

針葉樹 造林地에서의 殘存林分密度에 따른 林木生長 比較에 관한 研究¹

姜聲基³ · 金完洙² · 李元燮³ · 金知洪³

The Comparison of Tree Growth by the Residual Stand Density in Artificial Coniferous Forests¹

Sung-Kee Kang³ · Wan-Su Kim² · Won-Sup Lee³ · Ji-Hong Kim³

요 약

이 연구는 강송, 리기다소나무, 낙엽송 인공조림지를 대상으로 간벌 시업후 잔존임분밀도에 따른 임목생장 비교를 통해 침엽수 인공림을 적절히 관리하기 위한 보육 정보를 제공하고자 수행되었다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 잔존임분밀도별 임목의 직경생장은 강송림과 리기다소나무림, 낙엽송림 (가), (나)소반의 경우, 임분밀도가 감소할수록 직경생장이 증가하는 것으로 파악되었으며, 잔존임분밀도에 따른 임목의 생장은 통계적으로 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었다.
2. 잔존임분밀도별 임목의 수고생장 양상에서는 처리구별로 수고생장이 다소 차이가 있는 것으로 나타났으나 간벌의 직접적인 영향보다는 입지조건과 같은 환경요소의 차이에 의한 것으로 나타났다.
3. 각 임분밀도 조절 처리구별로 평균에 해당되는 직경급의 목편을 추출하여 최근 6개년간의 직경생장량을 실측한 결과는 전구간에서 직경급이 클수록, 잔존임분밀도가 낮을수록 직경생장량이 큰 것으로 파악되었다.

ABSTRACT

This study was conducted to provide tending operation information for the effective management in unmanaged artificial forests of *Pinus densiflora* for. *erecta*, *Pinus rigida*, and

1. 접수 2001년 11월 30일 Received on November 30, 2001

2. 江原大學校 山林科學大學 山林資源學部 山林資源生産專攻 Program of Forest Resource Production, Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

3. 江原大學校 山林科學大學 山林資源學部 Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

Larix leptolepis, based on the study of the comparison of tree growth pattern by residual stand density after thinning practices. Followings are summarized results of this study.

1. The diameter growth of residual trees was increased as residual stand density decreased by thinning practices in the stands of *Pinus densiflora* for. *erecta*, and *Pinus rigida*, and subcompartment (Ga) and (Na) of *Larix leptolepis*. The statistical analysis noted that the tree growth was significantly different by the residual stand density.

2. The height growth did not show corresponding results by stand density treatment pattern, which indicated that the height growth was not directly influenced by residual stand density, but by site quality of the stand.

3. The diameter increment for the last six years was proportionately increased in larger diameter classes and less dense stands.

Keywords : *Pinus densiflora* for. *erecta*, *Pinus rigida*, *Larix leptolepis*, Thinning, Stand Density, Tree Growth.

1. 서 론

1970년 이전의 조림 정책은 황폐한 산지를 복구하는 데에 중점을 두었고 산림경영 기반을 위한 경제림 조성에는 내세울 만한 성과가 미흡하였다. 1973년부터 수행된 2차례에 걸친 치산녹화사업으로 산림 훼손의 근원을 차단하는 시책과 아울러 거국적인 인공조림이 이루어졌고, 모범적인 조림과 녹화 성공 사업으로 세계적인 정평이 나 있다. 그러나 아직도 상당 부분 유령림 단계를 벗어나지 못한 산림에서의 임업은 수익성이 낮고 장기간을 요하는 사업이기 때문에 국가적인 투자우선 순위에서도 하위에 머물고 있는 실정이다.

우리나라의 산림은 대부분이 아직 성숙 단계에 이르지 못하여 간벌에 대한 요구도가 매우 높다. 간벌이란 인공림이든 천연림이든 제벌이나 해제벌, 그리고 정리벌 등의 보육 초기단계의 작업 이후에 경영대상 임분이 울폐되어 상호 경쟁을 하며 자라게 되는데, 이러한 경쟁대상 임목의 일부를 벌채하여 서서히 임분의 형질을 제고시키는 보육작업을 말한다. 간벌의 효과는 직경생장을 촉진하여 연륜폭이 넓어지

고, 생산될 목재의 형질을 좋게 하고, 벌기수확은 양적, 질적으로 증가하며, 임목을 건전하게 발육시켜 여러 가지 해에 대한 저항력을 높이고, 우량한 개체를 남겨서 임분의 유전적 형질을 향상시키며, 산불의 위험성을 감소시키고, 조기에 간벌수확이 얻어지며, 입지조건에 많은 도움을 준다(윤종화 등, 1994).

간벌은 그 방법에 대한 기본적인 생각의 차이에 의하여 정성간벌과 정량간벌로 구분한다. 정성간벌은 줄기의 형태와 수관의 특성으로 구분되는 수관급을 바탕으로 해서 정해진 간벌형식에 따라 간벌 대상목을 선정하는 것이며, 정량간벌은 임분의 구성상태 및 성장조건을 고려해서 보육해야 할 알맞은 임목 본수와 현존량을 결정한 뒤, 그것에 준해서 벌기에 이르는 전 기간을 통해서 수적 또는 양적으로 조절하는 방법이다(임경빈 등, 1997).

우리나라에서 실행되는 간벌양식은 열식간벌, 정량간벌, 도태간벌 등이 가장 많이 사용되는데, 도태간벌은 높은 가치생장을 위해 형질이 우수한 나무를 항상 집중적으로 선발하여 조절해주는 것이며, 심하게 경쟁되는 나무는(불량목이든 우량목이든 간에) 제거시키고 미래지향적인 임목의 생장이 발달되도록 촉진시

키는 것을 말한다. 도태간벌에서는 현재의 가장 우수한 나무 즉 미래목을 선발 표시하여 관리하는 것을 핵심으로 한다. 간벌양식으로 볼 때, 상층간벌에 속하지만 전통적 간벌양식과는 다른 새로운 간벌양식으로써 가장 우수한 우세목들을 선발하여 그 발달을 조장시켜 주는 명확한 목표의 보육벌채적 수단을 갖고 있다. 상층입관의 일시적 소개에 의해서 지피식생과 중·하층목이 발달되어 미래목의 수간 맹아 형성의 억제와 복층 구조의 유도가 용이하며, 보육은 최중수확목표인 미래목에 집중시킴으로써 장별기 고급 대경재 생산에 유리하여 간벌 대상목이 주로 미래목의 성장 방해목으로 한정되기 때문에 간벌목 선정이 비교적 용이하다. 미래목 성장에 방해되지 않는 중·하층목이 대부분 존치되고 주로 미래목의 성장 방해목이 벌채됨으로써 간벌재 이용에 유리하다(산림청, 2000).

간벌 양식별 임분 성장 변화에 있어서 간벌 강도가 높을수록 임분의 형상비(H/D) 향상, 흉고직경 성장 증가(박승걸 등, 1989), 단목제적(재적성장률) 및 수고성장 향상 등, 무간벌구에 비해 현저한 성장촉진 효과가 나타나 일반 대경재 생산에 유리한 것으로 연구되었으며(박승걸 등, 1987; 김종원 등, 1990; 김석권 등, 2001), 간벌 후, 최근 5년 간의 직경성장량은 직경급이 클수록 크게 나타날 수 있다(윤종화와 김주천, 1994). 그 외 일본잎갈나무 임분의 생산력과 밀도관리(마상규, 1977), 소나무림의 밀도관리(권오복 등, 1982), 낙엽송 유형림의 적정 간벌시기 및 간벌 강도(김영수와 이돈구, 1993)에 관한 연구가 진행되었다.

이 연구는 간벌이 임목생장에 많은 영향을 미친다는 가정 하에, 주요 인공조림지에서 간벌사업 처리 후 잔존 임분 밀도를 달리하는 강송(*Pinus densiflora* for. *erecta*), 리기다소나무(*Pinus rigida*), 낙엽송(*Larix leptolepis*) 임분을 대상으로 잔존 임분 밀도에 따른 임목성장 양상 파악을 통하여, 인공조림 임분의 형질 향상 도모를 위한 보육 기초 자료를 제공하고자 실

시되었다.

II. 자료 및 방법

1. 조사지 개황

이 연구는 강원도 화천군 간동면에 위치하고 있는 북부지방산림관리청 춘천국유림관리소 관내의 인공 조림지(강송, 리기다소나무, 낙엽송)를 대상으로 실시되었다.

춘천 국유림 관리소의 총 관할 면적은 100,647ha이며 이중 침엽수림이 21,909ha로서 전체 면적에 22%를, 활엽수림이 56,875ha로서 57%를, 혼효림이 20,559ha로서 20%를, 무입목지가 1,304ha로서 1%를 차지하고 있다. 전체 축적은 7,909,631m³이며, ha당 평균축적은 76m³으로서 우리나라 전체 산림의 평균인 63m³에 비하면 다소 높은 편이다(임업통계연보, 2001).

연구대상 지역의 임상은 잣나무, 낙엽송, 소나무, 전나무, 분비나무 등 대부분이 침엽수 인공림을 이루고 있으며, 자작나무, 읍나무, 단풍나무, 참나무류, 불푸레나무, 피나무, 오동나무 등으로 구성된 활엽수림이 골고루 분포되어 있다(춘천국유림관리소, 2001).

연구대상지(강송림, 리기다소나무림, 낙엽송림)는 1973년에 ha당 3,000본씩 정조식(1.8m×1.8m)으로 조림되어, 1973~1975년에 풀베기와 비료주기사업이 실시되었고, 1980년도에 어린 나무가꾸기 사업을 실시하여 조림목의 생육에 지장을 주는 잡관목을 정리하였으며, 1995년에 간벌에 의한 임분밀도 조절사업, 1999년도에는 숲가꾸기작업 등의 사업 내력을 갖고 있다.

기후대는 온대중부에 속하여, 대륙성 기후의 영향을 받으며 인접한 소양호의 영향으로 많은 안개 일수가 나타난다. 기온은 일교차와 한서의 차이가 심하며, 산정과 산북부는 평균 10℃ 내외의 기온차를 보인다. 주풍향은 남서풍으로, 최대풍속은 22.8 m/sec, 평균풍속은 1.6 m/sec 이나, 춘기에는 건조한 계절풍이 강하게 불어

산불위험이 높고, 3월경에도 가끔 늦은 눈이 내리는 기상의 특징이 있다(춘천기상대, 2000).

모암은 화성암 및 수성암(퇴적암), 변성암으로 형성되어 있으며, 석영, 운모, 장석이 주성분이나, 균청석, 전기석, 흑연 등과 혼효하여 편상이나 임상을 나타내고 있다. 산악부에는 암석, 석력들이 많이 존재하나, 대부분 사질양토이며, 산정부는 척박하고, 산록부는 부식질의 함량이 많아 임목 생육에 적합한 토양을 이루고 있으며, 토양습도 역시 대체로 적당하여(춘천국유림관리소, 2001), 임목 생육에 지장을 초래하는 입지 요인은 없는 것으로 판단된다.

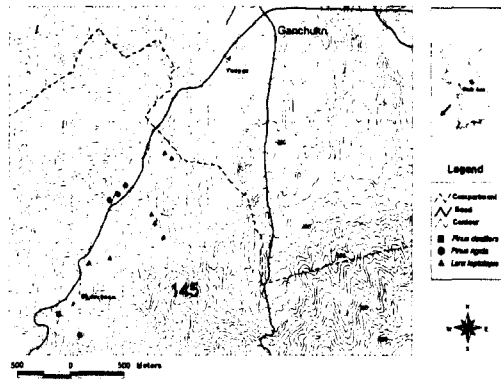


Figure 1. Location of study area.

2. 자료수집

강릉, 리기다소나무, 낙엽송 인공조림지역을 대상으로(Figure 1), 간벌 후 잔존임분밀도가 다른 12개의 고정 표본구(Permanent sample plot)에서 조사가 이루어졌으며, 연구대상지의 조림 연도, 소밀도, 혼효 형태 등의 임황조사와 해발고도, 사면방향, 사면경사, 토성, 토심, 지형, 지위, 토양습도, 지리 등의 임황자료를 수집(Table 1)하였고, 출현하는 모든 교목에 대하여 총수고, 흉고직경, 수관폭(長, 短), 지하고 등의 임목제원을 파악하였으며, 출현하는 하층식생을 대상으로 수종을 구분하고, 종 수를 파악하였다. 수종 구분에는 대한식물도감(이창복,

1982)을 참조하였다.

연구대상 고정 표본구내의 모든 임목의 평균 흉고직경을 파악한 후, 잔존임분밀도에 따른 직경생장을 파악하기 위해 성장추를 이용하여 평균 흉고직경에 해당하는 나무 2그루를 대상으로 목편(core)을 채취하여 최근 6년간의 흉고직경 성장량을 실측하였다.

3. 분석방법

이 연구에서는 간벌 후, 잔존임분밀도 차이가 나는 고정표본구를 대상으로 임목생육 현황을 비교함으로써, 간벌이 임목생육에 미치는 영향을 확인하기 위한 것인데, 이를 위하여 고정표본구에 생육하는 모든 임목의 임목제원, 직경분포, 수고분포, 최근 6년간 직경생장 양상 등을 파악하였다.

임목 제원을 비교하기 위해서 잔존임분밀도별로 단위면적당 개체수, 흉고단면적, 재적, 그리고 최대·최소·평균 흉고직경, 최대·최소·평균수고, 평균 지하고, 평균 수관폭 등을 산출하였다.

직경분포 양상을 파악하기 위해서는 고정표본구내에 생육하는 임목의 직경분포를 분석하여 ha당 개체수로 환산하여 잔존임분밀도별로 비교하여 나타내었으며, 수고분포양상 또한 고정 표본구내의 모든 임목의 수고를 측정하여, 수고급별 개체수를 ha당 개체수로 산출하여 비교하였다. 그리고 간벌 효과에 대한 직접적인 검증을 위해 성장추로 채취한 목편(core)을 이용하여 잔존임분밀도별로 간벌 후 최근 6년간의 직경성장량을 비교 분석하였다.

임분밀도 조절 처리구별로 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭의 4가지 인자들에 대해 t-test와 F-test를 이용하여 통계적 검정을 실시하였으며, F-test에서 유의성이 인정되는 요인별 처리구간에 대하여 LSD(최소유의차)검정을 실시하여 밀도조절 처리구와 요인들간의 차이를 다중 비교하였다. 분산분석 등, 통계적 분석에는 Excel의 통계분석 Program을 이용하였으며,

Table 1. Site and stand conditions of the study forest.

	<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>					<i>Pinus rigida</i>			<i>Larix leptolepis</i>				
									Subcompartment				
	A	B	A	B	C	A	B	C	La	Na			
Planting year	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
Crown density	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid	low	mid	mid	mid	mid	mid
Stand type	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand	pure stand
Elevation (m)	480	520	330	340	320	275	255	305	315	260	270	280	280
Aspect	NE	SW	SE	E	NE	NE	NE	NE	NW	NE	NE	NE	NE
Slope (°)	20	37	12	9	25	25	23	5	15	5	21	27	27
Soil texture	SC	SC	SC	S	S	SC	SC	SC	SC	SC	L	L	L
Soil moisture	moist	moist	moist	moist	moist	moist	moist	moist	moist	moist	moist	moist	moist
Topographic position	mid-s lope	mid-s lope	mid-s lope	mid-s lope	mid-s lope	mid-s lope	mid-sl ope	foot hill	mid-s slope	mid-s lope	mid-s lope	mid-s lope	mid-s lope
Site quality	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid	mid
Accessibility	I	I	I	I	I	II	II	II	II	I	I	I	I

* Residual stand density(A<B, C<D, E<F<G) is applied to Tables 2, 3, 4, and 5, and Figures 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, and 11.

* Soil texture (SC; Sandy Clay, S; Sand, L; Loam).

LSD검정 공식은 처리당 반복이 다른 경우의 다음 공식을 이용하였다(채영암 등, 1995).

$$LSD_{\alpha} = t_{\alpha}(v) \sqrt{s^2 \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)}$$

식에서, t_{α} : 유의수준 α 에서 오차의 자유도에 해당하는 t 값, s^2 : 오차의 평균자승합 (MS_E), $r_i \cdot r_j$: 비교하고자 하는 i 번째와 j 번째 처리의 반복수

III. 결과 및 고찰

1. 임분별 임목 제원

연구대상 산림의 잔존임분밀도를 달리하는 고정표본구에서 조사된 식생자료를 분석한 결과를 토대로 처리구별 임목 제원을 Table 2, 3,

4, 그리고 5에 각각 나타내었다.

(1) 강송림

1995년도에 간벌이 이루어지기 전의 A, B지역 임목 생육상태는 흉고직경(12cm)과 수고(8~9m) 등의 생육 상태가 비슷하였으나, 밀도 조절 후에 생육 환경이 향상되어 Table 2에 나타난 바와 같이 전체적으로 A지역보다 B지역의 임목 생육 상태가 훨씬 양호한 것으로 파악되었다. 간벌전의 하층 식생은 물푸레나무, 쪽동백나무, 칩 등의 8개종이었으나, 간벌후에는 층층나무, 국수나무, 칩 등의 10개종으로 출현종 수가 증가함을 보였는데, 이것은 벌채로 인해 광선 조건이 호전되고 지표면의 온도가 높아져 낙엽의 분해가 촉진되어 생육환경이 향상되었기 때문으로 사료된다.

A, B 두 지역간의 평균(흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭)을 비교하기 위해 t -test를 실시한

결과, 99%의 확률수준에서 유의적인 차가 인정되었다.

(2) 리기다소나무림

1995년 최초 시험지 조성시 대상임분의 ha당 본수와 평균수고 등의 임목생육 상태는 A, B, C지역 모두 동일한 수준이었으나, 밀도 조절후에는 ha당 본수와 재적, 그리고 흉고단면적은 C지역-B지역-A지역 순으로 양호한 것으로 나타났다. 즉, 잔존임분밀도가 높을수록 재적/ha, 흉고단면적/ha, 지하고가 높은 것으로 조사되었으며, 밀도가 낮은 임분일수록 직경생장과 수관폭 확장이 양호한 양상을 보이는 것으로 파악되었다(Table 3). 수고생장은 A지역-C지역-B지역 순으로 높게 나타났는데, 밀도조절에 의한 영향보다는 대상지역의 생육입지 조건의 차이 때문에 수고생장이 다르게 나타난 것으로 사료된다.

리기다소나무림의 잔존 임분 밀도별 차이점 유무를 검정한 결과, 직경을 인자로 하였을 때, A지역과 B, C지역이 고도의 유의성이 인정되었다. 수고를 인자로 하였을 경우, A지역과 B, C지역, B지역과 C지역이, 지하고를 인자로 하였을 경우에는 A지역과 B지역, B지역과 C지역이, 수관폭을 인자로 하였을 경우, A지역과 B, C지역, B지역과 C지역이 고도의 유의성을 갖고 차이가 있는 것으로 파악되었다. 즉, 처리구 간 임분 밀도에 의해서 전반적인 임목 생육 상황은 통계적으로 차이가 있는 것으로 판단된다.

(3) 낙엽송림

임분밀도 조절 처리수가 같은 낙엽송림의 경우, (라)소반 보다는 (가)소반의 잔존밀도가 높은 것으로 조사되었으나, 같은 입지조건을 가지고 있지 않으므로 직접적인 비교는 가능하지 않아, 소반내 비교를 실시한 결과, (가)소반의 경우 잔존 밀도가 높은 B지역보다는 밀도 조절량이 많은 A지역의 임목생육상태가 양호한 것으로 파악되었다(Table 4). 재적/ha, BA/ha

가 B지역보다 높은 이유는 벌채에 위한 영향 보다는 A지역의 입지 환경이 B지역보다 양호하기 때문인 것으로 사료된다.

낙엽송림 (가) 및 (라)소반에 대해 두 지역간의 평균(흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭)을 비교하기 위해 t-test를 실시한 결과, 99%의 확률수준에서 유의적인 차이가 인정되는 것으로 분석되었다.

위에서 살펴본 (가), (라)소반과 잔존임분밀도 처리가 다른 (나)소반의 임목제원 결과는 Table 5와 같다. 임분밀도 조절량이 적을수록, 즉 ha당 본수가 많을수록 재적/ha, BA/ha, 수고가 높게 나타났으며, 반대로 ha당 본수가 적을수록 흉고직경은 커지는 경향을 보이므로, 이 지역에서는 간벌 시업이 수고 성장보다는 직경생장에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 특히, 잔존밀도가 높은 지역일수록 수고 생장이 양호하게 나타났는데, 이것은 처리구가 동일한 입지환경(표본구간 거리 10~20m)을 갖고 있기 때문인 것으로 사료된다.

낙엽송림 (나)소반의 임목 생육의 차이점 유무를 검정한 결과, 직경을 인자로 하였을 때, E지역과 F지역이 95%확률 수준에서, 수고를 인자로 하였을 때, E지역과 F지역, F지역과 G지역이 99%의 확률수준에서 유의적인 성장 차이가 있는 것으로 분석되었다. 그리고 지하고를 인자로 하였을 때, E지역과 F지역이 95%확률 수준에서, 수관폭을 인자로 하였을 때, E지역과 F지역, F지역과 G지역이 99%의 확률수준에서 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었다.

2. 임분별 직경 분포 양상

연구대상산림의 임분별, 잔존밀도에 따른 직경분포 양상 결과를 Figure 2, 3, 4 그리고 5에 각각 나타내었다.

간벌에 따른 일반적인 직경 성장 양상은 벌채강도가 강할수록, 직경급이 클수록 증가하는 경향을 보이는 것으로 알려져 있다(박승걸 등, 1987; 김종원 등, 1990 ; 김석권 등, 2001).

Table 2. Summary of *Pinus densiflora* for. *erecta* stands by different density treatment.

Treatments	D.B.H. (cm)	Hegiht (m)	HB* (m)	Crown Width (m)	Volume /ha(m ³)	BA/ha (m ²)	Stems /ha	Plot Size (m×m)
A	14.9**	10**	5.7**	3.9**	111.5	23.0	1,234	42×22
	7-23.9	5-15	3-7	1.2-7.5				
B	11.4**	7.3**	3.3**	3.2**	48.6	15.9	1,500	26×20
	6.8-16.5	4.5-11.5	1.5-5.5	1-5				

* HB(Height of bole) is applied to Table 3, 4, and 5.

** Significant at $P \leq 0.01$.Table 3. Summary of *Pinus rigida* stands by different density treatment.

Treatments	D.B.H. (cm)	Hegiht (m)	HB (m)	Crown Width (m)	Volume /ha(m ³)	BA/ha (m ²)	Stems /ha	Plot Size (m×m)
A	19 ^a	18.1 ^a	8.4 ^a	3.9 ^a	141.3	16.2	562	25×47
	14.5-25.5	13.5-22	4.5-12	2-6				
B	16.8 ^b	14.1 ^b	5.9 ^b	2.8 ^b	223.0	28.9	1,251	25×47
	9.1-28.2	9-19.5	2.5-11.5	1-5				
C	16.1 ^c	16.7 ^c	8.8 ^{ac}	2.4 ^c	304.3	30.3	1,429	42×25
	9.1-28.5	10-23	4.5-12	0.5-4.5				

* a, b, c : Means with the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the Least Significant Difference method.Table 4. Summary of *Larix leptolepis* stands by different density treatment.

Treatments	D.B.H. (cm)	Hegiht (m)	HB (m)	Crown Width (m)	Volume /ha(m ³)	BA/ha (m ²)	Stems /ha	Plot Size (m×m)
A	16.7**	17.2**	12.6**	2.8**	190.6	22.0	948	41×26
	6-25.2	8-22.5	4-17	0.8-5				
B	14**	13.7**	10.3**	2.4**	142.0	20.7	1,265	34×30
	4.7-23	5-21.5	2-16	0.8-5				
C	18.6**	18.8**	6.9**	6.3**	138.3	14.4	500	40×26
	9.6-30	10-26.3	3.5-12	4-8				
D	23.1**	23.8**	12.6**	5.3**	258.3	23	540	25×40
	14.5-29.5	15-28	2.5-21	3-7				

** Significant at $P \leq 0.01$.

Table 5. Summary of the standing tree attributes in *Larix leptolepis* stand.

Treatments	D.B.H. (cm)	Hegiht (m)	HB (m)	Crown Width (m)	Volume /ha(m ³)	BA/ha (m ²)	Stems /ha	Plot Size (m×m)
E	20.4 ^e	19.4 ^e	11.7 ^e	4.8 ^e	163.3	17.6	526	33.5×33.5
	13.5-28	16-23	5-15	3-14				
F	19 ⁱ	21 ⁱ	11.8 ⁱ	3.8 ⁱ	173.4	16.8	571	35×32
	8.9-28	14.5-24	5.5-16	1.5-13				
G	18.6 ^{ct}	20.8 ^e	12.9 ^{ct}	3.6 ^e	203.6	19.9	720	25×20
	13.5-26.4	17-23.5	8-16	2.5-5.5				

* e, f, g : Means with the same letter are not significantly different at P≤0.05 by the Least Significant Difference method.

(1) 강송림

잔존 임분밀도별 흉고직경급 분포양상을 보면, ha당 1,500본인 B지역은 출현 직경폭이 6cm~18cm까지 조사되었고, 10cm급에 가장 많은 개체수가 분포하고 있는 것으로 파악되었다. 반면, ha당 1,234본인 A지역에서는 6cm~24cm까지 분포하는 것으로 조사되었는데, 전체적으로 B지역보다는 A지역에서 직경급 폭이 넓게 분포하였으며, B지역보다 직경급이 큰 임목이 많이 분포하고 있었다. 이러한 양상은 간벌시업이 직경생장에 유리하게 작용했기 때문인 것으로 사료된다.

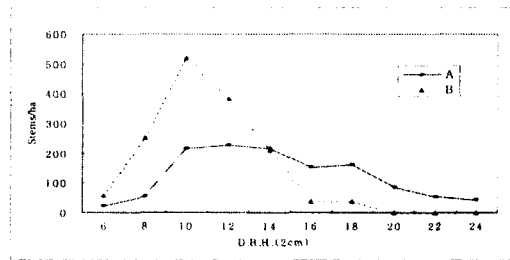


Figure 2. The pattern of D.B.H. by residual stand density in *Pinus densiflora* for. *erecta* stands.

(2) 리기다소나무림

리기다소나무림에서의 잔존임분밀도에 따른

직경급 분포 양상은 A지역>B지역>C지역 순으로 A지역의 직경급분포가 비교적 높은 것으로 조사되었다. 그러나, 이 지역의 잔존 본수가 다른 처리구에 비해 상당한 차이(A: 562본 B: 1,251본, C: 1,429본)를 보이는 것을 고려해 볼 때, 직경생장이 다른 처리구에 비해 큰 차이를 보이지 않는 것은 A지역의 입지환경 특히, 다른 처리구의 사면방향이 북동 또는 동사면인데 비해 이 지역은 남동사면에 위치해 있어서 수분 등의 입지조건에서 다소 불리한데 원인이 있거나, 연구 대상지 전체의 입지 환경조건이 양호하지 못한 데에도 그 원인이 있을 것으로 판단되며, 반면 입지조건이 동일하다고 본다면, 단순히 개체수의 차이에 따른 결과라고 사료된다.

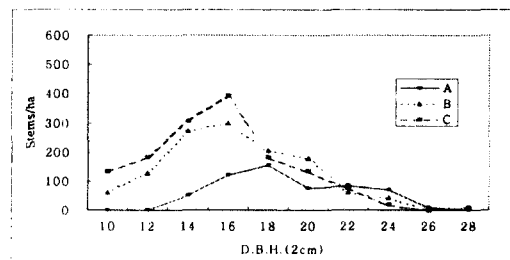


Figure 3. The pattern of D.B.H. by residual stand density in *Pinus rigida* stands.

(3) 낙엽송림

낙엽송림에서의 잔존임분밀도에 따른 직경급 분포 양상을 밀도조절 처리별로 A지역-B지역 또는 C지역-D지역, E지역-F지역-G지역의 2가지 유형으로 나누어 Figure 4, 5에 각각 도시하였다. 145임반 (가)소반의 경우, ha당 잔존임목본수가 A지역은 948본, B지역은 1,265본으로 B지역의 밀도가 높은 것으로 파악되었다(Table 4). (가)소반의 직경분포가 정규분포하는 양상을 보이고 있는데 B지역보다 A지역의 직경급이 큰 개체수가 많고 ha당 잔존 본 수가 적게 분포하는 것으로 보아 B지역의 간벌 벌채량이 A지역보다 적었으며, 99년 숲가꾸기 사업시 A지역의 벌채량이 상대적으로 많아 B지역은 직경이 적은 임목의 개체수가 많은 것으로 판단된다.

145임반 (라)소반의 경우, ha당 개체수가 많은 D지역(540본)이 C지역(500본)보다 큰 직경급이 상당히 많이 분포하였다. ha당 개체수의 차이에 의한 직경생장의 차이보다는 토양, 광선조건, 수분조건 등과 같은 산림의 물리적 환경요인에 의해 두 지역간 직경생장 차이가 나타나는 것으로 사료된다.

145임반 (나)소반의 직경분포양상을 보면, (가)와 (라)소반과 다른 양상을 보이고 있다. ha당 잔존 임목의 개체수가 적을수록(E<F<G) 평균 흉고직경이 큰 것으로(20.4cm > 19cm > 18.6cm) 나타났으며(Table 5), ha당 개체수가 많을수록 수고, ha당 재적, 흉고단면적이 증가하였다.

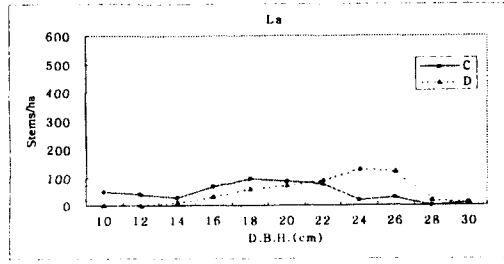


Figure 4. The pattern of D.B.H. by residual stand density in *Larix leptolepis* stands.

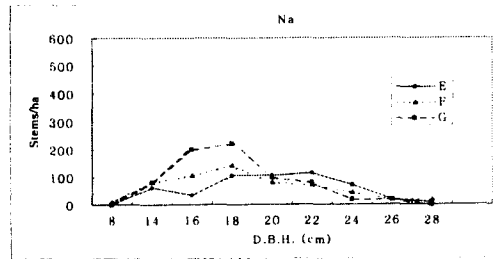
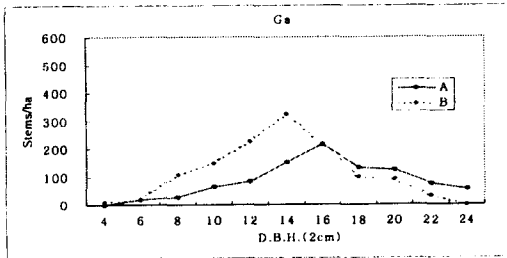


Figure 5. The pattern of D.B.H. by residual stand density in *Larix leptolepis* stands.

연구대상 전임분을 대상으로 잔존임분밀도에 따른 흉고직경분포 양상을 Figure 6에 나타내었다. 강송림과 리기다소나무림의 경우, 전체적으로 잔존임분밀도가 높을수록 직경생장이 감소하는 경향을 보였으며, 낙엽송림에서는 잔존임분밀도가 상대적으로 낮은(500본, 526, 540본/ha)임분에서 잔존밀도가 높을수록 직경분포가 증가하는 경향을 보이고 있으나 이것은 벌채시업처리에 의한 성장차이 보다는 소반을 달리하는 대상지 위치의 차이에 따른 물리적 환경조건의 차이에 의한 것으로 사료되며, 전체적으로는 잔존임분밀도가 증가할수록 점차 직경분포가 감소하는 것으로 파악되었다.



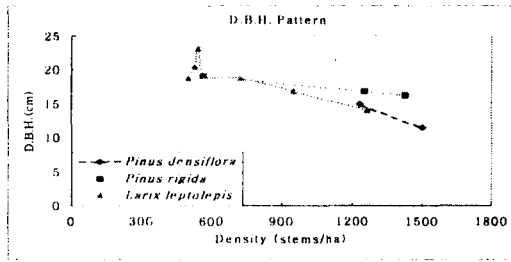


Figure 6. The pattern of D.B.H. in the whole stands.

3. 잔존임분밀도별 최근 6년간 직경성장 양상

연구대상 임분의 임목제원을 기준으로 각 처리구별로 임목생장에 있어서 평균에 해당하는 임목을 대상으로 각 2그루씩, 총 14개의 목편(core)을 성장추를 이용하여 채취하고, 간벌처리 후, 최근 6개년간의 직경성장량을 파악하여 Figure 7, 8, 9, 10 그리고 11에 각각 나타내었다.

(1) 강송림

강송림의 최근 6년간의 직경성장량 양상은 B지역(11.8mm)보다는 A지역(19.0mm)의 성장량이 현저히 높은 것으로 파악되었다. B지역은 간벌량이 A지역보다 상대적으로 적었기 때문에 직경성장에서도 상대적으로 완만하게 변하는 경향을 보이나, A지역은 간벌 이후에 완만한 감소양상을 보이다가 숲가꾸기 시업시기인 1999년도 이후 증가하는 양상을 보이고 있다.

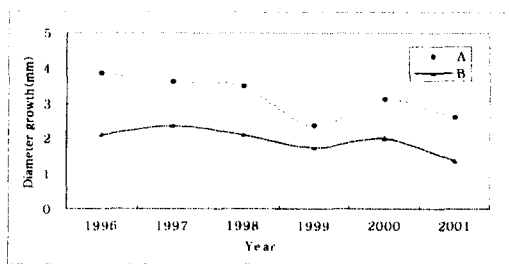


Figure 7. The diameter growth pattern of *Pinus densiflora* for. *erecta* for the last 6 years.

(2) 리기다 소나무림

리기다소나무림의 경우, 1995년 시험지 조성 후 B지역(6.3mm), C지역(7.2mm)에 비해 직경성장량은 A지역(10.3mm)이 훨씬 높은 것으로 나타났는데, ha당 개체수는 적지만 평균직경이 크기 때문에 B, C지역보다 A지역의 직경성장량이 높은 것으로 판단되며, 1999년에 간벌시험사업이 실시되면서 A, B, C지역 모두 직경생장이 증가하는 양상을 보이고 있다.

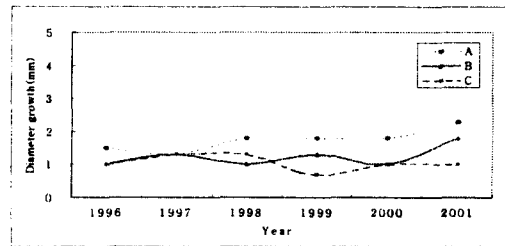


Figure 8. The diameter growth pattern of *Pinus rigida* for the last 6 years.

(3) 낙엽송림

낙엽송임분 (가)소반의 경우, B지역은 시험지 조성 후, 1997년과 1998년 사이에 가장 큰 성장폭을 보이다가 점차 변화의 폭이 완만하게 변하는 경향을 보이고 있으며, A지역은 점차 감소하다가 2000년을 기준으로 다시 증가하는 경향을 보였다. A지역(9.8mm)과 B지역(8.0mm)의 직경성장량은 비슷한 수준인데, A지역이 ha당 개체수가 적고 평균직경이 큰 것을 고려해 볼 때 상대적인 직경성장율은 B지역이 크게 나타났다(Figure 9).

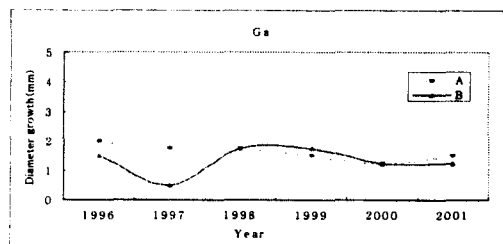


Figure 9. The diameter growth pattern of *Larix leptolepis* (Ga) for the last 6 years.

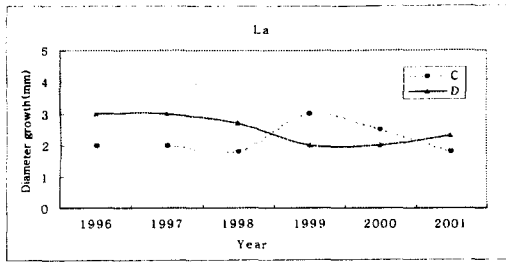


Figure 10. The Diameter growth pattern of *Larix leptolepis* (La) for the last 6 years.

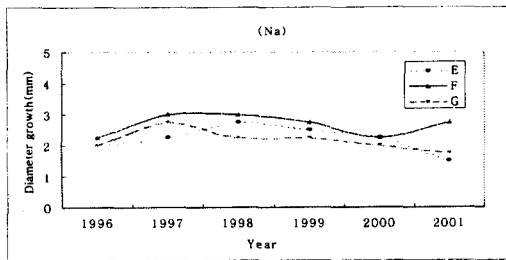


Figure 11. The diameter growth pattern of *Larix leptolepis* (Na) for the last 6 years.

낙엽송입분 (라)소반의 직경생장은 C지역의 경우, 1999년까지 급격한 증가를 보이다가 점차 감소하는 경향을 보이며, D지역(15.0mm)의 경우는 C지역(13.1mm)보다 직경이 큰 임목들이 많기 때문에 직경성장량은 전체적으로 높은 경향을 보이는데 1999년을 기점으로 점차 증가하는 경향을 보이고 있다(Figure 10).

(나)소반의 최근 6년간의 직경생장은 전체적으로 E지역(13.3mm), G지역(13.0mm) 보다는 F지역(16.0mm)의 직경생장이 양호한 것으로 파악되었다.

IV. 결 론

이상과 같이 춘천국유림관리소 관내 인공조림지의 잔존입분밀도별 임목생장을 비교한 연구에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 직경분포양상

강송림과 리기다소나무림, 낙엽송림 (가), (나)소반 에서는 입분밀도가 감소할수록 직경생장이 증가하는 것으로 파악되었으며, 낙엽송 (라)소반은 입분밀도가 높을수록 현존 직경성장분포가 높은 것으로 파악되었는데, 이것은 두 지역 모두 간벌시업 처리되었으나 입분밀도는 큰 차이가 없는 것으로 조사되어, 직경생장에 영향을 미치는 요인은 입분밀도 보다는 입지환경요인 혹은 다른 물리적 환경요인 때문인 것으로 판단된다.

2. 수고분포양상

잔존입분밀도별 임목의 수고성장양상에서는 처리구별로 수고생장이 다소 차이가 있는 것으로 나타났으나 간벌의 직접적인 영향보다는 입지조건과 같은 환경요소의 차이에 의한 것으로 파악되었다.

3. 최근 6년간 직경생장

각 처리구별 평균에 해당되는 직경급의 목편을 추출하여 최근 6년간의 직경성장량을 실측한 결과, 전구간에서 직경급이 클수록, 잔존입분밀도가 낮을수록 직경성장량이 컸다.

이상과 같이 잔존입분밀도를 달리하는 처리구에 대하여 임목생장 비교를 통해서 간벌 및 보육이 임목생장 및 임분형질개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러므로 치산녹화 후 형질 가치 향상을 위한 보육작업이 미흡했던 인공조림지에 대하여 간벌과 가지치기 등과 같은 지속적인 관리를 통하여 산림자원 조성에 만전을 기하는 지혜가 필요하다.

인용문헌

1. 권오복, 이홍균, 우중춘. 1982. 소나무림의 밀도관리에 관한 연구(I). 한국임학회지 57 : 1-7.

2. 김석권, 배상원, 이경제, 김희채. 2001. 소나무림에서의 간벌양식에 의한 임분구조 해석. 한국임학회 하계총회 및 학술연구발표회지. 117-118.
3. 김영수, 이돈구. 1993. 낙엽송 유령림의 적정 간벌시기 및 간벌강도 결정에 관한 연구. 한국임학회 정기총회 및 학술발표회지. 34-35.
4. 김종원, 김도경, 김일현. 1990. 리기다소나무 영급별 간벌강도가 생장에 미치는 영향. 한국임학회 정기총회 및 학술발표회지. 20-20.
5. 마상규. 1977. 일본잎갈나무 임분의 생산력과 밀도관리에 관한 연구. 한국임학회지. 34 : 21-30.
6. 박승걸, 김종원, 김도경. 1987. 리기다소나무 및 방크스소나무의 식재밀도별 성장특성과 간벌량에 따른 성장효과. 한국임학회 정기총회 및 학술발표회지. 5.
7. 박승걸, 김종원, 김도경, 김일현. 1989. 잣나무, 리기다소나무, 방크스소나무 인공림 조림지의 1·2차간벌방법에 따른 임분변화와 성장효과분석. 한국임학회지 78(1) : 79-79.
8. 산림청. 2000. 산림과 임업기술 I. 산림청. 272pp.
9. 산림청. 2000. 산림과 임업기술 I. 산림청. 133-140.
10. 산림청. 2000. 산림과 임업기술II. 산림청. 256-265pp.
11. 산림청. 2000. 새로운 임업기술-주요 경제수종, 속아베기 방법.
12. 산림청. 2001. 임업통계연보 제31호. 468pp
13. 채염암, 구자욱, 서학수, 이영만. 1995. 기초 생물통계학. 향문사, 418pp
14. 윤종화, 김주천. 1994. 소나무림의 임분구조 해석에 관한 연구. 한국임학회지 83(2) : 254-261.
15. 임경빈. 1997. 조림학 본론. 향문사. 146-152.
16. 이창복. 1982. 대한수목도감. 향문사. 990pp.
17. 윤종화 외 15인. 1994. 임학개론. 강원대학교 출판사. 142-143.
18. 춘천국유림관리소. 2001. 간벌시험지 사업 계획서.
19. 춘천기상대. 2000. 기후자료시스템.