

## 天然闊葉樹林內 主要 構成 樹種의 天然更新 樣相\*

金知洪<sup>1)</sup> · 梁熙文<sup>2)</sup> · 金光澤<sup>2)</sup> · 李元燮<sup>2)</sup> · 姜聲基<sup>2)</sup>

### The Aspect of Natural Regeneration for Major Tree Species in the Natural Deciduous Forest

Ji Hong Kim<sup>1)</sup> · Hee Moon Yang<sup>2)</sup> · Guang Ze Jin<sup>2)</sup> ·  
Won Sup Lee<sup>2)</sup> and Sung Kee Kang<sup>2)</sup>

#### 요 약

이 연구는 “국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구”의 일환으로 강원도 평창군 가리왕산 일대 천연 활엽수림을 대상으로, 주요 수종별 천연갱신 특성을 평가하여 연구대상 산림의 전반적인 천연갱신에 대한 종합적인 생태적 정보를 제공하고자 실시되었다. 수종별 천연갱신 특성을 요약하면 다음과 같다.

거제수나무 : 비산되는 종자이므로 종자 공급에는 문제가 없으나, 종자 발아를 위해서 노출된 광물질 토양이 필요하며, 두꺼운 낙엽층은 종자 발아를 제한한다. 발아 후 갱신치수는 다량의 광선을 필요로 한다.

고로쇠나무 : 내음성은 강하나, 치수의 내건성이 약하므로 50% 이상의 피음을 요구하며, 우량 형질의 임목 조성을 위해 높은 초기 밀도를 유지하여야 한다. 맹아갱신력은 높다.

난티나무 : 수분 요구도가 높고 내음성이 약하므로 60% 가량의 상층 울폐도를 유지하여 보습과 광선 유입이 원활하여야 하며, 치수 활착을 위해서 관목류 및 기타 식생으로부터 경쟁 요인을 제거한다.

들메나무 : 종자 발아를 위해 광물질 토양의 노출이 필수적이며, 치수 활착을 위해서 다량의 수분과 광선이 요구되고, 지피식생에 의한 치수의 피압이 우려되므로 임지정리작업 도입이 필수적이다.

물푸레나무 : 종자 결실의 풍흉이 심하며, 두꺼운 낙엽층은 종자발아를 제한한다. 치수 활착시 지피식생에 의한 피압이 우려되므로 임지정리작업의 도입이 필수적이다.

신갈나무 : 종자공급의 문제(설치류에 의한 피해) 및 두꺼운 낙엽층 및 조릿대 밀생 지역에서는 종자 발아가 제한되며, 치수 발생 후, 임관의 50% 이상을 열어줄 필요가 있고, 맹아갱신력이 높다.

읍나무 : 두꺼운 낙엽층은 종자발아를 제한하며, 유령목 생육에 다량의 광선이 요구된다.

젓나무 : 내음성은 강하나, 유령목 단계에서 생육은 극히 저조하다.

층층나무 : 동물에 의해서 종자가 산포되지만 종자 피해는 불가피하며, 발아와 치수 활착을 위해서 다량의 광선이 요구된다.

피나무 : 종자 충실률이 낮고 이중 휴면성 때문에 종자 공급에 어려움이 있으며, 두꺼운 낙엽층은 종자발아의 걸림이 되므로 광물질 토양이 필요하고, 맹아갱신력이 매우 높다.

\* 이 연구는 산림청 지원 “국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구” 결과의 일부임.

1) 江原大學校 山林科學大學 山林資源學部 : Division of Forest Resources, College of Forest Science, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea  
2) 江原大學校 大學院 森林經營學科 : Dept. of Forest Management, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

## ABSTRACT

Forming a part of "Cooperative Practical Study for the Modernization of the Management of National Forest", this study was conducted to provide overall ecological information for the natural regeneration of major tree species on the basis of community structural attributes in the deciduous forest ecosystem. Followings are summarized characteristics of the natural regeneration for the selected tree species.

*Betula costata* : Although large number of seeds are dispersed by wind, they require mineral soils to germinate. Thick litter layer could be an obstacle to germinate. After germination, the seedling requires large amount of light for successful establishment.

*Acer mono* : Characterized by high shade tolerance and weak drought resistance, the seedling should be overcasted with more than 50% of canopy coverage. High stand density should be maintained to produce good quality of timber. The potential of coppice may be high.

*Ulmus laciniata* : Since this species needs high rate of soil moisture and light, around 60% of canopy coverage should be maintained to retain moisture and incoming light. The competition with other vegetation should be removed for the favor of successful seedling establishment.

*Fraxinus mandshurica* : This species requires moist mineral soils to germinate. After germination, the seedling needs large amount of light and moisture for successful establishment. Site preparation should be applied to reduce competition with weedy vegetation.

*Fraxinus rhynchophylla* : Interval of large seed crops may be highly varied. Thick litter layer could be an obstacle to germinate. Site preparation should be applied to reduce competition with weedy vegetation so as to achieve successful seedling establishment

*Quercus mongolica* : Including the difficulty of seed supply by the consumption, thick litter layer and mountain bamboo cover could be the obstacle to germinate. More than 50% of relative light intensity is necessary to achieve successful seedling establishment.

*Kalopanax pictus* : Thick litter layer could be an obstacle to germinate. The seedling needs large amount of light and moisture for successful establishment.

*Abies holophylla* : In spite of high shade tolerance, the growth rate in sapling stage may be extremely slow.

*Cornus controversa* : Seeds (drups) are consumed and dispersed by animals, tending to be not sufficient in seed supply. This species requires large amount of light for successful germination and seedling establishment.

*Tilia amurensis* : The difficulty of seed supply might be expected with low seed purity and double dormancy. Since thick litter layer could be an obstacle to germinate, the species requires moist mineral soils for successful germination. The potential of coppice may be extremely high.

**Key words** : natural deciduous forest, natural regeneration, microtopography

## 서 론

산림을 효율적으로 경영하고 용재의 보속적 생산과 양질의 환경재 창출을 지속적으로 유지하기 위해서는 산림의 생태적 특성에 기초한 효과적인 조림작업종 선정, 후계 임분 조성, 보육체계 등의 시업학적 방안이 마련되어야 한다. 따라서 본 연구진은 연구대상 산림을 수확 벌채 후 어떠한 방향으로 후계 임분을 조성하는 것이 산림 생태계의 안정성을 유지시키며 높은 가치 창출을 유도할 수 있는지에 초점을 맞추어 왔으며, 현 임분의 생태적 특성과 경영상의 여건들을 고려할 때, 후계 임분은 개별작업에서 탈피한 부분 갱신 벌채작업 위주의 천연갱신을 겨냥한 조림작업종에 의해 조성되어야 할 것을 주장해 왔다(山林廳, 1991, 1995, 1998, 1999). 그러나 주요 유용수종들은 자연적 번식력에만 의존하여 후계 임분을 조성하기에는 많은 제약 조건들이 따르는 것으로 파악되었으며, 특히, 활엽수종들은 강한 맹아력에 의해 형질이 좋지 않은 후대가 빈번히 발생하는 문제가 있는 것으로 판단되어 이들에 대한 처리 및 대안이 요구되고 있다.

일반적으로 천연갱신 과정은 크게 3가지 단계, 즉, 종자공급 단계, 종자발아 단계, 그리고 치수 활착 단계로 구분하여 파악하고 평가되어야 할 것이다. 종자공급 단계는 환경적 인자와도 관계가 있겠지만 주로 모수의 생육과 결실량, 결실주기 등 임목의 생리적 요인과 깊은 관계가 있는 것으로 사료되며, 반면에 종자발아 단계와 치수활착 단계는 물리적 환경 요인(온도, 광선, 수분, 미세지형 등)과 생물적 요인(낙엽층의 축적, 지피식생에 의한 피압, 경쟁 등)을 위주로 산림의 복잡한 생태적 요인들에 의해 영향을 받는 것으로 판단된다. 따라서 천연갱신에 의한 후계임분 조성을 효과적으로 성공하기 위해서는 임분의 구조적 특성, 수종의 생리생태적 특성, 입지적 특성, 천이 계열에 따른 산림의 동적 특성 등, 다각적인 산림의 생태적 정보를 통하여 연구 대상 산림의 천연갱신 양상에 대한 체계적 정보를 수립하는 것이 요구된다.

천연활엽수림의 천연갱신에 관한 연구로는 벌

채종류에 따른 갱신 양상 연구(金光澤, 1998 ; 金知洪 등, 1999), 맹아에 의한 천연갱신 연구(Roth & Hepting, 1943;李克志, 1958; Buckman, 1964; Trimble, 1968; 沈鍾燮, 1973; Baker 등, 1979; 朴勝杰, 1981; 李敦求와 金甲德, 1982; 金錫權 등, 1984) 등의 많은 연구가 진행되었지만, 주요 수종별 천연갱신에 대한 생리 생태적 특성에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구진은 천연활엽수림의 천연갱신에 관한 속성을 종합적으로 분석하여 임상을 분류하고 경영 수종을 선별하여 각 임상별 천연갱신 양상에 대한 정보를 제공한 바 있다(山林廳, 1998). 이 연구에서는 연구 대상 산림의 군집 구조적 속성을 바탕으로 주요 구성 수종별 천연갱신 양상에 대한 정보를 체계화하고자 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

이 연구는 동부지방산림관리청 평창 국유림 관리소 관내 가리왕산 일대의 천연활엽수림을 대상으로 실시되었다. 행정구역상으로는 강원도 평창군 진부면과 대화면에 속하며, 북위 37° 25' ~ 30', 동경 128° 11' ~ 44' 에 위치하고 있으며, 연구대상 지역의 식생은 해발 550~1,500m 사이에 위치하여 아고산 산림대의 수직적 분포 서열이 잘 나타나고 있으며, 식생 구성도 비교적 다양한 편이다. 인공림은 일본잎갈나무, 잣나무가 주로 조성되어 있고, 천연림은 신갈나무 등의 참나무류가 주종을 이루고 있으며, 자작나무류, 물푸레나무류, 단풍나무류, 층층나무, 느릅나무, 난티나무, 음나무 등의 활엽수종이 고루 분포되어 있다(山林廳, 1995). 기후대는 온대 중부 및 북부에 속하고, 대관령 측후소 관측 자료에 의하면, 연평균 기온은 6.3℃, 연평균 강우량은 1,640mm이며, 연평균 상대습도는 약 73%로 비교적 높게 나타나고 있다. 모암은 편마암 또는 석회암으로 구성되어 있으며, 산림 토양은 비옥한 갈색토이다(山林廳, 1991).

## 2. 자료수집 및 분석방법

이 연구에서는 수종의 천연갱신 양상에 대한 정보를 제공하고자 연구대상 산림에 10m×10m 표본구를 무작위로 설치하여, 각 표본구에 생육하고 있는 수종 중 우점도 및 활용 가치가 높은 수종 10가지를 연구 수종으로 선택하였다. 선택된 수종은 거제수나무, 고로쇠나무, 난티나무, 들메나무, 물푸레나무, 신갈나무, 음나무, 젓나무, 층층나무, 그리고 피나무 등으로 기존의 연구 자료들(山林廳, 1991, 1995, 1998, 1999)을 검토하여 이들 수종들의 생육 현황을 전체적으로 파악한 후, 지형적 조건, 특히 임목의 분포 및 생육과 밀접한 관계가 있는 미세지형에 따라 이들 수종들의 분포 특성을 규명하였으며, 수종식별과 명명은 대한식물도감(李昌福, 1982)을 참조하였다.

환경적 요인과 연구 대상 수종과의 관계를 파악하기 위해 연구 대상 수종이 주로 서식하는 생육지와 실생묘에 의한 치수 발생이 빈번한 지역을 대상으로 토성, 토양수분 등을 조사하여 각 수종의 토양 조건과 생육 관계를 파악하였고, 수종별 갱신 치수 발생 가능한 광선 범위를 파악하고자 각 수종의 치수발생 지역의 조도를 조사하였다. 또한, 연구 대상 수종의 주변 하층식생을 조사하여 각 수종별 하층식생들과의 상관관계를 분석하고, 갱신치수 발생 지역의 주변 하층식생의 종류 및 밀도 등을 조사하여 수종별 하층식생과 갱신과의 관계를 평가하였다.

이상의 수종별 종합적인 천연갱신 양상을 평가 분석하여 갱신에 걸림돌이 될 것으로 판단되는 제약 조건들을 파악하고, 산림사업적 처리를 통하여 이러한 제약 조건을 해결할 수 있는 방안을 고찰하였다.

- 가. 미세지형별 생육 특성 파악을 통한 대상 수종의 생태적 속성 분석
- 나. 대상 수종과 토양 조건(토성, 토양 수분 등)과의 생육 관계 파악
- 다. 수종별 수직적 계층 구조에 따른 공간 분포 양상
- 라. 수종별 갱신치수의 발생 가능한 조도 범위 파악을 통한 내음성 추정

- 마. 수종별 갱신 제약 조건 평가 및 해결 방안 모색

## 결과 및 고찰

### 1. 수종별 입지 요구도 및 번식 특성

연구 지역에서 확실히 구분되는 아홉 가지 미세지형 조건에 따라서 성숙목과 갱신목이 출현함으로써 천연갱신의 입지 요구도를 부분적으로 파악할 수 있었다. 이들 아홉 가지의 미세지형 조건은 임목의 생육과 분포에 가장 제한 요소가 되는 수분 조건과 관계가 있으므로 천연갱신의 입지 요구도에 관련될 것으로 사료된다.

수종의 생육과 분포는 수분 조건이 일차적인 제한 요소라는 점을 감안하여 연구 대상 산림에서 구분되는 9가지 미세지형에 따라서 10가지 수종의 생육 분포 범위와 갱신 잠재력 정도를 파악하였다. 구분된 9가지 미세지형의 설명은 다음과 같다.

- A : 습지(saturated soil)--계곡을 따라서 생성된 저지대로써 토양은 일년중 대부분의 기간동안 수분 포화 상태를 나타내고 유기물 함량은 상당히 높다.
- B : 습하며 배수불량한 저지대--계곡을 따라서 생성된 저지대인 것은 "A" 지역과 유사하나 토양은 가끔씩 수분 포화 상태를 나타내고 배수가 불량한 토양이며 총적으로 인한 점토 함량이 높고 유기질 함량도 비교적 높다.
- C : 계곡 주변, 습지 주변--계곡이나 습지에서부터 경사면이 시작되거나 경사도가 급하게 변화하는 경계 지역으로, "A" 혹은 "B" 지역보다는 토양의 평균 입자가 굵고 배수가 잘되는 토양으로 구성되어 있으며 광선 투과량도 비교적 많다.
- D : 오목형의 저지대--계곡과 비슷한 높이를 가지는 저지대로써 우기에는 지위수위가 다소 상승하여 습하나 그 외의 시기에는 배수가 양호하며 적습하고 표토의 토성은 양토

(loam) 내지는 미사질양토(silty loam)를 나타내며 하층토는 점토질(clay)이 많으며 영양분이 대체로 풍부하다.

- E : 계곡의 산기슭—계곡에서부터 능선이나 산정부를 향하여 고도가 높아지면서 일정한 경사도를 갖기 시작하는 기슭 지역으로 배수는 양호하나 적습하며 주위 고지대로부터 수분과 영양분이 밀려 내려오는 경우가 많아 적습하고 영양분이 대체로 풍부하며 “D” 지역과 비슷한 토양의 성질과 입지 조건을 갖지만, 경사도는 다소 증가한다.
- F : 산복 중앙부—계곡의 산기슭보다 고도가 높아지면서 능선이나 산정부 70%까지 이르는 지역으로 면적상으로는 가장 넓게 분포한다. 특정 지형의 평균 경사도를 가지며 배수가 양호하고 토성은 국부적으로 변이가 많으며 영양분 함량은 “E” 이하의 지역에 비해서 떨어진다. 남사면과 북사면의 토양 습도와 토양의 성질에 차이가 많다.
- G : 배수 양호한 산복 상단부—산복 중앙부보다 고도가 높은 지역이나 경사도는 다소 완만해지는 지역으로 배수는 양호하고 토성은 모래 함량이 증가하며 영양분의 함량도 낮다.

H : 계곡 사이의 능선 및 평평한 고지대—간헐 계곡 사이의 경사도가 완만한 능선 부위와 높은 지대의 평탄지가 이 지역에 속한다. 배수는 양호하며 토양의 성질은 “G” 지역과 비슷하나 태양광선에 노출이 다소 많아 지며 건조하다.

I : 능선 및 산정부—산복의 경사지가 끝나는 능선과 산의 정상 부위로써 태양광선에 노출이 가장 많고 바람의 영향으로 가장 건조한 지역으로 배수는 매우 잘되며 토성은 사질 함량이 가장 많고 영양분의 함량도 가장 낮은 지역이다. 암석의 노출을 가장 흔히 볼 수 있는 지역이다.

연구 대상 지역에서 위와 같은 9가지의 미세지형 조건을 전형적으로 표현할 수 있는 모식도를 Figure 1에 나타내었다.

연구 대상 10가지 수종별 미세지형(microtopography) 조건에 따른 성숙목과 천연갱신으로 유도될 잠재력을 가진 후계목의 분포를 “○”로 표시하고, 가장 대표적으로 분포하는 지역에는 “●”로 표시하여 Table 1에 나타내었다.

구분된 미세지형 조건에 여러 가지 수종이 어

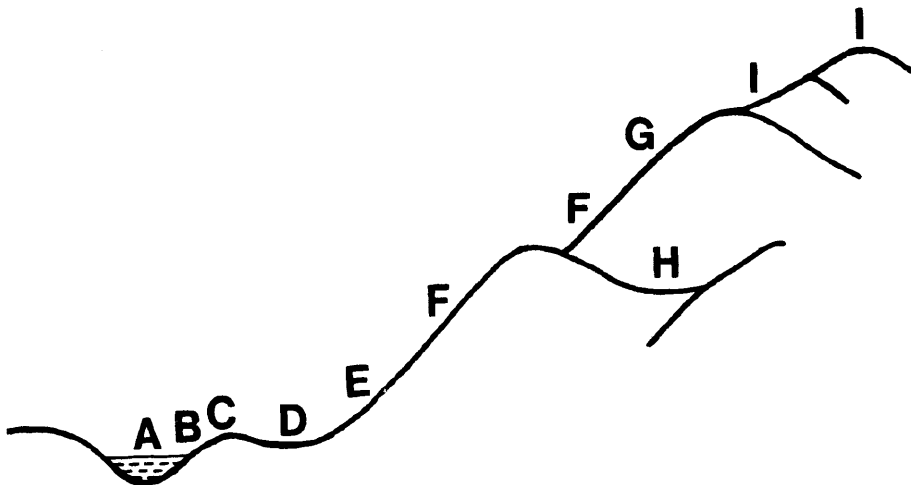


Figure 1. Model diagram of nine microtopographic positions.

Table 1. Microtopographic distribution of selected tree species.

Species	Microtopography								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Abies holophylla</i>					○	●	○		
<i>Acer mono</i>			○	○	●	○	○		
<i>Betula costata</i>					○	●	○		
<i>Cornus controversa</i>				○	●	○	○		
<i>Fraxinus mandshurica</i>			○	●	○				
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>			○	○	○	○	○	○	
<i>Kalopanax pictus</i>				○	○	●	○		
<i>Quercus mongolica</i>						○	○	●	○
<i>Tilia amurensis</i>				○	○	●	○		
<i>Ulmus laciniata</i>		○	○	○	○				

우리저 분포하고 있으며, 각 수종 또한 몇 가지의 지형 구분에 걸쳐서 나타나는 경향이었다 (Table 1). 그러나 특정한 미세지형에서의 수종 구성 상태는 토성, 유효 토심, 암석의 양, 임관 율폐도, 사면 방향 등의 요인에 따라서 변할 것이지만, 미세지형 조건을 제외한 조사 대상 지역의 생태적인 입지 조건들이 큰 변화가 없는 것으로 판단되어 천연 갱신력은 미세지형에 따라서 좌우될 경향이 짙은 것으로 추정된다. 특기할 만한 사항은 상당 부분의 임지가 암석이나 자갈로 덮여 있는 것과 일부 신갈나무림의 하층에 조릿대가 매우 두껍게 뒤덮여 있으므로 해서 천연갱신으로 유도되는데 커다란 걸림이 되리라는 것이다(金知洪과 梁熙文, 1996). 결국 일반적인 입지조건과 수종에 따른 천연 갱신력을 파악할 수는 있으나, 국부적으로 형성되는 갱신에 대한 걸림은 그 임분과 입지조건의 실정에 맞는 산림사업적 처방(예: 지존작업, 임상처리, 수하식재 등)이 이루어져야 하리라 판단된다.

연구 대상 수종별로 갱신 여건을 판단하는 기초 자료로서, 종자의 특성(종류, 크기, 결실시기,

산포방법) 및 맹아 갱신 방법과 잠재력을 Table 2에 나타내었다. 선정된 연구 대상 수종들은 제 나름대로의 독특한 번식 방법을 깨우쳐서 진화한 것으로 판단된다. 다만, 종자 혹은 맹아 등에 의해서 새로운 어린 개체가 발생하는데 많은 장애요인이 있겠지만, 치수 활착에도 여러 가지 환경요인들이 관여함으로써, 성공적인 천연갱신을 위해 각 수종마다의 특성을 파악하는 지혜가 필요하다.

연구 대상 수종별 갱신 치수의 물리적 입지 요구도를 Table 3에 나타내었다. 내음성이 약한 거제수나무는 임외 광선 80% 이상 및 하층 피복도 10% 미만을 유지하여야 갱신 치수의 원활한 활착과 생육을 기대할 수 있고, 내음성이 비교적 강한 고로쇠나무와 젓나무는 임외 광선의 40% 이상과 하층 피복도는 30~40% 미만을 유지하여야 갱신 치수의 원활한 활착과 생육을 기대할 수 있는 것으로 조사되었다. 그 외의 활엽수들도 50~70% 가량의 상층율폐도와 30~50% 이하의 하층 피복도를 유지하는 것이 종자의 발아와 치수 활착을 도모할 수 있을 것으로 파악되었다.

Table 2. Seed and coppice characteristics for the selected species.

Species	Seed				Coppice	
	Type	Size (mm)	Ripening Time	Dispersion	Source	Potential
<i>Abies holophylla</i>	cone (winged)	4~8	Sep.	wind	--	--
<i>Acer mono</i>	samara (winged)	5~8	Sep.	wind	sprout	high
<i>Betula costata</i>	cone (winged)	1~2	Aug.~Sep.	wind	sprout	high
<i>Cornus controversa</i>	drup	3~6	Aug.	bird, rodent	sprout	middle
<i>Fraxinus mandshurica</i>	samara (winged)	5~8	Sep.	wind	sprout	middle
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	samara (winged)	6~10	Aug.~Sep.	wind	sprout	high
<i>Kalopanax pictus</i>	drup	4~6	Sep.	rodent, birds	sprout	middle
<i>Quercus mongolica</i>	nut	10~25	Aug.~Sep.	rodent	sprout	high
<i>Tilia amurensis</i>	nut (bract)	5~8	Aug.~Sep.	bird, wind	sprout	high
<i>Ulmus laciniata</i>	samara (winged)	2~5	May.~Jun.	wind	(sprout) sucker	middle

Table 4는 분류한 임형 I에서의 상·중·하층의 상대밀도(山林廳, 1998)와, 천연갱신의 잠재력이 산림천이와 밀접한 관계가 있음을 감안하여, Markov Chain의 추이행렬 방법을 도입하여 수행하였던 천이 경향 분석에 의한 미래 구성 비율 예측 상황을 나타낸 것이다. 현재 상태에서 교란이 없을 것이라는 전제 조건 아래에서, 미래 상층목 개체수 구성 비율이 증가할 것으로 분석된 수종은 고로쇠나무, 난티나무, 들메나무, 물푸레나무, 젓나무, 피나무로 파악되었고, 상층 구성 비율이 감소할 것으로 나타난 수종은 신갈나무(대폭 감소), 거제수나무(대폭 감소), 음나무, 층

층나무 등으로 파악되었다.

각 수종별로 층위에 따른 분포 양상을 분석하여 Table 5에 나타내었다. 신갈나무와 피나무 등과 같이 상·중·하층 모두에서 같은 집락분포(clumped) 양상을 띠는 수종이 있는가하면, 그 외 대부분의 수종들은 수직층에 따라서 임의분포(random) 혹은 집락분포 양상을 띠는 것으로 분석되었다. 이것은 어린 치수가 점차 성목이 되면서 자연 간벌(natural thinning)의 유형과 정도에 따라서 생기는 결과적인 현상으로 판단된다. 또한 이러한 정보는 활엽수림의 작업중에 따라서 부분 벌채가 이루어질 때, 수종들의 인위적인 분포 양상을 유도하는데 이용될 수 있을 것이다.

Table 3. Site requirements of the regeneration for the selected species.

Species	Light Intensity(%)	Understory Coverage(%)	Shade Tolerance	Cold Hardiness	Drought Tolerance
<i>Abies holophylla</i>	> 40	< 40	high	strong	weak
<i>Acer mono</i>	> 40	< 30	high	strong	weak
<i>Betula costata</i>	> 80	< 10	low	strong	medium
<i>Cornus controversa</i>	> 70	< 30	mid~low	medium	weak
<i>Fraxinus mandshurica</i>	> 70	< 30	mid~low	medium	weak
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	> 50	< 30	medium	strong	strong
<i>Kalopanax pictus</i>	> 70	< 30	mid~low	medium	medium
<i>Quercus mongolica</i>	> 50	< 50	medium	strong	strong
<i>Tilia amurensis</i>	> 60	< 40	mid~high	medium	medium
<i>Ulmus laciniata</i>	> 60	< 20	mid~low	medium	weak

Table 4. Present composition and successional tendency for the selected species.

Species	Present Relative Density(%) <sup>1</sup>			Future Overstory Compostion <sup>2</sup>	Climax Index <sup>3</sup>
	Overstory	Midstory	Understory		
<i>Abies holophylla</i>	1.0	0.8	0.9	▲	--
<i>Acer mono</i>	7.0	10.4	12.6	▲▲	70.8
<i>Betula costata</i>	4.7	0.3	0.0	▼▼	50.0
<i>Cornus controversa</i>	4.2	1.7	0.1	▼	60.4
<i>Fraxinus mandshurica</i>	4.4	2.5	2.6	▲	58.3
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	8.3	6.7	3.7	▲	56.3
<i>Kalopanax pictus</i>	1.8	1.1	0.4	▼	41.7
<i>Quercus mongolica</i>	35.2	11.4	6.1	▼▼	72.9
<i>Tilia amurensis</i>	3.1	4.6	1.2	▲	68.8
<i>Ulmus laciniata</i>	1.6	0.4	1.2	▲	64.6

<sup>1</sup> 山林廳(1998) 기준 자료.<sup>2</sup> ▲ : increase , ▼ : decrease<sup>3</sup> 金知洪(1993)



**Table 5. Spatial pattern of the selected species by vertical layers.**

Species	Vertical Layer	Spatial Pattern	ID Value	$\chi^2$
<i>Abies holophylla</i>	overstory	random	1.3	42.6
	midstory	clumped	3.5	78.8
	understory	clumped	11.1	195.6
<i>Acer mono</i>	overstory	clumped (random)	1.8	57.5
	midstory	clumped	5.2	161.3
	understory	clumped	29.3	935.9
<i>Betula costata</i>	overstory	random	1.4	50.7
	midstory	clumped	7.5	80.8
<i>Cornus controversa</i>	overstory	clumped	4.6	91.3
	midstory	random	1.5	51.8
	understory	clumped (random)	2.1	56.9
<i>Fraxinus mandshurica</i>	overstory	random	1.3	50.9
	midstory	random	1.1	41.8
	understory	clumped (random)	2.1	57.7
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	overstory	uniform	0.6	27.4
	midstory	clumped	4.5	135.7
	understory	clumped	2.1	85.9
<i>Kalopanax pictus</i>	overstory	random	1.3	42.6
	midstory	random	1.4	44.9
	understory	clumped	2.2	69.2
<i>Quercus mongolica</i>	overstory	clumped	9.6	307.4
	midstory	clumped	7.5	239.8
	understory	clumped	12.1	385.9
<i>Tilia amurensis</i>	overstory	clumped	6.6	207.4
	midstory	clumped	5.1	139.4
	understory	clumped	10.4	285.9
<i>Ulmus laciniata</i>	overstory	random	1.6	53.8
	midstory	clumped (random)	1.8	55.7
	understory	clumped	22.1	565.2

**2. 수종별 천연갱신 특성**

(1) 거제수나무 (*Betula costata*)

연구 대상 산림에서 거제수나무는 주로 800m 이상의 산복에서 나타나기 시작하여 능선이나 산 정부에서부터 약 20% 아래 부분 고도 약

1,300m까지 생육하면서 상층은 5% 가량의 상대밀도를 갖고 분포하고 있었다. 산림천이 경향 분석 결과, 현재 상태에서 산림 교란이 없는 한, 거제수나무의 밀도는 줄어들 것으로 예측되었다 (Table 4). 치수 활착에 다량의 광선을 요구하기 때문에 임내 하층에서는 찾아보기가 힘들며, 상층

임관이 어느 정도 소개된 중층에서는 집락분포 유형을 보이면서 소군락을 형성하는 경우가 많고 상층으로 발달하는 과정에서 자연 간벌의 과정을 거치는 경향이 짙기 때문에, 상층에서는 임의분포하는 양상을 띤다(Table 5).

꽃은 자용일가화로 수산화서이며 암꽃은 곧추 서고 수꽃은 내려 숙이는데 5~6월에 핀다. 과수는 난상타원형으로 길이 2cm이고 짧은 대가 있어 서로 실편의 중앙열편은 길이 6mm로써 측편의 2배쯤 되고 잎 열편은 도난형이다. 열매는 작은 구과로서 난형 또는 넓은 난형이며 날개는 열매의 너비보다 좁고 열매는 날개를 포함하여 너비 1~2mm정도 되며 8~9월에 익는다. 종자의 산포 방법은 바람을 이용하며 양수이므로 음지에서는 생장이 극히 저조하거나 거의 나타나지 않으며 척악지, 개방지에서 주로 군집을 형성하며 자란다(Table 2). 여러 가지 교란 요인에 의해서 광물질 토양이 드러나 있고 햇빛이 잘 드는 곳에서는 천연하층에 의한 발아가 잘 된다. 내한성은 강하며 내건성은 보통이나 생장은 빠른 편이다. 뿌리는 천근성이지만 넓게 신장하기 때문에 지지력과 활착이 좋다.

천연하중갱신에 있어서는 이 수종은 종자에 날개가 달려 있고 가벼워서 멀리 비산되고, 발아와 생장이 빨라 천연하중갱신이 가능한 수종이나 임내 공간이 적어도 80% 이상 소개되고 하층 피복율은 10% 이하의 지역이라야 어느 정도 치수 발생이 가능하다. 그러므로 거제수나무의 발생을 겨냥한 갱신작업종은 택벌작업과 같은 부분 벌채에 의한 천연갱신을 유도하기보다는 소면적개벌을 실시한 후, 임내정리작업을 알뜰히 해주어야만 종자의 발아와 치수 활착이 성공적으로 이루어질 수 있을 것으로 사료된다. 대상 임지 주위에 있는 모수림의 종자 결실이 잘 된 해를 택하여 갱신작업을 실시하여야 하며 갱신 대상 임지 내에 있는 벌채 잔존물, 관목, 덩굴류 등의 지피식생, 낙엽 등의 지피 유기물을 제거하고 지면을 긁어 주어 종자의 발아를 증대시킬 수 있는 여건을 만든 다음, 상방의 모수나 측방의 모수림으로부터 종자가 낙하 비산되도록 한다.

맹아갱신에 의한 방법은 벌근이 잘 썩고 맹아

력이 약하며 맹아갱신에 의한 후계림조성이 어려운 수종으로 생각된다.

## 2) 고로쇠나무 (*Acer mono*)

연구 대상지에서 고로쇠나무는 고도 700m에서 1,300m에 걸쳐서 분포하고 있었으며, 가장 많이 분포하는 지역은 고도 900m~1,200m로 조사되었다. 고로쇠나무가 주로 분포하는 사면 방향은 북동과 북서 사면이었으며, 계곡에서부터 산복으로 향하여 고도가 높아지면서 일정한 경사도를 갖기 시작하는 산기슭 지역으로 배수가 잘되고 수분 조건이 양호하고 토심이 비교적 깊은 양질의 토양이 적지인 것으로 판단된다(Figure 1, Table 1). 고로쇠나무는 내한성이 강하며, 음지, 양지를 가리지 않고 잘 자라지만, 토심이 얇고 건조한 토양에서는 생장이 아주 불량한 수종이다. 고로쇠나무의 뿌리는 천근성이고 사출 또는 수평으로 발달한다.

고로쇠나무 상층의 현재 밀도는 약 7%로 파악되었으나, 중층과 하층의 밀도가 보다 높은 비율을 유지하고 있기 때문에(Table 4), 연구대상 산림이 보다 발달하여 극상에 가까워질수록 밀도가 약 10%까지 증가될 것으로 분석되어(山林廳, 1998), 천연갱신을 겨냥한 부분벌채(이단립작업, 산벌작업, 혹은 택벌작업)를 통하여 고로쇠나무의 증식을 도모하는 것이 천이 진행 과정과 부합되는 것으로 나타났다. 고로쇠나무의 공간분포 양상 분석 결과, 중소경목들은 집락분포하는 경향이 있으며, 상층목은 임의분포하는 성향이 짙은 것으로 나타났다(Table 5).

산방화서는 가지 끝에 잎과 같이 달려서 꽃은 자용동주로 대개 잎보다 먼저 5월에 연한 황록색으로 핀다. 열매는 시과(samara)로서 보통 9월에 익고, 종자의 크기는 5~8mm 가량이며, 산포 방법은 종자에 달려있는 날개로서 바람에 날려 퍼져 나간다(Table 2).

고로쇠나무의 천연하중갱신은 갱신대상 임지 주위에 있는 모수림의 종자 결실이 잘된 해를 택하여 작업을 실시하여야 한다. 종자는 시과이므로

종자가 비교적 멀리 비산되고 발아와 활력이 좋아 천연하중갱신에 의한 후계림 조성이 가능한 수종이다. 갱신 대상 임지 내에 있는 초두목이나 가지 등의 벌채 잔존물, 관목, 덩굴류 등의 지피 식생, 낙엽 등의 지피유기물을 말끔히 제거하고 지면을 긁어주어 종자의 발아를 증대시킬 수 있는 여건을 만든 다음, 상방의 모수나 측방의 모수림으로부터 종자가 낙하 비산되도록 한다. 종자의 비산 거리는 모수 높이의 약 3배 정도이다. 고로쇠나무의 치수는 내음성과 내한성은 강하나 건조에 견디는 힘은 매우 약하다. 치수의 활착을 위하여 전광량의 40% 이상을 유지할 수 있는 상층 임관의 울폐도가 필요하다(Table 3).

맹아갱신 측면에서 보면 맹아력은 보통이지만 활력이 왕성하여 맹아갱신이 가능하다. 맹아갱신을 하기 위한 벌채는 생장 휴지기인 가을부터 이른봄까지 실시하면 되나, 생장개시 직전에 하는 것이 좋다. 임목을 벌채할 때는 가능한 낮게 절단하여 뿌리 부근에서 맹아가 나오도록 하고 자른 면은 약간 남쪽으로 기울면서 평활하게 하여 빗물이 고이지 않도록 한다. 벌근으로부터 여러 개의 맹아가 나오는데 이때는 뿌리근처에서 나온 충실한 것 3~4본만 남기고 모두 제거하여 서로 경쟁을 유도한 후, 근주당 생장이 왕성한 것 1~2본만 남겼다가 최종적으로 활력이 좋은 1본만을 최종적으로 생육시킨다. 본 수종은 타 활엽수종에 비하면 활착률이 높을 뿐만 아니라 어려서도 내음력이 있어 주위식생으로 인하여 피압될 위험이 적으므로 천연하중갱신의 성공률이 높다고 할 수 있다.

### 3) 난티나무(*Ulmus laciniata*)

우리 나라의 다른 활엽수림과 달리 연구 대상 산림에서 임지 조건이 비교적 양호한 곳에 난티나무가 좋은 생육과 형질을 보유하고 있고 구성 비율도 상대적으로 높기 때문에 연구 대상 수종에 포함시켰다. 난티나무는 주로 산복의 계곡 부근과 산록에 주로 분포하는 것으로 파악되었다. 계곡에서부터 경사면이 시작되거나 경사도가 급하게 변화하는 경계지역으로 우기의 토양은 수분

포화 상태를 나타내고 배수 정도는 중간 정도를 나타내며 층적으로 인하여 점토 함량이 높고 유기질 함량이 비교적 높은 비옥한 토양에서 생육이 양호하였다(Figure 1, Table 1). 다른 수종과 비교할 때, 내한성은 중간에 속하며 내음성과 내건성은 약한 수종으로 판단된다. 생장과 발달에 다량의 광선이 필요하고 기타 식생과의 경쟁을 피하기 어려운 난티나무의 발아와 치수 활착을 도모하기 위하여 상층 임관이 60% 이상 소개되고 하층 피복도는 20% 미만을 유지하여야 원활한 갱신과 생육을 기대할 수 있다(Table 3).

현재의 상대밀도는 약 2%를 나타내고 있으나, 산림천이가 진행할수록 구성 비율이 다소 증가하거나 현재의 수준을 유지할 수 있을 것으로 분석되었다. 난티나무의 수직적 계층 구조에 따른 공간분포 양상은 중·하층에서는 집락분포를 보이고, 상층에서는 임의분포하는 것으로 파악되었다. 중·하층의 난티나무 중경목과 치수들은 집단으로 모여 생육하는 경향이 있으나, 내음성이 약한 관계로 상층으로 도약하면서 자연 간벌과 도태에 의해서 산생하는 것으로 분석되었다(Table 5).

연구 지역에서 난티나무의 꽃은 잎이 나오는 4~5월경에 모여 피며, 종자는 시과로서 5~6월에 익으며 종자를 중심으로 타원형의 날개를 달고 있고 바람에 의해서 수고 5~6배 거리까지 비산이 가능하며 발아를 위해서는 광물질 토양의 노출이 필수적이므로 임지정리작업을 하여 치수 발생을 도모하여야 하고, 갱신 치수의 생장을 위해서 70% 이상의 상층이 소개되어 적당한 광선이 유입되어야 한다.(Table 2). 천연하중갱신은 갱신대상 임지에 모수림의 종자 결실이 양호한 해를 선택하여 강도의 간벌 혹은 부분벌채(이단림작업, 산벌작업, 혹은 택벌작업) 시업을 실시해야 한다.

난티나무는 맹아력이 양호하여 맹아갱신이 가능한 수종이다. 맹아갱신을 위한 갱신 벌채는 생장이 멈추는 가을부터 이른봄까지 적기이다. 벌채목은 될 수 있는 대로 낮게 벌채하여 뿌리부근과 그루터기에서 맹아가 발생하도록 하고 벌채 면은 평활하게 하여 빗물이 고이지 않도록 한다. 벌채근주에서 여러 개의 맹아가 발생할 때는 보육작업을 실시하여 가장 충실한 1본을 생육시킨다.

#### 4) 들메나무(*Fraxinus mandshurica*)

들메나무가 가장 선호하는 적지는 계곡 주변과 계곡에서 산복이 시작되는 산기슭으로서 우기에는 지하수위가 다소 상승하여 습하나, 그 이외의 계절에는 배수가 양호하고 적습하며 토심이 30cm 이상으로 표토의 토성은 양토 내지는 미사질 양토이며 하층토는 점토질이 많은 지역이다(Table 2). 이러한 생육 적지에서는 치수 활착과 생장이 양호하고 임목 형질이 우수하여 양질의 용재 생산이 가능하다. 그러나 산복 중앙부 이상에서 능선에 이르는 지역에서는 자연생 들메나무의 밀도가 급격히 떨어지는 것을 감안할 때, 천연갱신을 통한 들메나무의 증식은 계곡 주변의 배수가 양호하고 건조하지 않으며 토심이 비교적 깊은 입지에서 성공을 거둘 수 있을 것으로 사료된다.

들메나무는 내음성이 비교적 약하기 때문에 발아 후 치수 활착과 양호한 생장을 위해서는 약 70% 이상의 상층이 소개되어야하고, 하층 피복율은 30% 미만을 유지하여야만 어느 정도 소기의 목적을 달성할 수 있을 것으로 생각된다(Table 3).

연구 대상 산림의 천이 경향에서 들메나무의 미래 수종 구성 비율은 다소 증가할 것으로 파악되었으나 현재 수준의 밀도를 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 수직적 계층 구조에 따른 공간분포 분석에서 대체적으로 임의분포하는 것으로 나타나서 비슷한 서식지를 갖는 고로쇠나무, 난티나무, 가래나무 등과 어우러지게 하는 산림 사업이 유용할 것으로 판단된다.

꽃은 자웅이화화로 5월에 전년도 가지 끝에 원추화서로 핀다. 종자는 길이 5~8mm 되는 시과(samara)로서 2cm 가량의 날개를 달고 있으며, 긴 타원상 피침형이고 미요두 혹은 둔두로 9~10월에 익는데, 종자결실의 풍흉이 심하다. 들메나무는 습한 곳을 좋아하는 습성이 있어 물이 흐르는 계곡의 습지나 바위서덜에 군생하며, 어려서는 내음력이 강하나 성장하면서 많은 광선을 요구한다. 이식력이 좋고 맹아력이 강하며 천연하중 발아도 잘된다.

천연하중갱신에 있어서는 종자는 시과이므로

종자가 나무 높이의 약 3.5배정도 비산되고 활력이 좋아 천연하중이 가능한 수종이다. 그러나 나무에서 떨어지는 종자는 모두 완숙된 종자이므로 2년만에 발아가 되어 천연하중에 의한 후계림 조성은 어렵다. 그 이유는 발아가 될 동안 주위의 식생이 번성하여 발아묘를 피압시킴은 물론 야생동물에 의하여 식해를 당하기 때문이다. 그러나 맹아갱신에 있어서는 맹아력과 활력이 왕성하여 맹아갱신이 비교적 쉬운 수종이다. 맹아갱신을 하기 위한 벌채는 생장이 정지된 기간인 가을부터 이른봄까지 실시하면 되나, 생장개시 직전에 하는 것이 좋다. 임목을 벌채할 때는 가능한 낮게 절단하여 뿌리 부근에서 맹아가 나오도록 하고, 자른 면은 약간 남쪽으로 기울면서 평활하게 하여 빗물이 고이지 않도록 한다. 벌근으로부터 여러 개의 맹아가 나오는데 이때는 뿌리근처에서 나온 충실한 것 3~4본만 남기고 모두 제거하여 서로 경쟁을 유도한 후, 근주당 생장이 왕성한 것 1~2본만 남겼다가 최종적으로 활력이 좋은 1본만을 생육시킨다. 또한 들메나무 치수는 세균이 많고 활력이 타 활엽수종에 비하여 높기 때문에 보식을 요구하는 필요성은 별로 없겠으나 어려서는 내음력이 있어 기 식재목이나 주위식생으로 인하여 피압될 위험성이 희박하므로 보식 성공률이 매우 높은 수종이다.

#### 5) 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*)

물푸레나무는 신갈나무 다음으로 넓은 분포 지역을 갖고 있어서 토양 습도가 높은 계곡 주변의 산록에서부터 고도 1,400m까지 이르는 능선 및 산정부 가까이 분포하는 수종이다. 자연 상태의 생육 적지는 배수가 양호하고 건조하지 않는 경사 20° 내외의 토심이 깊고 양질 내지는 식양질의 토성을 가진 입지이며(Table 1), 내한성과 내건성은 강한 편이다. 같은 속에 속하는 들메나무 보다는 비교적 내음성이 강하지만, 중경목 이상의 중층으로 자라면서 많은 광선을 요구한다. 치수의 활착을 위하여 50% 이하의 상층율폐도 및 30% 이하의 하층피도를 유지하는 것이 바람직하다(Table 3). 연구 대상 산림의 천이가 계속됨으로

서 구성 비율을 증가시키는 수종 중의 하나로 판단된다(Table 4). 발아한 후, 어린 치수의 내음성이 강하고 균락을 형성하는 경향이 있기 때문에 공간분포는 하층과 중층에서는 집락분포를 보이지만, 상층으로 도약할수록 자연 간벌 혹은 도태에 의해서 임의분포 내지는 상당히 일정한 간격을 두고 분포하는 규칙분포를 보이기도 한다(Table 5).

꽃은 자웅이화이나 때로는 양성화도 섞여 있으며, 5월에 새가지 끝에서 핀다. 열매는 길이 2~4cm되는 시과(samara)로써 장타원형 피침형이고, 둔두 혹은 미요두이거나 약간 뾰족한 배의 노의 모양 같은 형태이다. 종자는 6~10mm로서 보통 8~9월에 익는데, 종자결실의 풍흉이 심하다.

천연하중갱신은 갱신 대상 임지 주위에 있는 모수림의 종자결실이 잘 된 해를 택하여 작업을 실시하여야 한다. 종자는 시과이므로 종자가 비교적 멀리 비산되고 발아와 활력이 좋아 천연하중갱신이 수월하다. 갱신 대상 임지 내에 있는 초두목이나 가지 등의 벌채 잔존물, 관목, 덩굴류 등의 지피식생, 낙엽 등의 지피 유기물을 제거하고 지면을 긁어주어 종자의 발아를 증대시킬 수 있는 여건을 만든 다음, 상방의 모수나 측방의 모수림으로부터 종자가 낙하 비산되도록 한다. 종자의 비산거리는 모수 높이의 약 3~4배 정도이다.

물푸레나무는 벌근에서 움이 잘 돋고 활력이 좋을 뿐만 아니라 생장도 빨라 맹아갱신이 잘 된다. 맹아갱신을 하기 위한 벌채는 생장이 정지된 기간인 가을부터 이른봄까지 실시하면 되나, 생장개시 직전에 하는 것이 좋다. 임목을 벌채할 때는 가능한 낮게 절단하여 뿌리 부근에서 맹아가 나오도록 하고 자른 면은 약간 남쪽으로 기울면서 평활하게 하여 빗물이 고이지 않도록 한다. 벌근으로부터 여러 개의 맹아가 나오는데 이때는 뿌리근처에서 나온 충실한 것 3~4본만 남기고 모두 제거하여 서로 경쟁을 유도한 후, 근주당 생장이 왕성한 것 1~2본만 남겼다가 최종적으로 활력이 좋은 1본만을 키우는 것이 가장 적절한 방법이다.

### 6) 신갈나무(*Quercus mongolica*)

신갈나무는 산복 이상에서 능선부 및 산정부에 이르기까지 가장 넓은 지역에 가장 높은 상대밀도를 갖고 분포하며, 연구 대상 산림에서는 구성 비율이 가장 높은 제1의 우점 수종이다. 특히 건조한 남동에서 남서 사면에 걸쳐서는 거의 순림을 형성하며, 하층에 조릿대가 밀생한 임분에서도 약 90% 이상의 구성 비율을 보인다. 오히려 토양 습도가 높은 계곡 주변의 산기슭에는 여타 활엽수종과 경쟁에서 뒤지기 때문에 구성 비율은 상당히 감소하여 10% 미만의 구성 비율을 나타낸다.

천이 경향 분석의 결과에 의하면, 교란 없이 산림이 발달한다면 신갈나무의 구성 비율은 감소할 것으로 추정되었다. 이것은 천이가 진행되어 발달할수록 토양 수분을 포함한 물리적인 입지 조건들이 개선되고 신갈나무 이외의 고로쇠나무, 물푸레나무, 피나무 등의 경쟁력이 높아지기 때문이다. 신갈나무의 수직적 계층 구조에 따른 공간분포 양상은 상·중·하층 모두에서 집락분포하는 것으로 나타났다(Table 5). 이러한 분포 양상을 바탕으로 부분 벌채(이단림작업, 산벌작업, 혹은 택벌작업) 작업종에서 신갈나무의 천연갱신에 의한 후계림을 조성하는 생태적 정보로 응용할 수 있을 것이다.

꽃은 잡성일화로서 5월에 피며, 옹화서는 새가지 기부에서 밑으로 처지고 자화서는 윗부분에서 곧게 선다. 열매는 견과(견과 : nut)로서 보통 8~9월에 익는데, 길이 10~25mm 지름 6~20mm되는 타원형이며 땅에 떨어지면 곧 발아한다(Table 2). 양성의 나무이기 때문에 생장이 비교적 빠르고 내한성과 내건성이 강하다(Table 3). 신갈나무 종자는 배에 다량의 양분을 보유하고 있기 때문에 발아 후, 1~3년간 이 양분으로 버틸 수 있기 때문에 치수 초기에 다량의 광선을 요구하지는 않지만, 그 후까지 피음이 되면 광합성이 순조롭지 못하여 고사하게 되나, 뿌리가 생존해 있는 한 다시 맹아를 발생시켜 생육하는 강한 생활력을 가짐으로서 분포 지역을 넓혀 가는 것으로 판단된다. 그러나 치수의 원활한 활착을

위하여 50% 이상의 상층이 소개되어 적당한 광선이 유입되어야 하고, 하층 피복율은 50% 미만을 유지하여야 한다.

신갈나무가 분포하는 지역의 상당 부분에는 평균 높이 1m, 평균 피복도 약 80%의 조릿대가 밀생하는 것으로 파악되어 천연갱신의 걸림돌로 작용한다. 조릿대는 생육 분포 범위가 다른 하층 식생에 비해서 매우 광범위하고 내음성이 강하며 지하경으로 번식하기 때문에 조릿대 생육을 통제하는 것은 어려운 문제이다. 그러나 유용 활엽수의 천연갱신을 유도하기 위해서는 하층식생으로 우점하는 조릿대를 방제할 수 있는 효율적인 방안이나 그 이용 가치를 높일 수 있는 방안이 모색되어야 한다(金知洪과 梁熙文, 1996).

천연갱신의 방안으로는 두 가지 방법을 모색할 수 있는데 천연하중갱신과 맹아갱신으로 나눌 수 있다. 신갈나무의 특성상 천연하중갱신이 가능한 수종이지만, 종자의 모양이 둥글게 생겨 우리나라와 같이 경사가 급한 산지가 대부분인 지역에서는 현실적으로 천연하중에 의한 후계림 조성이 상당히 어렵다고 생각된다. 그러나 생산대상 임지 내에 있는 모수의 종자 결실이 잘 된 해를 택하여 실시하면 그 가능성도 크다고 추론할 수 있다.

낙엽층은 발아를 억제하지는 않고 오히려 보습을 도와주나 광물질 토양이 드러나도록 대상으로 낙엽층을 일부 긁어내 주어 발아 환경이 좋도록 하여 준다. 그 후 대상임지의 전 임목 중 70%정도를 벌채 해낸 후, 초두목이나 가지 등의 벌채 잔존물, 관목, 덩굴류 등의 지피식생을 제거한 다음 종자가 어느 정도 익었을 때, 하중벌을 하여 천연하중을 유발시키고 종자가 발아하여 유묘가 자라기 시작하면 잔존목을 더 소개시켜 주어야 한다. 갱신 후, 5~10년까지는 비음조건에서도 생존이 가능하지만, 그 이후에는 급격하게 쇠약해지므로 늦어도 이 시기 전에는 잔존목을 완전히 제거하여 주어야 한다. 특히 주의해야 할 점은 천연하중 갱신시 야생동물, 곤충, 곰팡이 등에 의한 피해와 인간에 의한 종자 채취가 크므로 그에 상응한 조치가 필요하다.

신갈나무는 활엽수 중에서도 맹아력이 왕성하고 활력이 좋아 맹아갱신에 의한 후계림 조성이

다소 용이한 수종이다. 맹아갱신을 하기 위한 벌채는 생장 휴지기인 가을부터 이른봄까지 실시하는 것이 일반적이지만, 본 수종은 12월에 벌채하는 것이 더 좋다. 임목을 벌채할 때는 될 수 있는 대로 낮게 절단(10cm이하)하여 뿌리 부근에서 나온 충실한 것 3~4본만 남기고 모두 제거하여 서로 경쟁을 유도한 후, 근주당 생장이 왕성한 것 1~2본만 남겼다가 점차 건설한 것 1본만을 생육시킨다. 벌근고가 10cm이하로 낮으면 수형이 양호하고 벌근고가 높으면 맹아발생부위가 넓게 분산되고 수형이 불량하게 된다. 맹아에 의해서 생성한 신갈나무는 근주가 부후균의 침입을 받아 썩어가면서 그 균이 맹아목에 침입하게 되어 수간 하부의 심재 부위가 부후하는 경우를 흔히 볼 수 있어서 문제점이다.

#### 7) 음나무(*Kalopanax pictus*)

연구 대상 산림에서 음나무는 산복 중앙부 이상의 고도 600m 이상에서 고도 1,400m의 능선에 이르는 지역에 많이 분포하고 있으며 대부분 1,000m~1,200m 사이에 북쪽 사면을 중심으로 주로 분포하고 있다. 음나무는 신갈나무와 고로쇠나무와 어우러져서 생육하는 속성이 있다. 하층의 치수들은 집락분포하는 경향이 있으나, 중·상층으로 갈수록 다량의 광선을 요구하기 때문에 자연 간벌과 도태 과정을 거치면서 임의분포하는 것으로 나타났다(Table 5). 산림천이가 진행되면서 현재의 구성 비율을 유지하거나 약간 감소할 것으로 추정되었다.

꽃은 양성이고 산형화서에 황녹색으로 한 여름인 7~8월에 새가지 끝에 핀다. 열매는 핵과(drupe)로 둥글며 9월에 검게 익는데 순정 종자가 적다. 비옥한 사질양토에서 잘 자라고 중성의 토양을 좋아하며 추위와 공해에 견디는 힘이 강하고 내조성도 크다. 이식력은 약하지만 맹아력이 강하며 천연하중 발아도 잘 되는 편이지만, 부분 벌채(이단림작업, 산벌작업, 혹은 택벌작업)에 의한 천연갱신을 통하여 구성 비율을 유지시키기 위해서는 상층 임관이 70% 이상 소개되어야 하고, 임상의 유기물층을 제거하고 30% 미만의 하층 피복을 유지하여 광물질 토양이 노출되게 하

는 임지정리작업이 필수적이다(Table 3).

발아한 어린 치수는 내음력이 있어 울폐된 임분 내에서도 생육하지만, 점차 커지면서 많은 광선을 요구한다. 생장은 빠르고 단간으로 자라며 유목시는 줄기와 가지에 가시가 많이 돌지만, 수령이 많아질수록 점차 없어진다.

천연갱신을 보면 천연하종갱신인 경우 음나무의 종자는 멀리 비산되지는 못하나 내음력이 있고 성장속도가 빨라 천연하종갱신이 가능 하지만 종자의 비립이 많고 발아율이 낮을 뿐만 아니라 나무에서 떨어지는 종자도 2년만에 발아가 되기 때문에 성공적인 천연하종갱신을 기대하기가 매우 어렵다.

음나무는 벌근에서 움이 잘 돋고 활력이 좋을 뿐만 아니라 생장도 빨라 맹아갱신이 가능한 수종이다. 맹아갱신을 하기 위한 벌채는 생장이 정지된 기간인 가을부터 이른 봄 까지 실시하면 되나, 생장개시 직전에 하는 것이 좋다. 임목을 벌채할 때는 될 수 있는 대로 낮게 절단하여 뿌리 부근에서 맹아가 나오도록 하고 자른 면은 약간 남쪽으로 기울면서 평활하게 하여 빗물이 고이지 않도록 한다. 벌근으로부터 여러 개의 맹아가 나오는데 이때는 뿌리근처에서 나온 충실한 것 3~4본만 남기고 모두 제거하여 서로 경쟁을 유도한 후, 근주당 생장이 왕성한 것 1~2본만 남겼다가 최종적으로 활력이 좋은 1본만을 생육시킨다. 또한 음나무 치수는 잔뿌리가 적어 활착률은 타 활엽수종에 비하여 높지 않기 때문에 보식을 요구하는 경우가 생기는데 유시에는 내음력이 있어 기 식재목이나 주위식생으로 인하여 피압될 가능성이 희박하므로 비교적 보식 성공률이 높은 수종이다.

### 8) 젓나무(*Abies holophylla*)

젓나무는 고도 약 700m부터 나타나기 시작하여 1,400m까지 이르는 경사가 비교적 급한(30° 이상) 산복이며 전석지에 많이 분포하는 것으로 나타났다(Figure 1, Table 1). 젓나무와 어우러져 생육하고 있는 활엽수는 상층에 주로 신갈나무, 고로쇠나무, 층층나무, 그리고 중층에는

까치박달, 당단풍나무, 산뽕나무 등이 주류를 이룬다. 젓나무는 내한성이 매우 강하지만 내건성은 약하여 토양 습도와 양분 요구도가 높은 침엽수이다. 내음성은 강한 수종으로서 울폐된 상층 임관 아래에서 생장은 더디지만 수십 년 동안 생장이 가능하다. 하층에서 생존하면서 상층이 소개되는 기회를 틈타서 빠른 직경 생장과 수고 생장을 이루어내는 수종이다. 상층 울폐도를 조절하여 임내 투과 광선의 약 40% 가량을 유지해 주면 왕성한 생장을 기대할 수 있을 것이다.

젓나무의 수직적 계층 구조에 따른 공간분포 양상은 하층과 중층에서는 집락분포를 보이는 반면, 상층목은 임의분포를 나타내었다(Table 5). 이것은 젓나무의 직경 분포와 관계가 있다. 즉, 치수 상태에 있는 직경 6cm 이하의 젓나무 개체수의 밀도는 대단히 높으면서 집단적으로 생육하고 있으나, 이후 직경 6cm 이상부터 50cm까지의 젓나무 개체수는 큰 변이가 없는 것으로 나타남으로서 최대 직경까지 생장할 수 있음을 암시한다. 종자는 구과로서 날개를 달고 있으므로 비교적 멀리 비산되지만, 충실도가 낮게 조사되었는데, 곤충의 피해가 상당히 큰 것으로 판단된다.

### 9) 층층나무(*Cornus controversa*)

연구 대상 지역에서 층층나무는 고도 800m에서 1,200m에 걸쳐서 분포하고 있었다. 층층나무가 주로 분포하는 사면은 북서 사면이었으며, 계곡에서부터 산복으로 향하여 고도가 높아지면서 일정한 경사도를 갖기 시작하는 산기슭 지역으로 배수가 잘되고 수분 조건이 양호하고 토심이 비교적 깊은 양질의 토양이 적지인 것으로 판단된다(Figure 1, Table 1). 층층나무는 내한성이 중간 정도이며, 내음성은 비교적 약하기 때문에, 천연갱신 유도시 치수 활착을 위해서는 70% 이상의 상층 임관이 소개되고 충분한 광선 유입이 필요하며, 기타 식생과 경쟁을 완화시키기 위해서는 30% 미만의 하층 피도를 유지하기 위한 산림시업이 필요하다(Table 3). 층층나무의 수직적 계층 구조에 따른 공간분포 양상은 하층목은 집락분포, 중층목은 임의 분포, 그리고 상층목은 집

락 분포하는 것으로 조사되었다(Table 5).

층층나무의 현재 상대밀도는 약 4%에 이르고 있으며, 산림천이가 진행되어 극상으로 갈수록 구성 비율이 다소 감소하는 수종으로 분석되었으나, 부분벌채(이단림작업, 산벌작업, 혹은 택벌작업)를 통하여 천연갱신을 유도할 경우에는 상층 임관의 소개와 임상의 유기물층이 처리되는 전체 조건이면 현재의 구성 비율을 충분히 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

꽃은 8월에 백색으로 피고 꽃잎은 피침형으로 꽃받침에는 털이 밀생한다. 열매는 핵과이며 크기는 3~6mm로서 8~9월에 흑자색으로 익는데, 새들이 즐겨 먹이로 취하기 때문에 종자 산포 범위는 상당히 넓다(Table 2).

층층나무는 내음성이 약한 수종이기 때문에 발아한 후 치수로 생육하는 동안 다량의 광선을 요구하지만, 임내투과광선의 70% 이상을 확보할 수 있으면 생장이 양호하다.

맹아갱신을 하기 위한 시업 벌채는 생장이 멈추는 가을부터 이른 봄 사이에 실시하면 되는데, 성장 개시 직전에 왜림작업을 실시하는 것이 바람직하다. 층층나무는 그루터기에서 맹아가 잘 발생하고 활력이 좋을 뿐만 아니라 성장도 비교적 빠르기 때문에 맹아 갱신이 가능한 수종이다. 그루터기에서 여러 개의 맹아가 발생하는데 이때는 뿌리 근처에서 생긴 충실한 것 3~4분을 남기고 모두 제거하여 경쟁을 완화시킨 후, 근주당 가장 생육이 왕성한 1~2분 만 남겼다가 우량한 것 1분을 최종적으로 보육한다.

#### 10) 피나무(*Tilia amurensis*)

연구 대상 산림에서 피나무는 고도 약 700m~1,400m에 이르는 계곡 주변의 경사가 시작되는 산록과 산복에 주로 분포하며, 능선 가까이에서 신갈나무와 어우러져 높은 우점도를 보이며 분포하는 것으로 파악되었다. 가장 많이 분포하는 지역은 고도 800m~1,100m 범위의 북동과 북서 서면으로 조사되었다 (Figure 1, Table 1). 피나무는 내한성과 내건성이 비교적 양호하며 내음성도 높다. 발아한 치수의 활착은 상층 임관의 약

60% 이상의 소개와 하층 식생의 40% 미만을 유지하면 좋은 생육과 분포를 기대할 수 있다 (Table 3). 피나무의 수직적 계층 구조에 따른 공간 분포 양상은 상·중·하층 모두에서 집락분포하는 것으로 분석되었다.

꽃은 산방화서로서 잎겨드랑이에 3~20개가 달리며, 5~6월에 담황색으로 피고 향기가 진하며 황색의 많은 수술이 밖으로 튀어나온다. 열매는 견과(nut)로 황백색의 도난형이며 9월에 익는데, 종자의 지름은 5~8mm 정도이고 갈색의 털이 밀생한다. 또한 열매 대궁(과병)에는 propeller모양의 포(bract)가 달려있는 것이 특이한 사항이며, 이것은 바람에 의한 종자 산포 역할을 담당한다. 피나무는 내한성, 내음성, 내조성은 강하나 건조에 견디는 힘은 다소 약하며 맹아력은 왕성하나 생장은 빠른 편이 못된다.

피나무의 천연갱신방안으로 먼저 천연하층갱신을 보면 피나무 종자에 propeller모양의 포로 인하여 종자가 멀리까지 비산되나, 이중 휴면성을 가지고 있고 종자의 충실률도 아주 낮아 발아가 불량하므로 천연하층에 의한 후계림 조성은 다소 어려움이 따른다. 그러나 피나무는 맹아력이 강하고 활력이 왕성하여 맹아갱신이 비교적 용이한 수종으로 볼 수 있는데 맹아갱신을 하기 위한 벌채는 성장 휴지기인 가을부터 이른봄까지 실시하면 되나, 성장개시 직전에 하는 것이 가장 좋은 방안이라 할 수 있다. 임목을 벌채할 때는 가능한 낮게 절단하여 뿌리 부근에서 맹아가 나오도록 하고 자른 면은 약간 남쪽으로 기울면서 평활하게 하여 빗물이 고이지 않도록 한다. 벌근으로부터 여러 개의 맹아가 나오는데 이때는 뿌리 근처에서 나온 충실한 것 3~4분만 남기고 모두 제거하여 서로 경쟁을 유도한 후, 근주당 생장이 왕성한 것 1~2분만 남겼다가 최종적으로 활력이 좋은 1분만을 키우는 것이 가장 적절한 방법이다.

피나무의 치수는 세근 발달이 잘 안되어 천연갱신시 활착률이 낮을 뿐만 아니라 1~3년간은 월동시 동해를 받아 고사가 많이 되므로 인공보식에 의해 단점을 극복해야 한다. 또한 보식묘가 기식재목이나 주위식생으로 인하여 피압될 위험도는 낮으므로 보식 성공률이 비교적 높은 수종이다.



## 맺음말

본 연구에서 수행된 임상별, 수종별 천연갱신 양상에 대한 종합적인 생태 정보는, 현재 우리나라에 자연적으로 조성되어 있으나 합리적으로 경영되지 못하고 있는, 그러나, 높은 경제적·환경적 잠재 가치를 지니고 있는 천연활엽수림에 대해 현실적 가치 창출이 가능한 임분으로 조성하고자 할 때 요구되는 생태적 정보로 활용 가능할 것이다. 또한, 환경적 속성 파악 및 수종의 생물적 속성 파악 방법 등은 생태적으로 안정된 산림 경영을 위해 요구되는 산림 생태적 정보 파악에 있어 충분히 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 인용문헌

1. 金光澤. 1998. 天然闊葉樹林의 伐採 施業地의 天然更新 樣相에 關한 研究. 江原大學校 大學院 森林經營學科. 碩士論文 59pp.
2. 金錫權, 趙武衍, 朱鎮順, 朴勝杰, 吳敏榮. 1984. 상수리나무 萌芽發生 및 生長特性에 關한 研究. 林試研報 31 : 46-54.
3. 金知洪. 1993. 生態形態學的 特性 分析에 의 한 闊葉樹種의 極盛相指數 推定. 韓國林學會誌 82(2) : 176-187.
4. 金知洪, 梁熙文. 1996. 조릿대 密生 天然闊葉樹林의 林分 構成에 關한 研究. 江原大學校 林科大學 演習林研究報告 第16號 : 26-41.
5. 金知洪, 梁熙文, 金光澤. 1999. 天然闊葉樹林의 세가지 造林作業種에 따른 天然更新 樣相. 韓國林學會誌 88(2) : 169-178.
6. 朴勝杰. 1981. 참나무류 撫育試驗. 林試試驗 研究 283-329.
7. 山林廳. 1991. 國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究 報告書(II). 372pp.
8. 山林廳. 1995. 國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究 報告書(VI). 304pp.
9. 山林廳. 1998. 國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究 報告書(IX). 427pp.
10. 山林廳. 1999. 國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究 報告書(X). 500pp.
11. 沈鍾變. 1974. 闊葉樹林 天然更新地에 있어 서 萌芽와 後繼林分 構成에 關한 小考. 水原 林學會誌 9 : 4-9.
12. 李克志. 1958. 柞樹萌芽林의 研究. 林業科學 3 : 231-247.
13. 李敦求, 金甲德. 1982. 皆伐後 및 闊葉樹種의 萌芽生長量 調查研究 - 서울大學校 農科大學 附屬南部 演習林 畚谷保護區에서 -. 서울대 연습림 보고 18 : 12-17.
14. 李昌福. 1982. 大韓植物圖鑑. 鄉文社. 990pp.
15. Baker, F. S., Danie T. W. and Helms, J. A. 1979. Germination and early seeding growth of four conifers on acidic and alkaline substrates. Forest Sci. 25 : 358-360.
16. Buckman, R. E., 1964. Effects of prescribed burning on hazel in Minnesota. Ecology 45 : 626-629.
17. Roth, E. R. and Hepting, G. H. 1943. Origin and development of oak stump sprouts as affecting their likelihood to decay. Journal of Forestry 41 : 27-36.
18. Trimble, G. R. Jr. 1968. Multiple stems and single stems of red oak give same site index. Journal of Forestry 66 : 198.