

최 중
연구보고서

수형조절에 의한 잣나무의
경제 작물화 연구
(Crown Shape Control of *Pinus koraiensis*)

연구기관

강 원 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “수형조절에 의한 잣나무의 경계 작물화 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 1일

주관연구기관명 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 이 재 선

연 구 원 : 박 유 현

연 구 원 : 김 종 원

연 구 원 : 장 경 식

연 구 원 : 장 준 근

연 구 원 : 송 정 호

연 구 원 : 배 찬 호

연 구 원 : 송 재 모

연 구 원 : 김 철 우

연 구 원 : 유시양링

요 약 문

I. 제 목

수형조절에 의한 잣나무의 경제 작물화 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

잣나무는 1970년대의 화전 정리 사업 때부터 우리 나라의 주요 조림 수종으로 선정되어 전국적으로 확대 조림되어 왔다. 조림된 면적은 1970년대에 매년 17,000~55,000헥타, 1980년대에 매년 9,000~16,000헥타, 1990년대에는 매년 6,000~14,000헥타이며 2000년에는 약 4,070헥타가 조림되어 단일 수종으로는 우리 나라에서 가장 넓은 인공림을 갖고 있다. 그러나, 대부분은 조림 후 사후 관리가 거의 없어 생장은 극도로 저하되었고, 수간에 남게되는 옹이로 목재의 가치 또한 떨어진다. 이러한 관리 상태 하에서는 잣 생산의 기대 또한 어렵다. 따라서 현 단계에서라도 자원화를 촉진하기 위한 적극적 무육 사업이 먼저 시도되어야 할 것이다.

잣의 생산량은 1970년대 후반에는 연간 430~690톤, 1980년대에는 연간 430~1,160톤이었고, 1990년대에는 연간 440~1,580톤으로 생산량의 변동의 폭이 매우 크며, 더욱이 잣 가격의 경우 생산량의 큰 폭 변화 때문에 가격의 안정화를 이루지 못하고 있다. 잣 생산 林家의 수익은 잣 생산량에 비례하여 늘어나거나 줄어드는 것이 아니라 豊凶에 따른 희소성의 원칙이나 중국산 잣의 수입량에 따라 주로 결정됨으로써 수익이 일정하지 못하고 구과 채취를 위해 반드시 나무를 올라가야 하는 위험성 및 잣 채취 비용의 상승(인건비 및 물가 상

승)까지 겹쳐 결국 잣 생산을 포기하고 있는 실정이다. 따라서 잣 생산량의 一定化는 안정된 수입원으로 이어질 수 있을 것이다.

이러한 의미에서 수고를 낮추어 잣 채취를 용이하게 하고 생산량의 증대와 일정화를 가져올 수 있는 잣나무의 수형조절에 대한 연구는 가장 적절한 방법이라 하겠다.

우리 나라 및 외국의 수형조절에 관한 연구는, 몇몇 다른 수종에 대하여 연구가 이루어진 것이 있으나 잣나무에 대한 체계적인 수형조절법은 아직 연구된 바 없다. 과거 임목육종연구소(현 임원연구원 산림유전자원부, 1989)에서는 낙엽송 채종원의 수형조절법을 제시하였고, 1996년에는 잣나무 채종원에서 결실을 촉진하고 특히 종자 채취를 용이하게 하기 위해 斷幹에 의한 수형 조절을 실시하였으나 체계적인 수형조절방법에 대한 연구는 수행되지 않았다. 외국의 경우 슬래쉬소나무, 캐나다잎갈나무, 테다소나무와 몬티콜라잣나무 등의 채종원에 수형조절이 실시되었는데 수종에 따라 종자 생산이 증가되거나 감소하였지만, 구과 수집과 임목 관리에는 모두 도움이 된다고 하였다.

따라서 수형조절에 의한 低樹高 유도와 잣 생산의 증대 및 일정화는 사후 관리가 안된 잣나무 인공림의 적절한 활용방안과 잣 생산 임가의 수익 안정화에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 사유림의 다양한 활용 활동은 나무는 수익과 직결되지 않는다는 국민들의 인식을 바꿀 수 있는 계기와 함께, 노동력과 비용의 절감으로 인한 다른 단기적인 산림 소득 자원을 찾아 재배법과 이용법을 연구·개발한다면 農家와 林家의 부가 소득을 올리면서 나아가 산촌을 형성하는 동기를 제공할 수도 있을 것이다. 이는 주민의 소득 증대와 아울러 산촌에 定住하려는 일반인을 현장인 산으로 이끌고 전국의 개발되지 않은 천연 자원을 적극 활용하도록 하는 중요한 산림 정책으로 연결될 수도 있을 것이다.

본 연구에서 제시되는 구체적 목표는 다음과 같이 요약된다.

- 각 영급의 수형조절법 조성
- 채종원내 단간목과 비단간목의 성장 및 결실조사
- 단간에 의한 종자의 성분 변화 조사
- 관상용 수형 연구 개발

- 왜성화 유도
- 조기결실유도법 개발

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 잣과 목재 생산을 위한 효과적 수형조절법 개발

1) 수형조절을 위한 이론 수립 연구

조림지의 1, 2 및 3영급의 성장과 수형 상태를 조사하고 이에 적합한 수형을 채종원의 단간목 및 비단간목과 비교하여 제시.

2) 잣나무 정단부의 성장 및 성장 양태 연구

각 영급의 잣나무의 정단부의 여러 특성을 조사하여 수형조절 후의 수관 형성의 자료 획득.

3) 수형조절림 조성

앞의 1) “수형조절을 위한 이론 수립 연구”에서 수립된 세가지 수형(변칙주간형, 배형과 개심자연형)을 간벌 실시림 및 미실시림과 조합하여 1, 2와 3 각 영급에 조성.

4) 단간목과 비단간목의 결실량 조사

채종원에 실시한 단간목과 비단간목의 구과 및 종자 생산량을 조사하여 비교함으로써 수형조절목의 결실량 예측 자료 획득.

5) 단간에 의한 종자 성분의 변화 조사

단간목에서 생산된 종자의 성분을 분석하여 일반목과 비교하므로써 수형조절의 당위성 확립.

2. 관상수로 활용하기 위한 수형 개발

잣나무를 정원의 관상용 소관목으로 키우기 위한 수형 연구.

3. 왜성화 유도 또는 유지를 위한 정아우성 억제법 개발

1) 왜성 오염성인 섬잣나무 1년생지를 잣나무의 3~5년생 묘목 (30~70cm)에 접목.

2) 3~5년생 묘목의 정아를 제거하고 그 단면에 IAA, NAA 및 GA₃를 500~5,000 ppm의 범위에서 사용.

4. 조기결실 유도법

1) 3~5년생 묘목의 정아를 제거하고 정단부에 다산성 계통의 할접 실시.

2) 7~10년생 잣나무의 측지와 정단지를 절단하고 다산성 계통의 고접 실시.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

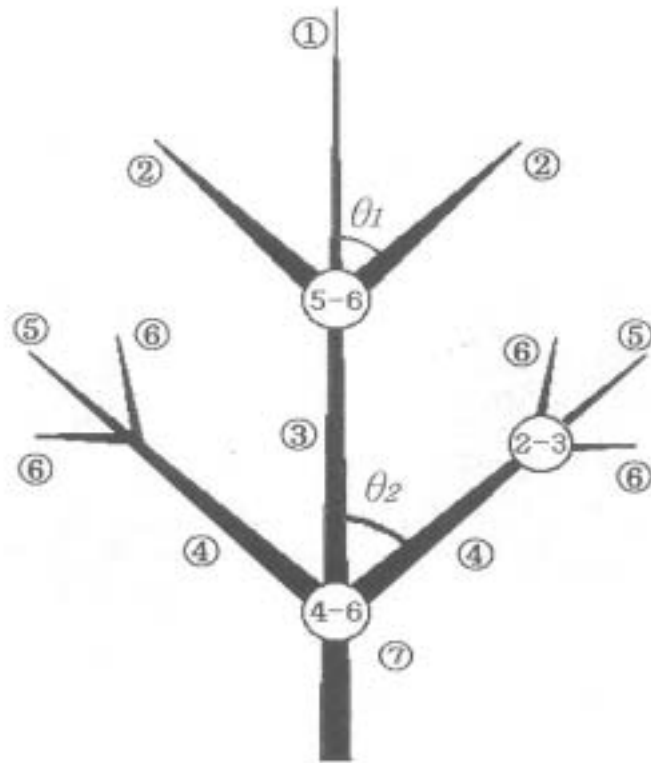
1. 수형조절을 위한 이론 수립 연구

1, 2 및 3영급의 잣나무 조림지에 다음의 다섯 가지 수형이 입지 조건, 생장양태 및 지조 배치 양상에 따라 적용될 수 있을 것이다.

- (1) 1안 - 잣 생산만을 위해 지상 1m 정도의 힘센 생지를 포함하여 1m 정도의 간격으로 4~5 마디를 남기고 단간, 각 마디에 3~4개의 1차지를 윤생으로 배치하는 變則主幹型. 수관의 크기나 형상 및 가지의 굵기 등이 목적하는 수준에 이르면 최상부의 마디를 제거하여 3~4개의 마디만을 남긴다. I, II영급에 적용.
- (2) 2안 - 잣 생산만을 위해 지상 1m~2m 정도의 마디에 최종적으로 힘센 생지 4~5 개를 남기고 수형을 잔 모양으로 유도하는 盃型. 따라서 초기 유도시에는 3~4개의 마디를 남겨야 한다. I, II 영 급 에 적용.
- (3) 3안 - 배형의 변형으로서 잣 생산만을 위해 지상 1m~3m 정도에 힘센 생지를 3~5개가 적절한 간격과 방위로 배치되도록 하는 開心自然型. I, II영급에 적용.
- (4) 4안 - 잣과 목재 생산을 함께 도모하는 힘센 첫 생지(지표에서 4m~ 8m)의 아래 부분은 無節主幹으로 성장시키고 그 위는 1m 정도의 간격으로 최고 4~5마디까지 남기고 단간, 각 마디에 3~4개의 일차지를 윤생으로 배치하는 變則主幹型. II, III영급에 적용.
- (5) 5안 - 목재 생산만을 위해 지하고가 9m가 넘는 잣나무를 강도로 가지치기한 主幹型. III영급에 적용.

2. 잣나무 정단부의 성장 및 성장 양태 연구

잣나무 정단부 26가지 특성을 1영급~7영급까지 조사하여 그 결과를 그림으로 요약하면 아래와 같다.



- ① 당년 주지 길이와 직경: 20.0~43.5cm와 13.3~20.2mm.
 - ② 당년 측지의 기리와 직경: 11.7~29.2cm와 7.1~10.1mm.
 - ③ 전년 주지의 길이와 직경: 20.3~40.2cm와 18.1~27.8mm.
 - ④ 전년 측지의 길이와 직경: 13.6~26.4cm와 8.2~12.1mm.
 - ⑤ 전년 측지의 주지의 길이와 직경: 12.1~30.6cm와 6.5~8.2mm.
 - ⑥ 전년 측지의 측지의 길이와 직경: 3.9~10.6cm와 3.0~4.6mm.
 - ⑦ 전전년 주지의 직경: 25.2~36.2mm.
- θ_1 : 당년 측지의 분지각- 51~68°.
- θ_2 : 전년 측지의 분지각- 58~68°.

잣나무는 연간 20~44cm의 수고 성장을 하고, 주간에서는 4~6개의 측지가 발달하는데 이들은 12~19cm까지 성장하며, 당년 측지는 51.~68.로 주간과

각을 이루며 전년 측지는 58. ~68. 의 범위에서 주간에 착지한다. 전년 측지는 4~11cm의 2~3개의 측지를 갖고 12~31cm의 길이 성장이 다음해 일어난다. 당년 주지는 직경이 13~20mm이고, 2년생 주지(전년주지)는 직경이 18~28mm이며 3년생 주지(전전년주지)는 직경이 25~36mm에 이른다. 당년측지와 전년측지는 직경이 각각 7~10mm 및 8~12mm이다.

3. 수형조절립 조성

(1) 1영급

강원도 홍천군 두촌면 철정리 지역의 1영급 잣나무 임분을 7개 플롯(목재 생산을 위한 무간벌, 구과 생산을 위한 무간벌, 목재 생산을 위한 간벌, 구과 생산을 위한 간벌, 간벌 후 3가지 방법에 의한 수형조절)으로 나눈 후 간벌을 실시하였다. 각 플롯의 면적은 무간벌은 1.0ha, 간벌 및 수형조절은 각각 0.4ha 정도로 조사지 전체 면적은 약 3.0ha이다. 무간벌 임분은 2300본/ha이 있고, 수고는 5.3m, 흉고직경은 7.2cm 였다. 약 70%의 간벌을 실시하여 임분에는 700본/ha이 잔존되었고, 수고는 4.5m, 흉고직경은 7.7cm 였다.

그러나, 배형과 개심자연형은 아직 가지의 생육이 불량하여 우선 변칙주간형으로 조성하였으며, 2~3년 가지의 성장을 도모한 후 조성될 것이다.

2) 2영급

강원도 홍천군 두촌면 철정리 지역의 제벌 등의 무육을 받은 2영급 잣나무 임분을 7개 플롯(목재 생산을 위한 무간벌, 구과 생산을 위한 무간벌, 목재 생산을 위한 간벌, 구과 생산을 위한 간벌, 간벌 후 3가지 방법에 의한 수형조절)으로 나눈 후 간벌을 실시하였다. 각 플롯의 면적은 0.5ha 정도로 조사지 전체 면적은 약 3.5ha 정도이다. 무간벌 플롯에는 500본/ha이 있고, 수고는 8.4m, 흉고직경은 15.0cm 였다. 간벌 임분에는 400본/ha이 남았고, 수고는 8.5m, 흉고직경은 16.5cm 였다.

그러나, 배형과 개심자연형은 아직 가지의 생육이 불량하여 우선 변칙주간형으로 조성하였으며, 2~3년 가지의 성장을 도모한 후 조성될 것이다.

3) 3영급

강원대학교 산림과학대학 연습림의 잣나무 3영급 (1임반 아소반)을 대상으로 실시되었으며, 그 면적은 2.45ha이다. 수령은 현재 25년이며, 대상임분의 평균 근원경 18.8cm, 흉고직경 15.0cm, 수고 11.1m이다. 토양은 식질양토이고 경사도 29°, 방위는 남서향이다. 총 4,254본중 약 48.1%가 간벌되어, 현재 2,207본이 잔존되어 있다. 앞에서와 같이 배형과 개심자연형은 없으며, 목재 생산과 잣 생산을 겸용한 변칙주간형으로 50본이 조성되었다. 수형조절된 나무들의 평균 근원경은 28.8cm, 흉고직경은 22.6cm, 수고는 13.8cm이다.

4. 단간목과 비단간목의 결실량 조사

(1) 간벌 유무에 의한 구과(구과 생중량, 길이, 폭 및 구과당 종자수)와 종자 특성(종자 길이, 폭 및 무게)에 있어 모든 특성에서 유의적인 차이가 인정되었으며, 단간 방법에 있어서는 구과 길이와 구과당 종자수를 제외한 모든 특성에서 유의적인 차이가 인정되었다.

(2) 임목당 총 종자수는 간벌목이 무간벌목에 비해 1.2배 많은 종자를 생산하였다. 2000, 2001, 2002년 조사된 단간 방법(비단간, 1m 단간, 2m 단간)에 의한 임목당 총 종자생산량은 단간목이 비단간목에 비해 50% 많은 종자를 생산하였으며, 2m 단간목은 1m 단간목에 비해 56% 증가된 종자를 생산하였다.

(3) 다량의 구과가 단간목에 착과됨으로 구과의 크기가 작아져 적과가 요구된다.

(4) 구과 및 종자의 성장특성에 있어 구과의 외형적 성장(생중량, 길이, 폭)은 7월 초순에, 종자의 외형적 성장(길이, 폭)은 외종피가 갈변하기 시작하는 6월 중순에, 자성배우체의 외형적 성장(길이, 폭)은 6월 중순에 완료되었으나 다량의 수분이 함유되어 있었고, 내종피가 갈변된 8월 중순에 성숙되었다. 배의 외형적 성장(길이)은 그 길이가 최대에 달하는 9월 초순에 성장이 완료되었으며, 자엽의 길이 발달은 배가 최대 길이 성장을 보인 9월 초순에 최대에 도달

하였다. 따라서 잣 재배농가와 같이 상업적인 목적으로 잣을 수확하는 경우에는 8월 중순~8월 하순까지 짧은 기간에 구과를 채취하는 것이 바람직할 것이고, 번식을 위해서는 배의 길이 성장이 더 일어난 후 9월 초순경에 채취하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

5. 단간에 의한 종자 성분의 변화 조사

(1) 간벌목과 무간벌목의 일반성분(수분, 회분, 조지방 및 조단백질)은 두 처리간 유의성이 인정되지 않아 간벌이 종자의 성분에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 채종목과 수형조절목(1m 단간목, 2m 단간목)의 일반성분 역시 두 처리간 유의성이 인정되지 않아 수형조절 또한 종자의 성분에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

(2) 간벌목과 무간벌목의 지방산 분석은 함유량의 대부분(94% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았고, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 간벌은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 채종목과 수형조절목의 지방산 역시 함유량의 대부분(93% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았으며, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 수형조절은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

(3) 연도별 분석에서도 연도간에 유의성도 인정되지 않았다.

6. 관상수로 활용하기 위한 수형 개발

잣나무림 또는 활엽수림 내의 천연치수를 활용하는 방안으로, 치수는 임내에서 성장이 느리고 생지가 흠에 밀착하여 마치 관목처럼 자라며 구형 또는 원

추형의 모양을 보인다. 앞에 제시된 변칙주간형, 배형 및 개심자연형과 정원의 향나무에서 보여지는 다양한 형태, 즉 球形 또는 卵形 등과 결합하여 관상수화하는 수형이 제시되었다. 여기에는 왜성화와 전정을 위한 방법이 함께 강구되어야 할 것이다.

7. 왜성화를 위한 섬잣나무의 접목 시험

2002년 시험에서는 활착율이 접목 실시 3개월 후 정단지 접목이 30.0%, 측지 접목이 21.7%로 나타났으나, 6개월 뒤에는 모두 고사하였다. 2003년 동일한 실험을 반복하였으나, 춘기의 건조로 인해 약 10% 정도의 활착율을 2개월 뒤까지 보였으나, 3개월 후 모두 고사하고 말았다. 중간 접목은 결과를 기대하기 어려울 것으로 판단되며, 이에 대한 연구가 더욱 요구된다.

8. 왜성화를 위한 오옥신 시용 시험

2001년 10월부터 4개월마다 3~5년생 묘목의 정단지를 제거하고 그 단면에 IAA, NAA 및 GA₃를 500~5,000 ppm의 범위에서 시용하였으나, 수지 때문에 흡수가 되지 않아 시험의 결과가 얻어지지 못하였다. 이에 대한 연구가 더욱 요구된다.

9. 조기결실 유도를 위한 대묘 할접 시험

2002년 5월에 실시한 접목의 동년 10월 성적 조사 결과는 88.57%로 높게 나타났다. 여기에서 얻어진 접목묘 124본은 2003년 4월에 강원대학교 산림과학대학 연습림에 이식되어 78.9%의 활착율을 보였다. 따라서 대묘의 접목은 권장되어야 할 것이다.

10. 조기결실 유도를 위한 고접 시험

기존 잣나무림을 다산성 계통으로 바꾸기 위한 자료를 얻고자 1m~2m 높이

의 1영급 잣나무를 대상으로 측지의 정단을 절단한 후 고지접목을 하고, 아랫쪽에 가지를 2~3개 남기고 잘라 주었다. 취급법은 대묘 할접 시험과 동일하게 실시하였으나, 춘기 건조, 고접의 방법 오류 또는 고접 자체의 곤란성 등, 그 이유는 분명하지 않으나 접목 후 1개월간 녹색을 띠고 있던 접수 모두 고사하여 붉은 색으로 변하고 말았다. 고접을 극복하기 위해서는 앞으로 더욱 연구가 있어야 할 것이다.

<활용에 대한 종합적 건의>

1) 잣나무의 단간목은 비단간목에 비해 많은 종자를 생산하였고, 성분의 차이를 보이지 않았으며, 수고가 낮아져 구과 채취에도 용이하였다. 현재 사후관리가 이루어지지 않은 잣나무 인공림 중 20년생 이하의 유령림에 단간과 함께 가지의 배치를 적절히 조절하는 수형조절 작업이 가능 할 것으로 사료되어, 홍보를 통해 수형조절림을 희망자에게 공개하고 수형조절 기술을 보급하여 현장에 적용하도록 한다. 그러나, 잣나무는 3-5년 주기의 풍흉결실이 있기 때문에 3-5년이 한 주기임을 감안하여 정부 또는 연구기관 주도하에 앞으로 좀더 연구를 보완하여 보급하는 것이 옳을 것으로 사료된다.

2) 연구진은 농림기술개발센터의 지원에 의한 연구가 2003년으로 끝나지만 앞으로 계속하여 이 연구를 수행하여 더 많은 자료를 축적해 나가고자 한다. 이는 강원도 홍천군의 지원을 받아 2005년까지 연속된 연구를 수행할 수 있게 된 것으로 미루어 보아도 본 연구진의 계획을 알 수 있을 것이다.

3) 잣나무를 경제작물화하기 위한 일환으로 외국의 저수고이며 다산성 계통 오염송과의 교잡육종도 시도할 만하다. 특히 미국 남서부와 멕시코에서 자라는 피넨과인(*Pinus cembroides*, *Pinus maximartinezii* 등) 류는 그 좋은 대상 중의 하나이다.

SUMMARY

I. Subject

Crown shape control of *Pinus koraiensis*

II. Purpose and Importance of the Research

Since *Pinus koraiensis* was chosen as one of the crucial, economic tree species for shifting land cultivation arrangement in 1970's, it has been planted throughout the country. The plantation acreage was 17,000ha per year in 1970's, 9,000ha in 1980's, and 6,000ha in 1990's and about 4070ha was established in the year of 2000. Korean pine plantation has the largest plantation acreage among the silvicultural tree species. But most of the plantation has not been treated silviculturally, and shows poor performance for growth and tree form. Also prediction of pine nuts production is difficult under this state. Therefore, active tending works should be tried first to promote resources value at the present step.

Korean pine nut production was 430~690 tons per year in 1970's, 430~1160 in 1980's, and 440~1580 in 1990's. The difference of production per year is very big, and moreover the price was not stabilized. Annual income of nut producers does not depend on the production amount, but on the scarcity of produce and the import quantity of nut from China. In addition to this unstability of price, cone picking is one of 3D works and very costly. Thus many foresters give up cone harvesting.

Based on these reasons crown shape control of *Pinus koraiensis* is very desirable as it lowers the height of trees. Thus low trees are easily accessible for cone picking and production quantity can be increased. Finally the income of pine nut producers should be increased. Researches

are found about crown control for several tree species inside and outside our country, but there is no research about Korean white pine so far. Korea Forest Research Institute suggested crown shape control method about *Larix leptolepis* for seed orchard management in 1989 and practiced stem-cut in Korean white pine seed orchard to improve nut production and cone-picking in 1996. But the research on systematic crown control methods is not tried yet. Crown shape control was practiced in the seed orchards of slash pine, larches, and loblolly pine and seed production was increased or decreased depending on species, but helped cone picking and general management. Therefore crown control is expected to increase nut production and the income of forest owners in addition. These will lead people to realize the value of forest plantation and to invest in forest. If short-term return plants are planted under the crown-controlled pine trees, more income is expected. Eventually many people will try to live in country by making a living from the forest.

The followings are main objectives of this research.

- Crown-controlled stands in age class I, II and III
- Investigation of growth and nut production of stem-cut and un-stem-cut trees in the seed orchard
- Component analysis of the seeds from stem-cut and un-stem-cut trees
- Tree form development for garden plants
- Dwarf tree induction by grafting and growth regulators
- Early fruiting by grafting

III. Content of Scope of the Research

1. Development of effective crown shape control method for timber and nut production

1) Theoretical research for crown shape control

Crown shape is suggested after some characters of the trees in age class I, II and III plantation are investigated and compared with those of stem-cut and un-stem-cut trees in the seed orchard.

2) Investigation of growth and growth pattern of crown top shoots

Information of growth of top shoot after crown shape control works is obtained through investigating growth and several patterns of crown top shoots in each age class.

3) Establishment of crown-controlled stands

Three crown types suggested by the study mentioned in the 1), i. e., modified leader type, vase form and open-center-natural form, are applied in age class I, III and III stands together with thinning.

4) Investigation of nut production quantity of stem-cut and un-stem-cut trees

The information of nut production after crown shape control is obtained by the Investigation of nut production quantity of stem-cut and un-stem-cut trees in the seed orchard

5) Component analysis of the seed after stem-cut

Component of the seeds produced from the stem-cut and un-stem-cut trees is analysed.

2. Tree form development for garden plants

Research is done for the development of tree form for garden plant.

3. Apical dominance control research

1) Grafting of one-year-old *Pinus parviflora* shoots on the 3- to 5-year-old seedling.

2) Application of IAA, NAA and GA3 to the 3- to 5-year-old seedling in the range of 500 to 5,000 ppm.

4. Early fruiting induction

1) Grafting of shoots of high-yielding family on the 3- to 5-year-old seedling.

2) Grafting of shoots of high-yielding family on the lower branches of the 7- to 10-year-old trees.

IV. Results and Suggestion

1. Results

1. Theoretical research for crown shape control

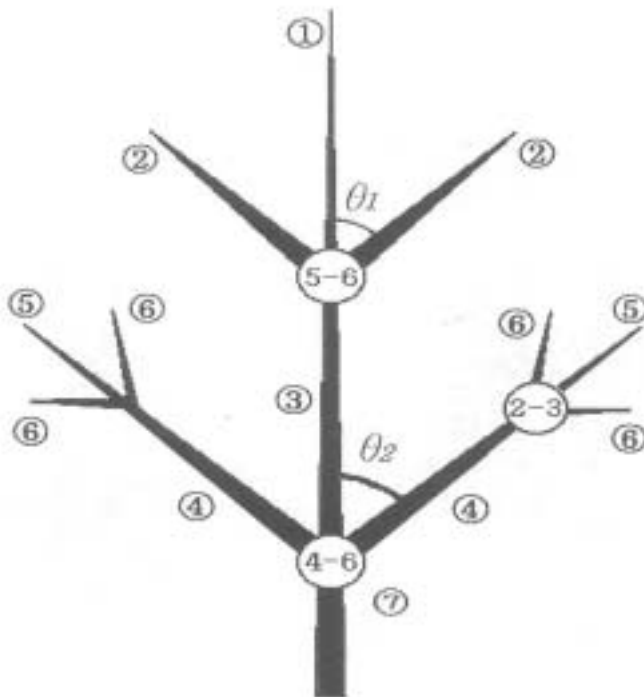
Depending on site condition, growth status and branching pattern the following crown shapes are suggested to grow the trees of age class I to

III.

- (1) Modified leader type for nut production for age class I and II
- (2) Vase form for nut production for age class I and II
- (3) Open-center-natural form for nut production for age class I and II
- (4) Modified leader type with long main stem for nut production and timber for age class II and III
- (5) Central leader type with long main stem for timber production for age class III.

2. Investigation of growth and growth pattern of crown top shoots

All the characteristics investigated in top shoots are shown graphically as follows



- ① terminal main shoot with a length of 20.0~43.5cm and a diameter of 13.3~20.2mm.
 - ② terminal lateral shoots with a length of 11.7~29.2cm and a diameter of 7.1~10.1mm.
 - ③ subterminal main shoot with a length of 20.3~40.2cm and a diameter of 18.1~27.8mm.
 - ④ subterminal lateral shoots with a length of 13.6~26.4cm and a diameter of 8.2~12.1mm.
 - ⑤ main shoots of subterminal lateral shoots with a length of 12.1~30.6cm and a diameter of 6.5~8.2mm.
 - ⑥ lateral shoots of subterminal lateral shoots with a length of 3.9~10.6cm and a diameter of 3.0~4.6mm.
 - ⑦ sub-subterminal main shoots with a diameter of 25.2~36.2mm.
- θ_1 : branching angle of terminal lateral shoots, ranged from 51~68°.
- θ_2 : branching angle of subterminal lateral shoots, ranged from 58~68°.

3. Establishment of crown-controlled stands

(1) Age class 1

Seven plots, i. e., Unthinned for timber production, unthinned for nut production, modified central leader type for nut production, vase form for nut production, open-center-natural form for nut production, thinned for nut production, and thinned plot for timber production were established in Cheoljeong-Ri, Doochon-Myoun, Honcheon-Gun. Each plot is 0.4ha to 0.5ha. Unthinned plots have 2300 trees/ha; average height is 5.3m; and diameter at breast height (DBH) is 7.2cm. About 70% of the trees were removed for thinning and 700 trees/ha remained; average height was 4.5m; and DBH was 7.7cm.

2) Age class II

Seven plots, i. e., Unthinned for timber production, unthinned for nut production, modified central leader type for nut production, vase form for nut production, open-center-natural form for nut production, thinned for nut production, and thinned plot for timber production were established in Cheoljeong-Ri, Doochon-Myoun, Honcheon-Gun. Each plot is 0.5ha. Unthinned plots have 500 trees/ha; average height is 8.4m; and diameter at breast height (DBH) is 15.0cm. About 20% of the trees were removed for thinning and 400 trees/ha remained; average height was 8.5m; and DBH was 16.5cm.

3) Age class III

Five plots, i. e., Unthinned for timber production, unthinned for nut production, modified central leader type for nut and timber production, thinned for nut production, and thinned plot for timber production were established in School Forest, Kangwon National University in Chooncheon. Each plot is 0.3ha to 0.4ha. Thinning ratio was 48.1%.

4. Investigation of nut production quantity of stem-cut and un-stem-cut trees

To improve nut production and cone-collecting method, the effect of thinning and stem-cut were investigated on production and characteristics of cones and seeds of age class III (24-year-old) and grafted seed orchard established in 1982. Leader shoots of grafted trees were cut at the height of 1m or 2m above the ground in the year of 1996. And thinning was performed for age class III in the fall of 1999. The results were as follows ;

(1) Cone (fresh weight, length, width and seed number) and seed (length and width) traits were significantly different among all traits for the effect of thinning, but among other traits excluding cone length and number of seed per cone for the effect of stem cut.

(2) Although stem-cut trees produced larger quantity of cones than uncut trees, thinning out cones may be required to improve quality of cone and seed for stem-cut trees.

(3) A highly positive correlation was observed among cone and seed traits.

(4) Total seed number per tree (No. of cones per tree × seed number per cone) varied from 2185.8ea in unthinned trees to 6051.9ea in 2m top-pruned trees, which indicates that stem cut can improve cone productivity of a tree.

5. Component analysis of the seed after stem-cut

In order to investigate the influence of increased seed production on the component of seeds, seeds produced from trees in the thinned stand and the stem-cut trees in the seed orchard were analyzed. The results obtained were as follows:

(1) General component analysis of seed

There is no significant influence of thinning on the seed component in moisture content (thinned- 4.10%, unthinned- 3.74%), ash (thinned- 2.95%, unthinned- 2.94%), crude lipid (thinned- 67.62%, unthinned- 71.94%), and crude protein (thinned- 17.27%, unthinned- 17.50%). There is no significant influence of stem-pruning on the seed component in moisture content (unpruned- 4.26%, 1m stem-pruned- 4.10%, and 2m stem-pruned- 3.99%), ash (unpruned- 2.08%, 1m stem-pruned- 2.09%, and 2m stem-pruned-

2.15%) crude lipid(unpruned- 68.59%, 1m stem-pruned- 69.52%, and 2m stem-pruned- 72.53%), and crude protein (unpruned- 18.13%, 1m stem-pruned- 17.96%, and 2m stem-pruned- 17.56%).

(2) Fatty acid analysis

Seeds of tree from thinned and unthinned stands contained two essential fatty acids, i.e., linoleic acid(18:2) (thinned- 54.92%, unthinned- 55.40%) and linolenic acid(18:3) (thinned- 0.19%, and unthinned- 0.23%). Over 94% of fatty acids consisted of linoleic acid(18:2)(55%), oleic acid(18:1)(32%), and palmitic acid(16:0)(7%). T-test showed difference of content at 1% significance level for palmitoleic acid(16:1), stearic acid(18:0) and 8,11,14-eicosatrienoic acid(20:3) and at 5% for linolenic acid(18:3), but no significant difference for three major fatty acids mentioned above, between two types of trees. Thus thinning may give no influence in fatty acid content. Seeds of three types of trees contained two essential fatty acids, i.e., linoleic acid(18:2)(unpruned- 55.25%, 1m stem-pruned- 54.74%, and 2m stem-pruned- 55.00%), and linolenic acid(18:3)(0.21% for three kinds of trees). Linoleic acid(18:2)(55%), oleic acid(18:1)(32%), and palmitic acid(16:0)(6%) consisted of more than 93% of all fatty acid content. At 5% significance level in F-test, difference was observed in the content of palmitoleic acid(16:1) and 8,11,14-eicosatrienoic acid(20:3), but not in three major types of fatty acids above mentioned. It is observed that stem-pruning gave no significant influence in fatty acid content in general.

(3) There is no significance difference in all the fatty acids mentioned above between two years.

6. Tree form development for garden plants

Under the old Korean white pine stand and broad-leaved stand near it, many small seedlings and young Korean pine saplings grow slowly as shrub with ball, egg or cone shape. Crown shapes suggested previously may be applied to these trees with the combination of ball or egg shape for garden trees. For this more research is necessary including branch pruning and needle-picking.

7. Grafting of *Pinus parviflora* on the top of seedling

One-year-old shoots of *Pinus parviflora* were grafted to 3- to 5-year old Korean pine seedlings. In the year 2002, success ratio was 30.3% for main shoot grafting, and 21.7% for lateral shoot grafting. However within 6 months all the grafts were dead possibly due to grafting incompatibility between two species. In 2003, the same experiment were tried but all the grafts were dead within 3 months after grafting.

The results of two years show incompatibility of two species and more research is needed.

8. Application of plant growth regulators

To continue apical dominance without top main shoot, IAA, NAA and GA₃ were applied to cut surface of main stem of to 3- to 5-year old Korean pine seedlings every 4 months from October, 2001 to June, 2003 in the range of 500~5000ppm. However, no success was obtained because the growth regulator was not observed by the tree due to resin. More research is needed.

9. Grafting of shoots of old high-yielding trees on the seedling to induce early fruiting

Grafts by cleft grafting method showed 88.57% of success 10 months after grafting in 2002, and grafts were planted in April, 2003 in School Forest, Kangwon National University. This kind of grafting is highly recommendable.

10. High grafting of 7 to 10-year-old trees to induce early fruiting

To check the possibility of replacing the present trees by high-yielding race, one-year-old shoots of such race were grafted to the lateral shoots of 1m to 2m trees of age class I. The same method for seedlings by the same people was tried, but there was no success. The reasons are not clear, but the high competition for water and nutrition with other branches may give influence on the graft survival.

2. Suggestion

1) Stem-cut trees produced more seeds than un-stem-cut trees and there is no difference in seed components by stem-cut. In addition, such trees give much convenience for cone-picking and management. To improve cone productivity of plantation below age class II, crown shape control can be applied. Stands controlled by researchers are open to the public and if necessary all the researchers help someone do crown shape control. However, several small researches are required before the large scale practice as there is much fluctuation in cone production

2) This research is finished by 2003, but the team will continue the research up to 2010. The cooperative work between Hongcheon-Gun and this team is scheduled up to 2003.

3) Hybridization of Korean white pine with other dwarf five-needle pine

is recommended. Such species includes *Pinus cembroides*, *Pinus maximartinezii* and etc.

CONTENTS

SUBMISSION	1
SUMMARY (in KOREAN)	2
SUMMARY	13
CONTENTS	25
CONTENTS (in KOREAN)	28
TABLE LIST	31
FIGURE LIST	33

Chapter 1 General Description of the Research

1 Purpose and importance of the research	34
2 Content and scope of the research	28

Chapter 2 Research Status

40

Chapter 3 Content and Results

1 Content of the research	
1. Theoretical research for crown shape control	43
2. Investigation of growth and growth pattern of crown top shoots	46

3. Establishment of crown-controlled stand	49
4. Investigation of nut production quantity of stem-cut and un-stem-cut trees	50
5. Component analysis of the seed after stem-cut	51
6. Tree for mdevelopment for garden plants	55
7. Grafting of <i>Pinus parviflora</i> shoots on the top of seedling	55
8. Application of plant growth regulators	56
9. Grafting of old high-yielding trees on the seedling to induce early fruiting	56
10. High grafting of 7 to 10-year-old trees to induce early fruiting ...	56

2 Results

1. Theoretical research for crown shape control	57
2. Investigation of growth and growth pattern of crown top shoots ...	70
3. Establishment of crown-controlled stand	79
4. Investigation of nut production quantity of stem-cut and un-stem-cut trees	88
5. Component analysis of the seed after stem-cut	98
6. Tree for mdevelopment for garden plants	108
7. Grafting of <i>Pinus parviflora</i> shoots on the top of seedling	109
8. Application of plant growth regulators	110
9. Grafting of old high-yielding trees on the seedling to induce early fruiting	110
10. High grafting of 7 to 10-year-old trees to induce early fruiting ...	111

Chapter 4 Fulfillment and Contribution of the research

1 Fulfillment113

2 Contribution to this research area114

Chapter 5 Practical Application Plan

1 Application plan116

2 Continuance of the research116

Chapter 6 Information obtained from other country
.....117

Chapter 7 Literature Cited

1 Domestic literature120

2 Foreign literature123

목 차

제 출 문	1
요 약 문	2
SUMMARY	13
CONTENTS	25
목 차	28
표 목 차	31
그 림 목 차	33

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적	34
----------------------	----

제 2 절 연구개발의 필요성 및 범위	38
----------------------------	----

제 2 장 국내외 기술개발 현황

40

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발수행 내용

1. 수형조절을 위한 이론 수립 연구	43
2. 잣나무 정단부의 성장 및 성장 양태연구	46
3. 수형조절립 조성	49
4. 단간목과 비단간목의 결실량 조사	50
5. 단간에 의한 종자 성분의 변화 조사	51

6. 관상수로 활용하기 위한 수형 개발	55
7. 왜성화를 위한 섬잣나무의 접목 시험	55
8. 왜성화를 위한 오옥신 시용 시험	56
9. 조기결실 유도를 위한 대묘 할접 시험	56
10. 조기결실 유도를 위한 고접 시험	56

제 2 절 연구개발수행 결과

1. 수형조절을 위한 이론 수립 연구	57
2. 잣나무 정단부의 성장 및 성장 양태연구	70
3. 수형조절립 조성	79
4. 단간목과 비단간목의 결실량 조사	88
5. 단간에 의한 종자 성분의 변화 조사	98
6. 관상수로 활용하기 위한 수형 개발	108
7. 왜성화를 위한 섬잣나무 접목시험	109
8. 왜성화를 위한 오옥신 시용 시험	110
9. 조기결실 유도를 위한 대묘 할접 시험	110
10. 조기결실 유도를 위한 고접 시험	111

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도	113
-------------	-----

제 2 절 관련분야에의 기여도	114
------------------	-----

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 활용계획	116
------------	-----

제 2 절 계속 연구 수행 계획	116
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학 기술정보	117
제 7 장 참고문헌	
제 1절 국내 문헌	120
제 2절 외국 문헌	123

표 목 차

Table 1. Outline of surveyed forest stands.	46
Table 2. Stem-cut tree characters surveyed from the Deokduwon clonal seed orchard.	49
Table 3. Instrument and operation conditions for fatty acids analysis by gas liquid chromatography.	54
Table 4. Several tree characters surveyed from the Deokduwon clonal seed orchard	58
Table 5. Characters of top shoots surveyed from the Deokduwon seed orchard.	59
Table 6. Several tree characters surveyed from the plantations under age class III.	60
Table 7. Guidelines of crown shape control for nut and/or timber production from the Korean white pine plantation trees under age class III.	67
Table 8. Analysis of length characteristics of crown top shoots in each age class(unit : cm).	71
Table 9. Analysis of diameter characteristics of crown top shoots in each age class(unit : mm).	72
Table 10. Branching angle of shoots in each class(unit : degree).	73
Table 11. Number of lateral shoots of crown top shoots in each age class (unit : ea)	73
Table 12. Length of terminal main shoots, terminal lateral shoots and main shoots and lateral shoots of subterminal lateral shoots(unit : cm).	74
Table 13. Length of subterminal main shoots and lateral shoots(unit : cm).	75
Table 14. Survey of plot before and after thinning. plot size- 10mx10m.	80
Table 15. Investigation of age class I stand.	81
Table 16. Survey of plot before and after thinning. plot size- 10mx10m.	83
Table 17. Investigation of age class II stand.	83

Table 18. Information of central leader type trees in age class III.....	86
Table 19. Outline of age class III stand.	87
Table 20. Tree number and acreage of age class III stand.	87
Table 21. The number of cones per tree.	89
Table 22. Cone fresh weight, length and width and seed number and seed weight of a cone.....	90
Table 23. Analysis of Duncan's test for cone characteristics.	91
Table 24. Characteristics of seed length, width and weight.	92
Table 25. Total seed production per tree.....	93
Table 26. The number of cones per tree.	95
Table 27. Cone fresh weight, length and width and seed number and seed weight of a cone.....	96
Table 28. Characteristics of seed length, width and weight.	97
Table 29. Total seed numbers per tree.	97
Table 30. General component analysis of seeds produced from the thinned and unthinned stand (unit : %).	98
Table 31. General component analysis of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit : %).	100
Table 32. Fatty acid composition of seeds produced from the thinned and unthinned stand (unit : %).	101
Table 33. Fatty acid composition of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit : %).	104
Table 34. General component analysis of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit: %).	107
Table 35. Fatty acid component of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit: %).	107
Table 36. Survival rate according to grafting.	109
Table 37. Grafting ratio by clones.	111

그 림 목 차

Fig. 1. Location of surveyed stands in KNU School Forests.	47
Fig. 2. Crown top portion showing shoots and branching angles.	48
Fig. 3. Selected plus tree clones at the Deokduwon clonal seed orchard.	51
Fig. 4. Several crown forms for fruit trees following Kim et al (1993). 61	
Fig. 5. Recommendable crown shapes.....	69
Fig. 6. Diagram of crown top shoots in each age and crown-controlled tree. The number in a circle indicates the number of lateral shoots. 76	
Fig. 7. Growth characteristics of <i>Pinus koraiensis</i> trees in age class I ~ VII.	78
Fig. 8. Location of age class I plot arrangement.....	79
Fig. 9. Central leader type tree in age class I.	81
Fig. 10. Location of age class II plot arrangement.	82
Fig. 11. Structural frame for the investigation of tree performance after crown shape control in age class II.....	84
Fig. 12. Location of age class III stand in KNU School Forest.	85
Fig. 13. Central leader type tree in age class III for timber and nut production.....	88
Fig. 14. Example of suggested form for garden plant.	108
Fig. 15. Systematic diagram for commercial garden plants.	109
A: Ball-type. B: Egg type.	
Fig. 14. Grafted seedlings.	111

제 1 장 연구개발과제의 개요(서론)

제 1 절 연구개발의 목적

1970년대의 화전 정리 사업 및 그후의 급속한 산업화로 인하여 農山村의 청장년 중심의 가용 노동인력은 물론 많은 주민이 도시로 이주함으로써 농촌 특히 산촌의 空洞化가 일어났다. 이로 인한 노동력의 부족은 자급 자족을 위한 농사에도 부족할 형편으로, 대체로 계절적 노동을 이용하는 임목 벌채와 무육 작업마저도 곤란한 정도가 되어 숲가꾸기에 의한 산림의 자원화는 한때 요원한 것으로 여겨졌었다. 따라서 산림청은 산림 작업단을 조성하여 무육 노동력을 확보하면서 작업의 효율성을 위해 기계화를 적극 추진하여 왔으나, 임금의 급격한 상승과 소위 3D 노동의 기피 현상으로 山主는 숲가꾸기를 거의 포기하는 상태에 이르게 되었다. 또한 극단의 환경론자들의 주장에 의한 산림 무간섭주의의 팽대와 우리 나라 임업의 문제점의 하나인 다수 영세 산주의 산림에 대한 무관심 등은 임업이 산업 구조상에는 있으나 실제로는 거의 존재하지 않는 것으로 이해될 지경에까지 이르게 하고 말았다.

잣나무는 1970년대의 화전 정리 사업 때부터 우리 나라의 주요 조림 수종으로 선정되어 전국적으로 확대 조림되어 왔다. 조림된 면적은 1970년대에 매년 17,000~55,000헥타, 1980년대에 매년 9,000~16,000헥타, 1990년대에는 매년 6,000~14,000헥타이며 1997년에는 약 5,800헥타가 조림되어 단일 수종으로는 우리 나라에서 가장 넓은 인공림을 갖고 있다. 1970년 이후 조림된 잣나무림을 영급별로 구분한다면, I영급(1~10년)은 87,000헥타, II영급(11~20년)은 170,000헥타, 그리고 III영급((21~30년)은 300,000헥타로 추정된다. 그러나, 대부분은 조림 후 사후 관리가 거의 없는 상태이므로 실제로는 조림면적보다 적을 것으로 판단된다. 임내로 들어서면 고사된 가지가 서로 엉키어 사람이 지나가기 어려운 상태로서 생장은 극도로 저하되었고, 수간에 남게되는 용이로 목재의 가치 또한 떨어지게 될 것이다. 잣은 고품질의 기호 식품으로 선호되어 대규모로 조림되었으나 이러한 관리 상태 하에서는 잣 생산을 기대하기 어렵다. 따라서 현 단계에서라도 자원화를 촉진하기 위한 적극적 무육 사업이 시도되어야 할 것이다.

잣의 생산량은 1970년대 후반에는 연간 430~690톤, 1980년대에는 연간 430~1,160톤이었고, 1990년대에는 연간 440~1,580톤으로 생산량의 변동의 폭이 매우 크다. 잣 생산 林家의 수익은 잣 생산량에 비례하여 늘어나거나 줄어드는 것이 아니라 豊凶에 따른 희소성의 원칙이나 중국산 잣의 수입량에 따라 주로

결정됨으로써 생산이 균일하고 안정된 수입원으로 이용되기에는 많은 어려움이 있는 실정이다. 잣나무림 소유 임가의 소득은 435톤이 생산된 1992년에는 킬로그램 당 5,770원이었으며, 최대 생산년인 1994년에 2,750원이었다. 물가와 임금의 상승을 생각하면 이러한 가격의 급격한 등락은 임가에 커다란 부담일 수밖에 없고, 마침내는 잣 수확을 포기하기에까지 이르게 된다.

또한, 구과 채취를 위해 반드시 나무를 올라가야 하는 위험성 때문에 등목 기술이 있어도 구과 채취 작업을 회피하고 있는 실정이며, 더욱 더 높은 임금을 요구하게 된다. 구과 채취의 기계화를 위한 연구가 진행되고 있으나 아직 초기 단계에 머무르고 있다. 임목육종연구소(현 임원연구원 산림유전자원부, 1989)는 낙엽송 채종원의 수형 조절법을 제시하였고, 1996년 잣나무 채종원에서 결실을 촉진하고 특히 종자 채취를 용이하게 하기 위해 斷幹에 의한 수형 조절을 실시하였으나 체계적 수형 조절법은 알려져 있지 않다. 수형 조절은 슬래쉬소나무, 캐나다갈나무, 테다소나무와 몬티콜라잣나무 등의 채종원에 실시되었는데 수종에 따라 종자 생산이 증가되거나 감소하였지만, 구과 수집과 임목 관리에는 모두 도움이 된다고 하였다.

따라서 채종원에서 시도되는 여러 수종의 수형 조절 방법을 잣나무 인공림 I영급~III영급 임분에 적절히 적용하면, 잣나무림의 잣 생산을 증진시키고 채취를 용이하게 하여 지속적이고 균일한 수익을 도모하게 할 수 있을 것이다. 1997년 11월에 일어난 국제구제금융 위기는 ‘생명의 숲 가꾸기 운동’을 탄생시켜 이에 의한 산림내 임목의 자원화는 가속화될 것이며, 특히 방치되고 있는 잣나무 유령림에 이 운동을 활용하면 목재와 잣 생산을 함께 도모하는 수형 조절림으로 용이하게 전환할 수 있을 것이다. 산주가 기피하던 숲의 무욕은 물론 수형 조절이 가능한 지역은 이를 실시함으로써 구과 채취가 용이하게 되어 산주의 주기적 소득을 보장하는 기회를 제공할 수 있을 것이다. 또한 수형 조절 작업으로 일정한 樹高의 一齊林이 유도됨으로 수확 작업의 효율도 높아져 구과채취기의 개발이나 수확법 개선을 병행함으로써 수확의 합리화도 도모할 수 있을 것으로 예측된다.

실업자 고용 대책으로 실시되는 숲 가꾸기는 대표적 성공 사업의 하나로 손꼽히고 있다. 도시에서 살던 많은 사람들의 歸農事業에 대한 관심이 고조되고 있으며, 실제로 여러 민간 단체와 협조하여 관계 당국은 희망자에게 사업과 농업 기술 교육을 실시하는 것은 물론 보조 금융 제도까지 갖추고 있으며 앞으로 이를 더욱 확대하려는 노력을 하고 있다. 사회적으로 보면 농산촌을 새로이 구성할 수 있는 좋은 기반이 조성되어 가고 있다고도 볼 수 있는 상황이다. 금번의 숲 가꾸기 사업은 장기적으로는 목재 성장을 도모할 수 있을 뿐 아니라 산지를 多目的으로 경영하는 산림에 대한 대국민 홍보와 함께 단기적인 산림 소득 자원을 찾아 재배법과 이용법을 연구·개발한다면 農家와 林家의 부가

소득을 올리면서 나아가 산촌을 형성하는 동기를 제공할 수도 있을 것이다. 이는 주민의 소득 증대와 아울러 산촌에 定住하려는 일반인을 현장인 산으로 이끌고 전국의 개발되지 않은 천연 자원을 적극 활용하도록 하는 중요한 산림 정책으로 연결될 수도 있을 것이다.

이러한 배경에서 본 연구의 최종 목표는 다음과 같다.

- 1) 잣과 목재 생산을 위한 효과적 수형조절법 개발
- 2) 잣나무를 관상수로 활용하기 위한 수형 개발
- 3) 왜성화 유도 또는 유지를 위한 정아우성 억제법 개발
- 4) 조기결실 유도법 개발

내용 : ○ 1, 2, 3 영급에 변칙주간형을 적용하되 지하고가 높은 개체는 목재와 잣 생산 함께 도모

- 1, 2 영급에는 배형과 개심자연형을 추가로 적용하여 수형 조절
- 각 영급의 수형 당 2~3 개의 반복을 두어 조절 후 수형의 변화와 결실량을 조사·비교
- 수형조절림, 간벌림 및 미간벌림의 성장 및 잣 결실량 조사·비교
- 수형목 중 단간목과 일반 수형목의 성장 및 결실량 조사·비교
- 관상수화를 위한 수형 개발
- 생장물질 시용 또는 왜성 오염송류 접목에 의한 정아우성 발현 최소화 시험
- 다산성 성숙목에서 채취한 접수의 접목에 의한 조기 결실 유도

아래의 계획서 내용에서 4년차 이후의 연구는 농림기술관리센타에 연구비 지원을 요구하는 내용이 아니나, 연구자는 잣나무의 결실 습성(수분 후 익년에 종자성숙)을 평가하자면 최소 5년의 연구 기간이 필요할 것으로 판단되어 평가자들에게 도움을 주고자 제시하는 것으로 연구 수행 기간은 3년임을 밝혀 둔다.

< 연차별 연구개발목표와 내용 >

구 분	연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위
1차년 2000 ~ 2001	1) 수형조절 2) 왜성화 3) 관상수화 수형 고안 4) 조기결실유도	○ I, II, III 영급 임분의 수형조절 및 성장 조사 ○ 채종원내 단간목과 비단간목의 성장 및 결실 조사 ○ 왜성화 유도를 위한 성장조절물질 시용 및 왜성 오염송류 정아접목 ○ 관상수화 수형 고안 ○ 조기 결실 유도를 위한 접목
2차년 2001 ~ 2002	1) 수형조절 2) 왜성화 3) 관상수화 수형 고안 4) 조기결실유도	○ 각 영급의 수형조절립 조성 ○ 채종원내 수형조절목과 비조절목의 성장 및 결실조사 ○ 조립지의 조절립과 비조절립의 성장 및 결실 조사 ○ 왜성화 유도 및 시험 성적 조사 ○ 관상수화 수형 고안 ○ 접목 성적 조사 및 시험 반복
3차년 2002 ~ 2003	1) 수형조절 2) 왜성화 3) 관상수화 수형 고안 4) 조기결실유도	○ 각 영급의 수형조절립 조성 ○ 채종원내 수형조절목과 비조절목의 성장 및 결실조사 ○ 조립지의 조절립과 비조절립의 성장 및 결실 조사 ○ 왜성화 유도 및 시험성적 비교 ○ 관상수화 수형 고안 ○ 접목 성적 조사 및 시험 반복 ○ 수확시 피해정도(동물, 기타에 의한) 조사
4차년 2003 ~ 2004	1) 수형조절 2) 왜성화 3) 관상수화 수형 조절 실시 4) 조기결실유도	○ 채종원내 수형조절목과 비조절목의 성장 및 결실조사 ○ 조립지의 조절립과 비조절립의 성장 및 결실 조사 ○ 왜성화 유도시험 성적조사 ○ 전정 ○ 접목 성적 조사 및 시험 반복 ○ 수확시 피해정도(동물, 기타에 의한) 조사
5차년 2004 ~ 2005	1) 수형조절 2) 왜성화 3) 관상수화 수형 조절 실시 4) 조기결실유도	○ 채종원내 수형조절목과 비조절목의 성장 및 결실조사 ○ 조립지의 조절립과 비조절립의 성장 및 결실 조사 ○ 왜성화 유도 시험 분석 비교 ○ 전정 조사 ○ 조기결실유도 분석 비교 ○ 각 수형조절법의 수익성 분석 비교 ○ 수확시 피해정도(동물, 기타에 의한) 조사

제 2 절 연구개발의 필요성 및 범위

앞에서 제시된 잣나무의 조림, 잣 생산, 임가의 소득 및 산촌 定住權 등을 고려하여 본 연구에서 찾아내고자 하는 구체적 산물은 다음과 같다.

- 잣 채취가 쉽도록 수고를 낮추면서 잣 결실을 증진하는 효과적 수형 조절 방법
- 잣나무를 관상수로 활용하기 위한 수형
- 왜성화 유도 또는 유지를 위한 정아우성 억제법
- 조기 결실 유도법

이러한 결과가 왜 필요한가를 다음의 여러 측면에서 살펴보기로 한다.

1) 기술적 측면

사과, 배, 감 등 果樹와 유실수인 밤나무 및 장기수인 낙엽송에서는 과실과 종자 채취의 용이성과 증산을 위한 수형조절법이 체계화되어 있다. 그러나, 잣나무는 이들과 가지의 생성 양상이 달라 互生이 아닌 輪生으로 主幹 마디마다 3~7 개의 一次枝가 발달한다. 잣나무는 침엽수에서 나타나는 강한 頂芽優性 때문에 下部枝의 발달이 매우 억제되며 정단 부분이 제거되어도 수평으로 자라던 그 아래 가지들이 2~3년 내에 수직 성장을 하는 정단부를 다시 형성한다. 또한 낙엽송에서 보이는 절단 부위의 맹아지 발생은 없다. 따라서 여러 수종의 수형조절법을 참고한 잣나무에 적합한 새로운 수형조절법이 새로 고안되어야 한다.

관상용으로 식재된 많은 잣나무들은 성장이 왕성히 일어나는 1영급 후반부터는 교목성을 나타내어 정원이나 공원의 다른 나무에 성장 장애를 줄뿐 아니라 수형을 다듬지 않아 좋지 않은 외양을 보이고 있는 것이 대부분의 경우이다. 이러한 잣나무의 수형조절은 필수적이다. 만약 식재 전에 일정한 수형을 갖추고 정아우성 억제에 의해 왜성의 잣나무(마치 섬잣나무 처럼)로 키울 수 있는 기술이 있다면 헐값의 잣나무를 고가로 판매할 수 있을 것이다. 이를 위해서 전정기술의 개발과 왜성화 유도 기술 개발이 매우 필요한 상황이다.

2) 경제·산업적 측면

잣나무림은 조림 후 방치됨으로써 자원적 가치를 상실한 상태로, 이를 자원화하는 적극적 노력이 필요하다. 수형조절을 통해 잣 수확을 쉽게 하고, 교목

인 잣나무를 관목화하여 관상수 등으로 활용하는 기술을 개발함으로써 부존 자원을 효율적으로 이용하도록 하는 국가 경제적 안목이 매우 필요하다.

잣나무는 결실이 12~15년생부터 시작된다. 결실수령을 앞당기는 방법은 접목이 가장 효과적이라 판단되어, 결실량이 높은 가계의 장령목이나 노령목에서 접수를 얻어 접을 하면 7~8년후 대개 결실한다(미발표자료). 이런 방법에 의한 조기결실은 산주나 임가의 소득증대에 크게 기여할 것으로 예측된다.

우리 나라는 목재 자급률이 15%에 그치고 있으나, 산주는 임업에 대한 투자를 기피하고 있는데 큰 이유 중의 하나는 장기적 투자를 할 수 있는 경제 능력이 없기 때문이다. 그러나, 잣구과 채취의 용이성, 관상수 육성, 조기결실 유도 기술 개발 등에 의한 정기적 단기 소득이 이루어지면 투자 회피를 억제하여 재투자를 유도하는 방편으로 활용될 수도 있다. 또한 산업으로서의 국가 기여도가 매우 낮은 임업을 활성화하여야 하는데, 이러한 기술은 그러한 촉매제로서의 기능도 가지고 있다 하겠다.

3) 사회·문화적 측면

화전 정리, 산업화 및 도시화는 산촌을 공동화하였다. 그러나, 스위스, 스웨덴 캐나다 등 외국의 예를 보면 산에도 마을이 있어 그 마을이 속한 지역의 경제적 주체로 활동하는 것을 볼 수 있다. 이러한 마을은 특수한 환경 때문에 휴양·관광으로 많은 수입을 얻지만 독특한 산물을 생산하여 주수입원으로 하는 경우도 많이 발견된다. 따라서 산간 주민의 주소득원이 될 수 있는 특용 식물이 있다면 산에도 촌락이 조성되어 독특한 사회·문화권을 조성할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 면에서 산촌 주민을 위한 수입원의 개발은 필수적이라 하겠다.

국토의 균등한 개발과 효율적 이용은 국가가 해야 할 중대한 사업 중의 하나이다. 도시로의 인구 집중화는 여러 가지의 도시·인구 문제를 유발하기 때문에 인구의 분산은 필수적이다. 21세기 선진국은 문명의 혜택이 거의 기대되지 않는 벽지에도 도시와 똑같은 문화 생활이 가능한 나라이어야 할 것이다. 이를 위한 기본적 방안은 깨끗한 자연과 함께 할 수 있는 자연 산업의 육성이며 바로 '숲의 경제'를 이룩하는 것이다. 잣나무는 소나무와 더불어 우리의 정감과 잘 맞는 수종의 하나로 대규모 조림지가 전국적으로 분포되어 있는 바, 본 수형 조절과 전정 방안은 자연 산업의 육성을 위한 시발점으로 활용하는데 손색이 없을 것으로 생각된다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

현재까지 여러 수종에서 보고된 수형 조절의 내용을 살펴보면 아래와 같다.

Zobel 등 (1958)은 전정을 권장할 충분한 자료는 제시하지 못하였으나, 고압선 아래에 있어서 수고가 낮추어진 나무는 현저히 착과가 증진되었음을 관찰하고 수형 조절에 의해 침엽수 종자 생산을 증대할 수 있을 것이라고 하였다. 그러나, Fowler (1965)는 방크스소나무 솟꽃은 수관 아래 부분에 많으므로 수형 조절에 의해 수고가 낮아지면 암꽃이 피는 위치가 낮아져 자가 수정의 기회가 증대된다고 우려하였다. Melchoir & Heitmueller (1961)는 어린 歐洲 적송 접목묘에서 솟꽃의 개화를 증진하려면 주지와 측지의 1/3 정도를 2월에 제거하는 것이 가장 효과적이라 하였다. Varnell(1969)은 10년생 슬래쉬소나무의 전정 후 암꽃이 달린 가지가 40% 감소하였으나, 가지당 암꽃의 수는 차이가 없었으며, 남은 가지의 굵기와 활력이 비조절목보다 조절목이 크므로 전정 다음해 자화가 달릴 가능성은 없어지나, 그후 수년간 증산이 예측된다고 하였다. 따라서 매년 전정보다는 전정 후 결실을 얻은 해나 다음해에 다시 전정할 것을 권했다. 미송에서는 수형 조절을 받으려면 수고가 4.6~6.1m (6~10년생) 정도는 되어야 하며, 매년 정단 부위에 전정을 실시할 경우 약 40%의 개화 감소가 발생하였다 한다 (Copes, 1973). Matheson & Willcocks (1976)는 8m 부위를 단간한 라디아타소나무의 경우 4년 후 비조절목보다 2배의 많은 구과를 생산하였으며, 단간과 전정은 채종원의 종실 생산 수명을 연장시킬 뿐 아니라 년 평균 구과 생산량을 증가시킬 수 있다고 주장하였으나, 어린 나무는 전정에 대한 개화와 결실 반응이 늦다고 하였다. Gansel (1977)은 11년생 6m 정도의 슬래쉬소나무에 4년간 단간과 전정을 통해 수고 9m 이하를 유지하여 18년생 때 비조절목보다 4.5m가 더 낮은 수고를 유지하였다. 전정 기간과 그 후 전정 없는 기간 총 6년간 구과 생산량을 조사하였는데, 비조절목의 생산 구과수가 약간 더 많았으나 통계적으로는 유의성이 인정되지 않았다. 그는 이러한 생산량의 차이가 조절목의 절단 부위에서 나는 뱀새가 삼주벌레를 유인함으로써 이들에 의한 구과의 피해가 조절목에서 많이 일어났기 때문으로 설명하면서 가계간의 구과 생산량 차이가 매우 심하다고 하였다. Nienstaedt (1981)는 15년생 수고 3~6m 의 *Picea glauca* 접목묘 채종원의 나무를 정단에서 1/2정도 (2~5 마디)까지 제거하여 비조절목보다 24%의 종자 증산을 보았는데, 3~4 마디를 제거하는 것이 가장 적합하였고, 절단 후 여러 개의 가지가 정단 우성을 보였으며 반복적 전정이 필요하다고 하였다. Gerwig (1987)는 테다소나무 접목묘를 접목 다음 해부터 5년간 매년 수형을 조절하여 수형 조절목의 수고

는 4.5m로 비조절목은 6.9m로 가꾸었으며, 6년째는 수고 차를 3m로 높이었다. 테다소나무는 2차와 3차 신초 생장이 있으므로 미송(Copes, 1973)과 달리 전정 이 다음해 성장에 영향을 주지 않았으나, 단간은 결실에 영향을 주므로 겨울 또는 이른봄보다는 금년 채집할 구과 바로 위의 당년 성장지를 한 여름에 자르는 것을 권장하였다. 해마다 나무를 관찰 후 목적하는 수고를 정하고 전정을 실시하는 것이 좋다고 하였다. 이 수형 조절에서 단간으로 해마다 30%~50%의 착과 손실이 있었으나, 이는 수고가 낮아져 구과 채집 가능 기간을 상당히 연장시키므로 조기의 손실을 충분히 보상할 수 있다고 주장하였다. 또한 전정을 중지하고 전정의 효과가 지속되는가 수고의 차이가 계속 유지되는가를 조사할 필요가 있다고 하였다.

수형 조절은, 수고가 낮아짐으로써 관리의 효율성과 구과 채취의 용이성 등은 여러 보고에서 일치하나 착과 증진은 수종, 전정 강도, 전정 시기 및 개체 유전자형에 따라 많은 차이가 있다. 2클론 울타리형 채종원과 실내 화분묘 채종원을 제안하면서, 수형 조절은 착과지의 비율을 증가시키는데 의의가 있으므로 격년으로 실시하는 것이 바람직하고, 앞으로 수형 조절은 적용할 나무의 적절한 크기 및 전정 방법과 강도에 중점을 두어 연구가 수행되어야 한다고 하였다 (Ross and Pharis, 1981).

잣나무의 착과수는 흉고 직경, 수관 체적 및 주간의 분지수와는 정의 상관성이 있었으나, 수고, 樹冠長 및 수관의 形狀比(수관폭/수관장)와는 상관성이 없었다 (전과 노, 1983). 13년생 잣나무 채종원의 종자 증산을 위해 실시한 7년간 시험에서 수형 조절목은 비조절목보다 40% 증산을 보였으며, 수고가 낮아져 높은 작업 효율을 보였다 (An et al, 1992). 여기서 수형은 성장 활동 개시 약 1개월 전에 주간을 절단하고 절단 부위 아래 첫 마디에 3~7개의 가지를 남겨 배형으로 유도되었다. 잣나무 채종원에서 6월말~7월 말에 약 47%의 낙과가 관찰되었는데, 이것은 화분 부족으로 일어난 것으로 인공수분으로 개선이 가능하였으며, 5m×5m나 4m×4m 식재 방법보다는 30년생까지는 밀도 0.8정도가 이루어지는 3m×3m가 적합하다 하였다 (Wang et al., 1992). *Pinus monticola* 채종원의 정단 부위가 부러진 나무는 정상목보다 약 2배의 많은 구과를 생산하였는데 (Coffen and Bordelon, 1981), 이는 Ross and Pharis(1981)에 의하면 착과지의 수가 많아져 일어나는 것으로 설명될 수 있을 것이다. 이 관찰에서 정단이 부러져 생기는 分枝가 아랫쪽에 있을 때보다 윗쪽에 있을 때 구과 생산량이 많아 4.6m 이상에 분지가 일어나면 15~18년생에서는 정상목보다 약 4배의 증산을 보였고 24~29년생에서는 44%의 증산을 보였다. 이는 성숙에 도달한 후는 어릴수록 정단 절단 효과가 높은 것으로 판단된다. 분지는 등목 인부

나 새에 의해 일어난 것으로, 분지에 의해 착과 증진 뿐아니라 화분 생산 또한 증가되었다. 이것은 전과 노(1983)의 결과와도 일치한다. 분지 위치가 위로 올라갈수록 구과수가 증가하는 것으로 보아 전년 성장 주지를 전정하는 것이 바람직한 것으로 보이며, 전정횟수는 수고를 고려하여 결정하는 것을 권하였는데 이러한 사실에 근거하여 그들은 다음해 몬티콜라잣나무 채종원 관리법을 제안하였다 (Hoff and Coffen, 1982). 그 요지는 수고가 3m에 이르면 마지막 마디 위 25cm 부분을 생장기간에 절단하고, 그 부위에서 2~3개의 주간이 분지하도록 유도한 후 매년 정아 우성을 보이는 가지만을 제거하는 것이다. 이와 송(1998)은 잣나무에서 이러한 단간이 측지의 성장을 도모하기 위해 필수적임을 보였고, 일정한 수형과 수관폭에 이르기까지는 정아 우성을 보이는 가지를 지속적으로 제거하여야 한다고 하였다.

대부분의 나자식물은 정아가 옥신 계통의 식물 호르몬을 생산하여 측아의 성장을 억제하기 때문에 정아우세 현상을 나타내는데 정아를 제거하면 측아가 곧 성장을 시작하지만(Kozlowski and Pallardy, 1997) 정아를 제거하고 그 자리에 대신 옥신을 처리하면 측아의 생장이 계속하여 억제되는 것으로 보아 옥신이 정아우세를 가능케 한다고 믿어진다. 그 밖에 정아가 옥신을 생산함으로써 영양분이 주로 정아 쪽으로 이동하도록 유도하여 영양분을 독점하기 때문에 측아의 발달이 둔화된다고 생각할 수 있다. 그러나 이러한 잣나무의 정아우성 억제에 대한 연구는 알려져 있지 않다.

조기결실 유도를 위한 방법으로는 접목, 환상박피, 단근, 전정, 비료처리, 열처리, 생장조절물질 처리 등이 알려져 있으나 조기결실이 촉진되는 기구에 대해서는 아직 확실히 밝혀져 있지 않다. 접목법은 소요되는 인력과 비용 및 관리를 생각할 때 실생묘보다 월등히 단축되어 조기결실을 하는 경우를 제외하고는 고려해야 할 것이다. 접목묘의 개화시기가 실생묘에 비해 상당히 빠르면 접목 때문에 가져오는 시간적인 이점이 접목에 드는 불편과 비용을 보상할 수 있는데, 같은 조건하에서 접목묘와 실생묘의 개화결실을 비교한 것을 보면 테다소나무, 구주소나무, 스트로브잣나무, 레지노사소나무, 슬래쉬소나무 등이 알려져 있다 (Wright, 1976). Ronald(1998)에 의하면 gibberellin A_{4/7}와 paclobutrazol을 black spruce의 수간에 처리하면 개화율이 증가된다고 보고한 바 있다.

현재의 문제점을 요약하면 다음과 같다.

1. 잣 결실의 주기성을 극복하기 어렵다.

2. 체계적 수형 조절법이 수립되어 있지 않다.
3. 잣나무를 관상수화하기 위한 수형 및 전정에 대한 정보가 없다.
4. 잣나무의 정아우성 억제(왜성화)에 대한 연구가 없다.
5. 조기 결실 유도에 대한 정보가 없다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발수행 내용

1. 수행조절을 위한 이론 수립 연구

가. 서언

잣나무 採種園은 임업연구원에 의하여 강원도 춘천시 서면에 69ha가 조성되었고, 충청북도 충주시 상모면에 22ha가 조성되었다. 채종원은 OECD (Organization for Economic Co-operation & Development)에 의하면 “우량한 종자의 지속적 생산과 용이한 채취가 이루어지도록 외부 유전 정보의 이입이 제한되는 고립된 장소에 유전적으로 우수성이 인정된 임목들로 구성되어 관리되는 숲”이다 (Feilberg and Soegaard, 1975). 이들 채종원이 생산하는 잣은 1990년부터 연간 2,000kg 이상에 이르고 있다. 임목육종연구소 (현 임업연구원 산림유전자원부)는 이들 채종원에서 결실을 촉진하고 특히 종자 채취를 용이하게 하기 위해 斷幹을 실시하였다.

임목육종연구소(1989)는 낙엽송의 수형 조절법을 제시하였으나, 잣나무에 대하여는 체계적 수형 조절 방법이 알려져 있지 않다. 수형 조절은 슬래쉬소나무 (*Pinus elliottii*) (Gansel, 1977; Varnell, 1969), *Picea glauca* (M.) Voss (Nienstaedt, 1981), 테다소나무 (Gerwig, 1987), 잣나무 (An et al., 1992)와 몬티콜라 잣나무 (Hoff and Coffen, 1982)에 실시되었는데 수종에 따라 종자 생산이 증가되거나 감소하였지만, 구과 수집과 임목 관리에는 모두 도움이 된다고 하였다. 접목으로 이루어진 구주소나무 (*Pinus sylvestris*) 유목은 전정 후 주로 숫꽃의 증가를 나타낸다고 하였다 (Melchoir & Heitmueller, 1961).

따라서 여러 수종의 채종원에서 시도되는 수형조절방법을 잣나무 인공림 I영급~III영급 임분에 적절히 적용하면, 잣나무림의 잣 생산을 증진시키고 채취를 용이하게 하여 지속적이고 균일한 수익을 도모할 수 있을 것이다. 1997년 11월 21일에 일어난 국제구제금융 위기는 ‘생명의 숲 가꾸기 운동’을 탄생시켜

이에 의한 산림내 임목의 자원화는 가속화될 것이며, 특히 방치되고 있는 잣나무 유령림에 이 운동을 활용하면 목재 생산과 잣 생산을 함께 도모하는 수형 조절림으로 용이하게 전환할 수 있을 것이다. 산주가 기피하던 숲의 무육은 물론 수형 조절이 가능한 지역은 이를 실시함으로써 구과 채취를 용이하게 하여 산주의 주기적 소득을 보장하는 기회를 제공할 수 있게 될 것이다. 또한 수형 조절 작업으로 일정한 모양의 일제림이 유도된다면 기계화 작업의 가능성을 높일 수 있을 것으로 예측된다.

본 연구에서는 강원도 춘천시 서면 덕두원리에 설치된 단간 잣나무를 관찰하고, 강원대학교 산림과학대학 부속 연습림 내 식재 후 3년간 하예작업 후 무육작업이 전혀 실시되지 않은 I영급~III영급의 잣나무 조림지 임목의 성장을 조사하고 일반 과수의 수형 조절과 비교하여 종자 생산 과/또는 목재 생산을 위해 I영급~III영급의 임목을 가꾸는 방법을 제시하고자 한다.

본 연구에서 斷幹(stem-cut)은 단지 主幹을 일정 높이에서 절단하는 것을 의미하며, 樹型調節(crown shape control; crown control)은 단간은 물론 단간하고 남은 주간의 가지의 수, 성장 및 방향 등을 조절하는 것을 의미한다. 剪定(pruning)은 주로 작은 가지의 절단 등에 의해 가지의 수와 나무 모양을 변화시키는 것을 의미한다.

나. 재료 및 방법

강원도 춘천시 서면 덕두원리 소재 잣나무 채종원의 단간된 잣나무와 단간되지 않은 나무 각 20본의 수형과 수관 頂端部의 성장 상태를 조사하였다. 이 채종원은 1982년에 조성된 집목 채종원으로 1996년에 수형 조절을 위해 3~4마디를 남기고 지상 2m~2.5m 수간 상단부가 절단되었고 變則主幹型(김 등, 1993)으로 유도되고 있다. 채종원은 조성시 5mx5m 로 식재되어 일반 조림지보다는 훨씬 낮은 임목 밀도로 조성되었는데 현재도 조림시의 밀도를 그대로 유지하고 있다. 여기에서 조사된 항목은 수고, 흉고 직경, 수관폭 (장폭과 단폭), 마디의 수 및 마디 당 가지의 수이다. 수간 절단면 위로 성장한 마지막 마디에 있는 구과가 달리는 가지의 형상에 대해서는 가지의 길이와 分枝角을 조사 비교하였다.

강원도 춘천시 동산면 봉명리 소재 강원대학교 산림과학대학 부속 연습림에서 잣나무 I영급(9년생), II영급(19년생) 및 III영급(27년생)의 3개의 임분에서 각 40본씩 성장과 수형을 조사하였다. 조사된 항목은 흉고 직경, 수고, 지상에서 첫 번째 마디(대개 枯死)까지의 높이 및 지상에서 첫 번째 살아있는 마디까지의 높이이다. I영급에 대하여는 각 마디의 가지 수, 主幹의 각 마디 길이 및 수관폭을 추가로 조사하였다.

위의 각 조사 항목은 직경 테이프, 낫싹대, 측고기 및 대형 분도기로 실시하였다.

2. 잣나무 정단부의 성장 및 성장 양태 연구

가. 서언

잣나무의 수형조절을 위해서는 잣나무 정단부의 특성에 대한 이해가 먼저 있어야 할 것이다. 잣나무 정단부 지조의 성장 특성을 파악하고자 강원대학교 산림과학대학 부속 연습림에 식재된 1~7영급을 대상으로 하여 몇 가지 특성을 조사하였다.

나. 재료 및 방법

Table 1. Outline of surveyed forest stands.

Age class	Age	Height(m)	D.B.H(cm)	No. of trees/ha	Soil	Slope(°)	Direction
I	9	2.3	2.4	1900	sand loam	19	S30W
II	19	12.2	15.8	2000	clay loam	12	S45W
III	27	16.9	20.4	1400	clay loam	26	N60W
IV	35	13.0	22.9	1300	clay loam	23	S10W
V	46	12.9	20.7	1000	clay loam	23	S60W
VI	52	12.0	19.3	1000	clay loam	23	S60W
VII	68	17.2	30.1	900	clay loam	38	S80W

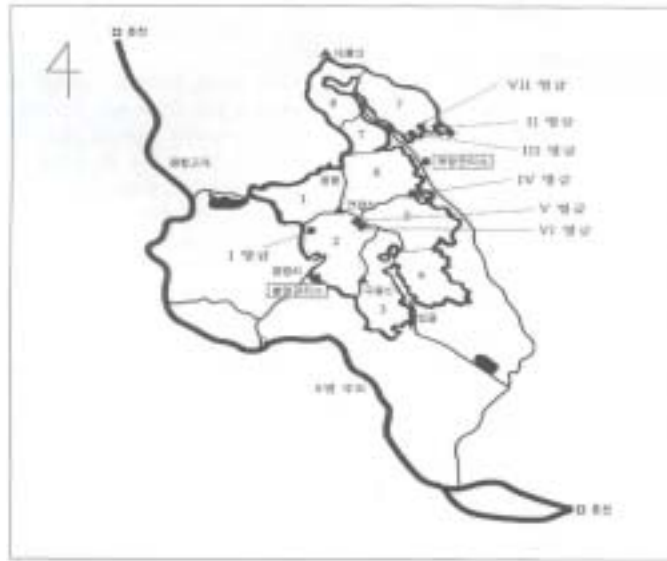


Fig. 1. Location of surveyed stands in KNU School Forests.

강원대학교 산림과학대학 부속연습림에 식재된 I영급 40본(2임반 가소반), II영급 30본(7임반 가소반), III영급 31본(7임반 나소반), IV영급 30본(6임반 타소반), V영급 35본(2임반 바소반), VI영급 32본(2임반 바소반) 및 VII영급 33본(7임반 나소반)으로 두 차례에 걸쳐 조사하였다. 조사된 임분의 개황은 Table 1 과 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

정단부 지조의 명칭은 Fig. 2에서 보는 바와 같다.

나무 끝에서 보아 첫 번째 마디는 당년에 자란 가지로, 주간에 연결되어 자란 것을 당년주지라 하고 당년주지 아래쪽에 주간과 일정한 각도를 이루며 자란 가지를 당년측지라 한다.

당년주지 아래에 전년에 자란 마디가 연결되어 있는데 이를 전년주지라 하고, 전년주지의 아래쪽에는 전년주지와 일정한 각도를 이루며 자란 가지들이 여러 개 있는데 이를 전년측지라 한다. 전년측지의 상단에는 당년에 자란 작은 가지가 여러 개 있는데 전년측지에 직선으로 연결되어 자란 것을 전년측지의 주지, 일정각을 이루며 자란 것을 전년측지의 측지라 한다.

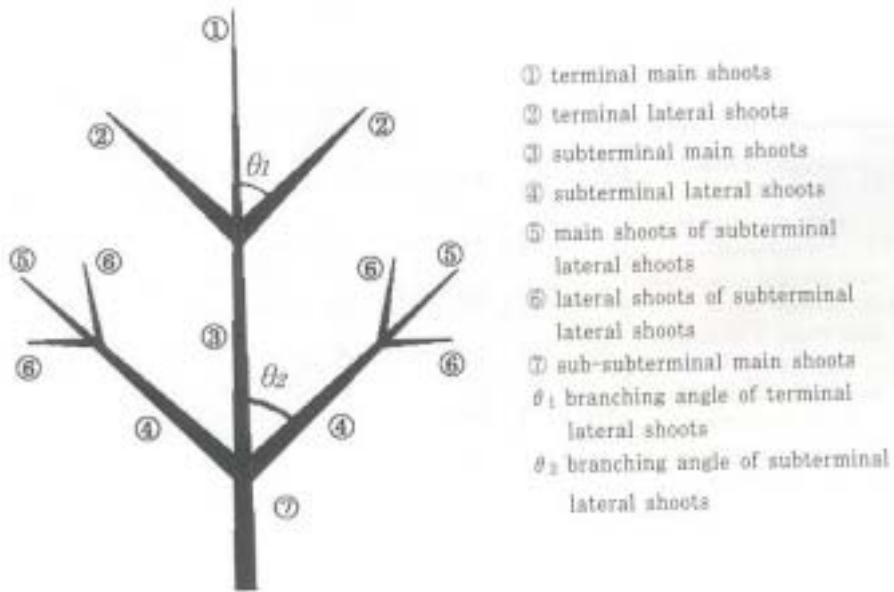


Fig. 2. Crown top portion showing shoots and branching angles.

조사된 항목은 길이, 직경, 분지수 및 분지각이다. 주지의 직경은 주지의 가운데를 측정하였으며, 측지의 길이와 직경은 여러 측지 중 중간적인 것을 골라 조사하였다. 분지각은 측지가 주지와 이루는 각으로 중간적인 것을 골라 측정하였다.

측정은 나무에 올라가 전년 주지를 잘라낸 뒤, 가지가 부러지지 않도록 아래로 내려 현장에서 실시하였다.

각 영급의 성장과 비교를 위해 강원도 춘천시 서면 덕두원리 소재 잣나무 16년생 영양계 채종원의 정단부 특성을 조사하였다. 이들은 1996년에 지상 2~2.5m 부위를 단간하여 수형조절을 받은 나무들로 현재의 수형 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Stem-cut tree characters surveyed from the Deokduwon clonal seed orchard.

Characters	Crown-controlled grafted trees		
	Average	Range	Standard deviation
Height(m)	4.75	3.8~6.2	0.58
D.B.H(cm)	14.4	9.2~18.6	3.03
Crown width(long) (m)	4.79	2.8~6.9	1.02
Crown width(short) (m)	3.96	1.7~6.5	1.16

3. 수형조절림 조성

가. 서언

잣나무의 수형으로 제시된 3가지 형태, 즉 변칙주간형, 배형 및 개심자연형 잣나무림을 I~III영급에 걸쳐 시험림을 조성하였다. 여기에 무간벌림, 무간벌 잣 채취림, 간벌림 및 간벌 잣 채취림의 4가지를 대조구로 설정하여 총 7가지의 시험임분이 조성되었다. 이들은 결국, 잣생산량을 중심으로 성장 및 수형 변화 상태가 함께 조사되기 위한 시험림이다. 앞으로 최단 2년 최장 7년 간에 걸쳐 연구하기 위한 작업장이 마련된 셈이다. ,

나. 방법

각 지역에 작업시작 시에 수령을 확인하고 대상 잣나무림을 7개 임분으로 구획하였다. 간벌은 일반 방법에 의하여 비교적 강도로 실시하였으며, 수형조절은 간벌 후 우선 변칙주간형으로 모두 실시하여 가지의 성장을 유도하도록 하였고, 개심자연형 및 배형은 변칙주간형 실시 후의 성장 상태에 따라 2003년 가을 ~ 2004년 봄에 충실한 가지를 골라 실시할 예정이다.

4. 단간목과 비단간목의 결실량 조사

가. 서언

잣나무의 구과 생산을 증대시키고 구과 채취를 쉽게 하기 위한 일련의 연구의 하나로 채종원에서 지상 1m와 2m 높이에서 단간을 실시한 채종목과 비단간 채종목의 구과와 종자특성을 비교함으로써 앞으로 수형조절이 구과 생산과 종자특성에 미치는 영향에 대해 연구 고찰하였다. 2000년부터 2002년까지 조사하였는데 2000년 자료를 면밀히 제시하고 3개년의 자료를 비교할 수 있도록 항을 달리하여 제시한다.

나. 재료 및 방법

강원도 춘천시 서면 덕두원리 소재 잣나무 채종원의 단간된 채종목과 단간되지 않은 채종목 중 4개의 수형목에서 유래한 것만을 대상으로 2000년 9월 2일부터 9월 5일에 걸쳐 구과를 채취하였고 채취 후 구과의 특성을 조사하였다. 7-10일간을 음지에서 건조한 후 구과에서 얻은 종자의 특성을 조사하였다. 이 채종원은 1982년에 조성된 접목채종원으로 1996년에 수형 조절을 위해 지상 1m와 2m에서 수간 상단부가 절단되어 변칙주간형(김정호 등, 1993)으로 유도되었으나, 단간된 채종목의 수형은 현재 잣나무의 일반적인 성질인 절단된 부위 아래 측지의 主枝化에 따른 頂芽優性 현상으로 잔(歪) 모양의 형태를 나타내고 있다.

단간 방법에 따른 잣나무 구과와 종자특성을 분석하기 위하여 4수형목에서 유래한 무처리 7본, 2m 단간 채종목 9본 및 1m 단간 채종목 12본이 선정되었다(Fig. 3). 또한 잣나무 채종목당 구과 대·중·소 별로 1개씩 취하여 구과와 종자특성을 분석하였기 때문에 구과가 3개 이상 착과된 무처리 4본, 2m 단간 채종목 6본 및 1m 단간 채종목 11본이 최종적으로 선발되었다. 대·중·소는 채취 즉시 외형적 크기별로 일렬 배열한 후 가장 큰 것, 중간 것, 가장 작은 것을 선정하였다. 조사된 항목은 구과(대·중·소) 크기별로 구과 생중량, 길이 및 폭이며 구과당 종자수 및 종자무게이다. 또한 종자 특성에 있어서는 구과 특성을 조사한 구과에 대하여 10개씩 임의로 종자를 선정하여 종자 길이, 폭 및 무게를 조사하였다.

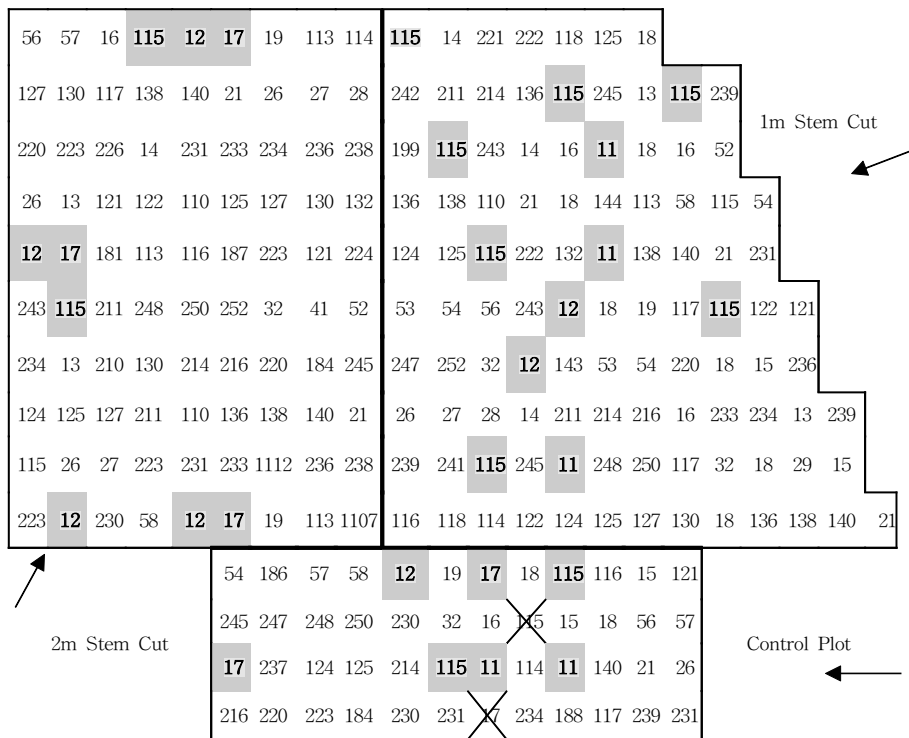


Fig. 3. Selected plus tree clones at the Deokduwon clonal seed orchard.

1) Number : Clone Number.

2) Shadow Number indicates the trees for investigated this study.

3) "X" indicates the removal of the tree.

다. 3개년도 조사

제시된 방법과 유사한 방법으로 2001년, 2002년에도 조사한 자료를 비교하여 제시한다.

5. 단간과 간벌에 의한 종자 성분의 변화 조사

가. 서론

독특한 풍미를 가진 잣에는 지방질, 단백질, 탄수화물과 각종 지방산, 아미노

산, 비타민 및 무기물 등이 함유되어 있어 예로부터 전통식품과 고급 영양음식의 재료로 널리 쓰여져 왔다. 보통 지방 1g이 8.37kcal(농촌진흥청, 1996)의 열량을 내므로 성인은 하루에 지방 30g을 섭취해야 하며, 필수지방산만을 고려한다면 성인은 하루에 Linoleic acid를 5g 섭취하면 충분한데, 한과 황(1990)에 의하면 잣 종자를 하루에 45g만 섭취하면 다른 지방산식품은 섭취하지 않아도 무방하고, 특히 Linoleic acid가 잣 종자에는 45~50% 함유되어 있으므로 하루에 10g 정도만 섭취해도 필수지방산 섭취는 충분한 것으로 보고되고 있다.

최근 식생활의 개선 등으로 잣의 소비는 급증하고 있으나 우리나라의 생산량이 수요를 따르지 못하여 높은 시장가격(칸잣의 경우 2001년 소비자 가격이 1kg당 44,500원으로 전년 가격에 비해 14.1% 상승)을 이루고 있다(산림청, 2001). 이는 잣나무의 구과생산이 풍흉에 따른 결실주기의 영향이 크며, 특히 구과가 정단부에만 착과되는 결실습성 때문에 구과 채취를 위해선 사람이 직접 등목 해야하는 어려움과 이러한 어렵고 위험한 일들의 기피로 인한 구과 채취 비용의 상승(한국 물가정보 발표자료 2001년 현재 특별인부 단가가 1일 52,788원이나 현지에서는 더 높은 가격을 받기도 하는 실정) 및 농산촌민의 이주로 인한 등목 인부들의 노령화까지 겹쳐 구과 채취를 더욱 어렵게 하고 있다. 이 때문에 중국으로부터의 잣 수입을 막지 못하고 있는 실정이다. 이에 대한 대비책으로 구과 채취방법의 개선과 생산량 증대를 위한 잣나무의 수형조절 및 다수확 계통 선발등의 연구가 현재 진행되고 있다(An 등, 1992; 이 등, 1993; 이와 송, 1998; 이 등, 1999; 이 등, 1999; 이 등, 2000; 한 등, 2001).

이 등(2000)은 82년 조성된 잣나무 접목 채종목을 대상으로 수형조절을 실시한 결과 수형조절목이 대조구 보다 2배 이상의 구과 착과 현상을 나타내었으나 다량의 결실로 인하여 구과 및 종자의 형질이 다소 불량해짐을 보고하였다. 이처럼 수형조절에 따른 低樹高 多幹誘導로 인해 결실량은 증가되지만 종자의 성분에 어떠한 변화가 일어날 수 있지 않을까 생각된다.

본 연구에서는 일반조림목(간벌목과 무간벌목), 채종목 및 단간목(1m 단간과 2m 단간)의 종자의 성분분석(일반성분과 지방산)을 실시함으로써 잣나무의 무

육과 수형조절에 의한 성분변화가 있는지 구명하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

1) 실험 시료

간벌목과 무간벌목은 강원도 춘천시 동산면 봉명리 소재 강원대학교 산림과학대학 부속 연습림(1임반 자소반)에 위치한 잣나무 3영급(24년생) 임분을 간벌(1.8ha)과 무간벌(0.7ha) 임분으로 구획을 나누고 1999년 8월 9일~13일에 걸쳐 강도간벌(75%)을 실시하였다.

채종목, 1m 단간목과 2m 단간목은 강원도 춘천시 서면 덕두원리 소재 채종원에서 1982년에 접목 조성된 잣나무를 대상으로 하였다. 수형조절목은 1996년 지상 1m와 2m에서 수간 상단부가 단간되었다.

2) 실험방법

채취 후 구과를 크기별로 선별하여 임목당 대·중·소 1개씩 총 3개를 취하였다. 또한 각 처리별(간벌목, 무간벌목, 무처리 채종목, 1m 단간목 및 2m 단간목)로 표준목을 임의로 3본씩 선정하였다.

성분분석을 실시하기 위해서 외종피와 내종피를 완전히 제거한 후 나머지 불순물을 완전히 제거하여 순수한 자성배우체만을 처리별로 분석하였다.

3) 분석방법

(1) 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC(Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., 1980) 방법에 따라 분석하였다. 수분은 105°C 건조법, 조단백질 함량은 semimicro Kjeldahl법, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법 및 회분은 550°C에서 백색에서 회백색의 회분이 얻어질 때까지 회화하여 측정하였다. 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 회분의 값을 뺀 값으로 하였

다.

(2) 지방산 분석

갯 종자의 지방산 조성은 총 지방질을 chloroform : methanol(2:1 v/v) 용액으로 추출 정제한 후 0.5-KOH, 에탄올 용액으로 검화하여 boron trifluoride 메탄올 용액으로 methylation 한 후 GLC(HP GC Model 5890 series II, USA)로 분석하였다.

분석시 검출기는 FID, 컬럼은 stabilwax(30m×0.32mm id×0.50 μm df) capillary column을 사용하였으며, 컬럼의 초기온도는 140℃로 하여 분당 5℃로 250℃까지 승온하였다. 이때 주입기 온도는 250℃, 검출기 온도는 260℃로 설정하였으며, gas chromatography에 의한 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 3. Instrument and operation conditions for fatty acids analysis by gas liquid chromatography.

Instrument	Hewlett-Packard 5890 II Gas Chromatograph
Column	Stabilwax(30m×0.32mm id×0.5μm df) Capillary column
Column Temp.	
Initial temp.	140℃
Initial time	3 min
Program rate	5℃/min
Final temp.	250℃
Final time	15 min
Injector Temp.	250℃
Detector Temp.	260℃
Carrier gas flow rate	2.0 ml/min(N ₂)
Hydrogen flow rate	30 ml/min
Air flow rate	360 ml/min
Split ratio	10:1

4) 통계 분석

실험치가 %로 표시되었으므로 변수 변형 방법 중 각도수 변형법(실험치가 %로 표시되었을 때 숫자가 20 이하 80 이상의 퍼센트(%)로 표시되었으면 그것은 각도수로 변형하여 분석한다. 만약 실험값이 모두 20~80% 범위의 값이면 그대로 분석)을 이용하여 측정치를 변형한 후 분석에 이용하였다. 간벌 유무에 따른 분석은 T-검정을, 수형조절에 따른 분석은 F-검정을 이용하여 각각 유의성을 분석하였다.

다. 연도를 달리한 단간목의 성분분석

2000년에 수확한 종자의 분석자료는 세밀히 검토하여 제시하였으며, 상기 분석 방법에 의한 2002년도 결실 종자의 분석 자료를 비교하여 볼 수 있도록 제시한다.

6. 관상수로 활용하기 위한 수형 개발

갓이 달리는 잣나무림 주변을 관찰하여 보면 청설모 등 설치류에 의하여 토양에 묻힌 갓이 발아하여 발생한 많은 치수를 발견할 수 있다. 이러한 잣나무림 또는 활엽수림내의 천연치수를 자원화하기 위한 방안으로 치수부터 수형을 조절하여 판매가치가 있는 나무로 가꾸는 수형의 연구를 실시하였다.

7. 왜성화를 위한 섬잣나무 접목 시험

왜성화 유도를 위해 실시한 본 연구는 1영급 잣나무(30~70cm)를 대목으로 하고, 섬잣나무의 1년생지를 접수로 하여 할접을 실시하였다. 접목은 2002년 4월 중순에 전년에 자란 섬잣나무 가지를 채취하여 이용하였다. 2가지의 방법, 즉 정단부에만 접목을 실시하거나 또는 정단부를 절단하고 제 1측지에 접목을 실시하는 방법을 실시하였다. 2003년 봄에도 동일한 시험을 실행하였다.

8. 왜성화를 위한 오옥신 시용 시험

2001년 10월부터 2002년 10월까지 4개월마다 3~5년생 묘목의 정단지를 제거하고 그 단면에 IAA, NAA 및 GA₃를 500~5,000 ppm의 범위에서 시용하였다. 각 처리에는 10분씩을 실시하였고, 비에 의한 생장조절물질의 유실을 막기 위해 차광막을 설치하였다.

9. 조기결실 유도를 위한 대표 할접 시험

2002년 4월 강원도 춘천시 사농동 춘천시시험림관리소 포지내 3~5년생 50cm 이하의 잣나무 대표를 대목으로 하고 다산성 잣나무 수형목의 수관 상, 중, 하 부위에서 접수를 채취하여 접목을 실시하였다. 대표 1본 당 접수 하나씩 정단에 접목한 후 정단부 주위 가지를 2~3개 남기고 제거하였다. 접목 후 피음 처리를 실시하였으며 수분 조절을 위해 접목부위를 랩으로 감아 주었다.

모수 수형목은 ① 강원 8호 ② 강원 23호 ③ 강원 64호 ④ 경기 18호 ⑤ 경기 27호 ⑥ 충북 1호 ⑦ 충북 2호 등 7가계로 가계 당 20개씩 접목되었다.

10. 고접 시험

2003년 4월 강원도 춘천시 천전리 임대한 포지 내의 1m~2m 높이의 1영급 잣나무를 대상으로 다산성 잣나무 모수로부터 수관 상, 중, 하 부위에서 접수를 채취하여 접목을 실시하였다. 전년과 달리 기존 잣나무림을 다산성 계통으로 바꾸기 위한 자료를 얻고자 고지접목을 목적으로 하였으므로, 측지의 정단을 절단한 후 접수를 접목한 후 가지를 2~3개 남기고 절단하였다. 접목 후 피음 처리를 실시하였으며 수분 조절을 위해 접목부위를 랩으로 감아 주었다.

이용된 모수는 조기결실 유도를 위한 대표의 접목 시험 공시목과 같다.

제 2 절 연구개발수행 결과

1. 수형조절을 위한 이론 수립 연구

채종원에서 단간된 잣나무와 단간되지 않은 잣나무 각 20 본에 대하여 임목 특성을 조사한 결과는 Table 4과 같다. 채종원의 대상 잣나무 식재 지역은 경상도 24도, 방위는 동남향이었다.

Table 4의 각 조사항목에서 단간목과 비단간목은 흉고직경을 제외한 모든 형질에서 차이를 보였다. 마디 수와 수고에서의 차이는 단간이 있었으므로 당연하겠으나, 나머지 형질에서는 차이가 예상되지 않았었다. 또한 잣나무는 마디당 3~7개의 가지를 형성하는 것으로 보인다. 1996년에 단간된 나무와 단간되지 않은 나무의 정단부의 특성은 Table 5에서 보는 바와 같은데, 모든 조사항목에서 단간목과 비단간목 사이에 통계적 유의성이 인정되지 않았다. 따라서, Table 4에 나타난 수관폭의 차이는 수형 조절로 일어난 것이 아니라 이미 수형 조절 전에 차이가 있었던 것으로 여겨지기도 하나, 단간 후 측지의 성장을 억제하는 정단지가 없으므로 측지가 우성현상을 보여 수평으로 자라지 않고 주간과 예각을 이루며 자람으로서 수관폭이 좁아졌을 가능성이 더 신뢰성이 높다. 지속적인 관찰이 요구되나 앞으로 수형 조절 작업이 없다면 단간목은 비단간목과 유사한 수관 정단부 형상을 보일 것이다.

Table 4. Several tree characters surveyed from the Deokduwon clonal seed orchard.

Characters	Stem-cut ^{a)}		Un-cut ^{b)}	
	Avg.±S. D.	Range	Avg.±S. D.	Range
Height (m) *	4.75±0.58	3.8~ 6.2	5.20±0.59	4.3~ 6.5
D. B. H. (cm)	14.40±3.03	9.2~18.6	14.80±2.43	10.9~20.4
Crown width (long) (m) *	4.79±1.02	2.8~ 6.9	5.50±0.77	3.9~ 6.8
Crown width (short) (m) **	3.96±1.16	1.7~ 6.5	4.90±0.76	3.3~ 6.2
No. of nodes **	5.90±1.42	4.0~ 9.0	16.20±2.30	11.0~20.0
No. of branches per node **	4.00±0.66	3.0~ 5.5	4.92±0.79	3.8~ 6.8

^{a)}: Stems of grafted trees were cut at the height of 2.0~2.5m in 1996 at the age of 16.

^{b)}: Grafted trees of the same age as stem-cut trees.

*: Different between two kinds of trees at the significance level of 5%.

** : Different between two kinds of trees at the significance level of 1%.

각 영급별 조립지 임목의 성장 내용은 Table 6와 같다. 모든 특징에서 영급 간 큰 차이가 인정되었다. 지상에서 첫째 마디까지의 높이는 II영급에서는 4.3m, III영급에서는 6.1m이었는데 이들은 모두 고사되어 있었다. II영급~III영급에 대한 첫 번째 生枝까지의 높이는 3.9m~11.0m이었다. 표에는 나타내지 않았으나 I영급에서 각 마디 당 가지의 수는 3~7개 (평균 4)이었고, 주간의 각 마디의 길이는 16cm~33cm(평균 24.4cm)이었다.

Table 5. Characters of top shoots surveyed from the Deokduwon seed orchard.

Characters	Controlled ^{a)}		Non-controlled ^{b)}	
	Avg.±S. D.	Range	Avg.±S. D.	Range
Terminal main shoot (cm)	42.8±18.77	12~70	48.5±14.24	30~79
Terminal lateral shoot (cm)	32.3±13.43	10~52	33.6±10.10	24~50
Subterminal main shoot (cm)	33.3± 3.43	20~50	31.3± 4.20	12~46
Subterminal lateral shoot (cm)	21.3± 7.83	9~35	23.8± 9.11	8~34
Main shoot of subterminal lateral shoot (cm)	32.9±15.37	8~50	36.8± 8.19	25~53
Branching angle of terminal lateral shoots (°)	44.7±14.44	30~70	45.5±20.34	20~80
Branching angle of sub-terminal lateral shoots (°)	64.4±14.52	40~85	56.8±22.01	25~93

^{a)}: Stems of grafted trees were cut at the height of 2.0~2.5m in 1996 at the age of 16.

^{b)}: Grafted trees of the same age as stem-cut trees.

우량 종자 확보를 위한 낙엽송 수형 조절에서는 主幹型 (圓錐型), 變則主幹型 (圓筒型)과 開心型이 제시되었다 (임목육종연구소, 1989). 그러나, 주간형은 수고가 높아질 가능성이 크므로 수형 조절의 의의가 사라지기 쉬우며, 잣나무는 더욱이 낙엽송과 달리 수관 아래 부분의 가지에는 着果가 거의 일어나지 않아 주간형의 효과는 매우 적을 것으로 생각된다. 덕두원 채종원에서도 단간 후 방치되어 거의 배형으로 성장하였는데, 수관 하부의 가지에 구과가 달리는 것은 아주 드물었다. 따라서 잣 생산을 위한 수형은 변칙주간형, 개심자연형 또는 배형이 적당할 것으로 생각된다.

Table 6. Several tree characters surveyed from the plantations under age class III.

Characters	Age class I			Age class II			Age class III		
	Avg.	Range	S. D.	Avg.	Range	S. D.	Avg.	Range	S. D.
Height below the first branch (m)**	0.25	0.08 ~ 0.66	11.08	4.3	2.0 ~ 5.8	0.89	6.1	4.0 ~ 9.5	1.16
Height below the first living branch (m)**	0.25	0.08 ~ 0.66	11.08	5.3	3.9 ~ 7.0	0.85	7.9	6.2 ~ 11.0	1.15
Height (m)**	2.28	1.4 ~ 2.7	0.34	12.2	9.5 ~ 15.5	1.30	16.9	12.0 ~ 20.0	2.23
D. B. H. (cm)**	2.41	1.2 ~ 4.0	0.78	15.8	11.5 ~ 23.5	3.84	20.4	12.5 ~ 31.5	3.84

** : Different among the age classes at the significance level of 1%.

낙엽송에서 변칙주간형과 개심형을 위한 단간은 주지 배치를 고려하여 수고 4m 전후를 하되 그 부위의 직경이 5cm 전후가 합당하다고 하였다. 一次枝를 輪生으로 배치할 때는 마디 당 가지의 수를 넷으로 하면서 마디의 간격은 1m 를 대체적 목표로 하고, 互生으로 배치할 때는 각 마디에 하나의 가지를 남기면서 마디의 간격은 50cm 전후로 유도하도록 권장하였다. 또한 가지의 수가 많으면 마디의 간격은 넓히며, 특히 가지의 착생 상태를 고려하여 조절하여야 한다고 주의하였다.

果樹에 적용되는 수형과 특징을 보면 Fig. 4과 같다 (김 등, 1993). 낙엽송의 종자 확보를 위해 제시된 개심형은 Fig. 4에 따르면 開心自然型이며 盃狀型과는 다르다. 김 등(1993)의 분류를 따르기로 하나 배상형은 배형이라 하는 것이 타당할 것으로 생각되어 본고에서는 수형을 주간형, 변칙주간형, 개심자연형 및 배형으로 나누기로 하고 이론을 전개하고자 한다.

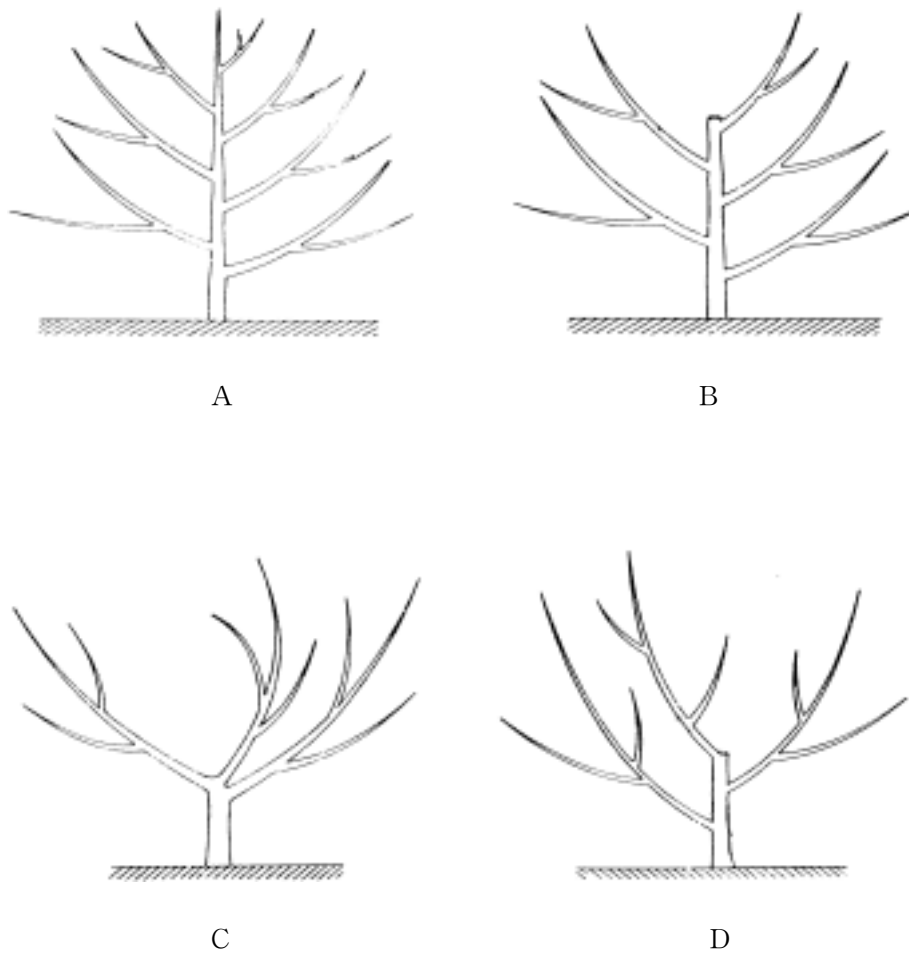


Fig. 4. Several crown forms for fruit trees following Kim et al (1993).

- A. Central leader type: very close to natural growth characteristics.
- B. Modified leader type: improved central leader type for better sunlight and low height.
- C. Vase form: short stem with 3 to 4 whorled branches at the same height.
- D. Open-center-natural form: improved vase form with 2 to 4 alternative but very close branches.

가지가 불규칙하게 발생하는 낙엽송과 달리 잣나무는 각 마디에 3~7개의 마디가 돌려나고 있어 (Table 4), 낙엽송과는 수형 조절 방법이 달라야 할 것이다. 나무의 수형대로 키우는 주간형은 수고 조절이 되지 않으므로 과수에서도 왜생 수종에만 적용되고 있고 교목으로 자라는 잣나무에는 적합하지 않다. 단간 2~3년 후에는 頂芽 優性 때문에 제일 윗 마디의 여러 가지는 옆으로 퍼지지 않고 모두 주간과 예각을 이루어 자라나므로 배형이나 개심자연형은 실제로 매우 이루기가 어렵다고 하였다(An et al., 1992). 또한 결실을 위해서는 많은 양의 枝條와 잎이 필요하므로 몇 개의 가지만 남기는 두 수형은 부적절할 것으로 생각되기도 하며, 변칙주간형은 단간에 의해 수고를 낮춘 후 나무의 着枝習性을 살리어 수형을 조절함으로 잣나무에는 가장 적절한 방법일 수도 있을 것이다. 특히 목표로 하는 수고를 정한 후 그보다 한 마디 위를 단간하면, 몇 년 후 정아 우성을 보이는 제일 위쪽 마디를 제거함으로써 수관폭의 증대를 도모하고 정아 우성의 출현도 늦출 수 있어 수형 조절이 매우 유리할 것으로 생각된다.

잣나무의 착과수는 흉고 직경, 수관 체적 및 주간의 분지수와는 정의 상관성이 있었으나, 수고, 樹冠長 및 수관의 形狀比(수관폭/수관장)와는 상관성이 없었다(진과 노, 1983). 13년생 잣나무 채종원의 종자 증산을 위해 실시한 7년간 시험에서 단간목은 비단간목보다 40% 증산을 보였으며, 수고가 낮아져 높은 작업 효율을 보였다 (An et al, 1992). 여기서 수형은 생장 활동 개시 약 1개월 전에 주간을 절단하고 절단 부위 아래 첫 마디에 3~7개의 가지를 남겨 배형으로 유도되었다.

Pinus monticola 채종원의 정단 부위가 부러진 나무는 정상목보다 약 2배의 많은 구과를 생산하였는데 (Coffen and Bordelon, 1981), 이는 Ross and Pharis(1981)에 의하면 착과지의 수가 많아져 일어나는 것으로 설명될 수 있을 것이다. 이 관찰에서 정단이 부러져 생기는 分枝가 아랫쪽에 있을 때보다 윗쪽에 있을 때 구과 생산량이 많아 4.6m 이상에 분지가 일어나면 15~18년생에서는 정상목보다 약 4배의 증산을 보였고 24~29년생에서는 44%의 증산을 보였다. 이는 성숙에 도달한 후는 어릴수록 정단 절단 효과가 높은 것으로 판단된다. 분지는 등목 인부나 새에 의해 일어난 것으로, 분지에 의해 착과 증진 뿐

아니라 화분 생산 또한 증가되었다. 이것은 전과 노(1983)의 결과와도 일치한다. 분지 위치가 위로 올라갈수록 구과수가 증가하는 것으로 보아 전년 성장 주지를 전정하는 것이 바람직한 것으로 보이며, 전정횟수는 수고를 고려하여 결정하는 것을 권하였는데 이러한 사실에 근거하여 그들은 다음해 몬티콜라잣나무 채종원 관리법을 제안하였다 (Hoff and Coffen, 1982). 그 요지는 수고가 3m에 이르면 마지막 마디 위 25cm 부분을 성장기간에 절단하고, 그 부위에서 2~3개의 주간이 분지하도록 유도한 후 매년 정아 우성을 보이는 가지만을 제거하는 것이다. 이와 송(1998)은 잣나무에서 이러한 단간이 측지의 성장을 도모하기 위해 필수적임을 보였고, 일정한 수형과 수관폭에 이르기까지는 정아 우성을 보이는 가지를 지속적으로 제거하여야 한다고 하였다.

Table 6에 나타난 것을 보면 II영급과 III영급 임목은 지표에서 첫 생지까지의 높이가 3.9m~11.0m이다. 우리의 관습상 幹長 3.6m (12자) 목재를 많이 사용하므로 4m~8m 위에 수관을 재구성하면서 그 아래 부분의 가지를 제거하여 옹이없는 목재가 되도록 수형을 조절하는 방법을 고려하여 볼 수 있다. 수관의 높이는 II영급과 III영급 모두 7m~9m이다. Table 5에서 보면 연간 길이 자람이 30cm~50cm이므로 잣 채취 인부의 등목과 일광 투입을 고려하여 수관 높이를 4m~5m로 조절하는 것이 적당할 것으로 생각된다. 따라서 마디는 1m 간격으로 하고 총 4~5개의 마디를 만들며 각 마디에는 3~4개의 輪生枝를 남겨두도록 한다. 이 때 각 운생지는 아래 위 마디가 서로 어긋나게 위치하도록 선택하여야 할 것이다. 따라서 수형은 변칙수간형이 된다. Table 5에서 단간목과 비단단목의 정단 특성에 차이가 없는 것으로 나타나 수형 조절이 일어나더라도 비정상적인 형태의 가지의 출현은 없을 것이다. 변칙수간형으로 유도하려는 수형조절을 위한 첫해의 단간 작업은 노동력을 고려해 10월 이후에 실시하는 것이 바람직할 것이다. 더욱이 성장기의 단간은 수지의 양이 많아 톱질에 많은 어려움이 있을 것으로 판단된다. 단간 후의 전정은 정아 우성을 보이는 가지만을 제거하거나 또는 오래 동안 해오던 구과 채취시 착과지를 함께 깎아 내리는 방법을 겸용하여 가지의 발달과 경제성을 함께 도모하도록 한다.

침엽수의 정단부를 절단한 2~3년 후, 재발하는 정아 우성 현상을 인돌초산 (IAA)을 절단면에 사용하여 수년간 지연시킬 수 있었는데 (Toda et al., 1963;

Toda & Akasi, 1965), 이러한 방법은 일단 수형이 형성된 후에 개화와 결실을 촉진할 수 있어 앞으로 연구가 있어야 할 것이다.

III영급에서는 첫 생지까지의 지하고가 9m를 넘는 나무도 자주 발견되었는데, 이러한 나무는 수형 조절을 받더라도 登木이 어려워 잣 생산을 위한 나무로는 부적절하므로 밀도 조절 시 제거하거나 高價의 無節材로 가꾸기 위해 수고의 2/5 정도만 남기는 강도의 가지치기를 실시하는 것이 바람직 할 것이다 (김, 1995).

Table 6에서 수령 9년 잣나무는 수고가 2.28m이고, 지표에서 첫 마디까지의 높이는 25cm이다. 표에는 나타내지 않았으나 각 마디의 가지의 수는 평균 4개 (범위 2~7, 표준편차 0.75)이고, 주간의 각 마디의 길이는 평균 24.4cm(범위 16~33, 표준편차 3.63) 이었다. 조림시의 간격(1.8mx1.8m)을 그대로 유지하고 있었고, 수관 밀도는 약 0.3이었으며 하층에는 초본과 관목이 무성하여 심한 경쟁이 있었다.

Hoff and Coffen (1982)은 몬테콜라잣나무의 단간은 수고가 3m 정도일 때로 권장하였는데 이 때의 수령을 보고하지 않았으나, 제시된 사진을 검토하여 보면 6~8년생 정도로 잣나무보다 수고 생장이 더 빠른 것으로 판단된다. 마지막 마디 위 25cm 부분을 성장기간에 절단하고, 그 마디에서 2~3개의 주간이 분지하도록 유도한 후 매년 정아 우성을 보이는 가지만을 제거하여 수형을 배형으로 구성하도록 권하였다.

이러한 방법이 I영급~II영급 잣나무에도 가능할 것으로 보이며 이를 변형하여 다음과 같은 방법을 제시한다. 먼저, 공기와 햇빛이 임내에 들어가 토양유기물의 분해를 촉진하도록 1m 정도에 힘센 생지를 포함하여 3~4개의 가지를 갖는 마디를 남기고 그 아래 부분의 가지는 모두 제거한다. 생지 위에 1m 정도 간격으로 4~5 마디를 남기고 단간하되 각 마디에 3~4개의 一次枝를 윤생으로 배치한다. 작업 후 2~3년은 수관의 폭이 커지도록 방치하였다가 정아 우성을 보이는 제일 윗 마디의 모든 가지를 다시 잘라 주면 3~4 마디를 갖는 변칙주간형이 될 것이다. 이 때는 Matheson and Willcocks (1976)가 지적한 것처럼 어린 나무는 수형 조절에 대한 개화 결실 반응이 민감하지 않음으로 수고가 5m~8m에 이르는 15년생까지가 적당할 것으로 생각된다. 그러나, 덕두

원 채종원과 같은 접목묘는 단간 시기가 앞당겨질 수 있을 것이다. 이것은 대부분의 수종에서 접목묘가 실생묘보다 개화시기가 빠르기 때문이다 (Wright, 1976).

앞의 제시된 방법들을 Table 7과 Fig. 5에 나타낸다.

이러한 수형 조절은 수관 밀도를 고려하여야 할 것인데, 중국 잣나무에서 채종원의 구과 생산은 사면, 비옥도 및 산지와 상관관이 있었으며, 임관 밀도는 0.5가 적합하였고 이 이상이 되면 생산이 점차 감소하여 간벌이 필요하였다 (Chi, 1994). 우리 나라의 잣나무 식재는 대개 1.8x1.8m로 이루어지므로 II영급이나 III영급 임분을 이러한 정도의 울폐도로 유지하기 위해서는 밀도 조절 작업이 있어야 할 것이다. 따라서, 1차 잣 생산림 조성은 1) 피압목, 2) 고사목, 3) 목재 가치가 낮은 나무 및 4) 피해목 등을 제거하고 0.5~0.8의 밀도로 시작하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

이러한 수형 조절은 현존 잣나무림을 대상으로 제시되는 것이므로 연구와 실제 사업에 있어 특히 다음과 같은 사항을 고려하여 수행하는 것이 바람직하겠다.

- 1) 잣 채취의 기계화가 수행되기 용이한 수형 조절 방법을 강구한다.
- 2) 다양한 밀도 수준이 함께 비교되어 합리적인 밀도가 밝혀져야 한다.
- 3) 밀도 조절에 의해 생기는 공간에 식재할 수 있는 단기 소득 자원의 개발과 관리법이 함께 이루어지도록 하여 산주와 임가의 소득 증대를 도모한다.
- 4) 수형 조절의 경제성과 잣의 증산을 위해 다산성 계통의 육종이 이루어져야 한다.
- 5) 단간 또는 전정 시기와 방법에 대한 체계적 연구가 필요하다.
- 6) 많은 수종에서 접목묘가 실생묘보다 개화결실이 빠르므로 이러한 비교 연구가 필요하다 (Wright, 1976).
- 7) 앞의 여러 가지 사업과 연구에는 경제성 분석이 반드시 병행되어 수행되어야 한다. 따라서 다른 임가나 연구자가 사업 또는 연구를 수행하기 전에 수익성 분석이 가능하도록 하여야 할 것이다.

결론적으로 다음과 같이 요약된다.

많은 수종의 수형 조절, 잣나무 수형 조절목과 비조절목의 성장 및 인공 조림지 잣나무의 성장 상태를 조사·분석하여 잣 과/또는 목재 생산을 위한 수형과 그 조절 방법을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 수고 5m~8m의 나무의 경우 잣 생산만을 위해,

- ① 지상 1m 정도의 힘센 생지가 있는 마디를 포함하여 1m 정도 간격으로 4~5개의 마디까지 마디 당 3~5개의 가지를 남기고 단간하여 변칙주간형으로 유도한다. 수관의 크기나 형상 및 가지의 굵기 등이 목적하는 수준에 이르면 최상부의 마디를 제거하여 3~4개의 마디만을 남긴다.
- ② 지상 1m~2m 정도의 마디에 최종적으로 힘센 생지를 4~6개 남기고 수형을 잔 모양으로 하는 배형으로 유도한다. 따라서 초기 유도시는 3~4 마디를 남겨야 할 것이다.
- ③ 배형의 변형으로서 지상 1m~3m 정도에 힘센 생지를 3~5개가 적절한 간격과 방위로 배치되도록 하는 개심자연형으로 유도한다.

둘째, 생지까지의 지하고 4m~8m의 나무의 경우 생지 아래의 가지는 모두 제거하고, 생지 위에는 1m 정도 간격으로 4~5개의 마디를 남기고 단간하며, 각 마디에는 3~4개의 1차지를 윤생으로 남기어 변칙주간형으로 유도한다.

셋째, 생지까지의 지하고 9m 이상의 나무는 수고의 2/5정도만 남기고 강도의 가지치기를 하여 주간형으로 유도한다.

넷째, 단간이나 전정은 구과 채취시나 9월 말 이후에 하며, 구과를 채취하지 않는 해에는 정아 우성을 보이는 가지만 절단하여 수형을 조절한다.

Table 7. Guidelines of crown shape control for nut and/or timber production from the Korean white pine plantation trees under age class III.

	Trees for crown shaping		
	Height: 5~8 m	Height below the first living branch: 4~8 m	Height below the first living branch > 10 m
Purpose	seed	seed, timber	timber
Crown Shape	1) Modified leader type, 2) Vase form, or 3) Open-center-natural form	Modified leader type above straight stem	Central leader type
Stem-cut Height	1~5 m	4~8 m	Not applicable
No. of nodes remained	1) 4~5, 2) 1, 3) 2~3	4~5	Not applicable
Node distance	1) 1 m, 2) 0 m, 3) 0.5~1 m	1 m	Not applicable
No. of branches per node	1) 3~5, 2) 3~6, 3) 1~2	3~4	Not applicable
Branching type	1) & 2) whorled, 3) irregular	whorled	Natural
Remarks	1) Cut stem and prune when collecting cones or during/after October. 2) Remove or prune the lower branches showing apical dominance anytime when necessary. 3) Cut the uppermost node to overcome apical dominance when the crown has a wide, expected shape.		



1안: 잣생산만을 위해 지상 1m 정도의 힘센 생지를 포함하여 1m 정도의 간격으로 4~5마디를 남기고 단간, 각 마디에 3~4개의 1차지를 윤생으로 배치하는 변칙주간형.



2안: 잣 생산을 목적으로 지상 1~2m 정도의 힘센 생지를 3~4마디를 남기고 강하게 단간하여 잔 모양의 형태를 유도하는 배형.



3안 : 잣생산만을 위해 지상 1m 정도의 힘센 생지를 포함하여 1m 이내의 간격으로 4~5 마디를 남기고 단간, 각 마디에 1~2개의 1차지를 윤생으로 배치하는 개심자연형.



4안 : 잣과 목재 생산을 함께 도모하는 험센 첫 생지(지표에서 4m~8m)의 아래 부분은 무절주간으로 성장시키고 그 위는 1m 정도의 간격으로 최고 4~5마디까지 남기고 단간, 각 마디에 3~4개의 일차지를 윤생으로 배치하는 변칙주간형.



5안 : 목재 생산만을 위해 지하고가 9m가 넘는 잣나무를 강도로 가지치기한 주간형.

Fig. 5. Recommendable crown shapes.

2. 잣나무 정단부의 성장 및 성장 양태 연구

각 영급별 잣나무 정단부 지조의 26가지 성장 특성을 분석한 결과는 Table 8 ~ Table 11과 같다. 영급간의 차이가 있는가를 알기 위해 F-검정을 실시하였으며, 자료의 활용을 돕기 위하여 F 값과 유의 확률(p)을 표와 함께 표시하였다.

Table 8에 나타난 바와 같이 길이성장에 관한 모든 특성들은 각 영급간에 유의성이 인정되었다. 주지는 1년간 성장인 당년주지에서 20.0cm~43.5cm, 전년주지에서 20.3cm~40.2cm 자랐으며 각 영급간에 유의성이 인정되었다. 당년주지 성장순위는 II>I>IV>VI>V>VII>III 이었다. 전년주지 성장은 IV>II>VI>I>III>V>VII 이었다.

2년간 자란 주지의 길이성장(당년주지+전년주지)은 I영급 69.3cm, II영급 83.3cm, III영급 44.2cm, IV영급 72.2cm, V영급 45.0cm, VI영급 52.5cm 및 VII영급 40.4cm로 II>IV>I>VI>V>III>VII영급 순으로 나타났다.

측지는 1년간의 성장인 당년측지에서 11.7~29.2cm, 전년측지의 주지에서 12.1~30.6cm와 전년측지의 측지에서 3.9~10.6cm 자랐다. 또한 당년측지, 전년측지의 주지와 전년측지의 측지에서 각각 II>I>IV>V>III>VII영급, II>IV>I>VI>V>III-1>VII영급 및 II>I>IV>V>VI>III>VII영급 순으로 크게 나타났다.

2년간 성장(전년측지+전년측지의 주지)에서 I영급 39.7cm, II영급 55.8cm, III영급 28.5cm, IV영급 52.7cm, V영급 31.7cm, VI영급 35.8cm 및 VII영급 25.7cm로 II>IV>I>VI>V>III>VII영급 순으로 크게 나타났다.

2년간 자란 길이성장은 주지(당년주지+전년주지)와 측지(전년측지+전년측지의 주지)에서 모두 II>IV>I>VI>V>III>VII영급 순이며, 주지의 성장이 측지의 성장보다 왕성하였다.

단간목의 주지의 길이성장은 생장이 가장 왕성한 II영급과 유사한 특성을 보였으며, 측지의 성장은 모든 영급에 비해 높게 나타났다. 이것은 채종원의 형질이 우수한 나무로 조성되었기 때문이며, 또한 단간에 따른 광조건에 대한 적응 결과로 사료된다.

Table 8. Analysis of length characteristics of crown top shoots in each age class(unit : cm).

shoots	age class	I	II	III	IV	V	VI	VII	F-value	C-tree*	
										Range	Avg.
terminal main shoots		42.3	43.5	20.0	32.0	22.3	23.4	20.1	43.11 p=0.0001	12~70	42.8
terminal lateral shoots		24.9	29.2	11.8	21.0	14.2	15.6	11.7	42.11 p=0.0001	10~52	32.3
terminal lateral shoots(long)		31.0	32.5	14.3	24.6	16.6	17.9	13.3	61.79 p=0.0001	12~56	36.5
terminal lateral shoots(short)		12.1	19.8	7.3	16.2	8.5	9.2	6.6	25.79 p=0.0001	4~42	16.6
subterminal main shoots		27.0	39.8	24.2	40.2	22.7	29.1	20.3	20.30 p=0.0001	20~50	33.3
subterminal lateral shoots		14.0	25.2	14.6	26.4	14.4	17.5	13.6	19.39 p=0.0001	9~35	21.3
subterminal lateral shoots(long)		17.9	29.1	16.3	30.4	15.9	21.1	15.3	21.47 p=0.0001	14~50	29.8
subterminal lateral shoots(short)		9.00	15.9	9.2	16.2	9.6	10.2	7.8	10.24 p=0.0001	4~31	15.0
main shoots of subterminal lateral shoots		25.7	30.6	13.9	26.3	17.3	18.3	12.1	38.92 p=0.0001	8~50	32.9
main shoots of subterminal lateral shoots(long)		29.4	33.1	15.5	29.2	18.9	20.7	13.5	43.34 p=0.0001	7~60	40.4
main shoots of subterminal lateral shoots(short)		20.3	18.4	8.4	19.2	12.2	12.5	7.2	25.98 p=0.0001	3~43	23.5
lateral shoots of subterminal lateral shoots		9.6	10.6	4.5	8.8	5.4	5.1	3.9	12.56 p=0.0001	4~31	14.4
lateral shoots of subterminal lateral shoots(long)		10.5	11.3	5.5	10.9	6.5	7.3	4.4	10.24 p=0.0001	4~37	17.8
lateral shoots of subterminal lateral shoots(short)		6.2	5.3	2.2	4.7	2.9	3.0	2.4	11.03 p=0.0001	2~15	7.0

* : Stem-cut trees in 1996 at the height 2.0~2.5m in a clonal seed orchard.

Table 9. Analysis of diameter characteristics of crown top shoots in each age class(unit : mm).

shoots \ a g e class	I	II	III	IV	V	VI	VII	F-value p=	C-tree*	
									Range	Avg.
terminal main shoots	14.1	20.2	15.4	16.8	15.7	13.3	16.2	11.05 p=0.0001	9~22	14.9
terminal lateral shoots	8.0	10.1	7.3	8.0	8.2	7.1	7.7	5.32 p=0.0001	1~15	7.9
subterminal main shoots	21.1	27.8	21.4	23.4	20.7	18.1	20.0	10.72 p=0.0001	10~34	21.9
subterminal lateral shoots	9.6	12.1	9.4	10.7	9.6	10.2	8.2	4.80 p=0.0001	4~18	10.2
main shoots of subterminal lateral shoots	8.1	9.4	6.9	8.2	7.7	7.8	6.5	5.03 p=0.0001	3~18	9.4
lateral shoots of subterminal lateral shoots	4.5	4.6	3.0	4.1	3.6	3.8	3.3	3.84 p=0.0001	2~10	5.3
sub-subterminal main shoots	25.2	36.2	26.0	30.9	26.8	25.4	25.3	15.82 p=0.0001	12~50	31.6

* : Stem-cut trees in 1996 at the height 2.0~2.5m in a clonal seed orchard.

직경성장은 Table 9에서 보는 바와 같이 모든 특성들이 각 영급간에 유의성이 인정되었다.

주지는 1년간 성장인 당년주지에서 13.3mm~20.2mm로 IV>VII>V>III>II>I>VI영급 순이며, 전년측지의 주지에서 6.5mm~8.1mm로 II>IV>I>VI>V>III>VII영급 순으로 나타났다.

2년간(전년주지)의 직경은 18.1mm~27.8mm로 II>IV>III>I>V>VII>VI영급 순이며, 3년간(전전년주지)의 직경성장은 25.2mm~36.2mm로 II>IV>V>III>VI>VII>I영급 순으로 나타났다.

측지는 1년간 성장인 당년측지에서 7.1mm~10.1mm로 II>V>I=VI>VII>III>VI영급 순이며, 전년측지의 측지에서 3.0mm~4.6mm로 II>I>IV>VI>V>VII>I

II영급 순이었다. 2년간 자라면(전년측지) 8.2mm~12.1mm로 II>IV>VI>V=I>I
II>VII영급 순으로 컸다.

Table 10. Branching angle of shoots in each class(unit : degree).

age class shoots	I	II	III	IV	V	VI	VII	F-value	C-tree*	
									Range	Avg.
terminal lateral shoots	60.6	56.7	64.8	60.7	67.6	51.0	64.4	6.81 p=0.0001	30~70	44.7
subterminal lateral shoots	65.6	64.9	68.2	64.2	68.0	57.6	68.0	2.36 p=0.0314	40~85	64.4

* : Stem-cut trees in 1996 at the height 2.0~2.5m in a clonal seed orchard.

직경성장은 동일 영급에서 주지의 직경성장이 측지의 직경성장보다 크게 나 타났다.

분지각은 당년측지의 분지각에서 51.0. ~67.6. 로 V>III>VII>IV>I>II>VI 영급 순이며, 전년측지의 분지각에서는 57.6. ~68.2. 로 III>V=VII>I>II>IV> VI영급 순으로 컸다(Table 10). 또한 동일 영급간에 당년측지의 분지각이 전년 측지의 분지각 보다 좁은 각도를 이루고 있었는데, 이는 전년측지에서는 이미 중력의 작용과 임목 자체의 공간의 확보를 위한 작용이 있었기 때문인 것으로 생각된다.

Table 11. Number of lateral shoots of crown top shoots in each age class (unit : ea)

age class shoots	I	II	III	IV	V	VI	VII	F-value	C-tree*	
									Range	Avg.
terminal lateral shoots	5.5	5.7	5.0	4.9	5.5	4.6	5.0	2.03 p=0.0630	2~8	5.7
subterminal lateral shoots	3.9	5.9	4.7	5.6	5.1	5.1	5.7	4.64 p=0.0002	4~17	7.0
lateral shoots of subterminal lateral shoots	2.2	3.0	3.6	3.8	3.5	3.3	3.0	8.02 p=0.0001	2~18	6.0

* : Stem-cut trees in 1996 at the height 2.0~2.5m in a clonal seed orchard.

Table 12. Length of terminal main shoots, terminal lateral shoots and main shoots and lateral shoots of subterminal lateral shoots(unit : cm).

shoots \ age class	I	II	III	IV	V	VI	VII	C-tree*	
								Range	Avg.
terminal main shoots	42.3	43.5	20.0	32.0	22.3	23.4	20.1	12~70	42.8
terminal lateral shoots	24.9	29.2	11.8	21.0	14.2	15.6	11.7	10~52	32.3
main shoots of subterminal lateral shoots	25.7	30.6	13.9	26.3	17.3	18.3	12.1	8~50	32.9
lateral shoots of subterminal lateral shoots	9.6	10.6	4.5	8.8	5.4	5.1	3.9	4~31	14.4

* : Stem-cut trees in 1996 at the height 2.0~2.5m in a clonal seed orchard.

분지수는 당년측지의 분지수에서 4.9개~5.7개로 영급간 유의성이 인정되지 않는 반면, 전년측지의 분지수는 3.9개~5.9개로 II>VII>IV>V>VI>III>I영급 순이며 전년측지의 측지의 분지수는 2.2개~3.8개로 IV>III>V>VI>VII>II>I영급 순으로 많았다(표 6). 3종류의 측지 중 전년측지의 측지는 훨씬 낮은 값을 보여주고 있어 직접 주지에서 분지하는 가지수 보다 측지에서 분지하는 가지의 수가 적은 것으로 나타났다. 한편, 영양계 채종원에 식재된 수형조절목은 반대의 경향을 나타내 당년측지(5.7개)보다 전년측지의 측지의 수(6.0개)가 많았는데, 이것은 수형조절에 의해 부위의 구성비가 변화하는 적응의 결과로 생각된다.

당년주지, 당년측지, 전년측지의 주지 및 전년측지의 측지는 동일한 해에 성장한 것이므로, 이들을 비교하면 잣나무 수형의 형성을 이해하는데 도움이 될 것이다.

Table 12에서 보는 바와 같이 동일 영급에서 당년주지는 어느 가지 보다 성장이 매우 높으며, 당년측지와 전년측지의 주지는 길이 성장이 유사하고 가장 낮은 성장을 보이는 것은 전년측지의 측지이다. 따라서 잣나무는 주지의 성장이 측지들 보다 크므로 수형이 원추형에 이르게 된다는 것을 이해할 수 있다.

전년측지의 측지의 성장은 다른 가지의 최소 1/5에서 최대 1/3밖에 되지 않으므로 측지의 측지가 발달하는 것은 상당히 억제되는 것으로 보인다. 이것은 대부분의 소나무과에서 나타나는 정아우성 때문일 것이다. 또한 단간목은 단간

에 따른 광조건과 공간의 적응 결과로 당년측지와 전년측지의 주지의 길이가 비슷하며, 각 조사된 영급에서의 길이 성장보다 월등하다.

따라서 일반 잣나무에서 측지의 성장을 도모하려면 정아우성을 억제하기 위한 주간의 정아를 제거하는 단간이 필수적인 것으로 생각된다. 이러한 단간 2~3년 후에는 다시 정아우성을 보이는 가지가 나타나므로 측지의 왕성한 발달과 일정한 수형에 이르기까지 정아 제거가 지속적으로 있어야 할 것이다. 이러한 정아우성의 예외를 보이는 III영급을 제외하면(able 11) 수령이 높을수록 더 크게 나타나는 것으로 보여진다. 따라서 측지의 발달에 의한 수관폭의 확장을 도모하려면 유령기에 단간을 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

Table 13. Length of subterminal main shoots and lateral shoots(unit : cm).

shoots	age class								C-tree*	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	Range	Avg.
subterminal main shoots		27.0	39.6	24.2	40.2	22.7	29.1	20.3	20~50	33.3
subterminal lateral shoots		14.0	25.2	14.6	26.4	14.4	17.5	13.6	9~35	21.3

* : Stem-cut trees in 1996 at the height 2.0~2.5m in a clonal seed orchard.

Table 13는 전년도에 성장한 전년주지와 전년측지의 길이를 함께 비교하였다. 동일 영급에서 전년주지와 전년측지의 성장에 상당한 차이가 있음이 인정된다. 이는 Table 12에서 보인 당년에 자란 여러 종류의 가지의 길이성장 비교에서와 동일한 결과이다.

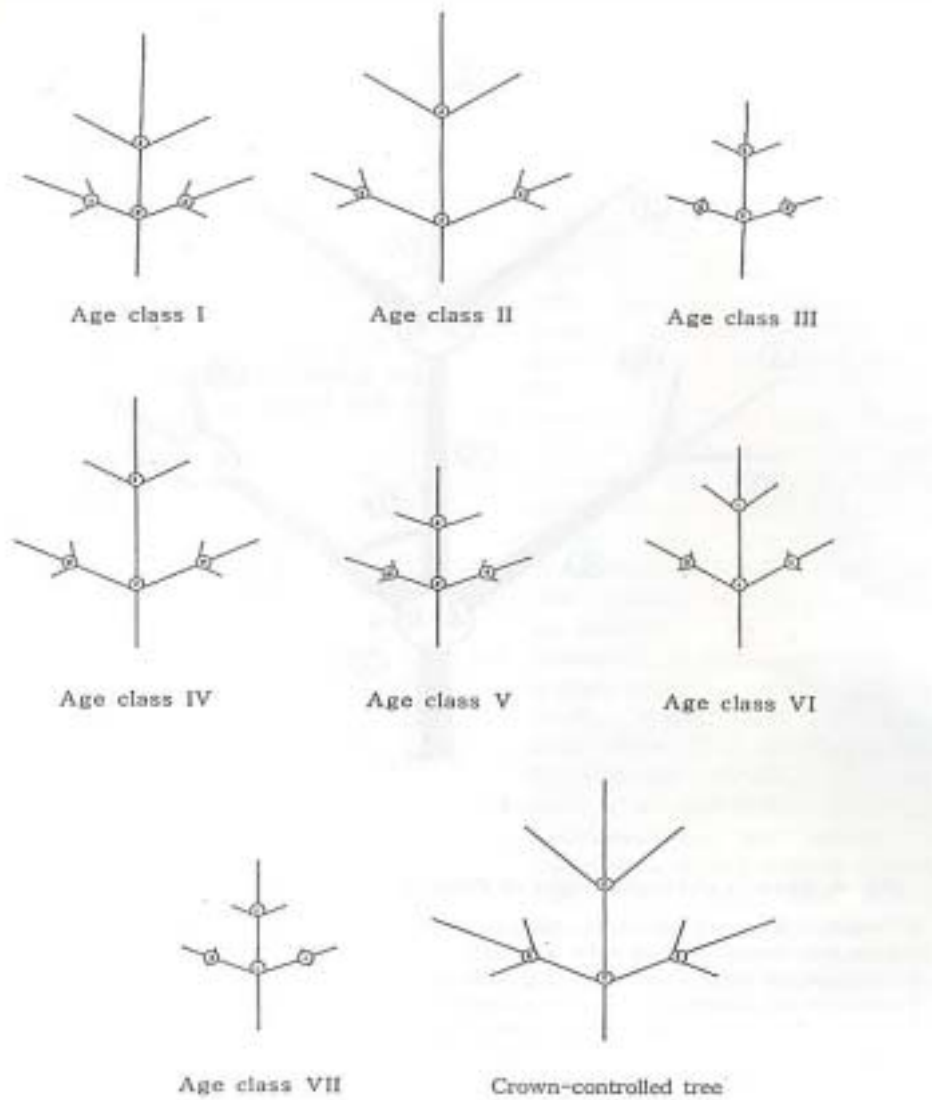


Fig. 6. Diagram of crown top shoots in each age and crown-controlled tree.
The number in a circle indicates the number of lateral shoots.

Table 12과 Table 13를 종합해 보면 같은 해에 자란 전년주지와 전년측지에
서는 각 연령에서 I연급 13.0cm, II연급 14.4cm, III연급 9.6cm, IV연급 13.8cm,
V연급 8.3cm, VI연급 11.6cm와 VII연급 6.7cm의 차이가 있었고, 당년주지와

당년측지에서는 영급간에 I영급 17.4cm, II영급 14.3cm, III영급 8.2cm, VI영급 11.0cm, V영급 8.1cm, VI영급 7.8cm와 VII영급 8.4cm의 차이가 나타났다. 수형조절목은 전년주지와 전년측지에서 12cm, 당년주지와 측지에서 10.5cm의 차이가 나타났다.

당년지와 전년지의 길이성장의 차이는 성장 당년의 환경적인 요인에 영향을 것으로 사료된다. 이러한 추이는 장기간(최소 5년이상)의 성장을 조사한다면 분명하여 질 것으로 생각되어 장기간의 지속적 연구가 필요한 것으로 보인다. 또한 잣나무 정단부 지조의 생육환경과 성장과의 명확한 관계 구명을 위해서는 주지 뿐만 아니라 측지의 수간해석을 통해 과거의 성장 과정을 정밀히 조사함으로써 잣나무 성장 과정이 입체적으로 분석되어야 할 것이다.

이상과 같이 얻어진 잣나무 I~VII영급의 정단부 지조의 26가지 특성을 기초로 수관 정단부의 모양을 그리면 Fir. 4와 같으며, 이를 종합하여 보면 Fig. 7와 같다. 잣나무는 연간 20~44cm의 수고 성장을 하고, 주간에서는 4~6개의 측지가 발달 하는데 이들은 12~19cm까지 성장하며, 당년측지는 51.~68.로 주간과 각을 이루며 전년측지는 58.~68.의 범위에서 주간에 착지한다. 전년측지는 4~11cm의 2~3개의 측지를 갖고 12~31cm의 길이 성장이 다음해 일어난다. 당년주지는 직경이 13~20mm이고, 2년생 주지(전년주지)는 직경이 18~28mm이며 3년생 주지(전전년주지)는 직경이 25~36mm에 이른다. 당년측지와 전년측지는 직경이 각각 7~10mm 및 8~12mm이다.

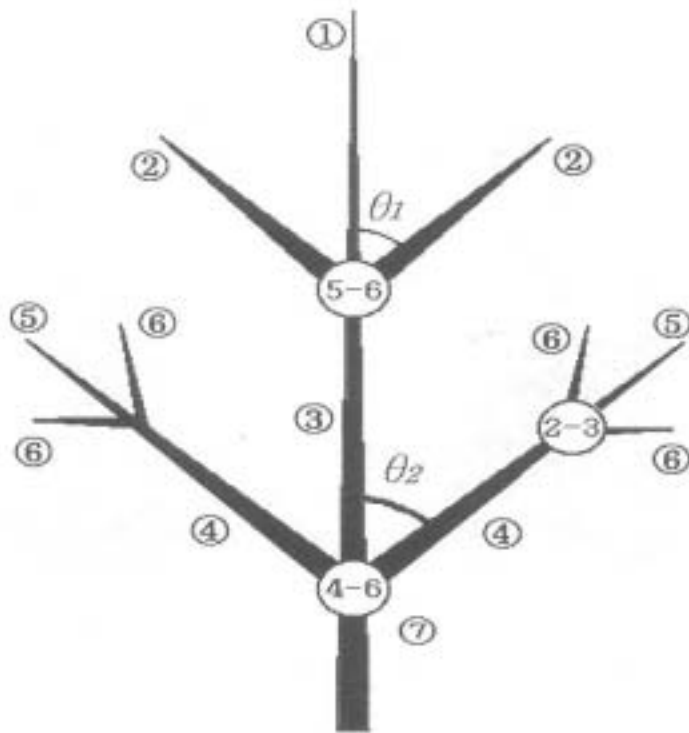


Fig. 7. Growth characteristics of *Pinus koraiensis* trees in age class I ~ VII.

- ① terminal main shoot with a length of 20.0~43.5cm and a diameter of 13.3~20.2mm.
 - ② terminal lateral shoots with a length of 11.7~29.2cm and a diameter of 7.1~10.1mm.
 - ③ subterminal main shoot with a length of 20.3~40.2cm and a diameter of 18.1~27.8mm.
 - ④ subterminal lateral shoots with a length of 13.6~26.4cm and a diameter of 8.2~12.1mm.
 - ⑤ main shoots of subterminal lateral shoots with a length of 12.1~30.6cm and a diameter of 6.5~8.2mm.
 - ⑥ lateral shoots of subterminal lateral shoots with a length of 3.9~10.6cm and a diameter of 3.0~4.6mm.
 - ⑦ sub-subterminal main shoots with a diameter of 25.2~36.2mm.
- θ_1 : branching angle of terminal lateral shoots, ranged from 51~68°.
- θ_2 : branching angle of subterminal lateral shoots, ranged from 58~68°.

3. 수형조절립 조성

가) 홍천군 두촌면 철정 지역(홍천군과 공동 연구 지역)

1) 1영급

강원도 홍천군 두촌면 철정리 지역의 1영급 잣나무 임분을 대상으로 실험을 위한 7개 플롯(목재 생산을 위한 무간벌, 구과 생산을 위한 무간벌, 목재 생산을 위한 간벌, 구과 생산을 위한 간벌, 간벌 후 3가지 방법에 의한 수형조절)을 나눈 후 간벌을 실시하였다. 각 플롯의 면적은 무간벌(1, 2번)은 0.5ha, 간벌 및 수형조절(3, 4, 5, 6 및 7번)은 0.4ha 정도로 조사지 전체 면적은 약 3.0ha이다(Fig. 8). 그림에서 보는 1번(무간벌), 7번(간벌) 플롯에 10m×10m으로 구획을 나눈 후 매목조사를 실시하였다. 그 결과는 Table 14과 같다. 무간벌 임분은 23본이 속해 있어 무간벌 임분에는 약 1150본 정도의 임목이 있을 것으로 예상되며(2300본/ha), 수고는 5.3m, 흉고직경은 7.2cm 였다.

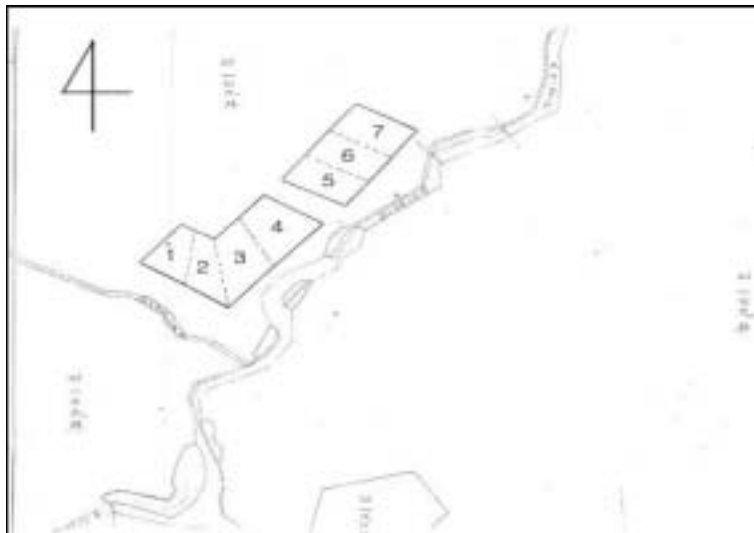


Fig. 8. Location of age class I plot arrangement.

1- Non-treatment for timber, 2- Non-treatment for nut, 3- Central leader type plot, 4- Vase-form plot, 5- Open-center-natural form plot, 6- Thinned plot for nut, and 7- Thinned plot for timber.

Table 14. Survey of plot before and after thinning. plot size- 10mx10m.

Before thinning			After thinning		
No.	Height(m)	D.B.H(cm)	No.	Height(m)	D.B.H(cm)
U - 1	5.5	8.0	T - 1	4.5	8.2
U - 2	5.5	7.8	T - 2	5.2	10.2
U - 3	5.1	7.2	T - 3	5.2	10.9
U - 4	5.0	5.0	T - 4	5.0	8.7
U - 5	4.7	4.5	T - 5	4.2	6.8
U - 6	4.8	5.1	T - 6	3.9	5.0
U - 7	5.5	7.5	T - 7	3.7	4.2
U - 8	5.5	9.7	-	-	-
U - 9	5.4	8.4	-	-	-
U - 10	4.2	4.5	-	-	-
U - 11	4.5	7.8	-	-	-
U - 12	5.1	6.1	-	-	-
U - 13	5.5	9.4	-	-	-
U - 14	6.5	8.8	-	-	-
U - 15	6.6	11.3	-	-	-
U - 16	5.4	8.1	-	-	-
U - 17	5.3	5.5	-	-	-
U - 18	5.5	6.7	-	-	-
U - 19	4.8	5.4	-	-	-
U - 20	5.5	9.2	-	-	-
U - 21	4.9	4.5	-	-	-
U - 22	5.3	5.8	-	-	-
U - 23	5.5	9.5	-	-	-
Avg.	5.3 ±0.54	7.2 ±1.96	Avg.	4.5 ±0.62	7.7 ±2.52

간벌 후 임분에는 7본이 남아 있어 각 간벌 임분에는 약 280본 정도의 임목이 있을 것으로 예상되며(700본/ha), 수고는 4.5m, 흉고직경은 7.7cm이었다. 이것으로 약 70% 정도의 임목이 간벌되었음을 알 수 있다.

조림 후 무육작업이 없어 가지의 생육이 불량하여 처음부터 배형과 개심자연형의 유도는 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 우선 모든 수형조절 플롯을 변칙주간형으로 가꾸어 가지의 길이생장과 비대생장을 유도한 후 해당 수형조절을 실시하기로 하였다. 현재 수형조절림은 모두 변칙주간형 형태를 하고 있다(Fig. 9).

간벌 후 각 수형 별 전체 조사 내용은 아래의 Table 15와 같다.

Table 15. Investigation of age class I stand.

plot	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
D.B.H(cm)	7.5±1.9	7.7±1.6	9.5±2.1	9.3±2.1	11.7±1.8	11.0±0.7	7.3±2.0
Height(m)	5.4±0.7	5.4±0.7	6.2±0.9	6.1±0.8	6.8±0.6	5.9±0.3	4.2±0.6

①- Non-treatment for timber, ②- Non-treatment for nut, ③- Central leader type plot, ④- Vase-form plot, ⑤- Open-center-natural form plot, ⑥ - Thinned plot for nut, and ⑦- Thinned plot for timber.



Fig. 9. Central leader type tree in age class I.

2) 2영급

강원도 홍천군 두촌면 철정리 지역의 2영급 잣나무 임분을 실험을 위한 7개 플롯(목재 생산을 위한 무간벌, 구과 생산을 위한 무간벌, 목재 생산을 위한 간벌, 구과 생산을 위한 간벌, 간벌 후 3가지 방법에 의한 수형조절)으로 나눈

후 간벌을 실시하였다. 각 플롯의 면적은 0.5ha 정도로 조사지 전체 면적은 약 3.5ha 정도이다(Fig. 10). Fig. 10에서 보는 1번(무간벌), 7번(간벌) 플롯에 10m×10m으로 구획을 나눈 후 매목조사를 실시하였다. 그 결과는 Table 16와 같다. 무간벌 임분은 5분이 속해 있어 무간벌 임분에는 플롯 당 약 250본 정도의 임목이 있을 것으로 예상되며(500본/ha), 수고는 8.4m, 흉고직경은 15.0cm였다. 간벌 임분은 4분이 속해 있어 간벌 임분에는 플롯 당 약 200본 정도의 임목이 있을 것으로 예상되며(400본/ha), 수고는 8.5m, 흉고직경은 16.5cm였다. 이것으로 약 20% 정도의 임목이 간벌되었음을 알 수 있다. 수형조절 임분 역시 간벌을 실시한 후 수형조절을 실시하였으므로 간벌림 매목조사와 결과가 같을 것으로 예상된다.

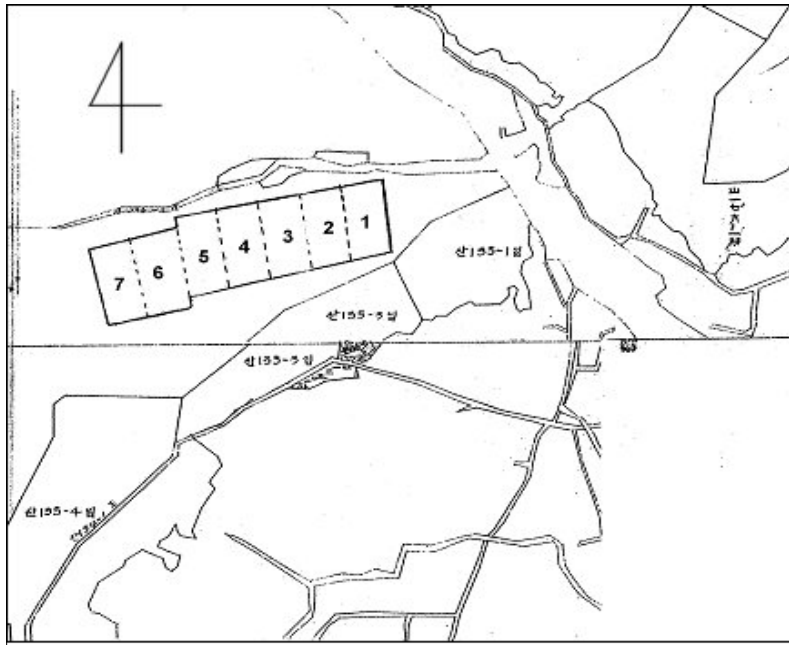


Fig. 10. Location of age class II plot arrangement.

1- Non-treatment for timber, 2- Non-treatment for nut, 3- Central leader type plot, 4- Vase-form plot, 5- Open-center-natural form plot, 6- Thinned plot for nut, and 7- Thinned plot for timber.

2영급은 1영급에 비해 수고와 흉고직경에 있어 임목 간 큰 차이를 보이는

않았다. 간벌 후 각 수형 별 전체 조사 내용은 아래의 Table 17와 같다.

조림 후 무육작업이 없어 가지의 생육이 불량하여 처음부터 배형과 개심자 연형의 유도는 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 우선 모든 수형조절 플롯을 변칙주간형으로 가꾸어 가지의 길이생장과 비대생장을 유도한 후 해당 수형조절을 실시하기로 하였다. 현재 수형조절림은 모두 변칙주간형 형태를 하고 있다(Fig. 11).

Table 16. Survey of plot before and after thinning. plot size- 10mx10m.

Before thinning			After thinning		
No.	Height(m)	D.B.H(cm)	No.	Height(m)	D.B.H(cm)
U - 1	9.7	14.8	T - 1	9.5	22.3
U - 2	7.6	15.0	T - 2	7.5	15.0
U - 3	6.6	11.8	T - 3	9.8	14.9
U - 4	9.4	20.0	T - 4	7.3	13.8
U - 5	8.9	13.2	-	-	-
Avg.	8.4±1.30	15.0±3.10	Avg.	8.5±1.31	16.5±3.90

Table 17. Investigation of age class II stand.

plot	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
D.B.H(cm)	15.3±3.6	15.7±4.1	16.7±3.4	17.7±2.0	18.8±3.7	18.2±3.1	18.5±4.0
Height(m)	8.8±1.1	9.6±1.6	9.5±1.5	10.0±0.8	10.1±0.8	10.3±0.5	10.2±1.7

①- Non-treatment for timber, ②- Non-treatment for nut, ③- Central leader type plot, ④- Vase-form plot, ⑤- Open-center-natural form plot, ⑥ - Thinned plot for nut, and ⑦- Thinned plot for timber.



Fig. 11. Structural frame for the investigation of tree performance after crown shape control in age class II.

나) 춘천시 동산면 봉명리 산림과학대학 연습림

1) 조사지 위치

조사지의 위치는 Fig. 12에 나타내었다.

<1 : 25,000>

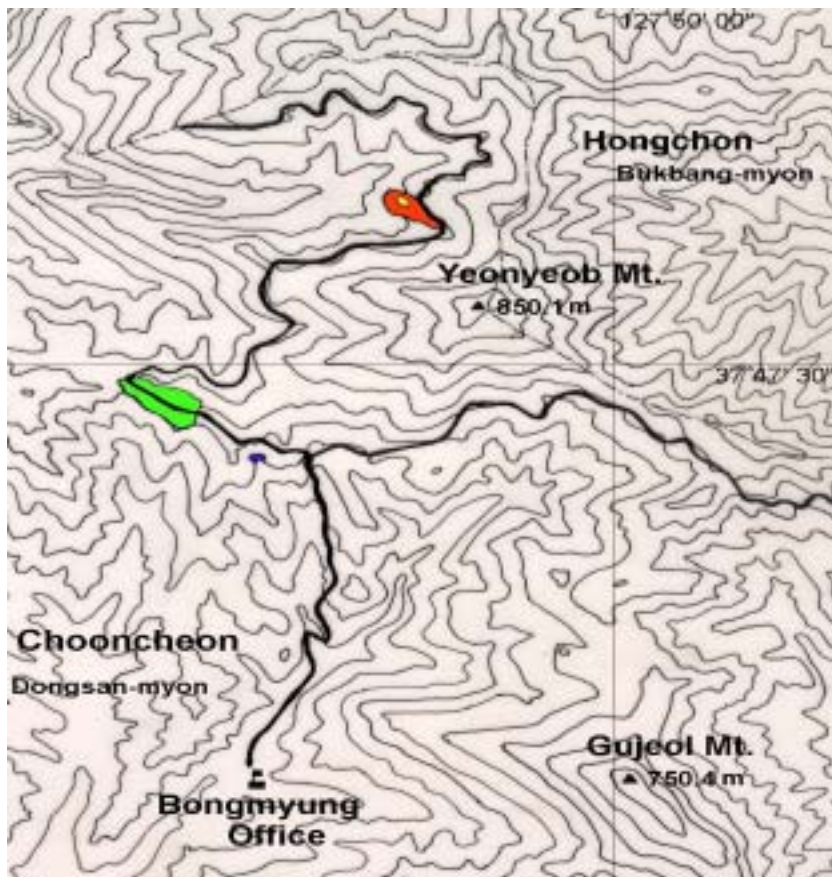


Fig. 12. Location of age class III stand in KNU School Forest.

2) 3영급

모두 변칙주간형으로 수형조절되었으며 개체에 대한 자료는 Table 18에 제시되었다. 3영급은 목재와 잣이 함께 생산되는 것을 도모하였으며, 또한 배형이나 개심자연형으로의 유도는 수고가 높아 위험하여 실시하지 않았다.

Table 18. Information of central leader type trees in age class III.

No.	Tree number	Root diameter(cm)	DBH(cm)	Height(m)
1	49	26	20	13
2	52	30	22	13.7
3	54	30	23	14
4	66	30	25	14.6
5	50	33	23	14
6	98	25	20	13
7	70	37	23	14
8	158	21	20.6	13.2
9	196	16.5	12.5	10.2
10	176	20	18	12.3
11	182	24	20.5	13.2
12	169	26	22	13.7
13	138	30	23	14
14	162	25	20	13
15	132	31	25	14.6
16	186	22	18	12.3
17	163	24.8	21	13.3
18	173	25	24	14.3
19	161	26	18	12.3
20	136	27	21	13.3
21	167	21.8	15	11.2
22	181	34	31	16.3
23	166	24	19.5	12.8
24	175	34	29	15.8
25	183	22.8	17	12
26	171	26	22.8	13.9
27	188	27.5	24	14.3
28	174	25	23	14
29	165	23.8	19	12.7
30	159	29	25	14.6
31	187	24.5	21	13.3
32	242	25.3	22	13.7
33	250	33	27	15.2
34	246	29.5	24.5	14.5
35	243	29.3	25	14.6
36	248	30	24	14.3
37	249	35	28	15.5
38	245	31	24.3	14.4
39	338	37	26	14.9
40	343	28	22.5	13.8
41	337	22	17	12
42	328	36	28	15.5
43	336	40	30	16.1
44	330	24	19	12.7
45	402	30	24	14.3
46	405	42	28	15.5
47	430	34	27	15.2
48	432	28	22	13.7
49	434	39	22	13.7
50	408	35	26	14.9
	Avg.	28.60	22.64	13.83
	S. D.	5.54	3.82	1.24

강원대학교 산림과학대학 연습림에 식재된 잣나무 3영급 (1임반 아소반)을 대상으로 조사된 임분의 개황은 Table 19에 보는 바와 같다.

Table 19. Outline of age class III stand.

Age class	Age	Root diameter (cm)	DBH(cm)	Height(m)	Soil	Slope (°)	Direction
III	21	18.8±7.1 (3~51)	15±5.2 (3~40)	11.1±2.0 (4.9~18.6)	Clay loam	29	S30W

조사된 지역의 간벌 후의 상태는 Table 20과 같다.

Table 20. Tree number and acreage of age class III stand.

Acreage (ha)	Total No. of trees before thinning	Remained trees after thinning		
		Total	Thinned stand	Conserved stand
2.453	4,254	2,027	671	1,556



Fig. 13. Central leader type tree in age class III for timber and nut production.

4. 단간목과 비단간목의 결실량 조사

2000년에서 2002년까지 3개년에 걸쳐 조사되었다. 풍흉의 차이가 극심하기 때문에 정확한 연간 수확량과 생산량의 차이를 조사하고자 시도하였으며, 앞으로 매년 조사될 예정이다.

가. 2000년 조사 결과

잣나무 채종목은 구과가 달리지 않은 것도 있었고, 최대 107개가 달린 것도 있었으며, 특히, 임목당 착과수는 가계내에서는 비교적 균일한 착과량을 보였으나 가계간에는 차이가 크게 나타났다(Table 21).

단간 높이에 따른 잣나무 채종목의 본당 구과수는 2m 단간 채종목이 40.4개, 1m 단간 채종목이 31.7개, 무처리가 18.3개 순으로 나타났으며, 단간 방법에 따른 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 이것은 다른 어떤 해보다도 금년(2000년)에 잣나무의 결실이 잘 되어 단간 높이에 따른 구과 생산량의 차이는 나타나지 않은 것으로 보이나, 수형조절목은 유구과수(幼毬果數)에 있어서 2~3배 정도 많은 착과 현상을 보여주어 단간에 의하여 잣나무 구과 생산량이 증대되는 것으로 나타났다(Wang 등, 1992; 이상봉 등, 1997; Gansel, 1977; 한상억 등, 1999).

Table 21. The number of cones per tree.

Treatment	No. of Trees	No. of Cone		
		Mean	SD.	Range
Control	7(4)*	18.3	24.5	0~ 62
2m Stem Cut	9(6)	40.4	35.7	0~107
1m Stem Cut	12(11)	31.7	22.9	0~ 93

* : The figures in parenthesis indicate the real number of trees used for the analysis of cone and seed traits in this study.

단간 처리를 한 채종목에서는 2m 단간 채종목이 1m 단간 채종목보다 많은 착과량을 보였는데, 이것은 다음에서 보여지는 것처럼 수형조절의 강도에 따른 영향으로 사료된다. An 등(1992)은 수형조절에 있어 단간강도를 차례로 실험한 결과 조절강도와 결실량은 부의 상관이 있어 강도 높게 조절한 모수는 잎의 총면적이 작고 광합성작용이 형성한 건물질도 적어서 원기형성, 개화, 구과 발육에 공급하는 양분이 약하여 결실량이 하강한다고 보고하였으며, Puntieri 등(1998)은 측지의 상대적 대소와 지위에 의해, 정아 우성으로 인해 측지의 성장이 제약을 받는다고 보고하였다. 또한 Pinkard와 Beadle(1998)은 70%의 전정처리는 오히려 엽과 가지의 비율을 감소시켰으나 50%의 전정처리는 비전정목과 유사하거나 더 많은 엽과 생체량 증대를 보였다 하였다.

구과가 3개 이상 착과된 채종목 (무처리 4본, 2m 단간 6본 및 1m 단간 11본)에 대하여 구과 생중량, 길이, 폭 및 구과당 종자수와 종자무게 특성을 분석한 내용은 Table 22에 나타내었다. 각 처리구 내의 모든 구과특성에서 구과(대·중·소) 크기별에 따른 고도의 유의성이 인정되었으므로 대·중·소의 선

택이 무리가 없는 것으로 사료된다.

Table 22. Cone fresh weight, length and width and seed number and seed weight of a cone.

Treatment	Size	Fresh Weight (g)	Length (cm)	Width (cm)	Seed Number (ea)	Seed Weight (g)
Control (+)	L	403.3±59.7	16.3±0.3	8.3±0.8	175.8±25.1	120.7±10.2
	M	385.0±47.2	16.1±1.3	8.4±0.8	142.8±25.3	96.2±11.9
	S	317.5±47.9	14.4±1.0	8.0±0.6	122.8±20.0	80.6±17.2
2m Stem (+)	L	420.0±74.0	16.6±0.9	8.4±0.4	177.6±15.8	124.2±16.7
	M	280.0±49.8	13.7±1.2	7.7±0.4	142.0±24.4	86.4±11.9
	S	206.7±33.7	11.7±0.8	7.1±0.4	125.3±18.9	64.3± 9.8
1m Stem (+)	L	332.7±57.3	15.2±0.8	7.5±0.6	167.7±21.9	107.5±13.0
	M	250.0±65.4	13.5±1.4	6.8±0.6	139.6±17.2	79.0±14.7
	S	204.5±52.8	11.5±1.3	6.4±0.9	100.5±18.7	57.6±14.7

Size L, M and, S : Large, medium and small cone by size.

+: At the significance level of 1%, every investigated trait in the same treatment differs from cone size.

구과 크기별에 따른 구과 생중량, 길이와 폭 및 구과당 종자수와 종자무게에 대한 평균을 살펴보면, 2m 단간 채종목(대)에서 각각 420.0g, 16.6cm, 8.4cm, 177.6개 및 124.2g으로 최대치를 나타내었으며, 1m 단간 채종목(소)에서 각각 204.5g, 11.5cm, 6.4cm, 100.5개 및 57.6g으로 최소치를 보였다. 이것은 An 등 (1992)이 주장한 바와같이 강도의 수형조절은 구과의 크기를 감소시키는 경향이 있는 것으로 사료된다. 따라서 앞으로 보다 많은 연구가 있어야 하겠으나 지상 1m를 남기고 단간하는 것은 바람직하지 않은 것처럼 보인다.

구과와 종자 특성에 대한 덩칸 검정(Dunnccan's test)은 Table 23에 나타내었다. 덩칸 검정 결과 구과 생중량, 폭 및 종자무게에서는 단간 방법에 따른 유의적인 차이가 인정되었으나, 구과 길이와 종자수에서는 차이가 인정되지 않았다.

Table 22과 23의 자료를 종합 고찰해보면 무처리, 2m 단간 채종목, 1m 단간 채종목 순으로 구과특성이 우수한 것으로 나타나 단간으로 인해 결실의 촉진과 수고가 낮추어지지만, 다량의 결실로 많은 양분을 소모하기 때문에 구과의 무게와 크기 및 구과당 종자의 무게가 무처리에 비해 저하되는 것으로 사료된다.

Table 23. Analysis of Duncan's test for cone characteristics.

Treatment	Fresh Weight(g)*	Length (cm)	Width (cm)**	Seed Number/cone(ea)	Seed Weight/cone (g) (+)
Control	338.6 (A)	14.6	7.8 (A)	151.2	102.2 (A)
2m Stem Cut	308.4 (AB)	14.1	7.7 (A)	149.8	93.4 (AB)
1m Stem Cut	262.4 (B)	13.4	6.9 (B)	135.9	81.4 (B)

* and **: Significance level of 5% and 1%, respectively.

A~B: Duncan's grouping (Means with the same letter are not significantly different).

잣나무의 구과특성에 대한 연구로 민경현(1974)은 잣나무 성숙기의 구과장은 11~13cm이고, 구과당 종자수는 90~150개로 보고하였으며, 한상억과 이재선(1994)은 50본의 수형목의 구과를 조사하여 구과길이 13.2cm, 구과폭 6.5cm 및 구과무게 238.8g으로 보고하였으며, 한상억 등(1999)은 잣나무 채종원의 구과를 분석한 결과 구과당 총 종자수는 85~144개로 보고하였다. 특히, 이상봉 등(1997)은 본 연구와 동일한 장소에서 수형조절목과 비수형조절목의 구과특성을 조사하고 구과길이, 폭 및 무게는 수형조절목이 각각 12.9cm, 7.4cm 및 233g이며 비수형조절목이 각각 12.5cm, 6.9cm 및 214g으로 보고하였다. 본 연구의 구과특성은 이상의 연구 내용들보다 다소 우수한 것으로 나타났는데, 이것은 수형목의 구과특성이 양호한 것들이 선발되었으며 특히, 클론, 연도 및 수령에 따른 잣나무의 결실습성 차이로 사료된다(An 등, 1992; 한상억 등, 1999). 그러므로, 금후에도 이에 대한 조사가 지속된다면(최소 3회 이상) 클론, 연도 및 수령에 대한 변이 양상뿐만 아니라 채종원을 합리적으로 관리하는데 도움이 될 것이다.

임목당 10개의 종자를 임의 선발하여 조사한 종자 길이, 폭 및 무게는 Table 24에 나타내었다. 구과특성과는 다르게 종자 길이, 폭 및 무게는 구과(대·중·소) 크기별 및 단간 방법에 따른 유의성이 인정되지 않았다.

Table 24. Characteristics of seed length, width and weight.

Treatment	Size	Length (mm)	Mean	Width (mm)	Mean	Weight (g)	Mean
Control	L	15.4±1.3		10.1±1.2		0.54±0.1	
	M	15.3±1.2	15.2	10.3±1.2	10.2	0.57±0.1	0.56
	S	15.0±1.2		10.1±1.6		0.56±0.1	
2m Stem Cut	L	15.7±1.0		10.2±1.0		0.59±0.1	
	M	14.3±1.0	14.6	9.4±0.9	9.6	0.45±0.1	0.48
	S	13.7±1.0		9.1±1.0		0.41±0.1	
1m Stem Cut	L	15.2±0.9		10.2±1.0		0.55±0.1	
	M	14.4±1.3	14.4	9.7±1.2	9.9	0.48±0.1	0.50
	S	13.8±1.2		9.8±1.1		0.46±0.1	

채종목의 종자 길이, 폭 및 무게에 대한 평균값을 살펴보면, 2m 단간 채종목(대)이 각각 15.7mm, 10.2mm 및 0.59g으로 최대치를 나타내었으며, 최소치는 2m 단간 채종목(소)에서 각각 13.7mm, 9.1mm 및 0.41g으로 나타났다.

단간을 하지 않은 무처리 채종목의 종자특성이 단간한 채종목보다 우수한 것으로 나타났으나 유의성은 인정되지 않았다. 특히, 구과 특성과는 다르게 2m 단간 채종목의 종자특성이 가장 낮게 나타났다. 이것은 수형 조절 처리에 따른 다주지의 형성으로 구과량은 많아지지만 종자 형질이 불량해짐을 나타내는 것으로 종자의 양·질적 개선을 위해서는 채종목마다 적절한 수의 구과를 제거하는 것이 필요함을 보여준다 하겠다.(Nienstaedt, 1985; 한상익, 1993; 이상봉 등, 1997).

한상익과 이재선(1994)은 50분 수형목의 종자특성을 조사한 결과 종자길이와 폭은 각각 15.2mm와 10.2mm라고 보고하였으며, 이위영 등(1991)은 외형적 성장이 완료되는 6월 중순경 종자길이와 폭은 각각 15.8mm와 10.5mm라고 보고하였는데 본 연구의 종자특성들과 유사한 경향을 보여주고 있다. 그러나 이상봉 등(1997)은 수형조절목과 비수형조절목의 구과길이, 폭 및 무게에 대하여 수형조절목이 각각 15.4mm, 10.8mm 및 0.67g이고, 비수형조절목이 각각 13.9mm, 10.7mm 및 0.60g으로 보고하여 본 연구의 무처리 채종목과는 유사한 경향을 보여주고 있으나 수형 조절을 한 채종목 보다는 다소 높게 나타났다. 이것은 잣나무 결실 주기성으로 인한 것으로 올해(2000년) 잣 풍년으로 종자형

질이 다소 불량해졌기 때문에 사료된다.

또한 잣나무 구과와 종자특성에서 구과 생중량은 구과길이 및 종자폭과, 구과길이는 종자폭과, 구과폭은 종자폭은 모두 매우 높은 상관 관계를 나타내었다(자료 미제시, $r=0.99$).

단간 높이별 종자 생산성을 알아보기 위해 임목당 총 종자생산량을 구하였다. 그 결과는 Table 25와 같다. 임목당 총 종자생산량은 <구과당 종자무게 (Table 23) × 임목당 구과수(Table 21)>에 의하여 계산한 것이다. 2m 단간목이 3773.36g으로 가장 높게 나타났으며, 1m 단간목은 2580.38g으로 나타났고, 단간을 하지 않은 채종목이 1870.26g으로 가장 낮게 나타났다. 따라서 비단간목에 대해 2m 단간목은 2.02배, 1m 단간목은 1.38배의 많은 종자를 생산하였고, 1m 단간목에 비해 2m 단간목은 1.46배 많은 종자를 생산하였다.

Table 25. Total seed production per tree.

Treatment	Total seed production(g)
Control	1870.3
2m Stem cut	3773.4
1m Stem cut	2580.4

비수형조절목은 구과를 채취하기 위해서 카우와 등목 안전띠를 착용하고 잣나무 정단부까지 올라가 구과를 채취하여야함으로서 등목의 위험성과 시간소요가 많다는 문제점 등이 내재되어 있으며 결과적으로 높은 구과채취 인건비가 필요하게 된다. 또한, 근래에는 등목 기술자의 노령화와 농산촌의 노동인력의 부족으로 인해 등목 기술자를 구하기 매우 어려운 실정이다. 수형조절목은 한 나무에서 다량의 구과가 착과되는데, 이로 인해 많은 구과가 양분을 독점하기 때문에 탄수화물의 결핍으로 당년 가지의 생장이 부진하며 정아가 발달하다가 죽어버려 수관이 쇠퇴하는 경우도 발견되었다. 따라서 앞으로 구과 수확 방법과 수형조절 후 후속조치의 하나로 적절한 전정법이 함께 연구되어야 할 것이다.

이상의 문제점들 이외에 구과를 가해하는 해충의 피해뿐만 아니라 청설모의 피해도 극심하여 지고 있는데, 충청북도 충주시 상모면 수회리 서부임업시험장 충주시시험림에서는 청설모의 피해를 줄이기 위해 철사로 옥노를 만들어 잣나무 수간에 원형으로 설치하고 1달 정도에 400마리 정도의 청설모를 포획하였는데

(이갑연 소장, 서부시험장장) 이는 구과 생산에 큰 피해를 준 사례이다. 그러므로, 금후에는 잣의 생산량을 높이기 위해서는 이러한 잣구과 피해 인자에 대한 연구도 함께 병행하여 수행되어야 할 것이다.

결론적으로 다음과 같이 요약된다.

- ① 구과와 종자의 특성에 있어 단간 방법 및 유무에 따른 유의적인 차이는 구과 생중량, 구과폭, 및 구과당 종자무게에서만 인정되었다.
- ② 구과 생중량, 구과길이, 구과폭, 구과당 종자수 및 구과당 종자무게는 각각 204.5g~420.0g, 11.5cm~16.6cm, 6.4cm~8.4cm, 100.5개~180.3개 및 57.6g~124.2g으로 나타났다.
- ③ 종자길이, 종자폭 및 종자무게는 13.7mm~15.7mm, 9.1mm~10.4mm 및 0.41g~0.59g으로 나타났다.
- ④ 단간목은 비단간목에 비해 다량의 구과가 착과되어 구과의 크기가 작아지므로 적과가 요구된다.
- ⑤ 구과와 종자특성에서 구과 생중량은 구과길이 및 종자폭과, 구과길이는 종자폭과, 구과폭은 종자폭과 각각 고도의 정의 상관을 나타내었다.
- ⑥ 임목당 총 종자생산량(구과당 종자무게×임목당 구과수)은 2m 단간, 1m 단간, 무처리가 각각 3773.4g, 2580.4g, 1870.3g 순으로 나타나 단간에 의하여 종자생산이 증대되는 것이 확인 되었는데, 비단간목에 비해 2m 단간목은 2.02배, 1m 단간목은 1.38배의 많은 종자를 생산하였고, 2m 단간목은 1m 단간목 보다 1.46배 많은 종자를 생산하였다.

나. 3개년 조사 결과

기존 단간한 잣나무 채종원의 결실조사를 실시하여 연도별 임목당 구과 착과수는 Table 26에 나타내었다. 전체적으로 구과 착과가 저조한 2001년을 제외하면 2m 단간목이 40.4, 30.1개로 가장 우수한 착과량을 나타내었다.

2000년에 1m 단간목이 높은 구과 착과를 보인 것은 다른 어떤 해보다도 2000년에 잣나무의 결실이 잘 되어 전체적으로 많은 착과를 보였기 때문으로 사료되며, 반면에 무처리 채종목은 꾸준한 착과를 보인다고 할 수 있다.

Table 26. The number of cones per tree.

Treatment	No. of Cone		
	year 2000	year 2001	year 2002
Control	18.3±24.5	10.3±5.1	22.2±10.6
2m Stem Cut	40.4±35.7	6.7±2.3	30.1±19.3
1m Stem Cut	31.7±22.9	8.7±3.1	9.4±11.8

단간 처리를 한 채종목에서는 2m 단간 채종목이 1m 단간 채종목보다 많은 착과량을 보였는데, 이는 잣나무의 적정 단간 높이를 나타내는 것이라고 볼 수 있으며 과도하게 수고를 낮추는 단간은 오히려 구과 착과에 해로운 것으로 사료된다. 이것은 다음의 연구들에서도 잘 나타나 있다(An 등, 1992; Pinkard and Beadle, 1998).

구과가 3개 이상 착과된 채종목에 대하여 연도별 구과 생중량, 길이, 폭 및 구과당 종자수와 종자무게 특성을 분석한 내용은 Table 27에 나타내었다.

구과 생중량, 길이와 폭 및 구과당 종자수와 종자무게에 대한 평균을 살펴보면, 구과 생중량은 2m 단간목이, 구과 길이는 무처리 채종목이, 구과 폭은 1m 단간목이, 총 종자수는 무처리 채종목이 다른 처리에 비해 비교적 우수하게 나타났다.

Table 27. Cone fresh weight, length and width and seed number and seed weight of a cone.

Treatment		2000	2001	2002
Control	Fresh Weight (g)	338.6	238.9	291.7
2m Stem Cut		308.4	259.2	301.4
1m Stem Cut		262.4	196.1	299.3
Control	Length (cm)	14.6	13.5	15.4
2m Stem Cut		14.1	13.3	14.2
1m Stem Cut		13.4	12.5	15.5
Control	Width (cm)	7.8	8.2	9.2
2m Stem Cut		7.7	8.3	9.3
1m Stem Cut		6.9	9.3	9.6
Control	Seed Number (ea)	151.2	111.2	126.6
2m Stem Cut		149.8	121.5	107.7
1m Stem Cut		135.9	119.7	119.5

임목당 10개의 종자를 임의 선별하여 조사한 종자 길이, 폭 및 무게는 Table 28에 나타내었다.

종자 특성은 종자 길이 폭 및 무게 모두 무처리 채종목이 다른 처리에 비해 우수하게 나타났다.

단간을 하지 않은 무처리 채종목의 종자특성이 단간한 채종목보다 우수한 것으로 나타난 이유는 단간목이 단간으로 인한 수관량의 감소로 양분생산이 저조했기 때문으로 사료되며, 2m 단간목은 이와 더불어 많은 구과 착과도 기인한 것으로 사료된다. 이것은 수형 조절 처리에 따른 다주지의 형성으로 구과량은 많아지지만 종자 형질이 불량해짐을 나타내는 것으로 종자의 양·질적 개선을 위해서는 채종목마다 적절한 수의 구과를 제거하는 구과 솎아주기가 필요함을 보여준다 하겠다.(Nienstaedt, 1985; 한상익, 1993; 이상봉 등, 1997).

Table 28. Characteristics of seed length, width and weight.

Treatment		2000	2001	2002
Control	Length (cm)	15.2	14.9	17.0
2m Stem Cut		14.6	15.0	16.6
1m Stem Cut		14.4	14.0	16.9
Control	Width (cm)	10.2	10.0	11.8
2m Stem Cut		9.6	9.7	11.3
1m Stem Cut		9.9	9.5	11.8
Control	weight (ea)	0.56	0.48	0.82
2m Stem Cut		0.48	0.40	0.80
1m Stem Cut		0.50	0.45	0.78

Table 29. Total seed numbers per tree.

Treatment	year 2000	year 2001	year 2002	Avg.
Control	2767.0	1145.4	2810.5	2241.0
2m Stem Cut	6051.9	814.1	3241.8	3369.3
1m Stem Cut	4308.0	1041.4	1123.3	2157.6

종자 생산성을 알아보기 위해 임목당 총 종자수를 산출하였다. 그 결과는 Table 29과 같다. 임목당 총 종자수는 <구과당 종자수(Table 27) × 임목당 구과수(Table 26)>에 의하여 계산한 것이다. 2m 단간목이 2000년 흉작인 해를 제외하고는 다른 처리에 비해 월등히 많은 생산량을 나타내었다. 이는 전년의 다량의 생산이 있어 개체당 종자생산능력이 저하한 것 때문으로 이해된다. 3년 평균에서도 3369.3개로 2m 단간목이 월등하게 우세하였으며, 1m 단간목보다 56%, 비단간목보다 50% 증가한 생산량을 보였다. 그러므로, 적정 단간 높이로 수형조절을 실시할 경우 많은 종자 생산량을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서, 단간과 전정을 포함하는 수형조절은 종자의 생산량을 증가시키는 효과가 대단히 있을 것으로 판단된다. 한편, 수형조절 직후 일정기간 다소 생산

량이 감소된다고 하여도 잣나무림 관리나 병충해 방제 용이, 구과 채취 용이, 인건비 감소 및 시간절감이라는 보다 경제적인 효과를 얻을 수 있다고 생각된다.

5. 단간에 의한 종자 성분의 변화 조사

가. 일반성분 분석

1) 간벌목과 무간벌목

간벌목과 무간벌목의 잣 종자에 대한 일반분석은 Table 30에 나타내었다.

Table 30. General component analysis of seeds produced from the thinned and unthinned stand (unit : %).

Sample	Moisture	Ash	Crude lipid	Crude protein	Carbohydrate
Thinned stand	4.10	2.59	67.62	17.27	8.42
Unthinned stand	3.74	2.94	71.94	17.50	3.88

함유수분은 간벌목이 4.10%, 무간벌목이 3.74%였으며, 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 4.40%와 김 등(1988)이 보고한 5.5%보다는 다소 낮은 값을 나타내었으나, 윤(1987)이 보고한 3.42~3.86%와 김 등(1984)이 보고한 3.3~4.2%보다는 다소 높은 값을 나타내었다.

회분의 함량은 간벌목이 2.59%, 무간벌목이 2.94%였으며, 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 2.19%, 윤(1987)이 보고한 2.5% 및 김 등(1984)이 보고한 2.4~2.8%보다는 다소 높은 값을 나타내었다.

일반적으로 회분은 일정온도에서 완전히 태워서 남은 즉, 무기질(K, Mg, Fe, Ca, Mn, Zn, Na, Cu 및 P 등)을 의미한다. 그러나 무기질인 염소의 일부

는 회화시 소실되고 반면에 유기질의 근간인 탄소의 일부는 탄소염의 형태로 회분에 잔존하기 때문에 회분량과 무기질량은 반드시 일치한다고 할 수 없지만 그 오차가 매우 적으므로 550-600℃에서 회화한 회분을 일반적으로 무기질로 간주하고 있다.

조지방의 함량은 간벌목이 67.62%, 무간벌목이 71.94%였으며, 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 67.31%, 윤(1987)이 보고한 70.90~74.16% 및 김 등(1988)이 보고한 69.2%, 김 등(1984)이 보고한 69.0~69.8% 및 모(1975)가 보고한 69.8%와 큰 차이를 보이지 않았다.

조단백질의 함량은 간벌목이 17.27%, 무간벌목이 17.50%였으며 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 18.3%와 김 등(1984)이 보고한 16.3~17.3%와 큰 차이를 보이지 않았다.

탄수화물의 함량은 간벌목이 8.42%, 무간벌목이 3.88%로 처리간 차이가 많이 나타났다. 이는 간벌목과 무간벌목의 수분, 조단백질, 조지방 및 회분함량의 차이가 누적되어 나타난 결과로, 윤(1987)은 잣 종자의 탄수화물 함량은 5%정도라고 하였다.

간벌 유무에 따른 일반성분 함량의 차이를 알아보기 위해 T-검정을 실시한 결과 간벌 유무에 따른 수분, 조단백질, 조지방 및 회분의 함량은 유의성이 인정되지 않았다.

따라서 간벌은 종자의 일반성분 함량 구성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

2) 비단간 채종목, 1m 단간목과 2m 단간목

비단간목인 채종목과 단간목의 잣 종자에 대한 일반분석은 Table 31에 나타내었다.

Table 31. General component analysis of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit : %).

Sample	Moisture	Ash	Crude lipid	Crude protein	Carbohydrate
Seed tree	4.26	2.08	68.59	18.13	6.94
1m stem cut tree	4.10	2.09	69.52	17.96	6.33
2m stem cut tree	3.99	2.15	72.53	17.56	3.77

함유수분은 채종목이 4.26%, 1m 단간목이 4.10% 및 2m 단간목이 3.99%로 나타나, 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 4.40%와 김 등(1988)이 보고한 5.50% 보다는 다소 낮은 값을 나타내었으나, 윤(1987)이 보고한 3.42~3.86%와 김 등(1984)이 보고한 3.3~4.2% 보다는 다소 높은 값을 나타내었다. 이는 분석한 잣 종자의 채취 후의 저장방법이나 채취 후 분석까지의 저장기간의 차이로 사료된다.

회분의 함량은 채종목이 2.08%, 1m 단간목이 2.09% 및 2m 단간목이 2.15%였으며 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 2.19%, 윤(1987)이 보고한 2.5% 및 김 등(1984)이 보고한 2.4~2.8% 보다는 다소 낮은 값을 나타내었다.

조지방의 함량은 채종목이 68.59%, 1m 단간목이 69.52% 및 2m 단간목이 72.53%로 나타나 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 67.31%, 윤(1987)이 보고한 70.90~74.16%, 김 등(1988)이 보고한 69.2%, 김 등(1984)이 보고한 69.0~69.8% 및 모(1975)가 보고한 69.8%와 큰 차이를 보이지 않았다.

조단백질의 함량은 채종목이 18.13%, 1m 단간목이 17.96% 및 2m 단간목이 17.56%로 나타나 이 값은 한과 황(1990)이 보고한 18.3%와 김 등(1984)이 보고한 16.3~17.3%와 큰 차이를 보이지 않았다.

탄수화물의 함량은 채종목이 6.94%, 1m 단간목이 6.33% 및 2m 단간목이 3.77%로 2m 단간목이 채종목과 1m 단간목에 비해 낮은 값을 나타냈다. 이는

수분, 조단백질, 조지방, 회분함량의 차이가 누적되어 나타난 결과로 사료된다.

수형조절에 따른 일반성분 함량의 차이를 알아보기 위해 F-검정을 실시한 결과 수형조절에 따른 수분, 조단백질, 조지방 및 회분의 함량은 유의성이 인정되지 않았다.

따라서 수형조절은 종자의 일반성분 함량 조성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

나. 지방산 분석

1) 간벌목과 무간벌목

간벌목과 무간벌목의 지방산 분석은 Table 32에 나타내었다.

Table 32. Fatty acid composition of seeds produced from the thinned and unthinned stand (unit : %).

Sample	Fatty acid					
	16:0	16:1**	18:0**	18:1	18:2	18:3*
Thinned stand	6.35	0.08	2.37	32.83	54.92	0.19
Unthinned stand	6.69	n.d.	2.96	31.93	55.40	0.23

Sample	Fatty acid				
	20:0	20:1	20:2	20:3**	22:0
Thinned stand	0.45	1.74	0.79	0.13	0.15
Unthinned stand	0.49	1.55	0.66	n.d	0.09

** and * : Significantly different at 1% and 5% level, respectively.

n.d. : Not detected.

가장 많이 함유되어 있는 지방산은 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1) 및 Palmitic acid(16:0) 순으로 이 3가지가 전체 지방산의 94% 이상을 차지하고 있었다.

인간이 필수적으로 섭취해야만 하는 필수지방산[Linoleic acid(18:2), Linolenic acid(18:3) 및 Arachidonic acid(20:4)] 중 Linoleic acid와 Linolenic acid 2종의 필수지방산이 모두 함유되어 있었으며, Linoleic acid(18:2)는 간별목이 54.92%, 무간별목이 55.40% 함유되어 있었고, Linolenic acid(18:3)는 간별목이 0.19%, 무간별목이 0.23% 함유되어 있어 무간별목이 간별목에 비해 다소 높은 값을 나타냈다.

Linoleic acid(18:2)는 모(1975)가 보고한 48.80%, 김(1981)이 보고한 45.50%, 김 등(1984)이 보고한 48.56%, 김 등(1986)이 보고한 46.70%, 윤(1987)이 보고한 47.92%, 김 등(1988)이 보고한 43.57% 및 한과 황(1990)이 보고한 43.64%보다는 다소 높게 나타났다. 이는 본 연구에서 한국산 잣에는 필수적으로 들어 있는 5,9,12-Pinoleic acid(18:3)가 검출되지 않았는데 검출시 Linoleic acid(18:2)와 함께 검출된 것으로 사료되며, 이 때문에 본 연구의 Linoleic acid(18:2)가 타 연구자들의 값보다 다소 높은 값을 나타낸 것으로 사료된다.

Linolenic acid(18:3)는 김(1981)이 보고한 0.51%, 김 등(1984)이 보고한 0.68%, 윤(1987)이 보고한 0.48%, 한과 황(1990)이 보고한 0.31%, 김 등(1988)이 보고한 2.08% 및 모(1975)가 보고한 14.70% 와 비교할 때 Linolenic acid(18:3)의 양이 미량임을 감안하면 연구자들마다 함량의 차이를 보이고 있다.

Linolenic acid(18:3)가 이렇게 연구자들마다 차이를 보이는 것은 잣 지방산 분석시 Linolenic acid(18:3)가 주요 지방산인 Linoleic acid(18:2) 바로 뒤에 분리되어 나와 충전제를 채운 관(packed column)에 의한 분리시 Linoleic acid(18:2)와의 양호한 분리조건 설정이 쉽지 않아 연구자에 따라 함량의 차이가 일어나기 쉬운 지방산 중의 하나로 지방산 분석시에 사용되는 Gas chromatography의 Column의 차이 즉 Packed Column과 Capillary Column의

분리능에 의한 차이라고 사료된다(윤, 1987; 한과 황, 1990).

2) 간벌목과 무간벌목 성분의 통계 분석

간벌 유무에 따른 지방산 함량의 차이를 알아보기 위하여 T-검정을 실시한 결과 Palmitoleic acid(16:1), Stearic acid(18:0), 8,11,14-Eicosatrienoic acid(20:3)는 유의수준 1%에서, Linolenic acid(18:3)는 유의수준 5%에서 유의성이 인정되었다.

Palmitoleic acid(16:1)의 함량은 간벌목이 0.08%, 무간벌목은 함량이 나타나지 않았다. Palmitoleic acid(16:1)의 함량을 김 등(1986)은 0.14%, 윤(1987)은 0.05% 및 한과 황(1990)은 0.16%라고 보고하였다.

Stearic acid(18:0)의 함량은 간벌목이 2.37%, 무간벌목은 2.96% 였다. Stearic acid(18:0)의 함량을 모(1975)는 1.50%, 김(1981)은 2.20%, 김 등(1984)은 1.84%, 김 등(1986)은 1.98%, 윤(1987)은 1.47%, 김 등(1988)은 1.90% 및 한과 황(1990)은 2.49% 라고 보고하였다.

8,11,14-Eicosatrienoic acid(20:3)의 함량은 간벌목이 0.13%, 무간벌목은 함량이 나타나지 않았다. 8,11,14-Eicosatrienoic acid(20:3)의 함량을 모(1975)는 1.80%, 김 등(1988)은 2.30% 및 한과 황(1990)은 1.12% 라고 보고하였다.

윤(1987)은 탄소수 18개에서 20개 사이의 지방산 함량의 보고치에서 연구자들간 심한 수준차이는 지방산 동정의 착오와 지방산 분석조건 불량에 기인된 것으로 사료된다고 하였다.

또한, 간벌 유무에 따른 지방산 함량을 서로 비교하여 볼 때 모두 필수지방산 2종이 포함되어 있었으며, 함유량의 대부분(94% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1) 및 Palmitic acid(16:0)는 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 간벌 유무에 따른 지방산의 차이는 거의 없는 것으로 생각된다.

3) 비단간 채종목, 1m 단간목과 2m 단간목

채종목과 수형조절목의 지방산 분석은 Table 33에 나타내었다.

Table 33. Fatty acid composition of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit : %).

Sample	Fatty acid					
	16:0	16:1*	18:0	18:1	18:2	18:3
Seed tree	6.18	0.08	3.03	31.94	55.25	0.21
1m Stem cut	6.52	0.02	2.98	32.45	54.74	0.21
2m Stem cut	6.32	n.d.	3.10	32.24	55.00	0.21

Sample	Fatty acid				
	20:0	20:1	20:2	20:3*	22:0
Seed tree	0.50	1.77	0.76	0.12	0.16
1m Stem cut	0.51	1.64	0.69	0.04	0.20
2m Stem cut	0.52	1.77	0.75	n.d.	0.09

* : Significantly different at 5% level.

n.d. : Not detected.

가장 많이 함유되어 있는 지방산은 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0) 순으로 이 3가지 지방산이 전체의 93% 이상을 차지하고 있었다.

Linoleic acid(18:2)는 채종목이 55.25%, 1m 단간목이 54.74%, 2m 단간목이 55.00%가 함유되어 있었다. Linolenic acid(18:3)는 채종목, 1m 단간목 및 2m 단간목 모두 0.21% 함유되어 있었다.

Linoleic acid(18:2)는 모(1975)가 보고한 48.80%, 김(1981)이 보고한 45.50%,

김 등(1984)이 보고한 48.56%, 김 등(1986)이 보고한 46.70%, 윤(1987)이 보고한 47.92%, 김 등(1988)이 보고한 43.57%, 한과 황(1990)이 보고한 43.64%보다는 다소 높게 나타났다. 이 이유 역시 앞에서 말한 간벌목과 무간벌목의 값과 같이 한국산 잣에 필수적으로 들어 있는 5,9,12-Pinoleic acid(18:3)가 검출시 Linoleic acid(18:2)와 함께 검출되어 본 연구의 Linoleic acid(18:2)가 타 연구자들의 값보다 다소 높은 값을 나타낸 것이라고 사료된다.

Linolenic acid(18:3)는 김(1981)이 보고한 0.51%, 김 등(1984)이 보고한 0.68%, 윤(1987)이 보고한 0.48%, 한과 황(1990)이 보고한 0.31%, 김 등(1988)이 보고한 2.08% 및 모(1975)가 보고한 14.70%와 비교할 때 함량의 차이를 나타내었다. 이 이유 역시 앞서 말한 간벌목과 무간벌목의 값이 다른 연구자들과 차이가 나는 이유와 같은 것이라고 사료된다.

4) 단간목과 비단간목 성분의 통계 분석

수형조절에 따른 지방산 함량의 차이를 알아보기 위하여 F-검정을 실시한 결과 Palmitoleic acid(16:1)와 8,11,14-Icosatrienoic acid(20:3)에서만 유의수준 5%에서 유의성이 인정되었다.

Palmitoleic acid(16:1)의 함량은 채종목이 0.08%, 1m 단간목이 0.02%이었으나 2m 단간목에서는 나타나지 않았다. Palmitoleic acid(16:1)의 함량은 김 등(1986)이 0.14%, 윤(1987)이 0.05%, 한과 황(1990)이 0.16%라고 보고한 것 보다는 다소 낮은 값을 나타내었다.

8,11,14-Eicosatrienoic acid(20:3)의 함량은 채종목이 0.12%, 1m 단간목이 0.04%이었으나 2m 단간목에서는 나타나지 않았다. 8,11,14-Eicosatrienoic acid(20:3)의 함량을 모(1975)는 1.80%, 김 등(1988)은 2.30% 및 한과 황(1990)은 1.12% 라고 보고하여 본 연구 결과보다는 다소 높은 값을 나타내었다.

단간에 따른 지방산 함량을 서로 비교하여 볼 때 모두 필수지방산 2종이 포함되어 있었으며, 함유량의 대부분(93% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2),

Oleic acid(18:1) 및 Palmitic acid(16:0)는 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 수형조절에 따른 지방산의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

다. 간벌과 단간에 성분 변화 결론

간벌과 단간이 종자생산량을 증가시키므로 인해 잣 종자의 성분에 어떠한 영향을 끼치는지에 대하여 알아보기 위해 각 처리별(간벌목, 무간벌목, 비단간 채종목, 1m 단간목 및 2m 단간목)로 종자성분 분석을 실시한 결과는 다음과 같다.

① 간벌목과 무간벌목의 일반성분(수분, 회분, 조지방 및 조단백질)은 두 처리간 유의성이 인정되지 않아 간벌이 종자의 성분에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 비단간 채종목과 단간목(1m 단간목, 2m 단간목)의 일반성분 역시 두 처리간 유의성이 인정되지 않아 수형조절 또한 종자의 성분에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

② 간벌목과 무간벌목의 지방산 분석은 함유량의 대부분(94% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았고, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 간벌은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 비단간 채종목과 단간목의 지방산 역시 함유량의 대부분(93% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았으며, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 수형조절은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

따라서 간벌과 단간에 따른 구과 생산량의 증대는 종자의 일반성분과 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

라. 연도를 달리한 단간목의 종자 성분분석

2000년에 수확한 종자의 분석자료는 상기와 같이 세밀히 검토하여 제시하였으며, 상기 분석 방법에 의한 2002년도 결실 종자의 분석 자료를 아래에 제시한다 (Table 34와 Table 35).

2002년에 생산된 종자에서 분석된 각 성분간의 유의적 차이는 인정되지 않았다. 또한 연도별 유의성도 인정되지 않았으므로, 단간에 의한 잣나무 성분의 차이는 일어나지 않는 것으로 결론지을 수 있었다.

Table 34. General component analysis of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit: %).

Component	Moisture	Ash	Crude lipid	Crude protein	Carbohydrate
Seed tree	16.91	1.74	59.29	16.46	5.60
1m Stem-cut tree	19.15	1.74	57.95	12.75	8.41
2m Stem-cut tree	20.27	1.67	56.57	13.29	8.20

Note: Nitrogen coefficient(factor)- 6.25.

Table 35. Fatty acid component of seeds produced from the seed tree and stem-cut seed tree (unit: %).

Sample	Fatty acid(%)						
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3(v)	C18:3(a)
Seed tree	5.328	0.060	2.258	27.360	47.257	13.570	0.123
1m Stem cut	5.536	0.061	2.321	27.594	46.958	13.489	0.185
2m Stem cut	5.402	0.061	2.230	27.528	47.155	13.506	0.184

Sample	Fatty acid(%)					
	C18:4	C20:0	C20:2	C20:3n9	C20:3n6	C22:0
Seed tree	0.275	1.406	0.6853	1.112	0.101	0.134
1m Stem cut	0.401	1.365	0.678	1.057	0.088	0.129
2m Stem cut	0.392	1.402	0.695	1.102	0.097	0.131

6. 관상수로 활용하기 위한 수형 개발

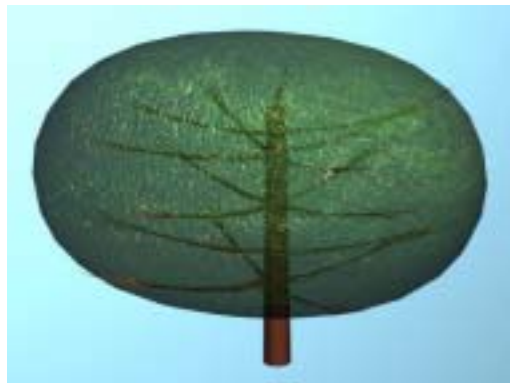
관상용화를 위한 전정은 Fig. 14에서 보는 것과 같은 수형을 목표로 실시하고자 하는 것으로, 3년간의 실행으로는 결과를 얻을 수 없어, Fig. 15에서 그 모양을 제시하며, 본 과제 수행 후에도 지속적으로 연구하고자 한다.



Fig. 14. Example of suggested form for garden plant.



A



B

Fig. 15. Systematic diagram for commercial garden plants.

A: Ball-type. B: Egg type.

7. 왜성화를 위한 섬잣나무 접목 시험

접목을 실시한 약 3개월 후 조사한 접목 활착율은 Table 36과 같다.

Table 36. Survival rate according to grafting.

	Top-branch grafting	First lateral-branch grafting
Survival rate (%)	30.0	21.7

접목에 의한 활착율은 정단지 접목이 30.0%, 측지 접목이 21.7%로 나타나 전체적으로 저조했으나 정단부 접목이 활착율이 높게 나타났다.

접목을 실시한 6개월 뒤인 2002년 9월 경에는 접목묘 모두 고사하여 중간 접목은 결과를 기대하기 어려울 것으로 판단되었다.

2003년 4월에도 동일한 실험을 반복하였으나, 춘기의 건조로 인해 약 10% 정도의 활착율을 6월 중순까지 보였으나, 7월 초순 모두 고사하고 말았다. 이에 대한 연구가 더욱 요구된다.

8. 왜성화를 위한 오옥신 사용 시험

사용된 생장물질은 인돌초산(IAA), 나프탈렌초산(NAA)과 비교구로서 지베리릭산(GA₃)으로 사용 농도는 500, 1000, 2000, 3000, 4000 및 5000ppm이었다. 2001년 가을부터 3개년에 걸쳐 3~5년생의 묘목의 정단부를 제거한 정단면에 산포, 도포 및 접촉제를 이용한 도포 등을 시도하였으나 모두 실패하였다.

그 이유는 잣나무의 수액이 높은 점액성 물질로서 이러한 물질의 투과를 허용하지 않았기 때문이었다. 수액이동이 매우 적은 겨울에는 야외와 온실 내에서 실험하였으나, 결과는 마찬가지였다. 분무기를 이용한 산포도 실시하였으나, 효과는 나타나지 않았다. 따라서, 이에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 있어야 할 것이다.

9. 조기결실 유도를 위한 대표 할접 시험

2002년 4월에 실시한 접목의 동년 10월 성적 조사 결과는 Table 37와 같다. 여기에서 얻어진 접목묘 124본은 2003년 4월에 강원대학교 산림과학대학 연습림에 이식하였고, 78.9%의 활착율을 보였다. 접목시는 접수와 대목간 사이의 건조를 막기 위해 비닐하우스로 접목묘를 보호하는 것이 필요하며, 수분대로

효과적으로 이용할 수 있을 것이다.

Table 37. Grafting ratio by clones.

Clone	No. of grafts	Survival	Ratio(%)
KW8	20	17	85
KW23	20	19	95
KW64	20	19	95
CB1	20	19	95
CB2	20	17	85
KK18	20	17	85
KK27	20	16	80
Total/ Avg.	140	124	88.57



Fig. 14. Grafted seedlings.

10. 조기결실 유도를 위한 고접 시험

이용된 모수는 조기결실 유도를 위한 대묘의 접목 시험에 사용된 가계과 같

다.

춘기 건조, 고접의 방법 오류 또는 고접 자체의 곤란성 등, 그 이유는 분명하지 않으나 접목 후 1개월간 녹색을 띠고 있던 접수 모두 고사하여 5월 하순에는 붉은 색으로 변하고 말았다. 따라서, 고접을 극복하기 위해서는 앞으로 더욱 연구가 있어야 할 것이다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도

목표로 하였던 1, 2 및 3영급의 잣나무 조립지에 적용할 수 있는 수형은 다섯 가지가 개발되었고, 각 수형은 입지 조건, 생장 양태 및 지조 배치 양상에 따라 적용될 수 있을 것이다.

또한, 잣나무 정단부 26가지 특성이 1영급~7영급까지 조사되어 수형조절 후에 가지의 발달 양태를 예측할 수 있게 되었다.

수형조절림이 1영급, 2영급 및 3영급 임분에 다양하게 적용되어 조성되었다. 시범림으로의 활용이 기대된다.

간벌에 의해 구과(구과 생중량, 길이, 폭 및 구과당 종자수)와 종자 특성(종자 길이, 폭 및 무게)에 있어 모든 특성이 개선되었고, 단간 방법에 있어서는 구과 길이와 구과당 종자수를 제외한 모든 특성에서 유의적인 차이가 인정되었다. 이것은 간벌과 단간이 종자의 특성에 영향을 줄 수 있다는 것이 과학적으로 인정되어 수형조절의 이론적 정당성을 마련하였다. 즉, 간벌목이 무간벌목에 비해 1.2배 많은 종자를 생산하였다. 2000, 2001, 2002년 조사된 단간 방법(비단간, 1m 단간, 2m 단간)에 의한 임목당 총 종자생산량은 단간목이 비단간목에 비해 50% 많은 종자를 생산하였으며, 2m 단간목은 1m 단간목에 비해 56% 증가된 종자를 생산하였다.

종자 성분은 간벌과 단간에 따라 변화하지 않는 것으로 나타나 수형조절의 이론적 정당성을 제공하였다. 또한 중요한 지방산 분석에서도, 함유량의 대부분(94% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았고, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 간벌은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 채종목과 단간목의 지방산 역시 함유량의 대부분(93% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았으며, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 수형조절은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 연도별 분석에서도 연도간에 유의성도 인정되지 않았다.

잣나무림 또는 활엽수림 내의 천연치수를 관상용화 할 수 있는 수형이 제시되었다. 제시된 변칙주간형, 배형 및 개심자연형과 정원의 향나무에서 보여지는 다양한 형태, 즉 球形 또는 卵形 등과 결합하여 관상수화하는 수형이었다. 그러나, 여기에는 왜성화와 전정을 위한 방법이 함께 강구되어야 할 것이다.

대묘의 접목 성공률은 88.57%로 높게 나타났고, 산지에 이식시 활착률도 78.9%의 활착율을 보였다. 따라서 대묘의 접목은 앞으로 권장되어야 할 것이다.

잣나무를 수형조절에 의하지 않고 왜성화하기 위한 섬잣나무의 접목과 생장 조절물질 적용 시험은 모두 실패하여 앞으로 이에 대한 연구가 더욱 요구된다.

현재 조림지의 잣나무를 다산성 계통으로 바꾸기 위한 방편으로 실시한 고접도 실패하였다. 고접을 극복하기 위해서는 앞으로 더욱 연구가 있어야 할 것이다.

제 2 절 관련분야에의 기여도

1. 1, 2 및 3영급의 잣나무 조림지에 적용될 수 있는 다섯 가지 수형은 이 분야에서 처음으로 제시되는 것이며, 그에 따른 수형조절림을 영급에 따라 여러 곳에 조성한 것도 국내에서 처음인 것으로 연구진은 알고 있다. 따라서 이러한 시범림은 일반 임가의 수형조절 참고림으로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

2. 잣나무 정단부의 생장 특성이 보고된 것은 의미있는 일로 수형조절을 위한 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

이를 요약하면, 잣나무는 연간 20~44cm의 수고 성장을 하고, 주간에서는 4~6개의 측지가 발달하는데 이들은 12~19cm까지 성장하며, 당년 측지는 51.~68.로 주간과 각을 이루며 전년 측지는 58.~68.의 범위에서 주간에 착지한다. 전년 측지는 4~11cm의 2~3개의 측지를 갖고 12~31cm의 길이 성장이 다음해 일어난다. 당년 주지는 직경이 13~20mm이고, 2년생 주지(전년주지)는 직경이 18~28mm이며 3년생 주지(전전년주지)는 직경이 25~36mm에 이른다. 당년측지와 전년측지는 직경이 각각 7~10mm 및 8~12mm이다.

3. 간벌에 의해 구과(구과 생중량, 길이, 폭 및 구과당 종자수)와 종자 특성(종자 길이, 폭 및 무게)이 모두 개선되며, 심한 단간, 가령 지상부 1m에서의 단간은 종자와 구과 특성을 악화시킬 수 있다는 자료가 얻어져 수형조절을 위한 매우 중요한 자료가 얻어졌다.

4. 간벌목이 무간벌목에 비해 1.2배 많은 종자를 생산하였다. 2000, 2001, 2002년 조사된 단간 방법(비단간, 1m 단간, 2m 단간)에 의한 임목당 총 종자 생산량은 단간목이 비단간목에 비해 50% 많은 종자를 생산하였으며, 2m 단간목은 1m 단간목에 비해 56% 증가된 종자를 생산하였다.

5. 다량의 구과가 단간목에 착과됨으로 구과의 크기가 작아져 적과가 요구된다는 보고는 최초의 보고이다.

6. 간벌목과 무간벌목의 일반성분(수분, 회분, 조지방 및 조단백질)은 두 처리간 유의성이 인정되지 않아 간벌이 종자의 성분에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 채종목과 수형조절목(1m 단간목, 2m 단간목)의 일반성분 역시 두 처리간 유의성이 인정되지 않아 수형조절 또한 종자의 성분에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 간벌목과 무간벌목의 지방산 분석은 함유량의 대부분(94% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았고, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 간벌은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 채종목과 수형조절목의 지방산 역시 함유량의 대부분(93% 이상)을 차지하는 Linoleic acid(18:2), Oleic acid(18:1), Palmitic acid(16:0)가 처리간 유의성이 인정되지 않았으며, 필수지방산 2종을 모두 함유하고 있어 수형조절은 잣 종자의 지방산 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 연도별 분석에서도 연도간에 유의성이 인정되지 않았다. 잣 성분분석은 많이 보고되었으나, 이와 같은 간벌과 단간에 의한 성분변화 보고는 처음으로 수형조절의 정당성을 제공하였다.

7. 잣나무림 또는 활엽수림 내의 천연치수를 활용한 관상용 방안이 처음 제

시되었다. 즉, 앞에 제시된 변칙주간형, 배형 및 개심자연형과 정원의 향나무에서 보여지는 다양한 형태, 즉 球形 또는 卵形 등과 결합하여 관상수화하는 수형이 제시되었다. 그러나, 이의 성공을 위해서는 왜성화와 전정법이 차후 강구되어야 할 것이다.

8. 대묘의 접목 성공률이 매우 높아 (88.57%), 다산성 잣나무 양묘가 권장될 수 있을 것이다. 또한 조기 결실이 가능하여져 산에 잣나무 과수원 조성을 기대할 수 있게 되었다. 그러나, 기존 잣나무림을 다산성 계통으로 바꾸기 위한 고점은 실패하여 이를 극복하기 위해서는 앞으로 더욱 연구가 있어야 할 것이다.

9. 잣나무는 종간 접목이 어려우며, 생장물질 사용도 어렵다는 것이 밝혀졌다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 활용계획 ----

연구 내용 결과는 일반에게 공개하는 것을 원칙으로 하며, 더 많은 시범림을 강원대학교 산림과학대학 학술림에 조성하고, 또한 홍천군 및 산림청 춘천관리소와 공동으로도 조성하고자 한다.

제 2 절 계속 연구 수행 계획 ----

1. 수형조절에 의해 조성된 잣나무가 어떻게 수형이 변화하여 갈지 지속적인 연구가 필요하다.
2. 잣나무의 풍흉 주기에 대한 정확한 정보가 있어야 할 것이고, 동물 또는 자생적 낙과에 의해 손실률이 구명되어야 할 것이다.
3. 관상화하기 위한 전정법 개발이 있어야 할 것이나 이것은 많은 시간이 필

요하게 될 것이다.

4. 본 연구에서는 성과를 얻지 못하였지만, 단간에 의하지 않은 왜성화 방안이 강구되어야 할 것이다.

5. 대묘 접목과 달리 고접이 실패하였는데 이의 극복이 필요하다.

6. 중간교잡에 의한 잣나무의 과수화 방안을 마련하여야 한다.

이러한 연구의 필요성을 인식하여 연구자는 계속 수형조절 연구를 실시할 것이다. 홍천군과는 이미 2005년까지 공동연구 협약을 마친 상태이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학 기술정보

다음 자료는 연구책임자가 2002년 7월 중국 요령성의 본계현 초하구에 조성한 단간 잣나무 현지를 방문하여 얻은 자료이다. 현재는 27년생 정도의 3영급 림으로 2차 수형조절을 실시하고 있었다.

< 연구의 개요 >

1981-1990년에 잣나무종자원의 13년생 모수에 대하여 수액이 유동하기 1개월 전에 단간을 하였다. 주지의 정단지를 제거하여 상층 마디에 3-5개 측지를 남겨 장래의 다주지로 유도하여 잔 모양의 수관을 형성하였다. 결실은 각 주지의 정단에서 일어났으며 결실량은 대조구보다 40% 증가하였다. 동시에 수고의 낮춤에도 매우 유익하였다.

1) 실험지 개황

실험지는 요령성의 본계현 초하구이다. 위치는 동경123°51', 북위40°53', 해발 200-300m이다. 초하구는 온대냉 육지성 기후이다. 년평균기온은 6.1℃, 7월이 제일 덥고 평균기온이 22.2℃, 최고기온은 36.1℃이다. 1월이 제일 춥고 평균기온이 -12.5℃, 최저기온은 -31.7℃이다. 무상기는 127.6일간이고 적설기는 149.1일간, 년강우량은 926.3mm이다. 년증발량은 1072.5mm, 년평균 상대습

도는 72%, 절대습도 평균은 950Pa, 평균풍속은 1.9m/s, 년 평균 일조시수는 2285.3h, 년평균 일조율은 51%이다. 산림 토양 pH는 5.5-6.2, 유기질함량은 2.81%, 전체질소는 0.73%, 가용성 질소는 0.0149%, 전인은 0.525%, 속효성 칼륨은 13.7ppm이다. 서북향이고 경사는 10-20°이다. 62개 무성계로 조성된 채종원으로 면적이 41ha이다.

2) 재료와 방법

실험재료는 13년생 잣나무 무성계종자원의 모수이다. 실험은 수형조절 시기, 부위, 주지수등 3개 인자를 포함한다. 실험인자의 각 실험조합과 대조 모두가 5개의 같은 무성계로 이루어졌다. 무성계의 활착율이 서로 다르기에 각 실험조합의 본수는 다르다.

잣나무의 각 마디의 이름은 위로부터 아래로 번호를 다는데 제일 위의 마디를 1층, 아래로 가면서 2층, 3층으로 번호를 단다. 1985년 12월 중순과 1986년 1-4월 중순에 각각 한차례의 단간을 하였다. 3 또는 4층부터 정부를 제거하되 제거부위로부터 하층 마디의 사이는 20~25cm로 한다. 정부를 제거한 후 남겨둔 상층 마디 가지 중에서 3개 가지(길이와 굵기가 비슷하고 분포가 균일함)를 남겨 장래의 3개 주지로 한다. 나머지 가지는 전부 제거한다.

1) 정단부 제거부위 시험: 실험조합 모두 5개- 1층 이상에서; 1, 2층 사이; 2, 3층 사이; 3, 4층 사이; 4, 5층 사이. 정단부 제거 후 남은 제일 윗마디에서 3개의 측지를 남겨 장래의 주지로 하며 기타 측지를 제거해버린다.

2) 남기는 주지수 시험: 대조구를 포함하여 전체 3개 실험조합- 3, 4층 마디 사이에서 정단부를 제거한 후 상층 마디에서 3개 또는 5개 측지를 남겨 장래의 주지로 하고 기타 측지는 전부 제거한다.

3) 결과 및 분석

초하구에서는 6월에 화원기가 형성되어 제2년차의 6월 중순에 개화, 제3년차의 9월 중순에 구과가 성숙한다.

자화형성부위: 50년생 이하의 잣나무인공림의 임목에서 자구화는 자구화층수에서 차지하는 비율은 수령의 증가에 따라 증가하며 50년이 될 때에 22% 정

도로 증가한다. 측지의 자구화와 구과는 비교적 적고 매년 또는 단위면적의 결실량은 주지결실량에 의해 주로 결정된다.

결실주기: 잣나무 결실은 뚜렷한 증감년의 구분이 있다. 5년에 2회 풍년이 있다. 수형조절이 결실촉진 실험의 연도는 적어도 2회 풍년과 1회 감년이 포함되어야 년 평균 산량을 얻을 수 있다.

① 단간 시기가 모수 결실에 대한 영향

1985년 12월과 1986년 1-4월에 단간을 하였다. 처리목은 1986년 6월에 화원을 형성, 1987년에 개화, 유과가 형성되었다. 1988년은 단간 후 첫 번째 결실년이다. 단간 시기는 주로 1988년 결실량에 영향을 주고 그 다음의 결실량에는 영향이 적었다. 단간 후의 나무는 측지가 주지를 대체하고 유과가 없다. 결실촉진의 차원에서 볼 때 12월 중순-3월중순 사이에서 모두 진행할 수 있고, 12월-2월은 온도가 낮고 주지와 측지가 쉽게 끊어 질 수 있다. 4월 중순에는 수액이 유동하기에 단간으로 수지가 흘러나오기에 수목생장과 개화에 불리하다. 때문에 수액유동 1개월 전에 진행하는 것이 제일 좋다.

② 단간 부위가 결실에 대한 영향

단간 부위에 따라 종자 생산량에 뚜렷한 변화가 있다. 대조구와 비교하여, 1층 이상에서 단간- 40.6% 증산; 1, 2층 사이에서 단간- 45.4% 증산; 2, 3층 사이에서 단간- 25.8% 증산; 3, 4층 사이에서 단간- 28.1% 증산; 4, 5층 사이에서 단간- 11.9% 감산을 보였다.

즉, 구과수, 종자 생산량의 총 추세는 고에서 저로 나타났다. 조절강도가 약하면 결실량이 높고 조절강도가 강하면 결실량이 낮다. 이것은 조절 후의 나무의 광합성작용에 의한 건물질의 다소와 관계가 있다. 건물질의 형성은 95%가 광합성작용에서 직접 오고 단 5%만이 근부 흡수에서 온다. 강도 높게 조절한 나무는 잎의 총면적이 작고 광합성작용이 형성한 건물질도 적어서 원기형성, 개화, 구과 발육에 공급하는 양분이 약하게 조절을 한 나무보다 적기 때문에 강도 높은 조절은 나무의 결실량을 감소시킨다.

단간목의 침엽 총 면적은 비단간목보다 적고 형성한 건물질도 적다. 무엇 때문에 단간목의 결실량이 비단간목의 그것보다 높은가? 잣나무는 정아우성이 비교적 강한 수종이고 조절 후 나무가 형성한 건물질은 비록 감소하지만 집중 분포하기에 다주지의 양분은 상대적으로 증대하므로 대량의 구과를 형성할 수 있다고 본다.

③ 단간에 의하여 남은 가지가 주지가 되어 결실에 주는 영향
3, 4층 사이의 정부를 제거한 후 3개 또는 5개 주지를 남기면 결실을 촉진할 수 있다.

㉞ 합리적인 단간은 결실을 촉진한다

단간 후 3개 또는 5개 주지를 남긴 나무의 결실율이 비교목보다 28%에서 143%까지 증산되었다.

㉟ 서로 다른 주지수의 보류에 의한 증산 효과

단간 후 5개주지를 남길 경우의 결실효과가 3개주지를 남길 경우보다 높다. 5개 주지의 나무에는 5개의 우세지가 있어 3개의 우세지의 나무보다 2개이 가지가 더 많기에 결실량도 증가한다. 하지만 주지가 많으면 많을수록 결실량이 많은 것은 아니다. 3개 주지를 남긴 나무의 평균 매 가지에서의 매년 종자산량은 99.9g이지만 5개 주지를 남긴 나무의 평균 매 가지에서의 매년 종자생산량은 71.8g이다. 이것은 주지수가 많으면 많을수록 매 가지의 우세정도가 상응하게 떨어진다는 것을 설명한다.

㊱ 다른 가계는 단간에 반응하여 잣 증산효과가 다르다

같은 처리를 받아도 가계가 다르기에 단간 후의 가계별로 종자 증산폭이 다르다.

④ 단간이 자·응화비에 대한 영향

단간은 응화형성을 촉진하는 작용이 자화형성을 촉진하는 작용보다 크다.

⑤ 단간이 수고의 낮춤에 대한 영향

단간의 목적은 결실의 촉진과 수고의 낮춤에 있다.

제 7 장 참고문헌

제 1 절 국내 문헌

1. 강화석, 강위수, 이재선. 1995. 잣수확의 기계화 연구(Ⅲ) -원형톱에 의한 잣나무 가지의절단에 소요되는 동력-. 한국농기계학회지 20(3): 245-249.
2. 강화석, 김상현, 이재선, 이귀현. 1994a. 잣 수확의 기계화 연구 (I) - 잣송이

- 의 물리적 성질-. 한국농업기계학회지 19(1):9-16.
3. 강화석, 김상헌, 이재선. 1994b. 잣 수확의 기계화 연구 (II) - 잣나무 가지의 전단 특성 -. 한국농업기계학회지 19(1):17-21.
 4. 권기원, 최정호, 정진철. 2000. 주요경제수종의 광선요구도와 수분특성에 관한 연구(I)- 인공피음처리를 실시한 낙엽활엽수 6종의 수분통도성 변화. 한임지 88(3): 292-298.
 5. 김계환, 오혁근, 서병수, 박준모, 김상용. 2000. 리기다소나무와 잣나무 화분의 화학적 성분과 파쇄 조건에 관한 연구. 임산에너지 19(1): 30-37.
 6. 김 명, 이숙희, 유정희, 최홍식. 1988. 잣 지방질의 산화 안정성에 관한 연구. 한국식품과학회지 20(6): 868-872.
 7. 김 명, 이숙희, 최홍식. 1984. 잣지질 성분의 분획정량 및 각 획분의 지방산 조성. 한국영양식량학회지 13(4): 406-412.
 8. 김송숙. 1981. 잣의 지방질 성분에 관한 연구. 연세대학교 석사학위논문.
 9. 김영모, 최선기, 변광욱, 김영중. 1990. 잣나무 채종목의 구과 발달과 몇 특성 변화와의 관계. 임목육종연구보고 26 : 104-108.
 10. 김용갑, 정규능, 石井濤, 村木繁. 1986. 잣의 향기성분에 관한 연구. 한국식품과학회지 18(2): 105-109.
 11. 김정호, 김종천, 고광출, 박홍섭, 김규래, 이재창. 1993. 과수원에충론, 향문사. pp. 140-142.
 12. 모수미. 1975. 한국산 각종 종실류의 지방산에 관한 연구. 한국영양학회지 8(2): 19-26.
 13. 민경현. 1974. 잣나무 종자 성숙과정에 있어서의 내적변화와 발아력에 대한 연구. 한국임학회지21: 1-34.
 14. 백광욱. 1968. 백자실 성분에 관한 연구. 춘천농대 연구논문집 2: 4-44.
 15. 산림청. 1973, 1978, 1983, 1988, 1993, 1997, 1998. 임업통계연보.
 16. 송재모, 심태흠, 이재선. 2002. 잣나무의 수형조절(VII) - 잣나무의 간벌과 수형조절이 종자의 성분에 미치는 영향(제1보) -. 강원대학교 산림과학연구보고 18:87-96.
 17. 윤태현. 1987. 한국산 잣 지방질의 지방산 조성. 한국영양식량학회지 16(2): 93-97.

18. 이상봉, 송정호, 한상섭, 박문한. 1997. 잣나무 집목채종원에 있어서 수형조절목과 비수형조절목의 물질분배 및 구과생산 특성에 관한 연구. 임육연보 33: 54-63.
19. 이위영, 박유현. 1991. 채종원산 잣구과 성숙과정에 따른 종자의 특성 변화. 임육연보27:102-105.
20. 이재선, 송정호. 1998. 잣나무의 수형 조절 (II) - 각 영급의 수관 정단부의 성장 특성 비교-. 강원대학교 임과대학 연습림 학술림연구지 18:54-65.
21. 이재선, 송정호, 배찬호. 1999. 잣나무의 수형조절(IV) - 영양계 채종원과 3영급의 수관정단부 성장 특성의 비교 -. 강원대학교 산림과학대학 학술림연구지 19 : 6-15.
22. 이재선, 송정호, 배찬호. 1999. 잣나무의 수형조절(IV) - 영양계 채종원과 3영급의 수관정단부성장 특성의 비교 -. 강원대학교 산림과학대학 학술림연구지 19:6-15.
23. 이재선, 송정호, 한상익, 박문한. 1999. 잣나무의 수형조절(III) - 3영급이하 인공림에서 잣과 목재 생산을 위한 수형 -. 한국임학회지 88(2):195-204.
24. 이재선, 송재모, 송정호, 배찬호, 한상익, 박유현, 허성두. 2002. 잣나무의 수형조절(VI) - 간벌과 단간이 종자 생산과 종자특성에 미치는 영향(제1보) -. 한국임학회지 91(3):247-253.
25. 이재선, 장준근, 한상익. 1993. 잣나무의 수형 조절 (I) - 2령급과 3령급의 수관 정단부의 성장 특성 비교 -. 강원대학교 임과대학 연습림 연구보고 13:65-73.
26. 임목 육종연구소. 1989. 채종원의 육성관리 지침 - 낙엽송을 중심으로 -. pp. 1-38.
27. 임업시험장. 1985. 주요수종의 수익성. 임업시험장연구자료 제25호. 14pp.
28. 전상근, 노유희. 1983. 잣나무에 있어서 수형이 결실량에 미치는 영향. 한국임학회지 62: 19-23.
29. 탁우식, 권혁민, 정덕영. 1985. 채종원산 소나무 및 잣나무 종자 특성과 초기생장. 임목육종연구보고 21 : 63-66.
30. 탁우식, 권혁민, 정덕영, 장대경, 황석인, 서재덕. 1988. 소나무, 잣나무, 리기테다소나무의 구과채취 시기별 종자품질 및 유묘생장. 임목육종연구보고 24

: 69-74.

31. 한상섭, 황병호. 1990. 잣 종자의 아미노산, 지방산, 비타민 분석. 한국임학회지 79(4): 345-351.
32. 한상억, 권혁민, 최선기, 김재준. 1982. 잣나무 수형목 유전형질에 관한 연구 I. 수형목 구과 및 종자의 형질. 임목육종연구보고 18 : 33-39.
33. 한상억, 유세걸, 정현관. 1999. 구과분석을 통한 잣나무 채종원의 종자생산 효율 추정. 임업연구원 삼림과학논문집 61 : 27-32.
34. 한상억, 이재선. 1994. 잣나무 수형목의 종자특성과 품매차대의 수고생장. 임육연보 : 3-10.
35. 한상억, 최완용, 장경환. 1999. 소나무 채종원에서 클론간 개화, 구과 및 종자생산량의 변이. 강원대학교 산림과학논문집 61 : 18-26.

제 2 절 외국 문헌

36. An, Z., Wang, X., and Wang, W. 1992. A Study on pruning in *Pinus koraiensis* seed orchards. In Seed Orchard Techniques, (Ed.) Shen, X., Beijing Science & Technology Publishing Co., Beijing, China. pp 201-207.
37. Chi J. 1994. Investigations on provenance of clones, density, site condition and cone yield in Chinese fir seed orchard. In Seed Orchard Techniques for High Genetic Quality and Ample Production of Seeds, (Ed.) Shen X., China Forestry Publishing Co., Beijing, China. pp. 40-45.
38. Coffen, D. O. and Bordelon, M. A. 1981. Stem Breakage Effect on Cone and Pollen Production in *Pinus Monticola*(Dougl.). Res. Note INT-312, Intermountain For. & Range Expt. Station, Agr, UT. pp. 1-7.
39. Copes, D. L. 1973. Effect of annual leader pruning on cone production and crown development on grafted Douglas-fir. *Silvae Genet.* 22:167-173.
40. Fowler, D. P. 1965. natural self-fertilization in three jack pines and its implications in seed orchard management. *For. Sci.* 11(1):55-58.
41. Gansel, C. R. 1977. Crown shape in a slash pine seed orchard. Proc 14th South. Forest Tree Improvement Conf., June 14-16, 1977, Gainesville,

FL, USA. pp. 144-151.

42. Gerwig, D. M, 1987. Annual top pruning as a crown management technique in a young loblolly pine seed orchard to reduce height and still produce flowers. Proc. 19th South. Forest Tree Improve. Conf., June 16-18, 1987, College Station, Texas, USA. pp. 208-215.
43. Hoff, R. J., and Coffen, D. O. 1982. Recommendations for selection and management of seed orchards of western white pine. Res. Note INT-325, Intermountain For. & Range Expt. Station, Ogden, UT, USA. pp. 1-7.
44. Matheson, A. C., and Willcocks K. W. 1976. Seed yield in a Radiata pine seed orchard following pollarding. N. Z. J. For. Sci. 6(1):14-18.
45. Melchoir, G. H., and Heitmueller, H. -H. 1961. Increasing the number of flowers in grafts of *Pinus sylvestris* by pruning. *Silvae Genet* 10(6):180-186.
46. Nienstaedt, H. 1981. Top pruning white spruce seed orchard grafts. *Tree Planters' Notes*. 32:9-13.
47. Ronald F. smith. 1998. Effects of stem injections of gibberellin A and paclobutrazol on sex expression and the within-crown distribution of seed and pollen cones in black spruce (*picea mariana*). *Can. J. Res.* 28:641-651.
48. Ross, S. D., and Pharis R. R. 1981. Recent development in enhancement of seed production in conifers. Proc. 18th Meet. Canadian Tree Improve. Assoc., Part 2: Symp. Seed Orchards and Strategies for Tree Imprve., Aug. 17-20, 1981, Duncan, British Columbia, Canada. pp. 26-38.
49. Kozłowski, T. T. and Pallardy, S. G. 1997. *Physiology of Woody Plants*. pp.42-43.
50. Varnell, R. J. 1969. Female-strobilus production in a slash pine seed orchard following branch pruning. Proc. 10th South. Conf. Forest Tree Improve., June 17-19, 1969, Houston, Texas, USA. pp. 222-228.
51. Wang X., Z. An, W. Wang, and P. Wu. 1992. Study on increasing th fertilized cone rate of *Pinus koraiensis* in a clonal seed orchard. In *Seed Orchard Techniques*, (Ed.) Shen, X., Beijing Science & Technology

Publishing Co., Beijing, China. pp. 208-213.

52. Wright J. W. 1976. Introduction to forest genetics. pp. 201-202.

53. Zobel B. J., J. C. Barber, C. L. Brown, and T. O. Perry. 1958. Seed orchards - their concept and management -. J. For. 56(11):815-825.