

天然闊葉樹林의 세가지 造林作業種에 따른 天然更新 樣相^{1*}

金知洪² · 梁熙文² · 金光澤²

The Pattern of Natural Regeneration by Three Different Silvicultural Systems in a Natural Deciduous Forest^{1*}

Ji Hong Kim², Hee Moon Yang² and Guang Ze Jin²

要 約

이 연구는 세가지 조림작업종(이단림작업, 산벌림작업, 택벌림작업)이 적용된 후 세 번의 성장기간 이 경과한 천연활엽수림에서 11가지 주요 유용 활엽수종의 천연갱신 양상을 평가하기 위하여 수행되었다. 현재 연구 대상 산림의 상층은 신갈나무의 우점도가 가장 높은 것으로 조사되었으나, 많은 수의 갱신 치수가 발생한 고로쇠나무와 물푸레나무의 상층으로의 약진이 기대되어 미래에는 신갈나무와 더불어 이들 두가지 수종의 상층 구성 비율이 증가될 것으로 판단된다. 갱신 벌채 후 발생한 치수량을 조사한 결과, 이단림에서는 3,145본/ha(상층목의 10배), 산벌림에서는 6,885본/ha(상층목의 9배), 택벌림에서는 2,275본/ha(상층목의 4배)의 치수 발생을 나타냈으며, 수종간 차이가 많았고, 전반적으로 맹아묘의 발생 비율이 높았다. 60~80%의 상층 울폐도와 60~70%의 하층 피복률에서 실생묘 발생률이 높았고, 25° 이하의 경사도와 남서쪽에서 북서쪽에 이르는 사면에서 실생묘 발생이 비교적 높게 나타났다. 수종간 차이가 많았다. 그러teri 직경과 높이가 맹아 발생에 끼치는 영향은 거의 없는 것으로 파악되었다.

ABSTRACT

The natural regeneration pattern was evaluated for 11 useful hardwood species in the natural deciduous forest where three different silvicultural practices (two-storied system, shelterwood system, and selection system) were applied and passed by three growing seasons. The study forest was presently dominated by *Quercus mongolica* in the upper canopy. However, since the analysis indicated that the number of regenerated seedlings of *Acer mono* and *Fraxinus rhynchophylla* was fairly abundant enough, these two species were anticipated to have the possibility to be among dominant species along with *Quercus mongolica*. The results of seedling occurrence after regenerating cutting showed that the number of seedlings was estimated for 3,145/ha(10 times of overstory) in the two-storied system, 6,885/ha(9 times of overstory) in the shelterwood system, and 2,275/ha(4 times of overstory) in the selection system. The estimation was varied by species, and the number of stump sprout was more abundant. The proportion of seedlings was high in 60~80% of overstory density and 60~70% of understory coverage, and high in the site of less than 25° of slope and from southwest to northwest of aspect. These results were still varied by species. Stump diameter and height had little influence on the occurrence of sprout.

Key words : natural regeneration, natural deciduous forest, stump sprout, root sucker, silvicultural system

¹ 接受 1998年 12月 22日 Received on December 22, 1998.

² 강원대학교 삼림경영학과 Department of Forest Management, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

* 이 연구는 산림청 지원 "국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구" 결과의 일부임

緒 論

복잡하고 다양한 생태적 구조와 기능을 특징으로 삼는 천연활엽수림은 과거 오랫동안 “闊雜林”으로 취급되어 별다른 주목을 받지 못하였으나, 최근 그 환경적·경제적 가치의 재평가에 의해 그 중요성이 높이 부각되고 있다. 이에 따라 전국적인 활엽수 자원 조사가 이루어졌으며(임업연구원, 1996), 전반적인 경영계획안 마련을 위한 시업 체계의 확립과 수확 벌채 후의 후계림 조성을 위한 조림·생태적 정보가 절실히 필요하기에 이르렀다. 한 때, 천연활엽수림을 개별하고 주로 침엽수를 인공 식재하였던 산림경영 방식은 오늘날의 시대적 요구에 의해서 수정이 불가피하게 되었다. 적어도 산지이용구분체계에 의해서 생산·공익임지로 편성된 천연활엽수림에 대하여 생태적 속성을 유지하면서 환경적·경제적 효과를 최대한 발휘시키기 위한 경영 방법은 역시 천연갱신을 바탕으로 하는 소면적 혹은 부분 벌채 위주 조림작업종의 적용이 가장 합리적이라는 견해가 지배적이다.

천연갱신은 기존의 임분을 구성하고 있는 임목의 번식력을 이용하여 새로운 개체들을 발생하게 하여 후계림을 조성하는 방법으로서, 자연적으로 공급되는 종자가 근원인 유성번식에 의한 방법과 맹아 등이 근원인 무성번식에 의한 방법으로 대별된다. 종자에 의한 천연갱신의 성공 여부는 활력 있는 종자의 공급, 종자 발아에 적합한 林床, 치수의 생육에 적절한 미세환경 등에 달려있다(Roe 등, 1970). 이 3가지 요소는 갱신에 필수적인 것으로서 그 중 어느 한가지라도 충족시키지 못하면 성공적인 갱신을 이룰 수 없다. 그러나 대부분의 천연활엽수들은 종자의 공급량은 충분하더라도 임상에서의 종자 발아와 치수의 초기 활착에 어려움이 많은 것으로 평가되고 있다. 따라서 천연갱신에 의한 활엽수들의 갱신을 효과적으로 성공시키기 위해서는 벌채된 지역에서 새로이 발생하는 유용 활엽수종들의 치수 발생상황을 파악하여 천연갱신이 원활히 진행되지 못한 원인을 밝혀내고, 적절한 치수 보육기법을 적용하는 것이 요구된다. 즉 천연갱신은 임목 자체의 생물학적 재생산 과정에 순응하는 갱신법이나 자연적인 과정만으로는 우리가 원하는 산림을 조성하기 어렵기 때문에 인위적인 관리 및 조작이 동반되어야 하는 경우가 많다.

맹아는 母樹가 산불 또는 벌채로 인하여 동치가 절단되었을 때 나타나고 때로는 病害 및 生理的 攪亂으로도 나타나는데(임경빈, 1986), 대다수의 활엽수와 일부 침엽수(*Sequoia sempervirens*, *Pinus rigida* 등)에서 발생한다. 맹아는 크게 그루터기맹아(stump spout)와 뿌리맹아(root sucker)로 구분된다(Nyland, 1996). 임분의 갱신 측면에서 볼 때, 맹아묘는 실생묘에 비해 초기 생장이 훨씬 빠르고(Solomon 등, 1967) 모수의 유전형질을 잘 유지하며, 별다른 임지정리작업 없이도 자연적으로 잘 발생하여 후계림 조성이 비교적 용이하고, 확실한 장점을 가진다(임경빈, 1986).

이 연구에서는 활엽수림의 생태적 특성을 바탕으로 실제로 벌채 시업이 적용된 임분에서 갱신양상을 검토하였다. 적용된 조림작업종은 “국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구”에서 1995년에 벌채 시업이 적용되었던 이단림작업, 산벌림작업, 택벌림작업 등 3가지이며(산림청, 1995, 1996), 이들 조림작업종 유형에 따른 유용 활엽수종의 갱신 치수 발생량을 파악하였다. 우리 나라의 주요 유용 활엽수종인 신갈나무, 물푸레나무, 고로쇠나무, 들메나무, 거제수나무, 박달나무, 난티나무, 음나무, 층층나무, 피나무, 다릅나무 등 11개 수종들을 중심으로 벌채 시업 지역의 하층에 나타나는 치수들의 갱신력과 갱신 근원을 파악하고, 모수가 되는 상층목의 제원에 따른 치수발생 변이를 분석하였으며, 상층목제도와 하층피복률 및 경사도와 사면방향 등의 요인에 따른 갱신 양상을 검토하였다. 이를 바탕으로 천연활엽수림의 구조적인 특성에 따라서 천연갱신에 의한 후계 임분 조성을 위한 생태적 정보를 제공하고자 한다.

資料 및 方法

1. 연구 대상 산림 개황

이 연구는 동부지방산림관리청 평창국유림관리소 관내 가리왕산 일대 천연활엽수림을 대상으로 실시되었다. 행정구역상으로는 강원도 평창군 진부면과 대화면에 속하며, 북위 37° 25' ~ 30', 동경 128° 11' ~ 44' 에 위치하고 있다.

연구 대상 산림 식생은 해발 550~1500m 사이에 전개되어 산록부에서부터 아고산산림대까지의 수직적 분포 양상이 잘 나타나 있으며, 식생 구성도 비교적 다양한 편이다. 인공림의 주요 구성수종은 잣나무, 소나무, 일본잎갈나무(낙엽송)이

고, 천연림은 신갈나무 등의 참나무류가 주종을 이루고 있으며, 자작나무류, 물푸레나무류, 단풍나무류, 층층나무, 느릅나무, 난티나무, 음나무 등의 활엽수종이 섞여있고, 해발 1,000m 이상의 일부 지역에는 잣나무, 분비나무, 주목 등의 침엽수 수종도 분포되어 있다. 특히, 이 지역은 도벌과 화전으로 인하여 고유의 식생이 대부분 파괴되었으나, 현재는 전이 과정을 거치면서 참나무류를 중심으로 한 천연활엽수림이 구성되고 있는 것으로 사료된다(산림청, 1995).

기후대는 온대 중부 및 북부에 속하고, 대관령 측후소 관측 자료에 의하면, 연평균 기온은 6.3℃로 매우 낮으며, 연평균 최고기온은 11.2℃, 연평균 최저기온은 1.7℃로 나타났다. 연평균 강우량은 1,640mm이며, 연평균 상대습도는 약 73%로 비교적 높게 나타나고 있다. 모암은 편마암 또는 석회암으로 구성되어 있으며, 산림 토양은 壤質 내지 植質의 토성을 갖는 비옥한 갈색토이다(산림청, 1991).

2. 자료 수집 및 분석

연구 대상 산림에서 '국유림 산학 협동 실연 연구'의 일환으로 이단림작업, 산벌림작업, 그리고 택벌림작업이 1995년에 수행되었으며(산림청, 1996), 각 작업종별 임분 상황을 Table 1에 나타내었다. 1997년 7월과 8월에 각 조림작업종 지역별로 10m × 10m 표본구를 20개씩 무작위로 설치하여 천연갱신 양상 평가에 필요한 식생 자료 및 임분과 입지 자료를 수집하였다.

설정된 각 표본구에서 주요 우점 활엽수종으로 선정된 신갈나무, 물푸레나무, 고로쇠나무, 들메나무, 거제수나무, 박달나무, 난티나무, 음나무, 층층나무, 피나무, 다릅나무 등 11개 수종을 대상으로 상층목의 총수고, 흉고직경, 수관폭 등의 임목 제원, 상층 울폐도, 하층 피복도, 경사도,

사면 방향 등의 자료를 조사하여 임분 현황을 파악하였다.

조림작업종 유형에 따른 갱신치수 발생 현황을 파악하기 위해 갱신치수의 개체수와 직경, 수고 등의 제원을 측정하였으며, 발생된 갱신치수는 실생묘, 뿌리맹아, 그루터기맹아로 구분하여 조사함으로써 발생 근원을 분류하였다. 실생묘와 뿌리맹아의 구별은 그루터기에 근접하고 있는가를 기준으로 하여, 그루터기 주변 1m 이내의 치수는 실생묘로 파악하였으며, 구분의 정확성을 기하기 위해 뿌리 부위까지 관찰하여 확인하였다. 그루터기맹아는 그루터기 절단 부분과 옆 등치 부분에 발생되고 있는 단면맹아와 측면맹아의 모든 개체를 그루터기맹아로 간주하였으며, 그루터기 직경과 높이에 따른 맹아 발생 관계를 파악하기 위해 그루터기 직경과 높이를 측정하고, 맹아 발생 개체수를 조사하였다.

각 조림작업종에 20개씩 설치한 표본구별로 상층울폐도와 하층피복률 및 경사도와 사면 방향에 따른 갱신 치수들의 발생 현황을 조사하여 임분 조건에 대한 대상 수종들의 갱신 양상을 검토하였다.

結果 및 考察

1. 조림작업종 적용 임분별 상층 수종 구성 상태

하층 갱신 치수의 발생은 남아 있는 상층 임목들의 종자 공급과 매물 종자에 의존하거나, 혹은 벌채목의 그루터기맹아와 뿌리맹아에 기인한다. 전자의 경우, 상층 임관의 수종 구성 상태를 파악할 필요가 있다. 조림작업종 적용 임분별 상층 수종 구성 상태를, 상대밀도, 상대빈도, 상대피도에 의해서 산출된 중요치로서 Table 2에 나타내었다.

Table 1. The state of study forests by silvicultural systems.

	Two-storied System	Shelterwood System	Selection System
Management Unit	Comp. 123-다	Comp. 127-다	Comp. 123-다
Area	20ha	20ha	20ha
Year of Practice	1995	1995	1995
No. of Stems/ha	870→677(78%)*	930→622(67%)	944→652(69%)
Basal Area/ha, m ²	24→ 19(79%)	26→ 20(77%)	23→ 16(70%)
Volume/ha, m ³	122→ 83(68%)	116→ 82(71%)	134→ 84(63%)

* "→" indicates the change and residual proportion in parenthesis after cutting practices.

Table 2. The importance values of major overstory species of the stands after cutting for three different silvicultural systems.

Species	Importance Values (%)		
	Two-storied system	Shelterwood system	Selection system
<i>Acer mono</i>	8.4	16.0	30.5
<i>Betula costata</i>	--	0.7	1.2
<i>Betula schmidtii</i>	--	--	2.3
<i>Cornus controversa</i>	--	1.8	4.5
<i>Fraxinus mandshurica</i>	1.5	12.1	--
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	5.7	13.7	23.9
<i>Kalopanax pictus</i>	1.6	5.6	--
<i>Maackia amurensis</i>	--	0.9	--
<i>Quercus mongolica</i>	41.5	22.7	19.7
<i>Tilia amurensis</i>	8.2	8.3	6.8
<i>Ulmus laciniata</i>	--	12.5	2.1
Other species	33.1	5.7	9.0

이단림작업 적용 임분에서는 신갈나무의 중요치가 41.5%로 산출되어 제1의 우세종으로 파악되었고, 그 다음으로 고로쇠나무(8.4%)와 피나무(8.2%) 등이 상대적으로 높은 우세율을 보였다(표 2). 연구 대상 수종 이외의 기타 수종들의 중요치(33.1%)가 높게 산출된 것은 미래목으로 고려되기에는 미흡한 형질을 가진 당단풍, 까치박달, 호랑버들 등의 아교목을 모두 합산하였기 때문이다. 신갈나무는 상대피도(42.7%)와 상대빈도(32.6%)에 비해서 상대피도(49.2%)가 높게 산출되었는데, 이것은 평균 직경 이상의 대경목들이 상당수 출현하고 있음을 암시한다. 반면에 고로쇠나무와 피나무는 상대피도와 상대빈도보다 상대피도 값이 현저히 낮게 산출되어, 20cm 이하 준우세목급의 임목들이 많이 생육하고 있는 것으로 판단되었다(김광택, 1998).

산벌작업 적용 임분의 상층목은 이단림작업 적용 임분과 택벌작업 적용 임분에 비해서 유용 활엽수의 종류가 다양하고 우세율의 변이가 심하지 않게 분포하고 있다. 신갈나무의 중요치가 22.7%를 나타내어 우세율이 가장 높았고, 그 다음으로 고로쇠나무(16.0%), 물푸레나무(13.7%), 난티나무(12.5%), 들메나무(12.1%) 등의 순서로 구성 비율이 높게 나타났다. 이 임분에서는 신갈나무, 들메나무, 음나무 등은 비교적 대경목을 다수 유지하고 있었고, 고로쇠나무, 물푸레나무, 난티나무 등은 소경목의 구성 비율이 비교적 높았다(김광택, 1998). 이 지역은 계곡 부근 낮은 산복의 면적 비율이 높기 때문에 들메나무와 난티나무

등과 같은 토양 수분 요구도가 높은 임목의 구성 비율이 높고 수종의 다양성도 높은 것으로 판단된다(산림청, 1995).

택벌작업 적용 임분에서는, 앞의 두 임분과는 달리 신갈나무의 우세율이 3번째로 나타나서, 다소 다른 수종 구성 상태를 보였다. 즉, 고로쇠나무의 중요치가 30.5%로 산출되어 우세율이 가장 높았고, 물푸레나무(23.9%), 신갈나무(19.7%) 등의 순서로 구성 비율이 높게 나타났다. 택벌림 지역에서도 고로쇠나무는 상대피도가 상대빈도와 상대빈도에 비해 상대적으로 낮은 수치를 보이고 있어서, 중·소경목 위주의 분포를 나타내는 것으로 판단된다. 그러나 신갈나무는 다른 수종들보다 가장 높은 상대피도 값을 나타내었는데, 이단림 지역과 산벌림 지역에서처럼 높은 직경급의 임목이 다수 출현하고 것으로 파악되었다(김광택, 1998).

2. 갱신 치수 발생 현황

1) 조림작업종 유형별 갱신 치수 발생 현황

갱신 치수의 밀도는 천연갱신의 상태와 진행을 보여주는 가장 일차적인 지표이다. 연구 대상 지역의 이단림, 산벌림, 택벌림 등 세 가지 조림작업종 유형별 주요 활엽수종의 ha당 상층 개체수와 갱신 치수 발생 상황을 Table 3에 나타내었다.

이단림 지역에서는 11개 연구대상 수종 중, 고로쇠나무, 물푸레나무, 신갈나무, 피나무, 들메나무, 음나무 등의 갱신치수가 발생하였고, 고로쇠나무의 갱신치수 발생량은 상층 고로쇠나무 단

Table 3. The number of overstory trees and seedlings per hectare for three different silvicultural systems.

Species		Two-storied System	Shelterwood System	Selection System
<i>Acer mono</i>	overstory	45	160	245
	seedlings	1400	1785	1130
<i>Betula costata</i>	overstory	--	5	5
	seedlings	--	--	5
<i>Betula schmidtii</i>	overstory	--	--	10
	seedlings	--	--	15
<i>Cornus controversa</i>	overstory	--	10	25
	seedlings	--	--	--
<i>Fraxinus mandshurica</i>	overstory	5	70	--
	seedlings	--	210	--
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	overstory	20	115	180
	seedlings	475	2840	850
<i>Kalopanax pictus</i>	overstory	5	30	--
	seedlings	5	60	15
<i>Maackia amurensis</i>	overstory	--	5	--
	seedlings	135	--	--
<i>Quercus mongolica</i>	overstory	190	185	115
	seedlings	835	545	200
<i>Tilia amurensis</i>	overstory	45	65	30
	seedlings	295	280	40
<i>Ulmus laciniata</i>	overstory	--	95	10
	seedlings	--	1165	20
Total	overstory	310	740	620
	seedlings	3145	6885	2275

위 면적당 개체수의 31배 정도인 1,400본/ha로서 갱신 치수량에서나 상층 고로쇠나무와의 비율 면에서 모두 가장 높은 수치를 나타내었다. 물푸레나무의 갱신치수는 475본/ha로서 상층 물푸레나무와의 비율이 약 24배 정도 되고, 신갈나무 갱신치수는 835본/ha로서 상층목 개체수와의 비율은 약 4배 정도로 조사되었으며, 피나무는 295본/ha로서 상층목 개체수보다 약 6배 정도 높게 나타났다. 다릅나무는 상층임목이 존재하지 않는 것으로 나타났으나 갱신치수가 135본/ha로 나타났고, 음나무는 5본/ha로 나타났다.

산벌림 지역에서는 다릅나무, 박달나무, 잣나무, 거제수나무, 층층나무를 제외한 7개 연구대상 수종의 갱신치수가 발생하고 있으며, 특히 물푸레나무(2,840본/ha, 상층목의 25배), 고로쇠나무(1,785본/ha, 상층목의 11배), 난티나무(1,165/ha, 상층목의 12배)의 갱신치수가 활발히 발생하고 있는 것으로 파악되었다. 산벌림 지역의 갱신치수 발생량은 다른 벌채유형 지역에 비해 현저히 높은 수치를 보이고 있는데, 그 이유는 이 지역의

수분조건이 양호하고 다른 지역에 비해 하층피복율이 낮기 때문으로 사료된다.

택벌림 지역에서는 이단림 지역과 산벌림 지역에 비해 보다 적은 갱신치수의 발생수를 나타내고 있으나, 수종 수에 있어서는 가장 많은 8개 연구대상 수종의 갱신치수가 발생하고 있다. 택벌림 지역에서의 낮은 갱신치수 발생 수는 하층 식생의 피복에 의해 영향을 받은 것으로 판단된다.

전체 연구 대상 지역 중 비교적 양호한 갱신치수 발생을 보이고 있는 수종은 고로쇠나무, 물푸레나무, 신갈나무 등을 들 수 있다. 이들 수종은 강한 맹아력과 좋은 번식력을 갖고 있는 수종이며, 상층에서의 우점률도 매우 높은 것으로 나타났다. 11개 연구 대상 수종 중, 층층나무의 경우에는 연구대상 지역에서 갱신치수의 발생이 전혀 없는 것으로 파악되었다.

산림천이의 관점에서 본 연구대상 산림의 구조적 발달 상황은, 한 동안 신갈나무에 의해 우점되면서 대경목을 유지하다가 내음성이 강하고 천

이 진행을 촉진시키는 고로쇠나무, 물푸레나무, 피나무 등의 임목들이 다수 이주 정착함으로써 수종 구성은 진행적 천이 과정을 밟고 있는 것으로 사료된다. 각 조림작업종 적용 벌채 후, 전반적인 상층 임관의 상황은 해당 임분별로 약간의 차이를 보이지만, 주요 유용 활엽수에 의한 하층의 갱신 치수를 발생시키기에 적절한 구성 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.

2) 조림작업종 유형별 연구 대상 수종의 실생묘 및 맹아묘 발생 현황

세 가지 조림작업종 유형별 주요 활엽수종의 갱신 치수에 대한 근원을 실생묘, 뿌리맹아, 그루터기맹아로 구분하여 조사하고 그 구성 비율을 표 4에 나타내었다. 각 작업종별로 벌채목과 잔존목의 결정은 임분의 형질을 개선하여 미래에 우량한 활엽수림으로 조성할 목적으로 수행되었기 때문에(산림청, 1996), 작업종과 수종별 갱신 근원의 상호 관련성을 파악할 수는 없었다. 갱신 근원은 잔존목의 종자 공급과 임상의 발아 조건이 실생묘 발생 현황을 좌우할 것이며, 벌채목 그루터기의 수량과 크기 및 활력도에 의해서 맹아묘 발생 현황이 많은 영향을 받았을 것으로 판단된다. 수종간 및 작업종간에 다소 변이가 있었지만, 전반적으로 맹아묘의 발생 비율이 높게 나타난 것으로 파악되었는데, 이것은 임상의 벌채잔여물, 하층 식생, 혹은 전석지(talus)와 같은 부적당한 발아상 조건으로 인하여 실생묘 발생이 저조했던 결과로 사료된다. 그러나, 임지정리작업을 통하여

종자 발아 조건과 치수 활착 조건을 개선시키는 시업을 도입할 경우, 보다 많은 실생묘 발생을 유도할 수 있을 것이며, 맹아묘와 더불어서 목적인 바의 수직 계층별 임분 밀도 유지는 가능할 것으로 판단한다.

이단림작업의 음나무 및 택벌림작업의 거제수나무와 음나무는 실생묘만 발생한 것으로 조사되었는데, 이것은 음나무와 거제수나무의 맹아력이 없다는 것이 아니라, 맹아묘를 발생시킬 벌채목 그루터기가 없었던 것으로 해석한다. 반면에, 택벌작업의 박달나무는 그루터기맹아만 발생하여, 박달나무의 실생묘 발생에서 요구되는 광물질 토양 등과 같은 적당한 발아 조건 및 광선과 수분 조건이 충족되지 못한 것으로 사료된다.

3. 임분 조건에 따른 실생묘 발생 현황

각 작업종에 설정한 표본구별로 상층울폐도와 하층피복률 및 경사도와 사면 방향에 따른 갱신 치수들의 발생 현황을 조사하여 임분 조건에 대한 갱신 경향을 검토하였다. 적용한 세 가지 작업종은 모두 부분 벌채를 전제로 한 것이며, 벌채 후, 상층 임관의 울폐도와 하층 피복율은 국소적인 장소에 따라서 변이가 있지만, 대체적으로 50%~100%의 상층 울폐도와 하층 피복율을 유지하였다(산림청, 1996). 실생묘 발생량이 비교적 많은 고로쇠나무, 물푸레나무, 그리고 신갈나무의 상층 울폐도와 하층 피복율의 차이에 따라서 단위 면적당 실생묘 발생 현황을 조사하여 Fig. 1, 2, 3에 각각 도시하였다.

Table 4. The proportion of seedling sources by species for three different silvicultural systems (unit %).

Species	Two-storied system			Shelterwood system			Selection system		
	SD	RS	SP	SD	RS	SP	SD	RS	SP
<i>Acer mono</i>	18.9	1.8	79.3	10.1	8.4	81.5	29.2	15.5	55.3
<i>Betula costata</i>	--	--	--	--	--	--	100.0	--	--
<i>Betula schmidtii</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	100.0
<i>Cornus controversa</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Fraxinus mandshurica</i>	--	--	--	14.3	7.1	78.6	--	--	--
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	49.5	8.4	42.1	55.8	15.3	28.9	11.8	27.1	61.1
<i>Kalopanax pictus</i>	100.0	--	--	83.3	--	16.7	100.0	--	--
<i>Maackia amurensis</i>	51.9	--	48.1	--	--	--	--	--	--
<i>Quercus mongolica</i>	24.6	17.4	58.0	5.5	30.3	64.2	62.5	20.0	17.5
<i>Tilia amurensis</i>	15.3	8.5	76.3	1.8	23.2	75.0	75.0	--	25.0
<i>Ulmus laciniata</i>	--	--	--	30.0	7.7	62.3	75.0	--	25.0

SD; seedlings from seeds, RS; root suckers, SP; stump sprouts

고로쇠나무는 70%의 하층피복률에서 가장 높은 실생묘 발생을 보이고 있으나, 변이는 불규칙한 양상을 띠었다. 반면에, 상층울폐도에 따른 실생묘 발생은 60%에서 90%에 이르는 범위에서 두드러진 차이가 없는 것으로 파악되어(Fig. 1), 고로쇠나무의 치수 발생은 하층피복률과 상층울폐도에 의해서 별다른 영향을 받지 않는 것으로 추정한다.

물푸레나무는 상층울폐도 60%에서 높아질수록 증가하다가 80%에서 가장 높은 발생량을 보이고, 그 이상 상층 임분이 울폐되면 감소하는 양상을 보이고 있다. 하층피복률에 있어서도 80%의 하층피복률에서 가장 많은 실생묘 발생을 보이고, 그 전후의 하층피복률에서는 감소하는 양상을 보이고 있다(Fig. 2). 따라서 물푸레나무는 상층울폐도와 하층피복률에 따라 실생묘 발생의 영향을 모두 받는 것으로 판단된다. 張國倉 등

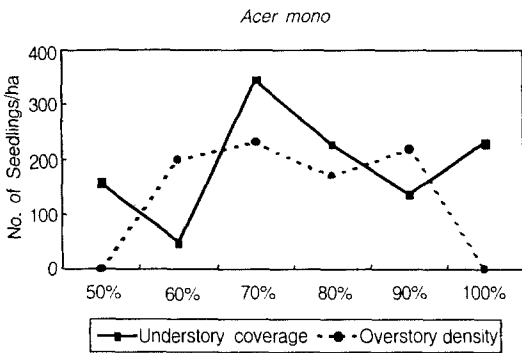


Fig. 1. Number of *Acer mono* seedlings per hectare by understory coverage and overstory density.

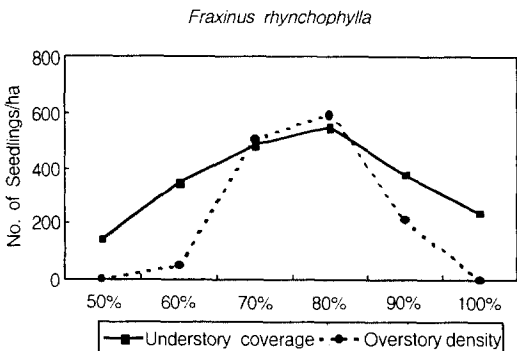


Fig. 2. Number of *Fraxinus rhynchophylla* seedlings per hectare by understory coverage and overstory density.

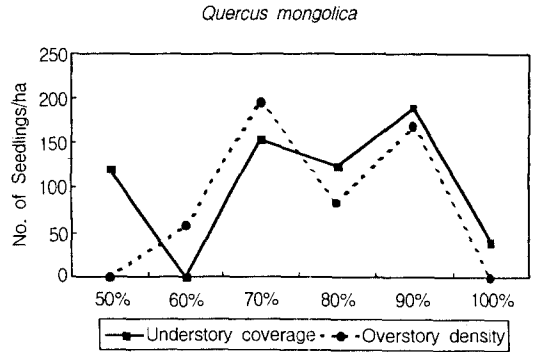


Fig. 3. Number of *Quercus mongolica* seedlings per hectare by understory coverage and overstory density.

(1991)에 의하면, 들메나무는 40%~80%의 상층울폐도에서 천연 갱신이 잘 되는 것으로 보고하였고, 오민영 등(1991)은 물푸레나무의 치수 발생은 1년생에 있어서는 상층 울폐도에 관계없이 양호하나, 월동 후 생존율을 유지하기 위하여 25~75%의 상층 울폐도를 유지할 필요가 있다고 보고한 바와 유사한 경향을 나타내었다.

신갈나무는 하층피복률과 상층울폐도 모두에서 매우 불규칙한 실생묘 발생 추세를 보이고 있다(Fig. 3). 특히, 신갈나무는 상층울폐도에 따른 변이가 하층 피복률에 따른 변이와 거의 유사하여 하층피복률 뿐만 아니라 상층울폐도에 의해서 많은 영향을 받는 것으로 판단된다.

이 연구에서, 전반적으로 상층목의 번식 메카니즘에 의해서 발생한 실생묘는 상층 울폐도가 70%와 80%일 때 활발히 발생하고 있는 것으로 파악되었는데, 상층울폐도가 90% 이상이 되면 광선 조건이 증가 받아 및 치수 활착을 충족시키는데 다소간의 어려움이 따를 것이며, 상층이 너무 소개되면 목표 수종 이외의 다른 하층 식생의 번성으로 충분한 증가 받아 및 치수 활착이 이루어지지 못할 것으로 판단된다. 하층피복률이 60%와 70%일 때 전체 수종의 실생묘 발생이 가장 활발한 것으로 파악되었다.

실생묘 발생량이 비교적 많은 고로쇠나무, 물푸레나무, 그리고 신갈나무의 경사도에 따른 단위 면적당 실생묘 발생 현황을 조사한 결과, 전반적으로 25° 이하의 경사도에서 높은 실생묘 발생량을 보였으며, 36° 이상의 경사지에서는 실생묘 발생량이 급격히 감소하여 완경사지에서 실생묘 발생이 양호한 것으로 나타났다(Table 5). 그

Table 5. The number of seedlings per ha by slope gradient for 3 major species.

Species	Slope gradient				
	<20°	21-25°	26-30°	31-35°	>36°
<i>Acer mono</i>	91	161	201	230	92
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	615	979	135	153	38
<i>Quercus mongolica</i>	101	123	72	50	14

Table 6. The number of seedlings per ha by aspect for 3 major species.

Species	Aspect						
	NE	E	SE	S	SW	W	NW
<i>Acer mono</i>	54	31	163	69	162	199	83
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	115	77	38	79	172	460	979
<i>Quercus mongolica</i>	60	117	16	9	88	52	18

러나 고로쇠나무의 경우에는 26° ~ 35° 범위 혹은 그 이상의 급경사지에서도 활발한 실생묘 발생을 보이고 있는데, 이는 연구 대상지에 분포하는 고로쇠나무가 경사가 비교적 급한 계곡 근처에 많이 생육하고 있기 때문으로 사료된다.

주요 세가지 수종에 대한 사면 방향에 따른 실생묘 갱신치수 발생량을 Table 6에 나타내었는데, 수종에 따라서 변이가 많으며 일정한 경향을 추정하기가 어렵다. 대체적으로 남서쪽에서 북서쪽에 이르는 사면의 임지에서 실생묘 갱신 치수가 비교적 많이 출현하고 있는 것으로 파악되었다. 고로쇠나무 실생묘는 서쪽, 남동쪽, 남서쪽, 북서쪽 사면 등의 순서로 많이 발생하고, 동쪽, 남쪽 사면에서 저조한 것으로 파악되었으나, 전체적으로 모든 사면 방향에서 비교적 균일한 발생을 나타내고 있다. 이것은 고로쇠나무가 대체로 계곡 가까이 수분 조건이 양호한 지역에 많이 생육하고 있기 때문에 사면 방향에 따른 수분 조

건의 영향을 그다지 많이 받지 않기 때문으로 사료된다. 물푸레나무는 북서 및 서쪽 사면에서 압도적인 실생묘 갱신치수 발생을 보이고 있는 반면 남동, 동, 남쪽 사면에서는 상대적으로 저조했다. 이 결과는 오민영(1991) 등이 북동 사면에서 실생묘 치수 발생이 가장 양호하였다는 결과 보고와 다소 대조된다. 신갈나무는 동쪽, 남서쪽, 동북쪽 사면에서 높은 실생묘 발생을 보이고 있으나 일정한 경향이 있다고 보기는 어려웠다. 이러한 현상들은 통계적으로 입증할 만한 실험 설계에 의해서 연구된 결과가 아니기 때문에 특정 수종이 갖는 추세로 보기는 어렵다.

4. 그루터기 제원에 따른 수종별 맹아 발생 상황

활엽수림 벌채 후에 발생하는 그루터기 당 맹아의 분수는 수종(김도경 등, 1991; 이정석 등, 1988; 嶋 등, 1989), 그루터기 높이(김석린 등, 1984), 그루터기 직경(박승걸, 1981; 김도경 등,

Table 7. Average number of sprouts by stump diameter for 8 species.

Species	Stump Diameter					
	<5cm	6-10cm	11-15cm	16-20cm	21-25cm	26cm<
<i>Acer mono</i>	5.1	6.9	14.9	4.8	10.0	13.5
<i>Fraxinus mandshurica</i>	1.5	10.0	--	--	20.0	--
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	4.8	3.1	9.9	10.1	3.0	--
<i>Kalopanax pictus</i>	2.0	--	--	--	--	--
<i>Maackia amurensis</i>	3.5	--	--	--	4.0	--
<i>Quercus mongolica</i>	3.4	5.9	5.2	10.1	1.0	2.0
<i>Tilia amurensis</i>	1.9	8.8	6.8	3.3	--	--
<i>Ulmus laciniata</i>	3.3	10.3	12.5	10.0	20.0	--

Table 8. Average number of sprouts by stump height for 8 species

Species	Stump Height			
	<20cm	21~40cm	41~60cm	60cm<
<i>Acer mono</i>	6.1	8.1	6.1	5.3
<i>Fraxinus mandshurica</i>	6.0	3.0	--	--
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	11.0	1.0	10.0	--
<i>Kalopanax pictus</i>	--	--	2.0	--
<i>Maackia amurensis</i>	6.0	3.0	--	--
<i>Quercus mongolica</i>	4.6	6.0	4.9	6.5
<i>Tilia amurensis</i>	6.0	3.2	--	--
<i>Ulmus laciniata</i>	4.3	11.3	18.0	5.5

1991) 및 연령(紙谷, 1986)에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 이 연구에서는 그루터기 직경과 높이에 대한 맹아 발생 본수의 경향을 검토하였다.

연구 대상 지역에서는 박달나무, 거제수나무, 잣나무, 층층나무를 제외한 8개 연구대상 수종과 느릅나무, 당단풍, 마가목, 복자기, 팔배나무 등 기타 수종에서 그루터기 맹아가 발생하였다. 그 중 8개 연구대상 수종의 그루터기 당 발생한 평균 맹아 본수를, 편의상 6개의 직경급과 4개의 높이급 별로 조사하여 Table 7와 Table 8에 나타내었다.

이 연구에서 고로쇠나무는 모든 직경급에서 모두 출현하였으며 맹아력도 양호하게 나타났는데 이는 菅野(1980)가 고로쇠나무는 맹아력이 왕성하여 맹아 갱신이 용이하다는 연구결과와 일치한다. 신갈나무도 모든 직경급에서 모두 출현하였고 비교적 고루 분포되었으며 물푸레나무와 난티나무는 26cm 이상의 직경급을 제외한 모든 직경급에서 맹아가 발생하였다. 다릅나무, 들메나무, 음나무, 피나무는 다른 수종에 비해 한정된 직경에서만 분포되었는데, 菅野(1980), 이돈구와 김갑덕(1982), 최문길 등(1983), 김도경 등(1991)이 보고한 바에 의하면, 전술한 활엽수종들은 대체로 맹아력이 왕성하여 왜림작업이 가능한 수종들이라 제시하였다. 그러므로 이 연구에서 어떤 특정 수종이 어떤 특정 직경급에서 맹아가 발생하지 않은 것은 맹아 발생 여부와 직경급이 어떤 상관 관계를 갖는다는 의미가 아니라, 해당 직경급 혹은 수종의 그루터기가 조사지에 없었거나 골고루 분포하지 않았기 때문이다.

그루터기 맹아가 발생한 8개 주요 활엽수종의

그루터기당 발생한 평균 맹아 본수를 편의상 그루터기 높이 20cm 단위로 구별하여 집계하였다 (Table 8). 연구 대상 수종들은 대체로 맹아력이 강하여 고로쇠나무, 신갈나무, 난티나무는 20cm 이하 높이급에서부터 60cm 이상 높이급까지 고르게 맹아가 발생하였다. 그루터기 높이가 맹아 발생에 끼치는 영향력은 거의 없는 것으로 판단된다.

結 論

여러 가지 수종들로 구성되어 있고 복잡 다양한 생태적 구조와 기능을 특징으로 삼고 있는 천연활엽수림의 후계림을 조성하는 방안은 천연갱신을 유도하는 조림작업종이 바람직하다. 즉, 천연활엽수림은 자연적 성격을 많이 띠고 있는 산림이며, 천연활엽수림 경영이 생물다양성을 유지하면서 안정적으로 재화와 용역을 창출하는 방향으로 이루어져야 하기 때문이다. 천연갱신은 임목의 생물학적 재생산 과정에 순응하는 갱신법이며, 다양한 생태 및 조림학적 정보와 고도의 기술을 필요로 한다. 따라서 천연갱신은 경영 목적에 맞는 안정적인 미래 임분 조성을 위해 가장 합당한 방법이지만 자연적 과정만으로는 우리가 원하는 바의 산림을 조성하기가 어렵고 높은 가치의 자원을 얻기에도 부족하다. 결국, 천연갱신을 통해 천연활엽수림의 후계림 조성이 성공되기 위해서는 산림의 구조 및 속성 그리고 자연적 변화 과정에 대한 충분한 이해와 이를 바탕으로 인위적인 관리 및 조절이 필요하다.

천연활엽수림의 시업을 위한 조림작업종으로 이 단림작업, 산벌림작업, 택벌림작업을 실시하여 천연갱신을 통한 후계림 조성을 겨냥하였으나, 각 작업종별로 발생한 갱신치수의 수량은 상당히 미흡한 것으로 파악되었다. 연구 대상 산림에서 전반적으로 천연갱신의 성취에 걸림돌이 되는 제약 조건 몇가지를 들 수 있다.

유용 활엽수 상층목에 의한 종자 생산과 임상으로의 산포량이 충분하지 못하다. 본 "국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구"의 1차년도(산림청, 1990), 2차년도(산림청, 1991), 3차년도(산림청, 1992)에서 연구 대상 산림의 임목 종자 하중량을 조사한 결과에 의하면, 수종에 따라서 결실 상황의 변이가 심할 뿐만 아니라, 대체적으로 충분하지 못하다. 앞으로 연구되어야 할 부분은

수종별로 종자 결실의 풍흉 주기 및 임목 밀도, 수관 울폐도, 기후 조건 등에 따른 종자 결실량과 하종량에 대한 다각적이고 장기적인 연구가 필요하다. 곤충류, 조류, 설치류 등의 종자 포식 동물에 의한 종자 섭식량은 상당한 것으로 추정되어 천연갱신에 이용될 종자 공급량은 제한되는 것으로 판단되지만, 이 부분에 관한 과학적인 자료가 없는 실정이다.

상층목에 의해서 실사 종자가 공급되더라도 임상의 부적당한 발아 조건으로 인하여 치묘 생성이 어려운 경우가 많다. 종자 발아에 가장 영향을 많이 미치는 요소는 전석지(talus), 벌채 잔여물, 두꺼운 낙엽층 및 조릿대 밀생 임상을 들 수 있다.

치수의 생성 후, 활착과 후계목으로의 성장에 걸림이 되는 제약조건은, 상층 피복으로 인한 불충분한 광선, 얇은 토심과 암석, 그리고 다른 임목과의 과도한 경쟁으로 인한 성장 공간 및 수분의 부족을 들 수 있다.

연구 대상 산림의 전반적인 생태학적 조건을 고려할 때, 현재 적용하고 있는 이단림작업, 산별작업, 택별작업 이외에 임분의 조건에 따라서 소면적 개별작업을 실천해 볼 필요성이 있다고 판단된다. 또한 어떤 조림작업종이 적용되어 부분 벌채가 이루어질 때, 종자 발아와 치수 활착의 달성을 위하여 임지 정리작업(site preparation)이 반드시 선행되어야 할 것이다.

引用文獻

- 김도경·황근연·김명수·홍한표. 1991. 상수리나무등 유용활엽수 20수종에 대한 벌근맹아의 발생특성과 성장. 임연 연보 42 : 20-35.
- 김광택. 1998. 천연활엽수림의 벌채 시업지의 천연갱신 양상에 관한 연구. 강원대학교 대학원 삼림경영학과, 석사논문. 59pp.
- 김석권·조무연·주진순·박승걸·오민영. 1984. 상수리나무 맹아 발생 및 성장 특성에 관한 연구. 임시연보 31 : 46-54.
- 박승걸. 1981. 참나무류 撫育試驗. 林試試驗研究. 1981 : 283-329.
- 산림청. 1990. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구 보고서(I). 210pp.
- 산림청. 1991. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구 보고서(II). 372pp.
- 산림청. 1992. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구 보고서(III). 420pp.
- 산림청. 1995. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구 보고서(VI). 304pp.
- 산림청. 1996. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구 보고서(VII). 291pp.
- 오민영·오정수·성주한·신준환·김사일. 1991. 물푸레나무와 거제수나무의 천연갱신 특성. 임연 연보 42 : 10-19.
- 임업연구원. 1996. 활엽수 자원 조사 보고서(전국 총괄). 임업연구원. 연구자료. 제122호. 509pp.
- 이돈구·김갑덕. 1982. 개별후 및 활엽수종의 맹아 성장량 조사 연구---서울대학교 농과대학 부속 남부연습림 답곡보호구에서. 서울대학교 연습림보고 18 : 12-17.
- 이정석·오광인·김춘식·유한춘·안기완. 1988. 장성 입암산 지역 낙엽활엽수림의 맹아 성장량에 관한 조사. 전남대학교 농과대학 연습림 연구보고 10 : 47-55.
- 임경빈. 1986. 육림기술. 경영출판사. 191-200.
- 최문길·정성호·이근주. 1983. 중부지방 주요 활엽수의 직경생장에 관한 연구. 한국임학회지 60 : 24-29.
- 張國倉·王義弘·張雪梅. 1991. 水曲柳實生種群發生的初步研究. 東北林業大學學報. 19(5) : 26-30.
- 紙谷智彦. 1986. 豪雨地帯におけるブナ二次林の再生過程に關する研究(II)主要構成樹種の伐り株の樹齡と萌芽能力との關係. 日林誌 68(4) : 127-134.
- 菅野高穂. 1980. 林業の經營と森林施業 谷口教授退官紀念會編. 221-240.
- 鳴一徹·片桐成夫·金子信博. 1989. コナラ二次林における伐採後2年間の萌芽の消長. 日林誌 71(10) : 410-416.
- Nyland, R.D. 1996. Silviculture : Concepts and Application. McGraw Hill Co. Inc. 633pp.
- Roe, A.L., R.R. Alexander and M.D. Andrews. 1970. Engelmann spruce regeneration practices in the Rocky Mountains, USDA Prod. Res. Pap. 115.
- Solomon D.S. and B.M. Blum, 1967, Stump sprouting of four northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-59, 13pp.