른 나라에서 자라고 있는 참나무류 수종과 마찬가지로 적절한 조림학적 처리가 이루어진다면 좋은 형질로 자랄 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 언급하고 있다. 그러므로 신갈나무림을 가치 높은 목재생산 숲으로 가꾸기 위해서는 적절한 무육작업이 이루어져야 한다.

신갈나무의 경우는 생장 특성상 주로 우세목의 위치를 가지고 순림 혹은 다른 활엽수 및 침엽수와 함께 혼효림을 이루고 있으며(이돈구 등, 1990; 김성덕 등, 1995; 송호경 등, 1995), 특히 신갈나무림은 수직적, 수평적 임분구조에서 다양한 형태를 나타내고 있다. 따라서 신갈나무림에 대한 생태적 특성뿐만 아니라 경제적 측면에서 볼 때, 신갈나무림의 임분구조 및 나무의 형질 등과 같은 임분특성을 고려한 적절한 무육작업(백노학 등, 1988; 백노학 등, 1989; 신만용 등, 1994)이 이루어져야 한다. 외국에서는 고급의 대경재 생산을 목표로 한 참나무류림에 대한 무육방법이 오래전에 제시되고 있으나, 우리나라에서는 아직까지 이러한 개념이 성숙되지 못한 상태이다.

한국에서 신갈나무에 관한 연구는 분류와 생태 관련 연구에 치우치고 있다. 이러한 분류 및 생태에 관한 연구와 더불어 참나무류를 어떻게 가꾸어 나갈 것인가에 대한 연구도 꼭 필요한 분야이나 참나무류의 무육, 갱신에 관한 연구(백노학 등, 1991)는 매우 적은 실정으므로 이 연구에서는 무육방법을 제시할 수 있는 임분형 구분과 미래목(김영수, 1993; Abetz, 1979; Bae, 1993; Burschel과 Huss, 1987; Dengler, 1990; Gerecke, 1990; Waldarbeitschulen der Bundesrepublik Deutschland, 1993; Wiedemann, 1935)에 관하여 다루었다.

이 연구의 목적은 1)중왕산 지역에 자라는 신갈나무림의 임분형을 분류하고 각 임분형별 형질을 비교하여 육림작업에 적용하도록 하고, 2)육

림작업 적용시 신갈나무림에 적절한 ha당 미래목 본수 및 미래목들 간의 적절한 간격을 결정하는 것이다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

강원도 평창군 진부면과 대화면에 위치해 있는 중앙산 지역(128° 30' E, 37° 25' - 30' N)의 신갈나무림, 활엽수 혼효림 그리고 신갈나무-소나무 혼효림을 대상으로 본 연구를 실시하였다. 이 지역에 분포하고 있는 주요 활엽수종은 신갈나무, 고로쇠나무, 피나무, 거제수나무, 들메나무, 층층나무 그리고 옻나무 등으로 이루어져 있으며, 소나무, 낙엽송 그리고 전나무 등이 침엽수종으로 이 지역에서 자라고 있다. 이 지역의 기후조건은 1986년부터 1995년까지의 연평균 최고, 최저기온이 각각 11.0℃와 1.9℃이고, 연평균 상대습도는 73%였다.

2. 신갈나무림의 임분형 구분

1) 자료수집

1995년 4월부터 10월 사이에 야외 조사를 실시하였으며, 자료수집은 0.05ha 크기의 시험구를 이용하였다. 시험구는 해발고 900m - 1100m 사이에서 총 22개를 선정하였으며 123임반에서 8개, 125임반에서 2개, 126, 127, 163임반에서 각각 4개의 시험구를 선정하여 총 5개의 임반 1,032ha의 지역을 대상으로 하였다. 특히 최근 10년동안 임업경영 혹은 기타 목적을 위해 임분에 대한 인위적 간섭(무육, 간벌 등)이 이루어진 곳은 시험구 선정에서 제외하였다.

각 시험구에 대하여 흉고직경이 6cm 이상의 모든 나무에 대하여 수종명, 흉고직경, 수고, 수관폭, 지하고, 본수, 수관급을 이용한 수평적 임분구조(Kraft, 1984)와 우세목의 수고를 기준으로 상·중·하층으로 구분한 수직적 임분구조(백노학 등, 1991)를 조사하였다.

각 시험구내의 개체목 형질은 IUFRO 수목급(Assmann, 1954; Leibundgut, 1956; Olberg, 1955)을 적용하였다. 즉, 각 조사목에 대하여 식물사회학적 구분(수고급: 100, 200, 300, 활력도급: 10, 20, 30, 식물 사회학적 생장급: 1, 2, 3)과 조림학적 나무 구분(기능급: 400, 500, 600, 수간형질급: 40, 50, 60, 수관급: 4, 5, 6)으로

구분하여 이들 수치를 조합하여 등급을 구분하였다(Kramer, 1988; Leibundgut, 1984). 예를 들어, 'IUFRO 수목급 111444'는 상층에서 왕성한 활력을 가지고 우세목으로 자라며, 미래목의 가치가 있고, 수관높이가 수고의 1/2 이상의 상태로 자라는 나무의 등급이다.

2) 임분형 구분

임분형을 구분하기 위하여 재적면적에 따른 혼효율을 적용하였으며, 신갈나무를 기준 수종으로 사용하여 단위면적당 신갈나무의 재적을 단위면적당 총재적으로 나누어 신갈나무의 혼효율을 계산하였다. 그리고 신갈나무의 혼효율을 산림청(1992)에서 제시하고 있는 영림계획편성의 기준으로 구분하고, 혼효된 수종구성 상태 및 임분의 수직적, 수평적 구조를 파악하여 임분형을 구분하였다.

3. 적절한 미래목 선발

1) 미래목 선발 원칙

IUFRO 수목급 111444에 해당하는 나무를 연구대상지의 7개 주요 수종에 대하여 각각 20본씩의 미래목을 선발하였다. 선발의 대상이 된 7개의 주요 수종은 신갈나무, 피나무, 물푸레나무, 고로쇠나무, 난티나무, 소나무, 층층나무로 하였고, 선정된 수종은 연구 대상지에 대한 시험구 조사에서 얻어진 출현본수(본/ha)의 빈도를 기준으로 우선순위를 정하여 빈도가 높은 7개 수종을 선정하였다.

미래목 선발의 원칙은 첫째, 우세목이어야 하며 둘째, 곧고 잘 발달된 수간을 가져야 하며(김영수, 1993) 특히, 지하고가 3.6m 이상인 개체로 하였다. 독일의 경우 목재용도 및 조재방법에 의해 미래목의 지하고를 약 8m로 제시하고 있으나(Dengler, 1990), 우리나라의 전통적 조재단위에서 12자 이상이 장재에 해당됨을 감안하여 지하고를 낮추어 적용하였다. 선발된 각각의 나무들에 대하여 흉고직경, 수고, 수관폭, 지하고를 조사하였다.

2) ha당 적절한 미래목 본수의 계산

(1) ha당 미래목 본수(number of future tree; *NF*)

① 수관폭(diameter of crown; *DC*), m

② 수관면적(area of crown; *AC*) =

$$\frac{\pi(DC)^2}{4}, m^2$$

③ 울폐도(closure ; C)는 경험치 80% (Gerecke, 1990)를 사용하였다.

$$④ NF = \frac{10,000m^2 \cdot C}{AC}, \text{ trees/ha}$$

(2) 각 미래목 간의 간격(distance between future trees ; DF)

① 단순림 혹은 순림

평균간격(average distance ; AD) =

$$\frac{\sqrt{10,000m^2}}{\sqrt{NF}} = \frac{100}{\sqrt{NF}}, m$$

② 혼효림

평균 간격(AD) =

$$\frac{AD_1 + AD_2 + \dots + AD_n}{n}, m$$

(AD_1 = 임분내 수종 1의 AD , AD_2 = 임분내 수종 2의 AD , AD_n = 임분내 수종 3의 AD)

③ 최소간격(minimum distance ; MD) = 평균 간격(AD)의 경험치인 80%(Gerecke, 1990)

결과 및 고찰

1. 신갈나무림의 임분형

1) 계적 혼효율에 의한 분류 및 비교

중앙산 지역의 신갈나무림은 Table 1에서와 같이 서로 다른 4가지의 임분형으로 구분하였다. I형, II형, III형, IV형은 각각 신갈나무 단순림, 신갈나무-기타활엽수 혼효림, 신갈나무-침엽수 혼효림, 기타활엽수-신갈나무 혼효림이다. 비교를 위하여 신갈나무가 전혀 나타나지 않는 기타활엽수 및 침엽수 혼효림은 V형으로 구분하였다.

신갈나무가 75%이상 혼효되어 있는 I형 임분은, 2가지 형태로 나타났는데, 신갈나무 한 수종으로 이루어진 단층임분(시험구 17, 18, 20)과, 왕성하게 자란 대경목의 신갈나무에 여러 가지 수종들이 중,소경재의 상태로 혼재하는 복층 임분(시험구 1, 19, 21, 22)으로 구분되었다.

임분형 II은 신갈나무-기타활엽수로 이루어진

Table 1. Four stand types of *Quercus mongolica* forests in the study area

Plot no.	Number of stems per ha				Number of species	Mixed rate(%) of <i>Q. mongolica</i> (** volume rate)	Stand types
	QM	PD	ON	OB			
1	140	-	-	780	12	77	I
2	20	-	60	760	12	16	IV
3	-	-	20	1,160	10	0	V
4	-	-	160	1,060	10	0	V
5	120	-	-	560	10	40	II
6	160	-	-	700	13	24	IV
7	20	-	-	900	8	10	IV
8	40	-	20	980	11	19	IV
9	180	-	-	760	11	17	IV
10	100	-	-	640	9	30	II
11	180	-	-	380	5	50	II
12	120	-	-	840	9	60	II
13	340	380	-	80	4	26	III
14	660	400	-	180	6	30	III
15	340	200	-	-	2	27	III
16	520	260	-	40	3	30	III
17	880	-	-	-	1	100	I
18	640	-	-	-	1	100	I
19	720	-	-	120	4	90	I
20	800	-	-	-	1	100	I
21	380	-	-	760	8	76	I
22	600	-	-	480	8	80	I

QM : *Quercus mongolica*, PD : *Pinus densiflora*, ON : other needle-leaved species(*Abies holophylla*)
OB : other broad-leaved species, ** : QM/(QM+PD+ON+OB) · 100

임분 형태이며 전형적인 혼효림으로서 신갈나무 혼효율이 26% - 75%인 임분이다(시험구 5, 10, 11, 12). 시험구 12의 경우 신갈나무의 본수는 전체본수의 12.5%에 불과하지만 재적비에 의한 혼효율은 60%로서, 대부분의 신갈나무가 대경목으로 구성되어 있다.

임분형 III은 신갈나무-소나무 혼효림으로서 본수비율에 있어서는 신갈나무의 평균 본수가 소나무의 평균 본수 보다 상대적으로 더 많으나 재적비 혼효율은 신갈나무가 매우 낮은 상태이며(시험구 13, 14, 15, 16), 이는 신갈나무가 매우 불량하고 쇠약하게 자라고 있거나 어린 나무로 이루어져 있기 때문이다.

임분형 IV는 임분내에 신갈나무가 25% 미만으로 혼효되어 있는 활엽수 혼효림이다(시험구 2, 6, 7, 8, 9).

신갈나무가 전혀 분포되어 있지 않은 활엽수 혼효림(임분형 V)에는 부분적으로 침엽수(전나무)가 산생하고 있다(시험구 3, 4).

Table 1의 결과에서 볼 때 임분형 I, II은 신갈나무 혹은 신갈나무-활엽수 혼효림으로서 신갈나무 위주의 임업적 이용을 고려할 수 있으며, 임분형 IV 그리고 V의 경우에는 10% - 60%의 매우 다양한 재적 혼효율과 수종구성을 가지는 것으로 나타나 경영목표를 유용 활엽수림 혹은 침활 혼효림에 맞출 수 있다(Table 2). 이 결과는 신갈나무가 다른 활엽수와 어울려 임분을 구성하는 강력한 능력을 가지고 있음을 말해 준다

(서민환, 1993). 임업경영 측면에서 본다면 임분형 IV는 신갈나무림으로의 경영이 불가능하다고 볼 수 있으며 반대로 임분형 II은 신갈나무를 임업경영 대상으로 설정이 가능하다고 할 수 있다.

Table 1과 2의 결과를 바탕으로 중왕산 지역의 신갈나무림의 임분형을 Fig. 1과 같이 나타내었다. 서민환(1993)은 TWINSpan에 의한 Group V을 중왕산 지역에서 신갈나무가 우세목이며 피나무, 고로쇠나무, 당단풍나무, 물푸레나무, 다릅나무가 준우세목의 수종으로 자라는 임분형으로 구분을 하였는데 이 연구의 임분형 II이 이에 속한다.

2) 수관급에 의한 비교

혼효림은 임분내에 수관급에 의한 몇 가지 층을 이루고 있는데(Oliver와 Larson, 1990), Table 3은 임분형들간에 수관급에 의한 임분내 수종들의 수평적 위치가 서로 다른 분포를 나타내고 있음을 보여주며, 신갈나무는 임분형에 따라 임분내에서 다양한 수관급 분포를 가짐을 알 수 있다.

신갈나무와 기타 수종들의 우세목 본수 비율도 임분형에 따라 서로 다르게 나타났으며 대부분의 신갈나무는 우세목으로서 활엽수 임분내에서 자라고 있음을 알 수 있으며, 혼효율이 높을수록 우세목의 비율도 높게 나타나고 있다. 이러한 경향은 임분형 II과 IV에서도 분명하게 나타나고 있다.

3) 수직적 구조를 고려한 비교

각 임분형내에 개체목들의 수직적 구조(위치)

Table 2. Pattern of mixture for stand types II and IV

Stand type	Plot no.	Major species (QM-indicator*)	Mixed rate(%)	Total number (stems/ha)	No. of stems for each species(stems/ha)
II	5	QM - FR - CC	40 - 19 - 14	680	120 - 60 - 60
	10	QM - TA - UD	30 - 19 - 15	740	100 - 360 - 80
	11	QM - AM - TA	50 - 27 - 14	560	180 - 180 - 80
	12	QM - AM - FM	60 - 21 - 9	960	120 - 420 - 120
IV	2	AM - QM - UL	28 - 16 - 13	840	60 - 20 - 240
	6	KP - QM - BS	29 - 24 - 8	860	140 - 160 - 60
	7	AM - MA - QM	56 - 18 - 10	920	600 - 80 - 20
	8	AM - BC - QM	38 - 21 - 19	1,040	640 - 60 - 40
	9	BC - QM - CC	28 - 17 - 12	940	100 - 180 - 120

* The species showing the first and second greatest volume rates in the stand excluding

Q. mongolica

QM : *Quercus mongolica*, TA : *Tilia amurensis*, AM : *Acer mono*, BC : *Betula costata*,

KP : *Kalopanax pictus*, FR : *Fraxinus rhynchophylla*, FM : *Fraxinus manshurica*,

UD : *Ulmus davidiana*, UL : *Ulmus laciniata*, CC : *Cornus controversa*,

BS : *Betula schmidtii*, MA : *Maackia amurensis*

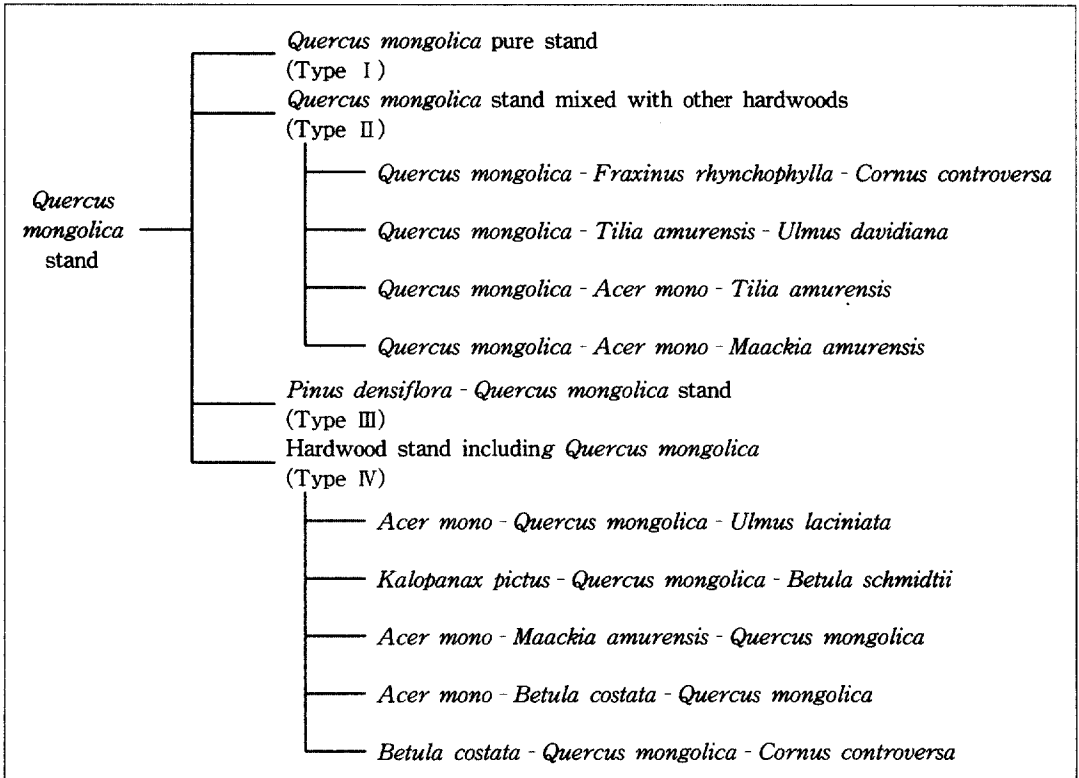


Fig. 1. Classification of *Quercus mongolica* stand in the study area.

Table 3. Number of trees per ha for each species in the five stand types

Stand Type	Species	Do.	Co.	Int.	Sup.	Dead	Total
I	<i>Q. mongolica</i>	240	148	88	59	59	594
	Other broad-leaved	122	-	184	-	-	306
	Total	362	148	272	59	59	900
II	<i>Q. mongolica</i>	120	10	-	-	-	130
	Other broad-leaved	130	185	220	40	30	605
	Total	250	195	220	40	30	735
III	<i>Q. mongolica</i>	135	-	320	-	-	455
	<i>P. densiflora</i>	146	54	92	18	-	310
	Other broad-leaved	19	-	47	9	-	75
	Total	300	54	459	27	-	840
IV	<i>Q. mongolica</i>	28	36	16	4	-	84
	Other broadleaved	245	200	295	50	30	820
	Other needle-leaved	-	16	-	-	-	16
	Total	273	252	311	54	30	920
V	Other broadleaved	298	230	352	210	20	1,110
	Other needle-leaved	60	10	20	-	-	90
	Total	358	240	372	210	20	1,200

Do. : Dominant trees Co. : Codominant trees Int. : Intermediate trees
 Sup. : Suppressed trees Dead : Dead trees

Table 4. The vertical position of each species in each of the stand types(trees/ha)

Stand type	<i>Q. mongolica</i>			<i>P. densiflora</i>			Other broad-leaved			other needle-leaved		
	O	M	U	O	M	U	O	M	U	O	M	U
I	460	84	50	-	-	-	146	90	70	-	-	-
II	110	15	5	-	-	-	240	210	155	-	-	-
III	80	155	220	270	30	10	-	-	-	15	10	50
IV	64	8	12	-	-	-	348	288	184	4	-	12
V	-	-	-	-	-	-	370	320	420	10	-	80

O : overstory, M : mid-story, U : understory

는 Table 4와 같다. 백노학 등(1991)은 침활혼효 천연림의 대표적 수종 조합은 소나무-신갈나무, 소나무-굴참나무의 2종 혼생과 소나무-굴참나무-신갈나무의 3종 혼생이 대부분이고 침활혼효비는 본수비 3:7, 흉고단면적비 4:6에서 우량 임분이 많이 관찰되었다고 제시하였는데, III형 임분이 백노학 등(1991)에 의한 소나무-신갈나무 수종조합에 해당된다고 볼 수 있었으며, 침활혼효 본수비는 3.7:6.3으로 나타났다.

4) 천이과정을 고려한 비교

참나무류-소나무 임분형은 천이과정상 참나무류 및 다른 활엽수 극상림의 전 단계에 필수적으로 나타나는 소나무 임분형의 말기에 나타나는 형태로서(Graney와 Kitchens, 1983), 중왕산 지역의 임분형 III의 경우에는 대부분의 소나무들은 상층을 점유하고 있으며 신갈나무는 주로 중층과 하층에 분포되어 있다. 이와 같은 이론에 의하면 임분형 III의 경우 장차 신갈나무림으로 이행하기 위한 중간 단계에 놓여 있다고 말할 수 있다. 그러나 소나무림 경영을 위한 산림작업을 통하여 불량한 형질의 신갈나무가 계속하여 무육의 대상이 된다면 후계림은 다시 소나무림으로 갱신될 가능성이 많다. 실제로 박필선(1996)은 간벌 등의 산림작업으로 교란이 일어난 곳에 소나무 치수가 천연적으로 많이 발생한다고 밝히고 있다.

백노학 등(1991)은 침활혼효 천연림을 4개형으로 구분하여 취급하는 것이 합리적이라고 하였으며, 임분형 III는 그들의 기준에 비교한다면 제3형태인 소나무 고급 대경재-참나무류 소경재 및 일반용재 생산 형태가 된다.

위의 결과들을 종합해 본다면 신갈나무는 한 임분내에서 임분구조에 깊은 영향을 미치고 있음을 예측할 수 있다. 그러므로 신갈나무림에 대한 조림적 작업 및 처리는 임분의 특성을 고려하여 신중하게 적용되어야 한다. 임분형 III의 경우에

는 상층과 하층에 있는 나무들의 형질과 구성에서 큰 차이가 있기 때문에 소나무-신갈나무 혼효림에서는 상층의 소나무와 중,하층의 신갈나무에 대하여 서로 다른 경영목표를 설정하여 조림적 관리 혹은 작업들이 이루어져야 한다.

5) IUFRO 수목급에 의한 비교

각 임분형내에서 신갈나무의 형질은 다양한 형태로 나타나는데(Fig. 2), 조사된 개체목들 중에서 형질이 우수하며 활력도가 왕성한 나무들(IUFRO 수목급에 의한 111444급 나무)의 분포비율이 임분형에 따라 서로 다르게 나타났다. 111444급 나무들의 임분형별 분포비율은 임분형 I에서 14.31%, 임분형 II에서 26.92%, 임분형 III에서 1.10%, 임분형 IV에서 33.33%로 나타났다. 결과적으로 임분형 IV가 가장 좋은 형질의 신갈나무 분포비율을 가지는 것으로 나타났으며, 위의 결과는 신갈나무의 형질이 신갈나무 단순림이나 신갈나무-소나무 혼효림(임분형 I, III)에서 보다는 신갈나무-기타 활엽수 혼효림(임분형 II, IV)에서 더 우수하다는 것을 보여주고 있다. 따라서 가치있는 신갈나무의 목재생산을 위해서는 신갈나무와 기타 다른 활엽수의 적절한 혼효를 유지하는 것이 필요하다. 배상원(1994)은 천연갱신된 유령 임분 내의 소나무와 참나무류의 생장력과 본수를 고려할 때, 소나무와 참나무류가 주수종이 되는 혼효림을 치수 무육시부터 유도하는 것이 생태적으로 안정된 임분이 되며 소나무 치수발생이 미비한 소면적은 이미 존재하는 참나무류나 기타 활엽수를 무육하면 인공식재를 하지 않고 쉽게 혼효림으로 유도할 수 있다고 제안하고 있다.

임분형 II과 임분형 IV를 비교해 볼 때, 임분형 IV가 임분형 II보다 우수한 신갈나무의 수간형질을 가지는 것으로 나타났으나 신갈나무의 활력도는 반대의 경향으로 나타났다. 따라서 신갈

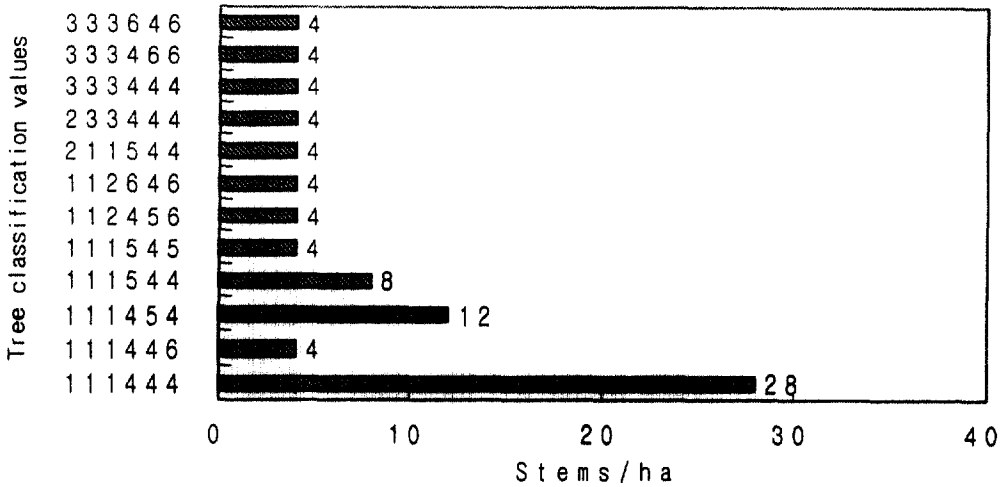


Fig. 2. The sociological and sivicultural values by IUFRO tree classification for *Q. mongolica* in the stand type IV.

Table 5. Distribution of study plots for the stand types according to aspect

Aspect	Stand Types					Total
	I	II	III	IV	V	
East	6 plots	2 plots	1 plot	1 plot	—	10 plots
South	1 plot	1 plot	3 plots	1 plot	1 plot	7 plots
North	—	1 plot	—	3 plots	1 plot	5 plots

Table 6. Mean vlaue of sample trees for selection of the future elite trees

Species	DBH (cm)	Height (m)	*Bole length(m)	Crown width(m)	Crown depth(m)	Volume (m ³)
<i>Quercus mongolica</i>	32.2	14.8	6.0	9.2	8.7	0.704
<i>Pinus densiflora</i>	29.1	17.4	7.9	7.0	9.6	0.519
<i>Tilia amurensis</i>	15.3	12.8	5.2	6.2	6.2	0.105
<i>Acer mono</i>	26.0	15.4	6.5	9.4	8.9	0.368
<i>Cornus controversa</i>	21.3	15.0	7.7	9.7	7.4	0.240
<i>Ulmus lanciniata</i>	20.4	13.7	6.3	7.2	7.4	0.201
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	17.4	14.2	7.5	7.7	6.8	0.151

* : Bole length below lowest live branch

나무는 어떤 임분내에서 주수종으로 자랄 때는 왕성한 활력을 가지고 자라며 부수종으로 자랄 때는 주수종으로 자라는 경우보다 우수한 형질의 수간형태로 자랄 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

22개의 시험구를 대상으로 사면별, 해발고별 임분형 분포를 조사한 결과 Table 5와 같이 나타났다. IV형 임분의 경우 북사면에서 많이 나타났으며, I형 임분은 동사면에 주로 나타났다.

2. 적절한 미래목 본수

1) 미래목 선발 결과

Table 6은 IUFRO 수목급 111444에 상당하는 우세목 20본에 대한 수종별 수고, 흉고직경, 지하고, 수관폭, 수관높이, 재적에 대한 평균값을 나타내고 있다. 선발한 결과 신갈나무가 가장 큰 평균흉고직경과 평균재적을 가지고 있었으나, 다른 수종에 비해 상대적으로 낮은 지하고를 가지고 있었다. 이 결과는 연구 대상지의 신갈나무 우세목이 상대적으로 왕성하고 잘 발달된 큰 수관을

가지고 있음을 나타내는 것으로 실제로 신갈나무의 평균 수관율은 58.78%로서 다른 수종과 비교해 볼 때 가장 높은 값을 나타냈다. 독일의 경우 유용활엽수에 대한 미래목의 최소 지하고의 높이를 8m로 제시하고 있는데(Burschel과 Huss, 1991), 연구대상지에서 조사된 수종들은 이보다 작은 5.3~7.9m의 평균 지하고를 나타내었으며, 신갈나무는 6.0m의 평균 지하고를 가졌다.

선발된 신갈나무 표준목들에 대한 흉고직경에 따른 수고의 분포를 조사한 결과 최대 수고가 약 18m까지로 조사되었으며 흉고직경급에 따른 수고의 변화에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이 결과는 서민환(1993)의 결과와도 유사하다. 그는 중왕산 지역에서 자라고 있는 신갈나무의 흉고직경과 수고 사이의 관계에는 분명한 차이가 없다고 언급했다.

2) 적절한 미래목 본수와 미래목 간격

연구 대상지의 7개 주요 수종에 대하여 단순림 일 경우 ha당 미래목 본수(NF)를 추정해 본 결과

Table 7과 같았다. 이를 기초로 연구 대상지의 혼효임분에서 수종에 따른 미래목들간의 적절한 간격은 Table 8에 나타냈다. 옥림작업시 적절한 신갈나무 단순림의 경우 미래목 본수는 122본/ha로 나타났으며, 피나무 단순림의 경우가 262본/ha로 가장 많은 미래목 본수를 가지는 것으로 계산되었다. Kenk(1980)는 지위가 상이며 벌기령이 120 - 150년인 참나무류 단순림에서 고급재의 생산을 위한 미래목의 선발을 40 - 50년의 임령에서 80 - 100본/ha를 제시하였다.

임분형 II과 IV의 경우, 적절한 미래목들간의 간격은 7.2m - 9.3m로 나타났으며 최소 미래목간의 거리는 5.7m - 7.4m로 계산되었다. 이를 기준으로 판단할 때 임분형 II과 IV의 경우 적절한 미래목 본수는 116 - 193본/ha(신갈나무 31 - 52본/ha, 기타 활엽수 85 - 141본/ha)이다. Table 6, 7, 8을 종합해 볼 때 임분형에 따른 적절한 미래목의 본수는 임분형 I이 약 120본/ha, 임분형 II, IV가 110 - 190본/ha(신갈나무 30 - 50본/ha,

Table 7. Optimum number of future elite trees for major species in the study areas.

Species	Mean crown width(m)	Proper future elite trees(stems/ha)
<i>Quercus mongolica</i>	9.15	122
<i>Pinus densiflora</i>	6.98	210
<i>Tilia amurensis</i>	6.23	262
<i>Acer mono</i>	9.38	116
<i>Cornus controversa</i>	9.65	110
<i>Ulmus laciniata</i>	7.15	200
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	7.73	170

Table 8. Mean distance between the future elite trees in mixed stands Unit : m

Species name	QM	PD	TA	AM	CC	UL	FR
<i>Q. mongolica</i> (QM)	9.0 (7.2)*	8.0 (6.4)	7.6 (6.1)	9.2 (7.3)	9.3 (7.4)	8.1 (6.4)	8.4 (6.7)
<i>P. densiflora</i> (PD)	-	6.9 (5.5)	7.3 (5.8)	8.1 (6.4)	8.1 (6.4)	7.5 (6.0)	7.7 (6.1)
<i>T. amurensis</i> (TA)	-	-	6.2 (4.9)	7.7 (6.2)	7.8 (6.2)	7.2 (5.7)	7.3 (5.8)
<i>A. mono</i> (AM)	-	-	-	9.3 (7.4)	9.3 (7.4)	8.7 (7.0)	8.9 (7.1)
<i>C. controversa</i> (CC)	-	-	-	-	9.5 (7.6)	8.8 (7.0)	9.0 (7.2)
<i>U. laciniata</i> (UL)	-	-	-	-	-	7.1 (5.7)	7.8 (6.2)
<i>F. rhynchophylla</i> (FR)	-	-	-	-	-	-	7.7 (6.1)

* The numbers in parenthesis indicate minimum values

기타 활엽수 80 - 140본/ha), 임분형 III이 156 - 244본/ha가 적절하다고 할 수 있다. Abetz(1979)는 단순림에서 적절한 미래목의 본수를 다음과 같이 제시하고 있다. 즉, 전나무 300본/ha, 미송은 100본/ha, 너도밤나무는 100본/ha, 소나무는 200본/ha, 낙엽송은 100본/ha, 참나무류는 80본/ha. Burschel과 Huss(1987)는 고급재 생산을 위해서는 단순림의 강도 상층간벌에서 100본/ha를 선정하도록 제시하고 있다. Abetz(1974)에 의해 제시된 고급재 생산을 위한 주요 수종들의 벌기령시 최종적으로 잔존시킬 나무들의 적절한 간격 기준을 보면, 참나무류의 경우 적절한 잔존목의 간격은 11.5m로 제시하고 있으며 이를 기준으로 미래목 본수를 계산하면 75본/ha가 된다. 이는 독일의 참나무류는 벌기령이 150년 이상으로 잡혀져 있기 때문이며, 조사대상지의 영급은 VI ~ VII영급이었다.

본 연구의 결과와 Abetz의 예를 보더라도 현재 우리나라에서 천연림 보육 및 간벌에 적용하고 있는 400본/ha 이하라는 미래목 본수는 상대적으로 너무 높고 기준이 뚜렷하지 않을 뿐 아니라, 수종별로 구분이 되어 있지 않다. 따라서 수종별 특성과 육림의 단계에 맞는 새로운 지침이 필요하다. 특히, 너무 많은 본수의 미래목을 선정하는데 따른 시간과 경비를 고려해 볼 때 수종별 혹은 임분의 특징별 적절한 미래목 본수의 결정은 반드시 필요한 일이라고 판단된다.

결 론

중왕산 지역의 신갈나무의 임분형은 재적혼효율에 의해 4개의 임분형으로 구분되었으며, 임분형별 특성을 수관급, 수직적 구조, 천이과정, IUFRO 수목급을 고려하여 비교한 결과 4가지 임분형에 따라 분명한 차이가 있었다.

신갈나무 단순림인 I형 임분에서 신갈나무는 주로 우세목의 수관급을 가지고 있었으며 전체 본수 594본/ha 중 240본/ha가 우세목으로 I형 임분 전체 우세목의 66%를 차지했다. 수직적 구조에서도 594본/ha 중 460본/ha의 신갈나무가 상층에 분포했다.

신갈나무 - 기타활엽수 혼효림인 II형 임분의 경우 신갈나무 전체 본수 130본/ha중 120본/ha가 우세목의 수관급을 가졌으며, 110본/ha가 상층에 분포하였으며 기타활엽수의 경우 상, 중,

하층에 각각 240본/ha, 210본/ha, 155본/ha으로 분포했다.

신갈나무 - 소나무 혼효림인 III형 임분의 경우, 신갈나무는 전체 455본/ha 중 135본/ha가 우세목, 320본/ha가 중용목으로 분포하였으며, 소나무의 경우 총 310본/ha 중 146본/ha가 우세목이었다. 수직적 구조에서는 상, 중, 하층에 각각 80본/ha, 115본/ha, 220본/ha의 신갈나무가 그리고 270본/ha, 30본/ha, 10본/ha의 소나무가 분포되어 소나무가 우세한 구조를 보였다.

기타활엽수 - 신갈나무 혼효림인 IV형 임분에서 총본수 920본/ha 중 84본/ha의 신갈나무가 분포했고 이중 28본/ha가 우세목으로 자라고 있었으며 64본/ha가 상층에 나타났다. 또한 기타 활엽수는 상, 중, 하층에 각각 348본/ha, 288본/ha, 184본/ha가 분포했다.

IUFRO의 수목급 구분에 의한 임분형별 신갈나무의 수간형질은 분명한 차이를 보였으며 가장 우수한 형질의 집단인 111444급 나무들의 임분형별 분포비율은 14.31%, 26.92%, 1.10%, 33.33%로 임분형 IV에서 신갈나무의 수간형질이 가장 우수했다. 신갈나무 단순림이나 신갈나무 - 소나무 혼효림에서보다 활엽수와 혼효되어 있는 임분형(II, IV)에서 신갈나무 수간형질이 우수했다.

미래목 본수는 단순림의 경우에 있어서, 신갈나무는 122본/ha가 적절한 것으로 나타났고 피나무는 262본/ha로서 가장 많은 미래목 본수를 가지며 층층나무가 110본/ha로서 가장 적은 미래목 본수를 가졌다.

신갈나무와 기타활엽수 혼효림에서 적절한 미래목간의 간격은 최소 6.1m에서 최대 9.3m였으며 각 임분형별로 필요한 미래목 본수는 I형 임분이 120/ha, 그리고 II, IV형 임분이 110 - 190본/ha(신갈나무 30 - 50본/ha, 기타 활엽수 80 - 140본/ha)였으며, III형 임분은 156 - 244본/ha이 적절할 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

1. 김성덕·김운동, 1995. 點鳳山 신갈나무林的 更新 過程에 關한 研究. 한국임학회지. 84(4) : 447-455
2. 김영수. 1993. 낙엽송 유령림의 적정 간벌시기 및 간벌강도에 관한 연구. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원 산림자원학과. 35pp.

3. 박필선. 1996. 강원도 평창군 중왕산에서 산림작업 후 소나무 천연 갱신에 영향을 미치는 요인. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원 산림자원학과. 34pp.
4. 배상원. 1994. 천연갱신에 의한 소나무 유령 임분의 구조와 무육방법. 한국임학회지. 83(1) : 50-62.
5. 백노학 · 김석권 · 김종원 · 오민영 · 유진행. 1988. 천연림의 생육단계별 임분구조 및 무육방법에 관한 연구. 임업연구원 연구보고. 36 : 44-68.
6. 백노학 · 김종원 · 강병서. 1989. 참나무 천연림 수형급 구분 및 무육방법에 관한 연구. 임업연구원 연구보고. 38 : 19-45.
7. 백노학 · 임중환 · 김종원 · 강병서. 1991. 천연 침활혼효림의 임분구조 및 무육방법에 관한 연구. 임업연구원 연구보고. 42 : 57-90.
8. 산림청. 1992. 영림계획 편성지침.
9. 서민환. 1993. 신갈나무림의 임분구조와 갱신체계. 박사학위 논문. 서울대학교 대학원 산림자원학과. 94pp.
10. 송호경 · 장규관 · 김성덕. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 신갈나무군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지. 84(3) : 299-305.
11. 신만용 · 배상원 · 임주훈 · 전영우. 1994. 천연 혼효림의 구조조정을 위한 撫育方法. 한국임학회지. 83(2) : 155-163.
12. 신만용 · 임주훈 · 전영우 · 고영주. 1992. 신갈나무, 전나무 천연혼효 임분의 갱신 및 무육방법(1) : 교목층의 임분구조와 작업중에 대한 고찰. 한국임학회지. 81(1) : 21-29.
13. 엄영근. 1995. 참나무속(Quercus) 수종 목재의 일반적인 특성과 용도. 참나무와 우리문화. 185-198
14. 이돈구 · 김지홍 · 조재창 · 차동호. 1990. 생태연구. 참나무 자원의 종합이용 개발에 관한 연구(Ⅲ). 과학기술처. pp.41-98.
15. Abetz, P. 1974. Zur Standraumregulierung in Mischbeständen und Auswahl von Zukunftsbäumen. AFZ. 871-873.
16. Abetz, P. 1979. Beiträge zur Bestandespflege. AFZ. 90 : 287-291.
17. Assmann, E. 1954. Die Standraumfrage und die Methodik der Mischbestandsuntersuchungen. AFZ. 135 : 213-226.
18. Bae, S.W. 1993. Untersuchungen zur Struktur und Waldbaulichen Behandlung von Kiefern Waldern(*Pinus densiflora* S. etZ) in the Kangweon-Provinz, Korea Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Der Forstwissenschaftlichen Fakultät. Der Albert-Ludwig-Universität. Freiburg i. Br. 227pp.
19. Burschel, P. and J. Huss. 1987. Grundriss des Waldbaus. Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin. :
20. Dengler, A. 1990. Waldbau. Zweiter Band. Verlag Paul Parey. 314pp.
21. Gerecke, K.L. 1990. Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstung. Forstamt Schuluchsee. 4pp.
22. Graney, D.L. and Kitchens, R.N. 1983. Silvicultural System for the major Forest Types of the United States : Eastern Forest Cover Types : Oak-Pine. USDA. For. Serv. Agriculture Handbook No. 445 : 172-174.
23. Kenk, G. 1980. Pflegeprogramm "Werteiche". Ueberlegungen zu einem Betriebszieltyp. MELU Stuttgart. Nr. EM-8-80 : 89-116.
24. Kraft, G. 1984. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen. Schlagstellungen und Lichtungshieben. Hannover.
25. Kramer, H. 1988. Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey. 374pp.
26. Leibundgut, H. 1956. Empfehlungen fuer die Baumklassenbildung und Methodik ueber die Wirkung von Waldpflagemassnahmen. 12. IUFRO-Congr. Oxford. Bd. 2 : 92-94.
27. Leibundgut, H. 1984. Die Waldpflege. 3. Auflage. Haupt. 214pp.
28. Olberg, A. 1955. Ein neuer Vorschlag fuer ein Baumklassensystem. Allg. Forst- u. Jagdtztg. 126 : 65-67.
29. Oliver, C.D. and B.C. Larson. 1990. Forest Stand Dynamics. McGraw-Hill, Inc., New York. 467pp.
30. Waldarbeitsschulen der Bundesrepublik Deutschland. 1993. Der Forstwirt. Verlag Eugen Ulmer. 680pp.
31. Wiedemann, E. 1935. Zur Klaerung der Durchforstungsbegriffe. Zeitschrift. f. Forst- u. Jagdw. 67 : 56-64.