

최 종
연구보고서

참나무류의 고부가가치를 위한 생리·생태·
물질현존량에 대한 연구 및 이용 기술 개발
The Study of Eco-physiological Properties and
Biomass of Oaks for their Highly Value-Added
Utilization and Exploitation of their Application
Technology

주관연구기관
충 남 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “참나무류의 고부가가치를 위한 생리·생태·물질현존량에 대한 연구 및 이용 기술 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 7월 23 일

주관연구기관명 : 충 남 대 학 교

총괄·세부연구책임자 : 송 호 경

세부연구책임자 : 권 기 원

박 관 수

강 호 양

연 구 원 : 이 선, 이종신

배상원, 최정호

서건식, 이미정

김호정, 지운의

김선아, 이관영

연 구 보 조 원 : 권오원, 강병식

임재구, 김준성

고소현, 이상진

진병진, 차재민

정지영, 천선해

신규현, 안두영

요 약 문

I. 제 목

참나무류의 고부가가치를 위한 생리·생태·물질현존량에 대한 연구 및 이용 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

1) 생리·생태·물질현존량의 측면

- 참나무류(*Quercus* sp.)의 생리적인 특성, 생태적지 및 적정 생육환경을 규명하여 우량목을 선발 보급한다.

2) 이용개발 측면

- 참나무류의 건조 및 가공기술을 개발하여 고부가 상품을 만들 수 있는 기술을 정립한다.

2. 연구개발의 필요성

1) 기술적 측면

- 참나무류(*Quercus* sp.)는 건조성과 가공성이 소나무보다 떨어져 좋은 목리와 재색을 가지고 있는 고급 수종임에도 불구하고 건조성과 가공성이 좋은 소나무에 밀려 특수한 용도를 제외하고는 활잡목으로 취급받아왔다.
- 이에 반해 유럽 선진국에서는 일찍부터 참나무류를 고급 수종으로 인식하고 건조, 가공 기술을 개발하여 고부가가치 수종으로 이용하고 있다.
- 참나무류(*Quercus* sp.)는 이용적 측면에서 크게 백참나무와 적참나무로 나누는 데 이들은 분류학적인 차이 뿐만아니라 이용적 면에서도 큰 차이를 나타낸다. 백참나무는 재색이 희기 때문에 적참나무보다 더 선호하나 건조가 어렵다. 조건이 같을 경우 백참나무의 건조시간은 적참나무의 두배이며, 건조결함도 더 많이 발생한다. 따라서 건조목의 가격은 백참나무가 적참나무의 두 배에 가깝다.

- 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무, 갈참나무 등 국내 참나무류(*Quercus* sp.)는 모두 백참나무로 건조가 어렵기 때문에 단단하고 목리가 아름다움에도 불구하고 전통가구나 전승공예품 등 고급품으로 이용되지 못하였다.
- 현재 임지에서 생산되고 있는 참나무류(*Quercus* sp.) 원목 중 많은 양이 입목 때부터 썩어 있어 상품가치가 현저히 떨어진다. 그 이유는 분명히 밝혀지지 않았으나 맹아 갱신된 수목에서 많이 발생한다고 알려져 있다.
- 이러한 참나무류(*Quercus* sp.)를 고부가가치 수종으로 키우기 위해서는 첫째 참나무류의 생리·생태 연구를 통하여 생육적지를 파악하고 우량품종을 선발하여야 하며, 둘째 입목 때부터 썩어 가는 원인을 구명하여 참나무의 상품가치를 높이고, 셋째 참나무류(*Quercus* sp.)의 물질현존량을 측정하여 우리 나라에 분포하고 있는 참나무류의 현존량을 추정하며, 넷째 효과적인 건조기술을 개발하여 생산수율을 높이고, 다섯째 참나무 소경목에 알맞는 디자인 상품을 개발하여야 한다.

2) 경제·산업적 측면

- 국내에서 현재 생산되는 참나무류(*Quercus* sp.)는 최상급이 표고 자목으로 팔리고 있으며 대부분이 저급인 펄프목으로 이용되고 있다. 참나무 특유의 아름다운 목리를 살리는 고급 상품으로 유통되지 못하고 있다.
- Whisky barrel이라고 알려진 참나무 술통이 개당 100만원 이상의 가격으로 수입되어 주류 제조회사에서 사용하고 있다. 이 술통에 사용되는 참나무도 백참나무로 우리나라에서 자라고 있는 참나무류(*Quercus* sp.)와 같은 종류이다. 현재 국내 입목은 흉고직경이 적기 때문에 수입 술통과 같이 큰 술통을 만들지 못한다고 할지라도 규모를 줄여 만듬으로써 수입 대체 효과를 얻을 수 있으나 아직 시도된 바 없다. 이를 위해 현재 임지에 자라고 있는 임목의 생육적지를 파악하고 우량품종을 선발하여 참나무류의 분포를 확대 시킴으로써 생산성 있는 임업을 위한 밑거름을 만들 수 있다.

3) 사회·문화적 측면

- 얼마 전 TV에 독일에서 참나무(*Quercus* sp.) 한 그루의 가격이 벤츠 한 대의 가격과 같다고 하는 내용이 방영된 적이 있다. 참나무(*Quercus* sp.)가 그렇게 비싸다는 데 놀랐으며, 또한 "참나무는 우리나라에도 많은데 왜 우리나라에는 그렇게 잘 자란, 고급 참나무는 없는가" 라는 의문을 모두 가졌다.

- 우리나라에서 자란 참나무류(*Quercus* sp.)가 외국산 참나무보다 우리에게 친숙하리라는 것은 불문가지다. 많은 사람들이 잘 가공된 참나무 제품을 접함으로써 우리 목재에 대해 익숙해지고 나아가 우리 문화 속에 녹아있는 참나무에 대한 인식을 새롭게 할 수 있다. 목공예 제작자, 목재디자인 전문가들에게 좋은 참나무 소재를 제공함으로써 잘 디자인된 제품이 나올 수 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

세부과제 1 : 참나무류(*Quercus* sp.)의 생육적지 및 적정 생육환경 규명

- 1차년도
 - 굴참나무의 생태 적지 및 적정 생육환경 규명
 - 식생조사, 지형조사, 토양조사 및 분석
 - 종합 분석에 따른 우량목 지역의 생태적 환경요인 분석
- 2차년도
 - 졸참나무의 생태 적지 및 적정 생육환경 규명
 - 식생조사, 지형조사, 토양조사 및 분석
 - 종합 분석에 따른 우량목 지역의 생태적 환경요인 분석
- 3차년도
 - 신갈나무의 생태 적지 및 적정 생육환경 규명
 - 식생조사, 지형조사, 토양조사 및 분석
 - 종합 분석에 따른 우량목 지역의 생태적 환경요인 분석

세부과제 2 : 참나무류 주요수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구

- 1차년도
 - 현지 임분조사를 통한 참나무류의 치수발생 실태조사 및 분석
 - 수종별, 입지별, 임분의 특성별, 기타 요인별로 임분의 하층에 발생하는 참나무류 치수의 종류 및 빈도 분포와 이들의 생육 실태에 대한 조사 분석
- 2차년도
 - 참나무류 주요수종의 천연갱신 및 인공갱신에 대한 비교 분석

- 시험 포장 또는 현지 임분을 대상으로 실생묘 조립, 직파조립, 맹아갱신, 천연치수 육성 등 참나무류 임분의 조성 또는 갱신에 적용할 수 있는 조립기술을 적용
- 각각의 갱신 방법이 지니는 장단점 및 개선 보완하는 기술적인 방안을 분석
- 3차년도
 - o 참나무류 주요수종의 갱신전략 수립
 - 실생묘와 맹아묘 등을 대상으로 이들의 생장 특성을 분석 평가
 - 참나무류 주요 수종의 갱신 전략을 수립
 - 옹이, 내부부후 등 생장결함의 발생요인 규명

세부과제 3 : 참나무류 천연림의 물질현존량 분석

- 1차년도
 - o 굴참나무 천연림 물질현존량 분석
 - 굴참나무의 물질현존량과 총현존량 추정
 - 토양의 이·화학적 특성조사
- 2차년도
 - o 졸참나무 천연림 물질현존량 분석
 - 졸참나무의 물질현존량과 총현존량 추정
 - 토양의 이·화학적 특성조사
- 3차년도
 - o 신갈나무 천연림 물질현존량 분석
 - 신갈나무의 물질현존량과 총현존량 추정
 - 토양의 이·화학적 특성조사

세부과제 4 : 건조 및 가공 기술개발

- 1차년도
 - o 우량목 선발을 위한 해부학적, 물리적 성질 조사
 - 해부학적인 성질 조사
 - 수고와 직경에 따른 밀도분포, 생재함수율 변화 조사
- 2차년도
 - o 건조기술 개발

- 건조 전처리 및 pallet 건조법의 효과 조사
- 열기건조법의 최적 건조 스케줄 개발
- end coating 제 효과 조사
- pallet sticker를 이용한 참나무 디스크 건조기술을 개발
- 3차년도
 - o 가공기술 개발
 - 참나무의 휨 가공기술을 개발
 - 참나무 공예품 디자인 개발 및 제작

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

1) 참나무류(*Quercus* sp.)의 생육적지 및 적정 생육환경 규명

- ① 참나무류의 최적 분포범위는 온량지수(warmth index)로 볼 때, 굴참나무가 77-95℃ · month, 졸참나무 67-92℃ · month, 신갈나무 55-90℃ · month, 상수리나무 85-99℃ · month이다. 우리나라 위도와 해발고에 따른 적정 범위를 보면, 신갈나무 임분은 북위 약 35°에서는 해발고 약 800m~1,400m의 범위에, 북위 약 36°에서는 해발고 약 600m~1,200m의 범위에, 북위 약 37°에서는 해발고 약 400m~1,000m의 범위에, 북위 약 38°에서는 해발고 약 200m~800m의 범위에 분포한다. 그리고 졸참나무 임분은 신갈나무 임분보다 해발고 약 250m 하부에, 굴참나무 임분은 약 470m 하부에, 상수리나무 임분은 약 640m 하부에 분포한다.
- ② 수종별 사면 방향을 보면, 굴참나무 임분은 주로 남동·남·남서사면이 대부분을 차지하고 있고, 졸참나무 임분과 신갈나무 임분은 주로 북·북동·북서사면이 대부분을 차지하고 있다.
- ③ 굴참나무림에서 중요치가 높은 종은 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 비목나

무, 소나무, 산벚나무 등의 순이다. 흉고직경급을 분석한 결과 굴참나무림은 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 것으로 보아 당분간은 굴참나무가 우점할 것으로 예상되나, 어린 개체의 밀도가 증가하고 있는 졸참나무, 신갈나무와 경쟁이 심화될 것으로 예상된다. TWINSpan에 의한 분류 결과 굴참나무림은 굴참나무-신갈나무군락, 굴참나무-쪽동백나무군락, 굴참나무-굴피나무군락, 굴참나무-매죽나무군락으로 구분되었다.

④ 졸참나무림에서 중요치가 높은 종은 졸참나무, 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무, 쪽동백, 물푸레나무, 때죽나무의 순이다. 흉고직경급을 분석한 결과 졸참나무림은 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체와 어린개체의 밀도가 높은 것으로 보아 당분간은 졸참나무가 우점할 것으로 예상되나, 어린 개체의 밀도가 증가하고 있는 신갈나무, 물푸레나무 등과 경쟁이 심화될 것으로 예상된다. TWINSpan에 의한 분류 결과 졸참나무림은 졸참나무-고로쇠나무군락, 졸참나무군락, 굴참나무-상수리나무군락으로 구분되었다.

⑤ 신갈나무림에서 중요치가 높은 종은 신갈나무, 당단풍, 철쭉꽃, 고로쇠나무, 피나무, 물푸레나무 등의 순이다. 흉고직경급을 분석한 결과 신갈나무는 큰 개체와 작은 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이고 있어 계속해서 우점할 것으로 판단된다. TWINSpan에 의한 분류 결과 신갈나무림은 신갈나무-팔배나무군락, 신갈나무-피나무군락, 신갈나무-쇠물푸레나무군락 및 신갈나무-쪽동백나무군락으로 구분되었다.

⑥ 참나무류 임분들과 환경 요인과의 상관관계를 보면, 신갈나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 가장 높고 전질소 등의 양료가 많은 북동·북·동사면에 주로 분포하고 있다. 졸참나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 중간이고 전질소 등의 양료가 많은 편인 북·북동·북서사면에 주로 분포하고 있다. 굴참나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 가장 낮고 전질소 등의 양료가 적은 남동·남·남서사면에 주로 분포하고 있다.

2) 참나무류 주요수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구

우리나라에서 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무를 포함한 몇 가지 낙엽성 참나무

류는 이들의 전국적인 분포면적과 함께 경제적으로나 생태학적으로 다양한 가치를 지니고 있기 때문에 대단히 중요한 활엽수로 흔히 인식되고 있다.

본 연구는 3년에 걸쳐서 상기 참나무류가 우점하는 숲에 대해 보다 개선된 갱신전략을 수립하고자 실시되었다. 가리왕산, 덕유산, 지리산, 백운산, 포항의 산림 가운데 참나무류가 우점하는 천연림에서 선정된 840개의 조사구에 대해서 생태 및 조림학적인 연구를 수행하였다. 공주와 부여의 산림 내에서는 실생묘 조림, 직파조림, 맹아갱신, 무육관리, 야생동물에 의한 피해 예방에 대해 몇 가지 현장 실연연구를 수행하였다. 충남대학교 조림학실험실과 묘포에서는 종자 발아와 용기묘 생산에 관한 몇 가지 생리학적 실험과 포장 시험이 실시되었다.

- ① 상기 참나무류 각 수종에 대해 일반적으로 알려져 있는 생태적소에도 불구하고 이들 참나무류는 그들의 폭넓은 입지 적응력 때문에 조사된 산림의 참나무류 우점임분 내의 거의 모든 생태적소에 불규칙한 모습으로 분포되어 있었다. 그러므로 참나무류 숲을 조성할 때에는 온도, 상대습도, 광선과 같은 커다란 환경입지인자와 함께 토양 특성이나 토양수분 등과 같은 미세한 입지환경인자도 세심하게 분석해야만 할 필요가 있다. 참나무류가 우점하는 숲 내에는 소나무, 물푸레나무, 고로쇠나무, 층층나무, 박달나무, 산벚나무, 피나무 등의 다양한 수종이 흔하게 출현하고 있었다. 이들 수종 대부분은 이들이 지닌 경제적 가치나 생태적 측면 때문에 참나무류에 수반되어 분포하는 중요한 수종으로 그 산림 내에 적절하게 혼효되어야 한다.
- ② 상기 산림의 상층 임관에 분포된 참나무류 개체목의 수관급이나 수간급에 관련된 형질의 평균치는 대부분 중 이상으로 평가되었다. 또한 참나무류의 형질들은 다른 대부분의 수종들 보다 다소 양호한 것으로 추산되었다. 그러나 상층 임관 아래에서 자라는 참나무류나 기타 수종들의 유령목에서는 상기 형질들의 평균치가 대부분 중 이하의 수준에 머무는 것으로 평가되었다. 비록 이들의 형질이 불량하다고 하더라도 상층 임관 하부에 분포된 어린 참나무류 대부분은 당분간 적당히 무육 관리하면서 보존할 필요가 있다. 왜냐하면 어린 나무들의 형질은 이들이 자라면서 자연적으로 또는 인공적으로 개선될 수 있기 때문이다.
- ③ 참나무류 우점 임분 내에서 상기 모든 참나무류의 천연 실생묘의 수는 대략 맹아묘의

1/2에서 1/3 정도로 훨씬 적게 발생하였다. 산림 내에서 참나무류 천연 실생묘와 맹아묘의 전체 수량은 ha당 대략 5,000~6,000본 또는 그 이상으로 추산되었다. 그러나 그 수량은 완전한 임분밀도를 지니도록 정상적인 갱신을 이루는데 충분하지 않을 수도 있다. 왜냐하면 일부 실생묘나 맹아묘는 임분의 형질을 개선하기 위해 선별하는 과정에서 제거될 수 있기 때문이다.

- ④ 식재된 참나무류 실생묘의 활착과 생장은 임분이 소개된 공지와 비교하여 상층임관에 의해 약간의 피음이 이루어진 입지환경에서 다소 개선되는 모습을 보였다. 용기를 이용한 실생묘 생산은 특히 강한 직근성을 지닌 참나무류에서 나근묘 생산보다 이식과정에서 활착률을 크게 개선할 수 있다. 참나무류 1-0 또는 1-1묘를 생산하는데 적절한 모양과 크기를 지닌 용기는 직경 10cm, 깊이 20cm 안팎의 원통형 플라스틱 용기로 추정되었다. 근계 발달 과정에서 뿌리돌림 현상이 있을 경우에는 양묘시 대형보조용기를 함께 이용하는 이중용기 체제가 유리할 수 있다.
- ⑤ 직파조립 실험에서 참나무류 종자는 GA, IAA, IBA와 같은 식물생장조절물질의 수용액에 침지하여 발아를 촉진시킬 수 있었다. Carboxymethyl cellulose(C.M.C.)는 그 접착력 때문에 번식용 배양토로 종자를 피복하여 종자환을 만들 때 대단히 유용하게 쓰일 수 있었다. 또한 C.M.C.는 배양토와 혼합할 때 배양토로 피복된 종자환 내의 수분 보수력을 증가시켰다.
- ⑥ 참나무류 맹아의 대부분은 표토 아래의 근주로부터 발생되었다. 이들 맹아의 수량은 근주 직경이나 근주 높이별로 상당한 차이를 보였다. 맹아의 생장은 근주 당 1~2개의 독립된 맹아가 다른 어떤 방식으로 잔존된 맹아보다 훨씬 더 양호한 성장을 보였다. 그러나 맹아갱신 초기 단계에서는 3개 또는 그 이상의 맹아를 남겨둘 필요가 있다. 왜냐하면 남겨둔 맹아 일부는 후에 선별하여 제거될 수 있기 때문이다.
- ⑦ 화학적인 기피제 일부는 조립지에서 종자나 실생묘를 동물로부터 보호하는데 유용하게 이용될 수 있다. "A" 회사에서 제조된 화학적인 기피제로 "X"는 50% 용액에서 다른 어떤 용액이나 기타 화학 기피제보다 기피효과에서 더 나은 효과를 보였다. 모든 화학적인 기피제의 기피 효과는 시간이 지나면서 감소되었다. 그러나 배양토와 C.M.C.를

혼합하여 종자를 피복한 종자환에 흡수된 "X" 용액의 기피효과는 다른 처리들에 비해 오래 지속되었다. 실생묘를 야생동물의 피해로부터 보호하기 위한 브릿쉬 형태의 기구는 나선형 형태의 기구보다 실용적으로 더 유용할 것으로 보였다.

3) 참나무류 천연림의 물질현존량 분석

- ① 참나무류 중 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 그리고 상수리나무 4개 천연림의 총 10개 조사지역에서 수식 $Wt=aDb$ 를 사용하여 추정된 지상부 총 현존생물량은 무주의 졸참나무림에서 최저 44.0ton/ha, 포항의 굴참나무림에서 최고 207.6ton/ha로 수종과 조사지역에 따라 매우 다양하게 나타났다. 포항지역에서의 현존생물량 207.6ton/ha는 국내에서 보고된 굴참나무림의 현존생물량 중 가장 높은 값으로 사료된다.
- ② 수종별로는 연령이 비슷하다고 사료되는 강원도 양양의 평균수령 42년생 신갈나무, 경북 포항의 45년생 굴참나무, 경북 포항의 37년생 졸참나무, 그리고 경북 포항의 37년생 상수리나무를 비교했을 때 굴참나무에서 가장 높은 지상부 총 현존생물량을 보였다. 이와 같은 결과를 볼 때 입지와 토양조건이 적당하다면 목재생산과 버섯재배용 목재 등의 측면에서 양적인 면을 고려한다면, 참나무류 중 굴참나무를 육림하는 것이 유리하다고 판단된다.
- ③ 연 순생산량의 경우 광양의 신갈나무림에서 최저 5.79ton/ha에서 포항의 굴참나무림에서 최고 11.5ton/ha으로 조사지역과 수종에 따라 다양하게 나타났다. 연순생산량의 경우 수종에 관계없이 일반적으로 평균연령이 낮을수록 높은 값을 보이는 경향을 나타냈다.
- ④ 토양의 이화학적 특성과 지상부 현존생물량과의 밀접한 관련은 없는 것으로 나타났으며, 현존생물량은 토양조건보다는 지역별 기후나 평균연령에 의해서 지배받는 것으로 사료된다. 어쨌든, 본 연구 참나무류 천연림 지역의 토양조건을 보면 비교적 토심이 깊고, A층의 깊이가 깊으며, 유기물이 최소 4%이상 그리고 질소함량이 0.2% 이상으로서 토양조건이 매우 좋은 입지에서 생육하는 것으로 조사된 바, 참나무류의 육림시 중요하게 고려되어야 할 사항으로 판단된다. 토양 pH의 경우 약 4.5 ~ 5.3 정도로 우리나라

라 산림토양에서의 일반적인 값을 나타내므로 육림시 토양 pH에 대한 문제는 없는 것으로 사료된다.

4) 건조 및 가공 기술개발

- ① 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무의 평균 생재비중은 각각 0.74, 0.65, 0.66으로 수종간 차이를 나타냈으나, 같은 수종의 지역 간 차이는 매우 적었다. 굴참나무의 심재와 변재의 생재함수율은 52%와 62%로 차이를 나타냈으나 생재비중은 차이가 거의 없었다. 부피 수축율은 변재가 20.0%, 심재가 17.8%로 변재가 높았다.
- ② 포항에서 채취한 굴참나무의 방사방향 생재비중은 수 부위에서 가장 낮았다가 수피쪽으로 갈수록 비중이 증가하여 일정한 값을 보이다가 수피에 가까워지면 다시 비중이 낮아졌다. 또 높이에 따른 생재비중 변화는 수간의 아랫부분, 즉 뿌리에 가까울수록 비중이 높고 상부로 올라갈수록 비중이 낮아진다.
- ③ 부여, 양양, 포항에서 채취한 굴참나무의 평균섬유장은 각각 1.35mm, 1.32mm, 1.31mm로 통계분석 결과 양양과 포항은 유의차가 없었으나 부여는 이들과 5%유의수준에서 차이를 나타냈다. 그러나 동일 수종내 수목간 또는 수고에 따른 섬유장 차이는 나타나지 않았다. 포항, 무주, 광양에서 채취한 졸참나무의 평균섬유장은 각각 1.28mm, 1.30mm, 1.29mm로 통계분석결과 지역간 유의차가 없었다. 굴참나무의 연륜별 섬유장을 측정된 결과 수에서 수피로 갈수록 섬유장이 증가하나 증가정도는 점차 감소하여 15년 이후에는 일정한 섬유장을 나타냈다.
- ④ 본 연구에 사용된 4가지 마구리 도포제 중 PVA가 판재의 마구리 할열을 예방하는데 가장 좋은 효과를 나타냈다.
- ⑤ 3월부터 5월까지 대전지역에서 지붕있는 천연건조장에서 건조한 초기 건조속도는 1.2% MC/일로 USDA의 안전건조속도(safe drying rate) 1-3% MC/일을 초과하지 않았다. 본 연구에 사용된 USDA의 참나무 열기건조 스케줄은 천연건조된 국산굴참나무 건조에 효과적이었다. 내부할열이 없었으며 이쿼라이징과 컨디셔닝 처리 후 건조

응력이 충분히 제거되었다.

- ⑥ pallet형 잔목 건조로도 참나무 원판의 V-크랙을 막을 수 없었으나 일반 잔목 건조에 비해 V-크랙의 갈라진 면이 깨끗했으며 다른 할열은 거의 발생하지 않았다. 참나무 휨가공을 위한 최적 증자조건 및 시간은 2기압/3시간임이 밝혀졌으며 이때 최대 인장률은 4.3%였다.
- ⑦ 개발된 기술을 이용하여 국산 참나무를 이용한 슬통 시제품을 제작하였으며, 50mm원판을 이용한 원목반침대 등 5종의 공예품을 디자인 개발하였으며 시제품을 제작하였다.

5) 페트라참나무와 로브르참나무의 자연낙지와 비대성장 조절

참나무림 경영의 성과는 고급 대경제 생산량에 달려있다. 가장 중요한 판단기준은 크기와 무가지이다. 선발된 임목의 낙지와 성장조절에 의해 가치생산력을 향상시킬 수 있다. 이를 위한 지침을 작성하였다.

- ① 조사된 참나무의 흉고직경, 수령, 수관폭 사이에는 밀접한 상관관계가 있다. 이 상관관계는 비대성장 조절 모델의 기본이다. 경쟁목의 제거 분수는 미래목의 수령, 흉고직경, 미래목과 간벌간의 직경상관관계와 생산목표직경에 의해 정해진다. 여기에서 비대생장이 높은 경우에 목표직경에 도달할 때까지 소경제의 생산량이 적고, 전체적으로 전이용이 낮을 것으로 나타난다.
- ② 임령 40~120년 사이에 간벌 방법과 강도의 순서는 미래의 양적 발달과 질적 발달에 결정적으로 중요하다. 우량 형질 참나무의 선별적 무육을 통하여 선발목의 성장우위과 가치생장을 향상시킨다. MAYER(1958)의 조사 결론과는 반대로 수관이 큰 참나무의 성장면적에 따른 재적생장은 수간이 작은 참나무보다 장기적으로 폭 넓은 무육 범위에 서 거의 작지는 않다.
- ③ 수관고와 최저 고사지고는 비대생장과 낙지사이의 상관관계를 서술한 모델을 위한 기초자료이다. 이 모델로 비대생장에 따른 용이 부위의 확장을 산정하였다.

- ④ 수간 상부의 잠아지는 수간 하부의 잠아지보다 활력도가 높다. 강도 간별을 통하여 잠아지의 발달은 간별 후에 일차적으로는 촉진된다. 잠아지의 개수는 수관크기에 의해 별 영향을 받지 않는다. 나이가 많고 길이가 긴 잠아지의 점유율은 수관이 큰 참나무에서 수관이 작은 참나무보다 높다. 부 임분에 의한 수간비음은 잠아지 발생을 막지 못하지만, 잠아지의 활력도를 결정적으로 약화시킨다.
- ⑤ 수관발달의 촉진을 통하여 한 면으로는 비대생장이 증가하지만, 다른 면으로는 낙지과정은 지체된다. 이러한 목적의 상반관계는 1차 무육기에 낙지를, 이후 2차 무육기에는 비대생장을 촉진시키면 해결이 된다. 질적 발달이 시작될 때, 2차 무육시기가 시작된다. 그리고 이 시기에 미래목을 선발하여야 한다. 미래목 본수는 최종 수확 본수보다 많으면 안된다. 추가의 예비 미래목의 선정은 실시하지 않는 것이 좋다. 미래목은 수간이 곧고 가지가 없는, 잠아지가 적고 수관형이 좋은 임목이 선정되어야 한다. 고급참나무재 생산조절은 개개 미래목의 상태와 예측되는 발달에 방향을 맞춘다. 가장 큰 경쟁목의 조기 제거는 우량 형질 참나무의 성장우위를 장기적으로 향상시킨다.
- ⑥ 형질이 우수한 미래목의 한정된 임목 본수에 생장을 집중시킴으로서 면적당 재적생장은 약간 낮으나 가치생산은 많이 증가한다.

6) 참나무류 부후의 원인 규명

참나무류의 주요 생장 결점 중에 하나인 심재 부후의 원인을 구명하고자 심재 부후가 발생한 임목으로부터 시료를 채취하여 조직 변화를 관찰하고 균의 분리 및 동정을 실시하였다.

- ① 심재 부후가 발생한 임목에서 특이한 외관적 특징은 관찰할 수 없었으나 조직은 재색이 갈색 또는 흑갈색을 띠고 있으며 일부에서는 해충의 침입 흔적이 발견되어 심재 부후 발생 후 해충에 의한 2차적인 피해도 발생하는 것으로 확인되었다. 심재 부후가 발생한 유세포 내강에서는 변재부에서 볼 수 있는 전분립이 관찰되지 않고 또한 도관 내강에는 타일로스스가 형성되어 있는 것으로부터 심재 부후는 조직이 심재화가 진행되면서 발생하는 것으로 판단되었다. 한편 심재 부후 조직내에서는 사상의 균사가 관찰

되고 조직의 일부에서는 분해도 진행되어 이들 균사가 심재부후의 주요 원인균인 것으로 추정되었다.

- ② 심재 부후 조직으로부터 분리한 균의 동정을 실시한 결과 버섯을 형성하는 담자균류의 특징인 격쇠연결 및 후막포자와 binding hyphae가 관찰되어 담자균류로 확인되었다.

2. 연구개발의 활용에 대한 건의

본 연구 결과는 참나무류 주요 수종에 대한 생리, 생태에 관한 기본적인 자료이므로, 조림 전략과 관련한 국가정책 수립에 요구되는 기초자료로 활용하는 것이 바람직하다고 봄.

또한 우리나라 산림에서 참나무류가 지니는 중요성을 고려하여 지속적인 연구가 이루어질 수 있도록 장기적인 연구예산을 확보 지원할 필요가 있으며, 연구과제를 수행하는 과정에서 새로운 연구 조건에 부딪칠 경우에 이에 용이하게 대처할 수 있는 방향으로 연구예산의 활용에 대한 융통성 확대가 필요함.

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title of Study

Study of Eco-physiological Properties and Biomass of Oaks for their Highly Value-Added Utilization and Exploitation of their Application Technology

II. Objective and Necessity of Study & Development

1. Objective of Study & Development

- 1) The research of physiology, ecology, and biomass
 - o The supply and selection of high-grade trees through research of physiological characteristics, ecological niche, and adequate living environment of *Quercus* species.
- 2) Development of Drying and Manufacturing Technology
 - o The obtain of technology for high-price merchandise through development of drying and manufacturing techniques of *Quercus* species.

2. Necessity of Study & Development

- 1) Technological Aspect
 - o *Quercus* is high-quality species because of good color and use of the wood. But they have been treated as low-quality species compared with pine trees because of difficulty of drying and manufacturing.
 - o But, *Quercus* have been used high-price trees in Europe through development of drying and manufacturing technology of the trees.
 - o *Quercus* is classified in white and red *Quercus* in terms of utilization. White

Quercus is better than in red *Quercus* due to the color of trees, but drying time of white *Quercus* is two times more than in red *Quercus* and they also have a difficulty of drying. Therefore, the dried prices is two times more in white *Quercus* than in red *Quercus*.

- o *Quercus* species in Korea, that is, *Quercus variabilis*, *Quercus mongolica*, *Quercus serrata* etc., have not been used high-price woods because of the difficulty of drying, although they are a good-quality wood.
- o The *Quercus* of our country have been estimated as low-priced wood because of the rot of the tree. We don't know the reason, but that could be from the sprouting of the trees.
- o To make the *Quercus* high-prices trees,
 - ① The adequate living environment and selection of high-grade trees through research of ecological and physiological characteristics of *Quercus* species should be studied
 - ② the reason of rot of the tree should be found for high-grade wood production
 - ③ the tree biomass equation should be estimated for adequate use
 - ④ drying technics should be developed to develop production ratio
 - ⑤ manufacturing technology for small trees should be developed.

2) Economic and Industrial Aspect

- o *Quercus* can be used as high-quality woods, but *Quercus* is, in now, just used for a mushroom and pulp trees in Korea.
- o Whisky barrel made by *Quercus* species is imported from foreign countries by per one million won. The whisky barrel is made by the white *Quercus*, and the white *Quercus* is the same kind with *Quercus* species of our countries. In my country, *Quercus* species is small and so we can't make big barrel like the whisky barrel of foreign countries. However, we can make small whisky barrel and we have to try it. For the plan, we have to expand *Quercus* ecosystems for production through research of the adequate living environment and selection of high-grade trees.

3) Social and Cultural Aspect

- o We have heard that the prices of a *Quercus* tree is same with the prices of a benz. We surprised the high prices of the *Quercus*, and we have an question why the *Quercus* trees is expensive, and we don't have high-quality *Quercus* trees.
- o We are more familiar with the our *Quercus* trees than the *Quercus* of other country. We can be familiar with the woods of our country through use of woods of our country. We can make good quality *Quercus* woods by supply good *Quercus* woods to wood productor and designer.

III. Results of Study

1. Study & Development Results

1) Ecological niche and ecological environment of *Quercus*.

- ① The best distribution range of the *Quercus* in terms of warmth range is 77~95°C · month in *Quercus variabilis*, 67~92°C · month in *Quercus serrata*, 55~90°C · month in *Quercus mongolica*, and 85~99°C · month in *Quercus acutissima*. In terms of the altitude and latitude, *Quercus mongolica* is ranged from 800 to 1400m in the north latitude 35, from 600 to 1200m in the north latitude 36, from 400 to 1000m in the north latitude 37, and from 200 to 800m in the north latitude 38. The altitude of *Quercus* can be changed in 200m according to the north latitude. According to vertical distribution of *Quercus*, *Quercus serrata*, *Quercus variabilis*, and *Quercus acutissima* is located in 250m, 470m, and 640m below, respectively.
- ② The *Quercus variabilis* is mainly located in northeast, south, and southwest, and *Quercus serrata* is mainly located in north, northeast, and northwest.
- ③ The dominant species in *Quercus varaibils* forest were *Quercus varaibils*, *Quercus serrata*, *Quercus mongolica*, *Styrax obassia*, *Lindera erythrocarpa*, *Pinus*

densiflora, *Prunus sargentii*. DBH analysis showed that *Quercus variabilis* seems to remain as a dominant species for the present because they had random distribution density based on low density of small and big individuality, and high density of middle individuality. But the *Quercus variabilis* community will be competing with *Quercus serrata* and *Quercus mongolica*, whose density of small individuality has increased. With the TWINSpan, *Quercus variabilis* community was classified such as *Quercus variabilis-Quercus mongolica* community, *Quercus variabilis-Styrax obassia* community, *Quercus variabilis-Platycarya strobilacea* community, *Quercus variabilis-Styrax japonica* community.

- ④ The dominant species in *Quercus serrata* forest were *Quercus serrata*, *Quercus acutissima*, *Quercus variabilis*, *Quercus mongolica*, *Styrax obassia*, *Fraxinus rhynchophylla*, and *Styrax japonica*. DBH analysis showed that *Quercus serrata* seems to be remained as a dominant species for the present because they had random distribution density, that is, low density of big individuality and high density of middle and small individuality. With the classification of TWINSpan, *Quercus serrata* community was classified three groups, such as *Quercus serrata-Acer mono*, *Quercus serrata*, and *Quercus serrata-Quercus acutissima* communities.
- ⑤ The dominant species in *Quercus mongolica* forest were *Quercus mongolica*, *Acer pseudosieboldianum*, *Rhododendron schlippenbachii*, *Acer mono*, *Tilia amurensis*, and *Fraxinus rhynchophylla*. DBH analysis showed that *Quercus mongolica* could be managed as dominant species because of low density of small and big individuality, and high density of middle individuality. With the classification of TWINSpan, *Quercus mongolica* community was classified four groups, such as *Quercus mongolica-Sorbus alnifolia*, *Quercus mongolica-Tilia amurensis*, *Quercus mongolica-Fraxinus sieboldiana*, and *Quercus mongolica-Styrax obassia* communities.

- ⑥ The results of the correlation analysis of *Quercus* species communities and environment factors are as follows; *Quercus mongolica* community was found in high elevated and has high percentage of total nitrogen and organic matter, and located in northeast, north, and east. *Quercus variabilis* community was found in lowest elevation among the *Quercus* species, and have low percentage of total nitrogen and organic matter.

2) Studies on the establishment of regeneration system in oak forests

Several kinds of deciduous oak species including *Quercus mongolica*, *Q. serrata*, *Q. variabilis*, and *Q. acutissima* are generally recognized as very important hardwood species in Korea, because of their nation-wide distribution areas with various economic and ecological values.

The present research has been carried out for establishing more improved regeneration system in the above oak forests for three years. Ecological and silvicultural studies have been performed in 840 study sites selected in natural oaks-dominant stands of Mt. Gariwang, Mt. Deogyu, Mt. Jiri, Mt. Baekun, Pohang forest region. Several field studies for planting, direct seeding, sprout reproduction, tending, and protection against wildlife have been performed in Gongjoo and Buyo forest regions. Several physiological experiments and field studies relating to germination of acorn and production of containerized seedling were executed in silvicultural lab. and tree nursery of Chungnam National University.

- ① Despite of specific ecological niches of each of the above *Quercus* species recognized in general, the above *Quercus* species were distributed in irregular appearances on almost all ecological niches in the above *Quercus* species-dominant stands of investigated forest regions because of their wide site adaptabilities. Therefore, micro environmental site factors including soil properties and soil moisture regimes, etc. also must be analyzed in detail with macro environmental site factors like as air temperature, relative humidity, and light in establishing oak forests. Various kinds of woody species including *Pinus*

densiflora, *Fraxinus rhynchophylla*, *Acer mono*, *Cornus controversa*, *Betula schmidtii*, *Prunus sargentii*, *Tilia amurensis*, and so on were frequently observed in *Quercus* species-dominant forests. Most of them must be mixed appropriately in the forests as valuable species accompanied with oaks, because of their economic and ecological viewpoints.

- ② The average values were mostly evaluated to be above intermediate level in the quality factors relating to crown class or stem class, etc. of individual oak trees observed in the upper canopies of the above forest regions. And the qualities of oaks were estimated to be a little better than those of most other species. But the values were mostly evaluated to be below intermediate level in the young trees of oaks and other species growing under the canopies. Despite of their low qualities, most of the young oak trees under the canopies may be preserved with suitable tending works for a while. Because the qualities of young trees can be improved naturally or artificially in their growth.
- ③ Natural seedlings appeared much less up to about 1/2~1/3 amounts of sprouts in all the above *Quercus* species in most of *Quercus* species-dominant forests. Total amounts of natural seedlings and sprouts of oaks were estimated to be appeared up to approximately 5,000~6,000 trees or more per hectare in the forest. But the amounts may not be enough for establishing normal regeneration into full stand density, because some of seedlings and sprouts must be eliminated in screening for improving the stand qualities.
- ④ The survival and growth performances of oak seedlings have been improved more or less in some shaded site condition under upper canopy in compared with open site. The seedling propagation by containerized system must be more useful with greatly improved survival in transplanting than that of bare-root system especially in oaks having strong taproot. The proper shape and size of container for growing 1-0 or 1-1 year seedlings in oaks were estimated to be about 10cm(diameter) x

20cm(depth) cylindrical plastic container. Double container system using supplemented large container together in the propagation must be useful in event of spiralling in root growth performances.

- ⑤ Acorns were stimulated in germination by soaking in the solution of plant growth regulators as like as GA, IAA, or IBA in the experiment of direct seeding. Carboxymethyl cellulose(C.M.C.) was very useful in making acorn-ball covered with propagating media, because of its adhesiveness. And also as being mixed with growing media, C.M.C. increased moisture retention capacity greatly in acorn ball covered with the media.
- ⑥ Most of sprouts in oaks came from stump beneath top soil. The amounts of sprouts were quite different by stump diameter and by stump height. The growth performances of sprouts were much better in growing 1 or 2 separated sprouts per stump than sprouts preserved by any other manipulated methods. But three or more separated sprouts may be preserved at early stage of regeneration by coppice method, because some of preserved sprouts can be screened out in late.
- ⑦ Some of chemical repellents may be useful in protecting acorns and seedlings from animals in plantation. "X", a chemical repellent manufactured by "A" Co., was better in 50% solution than any other formulations or other chemical repellents in the repellent effect. The repellent effects of all of the chemical repellents decreased in lapse of time. But the repellent effect of "X" solution absorbed into acorn-ball covered with a propagation media+C.M.C. mixture decreased more slowly in compared with any other treatment methods. A brush shaped equipment for protecting seedlings from wildlife damage may be better useful in practical use than a spiral wire system.

3) Biomass and net primary production of *Quercus* natural stands

- ① Estimation for aboveground biomass were made by the equation model $W_t = aDb$.

Total aboveground biomass of *Quercus variabilis*, *Quercus serrata*, *Quercus mongolica*, and *Quercus acutissima* in 10 sample regions was ranged from 44.0ton/ha in *Quercus serrata* stands of Muju to 207.6ton/ha in *Quercus variabilis* stands of Pohang. The biomass 207.6ton/ha in *Quercus variabilis* stand is the highest biomass production among the *Quercus variabilis* species reported in Korea.

- ② When we compare the biomass production among the *Quercus* species, the *Quercus variabilis* had the highest biomass production although the average age of stands is not same. With the results, *Quercus variabilis* if soil and growing environment is adequate is good for the best production.
- ③ The net primary production is ranged from 5.79ton/ha in *Quercus mongolica* stands of Kwangyang to 11.5ton/ha in *Quercus variabilis* stands of Pohang. There would be a tendency the more net primary production the less age.
- ④ There would be no relationship between biomass production and soil characteristics. And so, climate and regional properties could be more important factors than soil properties for *Quercus* species growth. The soil properties of the *Quercus* species are follows; organic matter is at least over 4%, total nitrogen is over 0.2%, and they have deep soil depth. And so, good soil properties for the best growth of *Quercus* species is required. Soil pH in *Quercus* stands is ranged from 4.5 to 5.3, that is typical in Korea.

4) Development of Drying and Manufacturing Technology

- ① The average green specific gravities(Sg) of *Quercus variabilis*, *Quercus serrata* and *Quercus mongolica* specimens obtained from various regions in this country were 0.74, 0.65 and 0.66, respectively, but their discrepancies between harvesting sites within species were negligible. Green moisture contents of *Quercus variabilis* were 62%와 52% for sapwood and heartwood, respectively, but no difference was found in green specific gravity. Average volumetric shrinkages of sapwood and

heartwood were 20.0% and 17.8%, respectively.

- ② With *Quercus variabilis* specimens obtained from Pohang, the green specific gravity profile in radial direction was examined. It increases smoothly from the pith, level-offs at the mid and decreases near the bark. They also changes with tree height: high at the bottom and low at the top.
- ③ The average fiber lengths of *Quercus variabilis* specimens obtained from Puyo, Yangyang and Pohang were, respectively, 1.35mm, 1.32mm and 1.31mm. Statistical analyses showed that the Puyo's was significantly larger than the others at a 5% level and that no significant difference between trees within species and heights in a tree. The average fiber lengths of *Quercus serrata* specimens obtained from Pohang, Muju and Kwangyang were, respectively, 1.28mm, 1.30mm, 1.29mm, but there is no statistical difference between them. The fiber lengths of *Quercus variabilis* specimens increased with annual rings, but showed a platform after 15years.
- ④ Among four end-coaters used in this study thick coating with polyvinyl acetate chrolide glue (PVAc) was proved as the most effective.
- ⑤ The average drying rate of the boards exposed to air under shed from March to May in Daejeon was 1.2% MC/day, which did not exceed the safe drying rate recommended by United States Department of Agriculture(USDA). The kiln drying schedule used in this study gave a good result in drying the air-dried boards to 8% MC without any internal checks. No internal checks were found and drying stresses were effectively released after equalizing and conditioning treatments.
- ⑥ An attempt to prevent oak disks from V-cracking during air-drying using special pallet-type stickers was not successful, but we could get better-looking oak disks than ever. We could get the best results for bending oak stickers by presteaming

them at two absolute atmospheres for three hours. Their maximum extension at tensile failure was found to be 4.3% of their lengths.

- ⑦ Using the drying and manufacturing technologies developed in this study, a prototype whisky barrel and five woodcrafts were designed and manufactured.

5) The natural branch falling and enlarged growth control of *Quercus petraea* and *Quercus robur*

A success of *Quercus* management depends on production of high-quality big trees. The standard of success are non-branch and size in the trees. The good-quality production can be controlled by falling of branch and growth control. There would be an index)

- ① There would be an correlation between DBH, age, and crown width. This correlation is the basic of enlarged growth model. The removal number of competition trees is decided in the age of future tree, DBH, and width correlation and production width between future tree and thinning. Here, if enlarged growth is high, the production of small tree will be low until last width of tree, and all utilization will be low.
- ② The thinning method and strength from 40 to 120 years in tree age would be important in amount and quality development of trees of future. Selective tending of good quality *Quercus* will develop price and best growth. The volume growth of big crown *Quercus* that have large growth area is not be smaller than in small crown *Quercus* that have small growth area.
- ③ The crown height and height of lowest branch falling is the basic data model between branch falling and enlarged growth. The expansion of canker area by enlarged growth are calculated by this model.

- ④ A latent bud of upper crown area is higher than in latent bud of low crown area. The development of latent bud can be promoted by strength thinning in first. The number of latent bud is not effected by size of crown. The occupation of aged and long latent bud is high in large crown trees than in small crown trees.
- ⑤ The enlarged growth can be growth through promotion of crown development, but branch falling can be delayed. The problem can be solved by promotion of branch falling in first tending time and enlargement growth in second tending time. The second tending time start in the time of quality development. And future tree should be selected in this time. The number of future tree should be less than the number of last harvest. The trees that have erect trunk, no branch, less latent bud, and good shape crown should be selected as the future trees. The product control should be targeted to state of future trees and direction of development. The early removal of the biggest competition trees can develop primal growth of other *Quercus* trees in long term.
- ⑥ The high-price wood production can be developed if growth is concentrated to limited number of future tree, although size production is decreased.

6) Investigation of heart wood decay in oak

This study was conducted for investigation of heart wood decay occurring in oaks. We observed structure of heart wood decayed wood by scanning electron microscopy(SEM) and investigated the major fungi causing heart wood decay through identification based on their cultural and morphological characteristics of isolated fungi from heart wood decayed wood.

- ① In heart wood decayed tree, appearance characteristics were not showed, but wood color was discolored to brown or dark brown. Futhermore, the molting shell of a larva was found in wood structure occurred heart wood decay. From this result, we could estimate that the secondary damage by insect was occurred after heart

wood decay. The starch particles were not produced in the parenchyma cells, and the tylosis was formed in the vessel of wood structure in heart wood decayed tree. Therefore, we could estimate that heart wood decay was occurred after production of heart wood. In wood structure of heart wood decayed tree, the filamentous mycellia and substances produced by decay are observed.

- ② To isolation of fungus caused heartwood decay in oak, rotted wood-block of heartwood was incubated in wet chamber. A fungus that were not produce conidiospores isolated from heartwood. Isolated mycelia were grown 7 to 10mm /day on PDA at $30\pm 1^{\circ}\text{C}$. Colony was absolutely white. Mycelia were produce clamp connections and chlamydospores in vegetative hyphae. The fungus isolated in this study was identification to Basidiomycetes.

CONTENTS

Chapter 1	Outline of research	40
Para. 1	Object of research	40
Para. 2	Necessity of research	40
1.	Technological aspect	40
2.	Economic and industrial aspect	41
3.	Social and cultural aspect	41
Para. 3	Range of the research study	42
1.	Ecological niche and ecological environment of <i>Quercus</i> sp.	42
2.	Studies on the establishment of regeneration system in oak forests	43
3.	Biomass and net primary production of <i>Quercus</i> sp. natural stands	43
4.	Development of drying and manufacturing technology	44
Chapter 2	Technological innovation present condition of korea and foreign Nation	46
Para. 1	Physiology · ecology · biomass of <i>Quercus</i> sp.	46
Para. 2	Development of drying and manufacturing technology	47
Chapter 3	Scope and Results of the Study & Development	49
Para. 1	Ecological niche and ecological environment of <i>Quercus</i> sp.	49
Para. 1-1	Ecological niche of <i>Quercus variabilis</i>	49
1.	Introduction	49
2.	Investigation and study methods	50
1)	Site description	50
2)	Vegetation and site environment investigation	51
3)	Analysis of importance value and DBH class	51
4)	Analysis of classification and ordination	52
5)	Analysis of soil characteristic	52

3. Results and discussion	52
1) Community classification	52
2) Two profile diagrams of site	57
3) Stand characteristic	57
4) Soil characteristic	63
5) Ordination analysis	64
4. Conclusion	68
Para. 1-2 Ecological niche of <i>Quercus serrata</i>	69
1. Introduction	69
2. Investigation and study methods	70
1) Site description	70
2) Vegetation and site environment investigation	71
3) Analysis of importance value and DBH class	71
4) Analysis of classification and ordination	71
5) Analysis of soil characteristic	72
3. Results and discussion	72
1) Community classification	72
2) Two profile diagrams of site	76
3) Stand characteristic	78
4) Soil characteristic	83
5) Ordination analysis	83
4. Conclusion	86
Para. 1-3 Ecological niche of <i>Quercus mongolica</i>	88
1. Introduction	88
2. Investigation and study methods	89
1) Site description	89
2) Vegetation and site environment investigation and soil analysis	90
3) Analysis of importance value and DBH class	90
4) Analysis of classification and ordination	91

3. Results and discussion	91
1) Community classification	91
2) Two profile diagrams of site	97
3) Stand characteristic	97
4) Ordination analysis	104
4. Conclusion	108
Para. 1-4 General discussion and conclusion	109
1. Ecological niche of <i>Quercus</i> sp.	109
2. Ordination of <i>Quercus</i> sp.	110
3. Conclusion	112
Para. 2 Studies on the establishment of regeneration system in oak forests	114
1. Introduction	114
2. Materials and Methods	116
1) General description of principal subjects in the research	116
2) Forest regions for the study	120
3) Oak species for the study	122
4) Methods for the study	122
3. Results and Discussion	139
1) Silvicultural tending for natural seedlings and sprouts in natural regeneration	139
2) Field studies for planting oak seedlings	222
3) Studies on the artificial direct seeding of acorns	233
4) Field studies for sprout reproduction	245
5) Protection of seedling and acorn against wildlife	253
4. General discussion and Conclusions	258
Para. 3 Biomass and net primary production of <i>Quercus</i> sp. natural stands	264
Para. 3-1 Biomass and net primary production of <i>Quercus variabilis</i> natural stands	264
1. Site description and study methods	264
2. Results and discussion	267

1) Aboveground biomass	267
2) Net primary production	270
3. Physical and chemical soil properties	272
4. Summary	273
Para. 3-2 Biomass and net primary production of <i>Quercus serrata</i> natural stands	274
1. Site description and study methods	274
2. Results and discussion	277
1) Aboveground biomass	277
2) Net primary production	281
3. Physical and chemical soil properties	282
4. Summary	283
Para. 3-3 Biomass and net primary production of <i>Quercus mongolica</i> natural stands	284
1. Site description and study methods	284
2. Results and discussion	287
1) Aboveground biomass	287
2) Net primary production	290
3. Physical and chemical soil properties	292
4. Summary	293
Para. 3-4 Biomass and net primary production of <i>Quercus acutissima</i> natural stands	294
1. Site description and study methods	294
2. Results and discussion	296
1) Aboveground biomass	296
2) Net primary production	297
3. Physical and chemical soil properties	298
4. Summary	299
Para. 3-5 General discussion and conclusion	300

Para 4. Development of drying and manufacturing technology	301
1. Examination of Anatomical and Physical Properties for Selecting High-Quality Tree	301
1) Green specific gravities of <i>Quercus variabilis</i> , <i>Quercus serrata</i> and <i>Quercus monglica</i>	301
2) Physical properties of heartwood and sapwood of <i>Quercus variabilis</i>	301
3) Change of green specific gravities in radial direction	302
4) Change of average green specific gravities along the tree height	304
5) Physical properties of <i>Quercus serrata</i>	304
6) Measurement of fiber lengths	305
7) Investigation on the effect of pretreatments	308
8) Conclusions	309
2. Development of Drying Technology	310
1) Development of optimum kiln-drying schedule	310
2) Investigation on the effects of end-coaters	316
3) Drying oak disks	318
4) Conclusions	321
3. Development of Manufacturing Technology	321
1) Development of bending technology	321
2) Design and manufacturing woodcrafts with developed technologies	323
 Para. 5 The natural branch falling and enlarged growth control of <i>Quercus petraea</i> and <i>Quercus robur</i>	 326
1. Problem	326
1) Objective of production of high-quality <i>Quercus</i> sp.	326
2) Enlarged growth	326
3) Natural branch falling; first branch	326
4) Latent bud	326
5) Selection of future tree	327
6) Suggestion of direction of enlarged growth and branch falling control	328

2. Study method	328
1) Research point	328
2) Selection of study site and design	330
3) Study of tree characteristics	331
3. Study target	335
1) Study site	335
2) Study stands	336
4. Results and discussion	337
1) Control of enlarged growth	337
2) Control of natural branch falling	338
3) Chemical and physical removal of latent bud	339
5. Conclusion in terms of afforestation	341
1) General description	341
2) First tending time : promotion of natural branch falling	341
3) Second tending time : enlarged growth promotion of future trees	342
6. Summary	346
Para 6. Investigation of heart wood decay in oak	348
1. Introduction	348
2. Materials and method	348
3. Results and discussion	349
1) Appearance characteristics of heart wood decayed tree	349
2) Characteristics of wood quality in heart wood decayed tree	351
3) Characteristics of wood structure in heart wood decayed tree	354
4) Isolation and identification of fungi causing heart wood decay	355
4. Conclusion	358
 Chapter 4 Objection performance and contribution of relevance field	 359
 Chapter 5 Application plans of study result	 362

Chapter 6	Science technology knowledge in study course	363
Chapter 7	Reference	364

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	40
제1절 연구개발의 목적	40
제2절 연구개발의 필요성	40
1. 기술적 측면	40
2. 경제·산업적 측면	41
3. 사회·문화적 측면	41
제3절 연구개발의 범위	42
1. 참나무류(Quercus sp.)의 생육적지 및 적정 생육환경 규명	42
2. 참나무류 주요수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구	43
3. 참나무류 천연림의 물질현존량 분석	43
4. 건조 및 가공 기술개발	44
제 2 장 국내의 기술개발 현황	46
제1절 참나무류(Quercus)의 생리·생태·물질현존량	46
제2절 참나무 건조 및 가공 기술	47
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	49
제1절 참나무류(Quercus)의 생육적지 및 적정 생육환경 규명	49
제1-1절 굴참나무의 생육적지	49
1. 서론	49
2. 조사 및 연구방법	50
가. 조사지의 개황	50
나. 식생 및 입지 환경조사	51
다. 중요치 및 흉고직경급 분석	51
라. Classification 및 Ordination 분석	52
마. 토양특성 분석	52
3. 결과 및 고찰	52

가. 군락 분류	52
나. 수관투영도 및 층위구조	57
다. 임분특성	57
라. 토양 특성	63
마. Ordination 분석	64
4. 결론	68
제1-2절 졸참나무의 생육적지	69
1. 서론	69
2. 조사 및 연구방법	70
가. 조사지의 개황	70
나. 식생 및 입지 환경조사	71
다. 중요치 및 흉고직경급 분석	71
라. Classification 및 Ordination 분석	71
마. 토양특성 분석	72
3. 결과 및 고찰	72
가. 군락 분류	72
나. 수관투영도 및 층위구조	76
다. 임분특성	78
라. 토양 특성	83
마. Ordination 분석	83
4. 결론	86
제1-3절 신갈나무의 생육적지	88
1. 서론	88
2. 조사 및 연구방법	89
가. 조사지의 개황	89
나. 식생과 입지 환경조사 및 토양분석	90
다. 중요치 및 흉고직경급 분석	90
라. Classification 및 Ordination 분석	91
3. 결과 및 고찰	91
가. 군락 분류	91

나. 수관투영도 및 층위구조	97
다. 임분특성	97
라. Ordination 분석	104
4. 결론	108
제1-4절 종합고찰 및 결론	109
1. 적정생육입지	109
2. 참나무류의 ordination	110
3. 결론	112
제2절 참나무류 주요 수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구	114
1. 연구목적	114
2. 재료 및 방법	116
가. 연구내용의 총괄	116
나. 조사지역의 선정	120
다. 조사대상 수종	122
라. 처리 및 조사, 분석 방법	122
3. 결과 및 고찰	139
가. 천연치수 육성	139
나. 실생묘 조립에 관련된 실연연구	222
다. 참나무류 주요 수종의 직파조립	233
라. 맹아갱신 관련 실연연구	245
마. 야생동물에 의한 식재료목 또는 직파종자의 피해방지 대책	253
4. 종합고찰 및 결론	258
제3절 참나무류 천연림의 물질현존량 분석	264
제3-1절 굴참나무 천연림 물질현존량 분석	264
1. 조사지 개황 및 연구방법	264
2. 결과 및 고찰	267
가. 지상부 현존생물량	267
나. 순생산량	270
3. 토양의 이화학적 특성	272
4. 요약	273

제3-2절 졸참나무 천연림 물질현존량 분석	274
1. 조사지 개황 및 연구방법	274
2. 결과 및 고찰	277
가. 지상부 현존생물량	277
나. 순생산량	281
3. 토양의 이화학적 특성	282
4. 요약	283
제3-3절 신갈나무 천연림 물질현존량 분석	284
1. 조사지 개황 및 연구방법	284
2. 결과 및 고찰	287
가. 지상부 현존생물량	287
나. 순생산량	290
3. 토양의 이화학적 특성	292
4. 요약	293
제3-4절 상수리나무 천연림 물질현존량 분석	294
1. 조사지 개황 및 연구방법	294
2. 결과 및 고찰	296
가. 지상부 현존생물량	296
나. 순생산량	297
3. 토양의 이화학적 특성	298
4. 요약	299
제3-5절 종합고찰 및 결론	300
제4절 건조 및 가공 기술개발	301
1. 우량목 선발을 위한 해부학적, 물리적 성질 조사	301
가. 굴참나무, 졸참나무 신갈나무의 생재비중 비교	301
나. 굴참나무 심재와 변재의 물리적 성질 비교	301
다. 방사방향 생재비중 변화	302
라. 수고에 따른 평균 생재비중	304
마. 졸참나무의 물리적 성질	304
바. 섬유장 측정	305

사. 전처리법의 적용효과 조사	308
아. 결론	309
2. 건조기술 개발	310
가. 최적 건조스케줄 개발	310
나. 마구리 도포제의 효과 조사	316
다. 참나무 원판건조	318
라. 결론	321
3. 가공기술 개발	321
가. 휨가공 기술 개발	321
나. 가공기술을 이용한 공예품 개발	323
제5절 페트라참나무와 로브르참나무의 자연낙지와 비대생장 조절	326
1. 문제점	326
가. 생산목표(참나무고급재)	326
나. 비대생장	326
다. 자연낙지(1차 가지)	326
라. 잠아지	326
마. 미래목 선발	327
바. 비대생장과 낙지조절을 위한 방향제시	328
2. 연구방법	328
가. 연구 방향	328
나. 조사지의 선정과 구획	330
다. 임목특성과악	331
3. 조사대상	335
가. 입지	335
나. 조사임분	336
4 결과 및 고찰	337
가. 비대생장 조절	337
나. 자연낙지의 조절	338
다. 잠아지의 물리적, 화학적 제거	339
5 조립학적 결론	341

가. 일반사항	341
나. 1차 무육시기 : 자연낙지의 촉진	341
다. 2차 무육시기 : 미래목의 비대생장 촉진	342
6. 요약	346
제6절 참나무류의 심재 부후의 원인 구명	348
1. 서 론	348
2. 재료 및 방법	348
3. 결과 및 고찰	349
가. 심재 부후 발생 입목의 외관적 특징	349
나. 심재 부후 발생 입목의 재질 특성	351
다. 심재 부후 부위의 조직적 특징	354
라. 심재 부후 발생 원인균의 분리 및 동정	355
4. 결 론	358
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	359
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	362
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 과학기술정보	363
제 7 장 참고문헌	364

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

본 연구과제의 최종 목적은 생리·생태·물질현존량의 측면에서 참나무류(*Quercus* sp.)의 생리적인 특성, 생태적지 및 적정 생육환경을 규명하여 우량목을 선발 보급하고, 이용개발 측면에서 참나무의 건조 및 가공기술을 개발하여 고부가 상품을 만들 수 있는 기술을 정립하는 데 있다.

제2절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

참나무(*Quercus* sp.)는 한반도에 넓게 자생하여 우리 나라 역사와 함께 오래 이용되어온 수종이다. 그러나 건조성과 가공성이 소나무보다 떨어져 좋은 목리와 재색을 가지고 있는 고급 수종임에도 불구하고 건조성과 가공성이 좋은 소나무에 밀려 특수한 용도를 제외하고는 활잡목으로 취급되어 제 가치를 인정받지 못하였다.

이에 반해 유럽 선진국에서는 일찍부터 참나무를 고급 수종으로 인식하여 육종하여 왔으며 건조, 가공기술을 개발하여 고부가가치 수종으로 이용하고 있다.

참나무(*Quercus* sp.)는 이용적인 측면에서 크게 백참나무와 적참나무로 나뉘는 데 이 둘은 분류학적인 차이 뿐만아니라 이용적인 면에서도 큰 차이를 나타낸다. 이용적인 차이는 건조성에 기인한다. 백참나무는 재색이 희기 때문에 적참나무보다 더 선호하나 도관이 타이로시스로 채워져 있어 수분의 이동을 방해하기 때문에 건조가 어렵다. 조건이 같을 경우 백참나무의 건조시간은 적참나무의 두배이며, 건조결함도 더 많이 발생한다. 따라서 건조목의 가격은 백참나무가 적참나무의 두 배에 가깝다.

신갈나무, 줄참나무, 굴참나무, 상수리나무, 갈참나무 등 국내 참나무(*Quercus* sp.)는 모두 백참나무로 건조가 어렵기 때문에 단단하고 목리가 아름다움에도 불구하고 전통가구나 전승공예품 등 고급품으로 이용되지 못하였다.

현재 임지에서 생산되고 있는 참나무(*Quercus* sp.) 원목 중 많은 양이 입목 때부터 썩어있어 상품가치가 현저히 떨어진다. 그 이유는 분명히 밝혀지지 않았으나 맹아 갱신된 수목에서 많이 발생한다고 알려져 있다.

이러한 참나무(*Quercus* sp.)를 고부가가치 수종으로 키우기 위해서는 첫째 참나무류의 생리·생태 연구를 통하여 생육적지를 파악하고 우량품종을 선발하여야 하며, 둘째 입목 때부터 썩어 가는 원인을 구명하여 참나무의 상품가치를 높이고, 셋째 참나무(*Quercus* sp.)의 물질현존량을 측정하여 우리 나라에 분포하고 있는 참나무류의 현존량을 추정하며, 넷째 효과적인 건조 기술을 개발하여 생산수율을 높이고, 다섯째 참나무 소경목에 알맞는 디자인 상품을 개발하여야 한다.

2. 경제·산업적 측면

국내에서 현재 생산되는 참나무(*Quercus* sp.)는 최상급이 표고 자목으로 팔리고 있으며 대부분이 저급인 펄프목으로 이용되고 있다. 참나무 특유의 아름다운 목리를 살리는 고급 상품으로 유통되지 못하고 있다.

Whisky barrel이라고 알려진 참나무 술통이 개당 100만원 이상의 가격으로 수입되어 주류 제조회사에서 사용하고 있다. 이 술통에 사용되는 참나무도 백참나무로 우리나라에서 자라고 있는 참나무(*Quercus* sp.)와 같은 종류이다. 현재 국내 입목은 흉고직경이 적기 때문에 수입 술통과 같이 큰 술통을 만들지 못한다고 할지라도 규모를 줄여 만듦으로써 수입 대체 효과를 얻을 수 있으나 아직 시도된 바 없다. 이를 위해 현재 임지에 자라고 있는 입목의 생육적지를 파악하고 우량품종을 선발하여 참나무류의 분포를 확대시킴으로써 생산성 있는 임업을 위한 밑거름을 만들 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

얼마 전 TV에 독일에서 참나무(*Quercus* sp.) 한 그루의 가격이 벤츠 한 대의 가격과 같다고 하는 내용이 방영된 적이 있다. 그것을 본 모든 사람들이 매우 놀랐으며 부러워했다. 참나무(*Quercus* sp.)가 그렇게 비싸다는 데 놀랐으며, 또한 참나무는 우리나라에도 많은데 왜 우리나라에는 그렇게 잘 자란, 비싼 참나무가 없는가? 라는 의문을 모두 가졌다. 모든 산에 지천으로 분포하고 있는 것이 참나무인데 쓸만한 것이 없다는 것이 또한 현실이다.

우리나라에서 자란 참나무(*Quercus* sp.)가 외국산 참나무보다 우리에게 친숙하리라는 것은 불문가지다. 우리나라 사람으로서 참나무를 모르는 사람이 없으나 참나무로 만들어진 제품을 소

유하거나 접한 사람은 많지 않다. 많은 사람들이 잘 가공된 참나무 제품을 접함으로써 우리 목재에 대해 익숙해지고 나아가 우리 문화 속에 녹아있는 참나무에 대한 인식을 새롭게 할 수 있다. 목공예 제작자, 목재디자인 전문가들에게 좋은 참나무 소재를 제공함으로써 잘 디자인된 제품이 나올 수 있다.

제3절 연구개발의 범위

1. 참나무류(*Quercus* sp.)의 생육적지 및 적정 생육환경 규명

가. 굴참나무의 생태 적지 및 적정 생육환경 규명

- 1) 식생조사 : 흉고직경 3cm 이상의 목본을 대상으로 수종, 개체수, 흉고직경을 조사한다.
- 2) 지형조사 : 해발고, 방위, 지형, 경사 등을 조사한다.
- 3) 토양조사 및 분석 : 각 조사구의 A층에서 2kg의 시료를 채취하여 pH, 전질소, 유기물함량, 유효인산 등을 측정한다.
- 4) 종합 분석에 따른 우량목 지역의 생태적 환경요인 분석

나. 졸참나무의 생태 적지 및 적정 생육환경 규명

- 1) 식생조사 : 흉고직경 3cm 이상의 목본을 대상으로 수종, 개체수, 흉고직경을 조사한다.
- 2) 지형조사 : 해발고, 방위, 지형, 경사 등을 조사한다.
- 3) 토양조사 및 분석 : 각 조사구의 A층에서 2kg의 시료를 채취하여 pH, 전질소, 유기물함량, 유효인산 등을 측정한다.
- 4) 종합 분석에 따른 우량목 지역의 생태적 환경요인 분석

다. 신갈나무의 생태 적지 및 적정 생육환경 규명

- 1) 식생조사 : 흉고직경 3cm 이상의 목본을 대상으로 수종, 개체수, 흉고직경을 조사한다.
- 2) 지형조사 : 해발고, 방위, 지형, 경사 등을 조사한다.

- 3) 토양조사 및 분석 : 각 조사구의 A층에서 2kg의 시료를 채취하여 pH, 전질소, 유기물함량, 유효인산 등을 측정한다.
- 4) 종합 분석에 따른 우량목 지역의 생태적 환경요인 분석

2. 참나무류 주요수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구

가. 현지 임분조사를 통한 참나무류의 치수발생 실태조사 및 분석

- 1) 수종별, 입지별, 임분의 특성별, 기타 요인별로 임분의 하층에 발생하는 참나무류 치수의 종류 및 빈도 분포와 이들의 생육 실태에 대한 조사 분석

나. 참나무류 주요수종의 천연갱신 및 인공갱신에 대한 비교 분석

- 1) 시험 포장 또는 현지 임분을 대상으로 실생묘 조립, 직파조립, 맹아갱신, 천연치수 육성 등 참나무류 임분의 조성 또는 갱신에 적용할 수 있는 다양한 조립기술을 적용하여 그 처리와 1차 연도 성과를 분석하고 각각의 갱신 방법이 지니는 장단점 및 이들을 개선 보완하는 기술적인 방안을 분석함.

다. 참나무류 주요수종의 갱신전략 수립

- 1) 전년도에 조성된 참나무류 주요 수종의 천연갱신 및 인공갱신 임지에서 자라는 실생묘와 맹아묘 등을 대상으로 이들의 성장 특성을 분석 평가하고 다양한 임분 무육 기술의 적용에 따른 생육 반응을 종합 분석하여 실용적이고 합리적인 참나무류 주요 수종의 갱신 전략을 수립함.
- 2) 옹이, 내부부후 등 성장결함의 발생요인 규명

3. 참나무류 천연림의 물질현존량 분석

가. 굴참나무 천연림 물질현존량 분석

- 1) 굴참나무의 물질현존량 분석 : 강원도, 중부권, 그리고 남부권의 세 지역에서 생육하는 굴참나무의 물질현존량과 총현존량 추정
- 2) 토양의 이·화학적 특성조사

나. 졸참나무 천연림 물질현존량 분석

- 1) 졸참나무의 물질현존량 분석 : 강원도, 중부권, 그리고 남부권의 세 지역에서 생육하는 졸참나무의 물질현존량과 총현존량 추정
- 2) 토양의 이·화학적 특성조사

다. 신갈나무 천연림 물질현존량 분석

- 1) 신갈나무의 물질현존량 분석 : 강원도, 중부권, 그리고 남부권의 세 지역에서 생육하는 신갈나무의 물질현존량과 총현존량 추정
- 2) 토양의 이·화학적 특성조사

4. 건조 및 가공 기술개발

가. 우량목 선발을 위한 해부학적, 물리적 성질 조사

- 1) 해부학적인 성질 조사 : 참나무가 성장하는 지역을 여러 곳 선정하여 그곳에서 채취한 목재의 수고와 직경에 따른 섬유장 등을 조사
- 2) 수고와 직경에 따른 밀도분포, 생재함수율 변화 조사
- 3) 이러한 해부학적, 물리적 성질은 목재의 건조성과 가공성을 예측하는데 중요한 지표로 사용될 수 있으며 수종의 성장속도를 가늠할 수 있다.

나. 건조기술 개발

- 1) 참나무는 대표적인 건조곤란 수종으로 완벽한 건조를 위해서는 많은 연구조사가 필요하다. 본 연구에서는 지금까지 알려진 건조전대패법, 증기전처리법, pallet 건조법을 국산 참나무에 적용하고 효과를 분석하여 최적 건조방식을 찾아낸다.
- 2) 대표적인 건조방식인 열기건조법의 최적 건조 스케줄을 trial and error 방법으로 찾아낸다.
- 3) 마구리 활열을 방지할 수 있는 end coating제를 여러 가지 약제를 사용하여 찾아낸다.
- 4) 참나무 활열 방지 건조방법 중 pallet 건조법 적용 시 새로운 pallet을 개발하여 미국 특허인 목재 pallet의 단점을 보완하여 반영구적으로 오래 쓰며 효과가 높은 pallet을 개발한다.
- 5) 참나무 디스크 건조기술을 개발한다. 참나무는 목리가 아름답기 때문에 디스크로 건조

하면 높은 부가가치를 높일 수 있으나 방사할열이 많이 발생하여 건조가 매우 어렵다. pallet건조법을 참나무 디스크 건조에 적용하여 건조효율을 높일 수 있는 기술을 개발한다.

다. 가공기술 개발

- 1) 참나무 공예제품을 위한 가공기술을 개발한다.
- 2) 참나무의 휨 가공기술을 개발하고 이 기술을 이용한 공예품을 제작한다. 국내 실정에 맞게 소형화된 참나무 술통을 개발한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 참나무류의 생리·생태·물질현존량

참나무류(*Quercus* sp.)는 우리나라의 대표적인 활엽수종으로 그 중요성에도 불구하고 참나무류 주요 수종에 대한 적정 생육 환경 등 생리·생태 및 물질현존량에 대한 연구와 갱신 조립 및 천연림과 인공조립지의 무육 관리와 관련된 현장 적용 가능한 실용적인 기술 개발에 대한 연구는 여러 사람들에 의해 단편적으로 지속되어 왔지만 이를 이용하여 참나무류의 종합적인 갱신전략을 과학적으로 수립하고자 할 때 필요한 기초자료는 아직까지도 충분치 못한 실정이다.

참나무류에 대한 생태학적인 연구는 대부분이 참나무류에 대하여 군락을 분류한 것과 물질현존량에 관한 것들이며 이외에 흉고직경급 분석, 생산력측정, 탄소고정량 분석, 분포양상, 광도변화에 대한 잎의 광합성 반응, 질소 동태 구명, 임분형 구분 및 군락과 환경에 관한 보고가 있는 정도이다.

또한 참나무류의 조립, 무육 및 갱신과 관련된 연구는 일부 임분밀도 관련 연구와 맹아림 조성, 천연림의 무육관리 등에 대해 부분적으로 학술적인 연구 결과가 발표되고 있으며 현장에서는 양묘와 조립 등에 대한 부분적인 기술 개선이 이루어지고 있을 뿐이다.

독일의 경우에 Heinrich Spiecker 박사가 '페트라참나무와 로브르참나무의 자연낙지와 비대생장 조절'에 대하여 연구하여 고급목재를 생산하기 위한 효율적인 방안을 제시하였다. 그러나, 우리나라에서는 참나무류의 임분과 입지환경인자와의 관계를 규명하여 고급목재를 생산할 수 있는 생태학적인 임분의 무육관리 방법에 관한 연구는 부족한 실정이다.

참나무류의 효율적인 성장과 임분의 생산성을 고도화하기 위해서도 참나무류에 대한 생태학적인 내용의 규명은 필수적으로 규명되어야 할 사항이다. 참나무류의 수요가 급증하고 있는 이때에 식생, 지형, 토양 그리고 기후 등의 종합적인 환경요인에 따른 생육적지와 적정 생육 환경에 대한 종합적인 고찰은 참나무 성장에 대한 정확한 정보를 제공하고 보다 좋은 목재 생산을 위해서는 필수적이다. 이 때문에 참나무류 주요 수종들에 대한 생태적지 및 적정 생육환경의 조사 및 분석을 통해 참나무류 성장에 대한 정확한 정보를 제공함으로써 보다 좋은 목재 생산과 빠른 성장을 유도할 수 있을 것으로 보인다.

그리고 현재까지도 불충분한 연구 수준에 머물고 있는 내용 중에서 참나무류가 우점하고

있는 임분 내에 분포하는 참나무류의 분포 실상과 이들의 형질을 분석하면서 이들 임분 중, 하층에 발생하는 참나무류 치수나 맹아 또는 유령목의 발생 현황 및 이들의 형질을 구명하는 일은 앞으로 이들 임분의 무육 관리나 천연갱신 전략을 수립하는데 대단히 중요한 자료를 제공할 것이다. 또한 이들 임분의 갱신과정에서 필연적으로 적용될 맹아갱신 및 실생묘 조립이나 직파조립 및 이에 필요한 용기묘를 포함한 묘목 양성 및 종자 준비와 직파조립에 유용하게 사용될 수 있는 종자환의 제조기술 개발, 기피제나 보호장구를 개발하여 현장에서 발생하는 동물에 의한 피해를 예방하는 기술적인 방법의 개발 등은 앞으로 참나무류를 중심으로 보다 생산성이 높은 임분을 과학적으로 또 합리적으로 조성하는데 필요한 기초자료로 활용될 수 있다.

이와 함께 참나무류가 실생묘 조립에 의한 갱신보다는 맹아갱신에 의존하는 현실에서 맹아 갱신된 수종에서 발생하는 입목의 심재 부후 현상을 규명한다는 것은 참나무류의 고급용재 생산을 위해서 필수적이다. 또한 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무, 상수리나무, 갈참나무 등의 주요 참나무류를 이용하기 위해 선행되어야 할 사항은 수요 예측과 함께 참나무에 대한 물질 현존량의 평가가 이루어져야 한다. 현재 국내에서 참나무의 물질 현존량에 대한 연구는 충분치 못한 실정이며 또한 주로 일부분의 참나무 수종에 대해서만 연구가 이루어져 왔다. 이에 이용할 수 있는 참나무류 주요 수종들에 대하여 이미 조사 평가된 수종에 대한 통합적 분석과 조사가 부족한 수종에 대한 물질 현존량 조사를 통해 전국적인 참나무 수종들의 현존량에 대한 종합적인 평가가 필요하다. 이를 위해 우리나라 전체 참나무류에 대한 분포 현황을 조사한 후 참나무류 전체 수종에 대한 물질 현존량을 평가하는 것은 대단히 중요한 일이다.

제2절 참나무류의 건조 및 가공 기술

참나무류(*Quercus* sp.)는 대표적인 건조 곤란 수종으로 건조 초기 표면할열과 건조중기와 말기에 내부할열이 심하게 발생하여 상품가치를 떨어뜨리는 경우가 많다. 현재 국내에 건조 시설을 가지고 있는 업체가 여러 곳이지만 참나무(*Quercus* sp.) 특히 백참나무를 효과적으로 건조할 수 있는 곳은 거의 없다. 미국산 백참나무 판재는 국내산에 비해 직경이 큰 원목에서 제재한 것이기 때문에 건조결함이 적게 발생하나 이마저도 제대로 건조할 수 있는 기술이 국내에는 축적되지 못하였다. 게다가 국내산은 소경목이고 옹이 등 결함이 많기 때문

에 건조에 어려움이 더 많다.

지금까지 참나무류(*Quercus* sp.)의 건조결함을 줄이기 위한 방법으로 건조전대패법, 증기전처리법, pallet 건조법 등이 개발되어 사용되어 왔다. 건조전대패법은 건조전에 발생한 표면 미세할열을 대패질로 제거함으로써 표면할열이 내부할열로 진행되는 것을 막는 효과가 있다. 그러나 이 방법으로 모든 내부할열을 예방할 수 있는 것이 아니기 때문에 일부 예방하는 효과만 가진다고 볼 수 있다.

증기전처리법의 효과는 학자에 따라 찬반으로 나뉜다. 증기전처리는 추출물을 침출시킴으로서 목재 투과율을 높여 건조 속도를 증가시키고 건조결함을 줄인다고 보고되었다. 그러나 반대로 목재를 고온증기에 노출시키므로 목재 강도가 떨어져 찌그러짐이 발생하고 나아가 할열이 더 많이 발생한다는 보고도 있다.

마지막으로 pallet 건조법은 판재표면에 합판으로 만든 pallet을 덮어서 표면 증발을 억제하여 건조초기 표면의 인장응력에 의한 표면할열을 예방한다. 이 방법은 미국 특허를 획득한 기술이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 참나무류의 생육적지 및 적정 생육환경 규명

제1-1절 굴참나무의 생육적지

1. 서론

낙엽성 참나무류는 온대 수종으로 우리나라에는 상수리나무, 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무, 떡갈나무, 신갈나무의 6종이 기본종으로 분포하고 있다(김윤식 등, 1981; 이창복, 1961a; 이창복, 1961b). 이들의 집중적인 분포지는 중부 이남이나(김윤식 등, 1981), 신갈나무는 산의 중상부 고지대에 주로 분포하고 있다.

참나무류는 맹아 번식력이 강한 대표적인 활엽수종으로 그의 중요성에도 불구하고 참나무류 수종에 대한 적정 생육환경, 생리 및 생태에 대한 연구는 충분하지 못한 실정이며, 이에 대한 연구는 참나무의 효율적 생산과 이용을 유도하기 위해서 필수적으로 규명되어야 할 사항이다.

그러나 현재까지 우리나라에서는 침엽수를 주로 조림하여 왔으며, 활엽수(특히 참나무류)에 대한 연구는 등한시한 실정이다. 우리나라에서 참나무류에 대한 연구는 분류학적 측면에서의 연구(이창복, 1961a; 이창복, 1961b; 이유성과 조무연, 1981; 마상규, 1974)와 참나무 천연림의 물질현존량에 대한 연구(박인협, 1985; 이수욱과 박관화, 1986; 최영철과 박인협, 1993; 박인협과 문광선, 1994)가 대부분이며, 이 외에 신갈나무군락에 대한 분류(장규관 등, 1997), 흉고직경급 분석(송호경과 장규관, 1997) 및 군락과 환경에 관한 보고(송호경, 1990; 송호경 등, 1995; 송호경 등, 1998)가 있는 정도이다.

그러나 굴참나무에 관한 연구로는 현존생물량에 대한 연구(김시경과 정좌용, 1985; 최영철과 박인협, 1993; 박인협과 문광선, 1994; 송칠영과 이수욱, 1996; 박관수, 1999)가 대부분이며, 이외에 산림환경인자에 의한 굴참나무 임분의 생산력측정(정영관과 이동섭, 1986), 신갈나무와 굴참나무 천연림의 탄소고정량 분석(송칠영 등, 1997) 등이 있다. 이처럼 굴참나무에 관한 연구의 대부분이 물질생산력과 탄소고정량 등에 한정되어 있으며, 김윤식 등(1981)이 참나무과의 분포도를 작성하여 참나무류의 분포를 밝힌 정도이다.

본 연구는 전국 각지에 주요 활엽수종으로 분포하고 있는 참나무류의 중요성을 알리고,

특히 참나무류 중 목재이용측면에서 가치가 높은 굴참나무를 대상으로 식생 구조와 생태적 지를 밝혀 우리나라 굴참나무림의 조림에 관한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

2. 조사 및 연구방법

가. 조사지의 개황

굴참나무에 대한 조사는 강원도 양양군 수리, 양양군 만월산, 양양군 연곡면, 강원도 동해시 삼화사, 경북 울진군 소광리, 대전광역시 유성구 금병산, 충남 공주시 계룡산, 공주시 정안면, 전북 무주군 덕유산, 무주군 파회면, 경남 산청군 대원사계곡(지리산), 포항시 죽장면의 굴참나무림을 대상으로 실시하였다(그림 1-1).



그림 1-1. 굴참나무림의 조사대상 지역 위치도.

이들 지역은 온대 중부에 속하며 강릉, 울진, 포항, 대전, 공주, 무주, 산청의 기상자료에 의하면(기상청, 2001) 연평균기온 12.3℃~13.8℃, 연평균강수량 1102.3mm~1479.2mm이다.

조사 지역별 사면의 고도, 방위, 경사, 지형요소 등을 보면, 해발고도는 300m 미만이 14개소, 300m 이상 600m 미만이 42개소, 600m 이상의 조사구가 10개소로, 굴참나무 임분은 해발고가 300m 이상 600m 미만에서 많이 분포하고 있었다. 방위는 대부분의 사면 위치가 남

동(21개소) > 남(20개소) > 남서(13개소) > 동(9개소) > 서사면(3개소) 순이었으며 주로 남동·남·남서사면이 대부분을 차지하고 있었다. 경사는 20°~ 29°사이의 조사구가 16개소, 30°~ 39°사이의 조사구가 39개소로, 전 조사구의 80%이상이 20°~ 40°사이에 분포하고 있었다. 또한 조사구의 약 64%(42개소)가 사면의 중부에 위치하였다.

나. 식생 및 입지 환경조사

식생 조사는 2000년 7월부터 9월 사이에 양양, 울진, 포항, 공주, 계룡산, 덕유산, 지리산 지역의 굴참나무 임분 중에서 20m × 20m 크기의 방형구 66개소를 설치하여, 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 매목 조사를 실시하였다.

입지 환경 요인으로는 조사지의 방위, 경사, 해발고를 측정하였다. 방위는 나침반을 사용하여 8개의 방위로 구분하였으며, 경사도는 경사계, 해발고는 고도계를 이용하여 측정하였다. 식물사회학적 조사를 위하여 조사구내의 출현종을 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층으로 구분해 기록하고, 각 층의 평균 수고를 기록하였다. 출현종의 우점도는 Braun-Blanquet(1964)의 7단계 구분을 변형한 Dierssen(1990)의 9단계 구분법을 사용하였다(표 1-1).

표 1-1. Dierssen의 피도와 개체수에 따른 우점도 등급(1990).

우점도	개체수	피도
r	1~2	1% 이하
+	2~5	1~5%
1	6~50	5% <
2m	> 50	5% <
2a	무관	5~12.5%
2b	무관	12.5~25%
3	무관	25~50%
4	무관	50~75%
5	무관	> 75%

다. 중요치 및 흉고직경급 분석

산림군락의 특징을 보다 정확하게 분석하기 위하여 흉고직경 2cm 이상의 매목조사에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value)를

산출하고, 흉고직경급을 분석하였다.

라. Classification 및 Ordination 분석

Classification은 Hill(1979b)의 TWINSpan을 이용하였으며, 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%로 5개의 cut level이 사용되었으며, 각 조사구에서 20% 이상의 중요치를 가지는 종은 그 조사구의 우점종으로 간주되었다.

Ordination은 CA(correspondence analysis)의 확장인 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill, 1979a; Hill and Gauch, 1980) Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

마. 토양특성 분석(Black 등, 1965; Bickelhaupt and White, 1982)

토양의 화학적 특성 분석을 위해 현장에서 채취한 시료를 실험실로 운반한 후 음지에서 건조하였다. 토양의 유기물 함량은 Walkley-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 macro-Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca, Mg 그리고 Na는 ICP를 이용하여 분석하였다. 토양의 pH와 전기전도도는 1 : 5로 희석하여 측정하였으며, CEC는 ammonium saturate법으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 군락 분류

1) 식물사회학적 방법에 의한 분류

총 60개의 조사구 자료를 Ellenberg(1956)의 표작성법에 따라 분석한 결과, 식물군락은 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community)에서 신갈나무아군락(*Quercus mongolica* subcommunity), 졸참나무아군락(*Quercus serrata* subcommunity), 당단풍아군락(*Acer pseudosieboldianum* subcommunity), 때죽나무아군락(*Styrax japonica* subcommunity), 굴피나무아군락(*Platycarya strobilacea* subcommunity)으로 구분되었다(표 1-2).

A. 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community)

박인협과 서영권(2001)은 계룡산국립공원 계곡부 지역의 남사면에서 굴참나무의 중요치가 높다고 보고한 바 있으며, 송호경 등(2001)의 보고서에 따르면 굴참나무림 주 사면의 위치는

남사면으로 나타난다고 하였다.

이 군락은 주로 남사면에 분포하여, 위의 결과와도 일치하였다.

굴참나무군락은 해발고 147~800m(평균해발고 409m) 사이에 분포하였으며, 평균 경사도는 약 31°로 조사되었다.

교목층의 평균수고는 18m이고, 평균피도율은 교목층 86%, 아교목층 47%, 관목층 41%, 초본층 31%로 조사되었다.

주요 군락 구분종은 굴참나무외에 생강나무 등이다.

A-a. 신갈나무아군락(*Quercus mongolica* subcommunity)

이 아군락은 해발고 220~800m(평균해발고 499m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 34°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 84%, 아교목층 44%, 관목층 46%, 초본층 42%로 나타났다.

교목층의 평균 수고는 17m로 다른 아군락에 비해 비교적 낮게 조사되었다.

군락구분종은 신갈나무, 넓은잎외잎죽 등이다.

이 군락은 다른곳에 비해 입지가 좋으며, 굴참나무군락과 경쟁을 하다 추후 신갈나무군락이 우점할것으로 판단된다.

A-b. 졸참나무아군락(*Quercus serrata* subcommunity)

이 아군락은 해발고 200~855m(평균해발고 457m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 30°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 86%, 아교목층 45%, 관목층 50%, 초본층 39%로 나타났다. 타 군락에 비해 관목층의 피도율이 높게 나타났다.

교목층의 평균 수고는 17m로 조사되었다.

군락구분종은 졸참나무, 꽃머느리밥풀 등이다.

A-c. 당단풍아군락(*Acer pseudosieboldianum* subcommunity)

이 아군락은 해발고 147~290m(평균해발고 213m)에 분포하고 있으며, 5개의 아군락중 가장 낮은곳에 분포하고 있다. 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 26°로 가장 완만한 것으로 나타났다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 89%, 아교목층 59%, 관목층 14%, 초본층 26%로 나타났다. 타 아군락에 비해 초본층의 피도율이 낮게 나타났다.

교목층의 평균 수고는 20m로 5개의 아군락중 가장 높게 조사되었다.

군락구분종은 당단풍, 작살나무 등이다.

A-d. 때죽나무아군락(*Styrax japonica* subcommunity)

이 아군락은 해발고 290~530m(평균해발고 415m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 31°로 조사되었다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 83%, 아교목층 59%, 관목층 24%, 초본층 41%로 나타났다. 타 아군락에 비해 아교목층의 피도율이 높게 나타났다.

교목층의 평균 수고는 18m로 조사되었다.

군락구분종은 때죽나무, 사람주나무, 노린재나무, 청미래덩굴, 땅비싸리 등이다.

A-e. 굴피나무아군락(*Platycarya strobilacea* subcommunity)

이 아군락은 해발고 260~600m(평균해발고 463m)에 분포하고 있으며, 이 지역의 평균 경사도는 33°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 87%, 아교목층 36%, 관목층 20%, 초본층 33%로 나타났다. 타 아군락에 비해 아교목층의 피도율이 낮게 나타났다.

교목층의 평균 수고는 19m로 조사되었다.

군락구분종은 굴피나무, 오리방풀 등이다.

표 1-2. 굴참나무군락의 군락 조성표.

A : 굴참나무군락;

A-a : 신갈나무아군락; A-b : 졸참나무아군락;

A-c : 당단풍아군락; A-d : 매죽나무아군락;

A-e : 굴피나무아군락.

Community type	A				
	a	b	c	d	e
Number of releve	16	15	7	11	11
Altitude	499	457	213	415	463
Direction	200	164	134	177	168
Slope degree	34	30	26	31	33
Height of tree layer(T1)	17	17	20	18	19
Coverage of upper tree(T1) layer(%)	84	86	89	83	87
Coverage of lower tree(T2) layer(%)	44	45	59	59	36
Coverage of shrub(S) layer(%)	46	50	14	24	20
Coverage of herb(H) layer(%)	42	39	26	41	33

Differentail species of *Quercus variabilis* community

<i>Quercus variabilis</i>	V	V	V	V	V
<i>Lindera obtusiloba</i>	V	IV	V	V	V

Differentail species of *Quercus mongolica* subcommunity

<i>Quercus mongolica</i>	V	III	II	I	II
<i>Artemisia stolonifera</i>	III	II	.	I	.

Differentail species of *Quercus serrata* subcommunity

<i>Quercus serrata</i>	III	V	III	IV	III
<i>Neolazyxrus roseus</i>	I	III	.	I	I

Differentail species of *Acar pseudosieboldianus* subcommunity

<i>Acar pseudosieboldianus</i>	II	II	IV	III	I
<i>Callicarpa japonica</i>	II	I	IV	III	II

Differentail species of *Styrax japonica* subcommunity

<i>Styrax japonica</i>	I	I	.	V	II
<i>Sapindus japonicus</i>	.	.	.	III	I
<i>Syapiococcus chinensis</i> for. <i>pilossa</i>	I	II	I	IV	II
<i>Saillax china</i>	I	II	II	IV	II
<i>Indigofera kirilowii</i>	.	I	.	III	I

표 1-2. 계속.

Differential species of <i>Platycarya strabilacea</i> subcommunity					
<i>Platycarya strabilacea</i>	I	I	,	I	IV
<i>Isodon aschisus</i>	,	I	,	,	IV
companions					
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	V	V	III	V	IV
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	IV	IV	III	V	V
<i>Styrax obassia</i>	IV	IV	IV	III	II
<i>Fernus sargentii</i>	IV	III	II	III	II
<i>Artemisia kaiskeans</i>	IV	III	,	II	I
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	IV	III	,	I	I
<i>Carpinus laxiflora</i>	I	II	I	III	I
<i>Lindera glauca</i>	,	I	III	IV	II
<i>Smilax nipponica</i>	III	III	,	V	III

2) TWINSpan에 의한 군락 분류

조사된 66개 plot에서 흉고직경 2cm 이상의 수목 중 6개 이상의 plot에서 출현한 19종을 대상으로 TWINSpan을 실시한 결과는 그림 1-2와 같다.

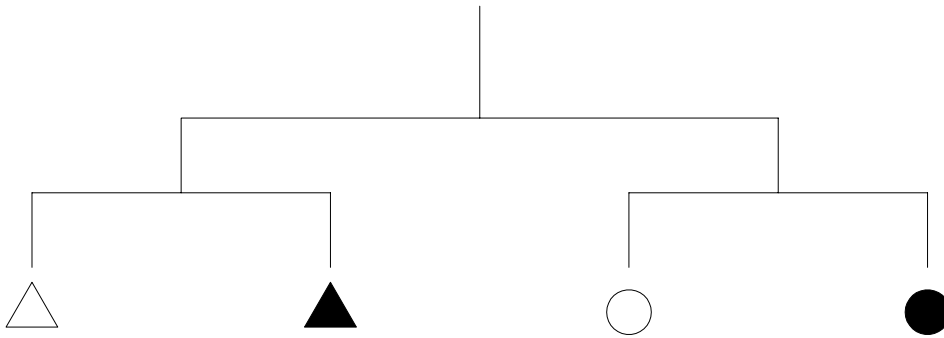


그림 1-2. 굴참나무림의 세부군락 모식도.

△ : 굴참나무-신갈나무군락, ▲ : 굴참나무-쪽동백나무군락,
○ : 굴참나무-굴피나무군락, ● : 굴참나무-매죽나무군락.

그림 1-2에서 보는 바와 같이 굴참나무림은 굴참나무-신갈나무군락, 굴참나무-쪽동백나무군락, 굴참나무-굴피나무군락, 굴참나무-매죽나무군락의 4 group으로 구분되었다.

나. 수관투영도 및 층위구조.

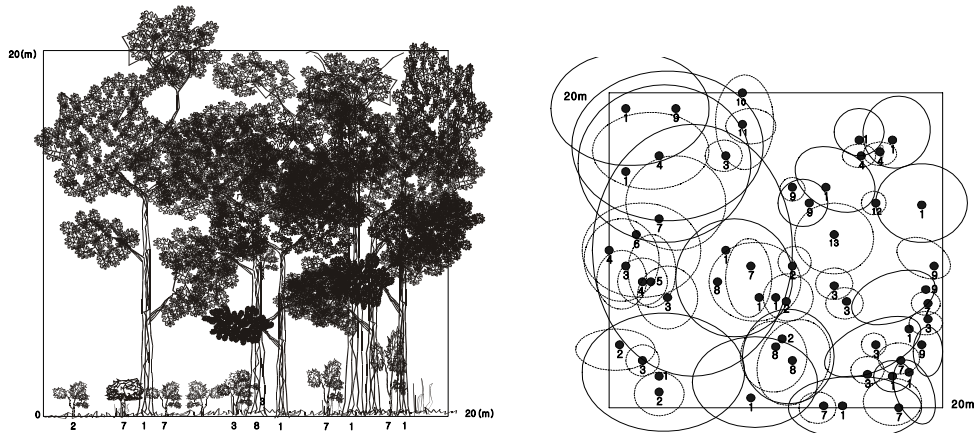


그림 1-3. 계룡산 내 굴참나무군락의 수관투영도 및 층위구조.

1. 굴참나무, 2. 노린재나무, 3. 비목나무, 4. 쪽동백나무, 5. 물푸레나무, 6. 산뽕나무,
7. 생강나무, 8. 졸참나무, 9. 굴피나무, 10. 팔배나무, 11. 개웃나무, 12. 느티나무, 13. 고로쇠나무.

그림 1-3은 굴참나무군락 중 임분상태가 양호한 계룡산 내 굴참나무군락의 수관투영도 및 층위구조를 나타낸 것이다. 굴참나무군락 교목층의 평균 수고는 18m로 굴참나무와 굴피나무가 높은 피도로 우점하고 있으며, 아교목층의 평균 수고는 12m, 평균 피도는 80%로 고로쇠나무와 쪽동백나무가 우점하는 것으로 조사되었다. 관목층의 수고는 6m 피도는 70%로 생강나무, 비목나무 등이 우점하는 것으로 조사되었으며, 초본층의 경우 생강나무가 높은 피도를 나타냈으며, 굴참나무의 치수도 발견되어 일정기간동안 굴참나무가 우점할 것으로 판단된다.

다. 임분특성

1) 중요치 분석

표 1-3은 굴참나무림에서 나타난 주요수종의 중요치를 분석한 결과 굴참나무의 중요치가 141.4로 가장 높았으며, 졸참나무가 20.48, 신갈나무가 17.17, 쪽동백나무 14.27, 생강나무 12.62, 소나무 10.49, 산뽕나무 8.23 등의 순으로 나타났다. 굴참나무군락에서 졸참나무와 신

갈나무의 중요치가 상당히 높게 나타난 것은 굴참나무가 천이 단계의 도중상으로 입지에 따라 졸참나무와 신갈나무가 침입했기 때문인 것으로 판단된다.

굴참나무-신갈나무군락에서 굴참나무의 중요치가 155.40이며, 그 다음으로 신갈나무가 44.77, 산벚나무가 21.31, 생강나무가 14.17 등의 순으로 나타났다. 굴참나무-신갈나무군락에서 교목성 수종인 산벚나무의 중요치가 신갈나무 다음으로 높게 나타난 것은 장차 산벚나무가 굴참나무, 신갈나무와 경쟁할 것임을 말해 준다. 이외에 생강나무와 쪽동백나무의 중요치도 비교적 높게 나타났으나, 이들은 아교목층을 형성하는 수종으로 교목층을 형성하고 있는 굴참나무와는 경쟁하지 않을 것으로 판단된다. 이 군락에서 교목층은 굴참나무가 우점하고 있는 가운데 신갈나무와 산벚나무가 침입하여 서로 경쟁관계에 있으며, 아교목층에서는 생강나무와 쪽동백나무가 우점하고 있다.

굴참나무-쪽동백나무군락에서 굴참나무의 중요치는 135.18이며, 쪽동백나무 30.15, 졸참나무 20.77, 신갈나무 13.62, 서어나무 10.62 등의 순으로 나타났다. 이 군락에서는 교목층에 굴참나무가 우점하고 있으며, 아교목층에는 쪽동백나무가 우점하고 있는 층위 구조를 가지는 것으로 판단된다. 그 외에 졸참나무, 신갈나무, 서어나무가 세력을 차지하고 있어, 우리 나라이전지방에서 천이가 참나무류에서 서어나무로 천이된다고(강윤순과 오계철, 1982; 이경재 등, 1990) 볼 때 장기적으로는 서어나무로의 천이가 진행될 것으로 판단된다.

굴참나무-굴피나무군락에서 굴참나무의 중요치는 149.39이며, 굴피나무가 21.08, 생강나무가 18.33, 졸참나무 17.98 등의 순으로 나타났다. 다른 군락에서 신갈나무와 졸참나무의 중요치가 비교적 높은 반면 이 군락에서는 굴피나무가 굴참나무 다음으로 높은 중요치를 보이고 있다. 이 군락에서도 교목층에 굴참나무가 우점하고 있으며, 아교목층에는 물푸레나무와 생강나무가 우점하고 있다.

굴참나무-때죽나무군락에서 굴참나무의 중요치는 122.46이며 소나무가 30.44, 때죽나무 29.39 등의 순으로 나타났다. 이 군락에서 소나무가 비교적 높은 중요치를 나타낸 것은 과거 소나무가 우점하고 있던 입지에 굴참나무가 침입한 것으로 판단된다. 아교목층에는 때죽나무의 중요치도 높게 나타났는데, 이러한 결과는 최송현과 조현서(2001)의 계룡산국립공원 동학사-남매탑 구간의 산림군집구조 분석에서 굴참나무와 소나무가 우점종을 이루는 군락에서 아교목층에 때죽나무의 중요치가 높게 나타났다는 연구결과와 비슷하였다.

표 1-3. 굴참나무군락의 중요 수종의 중요치.

수 종	중 요 치 (IV)				굴참나무군락
	굴참나무 - 신갈나무군락	굴참나무 - 쪽동백나무군락	굴참나무 - 굴피나무군락	굴참나무 - 매죽나무군락	
굴참나무	155.40	135.18	149.39	122.46	141.4
줄참나무	0.00	20.77	17.98	14.85	20.48
신갈나무	44.77	13.62	1.09	12.47	17.17
쪽동백	12.11	30.15	9.05	0.00	14.27
산벚나무	21.31	1.56	6.56	10.71	8.23
생강나무	14.17	9.84	18.33	5.20	12.62
굴피나무	1.47	0.84	21.08	6.08	8.01
매죽나무	0.00	0.00	6.57	29.39	7.36
물푸레나무	2.64	4.53	10.22	6.37	6.66
쇠물푸레나무	6.96	6.94	2.86	2.69	5.13
서어나무	0.00	10.62	2.86	4.01	4.57
당단풍	1.12	9.38	2.32	1.39	4.03
비목나무	0.00	3.75	7.26	0.00	3.98
개웃나무	4.74	2.78	1.52	2.96	2.68
감태나무	0.00	1.50	2.63	3.17	1.99
밤나무	0.00	0.80	0.87	8.59	1.97
노린재나무	1.14	0.79	0.88	4.25	1.7
다릅나무	0.00	3.18	1.59	0.00	1.61
소나무	8.45	9.76	4.17	30.44	10.49

2) 흉고직경급 분석

굴참나무림에서 주요 우점종인 굴참나무, 줄참나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 소나무, 굴피나무 및 매죽나무에 대한 흉고직경급별 분포도를 작성하였다(그림 1-4). 흉고직경급 분포는 수령 및 임분동태의 간접적인 표현이며, 산림천이의 양상을 추정할 수 있다(Harcombe and Marks, 1978; 이경재 등, 1998). 그림 1-4에서 보는 바와 같이 굴참나무는 어린 개체와 큰

개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높아 정규 분포형의 밀도를 나타내고 있는 것으로 보아 당분간은 굴참나무가 우점할 것으로 예상되나 흉고직경 12cm 이하에서 높은 밀도를 나타내는 졸참나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 소나무, 때죽나무의 중요치가 점차 높아질 것으로 판단되며, 그 중 교목성 수종인 졸참나무, 신갈나무와 경쟁이 심화될 것으로 예상된다.

그림 1-5는 굴참나무-신갈나무 군락에서의 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무 및 산벚나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 굴참나무-신갈나무군락은 현재 굴참나무 흉고직경 16~32cm 개체의 밀도가 가장 높고 어린개체인 흉고직경 8cm 이하 개체의 밀도 역시 높은 수치를 나타내고 있으나, 흉고직경 36cm 이상의 큰 개체의 밀도는 낮은 정규분포형을 보이고 있다. 반면 신갈나무는 흉고직경 16~32cm 개체는 거의 없으나 흉고직경 8cm 이하의 개체는 굴참나무와 비교하여 다소 높은 밀도를 나타내고 있어 앞으로 굴참나무와의 경쟁이 심화될 것으로 판단된다. 그 외에도 졸참나무와 산벚나무 역시 흉고직경 8cm 이하의 어린 개체들의 밀도가 높아 앞으로 이들의 중요치가 증가할 것으로 예상된다.

그림 1-6은 굴참나무-쪽동백나무군락에서의 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 쪽동백나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 이 군락에서의 굴참나무는 어린개체와 큰개체의 밀도가 낮고 중간 개체의 밀도가 높은 정규 분포형을 보이고 있으며, 졸참나무와 신갈나무는 큰 특징을 보이지 않고 있다. 반면 아교목성 수종인 쪽동백나무는 흉고직경 8cm 이하의 어린 개체들의 밀도가 높아 쪽동백나무의 중요치가 계속 증가할 것으로 예상되지만, 쪽동백나무는 아교목성 수종으로 전체적으로 볼 때 교목층에는 굴참나무가 아교목층에는 쪽동백나무가 우점하는 상태를 유지할 것으로 판단된다.

그림 1-7은 굴참나무-굴피나무군락에서의 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 굴피나무, 때죽나무, 물푸레나무 등의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 이 군락에서도 굴참나무가 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이며, 졸참나무, 굴피나무, 때죽나무, 물푸레나무는 어린 개체에서 중간 개체, 큰 개체로 갈수록 밀도가 적어지는 하향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 앞으로 이들 종의 중요치가 증가하는 경향을 보일 것으로 예상된다.

그림 1-8은 굴참나무-때죽나무군락에서의 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 소나무 및 때죽나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 이 군락에서의 굴참나무는 어린개체와 큰개체의 밀도가 낮고 중간 개체의 밀도가 높은 정규 분포형을 보이는 반면 아교목층을 형성하고 있는 때죽나무는 흉고직경 8cm 이하의 어린 개체들의 밀도가 높아 앞으로 때죽나무의 중요치가 계속해서 증가할 것으로 예측되나, 때죽나무는 수분이 많은 지역에 한정적으로

분포하고 있는 아교목성 수종으로 전체적으로 볼 때 교목층에는 굴참나무, 아교목층에는 때죽나무가 우점할 것으로 판단된다. 그 외에 소나무, 졸참나무도 어린 개체의 밀도가 증가하는 경향을 보여 이들과의 경쟁도 예상된다.

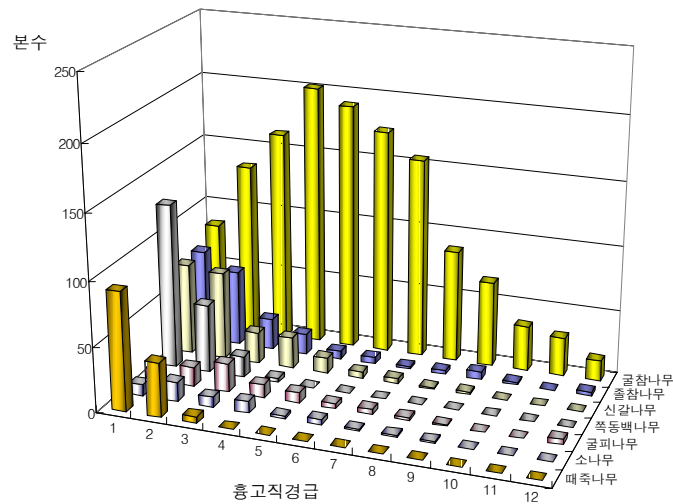


그림 1-4. 굴참나무군락의 흉고직경급 분수.

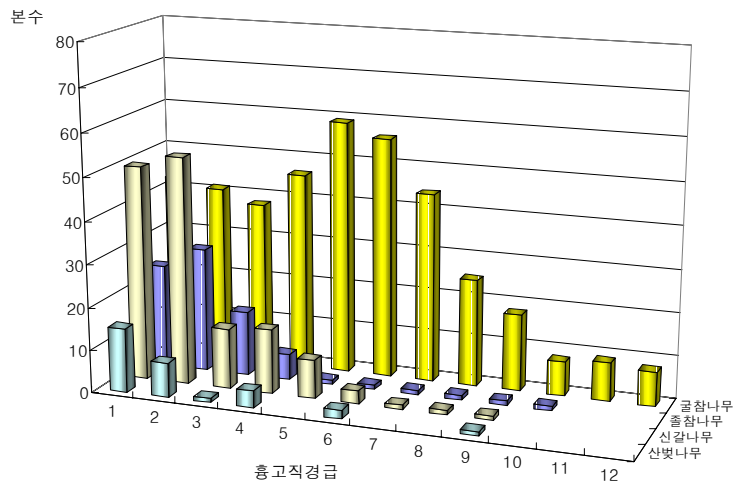


그림 1-5. 굴참나무-신갈나무군락의 흉고직경급 분수.

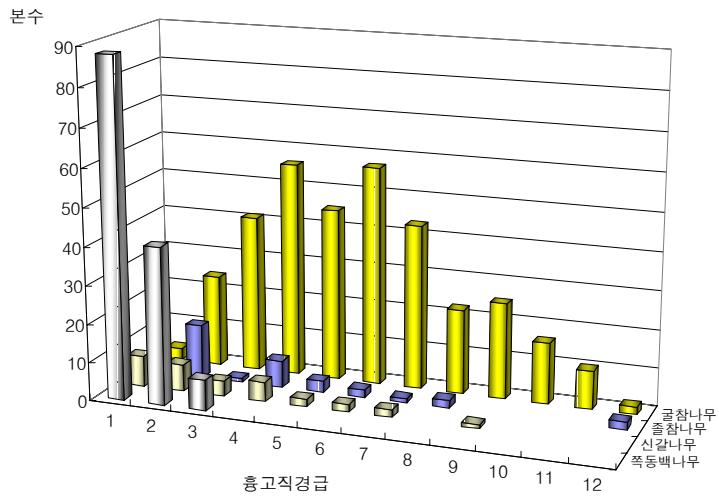


그림 1-6. 굴참나무-쪽동백나무군락의 흉고직경급 분수.

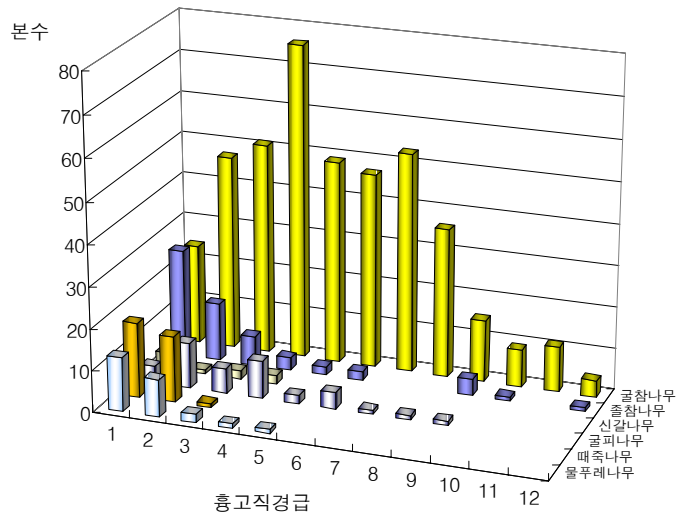


그림 1-7. 굴참나무-굴피나무군락의 흉고직경급 분수.

흉고직경급: 1: 2~5cm, 2: 5.1~10cm, 3: 10.1~15cm, 4: 15.1~20cm, 5: 20.1~25cm,
 6: 25.1~30cm, 7: 30.1~35cm, 8: 35.1~40cm, 9: 40.1~45cm, 10: 45.1~50cm, 11: 50.1~55cm,
 12 55.1~60cm, 13: 60.1~65cm, 14: 65.1~70cm.

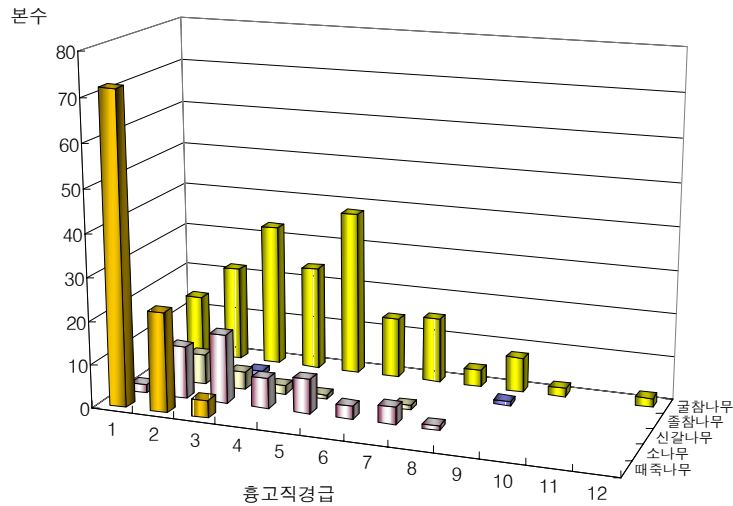


그림 1-8. 굴참나무-매죽나무군락의 홍고직경급 본수.

라. 토양 특성

굴참나무군락의 토양을 분석한 결과, pH는 3.7 ~ 6.4(평균 4.8)로 산성을 나타내고 있으며, 강원도 동해시 삼화사지역에서의 조사구는 pH가 6.4로 조사구 중 가장 높은 수치를 보였으며, 강원도 양양군 수리지역의 조사구는 pH가 3.7로 강산성 토양이었다. EC(전기전도도)는 일반적으로 토양의 염분농도를 나타내는 것으로 전북 무주군 파회면에서의 조사구가 가장 낮은 12 μ s의 값을 나타냈으나, 온실 토양의 전기전도도와 비교해 볼 때 평균적으로 전기전도도는 다소 높다고 할 수 있으며, 이 지점에서의 유기물함량도 1.24%로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 전질소는 0.01~0.13%(평균 0.05%)이고, 유기물함량은 0.24~22.74%(평균 8.68%)로 홍천군 내면의 산림토양(이수옥과 박관화, 1986)과 비교할 때 상당히 높은 수치를 나타내었다. 유효인산은 평균 5ppm이고, 치환성 Ca, Mg, K 등은 각각 1.41, 0.65, 0.10(me/100g)으로, 홍천군 내면의 산림토양 1.19, 0.20, 0.09(me/100g)와 비교해 볼 때 전체적으로 높게 나타났다. 이는 홍천군 내면의 조사가 1986년도에 이루어져 그동안 산림이 잘 보존되어 우리나라의 산림토양이 전반적으로 양호해져 가는 상태이기 때문이라고 사료된다. CEC는 39.8(me/100g)로 홍천군 내면의 산림토양 53(me/100g)과 비교해 볼 때 조금 낮은 수준이었다.

마. Ordination 분석

1) Plot ordination

그림 1-9는 TWINSpan에 의하여 선정된 4개 군락과 13개의 환경 요인들을 DCCA ordination 분석 결과 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. 굴참나무군락은 조사된 13개의 환경요인에 따라 분포하고 있으며, 이를 환경요인들과 DCCA ordination 결과에 의한 제 1축, 제 2축과의 상관관계를 살펴보면(표 1-4), 여러 환경 요인들이 군락의 분포와 상관관계가 있음을 알 수 있다.

주요 군락과 환경 요인과의 상관관계를 보면 굴참나무-때죽나무군락은 전질소와 유기물 함량이 가장 많고, 해발고와 경사는 다른 군락과 비교하여 가장 낮은 지역에 분포하고 있다. 또한 굴참나무-굴피나무군락과 굴참나무-쪽동백나무군락은 전질소와 유기물함량이 중간이며, 해발고와 경사가 중간인 지역에 분포하고 있었다. 그 외 Mg와 전기전도도 역시 중간인 지역에 분포하였다. 굴참나무-신갈나무군락은 전질소와 유기물함량, Mg, 전기전도도가 가장 적고, 해발고가 높으며, 경사는 가장 급한 지역에 분포하고 있었다. 이러한 결과는 굴참나무 군락이 우점하는 지역에서 신갈나무군락이 해발고가 가장 높은 지역에 분포한다는 기존의 연구결과와도 일치한다. 따라서 이들 분포를 환경 요인과 비교하여 보면 제 1축에서는 전질소, 해발고, 유기물함량, 경사, Mg, 전기전도도가 상관관계가 있음을 알 수 있으며, 제 2축에서는 Mg, 해발고, K가 상관관계를 나타내었다.

제 1축과 제 2축에서 상관관계가 가장 높은 인자를 기준으로 할 때 군락에 영향을 미치는 중요한 환경요인은 전질소, 해발고, 유기물함량, 경사였다. 이는 classification과 ordination에 의한 속리산 산림 군집의 분석(유재은과 송호경, 1989), 설악산국립공원 지역의 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석(송호경 등, 1998), TWINSpan과 ordination에 의한 운장산 산림 군락과 환경의 상관관계 분석(정진철 등, 1997) 등의 연구에서 군집들의 분포와 높은 상관관계가 있는 환경 요인이 해발고라고 보고한 연구와 다른 결과를 보여주고 있는데, 이러한 요인은 기존의 연구들이 특정 지역을 대상으로 해발고에 따라 조사 연구가 이루어진 반면 본 조사는 여러 지역의 굴참나무림을 대상으로 했기 때문에, 해발고보다는 토양속의 전질소와 유기물함량이 군락분류에 영향을 미친 것으로 판단된다. 본 연구 결과 굴참나무-쪽동백나무군락과 굴참나무-때죽나무군락은 교목층에 굴참나무가 우점하며, 쪽동백나무와 때죽나무가 아교목층에 우점하는 것으로 보아 이러한 군락이 지속될 것으로 판단되나, 굴참나무-신갈나무군락과 굴참나무-굴피나무군락 등 교목성 수종들이 아교목층을 우점하고 있는

군락에서는 굴참나무가 신갈나무나 굴피나무와 경쟁이 심화될 것으로 추정된다.

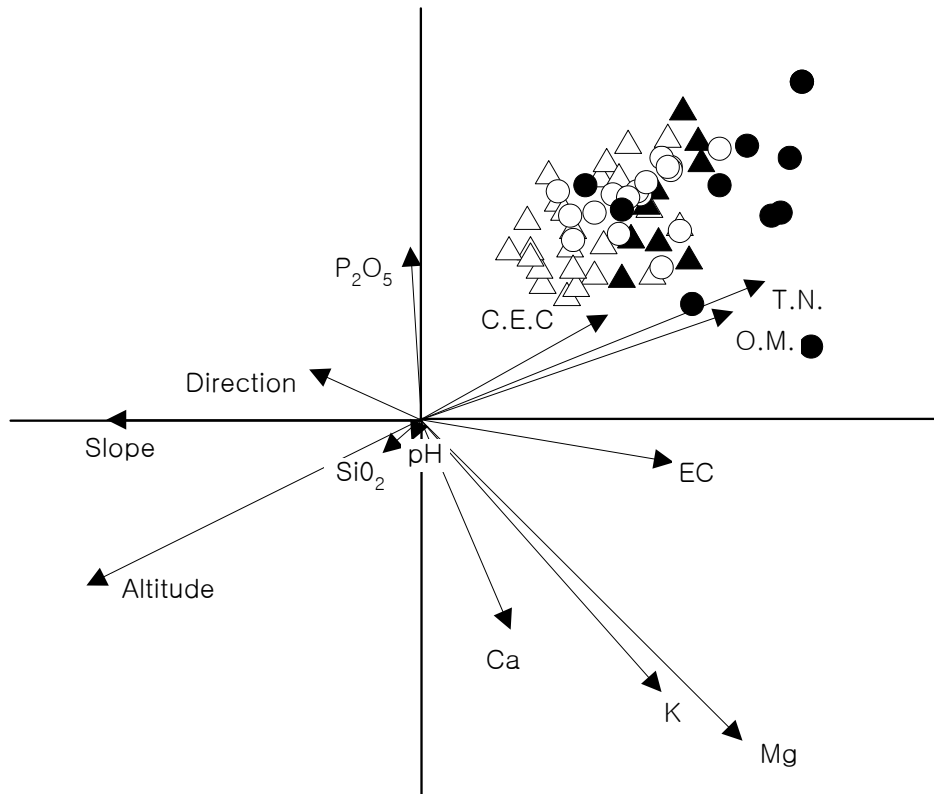


그림 1-9. 굴참나무군락의 plot 오디네이션.

△ : 굴참나무-신갈나무군락, ▲ : 굴참나무-쪽동백나무군락,

○ : 굴참나무-굴피나무군락, ● : 굴참나무-매죽나무군락.

The environmental variables are : T.N. = total nitrogen; O.M. = organic matter; P_2O_5 = available phosphorus concentration; C.E.C = cation exchange capacity; K = potassium concentration; Ca = calcium concentration; Mg = magnesium concentration; EC = electrical conduction; SiO_2 = silicon concentration.

표 1-4. 굴참나무군락과 환경요인과의 상관관계.

Variables	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Total nitrogen	0.071	0.064	0.407**	0.247
Organic matter	0.032	0.039	0.358**	0.232
P ₂ O ₅	-0.110	-0.001	0.018	0.228
K	0.047	-0.098	0.217	-0.259*
Ca	-0.049	0.019	0.072	-0.226
Mg	-0.004	-0.095	0.283*	-0.293*
SiO ₂	-0.002	-0.036	-0.043	-0.052
C.E.C	0.021	0.045	0.235	0.143
pH	0.083	0.018	0.002	-0.084
Electrical conduction	0.038	0.016	0.275*	0.028
Altitude	-0.147	-0.091	-0.401**	-0.288*
Slope	-0.177	-0.003	-0.344**	-0.073
Direction	-0.042	-0.031	-0.110	0.056
Eigenvalue	0.131	0.064		

* p < 0.05; ** p < 0.01

2) 종 ordination

그림 1-10은 조사된 굴참나무림 지역에 출현하는 19개 주요수종과 13개 환경 요인들을 DCCA ordination 분석 결과 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. 주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 전질소와 유기물함량이 많은 지역에는 때죽나무, 밤나무, 노린재나무 등이 분포하고 있으며, 해발고도가 가장 높고, 경사가 가장 급한 지역에는 신갈나무, 산벚나무 등이 분포하고 있다. 또한 Mg, K가 높은 지역에는 소나무, 서어나무, 비목나무 등이 분포하였다.

굴참나무는 전질소, 유기물함량, 해발고, 경사, Mg 등이 대체로 중간인 지역에 분포하고 있어 다른 수종이 쉽게 침입해 들어온다고 판단된다.

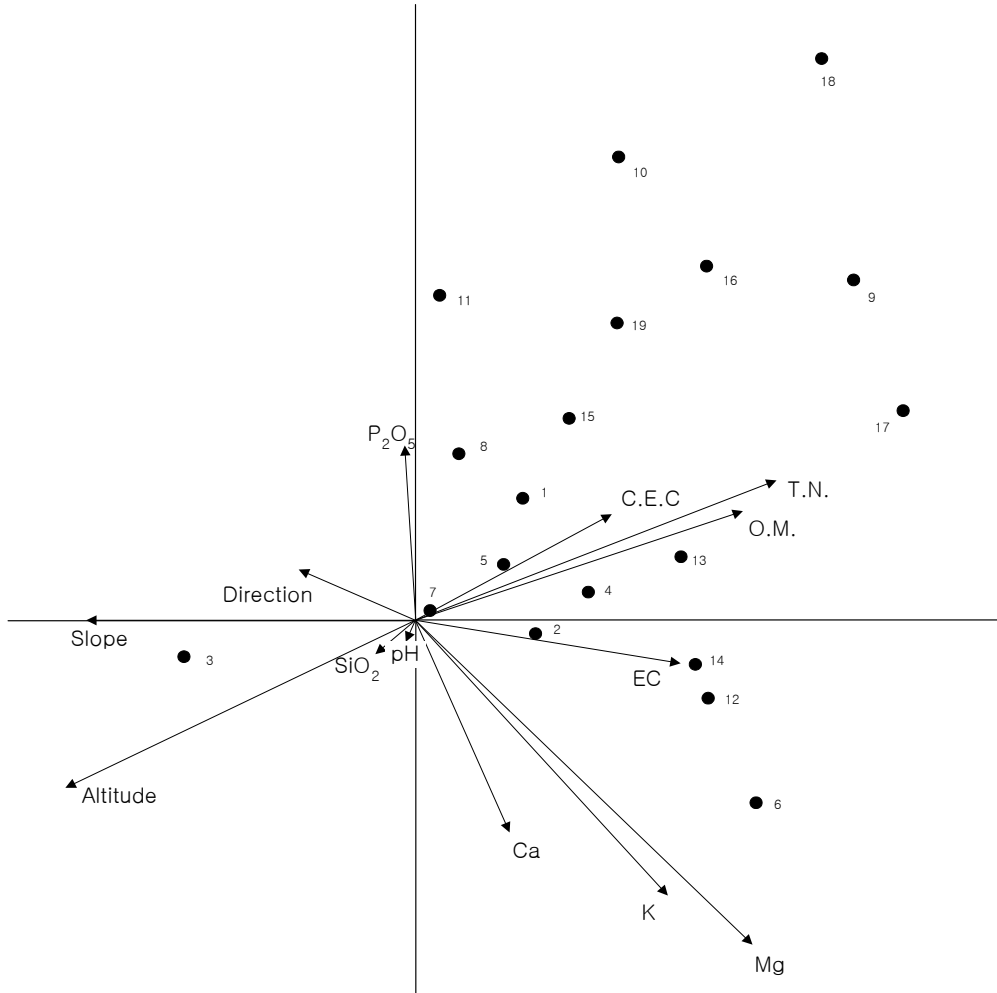


그림 1-10. 굴참나무군락의 종 오디네이션.

1. 굴참나무, 2. 졸참나무, 3. 신갈나무, 4. 쪽동백나무, 5. 생강나무, 6. 소나무, 7. 산벚나무, 8. 굴피나무, 9. 때죽나무, 10. 물푸레나무, 11. 쇠물푸레, 12. 서어나무, 13. 당단풍, 14. 비목나무, 15. 개울나무, 16. 감태나무, 17. 밤나무, 18. 노린재나무, 19. 다릅나무.

4. 결론

본 연구는 굴참나무군락의 산림식생 구조와 입지환경을 파악하고 그에 따른 산림관리방안 및 생태적지를 밝히고자 수행되었다.

TWINSPAN에 의한 분류 결과 굴참나무림은 굴참나무-신갈나무군락, 굴참나무-쪽동백나무군락, 굴참나무-굴피나무군락, 굴참나무-때죽나무군락의 4 group으로 구분되었다.

굴참나무군락에서 중요치가 높은 종은 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 비목나무, 소나무, 산벚나무 등의 순이다.

흉고직경급을 분석한 결과 굴참나무는 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 것으로 보아 당분간은 굴참나무가 우점할 것으로 예상되나, 어린 개체의 밀도가 증가하고 있는 졸참나무, 신갈나무와 경쟁이 심화될 것으로 예상된다.

굴참나무 주요 군락과 환경 요인과의 상관관계를 보면 굴참나무-때죽나무군락은 전질소와 유기물함량이 가장 많고, 해발고와 경사는 다른 군락과 비교하여 가장 낮은 지역에 분포하고 있다. 또한 굴참나무-굴피나무군락과 굴참나무-쪽동백나무군락은 전질소와 유기물함량이 중간이며, 해발고와 경사가 중간인 지역에 분포하고 있었다. 굴참나무-신갈나무군락은 전질소와 유기물함량이 가장 적고, 해발고가 높으며, 경사는 가장 급한 지역에 분포하고 있었다.

제1-2절 졸참나무의 생육적지

1. 서론

낙엽성 참나무류는 온대 수종으로 우리나라에는 상수리나무, 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무, 떡갈나무, 신갈나무의 6종이 기본종으로 분포하고 있다(김윤식 등, 1981; 이창복, 1961a; 이창복, 1961b). 이들의 집중적인 분포지는 중부 이남이나(김윤식 등, 1981), 신갈나무는 산의 중상부 고지대에 주로 분포하고 있다.

참나무류는 맹아 번식력이 강한 대표적인 활엽수종으로 그의 중요성에 비하여 참나무류 수종에 대한 적정 생육환경, 생리, 생태 및 현존생물량에 대한 연구는 충분치 못한 실정이며, 이에 대한 연구는 참나무류의 효율적인 생산과 이용을 위해서도 필수적으로 구명되어야 할 것이다. 현재 우리나라에서 참나무류는 최상급의 버섯재배용 및 저급인 펄프목으로 이용되고 있으나, 독일 등 외국의 경우를 비교할 때 고부가가치를 창출할 수 있는 수종으로 참나무류에 대한 적정 생육환경의 평가는 참나무류의 조립지역 확대를 위하여 필수적으로 밝혀져야 할 사항이다.

우리나라에서 참나무류에 대한 연구는 분류학적 측면에서의 연구(이창복, 1961a; 이창복, 1961b; 이유성과 조무연, 1981; 마상규, 1974)와 참나무류 천연림의 물질현존량 및 순생산량에 대한 연구(김시경과 정좌용, 1985; 박인협, 1985; 이수욱과 박관화, 1986; 최영철과 박인협, 1993; 박인협과 문광선, 1994; 박인협 등, 1996; 송철영과 이수욱, 1996; 박관수, 1999; 박관수와 이승우, 2001, 2002; 박인협 등, 2003)가 대부분이며, 이 외에 산림환경인자에 의한 굴참나무 임분의 생산력측정(정영관과 이동섭, 1986)과 굴참나무 천연림의 성장모의 변이와 생육범위(송정호 등, 2002), 신갈나무와 굴참나무 천연림의 탄소고정량 분석(송철영 등, 1997), 신갈나무의 수분통도성의 공간적 배치구조의 비교(한상섭과 김선희, 1996), 신갈나무 군락에 대한 분류(장규관 등, 1997), 흉고직경급 분석(송호경과 장규관, 1997), 군락과 환경에 관한 보고(송호경, 1990; 송호경 등, 1995; 송호경 등, 1998), 신갈나무의 임분형구분(최선덕 등, 1998) 및 굴참나무군락의 식생구조와 생태적지(이미정 등, 2002)가 있는 정도이다.

그러나 졸참나무에 관한 연구로는 현존생물량에 대한 연구(박인협과 김갑덕, 1986; 박인협과 문광선, 1994; 박관수와 이승우, 2002)와 신갈나무와 졸참나무의 분포양상에 관한 연구(양희문과 김지홍, 2002), 참나무류의 광도변화에 대한 잎의 광합성 반응(심주석과 한상섭, 2003) 이외에는 거의 없는 실정이다. 또한 상수리나무에 대한 연구도 성장 및 물질생산(박인

협 등, 1996)과 상수리나무 성숙림의 질소 동태 구명(김춘식, 1998) 등 부족한 실정이다.

본 연구는 전국 각지에 주요 활엽수종으로 분포하고 있는 참나무류의 중요성을 알리고, 특히 참나무류 중 우리나라에서 넓은 생육지역을 차지하고 있는 졸참나무를 대상으로 식생 구조와 생태적지를 밝혀 우리나라 졸참나무림의 조림에 관한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

2. 조사 및 연구방법

가. 조사지의 개황

졸참나무에 대한 조사는 전남 백운산, 지리산 뱀사골, 포항시 죽장면, 전북 무주군 설천면, 경기도 구리시 동구릉, 계룡산의 졸참나무와 상수리나무 임분을 대상으로 실시하였다(그림 1-11).



그림 1-11. 졸참나무군락의 조사대상 지역 위치도.

이들 지역은 온대 중부에 속하며 서울, 포항, 대전, 공주, 무주, 산청, 순천의 기상자료에 의하면(기상청, 2001) 연평균기온 12.2℃~13.8℃, 연평균강수량 1120.3mm~1487.5mm이다.

조사 지역별 사면의 고도, 방위, 경사 등을 보면, 해발고도는 300m 미만이 7개소, 300m 이상 600m 미만이 31개소, 600m 이상의 조사구가 25개소로, 졸참나무 임분은 해발고가

300m 이상에서 많이 분포하고 있었다. 방위는 대부분의 사면 위치가 북(15개소), 북동(12개소), 북서(9개소), 서(8개소), 남서(7개소) 순이었으며, 주로 북·북동·북서사면이 대부분을 차지하고 있었다. 경사는 21°~ 30°사이의 조사구가 21개소, 31°~ 40°사이의 조사구가 27개소로, 전 조사구의 76% 이상이 20°~ 40°사이에 분포하고 있었다.

나. 식생 및 입지 환경조사

식생 조사는 2001년 7월부터 9월 사이에 구리, 포항, 계룡산, 덕유산, 지리산, 백운산지역의 졸참나무와 상수리나무 임분 중에서 15m × 15m 크기의 방형구 63개소를 설치하고, 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 매목 조사를 실시하였다.

입지 환경 요인으로는 조사지의 방위, 경사, 해발고를 측정하였다. 방위는 나침반을 사용하여 8개의 방위로 구분하였으며, 경사도는 경사계, 해발고는 고도계를 이용하여 측정하였다. 식물사회학적 조사를 위하여 조사구내의 출현종을 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층으로 구분해 기록하고, 각 층의 평균 수고를 기록하였다. 출현종의 우점도는 Braun-Blanquet(1964)의 7단계 구분을 변형한 Dierssen(1990)의 9단계 구분법을 사용하였다.

다. 중요치 및 흉고직경급 분석

산림군락의 특징을 보다 정확하게 분석하기 위하여 흉고직경 2cm 이상의 매목조사에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value)를 산출하고, 흉고직경급을 분석하였다.

라. Classification 및 Ordination 분석

Classification은 Hill(1979b)의 TWINSpan을 이용하였으며, 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%로 5개의 cut level이 사용되었으며, 각 조사구에서 20% 이상의 중요치를 가지는 종은 그 조사구의 우점종으로 간주되었다.

Ordination은 CA(correspondence analysis)의 확장인 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill, 1979a; Hill and Gauch, 1980) Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

마. 토양특성 분석(Black 등, 1965; Bickelhaupt와 White, 1982)

토양의 화학적 특성 분석을 위해 현장에서 채취한 시료를 실험실로 운반한 후 음지에서 건조하였다. 토양의 유기물 함량은 Wakely-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 macro-Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca 및 Mg는 ICP를 이용하여 분석하였다. 토양의 pH는 1 : 5로 희석하여 측정하였으며, CEC는 ammonium saturate법으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 군락 분류

1) 식물사회학적 방법에 의한 분류

총 62개의 조사구 자료를 Ellenberg(1956)의 표작성법에 따라 분석한 결과, 식물군락은 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community)과, 졸참나무군락(*Quercus serrata* community)으로 구분되었으며, 졸참나무군락은 신갈나무아군락(*Quercus mongolica* subcommunity), 굴참나무아군락(*Quercus variabilis* subcommunity), 전형아군락(Typical subcommunity)으로 구분되었다(표 1-5).

A. 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community)

상수리나무군락은 해발고 190~619m(평균해발고 460m) 사이에 분포하였으며, 평균 경사도는 약 29°로 조사되었다. 이 군락은 졸참나무군락에 비해 분포 범위가 좁게 나타났다.

교목층의 평균수고는 16m이고, 평균피도율은 교목층 93%, 아교목층 55%, 관목층 18%, 초본층 44%로 조사되었다. 교목층의 피도율이 높은 반면, 아교목층과 관목층의 피도율은 비교적 낮았다.

주요 군락 구분종은 상수리나무외에 싸리, 구절초, 맑은대쭉, 넓은잎외잎쭉, 기름새 등이다.

B. 졸참나무군락(*Quercus serrata* community)

계룡산국립공원에 대한 송호경(2001) 등의 연구를 보면, 졸참나무군락은 해발고 173~764m(평균해발고 386m)사이에 주로 분포한다고 하였다.

이 군락은 해발고 80~778m(평균해발고 563m) 사이에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 30°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 89%, 아교목층 59%,

관목층 38%, 초본층 33%로 나타났다.

교목층의 평균 수고는 16m 조사되었다.

군락구분종은 졸참나무이다. 이 군락은 신갈나무아군락(*Quercus mongolica* subcommunity), 굴참나무아군락(*Quercus variabilis* subcommunity), 전형아군락(Typical subcommunity)으로 구분되었다.

A-a. 신갈나무아군락(*Quercus mongolica* subcommunity)

이 아군락은 해발고 100~778m(평균해발고 592m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 28°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 89%, 아교목층 67%, 관목층 42%, 초본층 32%로 나타났다. 타 군락에 비해 아교목층의 피도율이 매우 높게 나타났다.

교목층의 평균 수고는 15m로 가장 낮게 조사되었다.

군락구분종은 신갈나무, 철쭉꽃, 쇠물푸레 등이다.

A-b. 굴참나무아군락(*Quercus variabilis* subcommunity)

이 아군락은 해발고 80~747m(평균해발고 561m)에 분포하고 있다. 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 28°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 90%, 아교목층 50%, 관목층 39%, 초본층 36%로 나타났다.

교목층의 평균 수고는 16m로 조사되었다.

군락구분종은 굴참나무, 산겨울 등이다.

A-c. 전형아군락(Typical subcommunity)

특별한 군락 구분종을 수반하지 않는 이 아군락은 해발고 416~743m(평균해발고 535m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 35°로 가장 급한 것으로 조사되었다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 89%, 아교목층 60%, 관목층 34%, 초본층 31%로 나타났다.

교목층의 평균 수고는 16m로 조사되었다.

표 1-5. 졸참나무군락의 군락 조성표.

A : 상수리나무군락;

B : 졸참나무군락;

B-a : 신갈나무아군락; B-b : 굴참나무아군락;

A-c : 전형아군락.

Community type	A	B		
		a	b	c
Number of releve	13	18	17	14
Altitude	460	592	561	535
Direction	200	172	199	106
Slope degree	29	28	28	35
Height of tree layer(T1)	16	15	16	16
Coverage of upper tree(T1) layer(%)	93	89	90	89
Coverage of lower tree(T2) layer(%)	55	67	50	60
Coverage of shrub(S) layer(%)	18	42	39	34
Coverage of herb(H) layer(%)	44	32	36	31

Differentail species of *Quercus acutissima* community

<i>Quercus acutissima</i>	V	I	I	I
<i>Lespedeza bicolor</i>	III	I	.	.
<i>Chrysanthemum zowadskii</i> var. <i>latifolium</i>	III	.	.	.
<i>Artemisia kaisakeana</i>	III	I	I	.
<i>Artemisia stolonifera</i>	III	.	I	.
<i>Spodiopogon catulifer</i>	IV	I	II	I

Differentail species of *Quercus serrata* community

<i>Quercus serrata</i>	IV	V	V	V
------------------------	----	---	---	---

Differentail species of *Quercus mongolica* subcommunity

<i>Quercus mongolica</i>	IV	V	IV	II
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	.	III	II	I
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	II	IV	II	II

Differentail species of *Quercus variabilis* subcommunity

<i>Quercus variabilis</i>	V	III	V	II
<i>Carex humilis</i>	I	I	III	I

companions				
<i>Styrax abassia</i>	III	V	IV	III
<i>Ficus sargentii</i>	IV	IV	III	II
<i>Acer mono</i>	II	III	II	IV
<i>Cornus contraversa</i>	I	I	II	III
<i>Acer pseudosieboldianus</i>	I	III	III	IV
<i>Styrax japonica</i>	III	II	III	III
<i>Sasa borealis</i>	,	II	III	III
<i>Callicarpa japonica</i>	II	II	II	IV
<i>Ilex trichocarpa</i>	V	IV	III	II
<i>Lindera erythrocarpa</i>	III	III	IV	IV
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	,	II	III	III
<i>Lindera obtusiloba</i>	V	V	V	V
<i>Polygonatum obovatum</i> var. <i>pluriflorum</i>	IV	III	III	III

2) TWINSpan에 의한 군락 분류

조사된 63개 plot에서 흉고직경 2cm 이상의 수목 중 6개 이상의 plot에서 출현한 19종을 대상으로 TWINSpan을 실시한 결과, 제1수준에서 졸참나무 우점림과 상수리나무 유무에 의하여 구분되고, 제2수준에서 고로쇠나무의 유무에 의하여 졸참나무-고로쇠나무군락, 졸참나무군락 및 졸참나무-상수리나무군락으로 구분되었다(그림 1-12).

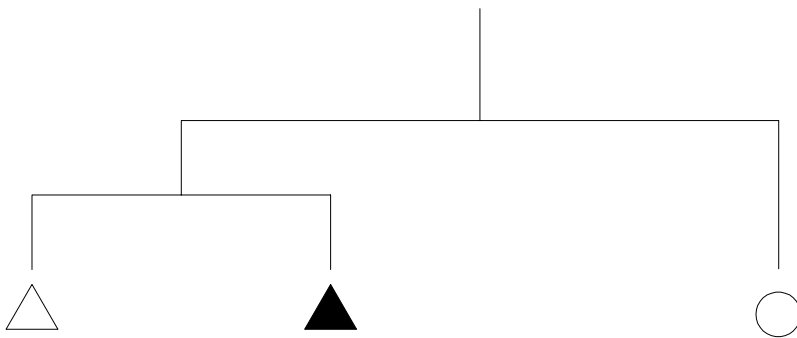


그림 1-12. 졸참나무림의 세부군락 모식도.

△ : 졸참나무-고로쇠나무군락, ▲ : 졸참나무군락, ○ : 졸참나무-상수리나무군락.

나. 수관투영도 및 층위구조.

1) 졸참나무군락의 수관투영도 및 층위구조.

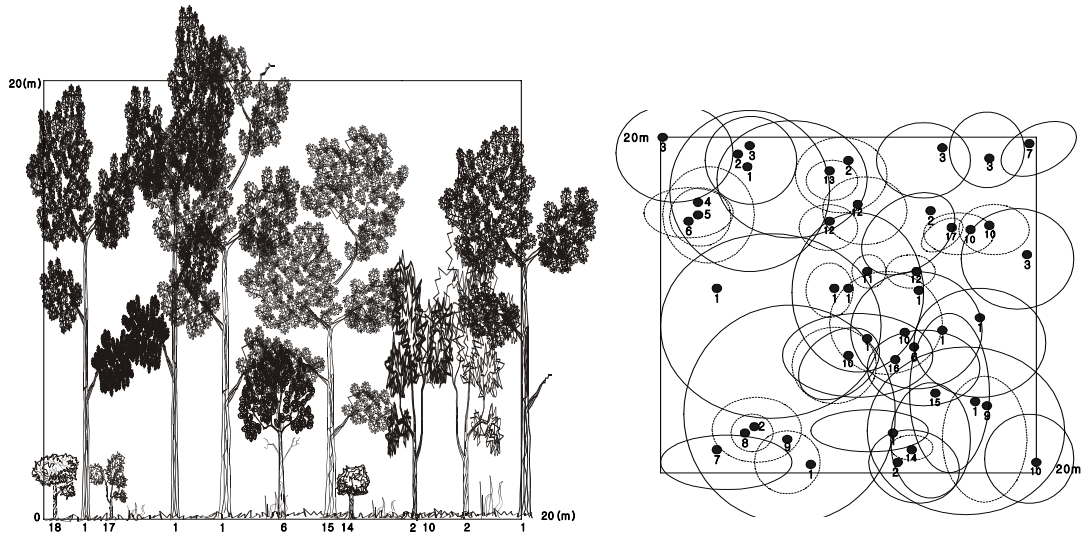


그림 1-13. 포항 지역 내 졸참나무군락의 수관투영도 및 층위구조.

1. 졸참나무, 2. 서어나무, 3. 굴피나무, 4. 층층나무, 5. 말채나무, 6. 쪽동백나무,
7. 산벚나무, 8. 소태나무, 9. 물푸레나무, 10. 당단풍, 11. 고로쇠나무, 12. 팔배나무,
13. 생강나무, 14. 쇠물푸레, 15. 신갈나무, 16. 거제수나무, 17. 비목나무.

그림 1-13은 졸참나무군락 중 임분상태가 양호한 포항 지역 내 졸참나무군락의 수관투영도 및 층위구조를 나타낸 것이다. 졸참나무군락의 교목층의 평균 수고는 22m로 졸참나무와 굴피나무가 높은 피도로 우점하고 있으며, 아교목층의 평균 수고는 12m, 평균 피도는 80%로 서어나무와 당단풍이 우점하는 것으로 조사되었다. 관목층의 평균 수고는 6m, 평균 피도는 55%로 생강나무 등이 우점하는 것으로 조사되었으며, 초본층의 경우 생강나무, 고로쇠나무 등이 우점하였으며, 졸참나무의 치수도 나타났다.

2) 상수리나무군락의 수관투영도 및 층위구조.

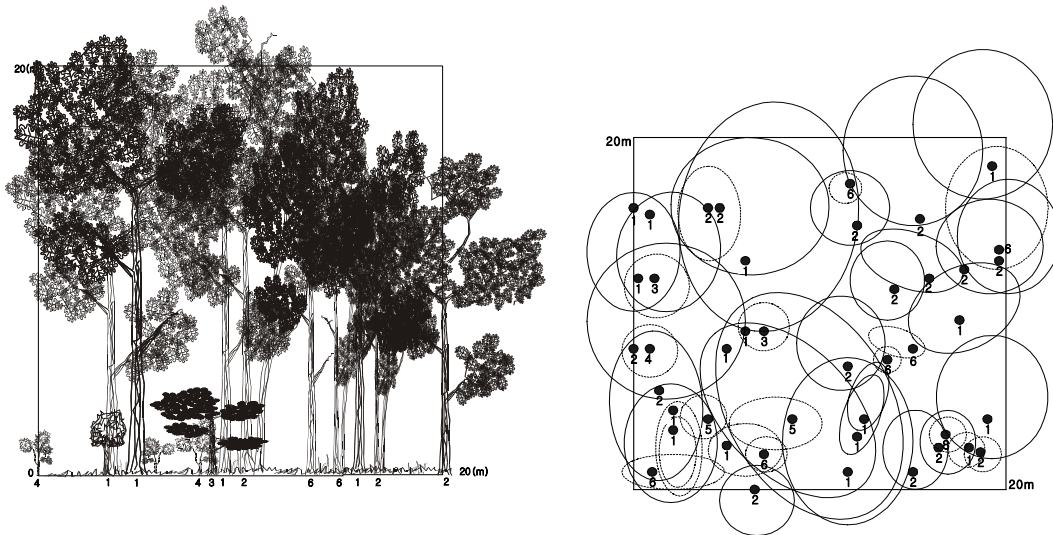


그림 1-14. 포항지역 내 상수리나무군락의 수관투영도 및 층위구조.

1. 상수리나무, 2. 굴참나무, 3. 신갈나무, 4. 생강나무, 5. 쪽동백나무, 6. 떡갈나무.

그림 1-14는 상수리나무군락 중 임분상태가 양호한 포항 지역 내 상수리나무군락의 수관투영도 및 층위구조를 나타낸 것이다. 상수리나무군락 교목층의 평균 수고는 20m, 평균 피도는 90%로 상수리나무와 굴참나무가 높은 피도로 우점하고 있으며, 아교목층의 평균 수고는 10m, 평균 피도는 60%로 상수리나무와 굴참나무, 신갈나무 등이 우점하는 것으로 조사되었다. 관목층의 평균 수고는 8m, 평균 피도는 40%로 생강나무, 참싸리 등이 우점하는 것으로 조사되었으며, 초본층의 경우 상수리나무의 치수는 출현하지 않은 것으로 조사되었다.

다. 임분특성

1) 중요치 분석

표 1-6는 졸참나무림 전체에서 나타난 주요수종의 중요치를 분석한 결과 졸참나무가 70.07로 가장 높았으며, 상수리나무 19.55, 굴참나무 18.15, 신갈나무 16.02, 쪽동백나무 10.56, 물푸레나무 10.08, 때죽나무 9.61 등의 순으로 나타났다.

졸참나무-고로쇠나무군락에서 졸참나무는 88.35의 중요치를 나타냈으며, 그 다음으로 신갈나무 17.01, 물푸레나무 16.26, 쪽동백나무 13.00, 굴참나무 12.62, 고로쇠나무 11.78 등의 순으로 나타났다. 졸참나무-고로쇠나무군락에서 교목성 수종인 신갈나무의 중요치가 높게 나타난 것은 이 군락에서 졸참나무와 신갈나무가 경쟁관계에 있다고 할 수 있다.

졸참나무군락에서 졸참나무의 중요치는 79.44이며, 신갈나무 26.84, 굴참나무 19.81, 때죽나무 19.38, 쪽동백나무 13.49 등의 순으로 나타났다. 이 군락에서 신갈나무와 굴참나무의 중요치가 높게 나타난 것은, 해발고가 다소 높은 곳에 분포하고 있는 졸참나무는 신갈나무와 경쟁관계에 있고, 다소 건조한 입지에 분포하고 있는 졸참나무는 굴참나무와 경쟁관계에 있기 때문이라고 사료된다.

졸참나무-상수리나무군락에서 상수리나무의 중요치는 92.95이며, 굴참나무 40.12, 졸참나무 22.68, 떡갈나무 16.64, 때죽나무 15.78, 산벚나무 15.27, 생강나무 15.20 등의 순으로 나타났다. 다른 군락에서 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무가 비교적 우세한 반면 이 군락에서는 상수리나무가 가장 높은 중요치를 보이고 있다. 이 군락에서는 상수리나무가 교목층에 우점하고 있는 가운데, 굴참나무와 졸참나무가 경쟁하고 있는 상태라고 할 수 있다.

표 1-6. 졸참나무군락의 중요 수종의 중요치.

수 종	중 요 치 (IV)			
	졸참나무- 고로쇠나무군락	졸참나무군락	졸참나무- 상수리나무군락	졸참나무림
졸참나무	88.35	79.44	22.68	70.07
상수리나무	3.17	2.10	92.95	19.55
굴참나무	12.62	19.81	40.12	18.15
신갈나무	17.01	26.84	8.74	16.02
쪽동백나무	13.00	13.49	8.12	10.56
물푸레나무	16.26	4.42	9.99	10.08
매죽나무	4.83	19.38	15.78	9.61
생강나무	9.17	8.43	15.20	8.72
산벚나무	8.81	4.84	15.27	7.44
고로쇠나무	11.78	1.62	3.74	6.60
당단풍	10.25	4.15	0.00	6.30
비목나무	7.80	5.92	8.29	6.21
서어나무	9.67	3.89	1.93	5.18
쇠물푸레	1.97	13.21	4.67	4.88
굴피나무	4.08	5.36	7.30	4.21
층층나무	8.79	0.00	0.00	4.19
다래	6.31	0.00	0.00	3.61
개웃나무	2.52	0.00	8.10	3.44
노각나무	1.42	9.92	0.00	3.18
노린재나무	6.13	1.00	0.00	2.97
떡갈나무	0.00	0.00	16.64	2.90

2) 흉고직경급 분석

졸참나무림이 우점하고 있는 지역에서 졸참나무, 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무, 물푸레나무, 쪽동백나무 등 6종의 흉고직경급별 분포도를 작성하였다(그림 1-15). 흉고직경급 분포는 수량 및 산림식생 구조의 간접적인 표현이며, 식생천이의 양상을 추론할 수 있다(이경재 등, 1998; 오구균과 최송현, 1993). 그림 3에서 보는 바와 같이 졸참나무는 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체와 어린 개체의 밀도가 높은 역J자 분포형의 밀도를 나타내고 있는 것으로 보아 지속적으로 졸참나무가 우점할 것으로 예상되며, 아교목층에는 물푸레나무의 어린개체의 밀도가 높아 장차 물푸레나무의 우점도가 증가할 것으로 예상된다.

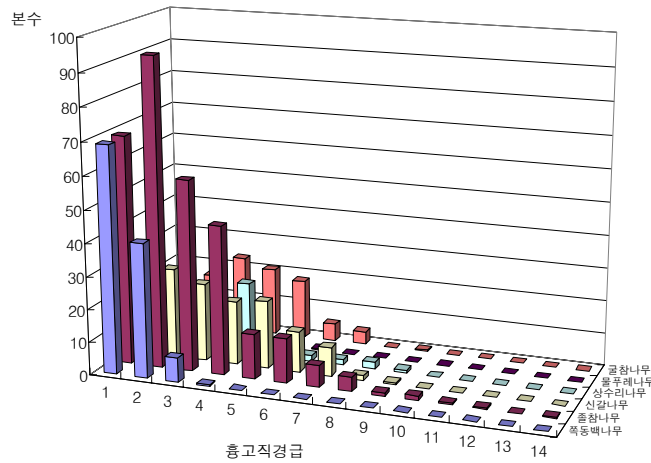


그림 1-15. 졸참나무림의 흉고직경급별 본수.

흉고직경급: 1: 2~5cm, 2: 5.1~10cm, 3: 10.1~15cm, 4: 15.1~20cm, 5: 20.1~25cm,
 6: 25.1~30cm, 7: 30.1~35cm, 8: 35.1~40cm, 9: 40.1~45cm, 10: 45.1~50cm, 11: 50.1~55cm,
 12 55.1~60cm, 13: 60.1~65cm, 14: 65.1~70cm.

그림 1-16은 졸참나무-고로쇠나무 군락에서의 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무 및 고로쇠나무, 산벚나무, 물푸레나무, 쪽동백나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 졸참나무-고로쇠나무군락은 현재 졸참나무가 흉고직경 15.1~30cm인 중간개체의 밀도가 비교적 높고 어린개체인 흉고직경 8cm 이하 개체의 밀도 역시 다른 나무들에 비하여 높은 수치를 나타내고 있다. 반면 신갈나무와 굴참나무는 흉고직경 10.1~20cm의 중간개체가 약간 분포하고 있을 뿐 어린개체와 큰개체는 거의 분포하지 않는 것으로 조사되어 졸참나무-고로쇠나무군락에서는 졸참나무가 지속적으로 우점할 것으로 판단된다. 아교목층에는 그밖에 고로쇠나무, 쪽동백나무 및 물푸레나무 등 흉고직경 8cm 이하의 어린 개체들의 밀도가 높아 점차 이들의 중요치가 증가할 것으로 예상된다.

아교목층에서 흉고직경 8cm 이하의 어린 개체들의 밀도가 높은 쪽동백나무는 일반적으로 신갈나무군락의 아교목층을 형성하는 것(이호준 등, 1994; 김정언과 길봉섭, 2000)으로 알려져 있는데, 졸참나무-고로쇠나무 군락에서 아교목층은 우점하고 있는 것을 볼 때, 쪽동백나무는 신갈나무 뿐만 아니라 졸참나무나 상수리나무의 아교목층에서도 우점종으로 출현한다고 판단된다.

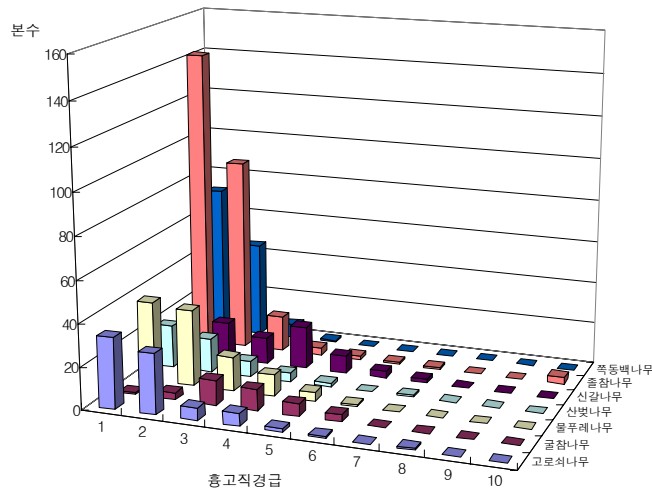


그림 1-16. 졸참나무-고로쇠나무군락의 흉고직경급별 본수.

그림 1-17은 졸참나무군락에서의 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 쇠물푸레, 때죽나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 이 군락에서의 졸참나무는 16~30cm의 중간개체 밀도가 다른 수종과 비교하여 높은 편이며, 10cm 이하의 어린 개체 밀도는 매우 높은 것으로 조사되었다. 신갈나무와 굴참나무 어린 개체들은 시간이 경과할수록 졸참나무와 경쟁할 것으로 판단된다. 그 외에 아교목성 수종인 쪽동백나무, 쇠물푸레, 때죽나무의 어린 개체의 밀도가 매우 높아 아교목층에서는 이들 수종간의 경쟁이 예상된다.

그림 1-18은 졸참나무-상수리나무군락에서의 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무, 떡갈나무, 때죽나무, 산벚나무 등의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성하였다. 이 군락에서도 상수리나무가 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이며, 때죽나무, 떡갈나무, 졸참나무는 어린 개체에서 중간 개체, 큰 개체로 갈수록 밀도 수가 적어지는 하향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 앞으로 이들 수종의 중요치가 증가할 것으로 예상된다.

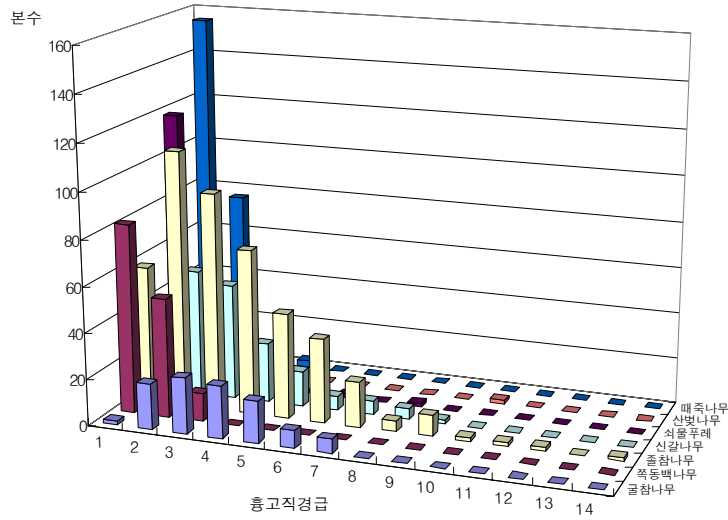


그림 1-17. 졸참나무군락의 흥고직경급별 본수.

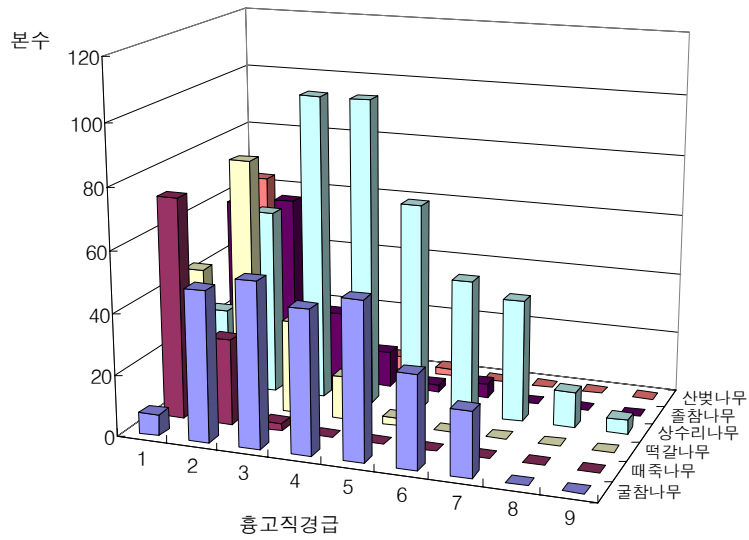


그림 1-18. 졸참나무-상수리나무군락의 흥고직경급별 본수.

라. 토양특성

줄참나무림 조사지의 토양을 분석한 결과, pH는 4.4 ~ 6.0(평균 5.4)로 홍천군 내면의 산림토양(이수욱과 박관화, 1986) pH 5.5와 비슷한 수준이었다. 전질소는 평균 0.24%이고, 유기물함량은 평균 5.36%로 홍천군 내면의 산림토양과 비교할 때 상당히 높은 수치를 나타내었다. 유효인산은 평균 8ppm이고, 치환성 Ca, Mg, K 등은 각각 1.64, 0.22, 0.74(me/100g)로, 홍천군 내면의 산림토양 1.19, 0.20, 0.09(me/100g)와 비교해 볼 때 전체적으로 높게 나타났다. 이는 홍천군 내면의 조사가 1986년도에 이루어져 그동안 산림이 잘 보존되어 우리나라의 산림토양이 전반적으로 양호해져 가는 상태이기 때문이라고 사료된다. CEC는 9.28(me/100g)로 홍천군 내면의 산림토양 53(me/100g)과 비교해 볼 때 낮은 수준을 나타내었다. 또한 임업연구원에서 1984년부터 1990년까지의 우리나라 전국의 산림토양과 비교해보면(정진현 등, 2002), pH는 A층이 5.48로 비슷한 수준이었고, 전질소는 0.19%, 유기물함량은 4.5%로 본 조사지역이 우리나라 평균치보다 다소 높았다. 정진현 등은 전질소와 유기물함량은 산악지역이 다른 지역보다 다소 높게 나타났다고 하였는데, 본 조사가 주로 높은 산악지역에서 이루어졌기 때문이라고 사료된다.

마. Ordination 분석

1) Plot ordination

그림 1-19는 TWINSpan에 의하여 선정된 3개 군락과 11개의 환경 요인들의 DCCA ordination 분석 결과를 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. 줄참나무림은 조사된 11개의 환경요인에 따라 분포하고 있으며, 이를 환경요인들과 DCCA ordination 결과에 의한 제 1축, 제 2축과의 상관관계를 살펴보면 여러 환경 요인들이 군락의 분포와 상관관계가 있음을 알 수 있다(표 1-7).

주요 군락과 환경 요인과의 상관관계를 보면 줄참나무-고로쇠나무군락은 해발고가 중간이고, 유기물함량이 중간정도이며, Ca, K, 유효인산 등의 양료가 많은 북·북동 사면에 분포하고 있다. 줄참나무군락은 해발고가 가장 높고 유기물함량이 많으며, Ca, K, 유효인산 등의 함량이 적은 북·북동 사면에 분포하고 있다. 줄참나무-상수리나무군락은 해발고가 낮고, 유기물함량이 적으며, Ca, K, 유효인산 등의 양료가 적은 남서·서 사면에 분포하고 있다. 따라서 이들 수종의 분포와 환경 요인과 비교하여 보면 제 1축에서는 해발고, 사면방향, 유기물함량, Mg 등이 상관관계가 있음을 나타내고 있으며, 제 2축에서는 Ca, K, 유기물함량,

유효인산, 해발고 등이 상관관계가 있음을 나타내었다. 따라서, 군락에 영향을 미치는 중요한 환경요인은 해발고와 사면방향, 유기물함량 등이었다. 이는 classification과 ordination에 의한 속리산 산림 군집의 분석(유재은과 송호경, 1989), 설악산 국립공원 지역의 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석(송호경 등, 1998), TWINSPLAN과 ordination에 의한 운장산 산림 군락과 환경의 상관관계 분석(정진철 등, 1997)의 연구에서 군집들의 분포와 깊은 상관관계가 있는 환경 요인이 해발고라고 보고한 연구와 유사한 결과를 보여주고 있으며, 이외에도 유기물함량 등이 영향을 미친 것은 기존의 연구들이 특정 지역을 대상으로 해발고에 따라 조사 연구가 이루어진 반면 본 조사는 여러 지역의 졸참나무림을 대상으로 했기 때문에, 토양 속의 유기물함량의 증가가 새로운 종의 침입에 긍정적인 효과를 가져와 궁극적으로 군락분포에 영향을 미친 것으로 판단된다.

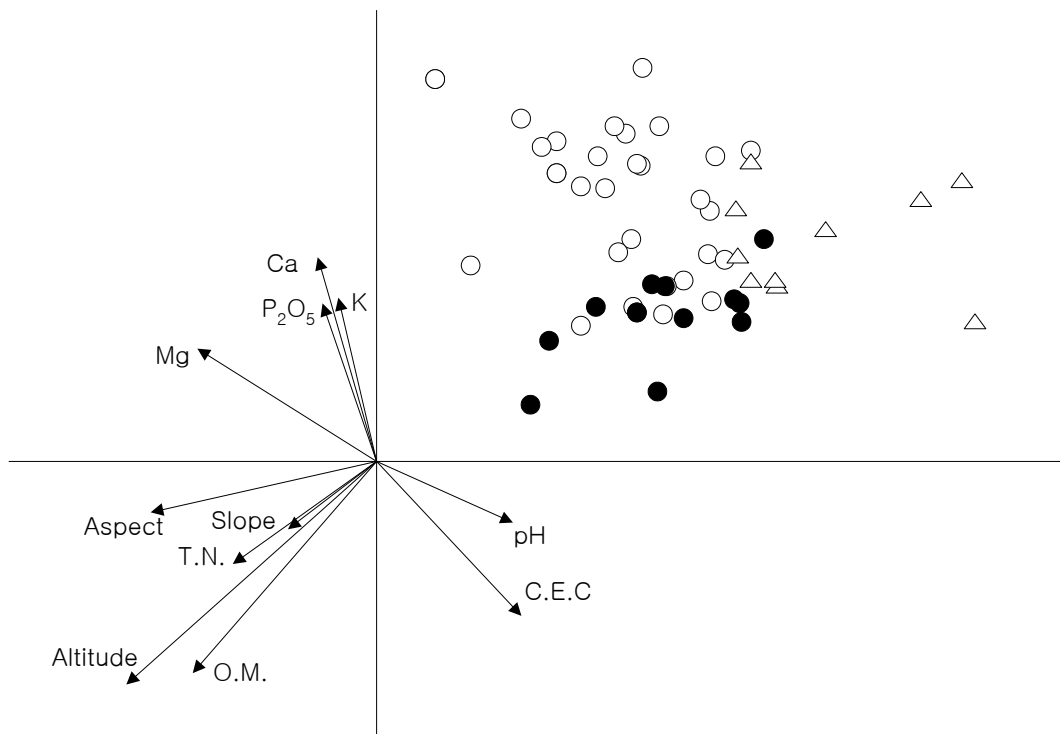


그림 1-19. 졸참나무림의 plot 오디네이션.

○ : 졸참나무-고로쇠나무군락, ● : 졸참나무군락, △ : 졸참나무-상수리나무군락.

The environmental variables are : T.N. = total nitrogen ; O.M. = organic matter ; P_2O_5 = available phosphorus concentration ; C.E.C = cation exchange capacity ; K = potassium concentration ; Ca = calcium concentration ; Mg = magnesium concentration.

표 1-7. 졸참나무군락과 환경요인과의 상관관계.

Variables	Axis	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
		1	2	1	2
pH		-0.92	0.49	0.189	-0.058
T.N.		-0.12	0.10	-0.252	-0.094
O.M.		-0.34	-0.08	-0.302*	-0.290*
P ₂ O ₅		-0.08	0.11	-0.105	0.290*
Ca		0.38	0.17	-0.149	0.426**
Mg		-0.31	-0.05	-0.305*	0.229
K		-0.12	0.03	-0.115	0.357**
C.E.C.		1.36	-0.66	0.216	-0.233
Altitude		-0.23	-0.15	-0.414**	-0.278*
Direction		-0.23	0.05	-0.341**	-0.098
Slope		-0.01	-0.03	-0.107	-0.164
Eigenvalue		0.357	0.167		

2) Species ordination

그림 1-20은 조사된 졸참나무림 지역에 출현하는 18개 주요수종과 11개 환경 요인들을 DCCA ordination으로 상관관계를 분석하여 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다.

주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 고로쇠나무, 당단풍, 층층나무 등은 해발고가 비교적 높고, 유기물함량, 전질소 등의 양료가 많은 북, 동사면에 주로 분포하고 있다. 상수리나무는 해발고가 낮고, 유기물함량, 전질소 등의 양료가 적은 지역에 분포하고 있다. 굴참나무와 떡갈나무는 해발고가 낮고, 유기물함량, 전질소, K, Ca, 유효인산 등의 양료가 적으며, 양이온치환용량이 비교적 많은 지역에 분포하고 있다.

신갈나무는 전질소, 유기물함량, Mg, K, 유효인산 등의 양료가 중간인 지역에 분포하고 있어 다른 지역으로 침입해 들어가기가 수월한 수종이라고 판단되며, 졸참나무는 신갈나무와 비슷한 입지에 분포하나, Ca, K, 유효인산이 신갈나무의 입지보다 많은 지역에 분포하고 있다. 졸참나무가 신갈나무 입지보다 Ca, K, 유효인산 등의 양료가 많은 지역에 분포하고 있는 것은, 앞에서 언급한 흉고직경급 분석의 결과를 볼 때, 졸참나무가 선점하고 있던 입지에 신갈나무가 침입하여 생긴 결과로 생각된다.

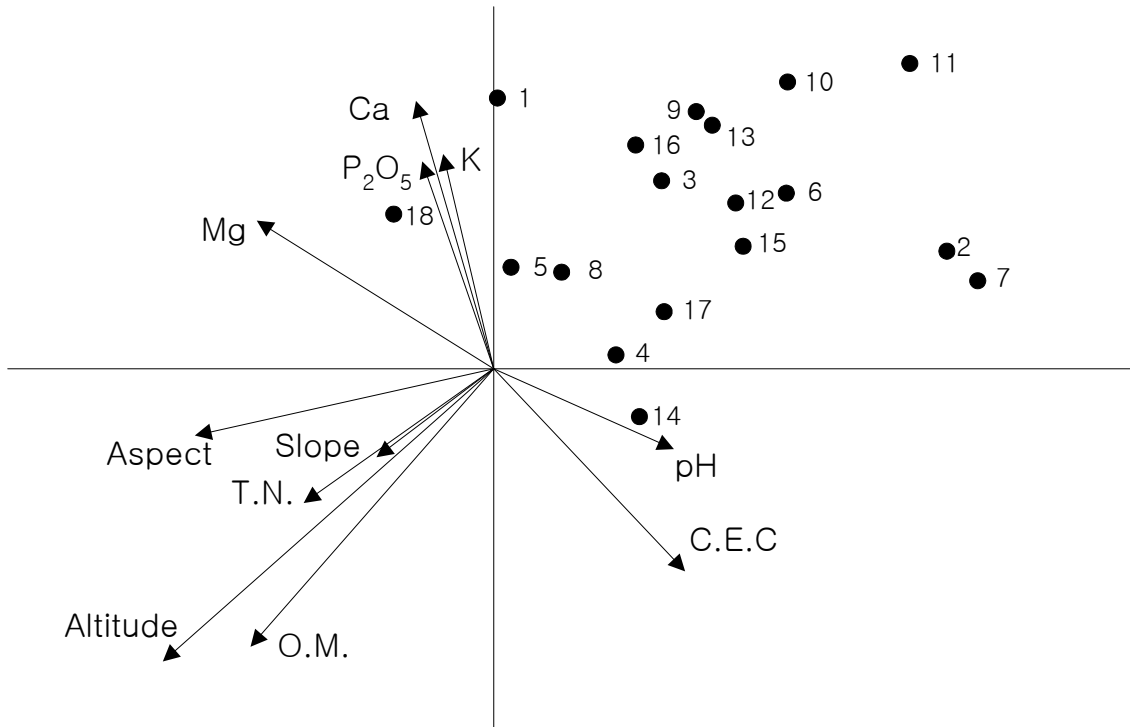


그림 1-20. 신갈나무군락의 종오디네이션.

1: 고로쇠나무, 2: 굴참나무, 3: 굴피나무, 4: 노각나무, 5: 당단풍, 6: 때죽나무, 7: 떡갈나무, 8: 물푸레나무, 9: 비목나무, 10: 산벚나무, 11: 상수리나무, 12: 생강나무, 13: 서어나무, 14: 쇠물푸레, 15: 신갈나무, 16: 졸참나무, 17: 쪽동백나무, 18: 층층나무.

4. 결론

본 연구는 졸참나무군락의 산림식생 구조와 입지환경을 파악하고 그에 따른 산림관리방안 및 생태적지를 밝히기 위해 전남 백운산과 지리산 뱀사골, 포항시 죽장면, 전북 무주군 설천면, 경기도 구리시 동구릉, 계룡산의 졸참나무 임분을 대상으로 수행되었다.

졸참나무림의 지형적 특성은 주로 북·북동·북서사면이 대부분을 차지하고 있었으며, 경사는 20°~ 40°사이에 주로 분포하고 있었다.

졸참나무림 전체에서 나타난 주요수종의 중요치를 분석한 결과 졸참나무가 70.07로 가장 높았으며, 상수리나무가 19.55, 굴참나무가 18.15, 신갈나무 16.02, 쪽동백나무 10.56, 물푸레나무 10.08, 때죽나무 9.61 등의 순으로 나타났다.

졸참나무림이 우점하고 있는 지역에서 굴참나무, 물푸레나무, 상수리나무, 신갈나무, 졸참

나무, 쪽동백나무 등의 흉고직경급별 분포도를 작성한 결과, 졸참나무는 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체와 어린 개체의 밀도가 높은 역J자 분포형의 밀도를 나타내고 있는 것으로 보아 지속적으로 졸참나무가 우점할 것으로 예상되나, 어린개체의 밀도가 높은 신갈나무, 물푸레나무 등의 우점도가 증가할 것으로 예상된다.

졸참나무림의 토양의 화학적 특성은 pH 5.4, 전질소 0.24%, 유기물함량 8.27%, 유효인산 74ppm, 치환성 Ca, Mg, K, CEC는 각각 1.64, 0.22, 0.74, 9.3(me/100g)을 나타내었다.

졸참나무림은 졸참나무-고로쇠나무군락, 졸참나무군락, 졸참나무-상수리나무군락으로 구분되었으며, 졸참나무림의 주요 군락과 환경 요인과의 상관관계를 보면 졸참나무-고로쇠나무군락은 해발고가 중간에서부터 높고, 유기물함량이 중간에서부터 많으며, Ca, K, 유효인산 등의 양료가 많은 북·북동 사면에 분포하고 있다. 졸참나무군락은 해발고가 가장 높고 유기물함량이 많으나, Ca, K, 유효인산 등의 양료가 적은 북·북동 사면에 분포하고 있다. 졸참나무-상수리나무군락은 해발고가 낮고, 유기물함량, Ca, K, 유효인산 등의 양료가 적은 남서·서 사면에 분포하고 있다.

제1-3절 신갈나무의 생육적지

1. 서론

낙엽성 참나무류의 집중적인 분포지는 중부 이남이나(김윤식 등, 1981), 신갈나무는 우리나라의 중부와 남부의 거의 전 지역에 분포하고 있다(정태현과 이우철 1965). 임양재와 김정언(1992)은 신갈나무림의 최적 분포범위는 WI(warmth index) 55~90이라고 하였으며, 이에 해당하는 지역은 북위 약 35°에서는 해발고 약 800m~1,400m의 범위(임양재와 김정언, 1992), 북위 약 36°에서는 해발고 약 600m~1,200m의 범위(Kim 등, 1988; 김창환, 1992), 북위 약 37°에서는 해발고 약 400m~1,000m의 범위(김정언과 임양재, 1989; 김정언 등, 1989; 송종석 등, 1995), 북위 약 38°에서는 해발고 약 200m~800m의 범위(임양재와 백순달, 1985; 이우철 등, 1994)로서 식물구계 구분으로 볼 때 중부아구와 남부아구의 고지대에 해당된다(이우철과 임양재, 1978).

참나무류는 맹아 번식력이 강한 대표적인 활엽수종으로 그의 중요성에 비하여 참나무류 수종에 대한 적정 생육환경, 생리, 생태 및 현존생물량에 대한 연구는 충분치 못한 실정이며, 이에 대한 연구는 참나무류의 효율적인 생산과 이용을 위해서도 필수적으로 구명되어야 할 것이다. 현재 우리나라에서 참나무류는 최상급의 버섯재배용 및 저급인 펄프목으로 이용되고 있으나, 독일 등 외국의 경우를 비교할 때 고부가가치를 창출할 수 있는 수종으로 참나무류에 대한 적정 생육환경의 평가는 참나무류의 조림지역 확대를 위하여 필수적으로 밝혀져야 할 사항이다.

우리나라에서 신갈나무에 대한 연구는 참나무류 중에서 가장 많이 연구된 수종으로, 김정언과 길봉섭(2000)은 한반도 중부지방과 남부지방의 65개 지역에서 얻어진 981개 식생조사 자료들을 종합하여 우리나라의 신갈나무 숲을 철쭉꽃-신갈나무군집, 신갈나무군집, 노루귀-물참나무군집으로 분류하였다. 이들은 모두 신갈나무 숲을 식물사회학적인 관점에서 분류한 연구들이며, 이 외에 물질현존량 및 순생산량에 대한 연구(박인협, 1985; 이수욱과 박관화, 1986; 박인협과 문광선, 1994; 박인협 등, 1996; 송철영과 이수욱, 1996; 박관수, 1999; 박인협 등, 2003), 탄소고정량 분석(송철영 등, 1997), 흉고직경급 분석(송호경과 장규관, 1997), 군락과 환경에 관한 보고(송호경, 1990; 송호경 등, 1995; 송호경 등, 1998), 임분형구분(최선덕 등, 1998), 분포양상에 관한 연구(양희문과 김지홍, 2002), 광도변화에 대한 잎의 광합성 반응(심주석과 한상섭, 2003) 등 많은 연구들이 있다. 그러나 신갈나무군락과 입지와와의 관계를 구명한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 전국 각지에 널리 분포하고 있는 주요 활엽수종인 참나무류의 중요성을 알리고, 특히 참나무류 중 우리나라 남부 및 중부지방에서 넓게 분포하고 있는 신갈나무림을 대상으로 식생 구조와 생태적지를 밝혀, 우리나라 신갈나무의 조림지 적지 평가 및 비배무육에 의한 생산성 향상 등을 위한 기초적 자료를 제공하고자 수행되었다.

2. 조사 및 연구방법

가. 조사지의 개황

신갈나무에 대한 조사는 전남 광양시 백운산, 전북 남원시 지리산 뱀사골, 전북 무주군 덕유산, 충북 영동군 상촌면 흥덕리 운두령, 경북 봉화군 청옥산, 강원도 평창군 중왕산, 인제군 점봉산의 신갈나무 임분을 대상으로 실시하였다(그림 1-20).



그림 1-21. 신갈나무림의 조사대상 지역 위치도.

이들 지역은 산림식물대로 볼 때 온대 중부 및 온대 북부에 속하며 남원, 순천, 봉화, 인제의 기상자료에 의하면(기상청, 2001) 연평균기온 9.9℃~12.5℃, 연평균강수량 1113.9mm~1487.5mm이다.

조사 지역별 사면의 고도, 방위, 경사 등을 보면, 해발고는 900m 미만인 16개소, 900m 이상 1,100m 미만인 25개소, 1,100m 이상의 조사구가 20개소로, 신갈나무림은 해발고가 900m 이상에서 많이 분포하고 있었다. 방위는 대부분의 사면방향이 북(12개소), 북동(15개소), 동(8개소) 등 수분을 비교적 많이 함유하고 있는 북·북동·북서·동사면이 대부분을 차지하고 있었다. 경사는 11°~ 20°사이의 조사구가 13개소, 21°~ 30°사이의 조사구가 32개소, 31°~ 40°사이의 조사구가 12개소로, 대부분이 11°~ 40°사이에 분포하고 있었다.

나. 식생과 입지 환경조사 및 토양 분석

식생 조사는 2002년 7월부터 9월 사이에 백운산, 지리산 뱀사골, 덕유산, 충북 영동군의 우두령, 청옥산, 중왕산, 점봉산의 신갈나무 임분 중에서 20m × 20m 크기의 방형구 61개소를 설치하고, 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 매목 조사를 실시하였다.

식물사회학적 조사를 위하여 조사구내의 출현종을 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층으로 구분해 기록하고, 각 층의 평균 수고를 기록하였다. 출현종의 우점도는 Braun-Blanquet(1964)의 7단계 구분을 변형한 Dierssen(1990)의 9단계 구분법을 사용하였다.

입지 환경 요인으로는 조사지의 방위, 경사, 해발고를 측정하였다. 방위는 나침반을 사용하여 8개의 방위로 구분하였으며, 경사도는 경사계, 해발고는 고도계를 이용하여 측정하였다.

토양의 화학적 성질을 분석하기 위해 현장에서 채취한 시료를 실험실로 운반한 후 음지에서 건조하였다. 토양의 유기물 함량은 Wakely-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 macro-Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca 및 Mg는 ICP를 이용하여 분석하였다. 토양의 pH는 1 : 5로 희석하여 측정하였으며, CEC는 ammonium saturate법으로 분석하였다(Black 등, 1965; Bickelhaupt와 White, 1982).

다. 중요치 및 흉고직경급 분석

산림군락의 특징을 보다 정확하게 분석하기 위하여 흉고직경 2cm 이상의 매목조사에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value)를 산출하고, 흉고직경급을 분석하였다.

라. Classification 및 Ordination 분석

Classification은 Hill(1979b)의 TWINSpan을 이용하였으며, 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%로 5개의 cut level이 사용되었으며, 각 조사구에서 20% 이상의 중요치를 가지는 종은 그 조사구의 우점종으로 간주되었다.

Ordination은 CA(correspondence analysis)의 확장인 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill, 1979a; Hill and Gauch, 1980) Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 군락분류

1) 식물사회학적 방법에 의한 분류

총 64개의 조사구 자료를 Ellenberg(1956)의 표작성법에 따라 분석한 결과, 신갈나무임분은 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community)에서 쇠물푸레아군락(*Fraxinus sieboldiana* subcommunity), 피나무아군락(*Tilia amurensis* subcommunity), 졸참나무아군락(*Quercus serrata* subcommunity), 전형아군락(Typical subcommunity)으로 구분되었다(표 1-8).

A. 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community)

신갈나무림이 출현하는 고도는 위도에 따라 다른데, 설악산(임양재와 백순달, 1985)에서는 해발 약 200m 이상, 소백산(김정언 등, 1989)에서는 해발 약 400m 이상, 덕유산(김창환, 1992)과 대둔산(김정언 등, 1988)에서는 해발 약 600m 이상 그리고 지리산(임양재와 김정언, 1992)에서는 해발 약 800m 이상의 건조한 사면에서 분포하고 있다.

본 조사에서 신갈나무군락은 해발고 763~1261m(평균해발고 1023m) 사이에 분포하였으며, 평균 경사도는 약 26°로 조사되었다. 교목층의 평균수고는 15m이고, 평균피도율은 교목층 87%, 아교목층 56%, 관목층 46%, 초본층 81%로 조사되었으며, 주요 군락 구분종은 신갈나무 외에 당단풍, 철쭉꽃, 조릿대 등이다.

A-a. 쇠물푸레아군락(*Fraxinus sieboldiana* subcommunity)

이 아군락은 해발고 966~1261m(평균해발고 1134m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 26°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 83%, 아교목층 65%, 관목층 51%, 초본층 69%로 나타났다. 교목층의 피도율은 4개의 아군락중 가장 낮은 반면, 아교목층의 피도율은 가장 높게 나타났는데, 이는 교목층의 피도율이 낮아 아교목층에 이르는 광선의 양이 상대적으로 많아졌기 때문으로 판단된다. 교목층의 평균 수고는 17m로 다른 아군락에 비해 비교적 높게 조사되었으며, 군락 구분종은 쇠물푸레, 노각나무, 들메나무, 산수국 등이다.

김명현(2001)은 산지 습원의 천이계열에 관한 연구에서 들메나무의 중요치가 높다고 말한 바 있으며, 위의 연구결과를 볼 때 쇠물푸레아군락은 신갈나무군락 내에서도 습한 지역에 분포하고 있음을 알 수 있다.

A-b. 피나무아군락(*Tilia amurensis* subcommunity)

이 아군락은 해발고 858~1176m(평균해발고 1027m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 23°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 89%, 아교목층 60%, 관목층 38%, 초본층 93%로 나타났다. 타 군락에 비해 초본층의 피도율이 매우 높게 나타났다. 교목층의 평균 수고는 16m로 조사되었으며, 군락 구분종은 피나무, 팔배나무, 곰취, 고깔제비꽃, 개별꽃, 말나리 등이다.

A-c. 졸참나무아군락(*Quercus serrata* subcommunity)

이 아군락은 해발고 763~1190m(평균해발고 940m)에 분포하고 있으며, 4개의 아군락 중 가장 낮은곳에 분포하고 있다. 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 32°이다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 86%, 아교목층 47%, 관목층 50%, 초본층 72%로 나타났다. 타 아군락에 비해 아교목층의 피도율이 낮게 나타났다. 교목층의 평균 수고는 13m로 4개의 아군락중 가장 낮게 조사되었으며, 군락 구분종은 졸참나무, 굴참나무, 찰피나무, 병꽃나무, 맑은대쭉, 양지꽃, 산박하, 기름새, 선밀나물 등이다.

A-d. 전형아군락(Typical subcommunity)

김정언과 길봉섭(2000)은 한반도 신갈나무숲 아군집들의 분포 유형을 노루귀와 섬조릿대로 특징지워지는 노루귀-물참나무군집이 분포하는 제주도형, 임상이 조릿대로 특징지어지는 철쭉꽃-신갈나무군집 조릿대아군집과 신갈나무군집 조릿대아군집이 분포하는 남부형, 철쭉꽃-신갈나무군집 수리취아군집이 분포하는 중남부형, 그리고 철쭉꽃-신갈나무군집 고갈제비꽃아군집과 신갈나무군집 전형아군집이 분포하는 중부형 등 4유형으로 나누었다.

특별한 군락 구분종을 수반하지 않는 이 아군락은 해발고 814~1140m(평균해발고 989m)에 분포하고 있으며, 이 군락이 나타내는 지역의 평균 경사도는 22°로 가장 완만한 것으로 조사되었다. 각 계층의 평균피도율은 교목층 90%, 아교목층 53%, 관목층 43%, 초본층 88%로 나타났다. 타 아군락에 비해 교목층의 피도율이 가장 높게 나타났으며, 교목층의 평균 수고는 15m로 조사되었다.

표 1-8. 신갈나무군락의 군락 조성표.

A : 신갈나무군락;

A-a : 쇠물푸레아군락; A-b : 피나무아군락;

A-c : 졸참나무아군락; A-d : 전형아군락.

Community type	A			
	a	b	c	d
Number of releve	11	29	11	13
Altitude	1134	1027	940	989
Direction	96	141	160	124
Slope degree	26	23	32	22
Height of tree layer(T1)	17	16	13	15
Coverage of upper tree(T1) layer(%)	83	89	86	90
Coverage of lower tree(T2) layer(%)	65	60	47	53
Coverage of shrub(S) layer(%)	51	38	50	43
Coverage of herb(H) layer(%)	69	93	72	88

Differentail species of *Quercus mongolica* community

<i>Quercus mongolica</i>	V	V	V	V
<i>Acer pseudosieboldianus</i>	V	V	IV	V
<i>Sasa borealis</i>	V	IV	I	V
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	IV	II	II	II

Differentail species of *Fraxinus sieboldiana* subcommunity

<i>Fraxinus sieboldiana</i>	V	.	.	.
<i>Stewartia koreana</i>	IV	.	.	.
<i>Fraxinus mandshurica</i>	IV	.	.	II
<i>Hydrangea serrata</i> f. <i>acuminata</i>	IV	I	I	.

Differentail species of *Tilia aurensis* subcommunity

<i>Tilia aurensis</i>	I	V	I	II
<i>Sorbus alnifolia</i>	I	III	I	I
<i>Ligularia fischeri</i>	I	III	I	.
<i>Viola rossii</i>	.	II	.	I
<i>Pseuodostellaria heterophylla</i>	.	III	.	II
<i>Lilium distichum</i>	.	II	I	.

표 1-8. 계속.

Differentail species of <i>Quercus serrata</i> subcommunity				
<i>Quercus serrata</i>	.	I	II	.
<i>Weigela subsessilis</i>	I	I	III	I
<i>Quercus variabilis</i>	.	I	II	.
<i>Artemisia keiskeana</i>	.	.	III	I
<i>Potentilla fragariformis</i> var. <i>major</i>	.	.	IV	I
<i>Isodon inflexus</i>	.	.	IV	I
<i>Spodiopogon catulifer</i>	.	I	IV	.
<i>Smilax nipponica</i>	.	I	IV	.
<i>Tilia mandshurica</i>	.	I	II	.
Companions				
<i>Lespedeza maximoviczii</i>	.	III	V	III
<i>Lindera obtusiloba</i>	V	II	V	III
<i>Arisaema aureense</i> var. <i>serratum</i>	V	II	III	II
<i>Stephanandra incisae</i>	II	IV	IV	IV
<i>Carex siarosticta</i>	I	IV	IV	III
<i>Acer mono</i>	IV	III	II	II
<i>Siapiocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	IV	IV	V	IV
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>avidii</i>	II	IV	V	II
<i>Aster scaber</i>	I	III	V	II
<i>Tripterygium regelii</i>	III	V	IV	IV
<i>Ainsliaea scarifolia</i>	I	IV	IV	III
<i>Athyrium nipponicum</i>	IV	II	IV	II
<i>Asarum sieboldii</i>	III	II	IV	II
<i>Corylus sieboldiana</i>	II	III	IV	II
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	III	III	III	III
<i>Carpinus corata</i>	III	III	II	II
<i>Schisandra chinensis</i>	III	II	III	I
<i>Maackia aurensis</i>	II	II	II	II
<i>Carpinus laxiflora</i>	II	I	I	II

2) TWINSPAN에 의한 군락 분류

조사된 61개 plot에서 흉고직경 2cm이상의 수목 중 5개 이상의 plot에서 출현한 31종을 대상으로 TWINSPAN을 실시한 결과, 제1수준에서 피나무군과, 쇠물푸레와 쪽동백나무군으로 구분되고, 제2수준에서 팔배나무와 쇠물푸레의 유무에 의하여 신갈나무-팔배나무군락, 신갈나무-피나무군락, 신갈나무-쇠물푸레군락 및 신갈나무-쪽동백나무군락으로 구분되었다 (그림 1-22).

김정언과 길봉섭(2000)은 한반도 중부지방과 남부지방의 65개 지점에서 얻어진 981개 식생조사 자료들을 종합하여 우리나라의 신갈나무 숲을 철쭉꽃-신갈나무군집, 신갈나무군집, 한라산에서만 보고된 노루귀-물참나무군집으로 분류하고, 철쭉꽃-신갈나무군집은 고갈제비꽃아군집, 수리취아군집, 조릿대아군집으로, 신갈나무군집은 전형아군집과 조릿대아군집으로 다시 구분하여 모두3개의 군집과 5개의 아군집이 존재한다고 하였다. TWINSPAN에 의한 군락 분류는 주요 목본만을 대상으로 분석한데 반하여, Z-M 방식에 의한 군집 분류는 초본을 포함한 출현종 모두를 대상으로 분석하였기 때문에 직접적인 비교는 곤란하다. 그러나, 본 조사구역들을 철쭉꽃의 유무와 조릿대의 유무로, Z-M 방식에 의하여 군집을 분류하면, 철쭉꽃-신갈나무군집(오미자아군집, 조릿대아군집)과 신갈나무군집(전형아군집, 조릿대아군집)으로 분류할 수 있다.

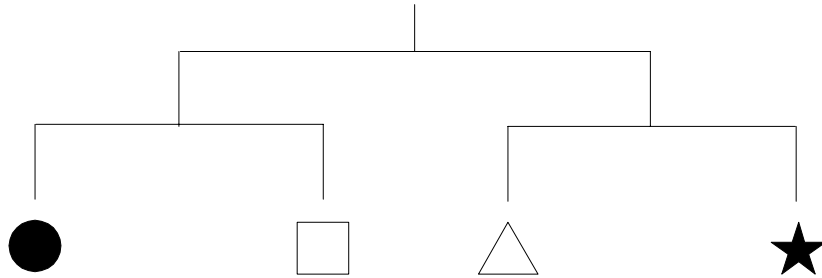


그림 1-22. 신갈나무림의 세부군락 모식도.

●: 신갈나무-팔배나무군락, □: 신갈나무-피나무군락, △: 신갈나무-쇠물푸레군락, ★: 신갈나무-쪽동백나무군락.

나. 수관투영도 및 층위구조.

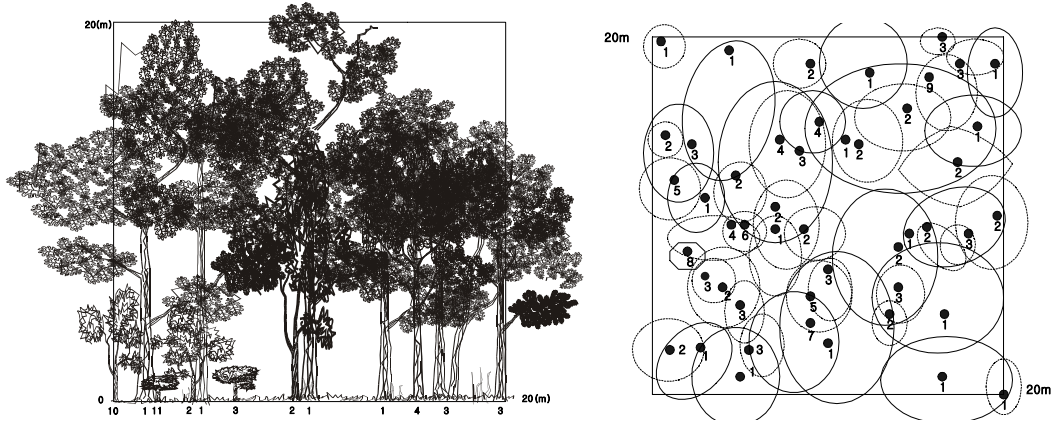


그림 1-23. 점봉산 지역 신갈나무군락의 수관투영도 및 층위구조.

1. 신갈나무, 2. 당단풍, 3. 피나무, 4. 물푸레나무, 5. 고로쇠나무, 6. 음나무,
7. 산벚나무, 8. 젓나무, 9. 쇠물푸레, 10. 팔배나무, 11. 까치박달나무.

그림 1-23은 신갈나무군락 중 임분상태가 양호한 점봉산 내 신갈나무군락의 수관투영도 및 층위구조를 나타낸 것이다. 신갈나무군락에서 교목층의 평균 수고는 17m로 신갈나무가 높은 피도로 우점하고 있으며, 아교목층의 평균 수고는 11m, 평균 피도는 80%로 피나무와 물푸레나무 등이 우점하는 것으로 조사되었다. 관목층의 평균 수고는 5m, 평균 피도는 20%로 당단풍 등이 우점하는 것으로 조사되었으며, 초본층의 경우 단풍취, 실새풀 등이 우점하였으며, 신갈나무의 치수도 출현하여 한동안 신갈나무군락이 유지될 것으로 판단된다.

다. 임분특성

1) 중요치 분석

신갈나무림 전체에서 나타난 주요 수종의 중요치를 분석한 결과(표 1-9), 신갈나무의 중요치가 114.87로 가장 높았으며, 당단풍 29.29, 철쭉꽃 11.77, 고로쇠나무 10.62, 피나무 10.23, 물푸레나무 10.16, 노린재나무 7.94 등의 순으로 나타났다. 당단풍과 철쭉꽃이 신갈나무 다음으로 중요치가 높은 것은 당단풍과 철쭉꽃이 신갈나무군집의 표징종으로(김정언과 길봉섭, 2000) 신갈나무와 함께 출현하기 때문이라고 판단된다.

신갈나무-팔배나무군락에서 신갈나무는 102.24의 중요치를 나타냈으며, 그 다음으로 당단풍 27.69, 고로쇠나무 22.45, 거제수나무 13.27, 까치박달나무 10.74, 팔배나무 9.74, 물푸레나무 9.67 등의 순으로 나타났다. 신갈나무-팔배나무군락에서 팔배나무 중요치가 낮은 데도 이 명칭을 사용한 것은 팔배나무가 이 군락에서 주로 출현하였기 때문이다.

신갈나무-피나무군락에서 신갈나무의 중요치는 122.57이며, 당단풍 44.27, 물푸레나무 18.53, 피나무 17.67, 노린재나무 9.89, 고로쇠나무 8.11, 철쭉꽃 7.84 등의 순으로 나타났다. 이 군락에서 교목성 수종인 물푸레나무와 피나무의 중요치가 높게 나타나 이들 수종들과 차후에 경쟁이 일어날 것으로 판단된다.

신갈나무-쇠물푸레군락에서 신갈나무의 중요치는 105.74이며, 철쭉꽃 23.59, 쇠물푸레 22.09, 당단풍 18.00, 들메나무 12.71, 노각나무 9.67, 함박꽃나무 9.54 등의 순으로 나타났다. 이 군락은 타 군락에서 출현하지 않은 들메나무와 노각나무가 출현한 대신 물개암나무가 출현하지 않은 특징이 있다. 들메나무가 적습한 계곡부에 버드나무 다음으로 침입하고 신갈나무가 마지막으로 침입한다는 김명현(2001)의 연구와 속리산과 오대산 산림식생의 수분구배를 분석하여 들메나무와 함박꽃나무가 습한 곳에 분포한다는 유재은(2002)의 연구 결과로 볼 때, 신갈나무군락 중 수분이 많은 곳에 분포하는 군락으로 판단된다.

신갈나무-쪽동백나무군락에서 신갈나무의 중요치는 132.43이며, 생강나무 14.28, 쪽동백나무 13.66, 노린재나무 10.76, 철쭉꽃 8.85, 당단풍 8.55, 물푸레나무 8.26, 거제수나무 7.98, 층층나무 7.79 등의 순으로 나타났다. 신갈나무 중요치가 이 군락에서 가장 높았으며, 교목성 수종인 물푸레나무와 거제수나무의 중요치가 상당히 높아 앞으로 이들 수종들과 경쟁이 일어날 것으로 판단된다. 생강나무는 수분구배로 볼 때, 건조한 입지에 분포한다는 유재은(2002)의 결과로 볼 때, 이 군락은 다른 군락보다 건조한 입지에 분포하는 군집이라고 판단된다.

표 1-9. 신갈나무군락의 중요 수종의 중요치.

수 종	중 요 치 (IV)				신갈나무군락
	신갈나무- 팔배나무군락	신갈나무- 피나무군락	신갈나무- 쇠물푸레군락	신갈나무- 쪽동백나무군락	
신갈나무	102.24	122.57	105.74	132.43	114.87
당단풍	27.69	44.27	18.00	8.55	29.29
철쭉꽃	6.58	7.84	23.59	8.85	11.77
고로쇠나무	22.45	8.11	5.76	3.90	10.62
피나무	6.92	17.67	1.33	3.11	10.23
물푸레나무	9.67	18.53	0.57	8.26	10.16
노린재나무	6.81	9.89	9.19	10.76	7.94
쇠물푸레	-	0.65	22.09	-	6.70
까치박달나무	10.74	6.20	4.44	2.33	6.57
다릅나무	4.76	3.74	4.84	3.14	5.36
함박꽃나무	0.88	4.18	9.54	3.41	5.26
팔배나무	9.74	1.23	1.74	-	5.18
층층나무	2.81	1.35	4.58	7.79	4.72
생강나무	1.04	6.96	5.85	14.28	4.62
쪽동백나무	-	0.90	4.99	13.66	3.81
들메나무	-	-	12.71	-	3.66
거제수나무	13.27	0.83	1.21	7.98	3.40
노각나무	-	-	9.67	-	2.88
읍나무	5.58	1.68	1.95	-	2.48
물개암나무	7.96	0.80	-	2.54	2.46

2) 흉고직경급 분석

신갈나무림이 우점하고 있는 지역에서 신갈나무, 당단풍, 철쭉꽃, 고로쇠나무, 피나무, 물푸레나무에 대한 흉고직경급별 분포도를 작성하였다(그림 1-24). 흉고직경급 분포는 수량 및 산림식생 구조의 간접적인 표현이며, 식생천이의 양상을 추론할 수 있다(이경재 등, 1998; 오구균과 최송현, 1993). 그림 1-24에서 보는 바와 같이 신갈나무는 큰 개체와 작은 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이고 있다. 교목성 수종인 피나무, 물푸레나무 및 고로쇠나무는 흉고직경 15cm 이하가 상당한 밀도를 가지고 있으나, 신갈나무의 밀도와 비교할 때 상당한 차이가 있어, 어린 개체의 밀도도 높은 신갈나무가 계속해

서 우점할 것으로 판단된다. 아교목성 수종인 당단풍은 10cm 이하의 어린 개체의 밀도가 가장 높아 계속해서 아교목층에서 우점할 것으로 판단된다.

그림 1-25는 신갈나무-팔배나무군락에서 신갈나무, 당단풍, 고로쇠나무, 거제수나무, 까치박달나무, 팔배나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 신갈나무-팔배나무군락은 현재 신갈나무가 흉고직경 15.1~35cm인 중간개체의 밀도가 비교적 높고 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮은 정규분포를 보이고 있어 신갈나무가 지속적으로 우점할 것으로 예상된다. 팔배나무와 고로쇠나무는 흉고직경 10cm 이하의 어린 개체의 밀도가 신갈나무보다 높아 장차 이들 수종간에 경쟁이 격화될 것으로 판단된다. 아교목층은 당단풍의 밀도가 높아 계속해서 당단풍이 우점할 것으로 판단된다.

그림 1-26은 신갈나무-피나무군락에서 신갈나무, 당단풍, 물푸레나무, 피나무, 고로쇠나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 신갈나무-피나무군락은 현재 신갈나무가 어린 개체부터 큰 개체까지 고른 밀도로 정규분포를 보이고 있어 신갈나무가 지속적으로 우점할 것으로 예상된다. 피나무는 흉고직경 10cm 이하인 어린 개체의 밀도가 상당히 높아 앞으로 피나무와 경쟁할 것으로 판단되나, 현재 신갈나무의 밀도가 피나무보다 높아 계속해서 신갈나무가 우점할 것으로 판단된다.

그림 1-27은 신갈나무-쇠물푸레군락에서 신갈나무, 철쭉꽃, 쇠물푸레, 당단풍, 들메나무, 함박꽃나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 신갈나무-쇠물푸레군락은 현재 신갈나무가 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이고 있어 신갈나무가 지속적으로 우점할 것으로 예상된다. 교목성 수종인 들메나무도 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이나 전체적으로 밀도가 낮다. 또한 천이계열에서 보면 습한 입지에서 신갈나무보다 먼저 침입하는 종이고, 신갈나무가 마지막에 침입한다고 밝힌 김명현(2001)의 연구결과로 판단할 때, 신갈나무가 우점하는 가운데 들메나무가 교목층을 공유할 것으로 판단된다. 쇠물푸레, 당단풍 및 함박꽃나무는 흉고직경 6cm 이하의 밀도가 신갈나무보다 높으나, 이들은 아교목성 수종으로 신갈나무-쇠물푸레군락은 신갈나무가 계속해서 우점할 것으로 판단된다.

그림 1-28은 신갈나무-쪽동백나무군락에서 신갈나무, 당단풍, 철쭉꽃, 피나무, 쪽동백나무, 생강나무의 흉고직경급에 따른 분포도를 작성한 것이다. 신갈나무-쪽동백나무군락은 현재 신갈나무가 어린 개체와 중간 개체의 밀도가 높고 큰 개체의 밀도가 낮은 역J자 분포형을 나타내고 있어 신갈나무가 지속적으로 우점할 것으로 예상된다. 교목성 수종인 피나무는 흉고직경 10cm 이하의 개체의 밀도가 신갈나무보다 낮고, 생강나무, 당단풍 및 쪽동백나무는

어린 개체의 밀도가 높으나, 모두 아교목성 수종으로 신갈나무와 경쟁하기보다는 아교목층에서 이들 수종간의 경쟁이 격화될 것으로 예상된다.

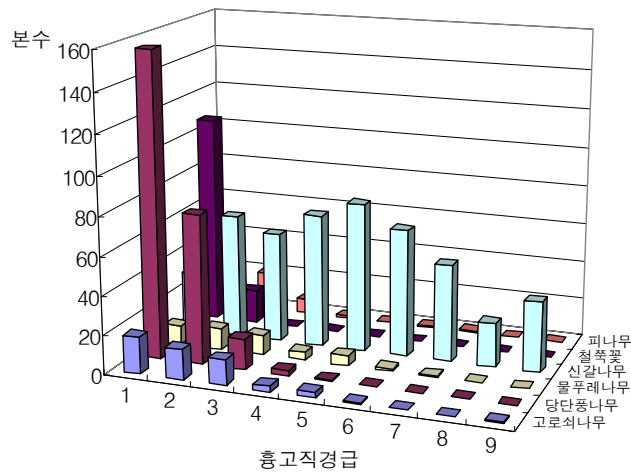


그림 1-24. 신갈나무군락의 흉고직경급 본수.

DBH class; 1: 2~5cm, 2: 5.1~10cm, 3: 10.1~15cm, 4: 15.1~20cm,

5: 20.1~25cm, 6: 25.1~30cm, 7: 30.1~35cm, 8: 35.1~40cm, 9: 40.1~45cm.

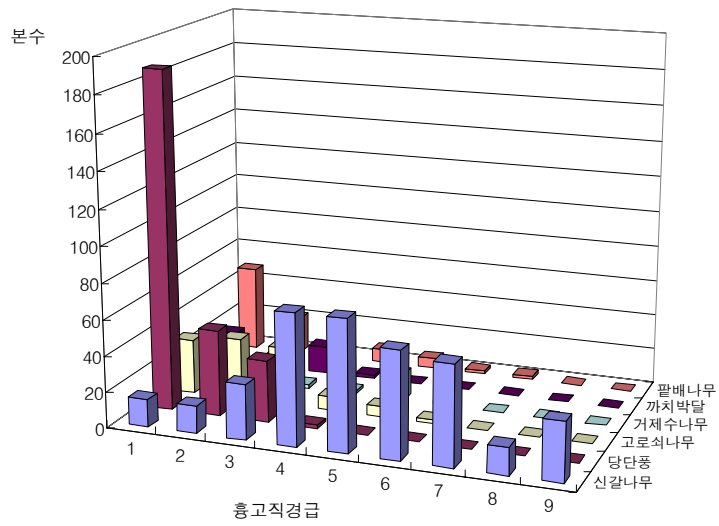


그림 1-25. 신갈나무-팔배나무군락의 흥고직경급 분수.

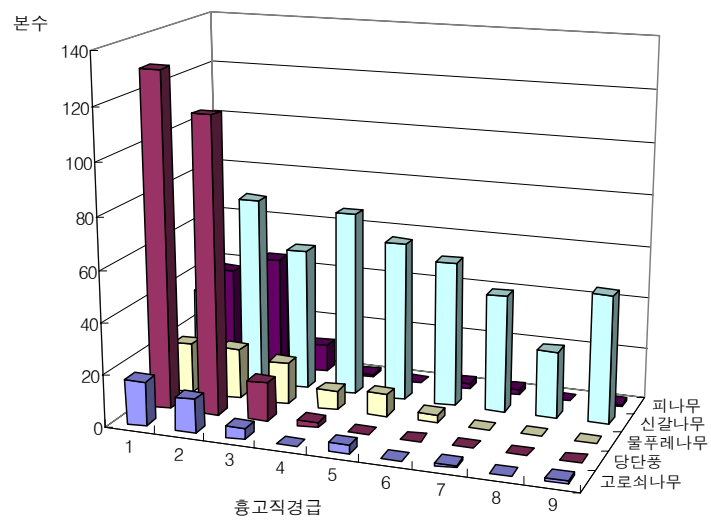


그림 1-26. 신갈나무 - 피나무군락의 흥고직경급 분수.

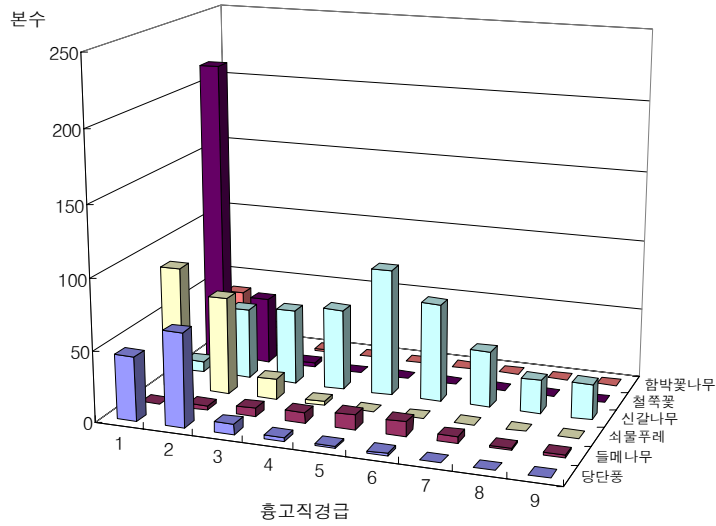


그림 1-27. 신갈나무-쇠물푸레군락의 흥고직경급 본수.

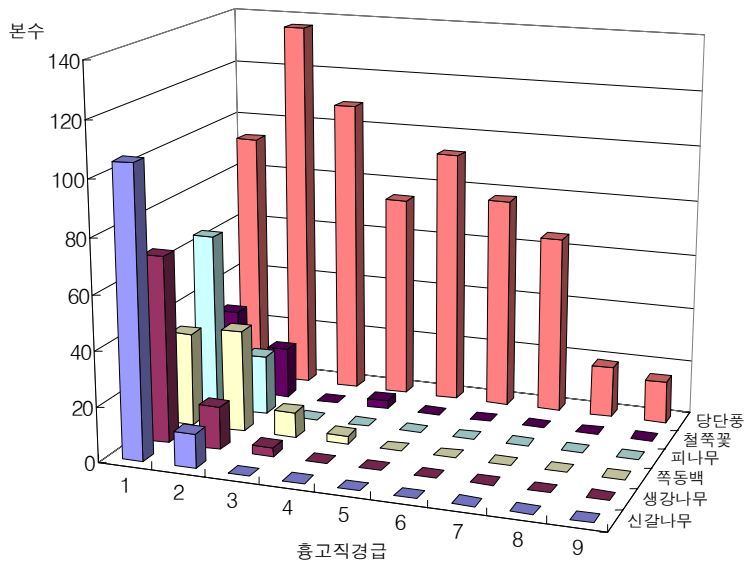


그림 1-28. 신갈나무-쪽동백나무군락의 흥고직경급 본수.

라. Ordination 분석

1) Plot ordination

그림 1-29은 TWINSPAN에 의하여 선정된 4개 군락과 11개의 환경 요인들에 의한 DCCA ordination 분석 결과를 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. 신갈나무림은 조사된 11개의 환경요인에 따라 분포하고 있으며, 이를 환경요인들과 DCCA ordination 결과에 의한 제 1축, 제 2축과의 상관관계를 살펴보면 여러 환경 요인들이 군락의 분포와 상관관계가 있음을 알 수 있다(표 1-10).

신갈나무군락과 환경 요인과의 상관관계를 보면 제 1축에서는 K, CEC, Mg 등의 양료와 사면경사 등이 상관관계가 있음을 보여주고 있으며, 제 2축에서는 유효인산, CEC, Mg 등의 양료와 사면경사 등이 상관관계가 있음을 나타내었다. 따라서, 군락에 영향을 미치는 중요한 환경요인은 K, CEC, Mg, 유효인산 등의 양료와 사면경사라고 할 수 있다. 이런 결과는 송호경 등(1998)의 설악산 국립공원 지역의 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석 및 장규관(1996)의 강원도 신갈나무림의 군락생태학적 연구에서 군락에 영향을 미치는 중요한 환경요인은 해발고라고 보고한 연구 결과와는 다소 상치되는데, 송호경 등과 장규관의 연구는 한 지역을 대상으로 한데 반하여, 본 연구는 전남 백운산부터 강원도 점봉산까지 조사한데서 기인한 것으로 판단된다.

주요 군락과 환경 요인과의 상관관계를 보면 신갈나무-피나무군락은 Ca, Mg, CEC의 양료가 많고, 유효인산이 적으며, 사면경사가 완만한 지역에 분포하고 있다. 신갈나무-팔배나무군락은 Ca, Mg, CEC 및 유효인산의 양료가 중간이고, 사면경사가 중간인 지역에 분포하고 있다. 신갈나무-쇠물푸레군락은 유효인산이 많고, Ca, Mg, CEC의 양료가 적으며, 사면경사가 급한 지역에 분포하고 있다. 신갈나무-쪽동백나무군락은 유효인산과 Ca의 양료가 중간이고, Mg, CEC의 양료가 적으며, 사면경사가 급한 지역에 분포하고 있다.

장규관(1996)은 강원도 지역 신갈나무림의 군락생태학적 연구에서 신갈나무-고로쇠나무 군락은 Mg, Ca, CEC 등의 양료가 많은 계곡부에 분포한다고 보고하였는데, 본 조사에서도 이 군락에 해당하는 신갈나무-팔배나무군락이 Ca, Mg, CEC의 양료가 많은 지역에 분포하고 있었다.

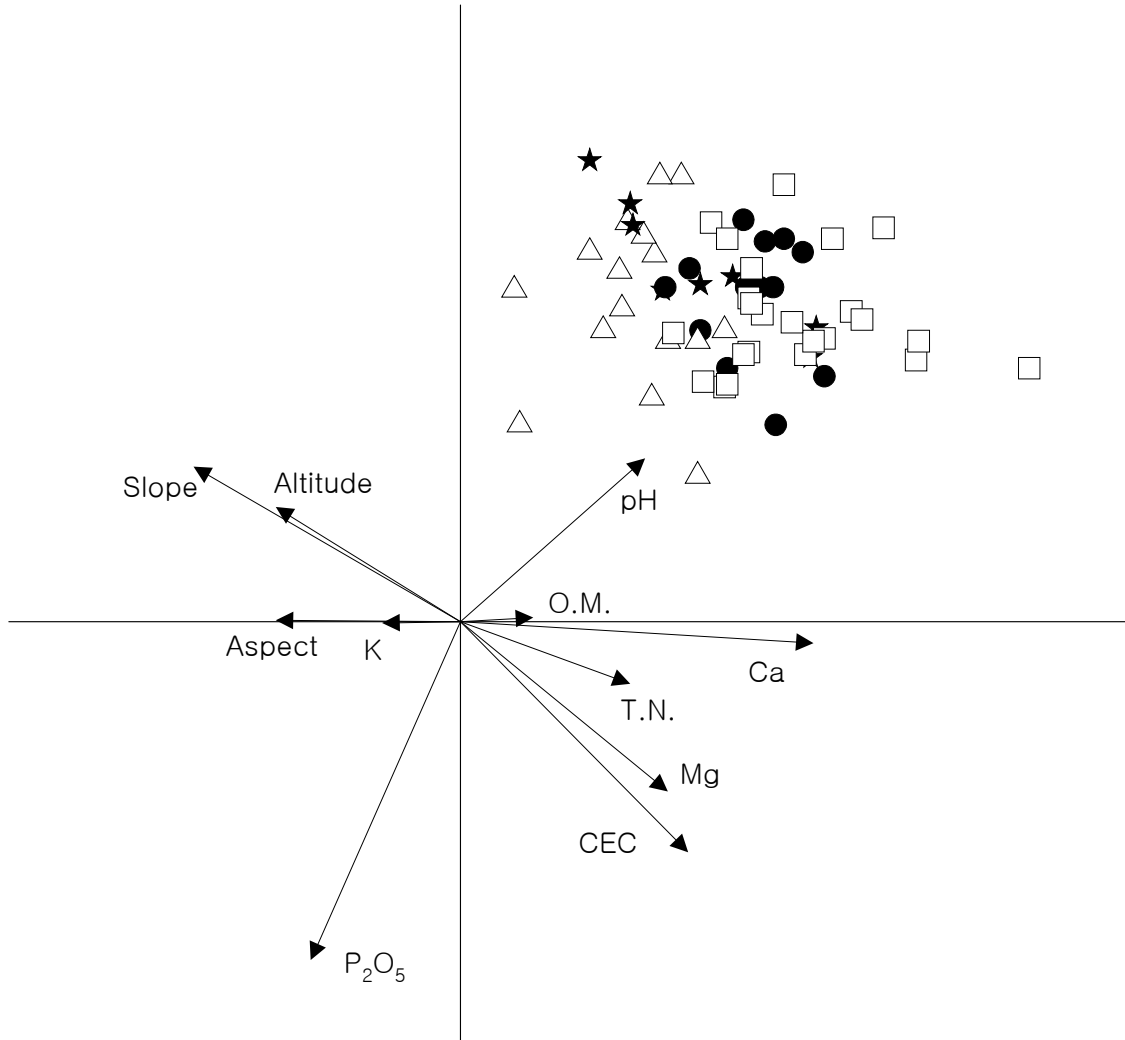


그림 1-29. 신갈나무군락의 plot 오디네이션.

●: 신갈나무-팥배나무군락. □: 신갈나무-피나무군락. △: 신갈나무-쇠물푸레군락, ★: 신갈나무-쪽동백나무군락.

The environmental variables are T.N.= total nitrogen; O.M.= organic matter; P_2O_5 = available phosphorus concentration; C.E.C= cation exchange capacity; K= potassium concentration; Ca= calcium concentration; Mg= magnesium concentration.

표 1-10. 신갈나무군락과 환경요인과의 상관관계.

Axis Variables	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
pH	-0.093	0.137	0.214	0.228
Total nitrogen	0.351	-0.192	0.226	-0.118
Organic matter	-0.349	0.275	0.086	-0.028
P ₂ O ₅	-0.085	-0.096	-0.114	-0.404**
Ca	0.123	-0.053	0.440**	-0.110
Mg	0.163	0.027	0.299*	-0.252*
K	0.050	0.019	-0.087	0.057
CEC	0.016	-0.057	0.321*	-0.352**
Altitude	-0.088	0.150	-0.248	0.150
Aspect	-0.076	-0.023	-0.211	0.067
Slope	-0.101	0.012	-0.339**	0.303*
Eigenvalue	0.175	0.098		

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

2) Species ordination

그림 1-30는 조사된 신갈나무림 지역에 출현하는 20개 주요 수종과 11개 환경 요인들을 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다.

주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 피나무, 물푸레나무, 까치박달나무는 Ca, CEC, Mg의 양료가 많고, 유효인산은 중간이거나 적으며, 사면경사가 완만한 지역에 분포하고 있다. 들메나무, 노각나무, 쇠물푸레는 유효인산이 많고, CEC, Mg의 양료가 중간이거나 적으며, Ca의 양료가 적은 지역에 분포하고 있다. 그리고 철쭉꽃은 Ca, CEC, Mg 및 유효인산의 양료가 적고, 사면경사가 급한 지역에 분포하고 있다. 신갈나무와 당단풍은 Ca, CEC, Mg 및 유효인산의 양료가 중간이고, 사면경사가 중간인 지역에 분포하고 있는데, 이것은 신갈나무가 우점하는 지역을 중심으로 조사가 이루어졌기 때문이며, 당단풍은 신갈나무군락의 표정종으로 신갈나무의 아교목층을 형성하기 때문이라고 판단된다.

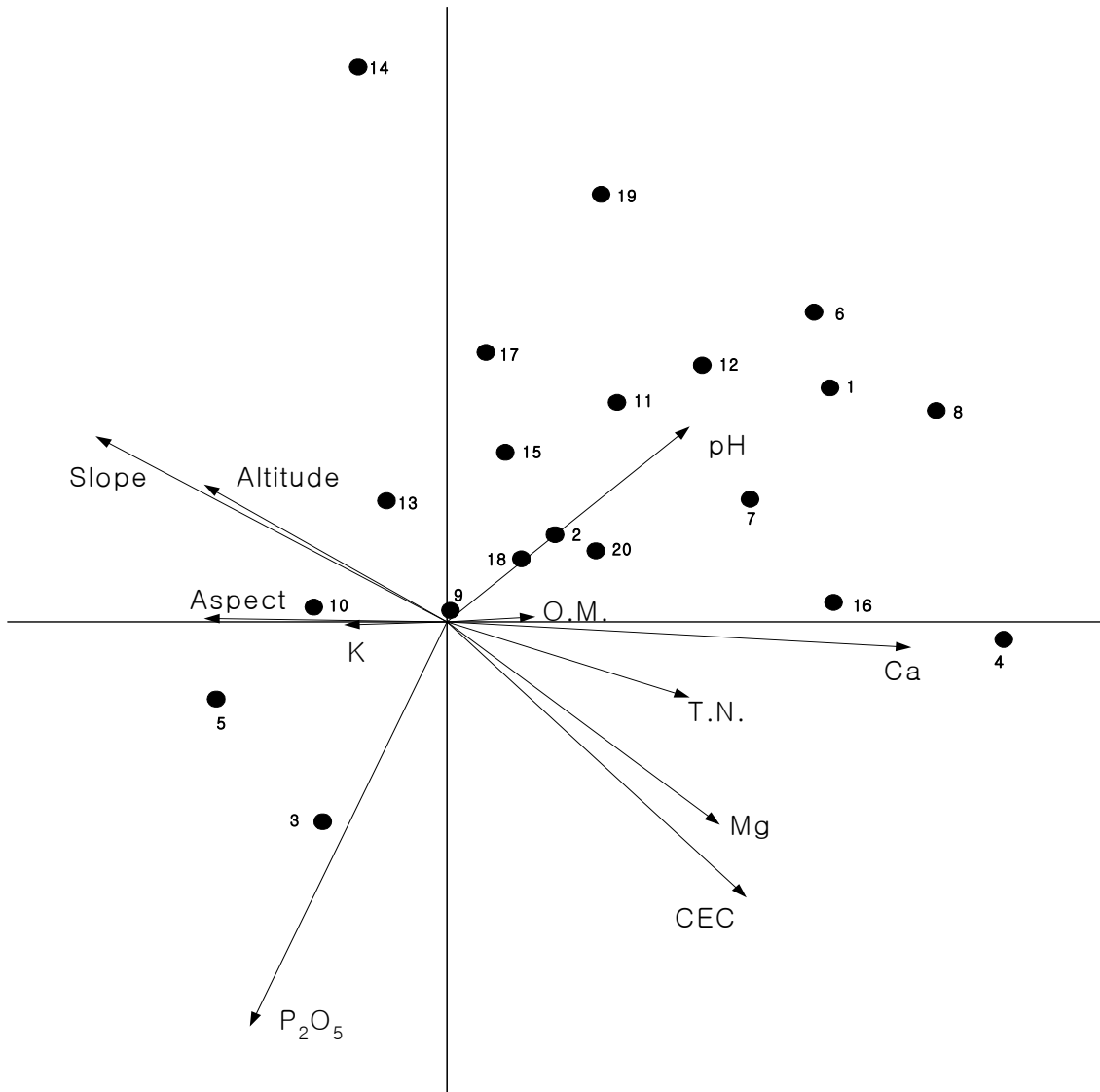


그림 1-30. 신갈나무군락의 종오디네이션.

1. 고로쇠나무, 2. 노린재나무, 3. 들메나무, 4. 까치박달나무, 5. 노각나무, 6. 다릅나무, 7. 당단풍, 8. 물푸레나무, 9. 함박꽃나무, 10. 쇠물푸레, 11. 신갈나무, 12. 팔배나무, 13. 쪽동백나무, 14. 철쭉꽃, 15. 층층나무, 16. 피나무, 17. 생강나무, 18. 거제수나무, 19. 음나무, 20. 물박달나무.

4. 결론

본 연구는 신갈나무림의 산림식생 구조와 입지환경을 파악하고 그에 따른 산림관리방안 및 생태적지를 밝히기 위하여 전남 백운산과 지리산 뱀사골, 전북 덕유산, 충북 영동군의 우두령, 경북 청옥산, 강원도 중왕산과 점봉산의 신갈나무 임분을 대상으로 수행되었다.

신갈나무림 분포의 지형적특성은 해발고가 900m 이상이고, 주로 북·북동·북서·동사면이 대부분을 차지하고 있었으며, 경사는 11°~40°사이에 분포하고 있었다.

신갈나무림에서 나타난 주요 수종의 중요치를 분석한 결과, 신갈나무의 중요치가 114.87로 우점하고 있으며, 당단풍 29.29, 철쭉꽃 11.77, 고로쇠나무 10.62, 피나무 10.23, 물푸레나무 10.16 등의 순으로 나타났다.

신갈나무림이 우점하고 있는 지역에서 신갈나무, 당단풍, 철쭉꽃, 고로쇠나무, 피나무, 물푸레나무에 대한 흉고직경급별 분포도를 작성한 결과, 신갈나무는 큰 개체와 작은 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이고 있다. 교목성 수종인 피나무, 물푸레나무 및 고로쇠나무는 흉고직경 15cm 이하의 어린 개체의 밀도가 신갈나무보다 낮아, 어린 개체의 밀도도 높은 신갈나무가 계속해서 우점할 것으로 판단된다. 아교목성 수종인 당단풍은 10cm 이하의 어린 개체의 밀도가 가장 높아 계속해서 아교목층에서 우점할 것으로 판단된다.

TWINSpan에 의한 분류 결과 신갈나무림은 신갈나무-팔배나무군락, 신갈나무-피나무군락, 신갈나무-쇠물푸레군락 및 신갈나무-쪽동백나무군락으로 구분되었으며, 신갈나무림의 주요 군락과 환경 요인과의 상관관계를 보면 신갈나무-피나무군락은 Ca, Mg, CEC의 양료가 많고, 유효인산이 적으며, 사면경사가 완만한 지역에 분포하고 있다. 신갈나무-팔배나무군락은 Ca, Mg, CEC 및 유효인산의 양료가 중간이고, 사면경사가 중간인 지역에 분포하고 있다. 신갈나무-쇠물푸레군락은 유효인산이 많고, Ca, Mg, CEC의 양료가 적으며, 사면경사가 급한 지역에 분포하고 있다. 신갈나무-쪽동백나무군락은 유효인산과 Ca의 양료가 중간이고, Mg, CEC의 양료가 적으며, 사면경사가 급한 지역에 분포하고 있다.

제1-4절 종합고찰 및 결론

1. 적정 생육 입지

낙엽성 참나무류의 집중적인 분포지는 중부 이남이나(김윤식 등, 1981), 신갈나무는 산의 중상부 고지대에 주로 분포하고 있다(정태현과 이우철, 1965). 참나무류의 최적 분포범위는 온량지수(warmth index)로 볼 때, 굴참나무가 77-95°C · month, 졸참나무 67-92°C · month, 신갈나무 55-90°C · month, 상수리나무 85-99°C · month라 할 수 있다(임양재와 김정언, 1992; Yim과 Kira, 1977).

우리나라 주요 산의 위도와 해발고에 따른 적정 범위를 보면, 무등산(1187m, 북위 35° 05′)에서는 해발 800m 이상에서 신갈나무군락(김철수와 오장근, 1993; 김창환 등, 1994)이, 지리산(1915m, 북위 35°15′)에서는 해발 약 800m~1400m사이에 신갈나무군집(임양재와 김정언, 1992)이, 내장산(763m, 북위 35°30′)에서는 해발 약 600m 이상에서 신갈나무군집(Kim과 Yim, 1988)이, 모악산(794m, 북위 35°40′)에서는 해발 약 600m 이상에서 신갈나무군락(Kim과 Yim, 1992)이, 대둔산(878m, 북위 36°05′)에서는 해발 약 600m 이상에서 신갈나무군락(Kim 등, 1988)이, 속리산(1,057m, 북위 36°32′)에서는 해발 약 600m 이상에서 신갈나무군락(유재은, 2002)이, 함양 백운산(1,278m, 북위 35°37′)에서는 해발 약 900m 이상에서 신갈나무군락(임양재 등, 1985)이, 청량산(870m, 북위 36°47′)에서는 해발 약 500m 이상에서 신갈나무군락(김정언과 임양재, 1989; 이호준 등, 1995)이, 청옥산(1,404m, 북위 37°25′)에서는 해발 약 600m 이상에서 신갈나무군락(백원기와 이우철, 1994)이, 설악산(1,708m, 북위 38°10′)에서는 해발 약 400m 이상에서 신갈나무군집(임양재와 백순달, 1985; 이우철 등, 1994)이 분포하고 있다.

이상을 요약하면 신갈나무림은 북위 약 35°에서는 해발고 약 800m~1,400m의 범위(임양재와 김정언, 1992), 북위 약 36°에서는 해발고 약 600m~1,200m의 범위(Kim 등, 1988; 김창환, 1992), 북위 약 37°에서는 해발고 약 400m~1,000m의 범위(김정언과 임양재, 1989; 김정언 등, 1989; 송종석 등, 1995), 북위 약 38°에서는 해발고 약 200m~800m의 범위(임양재와 백순달, 1985; 이우철 등, 1994)로써 북위 약 1°변화에 따른 신갈나무림 분포 변화의 해발 고도 차는 약 200m가 된다.

굴참나무와 졸참나무는 지리산에서 200m~1,200m 사이에 분포하고 있고, 설악산에서 굴참나무가 190~800m(산록 및 산복의 양지)에, 졸참나무가 180~800m(주로 500m 이하의 산록 양지)에, 상수리나무가 200~800m에 분포하고 있다. 그리고 속리산에서는 굴참나무와 졸

참나무가 300~800m 사이에, 신갈나무가 600~900m에 분포하고 있다(유재은, 2002).

해발고가 상승함에 따라 평균 0.52℃씩 하강하는 방식(정태현과 이우철, 1965)을 적용하여 굴참나무림, 졸참나무림, 상수리나무림의 수직분포를 보면, 졸참나무림은 신갈나무림보다 고도 250m 정도 하부에, 굴참나무림은 470m 정도 하부에, 상수리나무는 640m 정도 하부에 분포한다고 할 수 있다.

굴참나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 9.8℃이고, 졸참나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 9.6℃이며, 신갈나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 8.2℃이다(노의래, 1988). 그리고 상수리나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 11.2℃이다.

수종별 사면 방향을 보면, 굴참나무는 주로 남동·남·남서사면이 대부분을 차지하고 있고, 졸참나무와 신갈나무는 주로 북·북동·북서사면이 대부분을 차지하고 있었다.

2. 참나무류 ordination

그림 1-31은 굴참나무림, 졸참나무림, 신갈나무림 및 상수리나무림과 11개의 환경 요인들의 DCCA ordination 분석 결과를 최초 1, 2축에 의한 I/II평면상에 나타낸 것이다. 참나무림들은 조사된 11개의 환경요인에 따라 분포하고 있다.

참나무류 임분들과 환경 요인과의 상관관계를 보면, 신갈나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 가장 높고 전질소 등의 양료가 많은 북동·북·동사면에 주로 분포하고 있다. 졸참나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 중간이고 전질소 등의 양료가 많은 편인 북·북동·북서사면에 주로 분포하고 있다. 굴참나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 가장 낮고 전질소 등의 양료가 적은 남동·남·남서사면에 주로 분포하고 있다.

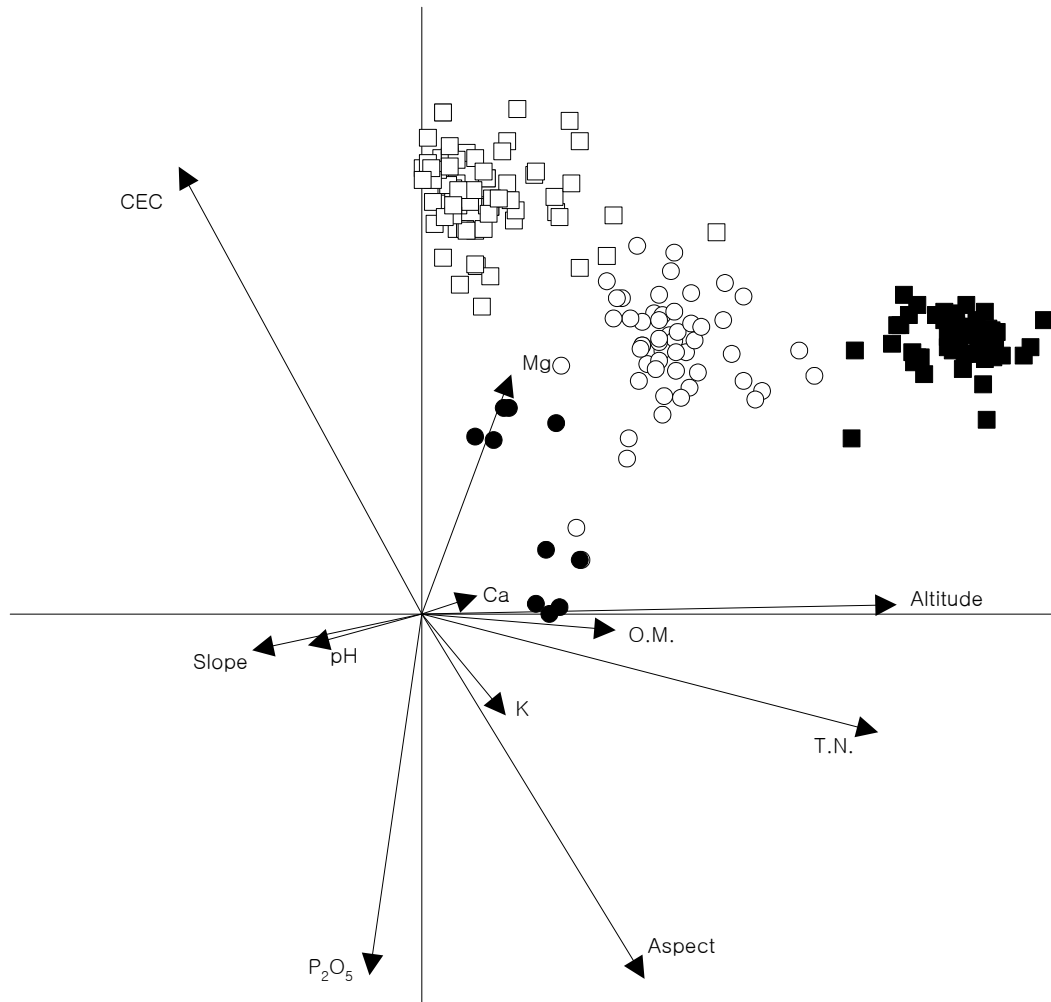


그림 1-31. 참나무류의 plot 오디네이션.

○ : *Quercus serrata* forest. ● : *Quercus acutissima* forest.

□ : *Quercus variabilis* forest, ■ : *Quercus mongolica* forest.

The environmental variables are : T.N. = total nitrogen ; O.M. = organic matter ; P_2O_5 = available phosphorus concentration ; CEC = cation exchange capacity ; K = potassium concentration ; Ca = calcium concentration ; Mg = magnesium concentration.

3. 결론

참나무류는 맹아 번식력이 강한 대표적인 활엽수종으로 그의 중요성에 비하여 참나무류 수종에 대한 적정 생육환경 및 생태에 대한 연구는 충분치 못한 실정이다. 현재 우리나라에서 참나무류는 최상급의 버섯재배용 및 저급인 펄프목으로 이용되고 있으나, 독일 등 외국의 경우를 비교할 때 고부가가치를 창출할 수 있는 수종으로, 목재이용측면에서도 가치가 높은, 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무 및 상수리나무를 대상으로 식생구조와 생육적지를 밝혀 우리나라 참나무류의 조림에 관한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

1. 참나무류의 최적 분포범위는 온량지수(warmth index)로 볼 때, 굴참나무가 77-95℃ · month, 졸참나무 67-92℃ · month, 신갈나무 55-90℃ · month, 상수리나무 85-99℃ · month 이다. 우리나라 주요 산의 위도와 해발고에 따른 적정 범위를 보면, 신갈나무림은 북위 약 35°에서는 해발고 약 800m~1,400m의 범위에, 북위 약 36°에서는 해발고 약 600m~1,200m의 범위에, 북위 약 37°에서는 해발고 약 400m~1,000m의 범위에, 북위 약 38°에서는 해발고 약 200m~800m의 범위로서 북위 약 1°변화에 따른 신갈나무림 분포 변화의 해발 고도 차는 약 200m가 된다. 해발고가 상승함에 따라 평균 0.52℃씩 하강하는 방식을 적용하여 굴참나무림, 졸참나무림, 상수리나무림의 수직분포를 보면, 졸참나무림은 신갈나무림보다 고도 250m 정도 하부에, 굴참나무림은 470m 정도 하부에, 상수리나무는 640m 정도 하부에 분포한다.

2. 굴참나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 9.8℃이고, 졸참나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 9.6℃이며, 신갈나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 8.2℃이다(노의래, 1988). 그리고 상수리나무 임분의 최적 온도는 연평균기온이 11.2℃이다.

3. 수종별 사면 방향을 보면, 굴참나무 임분은 주로 남동·남·남서사면이 대부분을 차지하고 있고, 졸참나무 임분과 신갈나무 임분은 주로 북·북동·북서사면이 대부분을 차지하고 있다.

4. 굴참나무림에서 중요치가 높은 종은 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 쪽동백나무, 비목나무, 소나무, 산벚나무 등의 순이다. 흉고직경급을 분석한 결과 굴참나무림은 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 것으로 보아 당분간은 굴참나무가 우점할 것으

로 예상되나, 어린 개체의 밀도가 증가하고 있는 졸참나무, 신갈나무와 경쟁이 심화될 것으로 예상된다. TWINSpan에 의한 분류 결과 굴참나무림은 굴참나무-신갈나무군락, 굴참나무-쪽동백나무군락, 굴참나무-굴피나무군락, 굴참나무-때죽나무군락의 4 group으로 구분되었다.

5. 졸참나무림에서 중요치가 높은 종은 졸참나무, 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무, 쪽동백, 물푸레나무, 때죽나무의 순이다. 흉고직경급을 분석한 결과 졸참나무림은 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체와 어린개체의 밀도가 높은 것으로 보아 당분간은 졸참나무가 우점할 것으로 예상되나, 어린 개체의 밀도가 증가하고 있는 신갈나무, 물푸레나무 등과 경쟁이 심화될 것으로 예상된다. TWINSpan에 의한 분류 결과 졸참나무림은 졸참나무-고로쇠나무군락, 졸참나무군락, 굴참나무-상수리나무군락으로 구분되었다.

6. 신갈나무림에서 중요치가 높은 종은 신갈나무, 당단풍, 철쭉꽃, 고로쇠나무, 피나무, 물푸레나무 등의 순이다. 흉고직경급을 분석한 결과 신갈나무는 큰 개체와 작은 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포를 보이고 있어 계속해서 우점할 것으로 판단된다. TWINSpan에 의한 분류 결과 신갈나무림은 신갈나무-팔배나무군락, 신갈나무-피나무군락, 신갈나무-쇠물푸레나무군락 및 신갈나무-쪽동백나무군락으로 구분되었다.

7. 참나무류 임분들과 환경 요인과의 상관관계를 보면, 신갈나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 가장 높고 전질소 등의 양료가 많은 북동·북·동사면에 주로 분포하고 있다. 졸참나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 중간이고 전질소 등의 양료가 많은 편인 북·북동·북서사면에 주로 분포하고 있다. 굴참나무 임분은 참나무류 임분 중 해발고가 가장 낮고 전질소 등의 양료가 적은 남동·남·남서사면에 주로 분포하고 있다.

제2절 참나무류 주요 수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구

1. 연구 목적

산림 내의 수종 구성과 임분 구조가 다양한 모습을 보이면서 이에 따른 숲의 생태적 구조 및 기능이 건전하게 유지·발전되고 있는 천연 활엽수림은 이들의 환경 및 경제적 가치가 재평가되면서 최근 그 중요성이 점진적으로 높아지고 있다. 특히 이와 같은 숲을 구성하는 주요 활엽수 수종들은 산림생태계의 주요 구성인자로서 산림의 다양한 공익적 이용 측면과 함께 용재로서의 가치 또한 대단히 높고 목재 수요도 꾸준히 증가하고 있어 임지의 총체적인 생산성을 획기적으로 개선할 수 있는 잠재력을 지니고 있다.

현재 우리나라 산림에 분포하는 다양한 활엽수 수종들 중에서도 그 분포 면적이나 용도 및 생태학적인 측면에서의 가치 등을 고려할 때, 우리나라를 대표하는 활엽수는 무엇보다도 낙엽성 참나무류라고 할 수 있다. 그러나 이들 수종은 과거에 상당히 오랜 기간 동안 방치된 상태 하에서 활잡목으로 분류되어 총체적인 숲의 가치와 생산성이 크게 저하된 모습을 지닌 천연림 형태로 전국에 분포되어 왔다. 이에 따른 무계획적인 도·남벌과 산화 등의 다양한 피해에도 불구하고 이들 참나무류는 강한 생명력과 천연적인 갱신 능력 및 생태학적으로 참나무류의 생육에 적합한 우리나라의 기후 및 입지환경 때문에 전국적으로 광범위한 산림 입지에 분포하고 있다. 이 때문에 현재 이들 참나무류의 분포 면적 또한 전체 산림축적의 약 26.4%에 해당하는 169만여ha를 점유하고 있는 것으로 추산되고 있다. 또한 참나무류는 활엽수의 중요성이 강조되고 있는 우리나라의 산림생태계에서 대단히 중요한 역할을 담당하고 있는 대표적인 활엽수로 이들의 종실은 식용 또는 야생동물의 먹이로서 중요한 가치를 지니고 있으며 목재의 활용 측면에서도 참나무류는 고급 용재, 농기구재, 일반 건축재, 펄프재, 표고재, 고급 신탄재 등으로 그 이용가치가 대단히 높게 평가되고 있다.

이와 같이 그 중요성이 점점 더 크게 부각되고 있는 참나무류 임분을 확대 조성하고 이들 임분에 분포하는 다양한 개체 수목의 효율적인 생장을 도모하면서 임분 전체의 총체적인 생산성을 향상시키기 위해서는 이에 필요한 관련 연구를 지속적으로 수행할 필요가 있다.

이를 위해서는 우선적으로 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 천연 임분의 현재 실태와 미래상을 분석하면서 산림 생태계 내에서 이들의 역할과 기능 등을 세부적으로 파악하기 위한 정확한 자료 또는 정보의 수집 및 분석이 요구된다. 또한 이를 바탕으로 참나무류 임분을 건전한 방향으로 유도 발전시키기 위한 과학적이고 실용적인 조림 및 육림 기술을 확립

하고 이를 국가 전체적인 차원에서 참나무림의 종합 육성 및 이용계획을 수립, 실천하는데 반영할 필요가 있다.

이러한 참나무류 주요 수종의 조림 및 육림 전략 수립과 관련하여 그동안 우리나라에서는 참나무류 주요 수종을 중심으로 단편적 또는 종합적으로 생리, 생태, 조림학적인 연구를 포함하여 다양한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 아직도 이들 참나무류 각 수종에 대해 적정 생육 환경을 정확하게 구명하기 위한 생리·생태학적 특성에 대해서조차도 충분한 자료를 확보하고 있지 못하며, 더 더욱 이와 같은 생리·생태학적 자료를 바탕으로 한 과학적이고 합리적인 조림 및 육림 방법 등을 제시하기 위한 현장 연구 또한 만족할 만한 수준까지 수행되지 못하고 있는 것이 현재의 실정이다.

그 동안 참나무류의 육묘법에 관한 연구(김 등 1966; 이 등, 1984)와 무육 방법에 관한 연구(홍, 1981, 1982; 오 등, 1982, 1983) 결과 등이 발표된 바 있으며, 참나무자원의 종합이용 개발에 관한 연구(임업연구원, 1989) 또한 수행된 바 있지만 아직까지도 이를 임업 현장에 적용하는데는 여러 가지 부족한 점이 많다.

따라서 본 연구에서는 주요 참나무류의 천연갱신과 인공갱신 및 그 이후의 임분 관리에 대해 보다 과학적이며 합리적인 개선방안을 마련하고자 천연 임분을 대상으로 다양한 기초 자료 조사 및 분석을 시도하면서 이와 병행하여 시험포장과 참나무류 갱신임지 등에서 생리, 생태 및 조림학적인 연구를 종합적으로 실시하고자 하였다.

참나무류가 우점하는 천연림이나 인공림을 대상으로 새로운 참나무림을 조성할 때 가장 핵심이 되는 점은 대상지역별로 가장 과학적이고 합리적인 갱신방법을 찾아내는 일이라고 할 수 있다. 일반적으로 참나무림의 갱신방법으로는 천연하종갱신, 직파에 의한 갱신, 실생묘 식재조림, 임분 내 천연발생치수의 육성 및 맹아갱신법 등이 있다. 각각의 방법은 모두 장·단점이 있으며 각 갱신방법 별로 적용할 수 있는 적합한 세부기술 또한 현지 임분의 임황이나 지황, 경제, 사회적 여건 등, 다양한 주변 여건을 고려하면서 가장 합리적이고 실용적이며 과학화된 기술을 개발하여 적용할 필요가 있다(임업연구원, 1998).

천연하종갱신법과 직파에 의한 갱신방법에서 제기되는 문제점 중에서 동물, 곤충 및 곰팡이 등에 의해 종자나 발아된 유묘가 피해를 받는 것을 막는 방법(Kanazawa, 1982)과 파종된 종자나 발아된 유묘의 활력을 유지시켜주는 문제가 특히 중요하다.

맹아갱신의 경우에는 맹아발생 초기에 다양한 모습으로 발생하는 맹아의 적절한 관리와 이들이 성숙목으로 성장했을때 심재 부위가 썩는 것을 방지하는 문제에 많은 논란이 제기되고 있다. 그리고 식재조림을 할 경우에는 이들의 건전묘 양성과 양묘 비용의 절감, 그리고

직근성인 참나무류 묘목의 산지 조림과 조림 이후의 무육 관리에서 많은 문제점이 노출되고 있다. 또한 천연발생 치수를 이용할 경우에도 이들 치수 중에서 건전한 치수를 선별하여 적극 육성할 수 있는 기술적인 방안이 마련될 필요가 있다.

본 연구는 이상에서 기술된 참나무류 갱신전략에 관한 선행 연구를 고려하면서 우리나라 산림에서 중요한 위치를 차지하고 또 그 중요성이 점차 확대되고 있는 참나무류 주요 수종에 대하여 이들 임분을 확대 조성하고 그 생산성을 강화하기 위한 합리적이고 과학적인 조림 및 육림 방안을 제시하여 이를 필요한 정책 수립에 반영하고자 전국 여러 지역 산림을 대상으로 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연임분과 갱신작업이 이루어지고 있는 임분 등을 대상으로 이들의 생태학적 실상에 대해 조사 분석하고 조림학적인 측면에서도 필요한 사항에 대해 평가 분석을 실시하였다. 이와 함께 참나무류 각 수종의 생리·생태적 특성 및 번식이나 조림 또는 맹아갱신 등과 관련된 세부 사항을 분석하기 위하여 포장 및 실험실을 중심으로 관련 연구를 병행 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 연구 내용의 총괄

참나무류 주요 수종의 임분을 확대하고 그 생산성을 강화하기 위한 연구의 출발점에서 우선적으로 생각해볼 필요가 있는 전략적인 접근 방향은 이들 임분의 조성 및 무육관리와 관련한 천연적인 방법과 인공적인 방법을 구분하여 살펴볼 필요가 있다. 이를 위해서는 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 기존의 천연 임분을 대상으로 생태 및 조림학적인 측면에서 다양한 기초자료를 조사, 분석하여 이들 수종의 신규조림이나 천연 또는 인공갱신 및 무육 관리 등에 필요한 기초 자료를 제시할 필요가 있다. 또한 대표적인 천연갱신과 인공갱신 방법으로 생각할 수 있는 실생묘 조림, 직과 또는 천연하중 갱신 및 맹아갱신 등과 이들 갱신 임분의 효율적인 육림을 보다 과학적인 측면에서 실용화하기 위한 기술을 개발하기 위해 현존 임분 내에서의 기초 조사와 병행하여 포장 및 실내에서 생리, 생태 또는 번식학적인 측면 등의 관련 실험을 실시할 필요가 있다.

이와 같이 참나무류 주요 수종의 갱신전략 수립에서 이들 임분의 천연갱신과 인공갱신에 대한 과학적인 방안을 제시하고 갱신 과정에서 나타나는 불량한 임분 구조를 보완, 개선하거나 기존의 참나무류 천연림 중에서 경제적 생산성이 크게 저하된 불량 임분을 개량하기

위한 실용적인 기술을 개발하기 위해서 전국 주요 산림을 대상으로 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 기존 임분에 대해 광범위한 실태 조사 및 평가를 실시하였다. 특히 이들 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 임분의 입지 환경과 수종 구성 및 임분의 구조적인 특성과 임분을 구성하는 개체목의 형질, 그리고 임분 하층에서 관찰되는 맹아 또는 실생묘 형태의 치수발생 실태 등을 조사, 분석함으로써 앞으로 보다 과학적인 방법으로 참나무류 천연림과 인공림을 갱신하거나 무육 관리하는데 필요한 기술 개발의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

주요 참나무류가 우점하는 건전한 임분 구조를 지닌 친 생태환경적 산림을 조성 과정에서 생각할 수 있는 갱신 방법은 실생의 묘목을 조립하거나 직파조림을 실시하는 방법 이외에 맹아나 실생천연치수를 이용하는 갱신방법도 실용적인 관점에서 적절히 활용할 수 있다. 그러나 현재까지 우리나라의 참나무류 우점 임분 대부분은 무계획적인 벌채 수확 후에 자연 방치상태에서 발생하는 불량한 맹아로 갱신되면서 이들 임분의 구조나 임분 내 생태환경 까지도 지속적으로 열악한 모습으로 변해왔다.

새로운 후계림의 조속한 육성과 함께 표고재나 펄프재 또는 신탄재 등의 산림 자원을 지속적으로 생산하고자 하는 관점에서 볼 때 참나무류 우점 임분에 대한 맹아갱신은 비교적 투자비용을 줄이면서 조기에 필요한 자원을 확보하는 방안이 될 수도 있지만 장기적인 관점에서 보다 가치 있는 목재를 생산하고 또 숲의 생태학적 구조를 보다 건전하게 육성 관리하기 위해서는 비록 맹아갱신 임분이라도 그대로 방치하는 것보다는 갱신 초기부터 철저한 무육 관리를 실시할 필요가 있다.

본 연구에서는 이와 같은 점을 고려하여 참나무류 주요 수종의 벌채지역을 대상으로 이곳에 발생하는 맹아의 발생 실태를 조사 분석하면서 건전한 맹아림으로 유도하기 위한 다양한 맹아발생 조절 및 관리 방법을 적용하면서 처리방법에 따른 반응을 조사 분석하였다. 이에 따른 과학적인 맹아갱신 기술개발은 보다 생산적이고 건전한 참나무류 우점 임분을 육성하여 이들 참나무류 임분이 지니고 있는 산림생태계의 기능을 강화하고 궁극적으로는 산주의 소득증대 및 경영 개선에도 기여할 수 있다.

참나무류 임분의 갱신 및 이들 임분을 구성하는 개체목들의 성장과정에는 다양한 입지환경이 영향을 미치며 이들의 상호 관계를 밝히는 포장 시험 또한 대단히 중요하다. 특히 기존 임분의 하층에 수하식재 또는 직파를 실시하거나 발생하는 어린 맹아나 실생천연치수를 육성하면서 생태적으로 건강하고 입지 생산성이 개선된 이상적인 복층림을 조성하는 과정에서 항상 제한 사항으로 거론되는 것은 임분 하층의 광선 부족 문제이다. 이와 함께 조림지

나 기존 임분의 하층에 이식된 실생묘의 활착과 성장과정에서 주변 경쟁식생과의 수분 및 양료 경쟁 등도 참나무류 임분을 조성 관리하는데 중요한 제한사항으로 생각할 수 있다. 이에 대한 정보를 수집 분석하기 위한 생리·생태적인 측면의 포장 시험은 참나무류를 포함하여 기타 주요 조림 수종의 조림 및 육림 기술 개발에 대단히 유익한 정보를 제공해줄 수 있다. 이와 같은 점을 고려하여 본 연구에서는 임분 하층의 부족한 광선 조건에 식재된 실생묘와 포장에서 인공피음처리 하에 성장하는 묘목을 대상으로 이들의 생리·생태적인 생육반응을 조사 분석하였다.

또한 이식된 실생묘의 이식 후유증과 수분부족 등에 따른 스트레스 등을 극복하기 위한 용기묘의 이용 가능성을 분석하기 위한 연구는 앞으로 참나무류를 포함하여 이식 후유증이 큰 각종 활엽수 조림에 유익하게 활용될 수 있다. 이를 위한 포장 시험에서 적정 규격의 용기를 개발하고자 용기의 소재로 쉽게 이용 가능한 플라스틱으로 제조된 폐PET병 등을 이용한 용기 개발 가능성을 분석하면서, 용기의 적정 규격과 형태, 보조 받침 용기의 효용성, 배양토로 이용 가능한 적정 소재와 이들의 조제 방법, 육묘관리 과정상에서 제기되는 기술적인 문제점 등을 함께 분석하였다.

참나무류의 종자를 임분 내에 직파조림하거나 포장에서 양묘하기 위해 파종할 경우, 대부분의 참나무류 종자는 종자 자체가 건설한 종자일 경우에 그 발아 성적이 비교적 양호한 결과를 보여줄 경우가 많다. 그러나 초기 발아 조건에 영향을 미치는 다양한 무기환경조건에 따라 그 결과는 달라질 수 있으며 특히 임지 내 토양의 건조에 따른 수분 스트레스는 종자 발아를 제한하는 결정적인 요인이 될 수 있다. 이에 따라 발아율이 저하되거나 발아기간이 종자나 입지별로 불규칙한 모습을 보이게 되면 이들의 직파조림이나 파종 묘포장의 관리에 여러 가지 어려운 문제점을 제기할 수 있다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 참나무류의 종자 발아율을 개선하고 발아 시기를 조절하면서 적기에 그리고 일시에 종자를 발아시킬 수 있도록 사전에 발아 촉진 또는 휴면을 유도하는 처리를 실시하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 참나무류 주요 수종의 종자에 대해 보다 실용적이고 효과적인 발아 촉진 또는 휴면 유도를 목적으로 하는 적절한 처리 기술을 개발하기 위해 생리적 활성이 높은 주요 성장조절물질인 IAA(Indole-3-acetic acid), IBA(Indole-3-butyric acid), GA(Gibberellic acid), Kinetin, ABA(Absciscic acid) 등 몇 가지 식물생장호르몬의 처리 효과 또는 영향을 분석하고 이들의 처리 농도나 처리시기 또는 처리 방법 등에 대해서도 필요한 정보를 얻기 위한 실험을 실시하였다. 이와 같은 처리기술은 직파조림이나 실생묘 양묘 과정에서 저장 중에 있는 종자의 휴면상태 유지관리나 파종 후의 발아율 및 발아세 개선에 효과적으로 기여할

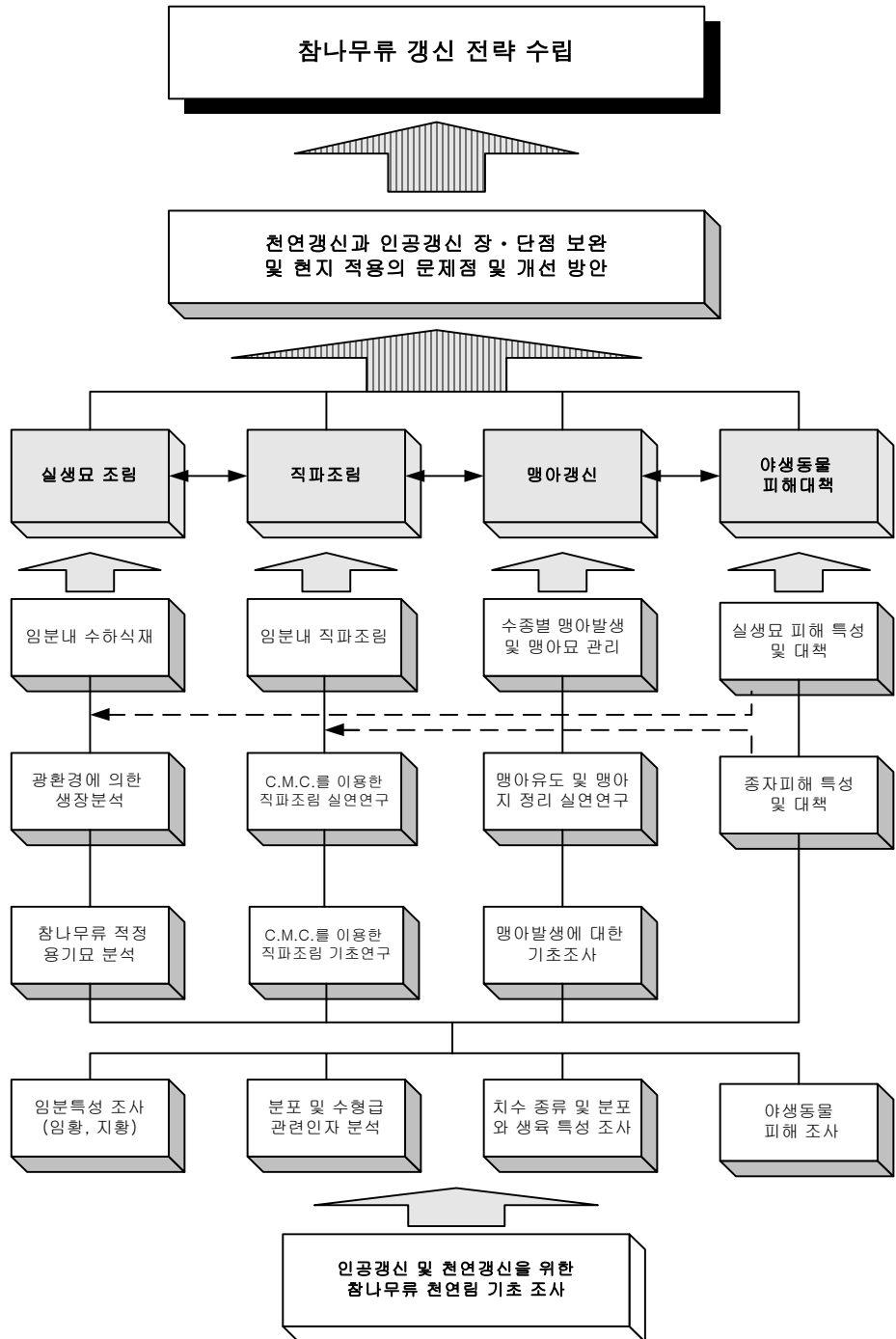


그림 2-1. 참나무류 갱신전략 수립을 위한 연구의 전체 흐름도

수 있을 것이다. 이와 함께 산지에 직파되는 참나무류 종자의 발아조건을 보다 양호한 상태로 유지시키기 위해서 종자의 표면에 흙떡을 입히는 방안을 생각할 수 있는데 이를 위해서는 종자에 도포되는 흙떡이 장기간 안정적으로 도포된 상태를 유지하도록 해줄 필요가 있다. 이를 위해서는 CMC(Carboxymethyl cellulose)와 같은 점착성이 있는 물질을 흙에 혼합하는 방법을 생각할 수 있는데 본 연구에서는 이와 같은 물질의 혼합 방법과 이들이 발아에 미치는 영향 등을 조사 분석하였다.

산림생태계 내의 야생동물들은 그들의 서식지 내에 분포하는 수목의 종자나 어린 치수 등을 주요 먹이자원으로 이용하고 있다. 특히 초식성 또는 잡식성의 중, 소 포유류의 종 다양성과 서식밀도는 당해 년도의 종자결실이나 치수 발생과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(산림청, 1999). 참나무류 종자와 같은 견과류는 멧토끼나 다람쥐와 같은 소동물에게 가을과 특히 겨울철 월동과정에서 매우 중요한 먹이 자원이 될 뿐만 아니라 이른봄에도 먹이가 부족할 경우에는 발아하고 있는 참나무류 종자나 새순을 먹이로 이용하고 있어 이들 수종의 천연갱신이나 직파 또는 유묘 조립 성과에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 이 때문에 야생동물에게 직접적으로 심각한 해를 미치지 않으면서도 갱신과정에서 제기되는 이들 야생동물의 피해를 최소화할 수 있는 합리적인 대책 수립 또한 참나무류 갱신 전략 수립의 중요한 부분으로 생각해 보아야 할 것이다. 이와 관련하여 본 연구에서는 야생동물이 싫어하는 기피제를 참나무류의 종자나 발아하는 묘목에 도포하여 동물의 가해 여부를 비교하였다.

이상과 같은 연구를 통해 참나무류 임분의 조성이나 갱신 또는 육림에 필요한 다양한 자료를 수집 분석하여 궁극적으로는 보다 친환경적이면서도 생력화되고 생산성 또한 고도화시킬 수 있는 과학적인 조립 및 육림 기술을 개발하는데 유익한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 이상에 서술한 내용을 중심으로 본 연구의 수행과 관련한 전체적인 연구의 흐름은 제시된 그림 2-1과 같이 정리될 수 있다.

나. 조사지역 선정

1) 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림에 대한 임분 구조 및 생태학적 특성 조사

참나무류 주요 수종의 기존 임분에 대한 다양한 실상을 조사하여 앞으로 이들 수종을 합리적이며 과학적으로 천연갱신하거나 인공조립하는데 필요한 다양한 기초정보를 확보하고자 전국 각 지역에 분포하는 참나무류 천연임분 중에서 비교적 우량한 임분 모습을 보이면서 임분 내에 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 덕유산, 지리산, 가리왕산, 전남 백운산, 경

북 포항시 죽장면 가사리 일원 산림 등을 중심으로 조사 지역(그림 2-2)을 선정하여 1-3차 연도까지 지속적으로 현지 임분 조사를 수행하였다.

각 지역에서 조사구의 선정은 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림 중에서 장령림을 중심으로 수목의 생육상태가 비교적 양호한 모습을 보이면서 안정된 임분을 무작위로 선정하였다. 선정된 총 조사구 수는 지리산에서 200개 조사구, 덕유산은 220개 조사구, 가리왕산은 150개 조사구, 백운산은 100개 조사구, 포항시 죽장면 산림은 170개 조사구로 총 840개 조사구를 선정하여 조사 분석하였다.



그림 2-2. 조사 대상 지역 위치도

2) 실생묘 조립 및 직파조립 지역

참나무류의 실생묘 조립과 직파조립을 통한 갱신 전략 수립과 관련한 현지 실연연구 지역으로 충남 공주시 반포면 도남리 산 21-1에 위치한 충남 산림환경연구소의 상수리나무 임분 내에 상층임분 밀도를 170본/ha구, 80본/ha구, 40본/ha구로 조절한 20m x 10m 크기의 시험구를 조성하여 실생묘 조립 및 직파조립을 실시하고 이들의 활착 및 생육에 대한 조사를 실시하였다.

3) 맹아갱신 조사 지역

맹아갱신과 관련된 연구를 수행하기 위하여 충남 부여군 은산면 나령리 산 25에 위치한 충남대학교 부속 연습림 지역 내의 참나무류 혼효 임분에서 수종 구성 및 임분 밀도와 방위 등을 고려하여 20m x 10m 또는 10m x 10m 면적의 시험구를 7개 지역으로 구분 선정한 다음에 부분적으로 기존 상층임목을 경급 별로 별채하여 맹아 발생을 유도하는 시험을 실시하였다. 또한 2000년에 개별이 실시된 충남 공주시 의당면 용암리 산 98번지 활엽수림의 개별 적지 12ha 내에 발생한 참나무류 맹아에 대하여 다양한 맹아조절 처리를 실시하는 시험구를 조성하였다.

4) 참나무류 종자 및 묘목을 이용한 생리·생태학적인 기초연구

참나무류의 조립과 관련한 생리·생태학적인 기초자료를 수집, 분석하기 위하여 충남대학교 구내 묘포장에 시험포장을 조성하여 관련 연구를 수행하였다.

다. 조사 대상 수종

본 연구에서는 우리나라에 분포하는 낙엽성 참나무류 기본종 6종 중에서 전국적으로 널리 분포하고 있으며 여러 가지 측면에서 그 중요성이 부각되어 있는 신갈나무, 졸참나무, 상수리나무, 굴참나무를 주요 연구대상 수종으로 하였으며 떡갈나무와 갈참나무는 이들의 중요성이나 분포지역의 불규칙성 등을 고려하여 연구의 주요 대상수종에서 배제하였다.

라. 처리 및 조사, 분석 방법

1) 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림에 대한 임분 구조 및 생태학적 특성 조사

국내에 분포하는 낙엽성 참나무류 기본종 중에서 주요 수종으로 평가되는 굴참나무, 졸참

나무, 신갈나무가 우점하고 있는 천연림을 대상으로 이들의 분포상을 임분의 상, 중, 하층으로 구분하여 조사하였다. 그러나 상수리나무는 천연림의 분포 상태가 불규칙하고 또 인위적인 간섭이 많은 인가 부근에 흔히 분포하고 있으며, 특히 주요 조사 대상지역으로 선정된 상기 5개 조사 지역에서 적당한 조사구를 선정하기 어려워 제외하였다.

이를 위한 조사구는 조사지점별로 15 x 10m 내지 10 x 10m의 방형구를 설치하였으며 세부적인 임분 구조 및 참나무류의 분포상에 대해 조사, 분석하면서 이들 지역의 임황 및 지황 등에 대한 기초자료를 수집하기 위해 전반적인 임분 특성을 조사하였다.

임분 구조나 참나무류의 분포상에 대한 세부조사에서는 Curtis와 McIntosh의 방법을 적용하여 참나무류를 포함하여 임분 내에 분포하는 주요 수종의 상대밀도, 상대빈도, 상대피도와 중요도를 분석하였다.

또한 임분 내에 분포하는 참나무류의 형질을 분석하여 보다 우량한 임분으로 유도하는 방안을 찾기 위한 기초 자료를 확보하고자 수형급 평가와 밀접한 관련을 지닌 몇 가지 인자(지하고비, 수관상태, 통직성, 개체목의 공간배치 등)를 5단계 등급으로 점수화하여 임분 내 개체목 별로 평가한 후, 이를 종합하여 수형급을 부여한 후, 이들 자료를 총체적으로 분석하여 참나무류가 우점하는 천연 임분의 갱신 전략을 수립하는데 필요한 주요 기초 자료로 활용하고자 하였다.

각 조사구는 우점하는 수종별, 입지별, 임분의 특성별, 기타 요인별로 구분, 정리하여 조사, 분석하였고 이들 임분의 갱신과정에서 다음 세대의 주요 구성인자로 활용될 수 있는 임분 하층의 참나무류 치수들에 대해 이들의 종류 및 빈도, 분포상, 치수의 형질과 이들의 생육 실태 등도 함께 조사하였다.

가) 임분의 생태학적 특성에 대한 조사 및 분석 방법

주요 참나무류 수종인 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무가 우점하는 천연 임분을 대상으로 이들의 분포상을 크게 상, 중층으로 구분하여 조사하였으며 조사 지점 별로 15 x 10m 내지 10 x 10m의 방형구를 설치한 후에 표 1에 제시된 야장의 내용과 같이 이들 지역의 임황 및 지황 등 전반적인 임분 특성을 조사하였다.

또한 Curtis와 McIntosh의 방법으로 개체목을 측정하여 아래의 공식에 따라 각 조사 지역의 수종 분포에 관한 주요 수종의 상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 측정하여 중요도를 분석하였다.

표 2-1. 참나무류 천연임분에 대한 현지 조사 야장의 조사 내용 및 양식

참나무류 농특과제 현지조사 야장

조사구 번호: - 조사일시 및 날씨: 200 년 월 일 시 (☀, ☁, ☔, ⚡, ☂)

조사지: 도 군 읍 리 조사구 면적: 상층목:15x10m², 중층목:15x10m², 하층목:1x2m² 10개,

조사지 개황:

해발고: m, 방위: 주사면-NESW, 부사면-NESW, 경사: 평탄지, 20%, 40%, 60%, 60%<

위치: 산정, 주능선(능선,상북부,중북부,하북부,계곡), 부능선(능선,상,중,하,계곡), 평지

사면형태:-/,U,∩,∪,∩, 토양:최상,상,중,하,최하 수분:건,약건,적윤,약습,습, 광선:극양,양,중,음,극음

임분개황:

(침엽순림,침엽혼효,침엽우점,침활혼효,활엽우점,활엽순림,활엽혼효)-(혼효형태:군상,선상,단목,대상)

(무림목,만경,치수,유령,장령,성숙,노령),(동령,이령), (천연,인공,복합), (복층,단층,이단)

임관울폐도:상 - %, 하 - %, 임분밀도: - 주/ha 임분고: 상층 - m,

우점수종: 우점지피식생: 중층 - m

임분구조 개선사항 :

수종갱신(), 보식(), 풀베기(), 제벌(), 덩굴치기()

간벌(), 가지치기(), 피해목 제거(), 병해충 구제(), 기타()

특기사항 :

매목조사

상층수종	흉고 직경	지하 고비	수관 특성	통직성	공간 배치	처리	중층수종	흉고 직경	지하 고비	수관특성	통직성	공간배치	처리

- 중요치(Importance Value : I. V.)
= (상대밀도(RD) + 상대빈도(RF) + 상대피도(RC)) / 3
- 상대밀도(Relative Density, RD)
= 어떤 종의 총 개체수 / 전체종의 총 개체수 x 100(%)
- 상대빈도(Relative Frequency, RF)
= 어떤 종의 빈도 / 전체 종의 빈도 총합 x 100(%)
- 상대피도(Relative Coverage, RC)
= 어떤 종의 기저면적 / 전체 종의 기저 면적 x 100(%)

나) 조사 지역별 수형급 관련 인자 분석

참나무류가 우점하는 천연 임분에 대한 갱신 전략의 주요 자료로 이용하고자 1-3년 차에 연속하여 표 2-1과 2-2에 제시된 야장 및 평가기준과 같이 각 조사지 별로 분포된 주요 수종의 개체목에 대한 수형급 관련 형질(지하고비, 수관 상태, 통직성, 공간 배치 등)을 5단계 등급 기준으로 평가 분석하여 수종 별 평균치로 점수화하고 각 개체목에도 평가 자료를 근거로 수형급을 부여하였다.

본 연구에서 적용하고자 한 수형급 관련 형질의 평가 기준은 지금까지 적용해오고 있는 寺崎나 Hawley 등의 수관급 또는 수형급의 평가 기준을 참고하고 또 현장에서 개체목의 가치를 분석하여 육림과정에서 이들의 무육 또는 제거 여부를 결정하는데 참고가 될 몇가지 주요 사항 등을 함께 고려하면서 각 개체목의 가치를 보다 정량적으로 분석 비교하는데 유용하게 이용될 수 있는 내용을 중심으로 그 평가 기준을 임의 설정하였다. 이 때문에 본 연구에서 제시하고 있는 표 2-2의 평가기준은 차후에 평가 목적이나 관련되는 다양한 요소 등을 고려하면서 해당 임분을 경영하고 있는 이해 담당자들이 그때그때 적절히 변형시켜 적용할 필요가 있다고 사료된다.

이와 같이 조사 분석된 결과는 장래 이들 숲의 갱신 및 경영 관리 전략을 수립하는 과정에 유용한 기초 자료로 활용될 수 있으며 특히 임분 구조를 개선하여 보다 우량한 임분으로 유도하고자 할 경우에 필요한 발전적이고 친자연적인 육림 방향을 제시하는데 유익하게 활용될 수 있다.

표 2-2. 참나무류가 우점하는 천연림에 분포하는 개체목의 수형급 관련 인자에 대한 평가기준

평가 인자	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
지하고비(%) 지하고/수고	80%<	60-80%	50-60%	30-50%	30%>
수관특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적정 수관폭 ○ 수평적으로 수간 주위에 동심원 배치 ○ 타원형 또는 원추형 수직 구조 	1등급에는 미달하지만 전반적으로 이상적인 형태, 넓이, 배치 등을 지닌 양호한 수관	수관의 넓이, 배치, 형태 등에서 어느 하나가 대단히 불량하거나 전체적으로 다소의 결점을 지닌 수관	5등급에 비해서는 다소 양호하지만 수관의 폭이나 배치, 형태 등에서 전체적으로 상당한 결점을 지닌 수관	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폭목형 수관 ○ 지나치게 빈약한 수관 ○ 전체적으로 일그러진 기형의 수관
통직성	전체적으로 통직한 모습을 보이는 수간	수간의 상, 하부 등이 부분적으로 구부러지는 결함이 있지만 통직한 장간재 생산이 가능한 수간	수간의 중간 부위에서 구부러져 줄기의 일부분에서만 통직한 장간재의 생산이 가능한 수간	줄기의 여러 부위에서 구부러져 일부 단간재 규격의 용재만을 소량 생산할 수 있는 수간	줄기가 전체적으로 심하게 구부러져 신탄재나 칩 또는 펄프 등으로만 쓰일 수 있는 수간
공간 배치	인접목과의 공간 경쟁에서 전혀 피압되지 않은 나무	수관의 일부가 인접목의 수관하부에 위치하거나 겹쳐있어 부분적으로 피압을 받거나 편의된 수관을 지닌 나무	수관의 대부분이 인접목의 수관하부에 위치하거나 겹쳐있어 피압되거나 편의된 수관을 지닌 나무	수관 전체가 인접목의 수관하부에 심하게 피압되어 있고 줄기 또한 근접하여 구부러지는 나무	수관 전체가 인접목의 수관하부에 완전히 피압되어 있고 줄기 또한 인접목과 맞닿을 정도로 붙어있는 나무

다) 조사 지역별 치수 발생 분석

각 조사구에서는 수종별, 입지별, 입분의 특성별 등으로 구분하여 상층목을 조사한 후에 조사구 내의 하층 임상에 발생하는 주요 참나무류 치수의 종류 및 빈도 분포와 분포상, 그리고 이들의 생육형태도 함께 조사하였다.

입분 내에 발생하는 이들 참나무류 주요 수종별 치수에 대하여 치수의 발생 유형에 따라

실생묘와 맹아묘로 구분하였다. 실생묘와 맹아묘를 정확히 구분하기 위하여 치수가 발생한 지역의 부근에 존재하는 벌채목의 그루터기 부근 토양을 뿌리 부근까지 파내어 치수가 그루터기에 붙어서 발생했는지 여부를 육안으로 관찰·확인하였다.

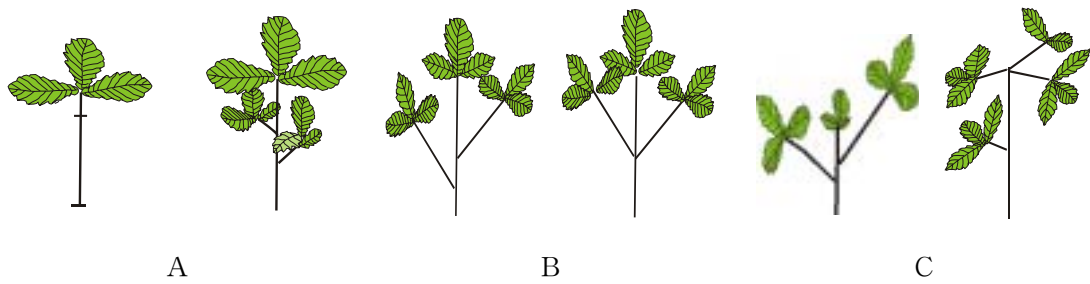


그림 2-3. 참나무류 천연 임분 내 치수의 생육 형태(실생묘)

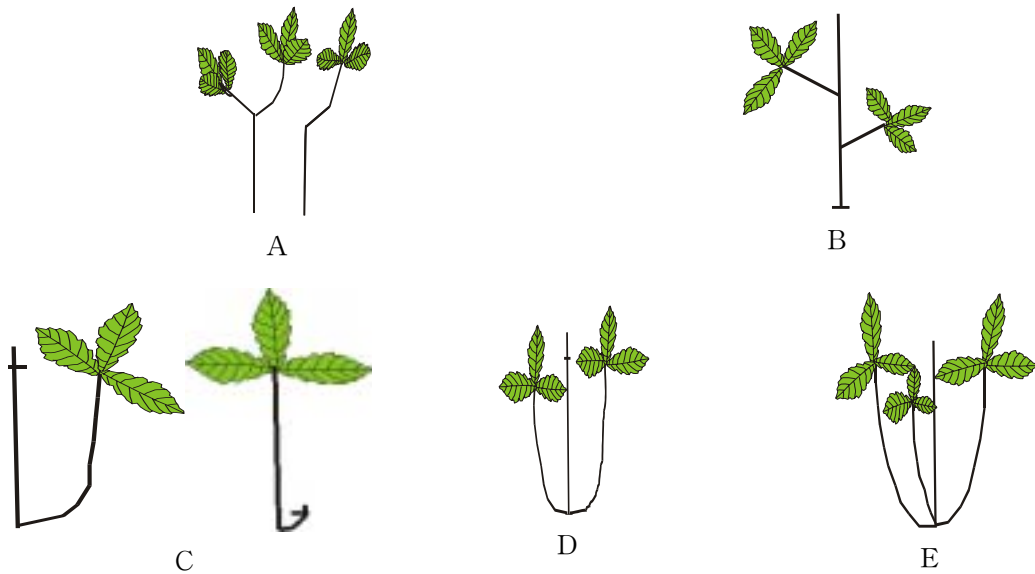


그림 2-4. 참나무류 천연 임분 내 치수의 생육 형태(맹아묘)

발아 초기의 유묘 단계에서 설치류나 야생동물, 기타 피해로 인하여 유묘의 줄기가 절단되어 새로운 줄기가 맹아형태로 분지되어 자란 치수도 맹아묘로 구분하여 조사하였다.

발생된 실생묘 치수는 생육형태에 따라 그림 2-3과 같이 3가지 유형으로 세분화하였는데 단간 직립 형태(A), 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B), 주 수간의 생육불량이나 초두의 성장 장애로 측지가 발달한 형태(C)로 구분 조사하였다.

맹아묘로 분류된 치수도 생육형태에 따라 그림 2-4와 같이 5가지 유형으로 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태(A), 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B), 주 수간이 절단되고 근부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C), 주 수간이 절단되고 근부나 뿌리 근처에서 측지가 두 개 혹은 양쪽으로 발생한 형태(D), 주 수간이 절단되고 근부나 뿌리 근처에서 측지가 3개 이상 발생한 형태(E)로 구분하여 조사하였다.

2) 실생묘 조립에 대한 조립지에서의 실연연구

가) 간벌에 의한 임분 내 광 환경 조절이 수하식재된 실생묘의 생장에 미치는 영향 분석

참나무류를 중심으로 새로운 임분을 조성하거나 기존 임분의 구조를 개선하기 위한 다양한 조립 방법을 적용하는 과정에서 상층임관이 소개된 지역에 실생묘를 조립하거나 임분 하층에 수하식재 형태로 실생묘를 조립할 수 있다. 이 때, 이들의 활착율과 그 이후의 생장을 양호하게 이끌어주기 위해서는 이들 조립지의 생태환경에 대한 이식된 묘목의 생리적인 반응을 정확히 분석할 필요가 있다. 특히 임분 내의 광선조건이나 상대습도, 온도 등을 포함하는 무기환경인자는 이식된 어린 묘목의 활착 및 생장에 결정적인 영향을 미치며 특히 수하식재된 묘목의 경우에는 상층임관의 광 차단에 의한 광선부족이 중요한 제한인자로 알려져 있다.

본 연구에서는 참나무류 임분의 조성 및 갱신 기술의 연구와 관련된 실생묘 조립과 관련하여 특히 수하식재된 묘목의 활착 및 생장에 결정적인 제한 인자로 인식되는 광 환경의 영향을 분석하였다. 이를 위한 시험구 조성을 위해 상수리나무가 우점하는 기존 임분을 부분적으로 간벌 소개하여 임분밀도를 조절함으로써 3가지 수준으로 광 환경을 달리하는 임분을 조성하였다. 이들 지역에 20m x 10m의 방형 실험구에 상수리나무 1-1묘와 1-0묘를 수하식재 하였으며 일부 신갈나무와 졸참나무, 굴참나무 1-0 나근묘와 포트 묘목을 수하 식재하였다.

이들 이식묘목의 생장 비교는 수하식재를 실시한 4월과 수목의 생장이 정지되기 시작하는 10월에 근원경은 버어니어캘리퍼로 묘고는 2m 스틸테이프로 측정하였고, 이들의 상대생장량을 구한 후 수하식재 지역의 임분 밀도 조절에 따른 광 환경 차이에서 오는 영향을 비교

분석하였다.

나) 인위적인 피음처리를 통한 광 환경 차이가 이식된 실생묘의 생리적 특성의 변화에 미치는 영향 분석

충남 공주시 의당면 용암리 산 98번지의 2000년도 활엽수림 개별 적지 12ha 내에 식재된 상수리나무 1-1묘를 대상으로 2002년 4월에 시중에서 시판되는 검정색 차광막을 이용하여 대조구(무피음구, 전광조건), 30% 차광, 90% 차광 처리를 처리 당 10반복 이상 실시하였다. 성장 비교는 처리 직전인 4월과 수목의 생장이 정지되기 시작하는 10월에 근원경은 버니어캘리퍼로, 묘고는 2m 스틸테이프를 측정하여 인위적인 피음 처리에 따른 상대생장량을 분석하였다. 또한 광 환경 차이에 따른 생리적 특성 변화를 분석하기 위하여 엽록소 함량 변화에 대한 분석도 병행 실시하였다.

엽록소의 추출은 Hiscox와 Israelstam(1978)의 방법에 따라 dimethylsulfoxide(DMSO)를 추출 용매로 이용하여 캡시시험관(15mm X 12.5cm)에 DMSO 10ml를 넣은 후 0.1mg까지 측정할 수 있는 직시천평으로 잎의 중앙 부위에서 0.1g의 잎을 정확히 평량하여 준비된 시험관에 넣고 즉시 65±1℃의 전기수욕조에 약 6~7시간 담가 엽록소를 추출하였다(Shouichi 등, 1976). 일정 시간이 지난 후 추출이 완료되어 엽 조직이 연한 갈색으로 변한 시험관내 추출액을 spectrophotometer(DMS-200, Varian Inc.)를 이용하여 663nm와 645nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 아래의 Arnon(1949)과 Mackinney(1941)의 식으로 엽록소 a와 b의 함량을 구하였다.

$$\text{Chlorophyll a}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dry wt}) = (0.0127 \times \text{OD}_{663} - 0.00259 \times \text{OD}_{645}) \times f$$

$$\text{Chlorophyll b}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dry wt}) = (0.00229 \times \text{OD}_{645} - 0.00467 \times \text{OD}_{663}) \times f$$

※ OD : Optical Density

위 식에서 OD663, OD645는 각각 663, 645nm의 파장에서 측정된 흡광도이며, f는 엽록소를 추출한 잎의 생체량과 DMSO 용량에 따른 희석배수와 관련된 함수이다. 측정된 함량은 잎의 함수량을 측정하여 잎의 단위 건조량 당 엽록소 함량으로 환산하였다.

다) 참나무류 실생묘 생산을 위한 적정 용기의 규격 분석

용기묘 관련 선행 연구를 살펴본 결과 초기 생장이 상대적으로 빠른 활엽수의 용기 양묘

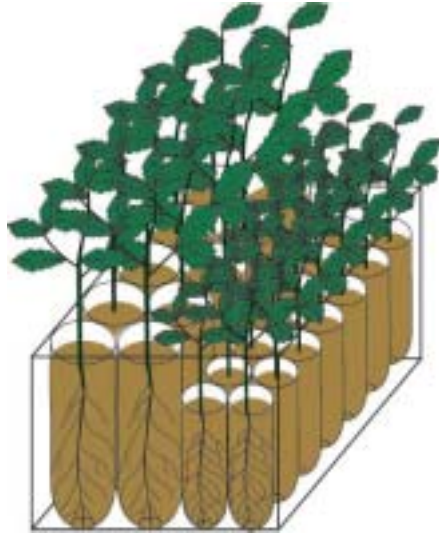
는 처음부터 용기 내에서 실시하는 것이 바람직하고, 기존 시중에 시판되는 기본 용기의 규격 제한성을 극복할 수 있는 별도의 적정규격 용기나 보조적으로 이용할 수 있는 받침용기의 개발 및 이용 가능성이 요구되는 실정이다(1997, 산림청).

따라서 본 연구에서는 실제로 임지에 식재할 실생묘가 이식과정에서 받을 수 있는 각종 스트레스를 최소화하기 위한 용기묘 생산 및 이용과 관련하여 현재 시중에 보급되고 있는 소형용기 사용의 문제점을 개선하는 방안을 마련하고자 관련 연구를 수행하였다. 이에 대한 연구과정에서 별도의 적정규격을 지닌 용기를 제작하는데 필요한 연구예산 부족을 고려하여 잠정적으로 시중에서 쉽게 구할 수 있는 0.5—1.5ℓ PET음료병을 이용하였다. 또한 이들 음료병의 이용은 경우에 따라서 폐자원을 재활용하는 하나의 방안으로서도 의미가 있다고 사료된다.

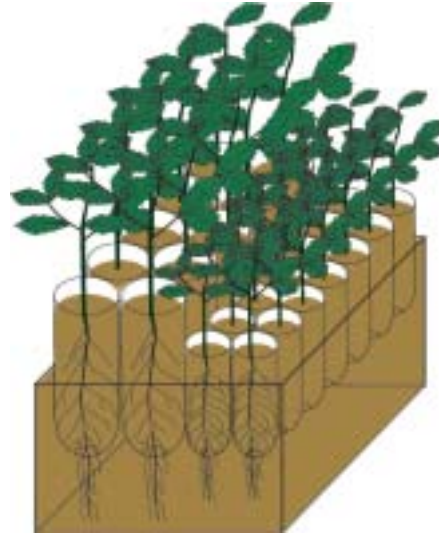
잠정적으로 사용된 PET용기에 파종하여 양묘된 수종으로는 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무로 이들은 용기에 파종하여 2년 간 용기 내에서 묘목을 키웠다. 용기의 규격은 PET음료병의 상, 하부를 절단하여 내경이 각각 5±1cm, 9±1cm, 높이가 13±1cm, 18±1cm로 용기의 대략적인 부피는 대(1,000cm³), 소(500cm³)로 구분하여 조제되었다. 이들 용기 또한 산지 이식에 적합한 대묘를 양묘하는 과정에서 용기 내 생육공간의 제한으로 근계의 정상적인 발달을 억제할 수 있고 또 용기 내에서 뿌리돌림 현상이 나타날 수 있다.

이 문제를 해결하기 위한 방안으로 선행연구 결과(1996, 산림청)를 참고하여 기본용기 하부를 절단하여 뿌리가 용기 밑으로 빠질 수 있도록 하고, 빠져나온 뿌리는 용기 밖에서도 자랄 수 있도록 공간을 제공하는 보조적인 받침용기를 이용하는 2중 형태의 용기를 이용한 묘목 생산 방안을 도입하였다. 즉, 직근성 수종인 참나무류의 근계 발달에 미치는 영향을 최소화하기 위해 보조 받침용기로서 35 x 55 x 17cm의 플라스틱 상자를 구입하여 배양토를 절반 정도 채운 후에 양묘에 이용될 기본용기인 PET 용기를 올려놓아 뿌리가 받침용기 내의 배양토로 발달할 수 있는 2중 용기 형태로 양묘하면서 배양토가 없는 빈 받침용기에 PET 용기를 넣어 받침용기로 근계 발달이 될 수 없는 단일 용기 형태의 실험을 함께 실시하여 이들 용기 형태에 따른 참나무류 실생 묘목의 생육 상태를 상호 비교하고자 하였다(그림 2-5).

사용된 배양토는 시중에 판매되는 육묘용 상토에 Peatmoss를 혼합하여 조제하였다(표 2-3). 용기에 식재된 묘목은 지상부와 지하부로 구분하여 묘고 및 근원경 생장을 비교하였으며, 엽록소 함량도 측정하였다.



(기본용기 이용)



(기본용기와 보조 받침용기의 이용)

그림 2-5. 양묘에 이용된 기본용기와 보조 받침용기의 활용 모식도

표 2-3. 용기묘 생산에 사용된 육묘용 상토의 성분

수분함량 (%)	보수력 (%)	용적밀도 (mg/m ³)	pH	E.C. (dsm ⁻¹)	C.E.C. (cmol/l)	P ₂ O ₅ (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)
20-40	60-80	0.3-0.4	5.5-7.0	1.2	10-25	300	100	200

4) 직파조립 관련 기초연구

가) 식물생장 호르몬 처리에 의한 종자 발아 특성 개선

임분 내 다양한 무기환경 특히 입지환경 특성은 종자의 발아와 발아된 유묘의 생장에 영향을 미칠 수 있다. 이와 같은 임내 환경조건은 정상적으로 관리되고 있는 묘포장과 달리 입지에 따라 상당한 차이를 보이고 있으며 전반적으로 임목종자의 발아 및 그 이후의 생장에서 포지보다 불리한 조건을 지니고 있다. 이와 같은 입지에 참나무류 종자를 성공적으로 직파조립하고자 할 경우에 여러 가지 측면을 고려할 필요가 있지만 특히 이들 직파 종자가 조기에 균일한 모습으로 일제히 발아되도록 조절하는 일은 대단히 중요하다. 이를 위해서는

적절한 조건에서 발아촉진 처리를 병행하여 저장된 종자를 파종 전에 발아촉진에 영향을 미치는 식물생장조절물질로 처리하여 파종하는 방법이 적용될 수 있다.

표 2-4. 식물호르몬 처리에 의한 상수리나무의 종자 발아 실험

구분	침적시간	호르몬 농도	대상수종
GA	1시간	200ppm	상수리나무
		500ppm	"
		1,000ppm	"
	3시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"
	5시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"
Kinetin	1시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"
	3시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"
	5시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"
IBA	1시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"
	3시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"
	5시간	200ppm	"
		500ppm	"
		1,000ppm	"

본 연구에서는 이와 같은 내용과 관련하여 필요한 기초자료를 확보하고자 참나무류 주요 수종 중에서 비교적 종자의 여유가 많은 상수리나무 종자를 중심으로 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무를 대상으로 식물호르몬인 GA, Kinetin, IAA, IBA, ABA 수용액을 표 2-4(2차 년도) 및 표 2-5(3차 년도)와 같이 농도별로 조제하여 종자에 처리한 후에 이들 종자를 Growth Chamber 내에 파종하여 온도 25±1℃, 상대습도 80±10%를 유지하면서 발아실험을

실시하였다.

이들 식물호르몬 처리 중에서 ABA와 같은 휴면물질 처리는 참나무류 종자의 저장 중에 일부 종자가 파종시기보다 빨리 발아되어 폐기되는 일이 발생하는 점을 고려하여 이들 종자의 저장 과정에서 ABA 처리를 통해 종자의 휴면을 적정 기간 유지시킴으로서 예상되는 조기발아의 문제점을 개선하는 방안을 마련하고자 실시하였다.

표 2-5. 식물호르몬 처리에 의한 참나무류의 종자 발아 실험

구분	침적시간	호르몬 농도	대상수종
IAA	3시간	500ppm	신갈, 굴참, 졸참, 상수리나무
		1,000ppm	"
IBA	3시간	500ppm	"
		1,000ppm	"
ABA	3시간	500ppm	"
		1,000ppm	"

나) 임분 내 직파조립 실연연구

기존 상층목이 존재하는 임분 내 불리한 광 환경 조건에서 실시되는 실생묘 수하식재와 관련한 조립 연구와 병행하여 이들 지역에 여러 형태의 직파조립 실연연구를 함께 수행하면서 실생묘 조립과 직파조립의 가능성을 상호 비교하고 직파에 사용되는 종자를 다양하게 처리하여 이들 직파조립을 보다 성공적으로 수행하기 위한 개선방안을 모색하고자 하였다.

직파조립은 광 환경이 동일한 실험구 내에 종자의 여유가 비교적 많은 상수리나무 종자를 중심으로 이들 종자를 식물호르몬인 GA와 IAA 수용액을 100, 300ppm의 농도로 조제하여 24시간 침지 처리한 후에 무 처리 종자와 함께 파종하는 방안, 그리고 이들 처리 종자를 그대로 직파하는 방안과 종자에 황토로 흙떡을 입혀 파종하는 방안을 비교하였다.

황토를 이용하여 흙떡을 입힐 경우에도 GA와 IAA 수용액을 100ppm과 300ppm으로 조제하여 황토에 배합시켜 종자에 도포하는 처리 등도 함께 실시하였다. 이와 같은 실험에서 각 처리 별로 20립 이상의 건전 종자를 처리하여 파종하였다. 이와 같은 직파조립 시험에 이용한 종자는 파종직전에 유근이 발생하기 시작하는 것과 그렇지 않은 종자를 구분하여 실시하였다.

이와 같은 여러 가지 처리를 실시한 종자를 가지고 직파조립을 실시한 후에 이들 종자의 발아율 및 발아특성을 상호 비교하고자 파종 후 7일 간격으로 4회에 걸쳐 약 28일간 조사하여 최종 발아율을 조사하였다.

다) C.M.C.(Carboxymethyl cellulose)를 이용한 흙떡 도포 종자 조제 및 이들 종자의 직파조립 실연연구

현지 임분 내에 직파조립을 실시하는 과정에서 흙떡을 환 모양으로 도포한 종자를 파종할 경우에 임지가 건조하면 환 내부의 수분이 증발하면서 환이 깨질 수가 있으며 강한 바람이나 강수로 인해 종자에 도포된 토양이 씻겨가면서 파종된 환처리 종자가 노출될 경우에는 환처리에 따른 효과를 기대할 수 없다.

이와 같은 문제점을 극복하기 위해서는 이들 환이 쉽게 깨지지 않도록 적절한 정도의 점착성을 지닌 물질을 환에 혼합하여 환의 모양을 안정적으로 유지시키는 방안이 요구된다. 이를 위해 셀룰로오스에 클로로초산염을 반응시켜 제조한 점착성이 유지되는 물질로 셀룰로오스에스테르의 일종인 C.M.C.(Carboxymethyl cellulose)를 도포제에 첨가하여 흙떡을 만들고 이 속에 참나무류 종자를 넣어 직파조립에 이용하고자 하였다.

이들 C.M.C.의 용도는 섬유용 풀, 유화액, 점착제, 아이스크림과 잼의 안정제 등으로 쓰이고 있으며 본 실험에서는 C.M.C.를 농도별로 도포제에 혼합하여 종자에 입힌 환을 만들고 자연상태에서 C.M.C. 처리 농도별로 조제된 이들 환의 건조속도와 직파조립 과정에서 C.M.C. 첨가 도포제가 발아에 미치는 영향을 분석하였다.

C.M.C. 첨가 도포제를 이용하여 환을 만든 종자의 발아 실험에서도 식물호르몬인 GA(Gibberellic acid)를 1,000ppm의 수용액으로 조제하여 종자를 3시간 동안 침지한 후에 선정된 배양토에 C.M.C.를 혼합하여 환 형태로 도포 처리하였다. 도포 처리에 이용된 배양토는 Peatmoss, 육묘용 상토, 원예용 배양토인 TKS - 1(Flora Gard Co.)이며 이들에 대해서는 사전에 모관수율, 공극율, 용적비중 등의 물리적 특성을 조사하였다.

이들 종자의 발아실험은 Growth Chamber 내에서 건조구(온도 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $20\pm 10\%$)와 습윤구(온도 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $80\pm 10\%$)로 나누어 실시하였다. 현지 임분 내에 직파조립을 실시할 경우에 발생할 수 있는 종자의 나출에 의한 문제점을 검토하기 위하여 종자의 파종시, 파종상에 직접 나출시키는 방법과 종자를 배양토로 덮어 파종하는 방법으로 구분하여 그 결과를 비교하였다.

이들 종자 또한 종자 자체를 그대로 직파하거나 배양토를 이용한 종자환 형태의 흙떡 도

포처리를 실시하였다. 흙떡 도포처리 과정에서는 대조구, C.M.C 0.25g/100cc, 0.5g/100cc, 0.75g/100cc, 1g/100cc을 배양토에 배합시켜 환을 만든 다음에 각 처리별로 20립씩 파종하였다. 종자 발아율은 파종 후 2일 간격으로 15회에 걸쳐 약 30일간 조사한 후에 이를 최종 발아율로 간주하였다.

5) 맹아갱신 실연연구

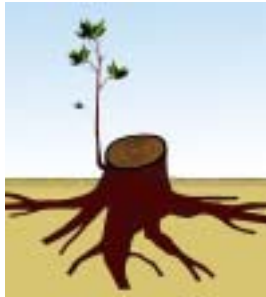
참나무류 임분의 갱신과정에서 흔히 적용되는 실용적인 갱신 방법으로 맹아갱신이 널리 이용되고 있다. 그러나 벌채 후에 그대로 방치된 임분에서 발생하는 참나무류의 맹아는 상당수가 불량한 모습을 지닌 개체목으로 성장하여 후계 임분의 가치를 크게 저하시킬 가능성이 많다. 이와 관련하여 특히 맹아 발생 초기에 발생하는 맹아를 선별하여 불량한 맹아를 제거하고 우량한 맹아를 적극적으로 육성하는 방안은 우량한 후계림을 조성하는데 유익하게 활용될 수 있다.

본 연구에서는 이와 관련하여 소면적 개별을 실시한 참나무류 우점 임분 내에 20m x 10m의 조사구를 설치하여 벌채 근주에서 발생하는 맹아를 이용한 맹아갱신에 대해 실연연구를 실시하였다. 이를 위해 참나무류 주요 수종의 벌채 근주에서 발생하는 맹아의 발생 및 성장 실태를 조사하고 이들 맹아의 일부 또는 상당수를 제거하여 잔존 본수를 적절히 조절하면서 처리별 잔존 맹아의 성장 실태를 추적 분석하였다.

이를 위한 발생 맹아지 정리는 최초 맹아가 발생하여 생장이 개시되는 2001년 5월에 실시하였다. 맹아지 정리는 벌채목의 근주 직경급별(10~20cm, 21cm이상) 처리와 근주의 잔존 높이별(0~10cm, 11~20cm) 처리를 실시하였다.

맹아지 정리를 위한 처리는 두 가지 방법으로 구분하여 여러 개의 맹아가 무리를 지어 발생하는 경우에 맹아발생 부위를 1, 2, 3개 부위까지 잔존시키고 나머지 부위의 맹아를 모두 제거하는 방법과 부위별로 무리를 지어 발생하거나 1-2개가 독립적으로 발생하는 맹아 중에서 발생 부위를 구분하지 않고 가장 충실하게 자라고 있는 맹아를 1개, 2개, 3개까지 잔존시키고 나머지 모든 맹아를 제거하는 처리를 실시하였다(그림 2-6).

발생된 맹아의 실태와 처리별로 잔존시킨 맹아의 생육 상태를 비교하기 위해서 맹아 잔존 처리 직후인 5월 중순과 맹아의 생장이 정지되기 시작하는 10월에 맹아의 근원경과 묘고 등을 측정하여 각 처리별 측정 결과를 비교 분석하였다.



A



B



C



D



E



F

그림 2-6. 맹아갱신 유도를 위한 참나무류의 맹아 정리 형태

- A; 발생한 맹아 중 생장이 우세한 맹아 1개만 잔존시키고 나머지 제거
- B; 발생한 맹아 중 생장이 우세한 맹아 2개만 잔존시키고 나머지 제거
- C; 발생한 맹아 중 생장이 우세한 맹아 3개만 잔존시키고 나머지 제거
- D; 맹아 발생부위 중 생장이 양호한 1개 부위의 맹아군만 잔존시키고 나머지 제거
- E; 맹아 발생부위 중 생장이 양호한 2개 부위의 맹아군만 잔존시키고 나머지 제거
- F; 맹아 발생부위 중 생장이 양호한 3개 부위의 맹아군만 잔존시키고 나머지 제거

6) 야생동물 피해 예방을 위한 실연연구

가) 종자나 묘목에 대한 기피제 처리에 따른 동물의 섭식 반응 조사

야생동물의 피해를 조사하고 이에 대한 대책을 마련하기 위해 시중에 판매되는 집토끼 종류를 분양 받아 인공 토끼집에 사육하면서 실험에 이용하였다. 본 연구에 사용된 집토끼는 야생종인 유럽 굴토끼를 개량하여 가축화한 것으로 여러 가지 품종이 있으나 보통 고기를 이용하는 벨기에 품종으로 3마리의 토끼를 각각 개별 토끼장에서 사육했다.

분양 받은 토끼는 서식지 이동에 따른 후유증과 외부 환경의 변화에 대한 스트레스의 영향을 최소화하기 위해 2주 이상 안정시킨 후 사료의 양을 줄이는 대신 비교적 종자의 여유가 많은 상수리나무 종자를 이용하여 종자의 섭식력, 배양토를 도포한 종자의 섭식력, 받아들인 치수의 섭식력을 조사하였다. 이와 같은 섭식력을 조사하는 과정에서 종자나 치수에 대한 동물의 섭식 피해를 억제할 수 방안으로 이들 상수리나무의 종자 중에 배양토가 도포된 종자와 도포처리를 하지 않은 종자 그리고 받아들인 치수의 옆면 각각에 표 2-6과 같이 동물이 기피하는 약제를 농도별로 처리하였다.

섭식력 조사는 2-3일간 토끼들에게 주는 일반 사료의 투여량을 줄여 어느 정도 굶긴 다음에 각각의 처리 종자에 대해 약제를 농도별로 처리한 후, 한번에 10립씩을 토끼에 투여하였으며, 약제 처리된 치수의 엽은 5g, 치수는 3주를 토끼장에 넣어주어 이들에 대한 섭식 여부를 관찰하였다. 매 실험이 끝난 후에는 1-2일간 정상적으로 사료를 투여하여 토끼를 정상상태로 유도한 후에 다시 실험을 계속하는 방법을 적용하였다. 상기 실험에서 기피제 처리도 100cc+1ml, 100cc+10ml, 100cc+50ml 등 농도별로 구분하여 실시하였으며, 사용된 기피제는 기피제 X(A사), 기피제 Y(B사), 기피제 Z(C사) 등 3종류로 이들의 주요 성분은 다음 표 2-6과 같다.

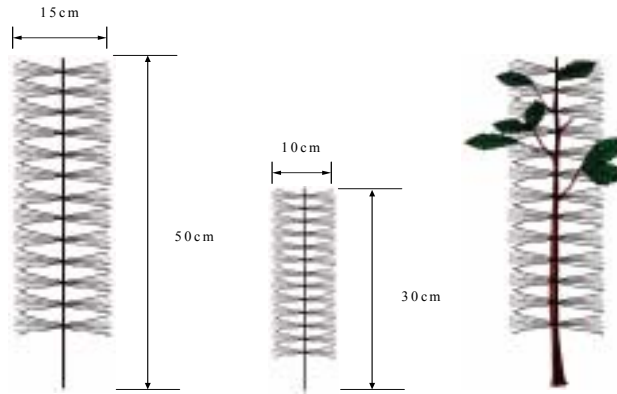
표 2-6. 야생동물 기피제 주요 성분

구분	주요 성분
기피제 X	수용성 붕소 0.1%, 수용성 폴리브텐 0.01%, 기타 안정제 및 증량제
기피제 Y	Terbufos 3%, 안정제 및 증량제 97%
기피제 Z	Thiram 26.5%, 계면활성제, 안정제, 방부제, 소포제, 부동제, 색소, 점착제, 증량제 73.5%

나) 야생동물에 의한 피해를 예방하기 위해 제작한 묘목 보호 설치물의 예방효과 조사

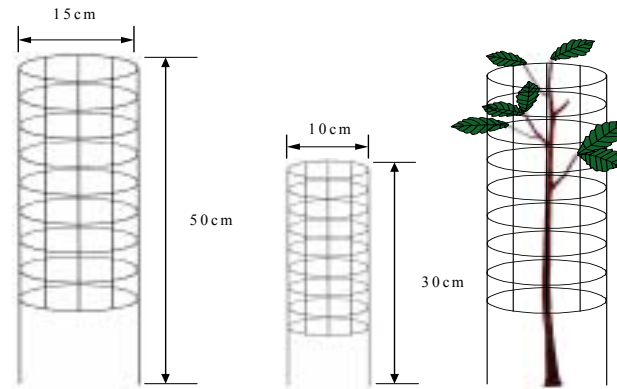
식재조립이나 직파조립 시에 발생할 수 있는 야생동물에 의한 묘목 피해를 최소화하기 위해 고안한 방법으로 야생동물이 묘목에 접근하여 가해하기 어렵도록 제작한 그림 2-7 또는 그림 2-8과 같은 설치물의 피해 예방효과를 조사하였다.

설치물의 크기와 규격 그리고 사용재료는 표 2-7과 같으며 실생묘 수하 식재 실험을 실시한 충남 공주시 반포면 의당리 상수리나무 임분에 설치물의 종류와 크기별로 묘목 10개체씩에 설치하여 피해 예방효과를 조사하였다.



< 보호용구 대> <보호용구 소> <묘목 식재 도면>

그림 2-7. 야생동물 피해 예방용 보호용구 I.



< 보호용구 대> <보호용구 소> < 묘목 식재 도면>

그림 2-8. 야생동물 피해 예방용 보호용구 II.

표 2-7. 야생동물 피해 방지용 설치물

구분	크기	규격	사용재료
보호용구 I	대	50 x 15cm	철사
	소	30 x 10cm	"
보호용구 II	대	50 x 15cm	철사, 플라스틱
	소	30 x 10cm	"

3. 결과 및 고찰

가 천연치수 육성

1) 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림의 생태학적 특성

가) 참나무류가 우점하는 조사 대상 천연림의 입지 및 임분 환경의 전체적인 개황

참나무류의 전체적인 갱신전략을 과학적으로 수립하기 위해서는 우선적으로 전국에 분포하는 참나무류 우점 천연림으로부터 기초 자료를 수집하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 이를 위해 전국 5개 지역에서 총 840개의 조사구를 선정하여 이들의 임분구조와 생태 환경 및 주요 분포 수종의 분포실태와 이들의 외형적인 형질, 그리고 임분 하층에 분포하는 실생 치수나 맹아의 발생 실태를 조사하였다. 이들 5개 조사지역에서 선정된 840개 조사구의 전체적인 입지 및 임분 개황은 표 2-8과 그림 2-9에 요약하여 제시하였다.

표 2-8. 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연 임분의 조사구 전체 개황 (%)

조사지	토양			수분			광선			울폐도(%)		
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	80	51~80	0~50
덕유산	62(28)	150(68)	8(4)	138(63)	62(28)	20(9)	135(61)	68(31)	17(8)	72(33)	142(65)	6(2)
지리산	48(24)	140(70)	12(6)	133(67)	50(25)	17(8)	127(63)	44(27)	19(10)	58(29)	132(66)	10(5)
가리왕산	36(24)	102(68)	12(8)	110(73)	35(23)	5(4)	116(71)	35(23)	9(6)	42(28)	100(67)	8(5)
백운산	33(33)	52(52)	15(15)	58(58)	36(36)	6(6)	52(52)	34(34)	14(14)	26(26)	62(62)	12(12)
포항	23(14)	142(84)	5(2)	112(66)	39(23)	19(11)	117(69)	45(26)	8(5)	39(23)	127(75)	4(2)
총계	202(24)	586(70)	52(6)	551(66)	222(26)	67(8)	547(65)	226(27)	67(8)	237(28)	563(67)	40(5)

표 2-8에 제시된 자료를 가지고 조사 지역별로 선정된 조사구의 토양, 수분, 광선, 울폐도 등의 입지 및 임분 환경 개황을 살펴보면 토양조건은 능선에 분포하는 일부지역을 제외하고 대부분의 지역이 중간 정도의 조건을 보이는 조사구로 분류되어 전체 조사구의 70%에 해당

하는 586개소가 이에 해당하며, 상에 해당하는 양호한 토양 조건을 보이는 조사구는 202개소로 24%를 나타내고 있었다. 특히 백운산 지역에서 조사된 조사구 중에 토양 조건이 양호한 조사구가 많은 반면에 포항 지역의 조사구는 대부분 중간 수준의 토양 조건을 보이는 조사구가 선정되었다. 또한 토양 조건이 대단히 열악한 조사구도 백운산 지역에서 많이 선정되었으며(15%) 포항 지역에서는 선정된 조사구의 2%만이 불량한 토양 조건을 지니고 있었다. 수분 조건은 전체적으로 양호한 입지 조건을 지닌 조사구가 많아 상에 해당하는 조사구가 551개소로 전체 조사구의 66%를 나타냈으며 중에 해당하는 지역 또한 222개 조사구로 전체의 26%를 차지하고 있었다. 광선조건 또한 상으로 분류되는 조사구가 전체의 65%에 해당하는 547개소가 선정되었으며 중에 해당하는 조사구 또한 226개소로 전체의 27%에 이르고 있다.

울폐도에서는 선정된 상당수의 조사구가 상층임관이 51~80%의 중간 수준에 해당하는 울폐도를 보이고 있어 전체 조사구의 67%에 해당하는 563개소가 중간 수준의 울폐도를 보이고 있으며 전체 조사구 수의 28%에 해당하는 237개 조사구는 울폐도가 80% 이상으로 높은 울폐도를 보이고 있었다.

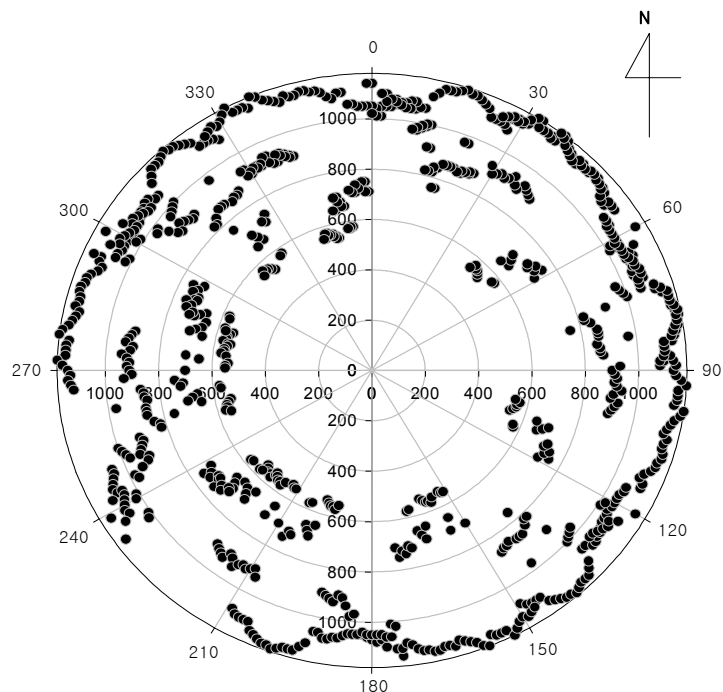


그림 2-9. 해발고에 따른 전체 조사지역내 조사구별 방위 분포

그림 2-9에서 보는 바와 같이 주요 참나무류가 우점 상태로 분포하여 본 연구의 조사대상 지역으로 선정된 조사구는 전체 사면에 걸쳐서 고르게 분포하고 있는 모습을 보이고 있다. 또한 해발고 800~1,000m 또는 그 이상의 고지대에서 선정된 조사구가 그 이하의 지역보다 상대적으로 많은 비율을 보이고 있는데, 이는 본 연구에서 조사대상 지역의 산록부가 대부분 해발 400~500m 안팎 또는 그 이상에서 시작되기 때문이다. 특히 해발 1,000m 이상의 고지대에서는 서남향의 경사지 일부를 제외하고 조사구가 전체 사면에 고르게 분포되어 있는데 이는 주로 고지대에 분포하는 신갈나무 우점 천연림이 경사 방위의 영향을 크게 받지 않고 전 사면에 고르게 분포되어 있는데 기인하는 것으로 분석된다.

나) 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림의 주요 입지환경에 따른 조사대상 지역별, 우점 수종별 조사구의 분포실태

(1) 경사 사면의 방위별 조사구의 분포실태

수종별로 우점도가 높은 임분의 출현빈도는 그림 2-10에서 그림 2-14까지에 제시된 자료와 같이 지역별, 사면의 방위 별로 각기 상이한 모습을 보이는 것으로 파악된다. 참나무류 전체 수종의 포괄적인 분포 실태를 정확하게 구분하여 설명하기에는 지역이나 수종별로 상당한 차이를 보이고 있어 무리가 따르고 어렵지만, 본 연구에서 참나무류가 우점하는 임분으로 선정된 조사구의 수는 조사지역 별로 덕유산에서는 북 > 서 > 남 > 동, 지리산은 동 > 북 > 서 > 남, 가리왕산은 북 > 남 > 서 > 동, 백운산은 동 > 남 > 북 > 서, 포항지역은 동 > 북 > 남 > 서사면 순으로 선정된 조사구의 수가 많았다(그림 2-9~그림 2-14).

각 지역별로 선정된 참나무류 우점 임분의 조사구에 대해 보다 구체적으로 방위 분포를 살펴보면 덕유산 조사지역에서는 굴참나무 임분의 경우 50~310°까지 고루 분포했지만 주로 0~90°의 북동 사면에 집중 분포하였다. 그러나 신갈나무는 30~350°까지 고루 분포하면서 특히 180~360°의 서남 또는 서북 사면에 다수 분포되었다. 졸참나무가 우점하는 임분의 방위 분포 또한 50~320°까지 분포하면서 0~90° 또는 270~360°의 동북 또는 서북 사면에 조사구가 집중 분포되어 있었다(그림 2-10).

지리산 조사지역에서도 덕유산과 유사한 경향으로 굴참나무의 경우에 30~320°까지 분포했지만 주로 70~160°의 동남쪽 사면에 분포된 모습을 보였다. 그러나 신갈나무는 30~360°까지 고루 분포하면서 특히 0~90°의 동북사면에 많이 분포되는 모습을 보였다. 졸참나무가 우점하는 임분의 방위 또한 40~350°까지 분포하면서 특히 270~360°의 서북사면에 집중

분포되어 있는 모습을 보였다(그림 2-11).

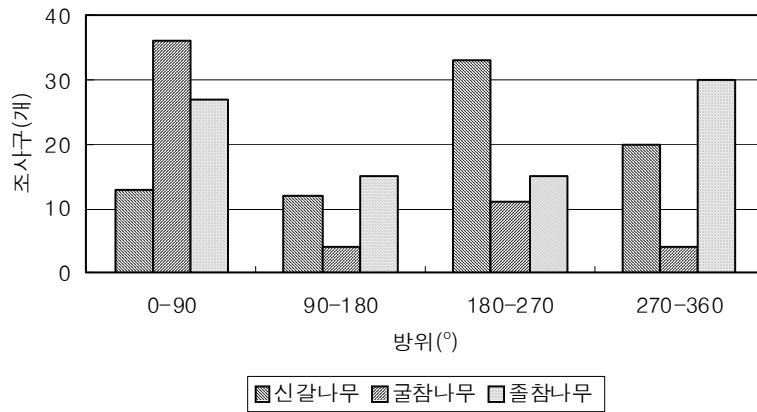


그림 2-10. 덕유산 조사지역 내에 선정된 참나무류 우점 임분의 방위 분포

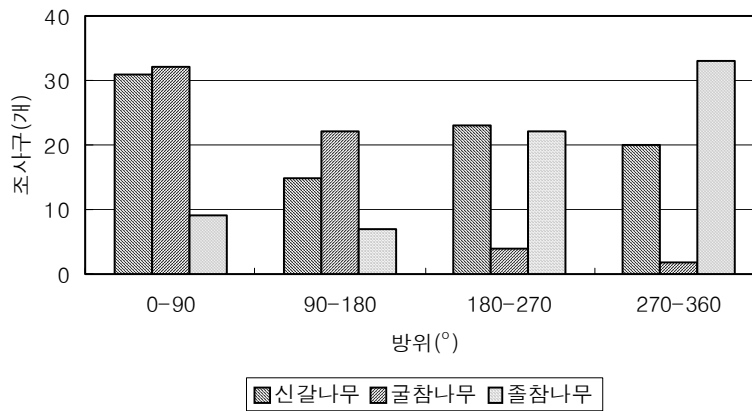


그림 2-11. 지리산 조사지역 내에 선정된 참나무류 우점 임분의 방위 분포

가리왕산 조사 지역에서는 전 조사 지역에 걸쳐 신갈나무가 우점 임분을 이루는 군락을 쉽게 찾을 수 있었지만 기타 굴참나무나 졸참나무가 우점하고 있는 임분은 찾기 어려웠다. 이들 신갈나무 임분은 전 지역에 비교적 고르게 분포했지만 대부분 0~90° 또는 270~360°의 서북 또는 동북 사면에 다수의 조사구가 분포되어 있었다.(그림 2-12).

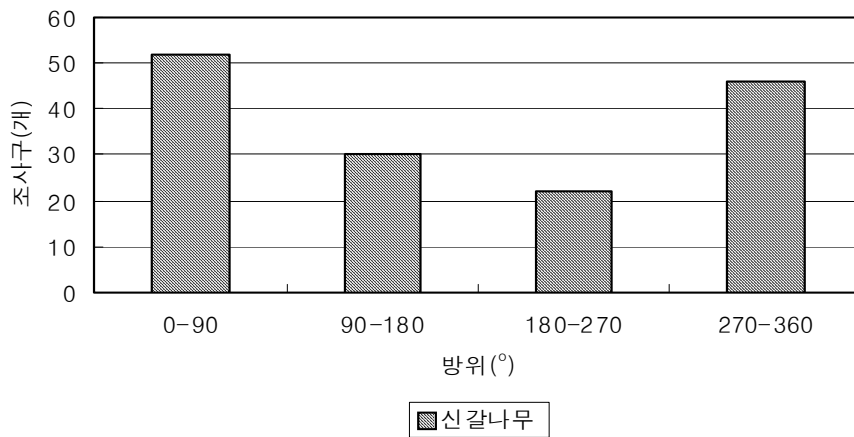


그림 2-12. 가리왕산 조사지역 내에 선정된 참나무류 우점 임분의 방위 분포

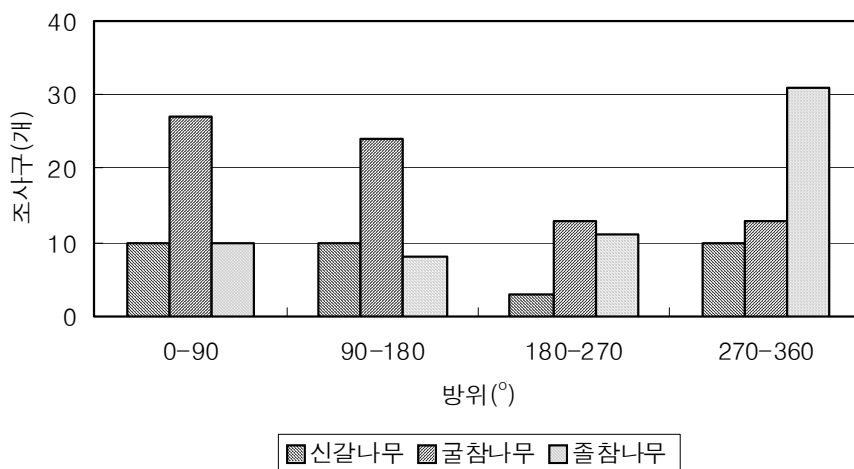


그림 2-13. 백운산 조사지역 내에 선정된 참나무류 우점 임분의 방위 분포

백운산 조사지역에서도 굴참나무 임분은 50~320°까지 분포했지만 주로 70~170°의 동북~동남 사면에 집중 분포되었다. 이와 달리 신갈나무는 70~300°까지 전 사면에 비교적 고르게 분포하였다.

졸참나무가 우점하는 임분의 방위 분포 또한 50~310°까지 분포하면서 주로 270~360°의 서북사면에 집중 분포하는 경향을 보였다(그림 2-13).

포항 조사지역에서도 굴참나무 임분의 경우는 덕유산, 지리산의 경우와 마찬가지로 50~330°까지 고루 분포했지만, 주요 분포지역이 70~160°의 동남 사면에 집중되어 있었다. 신갈나무 또한 60~300°까지 비교적 고르게 분포하였으며 특히 0~90° 또는 270~360°의 동북 또는 서북 사면에 다소 많은 조사구가 분포되어 있었다.

졸참나무가 우점하는 임분의 방위 분포 또한 60~300°까지 분포하면서 신갈나무와 같이 0~90° 또는 270~360°의 동북 또는 서북 사면에 다소 많은 조사구가 분포되어 있었다(그림 2-14).

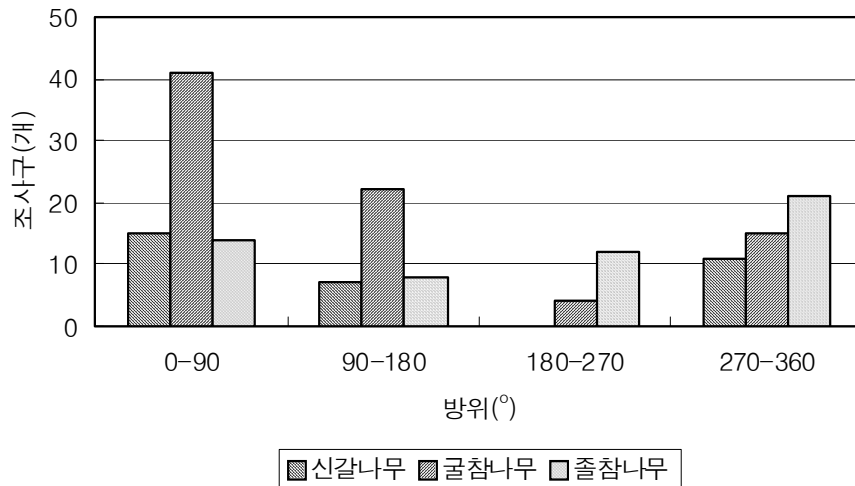


그림 2-14. 포항의 조사지역 내에 선정된 참나무류 우점 임분의 방위 분포

이상에서 살펴본 바와 같이 참나무류 주요 수종이 우점하는 조사구의 방위별 분포 경향은 총체적으로는 그림 2-9에서와 같이 전체 경사면에 고르게 분포하였지만, 수종 또는 지역별 분포 사면은 각기 다른 모습을 나타내고 있었다.

특히 굴참나무는 전체적으로 동북 또는 동남 사면에 분포된 조사구가 다수 선정되었으며 신갈나무 조사구는 비교적 전 사면에 고르게 분포되면서 동북 또는 서북 사면에 분포된 조사구의 수가 다소 많은 모습을 보였다. 졸참나무 또한 비교적 고르게 조사구가 분포되어 있었지만 서북 사면에서 다소 많은 조사구가 선정되었다.

(2) 경사 사면의 사면 경사도에 따른 조사구의 분포실태

그림 2-15에서는 각 조사지역별로 조사구가 위치하는 지역의 경사 정도를 종합하여 나타내고 있는데 이들 참나무류 주요 수종이 우점하는 임분의 경사 정도는 주로 40~60%≒20~40% > 10~20% > 0~10% > 60%이상 순으로 중간 이상의 경사를 보이는 지역에 참나무류가 다수 분포하는 것으로 분석되었다. 그러나 지리산과 덕유산의 경우에는 다른 지역에 비해 경사 60% 이상인 곳에도 상대적으로 많이 출현했다.

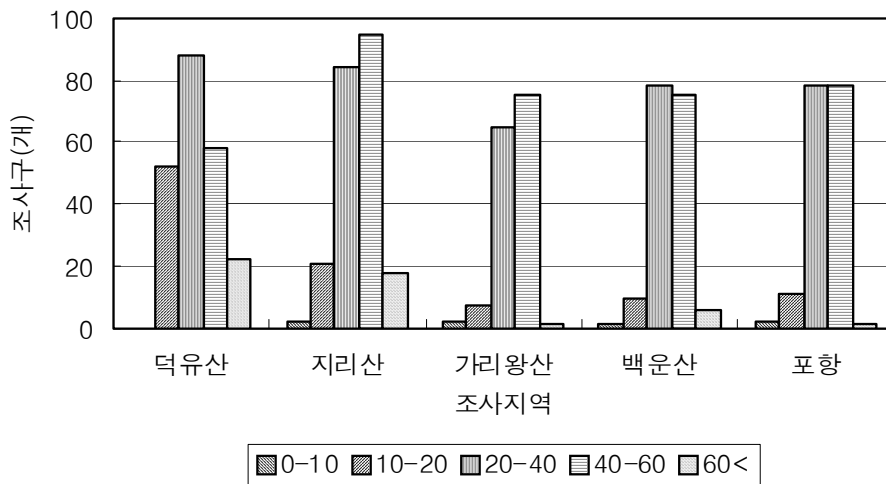


그림 2-15. 조사지역별 참나무류 조사구의 경사 분포

그림 2-16에서는 덕유산 조사 지역 내 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 임분의 경사 분포를 보이고 있다. 굴참나무 임분의 경우에는 주로 30~50%의 경사지에 분포하고 있으며, 신갈나무는 40~60%, 졸참나무는 20~40%의 경사지에 다수의 조사구가 분포하였다.

지리산 조사지역에서는 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무 조사구 모두, 20~40% 또는 40~60%의 경사 지역에 집중적으로 분포되어 있었으며 이보다 완만하거나 급한 경사를 보이는 지역에 분포된 참나무류 우점 임분은 그리 많지 않았다(그림 2-17).

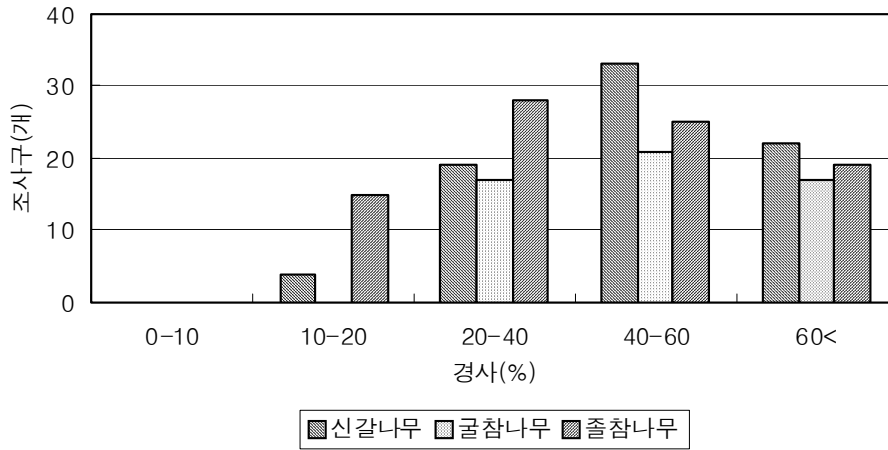


그림 2-16. 덕유산 조사지역내 주요 참나무류 우점 임분의 경사 분포

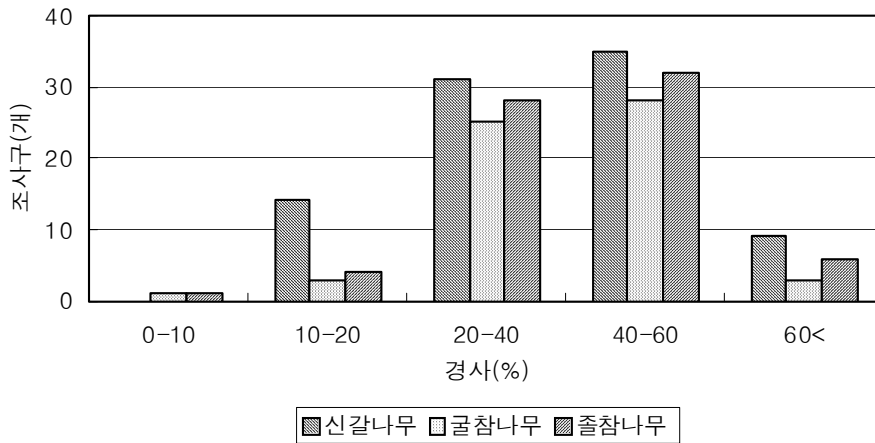


그림 2-17. 지리산 조사지역내 주요 참나무류 우점 임분의 경사 분포

가리왕산 조사지역에서 선정된 신갈나무 우점 임분의 조사구는 주로 40~60% 또는 20~40%의 중간 수준에 해당하는 경사지 사면에 주로 분포하는 경향을 나타냈으며, 그 다음으로는 10~20%의 완경사지 순이었다. 부분적으로 60% 이상의 급경사지에 분포하는 임분도 조사구로 선정되었다(그림 2-18).

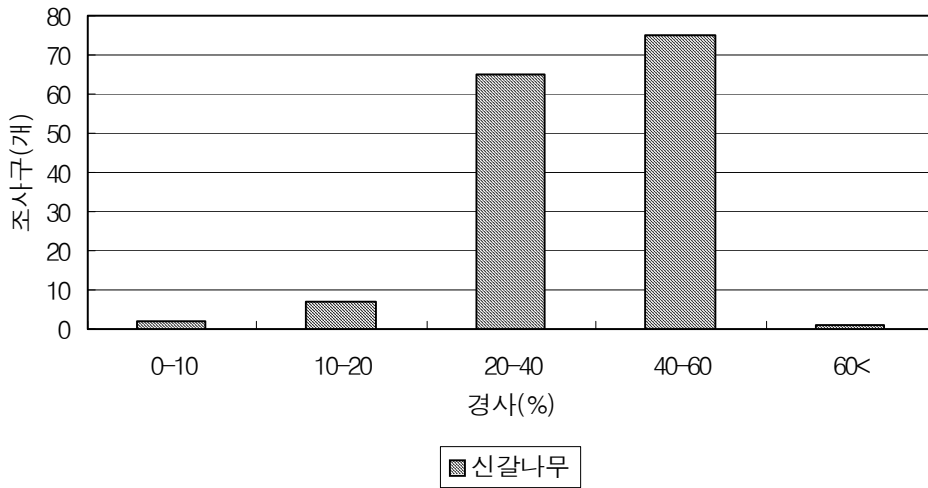


그림 2-18. 가리왕산 조사지역내 주요 참나무류 우점 임분의 경사 분포

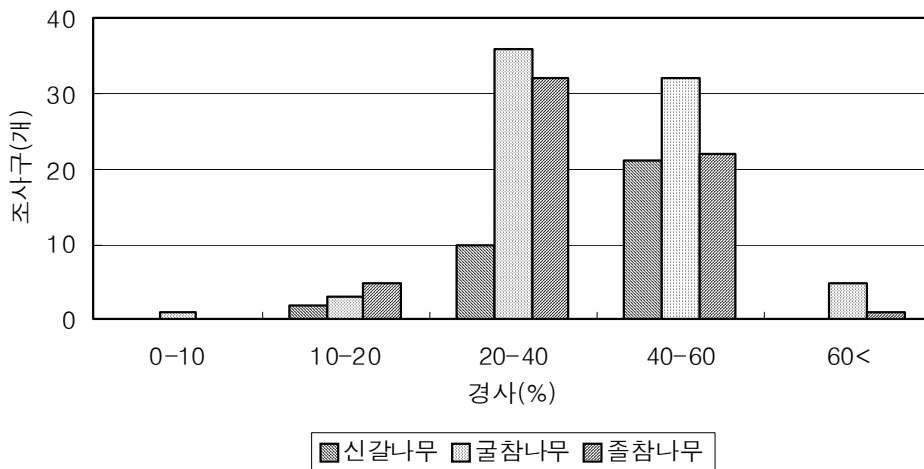


그림 2-19. 백운산 조사지역내 주요 참나무류 우점 임분의 경사 분포

백운산 조사 지역에서도 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무 다같이 20~40% 또는 40~60%의 경사지에 분포하는 임분이 조사구로 많이 선정되었으며 이보다 경사가 급하거나 완만한 지역에서 선정된 조사구는 상대적으로 적은 수를 보이고 있었다(그림 2-19).

그림 2-20과 같이 포항지역에서도 전반적으로 굴참나무가 우점하는 임분이 신갈나무 또는 졸참나무 우점임분보다 조사구로 많이 선정되었으며 이들 3수종 또한 백운산이나 다른 조사지역과 유사하게 20~40% 또는 40~60%의 경사지에 분포하는 임분이 조사구의 대부분을 차지하고 있었다.

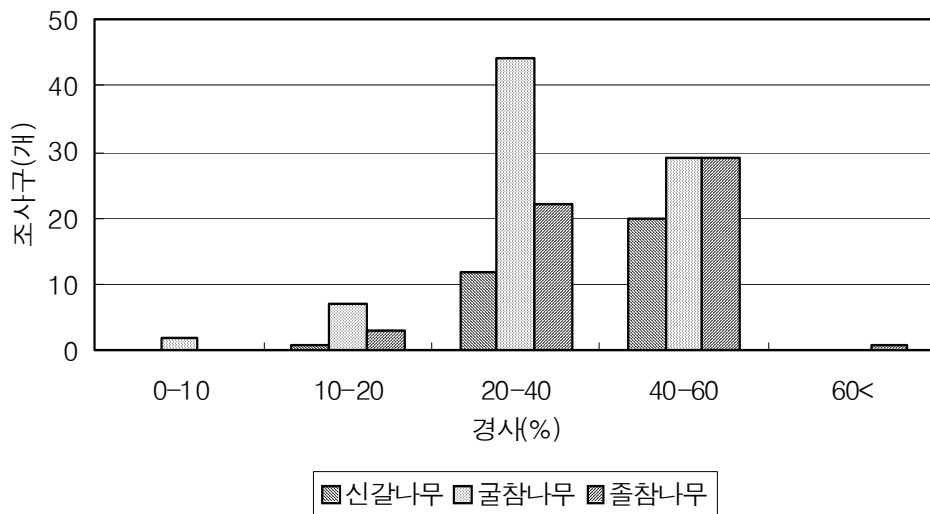


그림 2-20. 포항 조사지역내 주요 참나무류 우점 임분의 경사 분포

이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라에 분포하는 참나무류 주요 수종이 우점하는 임분들은 대체로 경사 20~40% 또는 40~60%에 해당하는 중간 수준의 경사지 사면에 분포되어 있는 것으로 보인다. 이는 우리나라 산지의 상당 부분이 이와 같은 중간 수준의 경사지를 이루고 있는 점과 낙엽성 참나무류가 이와 같은 경사를 보이는 우리나라 산림 전역에 널리 분포하는 대표적인 활엽수라는 점을 고려할 때 당연한 결과로도 생각할 수 있다.

그러나 이와 같은 참나무류 주요 수종의 분포실태를 가지고 30~50% 안팎의 중간 정도의 경사지가 이보다 완만한 경사지보다 참나무류의 생육적지로 더욱 바람직하다는 해석을 할 수는 없다. 왜냐하면 이보다 완만한 경사를 보이는 산록부에서 참나무류 또한 보다 양호한 생장을 보일 수 있지만 단지 이들 지역 상당 부분에 다른 수종이 다수 분포하고 있어 조사구 선정에서 제외될 수밖에 없었다는 점을 참작할 필요가 있다.

(3) 조사대상 지역별 분포지역의 해발고에 따른 조사구의 분포실태

조사 대상지역으로 선정된 덕유산, 지리산, 가리왕산, 백운산, 포항지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 조사구의 수직적 분포 실태를 정리하여보면 다음과 같다.

그림 2-21에서 보는 바와 같이 덕유산지역에서 조사된 굴참나무가 우점하는 조사구는 해발고 460~800m까지 분포하고 있으며, 졸참나무는 해발 580~820m, 신갈나무는 해발 560~1,500m까지 분포하고 있었다. 또한 해발고가 높아지면서 굴참나무가 우점하는 조사구는 해발 500~700m 구역에 집중 분포하고 있는 반면에 졸참나무는 해발 500~700m 구역과 700~900m 구역에 비슷한 수의 조사구가 선정되었다. 그러나 신갈나무가 우점하는 조사구는 해발고가 높아지면서 크게 증가하여 해발 900m 이상에 집중 분포되었다. 또한 산의 중복 사면에서는 굴참나무와 졸참나무, 졸참나무와 신갈나무가 상당 비율로 서로 혼효되어 있는 모습을 보였고, 표고 500m 이하의 산 하부에서는 굴참나무의 단순림으로 이루어진 임분이 조사구로 많이 선정되었다. 또한 해발고가 높은 표고 800m 이상에서는 신갈나무가 단순림을 구성하는 임분을 조사구로 선정하는 경우가 많았다.

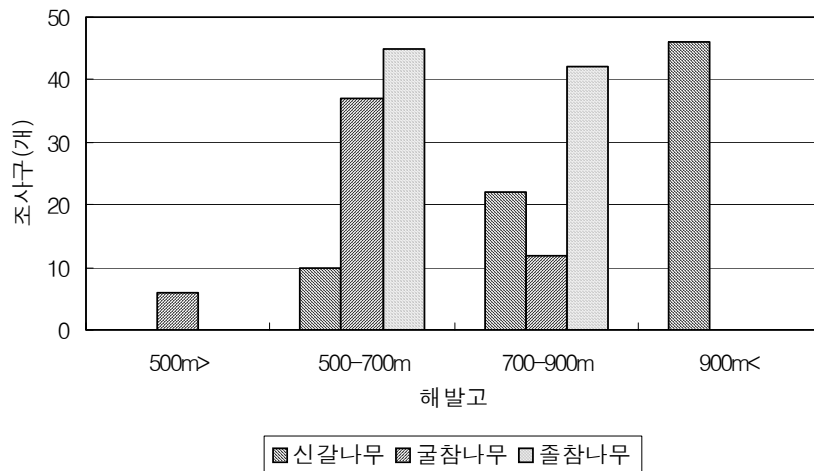


그림 2-21. 덕유산 조사 지역 내 참나무류 우점 수종별 조사구의 해발고에 따른 분포 실태

지리산 지역의 조사구 분포 실태를 살펴보면 지리산의 하부 지역에 속하는 산록부가 전체적으로 비교적 높은 위치에 분포하고 있어 굴참나무가 우점하는 조사구는 해발 570~850m 까지 선정되었으며, 졸참나무는 해발 680~850m, 신갈나무는 750~1,300m 이상까지 조사구

를 선정하였다. 선정된 조사구를 중심으로 비교할 때 이러한 모습은 덕유산 지역과 유사한 경향으로 굴참나무 우점 조사구는 해발 500~700m에, 그리고 해발고가 높아짐에 따라 굴참나무와 졸참나무, 졸참나무와 신갈나무가 서로 혼효되거나 각 수종별 균락이 번갈아 가며 출현하는 모습을 보였다. 표고 600m 이하에서는 굴참나무의 단순림이 비교적 많이 분포하는 경향을 보였고, 신갈나무 조사구는 해발고가 높아지면서 증가하여 해발고가 높은 표고 900m 이상에서는 신갈나무가 단순림으로 분포하는 지역이 많았다(그림 2-22).

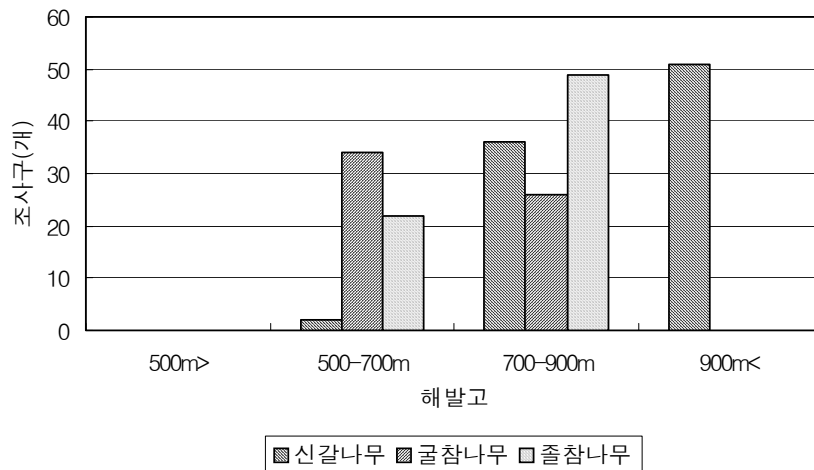


그림 2-22. 지리산 조사 지역 내 참나무류 우점 수종별 조사구의 해발고에 따른 분포 실태

그림 2-23에 제시된 것처럼 가리왕산 조사 지역의 조사구 분포 내용을 살펴보면 선정된 전체 조사구가 해발고 700m 이상의 비교적 높은 위치에 분포하고 있다. 또한 조사 지역 내에서는 신갈나무 이외의 다른 참나무류 수종이 우점하는 임분을 찾기 어려워 신갈나무가 우점하는 임분만을 조사구로 선정하였다. 선정된 가리왕산 지역의 신갈나무 우점 조사구는 해발 700m에서 시작하여 표고 800~1,000m 또는 그 이상의 고지대에 집중적으로 분포하고 있다. 또한 덕유산과 지리산 지역에서 신갈나무와 졸참나무가 흔히 혼효하는 모습과 달리 가리왕산에서는 신갈나무와 기타 활엽수가 주로 혼효되는 지역이 많았다. 특히 해발고가 1,000m 이상으로 높아지면서 신갈나무는 단순림의 형태로 분포되어있는 지역이 많이 나타나고 있었다.

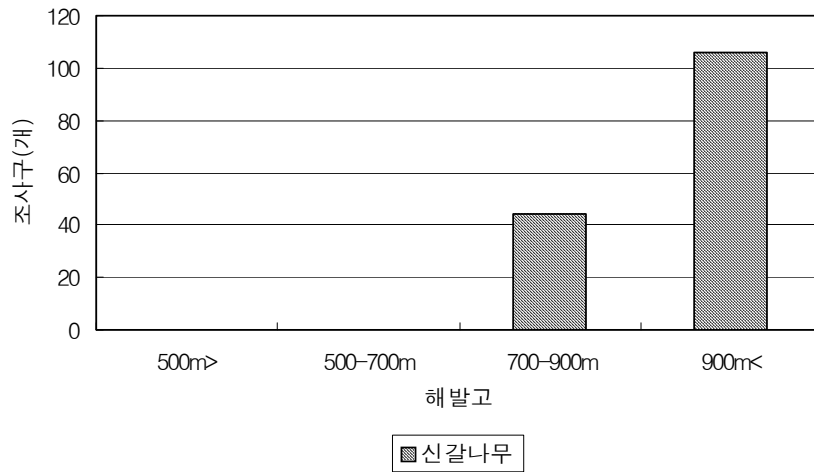


그림 2-23. 가리왕산 조사 지역 내 참나무류 우점 수종별 조사구의 해발고에 따른 분포 실태

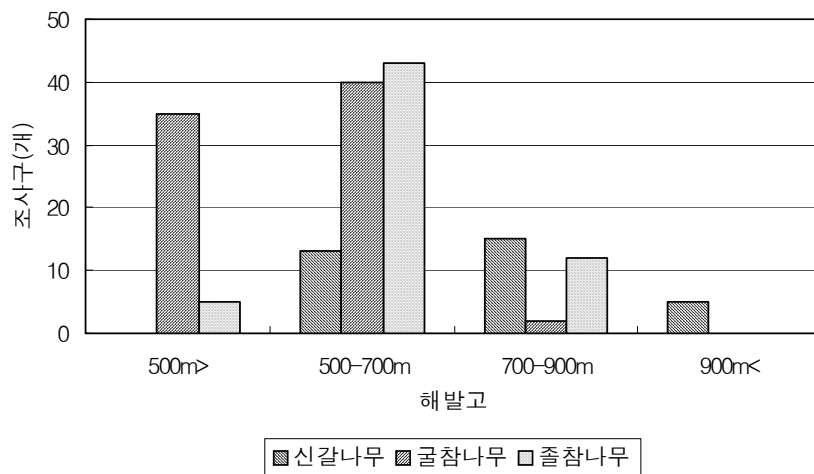


그림 2-24. 백운산 조사 지역 내 참나무류 우점 수종별 조사구의 해발고에 따른 분포 실태

백운산 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 임분으로 선정된 조사구 가운데 굴참나무가 우점하는 임분의 조사구는 해발 380~700m까지 분포하고 있으며, 졸참나무는 해발 500~780m, 신갈나무는 580~850m 또는 그 이상까지 분포하고 있었다.

비록 해발고의 차이는 있지만 백운산 지역 역시 전체적으로 덕유산, 지리산지역과 유사한

분포 실태로서 굴참나무는 해발 500m 이하 또는 해발 500-700m 안팎에 조사구가 집중되어 있으며 졸참나무는 해발 500-700m 부근에서 대부분의 조사구가 선정되었다. 신갈나무 우점 임분의 조사구는 굴참나무나 신갈나무보다 그 수가 적으며 이들 대부분은 해발 500-700m 또는 700-900m 안팎에서 선정하였다(그림 2-24).

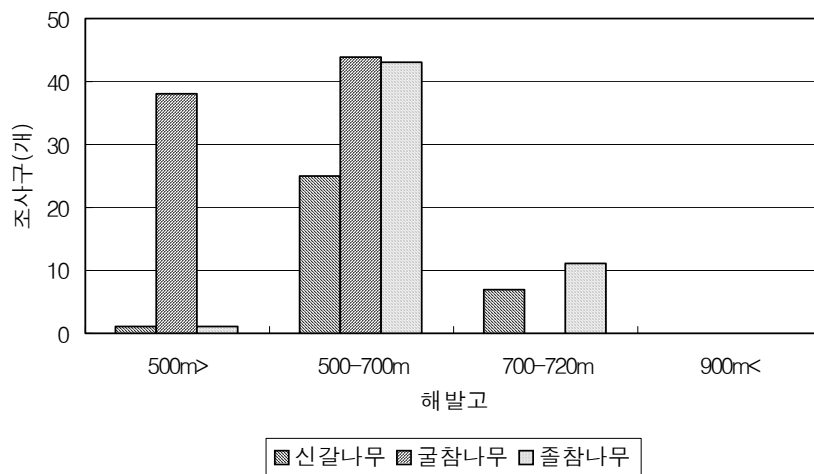


그림 2-25. 포항 지역내 참나무 우점수종의 해발고별 분포

그림 2-25와 같이 포항 지역의 산림은 다른 조사지역에 비해 해발고가 낮아 굴참나무 우점 임분의 조사구는 해발 300~500m에서 선정되었으며, 졸참나무는 표고 430~710m, 신갈나무는 420~720m까지에서 조사구를 선정하여 조사하였다.

선정된 조사구를 중심으로 살펴본 수종별 분포 경향은 비록 해발고의 높이는 차이가 있겠지만 덕유산, 지리산, 백운산지역과 유사한 분포 경향으로 해발고가 높아짐에 따라 굴참나무 단순림의 분포에서 굴참나무와 졸참나무가 혼효하는 분포 경향을 보였다. 또한 해발고가 높아지면서 졸참나무와 신갈나무가 서로 혼효되어 있는 모습을 보였고, 일부 지역에서는 졸참나무의 단순림이 상대적으로 높은 위치에 분포하는 경우도 있었다.

전체적으로 표고 400m 이하에서는 굴참나무의 단순림 분포가 비교적 많은 경향을 보이지만 부분적으로 상수리나무 단순림이 형성된 지역도 관찰되었다.

이상에 제시된 본 연구대상 지역의 전체 조사구에 대한 입지환경을 총체적으로 고려할 때 우리나라에 분포하는 참나무류 주요 수종인 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 각각의 분포 최적지는 수종별로 상당한 차이를 보이지만 현지 조사에서 관찰되는 것처럼 이들 수종들은 비교적 우리나라 산지의 광범위한 입지환경 대부분에 폭넓게 적응할 수 있어 상이한 입지환경에서 서로 혼효 상태로 분포하는 곳이 많다. 이 때문에 극단적인 특수한 조건을 지닌 입지환경을 제외하고 우리나라 산지의 상당 부분은 이들 참나무류의 임분 조성에 크게 문제가 없는 입지환경을 지닌 것으로 사료된다. 그러나 산림의 임지 생산성을 극대화하기 위해서는 수분이나 광선 또는 토양 양료 조건 등과 같은 주요 입지환경인자가 이들 수종에 미치는 영향을 정확하게 평가하여 각 수종별 최적입지를 선별하여 이들 수종을 각각의 최적 입지에 도입하는 것은 바람직하다.

본 연구에서는 조사 지역으로 설정된 구역에 분포하는 참나무류 주요 수종의 우점 임분에 국한하여 일부 작위적으로 또 일부는 무작위적으로 선정한 조사구에 대해서만 조사를 실시하였으며 이 때문에 각 조사지역 중에서도 특정 지역에서 조사구가 집중 선정되기도 하였다. 이 때문에 이상에 제시된 자료에 대한 해석은 제한된 범위 내에서 살펴볼 필요가 있다. 또한 이들 결과가 우리나라 전역에 분포하는 참나무류 임분으로 유추해석하는데 유의한 자료로 이용될 수는 있겠지만 전체 참나무류 임분에 그대로 확대 해석 또는 적용하는 데는 무리가 있다는 점을 이해할 필요가 있다.

다) 참나무류가 우점하는 천연림의 수종 구성

참나무류 주요 수종의 갱신전략 수립과 관련하여 참나무류가 우점하고 있는 기존 우량 임분의 입지환경과 이들 임분을 구성하고 있는 주요 수종들의 분포상을 조사 분석하는 일은 필수적으로 수행할 필요가 있는 대단히 중요한 연구과제로 사료된다.

표 2-9에서는 각 조사 지역 별로 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 계곡 및 그 부근 지역에서 중요치가 상대적으로 높은 수종들의 분포 실태에 대해 종합하여 분석한 자료를 보여주고 있다.

덕유산 지역의 계곡 및 그 주변에서 참나무류 우점임분의 상층 임관을 구성하는 주요 수종의 중요도는 전체적으로 졸참나무 153.6, 굴참나무 49.4, 산벚나무 32.8, 소나무 23.2, 굴피나무 8.9로 졸참나무가 상층임관에서 상대적으로 높은 우점도를 보이고 있었다. 이밖에 물푸레나무나 층층나무 등을 포함하는 기타 수종의 전체 중요도는 32.1을 나타내고 있어 산벚나무 1개 수종의 중요도와 비슷한 값을 보여주고 있었다. 이들 지역 임분의 중·하층에서도

졸참나무의 중요도가 77.9로 상층임관과 같이 가장 높은 값을 유지하고 있으며 물푸레나무 27.8, 때죽나무 23.3, 회나무 22.2, 쪽동백 21.7로 비슷한 중요도를 보였다. 이밖에 산벚나무, 고추나무 등을 포함한 다양한 수종이 전체적으로 127의 중요도를 보이면서 다양한 수종 구성을 이루고 있었다.

표 2-9. 참나무류 주요 수종이 우점하는 계곡 및 그 부근 지역의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 조사 지역 별로 상, 하층 임관으로 구분하여 종합한 주요 우점 수종의 중요도

덕유산		지리산		가리왕산		백운산		포항	
상층임관									
졸참나무	153.6	신갈나무	131.5	신갈나무	109.2	졸참나무	98.6	졸참나무	103.2
굴참나무	49.4	졸참나무	30.3	고로쇠나무	48.1	굴참나무	53.2	굴참나무	70.3
산벚나무	32.8	층층나무	30.1	피나무	38.4	소나무	32.3	물푸레나무	38.6
소나무	23.2	고로쇠나무	30.0	물푸레나무	21.3	산벚나무	26.9	개서어나무	26.3
굴피나무	8.9	가래나무	19.3	층층나무	19.0	노각나무	25.6	고로쇠나무	20.4
기타수종	32.1	기타수종	58.8	기타수종	63.9	기타수종	63.5	기타수종	41.2
중층임관									
졸참나무	77.9	신갈나무	81.5	신갈나무	89.2	졸참나무	77.9	졸참나무	89.7
물푸레나무	27.8	졸참나무	50.7	당단풍	67.5	굴참나무	52.9	굴참나무	68.3
때죽나무	23.4	당단풍	31.5	생강나무	28.3	때죽나무	45.2	때죽나무	38.2
회나무	22.2	층층나무	24.0	물푸레나무	25.3	산벚나무	38.5	생강나무	28.3
쪽동백	21.7	산뽕나무	18.8	쪽동백	19.2	노각나무	34.6	개암나무	15.2
기타수종	127.0	기타수종	93.4	기타수종	70.4	기타수종	50.9	기타수종	60.2

※ 기타수종 : 상층; 물푸레나무, 비목, 산딸나무, 층층나무, 잣나무, 박달나무, 노각나무, 때죽나무 등
중층; 산벚나무, 고추나무, 서어나무, 고로쇠나무, 피나무, 느릅나무, 개회나무 등

지리산 지역에서는 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 신갈나무 131.5, 졸참나무 30.3, 층층나무 30.1, 고로쇠나무 30, 가래나무 19, 기타 수종 58.8 순으로 중요도를 보이고 있어 덕유산과는 달리 신갈나무의 중요도가 상대적으로 높게 나타나고 있었다. 이러한 경향은 중·

하층 임분에서도 신갈나무 81.5, 졸참나무 50.7, 당단풍 31.5, 층층나무 24, 산뽕나무 18.8, 기타 수종 93.4 순으로 중요도를 보이고 있어 중, 하층에서도 상층과 마찬가지로 신갈나무와 졸참나무가 타 수종보다 우위에 속하면서 경쟁관계를 유지하고 있다.

가리왕산 지역에서는 상층임분을 구성하는 주요 수종으로 신갈나무가 109.2, 고로쇠나무 48.1, 피나무 38.4, 물푸레나무 21.3, 층층나무 19, 기타 수종 63.9로 신갈나무가 상대적으로 높은 중요도를 보이고 있었지만 졸참나무의 중요도는 미미한 수준을 유지하고 있었다. 중·하층 임분에서도 신갈나무 89.2, 당단풍 67.5, 생강나무 28.3, 물푸레나무 25.3, 쪽동백 19.2, 기타 수종 70.4의 중요도를 보이고 있어 이들 조사 지역에서는 신갈나무의 중요도가 상, 하층 모두 상대적으로 높게 나타나 후계림 또한 신갈나무를 중심으로 한 임분 구성이 이루어 질 것으로 생각된다.

백운산과 포항지역에서도 상층임분을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무 98.6~103.2, 굴참나무 53.2~70.3로 소나무, 산벚나무, 노각나무, 물푸레나무, 개서어나무 등 다른 경쟁 수종보다 높은 중요도를 나타내고 있었다. 또한 중·하층 임분에서도 졸참나무 77.9~89.7, 굴참나무 52.9~68.3 순으로 경쟁 수종인 때죽나무, 산벚나무, 생강나무, 노각나무, 개암나무보다 상대적으로 높은 중요도를 나타내면서 이들 지역에서도 현재의 참나무류 우점임분은 다음 세 대에도 참나무류를 중심으로 후계림이 조성될 가능성이 크다.

표 2-10에서는 참나무류가 우점하는 계곡 및 그 부근 지역의 천연림에서 선정한 조사구 내에 분포하는 주요 수종들의 분포 실태를 보다 상세히 파악하기 위해 조사지역 전체를 종합하여 분석한 상대밀도, 상대피도, 상대빈도 및 중요도를 보여주고 있다.

계곡 및 그 주변 지역의 경우에 상층임분을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무 122.8, 굴참나무 39.6, 신갈나무 32.9, 산벚나무 24.6, 소나무 17.4, 물푸레나무 8.2, 층층나무 7.5순으로 중요도를 보이고 있어 조사 지역 전체를 총괄하여 볼 때 졸참나무가 상대적으로 높은 우점도를 보이고 있었다. 또한 굴참나무나 신갈나무도 졸참나무에는 미치지 못하지만 여타 주요 수종에 비해서는 다소 높은 중요도를 보이고 있었다.

이들의 상대 밀도 또한 중요도 순서와 비슷한 경향을 보이고 있으며 상대피도나 상대빈도 또한 다소의 순위 변화는 있지만 대체로 중요도 순위와 유사하여 이들 임분이 안정적으로 현재의 모습을 유지할 수 있을 것으로 예측된다.

이들 임분의 상층 임분고는 대부분 16~22m 안팎 또는 그 이상으로 비교적 높은 수고를 유지하고 있으며, 직경급은 13~40cm 안팎으로 중경목과 대경목에 속하는 나무가 많이 분포하는 것으로 조사되었다.

중·하층에서는 졸참나무 96.3, 굴참나무 27.1, 산벚나무 19.9, 당단풍 16.1, 층층나무 13.1로 중요도를 나타내고 있으며 신갈나무, 비목나무, 물푸레나무 등도 10 안팎의 중요도를 유지하고 있었다. 또한 기타 여러 수종이 75 이상의 중요도를 보이면서 다양한 중, 하층의 임분 구성을 이루고 있다. 이들의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도 또한 다소의 순위 변화가 인정되기는 하지만 전체적으로 중요도 순위와 유사한 모습을 보이고 있어 현재와 비슷한 모습으로 안정적인 중층 임분이 유지될 수 있다.

표 2-10. 참나무류 주요 수종이 우점하는 계곡 및 그 부근 지역의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 상, 하층 임관으로 구분하여 전체조사 지역의 조사 결과를 종합한 주요 우점 수종의 분포상

수종	상층임관				수종	중층임관			
	RD	RC	RF	IV		RD	RC	RF	IV
졸참나무	48.1	22.5	52.2	122.8	졸참나무	36.0	17.5	42.8	96.3
굴참나무	15.0	14.2	10.4	39.6	굴참나무	10.2	9.2	7.6	27.1
신갈나무	12.9	5.0	15.0	32.9	산벚나무	4.9	12.0	3.0	19.9
산벚나무	5.2	16.7	2.8	24.6	당단풍	5.7	1.5	9.0	16.1
소나무	2.6	4.2	10.7	17.4	층층나무	4.7	2.4	6.1	13.1
물푸레나무	2.1	5.8	0.4	8.2	신갈나무	1.7	2.8	7.1	11.6
층층나무	3.0	3.3	1.2	7.5	비목나무	4.8	5.1	1.6	11.5
고로쇠나무	2.3	5.0	0.2	7.5	물푸레나무	3.0	3.7	4.0	10.7
굴피나무	1.3	4.2	1.2	6.7	산딸나무	2.8	5.1	2.2	10.1
박달나무	1.3	4.2	1.2	6.7	산뽕나무	2.3	3.8	2.3	8.5
기타수종	6.4	15.0	4.8	26.1	기타수종	23.9	36.9	14.3	75.1
	100.00	100.00	100.00	300.00		100.00	100.00	100.00	300.00

※ 기타수종 : 상층; 산딸나무, 비목, 가래나무, 잣나무, 거제수나무, 노각나무, 피나무, 들메나무 등
중층; 고로쇠나무, 생강나무, 박달나무, 피나무, 고추나무, 때죽나무, 회나무, 쪽동백 등

또한 계곡 및 그 부근 지역에서 상층이나 중, 하층 모두 참나무류 주요 수종 중에서 졸참나무의 중요치가 비교적 높게 나타나 일부 경쟁 수종과의 경합에서 우위를 점유하는 가운데

후계림 또한 졸참나무를 우점 수종으로 하여 구성되는 임분이 형성되는 곳이 많을 것으로 예상된다. 또한 일부 지역에는 굴참나무가 우점 수종으로 되는 후계림의 조성도 가능하나 신갈나무가 후계림의 우점 수종으로 되는 지역은 비교적 적을 것으로 판단된다.

표 2-11에서는 각 조사 지역 별로 능선 및 그 부근 지역에서 참나무류가 우점하는 천연림을 중심으로 선정된 조사구 내의 중요치가 상대적으로 높은 수종들의 분포 실태에 대해 지역별로 종합하여 분석한 자료를 보여주고 있다.

표 2-11. 참나무류 주요 수종이 우점하는 능선 및 그 부근 지역의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 조사 지역 별로 상, 하층 임관으로 구분하여 종합한 주요 우점 수종의 중요도

덕유산		지리산		가리왕산		백운산		포항	
상층임관									
졸참나무	134.9	신갈나무	150.5	신갈나무	220.5	졸참나무	103.9	졸참나무	156.3
굴참나무	70.5	졸참나무	41.4	피나무	28.1	굴참나무	48.5	굴참나무	87.4
신갈나무	38.9	소나무	40.9	거제수나무	15.8	신갈나무	24.2	신갈나무	19.2
산벚나무	26.0	굴참나무	34.2	물푸레나무	9.0	소나무	20.1	소나무	18.8
소나무	21.5	산벚나무	13.7	고로쇠나무	8.0	물푸레나무	9.5	산벚나무	6.3
기타수종	8.2	기타수종	19.2	기타수종	18.6	기타수종	93.8	기타수종	11.9
중층임관									
졸참나무	99.1	신갈나무	150.2	신갈나무	87.7	졸참나무	103.9	졸참나무	80.9
굴참나무	57.4	졸참나무	37.9	당단풍	70.9	굴참나무	48.5	굴참나무	39.7
신갈나무	41.7	굴참나무	32.5	노린재나무	38.4	신갈나무	24.2	생강나무	31.2
매죽나무	35.9	산벚나무	21.9	산뽕나무	18.2	나도밤나무	20.4	신갈나무	28.0
쪽동백	11.2	생강나무	8.3	개암나무	11.6	생강나무	18.7	매죽나무	25.1
기타수종	54.6	기타수종	49.3	기타수종	73.3	기타수종	84.4	기타수종	95.1

※ 기타수종 : 상층; 굴피나무, 박달나무, 서어나무, 물푸레나무, 노각나무, 산딸나무, 층층나무, 느릅나무, 음나무, 황벽나무, 마가목, 합다리나무, 갈참나무, 산뽕나무 등

중층; 팔배나무, 물푸레나무, 쇠물푸레, 층층나무, 굴피나무, 개암나무, 고로쇠나무, 고추나무, 피나무, 산철쭉, 회나무, 합다리나무, 병꽃나무, 개웃나무, 비목, 산초나무 등

덕유산 지역에서는 능선과 그 주변의 경우 상층 임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무

134.9, 굴참나무 70.5, 신갈나무 38.9, 산벚나무 26, 소나무 21.5 순으로 졸참나무가 굴참나무나 신갈나무보다 상대적으로 높은 우점도를 보이고 있었다. 이는 선정된 조사구 중에서 산의 중북부 또는 그 이하의 소능선에 위치하는 것이 많았기 때문으로 생각된다.

중·하층에서도 상층임관과 유사하게 졸참나무 99.1, 굴참나무 57.4, 신갈나무 41.7 순의 우점도를 보이며, 때죽나무 35.9, 쪽동백 11.2의 중요도를 보였다. 그 밖에 이들 지역에는 팔배나무, 물푸레나무, 쇠물푸레, 층층나무, 굴피나무 등이 고루 분포하고 있었다.

지리산 지역에서도 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 신갈나무 150.5, 졸참나무 41.4, 소나무 40.9, 굴참나무 34.2, 산벚나무 13.7 순으로 신갈나무를 중심으로 한 졸참나무와 굴참나무가 소나무류와 함께 상대적으로 높은 중요도를 보이고 있었다. 이러한 경향은 중·하층 임관에서도 비슷한 모습을 보이고 있어 신갈나무 150.2, 졸참나무 37.9, 굴참나무 32.5, 산벚나무 21.9, 그리고 생강나무, 팔배나무, 개암나무 순으로 중요도를 보이고 있다. 이 때문에 지리산의 조사대상 지역들은 차후에 후계림에서도 상층임관 구조와 유사하게 신갈나무를 중심으로 졸참나무와 굴참나무가 우점하는 숲이 유지되어 갈 것으로 예상된다.

가리왕산 지역에서는 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 신갈나무가 220.5, 피나무 28.1, 거제수나무 15.8, 물푸레나무 9, 고로쇠나무 8순으로 신갈나무가 압도적으로 높은 중요도를 보이고 있었으며 졸참나무나 굴참나무의 분포는 대단히 미미한 수준을 보였다. 중·하층 임관에서도 신갈나무 87.7, 당단풍 70.9, 노린재나무 38.4, 산뽕나무 18.2, 개암나무 11.6 순으로 중요도를 보이고 있어 신갈나무 이외의 다른 참나무류는 주요 분포 수종에 포함되지 못하고 있었다. 이 때문에 이들 지역에서는 차후에 참나무류 중에서 신갈나무만이 후계림을 구성하는 주요 수종으로 평가될 수 있다.

백운산과 포항 지역에서는 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무 103.9~156.3, 굴참나무 48.5~87.4, 신갈나무 19.2~24.2로 소나무, 물푸레나무, 산벚나무, 서어나무, 갈참나무 등 다른 경쟁 수종보다 높은 중요도를 나타내고 있었다. 또한 중·하층 임분에서도 졸참나무 80.9~103.9, 굴참나무 39.7~48.5, 신갈나무 24.2순으로 다른 경쟁수종인 때죽나무, 나도밤나무, 생강나무, 합다리나무, 비목보다 상대적으로 높은 중요도를 나타내고 있었다. 이 때문에 차후에 백운산과 포항지역에서는 졸참나무를 중심으로 일부 지역에는 굴참나무, 신갈나무 등의 참나무류 주요 수종이 우점하는 후계림이 형성되는 임분이 많을 것으로 사료된다.

또한 표 2-12에서는 전체 조사지역을 종합하여 산의 소능선부 및 그 주변에 분포하는 참나무류 천연 임분의 수종 구성에 대해 주요 수종의 상대밀도, 상대피도 상대빈도, 중요도를 제시하고 있다. 본 조사지역이 주능선보다는 산의 중, 하북부 소능선 및 그 부근 지역에

서 많은 조사구를 선발하였기 때문에 상층 임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무 108.8, 굴참나무 81.5, 신갈나무 44.5의 중요도를 보이면서 졸참나무가 상대적으로 가장 높은 중요도를 보이고 있었다. 그러나 굴참나무와 신갈나무도 비교적 높은 중요도를 나타내면서 우점 임분을 이루는 지역이 다수 분포하고 있다. 이들 지역에 참나무류에 동반하여 나타나는 주요 수종으로는 소나무, 산벚나무, 층층나무, 굴피나무, 박달나무 등을 거론할 수 있으며 참나무류와 함께 이들 대부분의 수종이 지니고 있는 상대밀도, 상대피도, 상대빈도는 전체적으로 중요도 순서와 유사한 모습을 보이고 있었다.

표 2-12. 참나무류 주요 수종이 우점하는 능선 및 그 부근 지역의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 상, 하층 임관으로 구분하여 전체조사 지역의 조사 결과를 종합한 주요 우점 수종의 분포상

수종	상층임관				수종	중층임관			
	RD	RC	RF	IV		RD	RC	RF	IV
졸참나무	42.1	35.6	31.0	108.8	졸참나무	23.8	15.5	34.1	73.4
굴참나무	27.4	24.3	29.7	81.5	굴참나무	13.9	11.4	13.0	38.3
신갈나무	17.2	16.2	11.2	44.5	신갈나무	11.9	9.5	6.4	27.8
소나무	3.9	7.5	9.3	20.7	때죽나무	7.3	5.7	11.0	23.9
산벚나무	2.6	8.0	4.8	15.3	비목	9.1	5.1	4.8	18.9
층층나무	2.4	1.1	6.7	10.2	층층나무	4.1	8.6	2.3	15.0
굴피나무	0.8	3.3	0.03	4.1	쪽동백	5.3	6.7	2.9	14.9
박달나무	1.0	0.2	2.2	3.3	생강나무	6.1	1.8	3.8	11.7
오리나무	1.0	0.1	2.2	3.3	물푸레나무	2.5	7.6	1.2	11.3
개박달나무	0.4	1.7	0.01	2.1	소나무	0.9	5.8	1.2	7.9
기타수종	1.3	2.1	2.9	6.3	기타수종	15.3	22.2	19.4	56.8
	100.00	100.00	100.00	300.00		100.00	100.00	100.00	300.00

※ 기타수종 : 상층; 산뽕나무, 다릅나무, 갈참나무, 합다리나무, 서어나무, 노각나무, 산딸나무, 물푸레나무, 마가목 등

중층; 산벚나무, 팥배나무, 개다래, 병꽃나무, 산뽕나무, 쇠물푸레, 노린재나무, 고추나무, 당단풍 등

임분의 중·하층을 구성하는 수종을 살펴보면 졸참나무 73.4, 굴참나무 38.3, 신갈나무 27.8으로 상층임관과 유사하게 참나무류가 상대적으로 높은 중요도를 나타냈으며, 때죽나무

73.4, 쪽동백나무 14.9, 생강나무 11.7 순으로 참나무류와 혼효되어 출현하고 있었다. 이외에도 물푸레나무, 소나무, 노린재나무, 산벚나무, 팔배나무, 개다래, 병꽃나무, 산뽕나무, 쇠물푸레, 굴피나무, 작살나무 등도 부분적으로 출현하고 있었다. 상층과 마찬가지로 중, 하층에서도 상대밀도, 상대피도, 상대빈도는 중요도의 순위와 유사하게 유지되고 있었다.

이 때문에 이들 숲의 모습은 당분간 안정적으로 현재의 모습을 유지할 것으로 판단되며 산화나 병해충 등의 외부적인 요인으로 현재의 숲이 급격하게 심한 교란 또는 파괴의 충격을 겪지 않는다면 현재의 상층임관을 중, 하층 수종이 대체하여 후계림을 조성하는 시기에도 현재와 크게 다르지 않은 임분 모습을 유지할 것으로 예상된다.

이들 지역에서 상층목의 임분고는 13~21m 안팎, 직경급은 12~55cm 안팎까지 지역이나 조사구에 따라 다양하게 분포하고 있었으며, 중층의 임분고 또한 4~8m 안팎, 직경급은 2~11cm 안팎으로 조사되어 조사구에 따른 차이가 크게 벌어지고 있었다.

표 2-13에서는 각 조사 지역 별로 산의 상북부 사면에서 참나무류가 우점하는 천연림을 중심으로 선정된 조사구 내의 중요치가 상대적으로 높은 수종들의 분포 실태에 대해 지역별로 종합하여 분석한 자료를 보여주고 있다.

덕유산 지역에서는 상층임분을 구성하는 주요 수종으로 신갈나무 103.1, 졸참나무 82.9, 굴참나무 32.3, 산벚나무 16.1, 소나무 14.4 순으로 신갈나무를 중심으로 졸참나무와 굴참나무가 상대적으로 높은 중요도를 보이고 있었다. 중·하층 임분에서는 신갈나무는 중요도 46.6으로 가장 높은 값을 보이지만 당단풍이 40.1, 철쭉이 27.9의 중요도를 보이면서 졸참나무의 중요도 27.5보다 다소 높은 값을 유지하고 있었다. 또한 굴참나무는 노각나무의 중요도 24.1에도 크게 미치지 못하는 중요도를 보이고 있어 후계림에서는 현재보다 쇠퇴할 가능성이 있다. 그러나 신갈나무는 상층 임관 구조와 유사하게 후계림에서도 우점종으로 분포하는 지역이 많을 것으로 보이며 일부 지역에서는 졸참나무 또한 후계림의 주요 수종으로 유지될 가능성이 있다.

지리산 지역의 산 상북부에서 선정된 조사구 내의 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 신갈나무는 154.5의 중요도를 보이면서 노각나무 29.2, 졸참나무 22.6, 굴참나무 21.5의 중요도에 비해 압도적으로 높은 우점도를 보이고 있었다. 중·하층에서는 당단풍 84, 신갈나무 50.1, 졸참나무 25.8, 주목 18.4의 중요도를 보이면서 아교목인 당단풍이 신갈나무와 졸참나무 등의 교목성 수종과 경합을 벌이고 있지만 시간이 경과하면서 차후에도 교목성인 참나무류를 중심으로 한 후계림이 조성될 것이라 생각된다.

가리왕산 지역의 산 상북부에서 선정된 조사구 내에서는 상층임관을 구성하는 주요 수종

으로 신갈나무가 216, 물푸레나무 19.2, 고로쇠나무 13.9, 피나무 12.3 순으로 신갈나무가 대단히 높은 중요도를 보이고 있었다. 중·하층 임분에서도 신갈나무의 중요도는 64.5로 가장 높은 우점도를 보이는 것으로 보이지만 당단풍의 중요도 61.7과 크게 차이를 보이지는 않고 있다. 그러나 당단풍이 야교목성 수종이라는 점을 고려하면 이들이 상층으로 커 올라가면서 점차 교목성인 신갈나무의 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다. 또한 나머지 수종들은 피나무 33.7, 노린재나무 19.2, 고로쇠나무 17.7 순으로 중요도를 보이고 있어 가리왕산 지역에서도 현존 임분의 후계림으로 신갈나무는 중요한 지위를 유지할 것으로 판단된다.

표 2-13. 조사지역별로 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림 중 산의 상북부 지역에서 조사된 주요 우점 수종의 중요도

덕유산		지리산		가리왕산		백운산		포항	
상층임관									
신갈나무	103.1	신갈나무	154.5	신갈나무	216.0	신갈나무	105.0	신갈나무	135.9
졸참나무	82.9	노각나무	29.2	물푸레나무	19.2	졸참나무	64.5	졸참나무	52.0
굴참나무	32.3	졸참나무	22.6	고로쇠나무	13.9	소나무	45.9	굴참나무	50.9
산벚나무	16.1	굴참나무	21.5	피나무	12.3	노각나무	39.4	소나무	16.3
소나무	14.4	주목	14.5	거제수나무	6.3	물푸레나무	10.9	물푸레나무	12.2
기타수종	51.1	기타수종	57.8	기타수종	32.3	기타수종	34.3	기타수종	32.8
중층임관									
신갈나무	46.6	당단풍	84.0	신갈나무	64.5	신갈나무	110.2	신갈나무	105.2
당단풍	40.1	신갈나무	50.1	당단풍	61.6	노각나무	39.8	졸참나무	60.5
철쭉	27.9	졸참나무	25.8	피나무	33.7	졸참나무	39.5	굴참나무	50.3
졸참나무	27.5	주목	18.4	노린재나무	19.2	소나무	26.5	비목나무	23.2
노각나무	24.1	피나무	15.7	고로쇠나무	17.7	쇠물푸레	21.4	산뽕나무	20.1
기타수종	133.8	기타수종	106.1	기타수종	103.4	기타수종	62.7	기타수종	40.7

※기타수종: 상층; 서어나무, 층층나무, 가래나무, 음나무, 층층나무, 느릅나무, 전나무, 때죽나무, 쪽동백 등
중층; 생강나무, 함박꽃나무, 층층나무, 까치박달나무, 때죽나무, 쪽동백, 개울나무, 산철쭉 등

백운산과 포항지역에서도 다른 지역과 마찬가지로 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 신

갈나무 105.0~135.9, 졸참나무 52.0~64.5의 중요도를 보이면서 굴참나무, 소나무, 노각나무, 물푸레나무, 산벚나무 등 다른 경쟁 수종보다 높은 중요도를 나타내고 있었다.

또한 중·하층 임관에서도 신갈나무 105.2~110.2, 졸참나무 39.7~50.3 순으로 다른 경쟁 수종인 노각나무, 소나무, 비목나무, 쇠물푸레, 산뽕나무, 때죽나무, 개암나무 등과 비교해 볼 때 상대적으로 높은 중요도를 나타내는 것으로 보여 백운산과 포항지역에서도 신갈나무를 중심으로 한 후계림의 수종 구성이 가능할 것으로 생각된다.

표 2-14. 참나무류 주요 수종이 우점하는 **상북부 지역**의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 상, 하층 임관으로 구분하여 전체조사 지역의 조사 결과를 종합한 주요 우점 수종의 분포상

수종	상층임관				수종	중층임관			
	RD	RC	RF	IV		RD	RC	RF	IV
신갈나무	42.4	42.4	31.4	116.1	신갈나무	26.3	29.5	16.1	71.8
졸참나무	33.0	35.4	21.0	89.4	졸참나무	17.5	21.3	16.0	54.8
굴참나무	5.6	9.5	7.5	22.5	굴참나무	8.1	7.9	4.5	20.5
물푸레나무	5.0	1.9	11.5	18.3	당단풍	6.9	4.9	7.1	18.9
소나무	6.0	4.8	7.4	18.1	노각나무	4.6	4.8	3.9	13.3
노각나무	4.0	2.9	6.3	13.2	피나무	3.3	4.4	3.5	11.2
고로쇠나무	1.0	0.5	3.1	4.6	소나무	2.0	3.7	3.1	8.8
거제수나무	0.4	0.3	1.4	2.1	비목	3.0	2.0	2.8	7.7
피나무	0.3	0.3	1.4	2.1	산뽕나무	2.3	2.0	3.2	7.5
서어나무	0.3	0.3	1.4	2.1	쇠물푸레	3.3	2.3	1.6	7.1
기타수종	2.1	1.8	7.6	11.5	기타수종	22.8	17.3	38.3	73.4
	100.00	100.00	100.00	300.00		100.00	100.00	100.00	300.00

※ 기타수종 : 상층; 층층나무, 읍나무, 느릅나무, 전나무, 까치박달나무, 개벚나무, 비목, 팔배나무, 산딸나무 등

중층; 노린재나무, 쪽동백, 때죽나무, 고로쇠나무, 철쭉, 개암나무, 까치박달나무, 생강나무, 물푸레나무, 팔배나무, 층층나무, 산철쭉, 개웃나무, 난티잎개암나무, 느릅나무, 개벚나무, 멸구슬나무, 복장나무, 털팽나무, 합다리나무, 조록싸리, 전나무, 병꽃나무, 부계꽃나무, 산벚나무, 함박꽃나무 등

표 2-14에서는 전체 조사지역을 종합하여 산의 상북부 주변에 분포하는 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연임분에서 선정한 조사구 내에 분포하는 주요 수종들의 분포실태를 상대밀도, 상대피도, 상대빈도 등으로 구분 요약하였다.

조사구 전체에서 참나무류의 중요도는 신갈나무가 116.1, 졸참나무 89.4, 굴참나무 22.5 순이며 기타 수종으로는 물푸레나무, 소나무, 노각나무, 고로쇠나무, 피나무 등이 이들 참나무류에 동반하여 자주 출현하는 수종으로 파악되었다. 특히 덕유산과 가리왕산의 일부 상북부 지역에서 잣나무와 전나무가 흔히 출현한 반면에, 지리산에서는 참나무류 우점 임분 내에 노각나무도 종종 출현하고 있었다.

이들 임분의 중·하층을 구성하는 수종으로 신갈나무는 71.8, 졸참나무는 54.8의 중요도를 보이면서 1, 2순위를 유지하고 있는 반면에 굴참나무의 중요도는 18.9로 당단풍의 중요도 20.5에 다소 미치지 못하고 있었다. 이들 수종 이외에 노각나무가 13.3, 피나무 8.8, 비목 7.7 순으로 참나무류 우점 임분에 동반하여 출현하는 모습을 볼 수 있었다.

이와 같은 임분 상, 중층의 중요도 순위와 함께 상대밀도, 상대피도, 상대빈도 또한 상, 중층에서 다같이 비슷한 경향의 순위를 유지하고 있어 전체적으로 임분의 구조는 현재의 모습을 안정적으로 유지할 수 있을 것으로 예상된다.

이들 수종 중에서 교목성인 신갈나무와 졸참나무는 기간이 경과하면서 중층에서 상층으로 발달하여 아교목성인 당단풍이나 비목 등을 피압할 수 있어 후계림의 경우에도 상층임관을 구성하는 참나무류 주요 수종의 중요도는 현재의 중층에서보다 더욱 높아져 현재의 상층과 비슷한 모습으로 변할 수 있다.

이들 산의 상북부 지역에서 측정된 상층 임관의 임분고는 12~20m 안팎, 개체목의 직경급에서는 12~114cm까지의 범위에서, 조사 대상지역이나 조사구의 입지환경 및 임분 특성 등에 따라 그 평균치 또한 다양한 편차를 보이고 있었다. 그러나 대부분의 조사구에서 중층의 임분고는 대체로 4~7m, 직경급은 2~10cm 안팎으로 조사구에 따른 차이는 상층목에 비해 심하지 않은 것으로 평가되었다. 이와 같은 수고와 직경을 보이는 수목들로 구성된 임분은 아직도 장령림 또는 그 이하의 영급에 속하는 임분들로 분류되며 이 때문에 자연상태에서 현재의 상층목이 사라지고 중층목이 이를 대신할 시기는 아직도 상당한 시일을 요할 것으로 판단된다. 또한 이들 임분에 대해 현재 시점에서 집중적인 무육관리를 실시하면 임분을 구성하는 개체목이나 임분 전체의 구조를 크게 개선하면서 임지의 생산성에도 긍정적인 효과를 미칠 것으로 사료된다.

표 2-15. 조사지역별로 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림 중 산의 **중북부** 지역에서 조사된 주요 우점 수종의 중요도

덕유산		지리산		가리왕산		백운산		포항	
상층임관									
졸참나무	95.3	졸참나무	181.1	신갈나무	217.6	졸참나무	120.9	굴참나무	188.6
신갈나무	69.3	굴참나무	52.8	물푸레나무	25.2	굴참나무	71.1	졸참나무	47.5
굴참나무	56.0	느릅나무	25.2	피나무	16.9	신갈나무	57.6	신갈나무	27.4
상수리나무	22.0	귀룽나무	11.4	고로쇠나무	9.7	소나무	23.4	소나무	18.8
물푸레나무	16.8	산벚나무	10.6	느릅나무	8.8	산벚나무	10.3	산벚나무	5.7
기타수종	40.7	기타수종	18.9	기타수종	21.8	기타수종	16.7	기타수종	12.0
중층임관									
졸참나무	54.1	비목	42.7	신갈나무	66.9	졸참나무	97.0	굴참나무	80.9
생강나무	43.0	생강나무	36.8	당단풍	64.0	굴참나무	41.2	졸참나무	39.7
물푸레나무	35.9	쇠물푸레	36.1	피나무	29.4	신갈나무	27.8	생강나무	31.2
굴참나무	15.4	졸참나무	28.5	노린재나무	26.9	노각나무	26.9	신갈나무	28.0
산뽕나무	11.9	쪽동백	25.1	물푸레나무	22.1	때죽나무	26.2	비목나무	25.1
기타수종	139.7	기타수종	130.9	기타수종	90.8	기타수종	81.1	기타수종	95.1

※기타수종 :상층; 층층나무, 굴피나무, 고엽나무, 비목, 오리나무, 거제수나무, 음나무, 황벽나무, 다릅나무 등
 중층; 쪽동백, 고로쇠나무, 층층나무, 산벚나무, 개웃나무, 대팻집나무, 개다래, 다릅나무, 산뽕나무, 개암나무, 고추나무, 산철쭉, 생강나무, 갈참나무, 산뽕나무, 산초나무 등

표 2-15에서는 각 조사 지역별로 중북부 지역을 중심으로 참나무류가 우점하는 천연림에서 선정한 조사구 내의 중요치가 상대적으로 높은 수종들의 분포 실태에 대해 종합하여 분석한 자료를 주고 있다.

덕유산의 중북부에서 선정된 조사구의 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무 95.3, 신갈나무 69.3, 굴참나무 56.0, 상수리나무 22.0, 물푸레나무 16.8 순으로 참나무류 주요 수종 4가지가 다같이 높은 중요도를 보이고 있었다. 그러나 중·하층에서는 졸참나무 54.1, 생강

나무 43.0, 물푸레나무 35.9, 굴참나무 15.4, 산뽕나무 11.9, 쪽동백 11.9, 때죽나무 10.5, 고로쇠나무 10.1, 신갈나무 8.7 순으로 상층임관에서 비교적 높은 중요도를 보인 신갈나무가 상대적으로 낮은 중요치를 보였으며 굴참나무나 상수리나무 또한 낮은 값으로 졸참나무를 제외하고는 그 세력이 크게 약화되고 있었다.

지리산 지역의 조사구에서는 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무 181.1, 굴참나무 52.8, 느릅나무 25.2, 귀룽나무 11.4 순으로 졸참나무가 높은 중요도를 보이고 굴참나무도 상당한 수준까지 분포되어 있었지만 신갈나무는 그 세력이 미약한 것으로 조사되었다. 중·하층 임관에서도 졸참나무는 42.7의 높은 중요도를 유지하고 있는 반면에 생강나무 36.8, 쇠물푸레 36.1, 비목 28.5, 쪽동백 25.1, 층층나무 22.9, 산뽕나무 20.2, 굴참나무 14.5 순으로 조사되어 나머지 참나무류 주요 수종은 중요도 순위에서 다른 수종들에 밀리는 모습을 보였다. 이와 같은 점을 고려하면 앞으로 후계림이 조성되는 과정에서 졸참나무는 계속해서 높은 중요도를 유지하는 수종으로 남겠지만 기타 참나무류 주요 수종은 임분을 구성하는 주요 수종으로서의 지위가 크게 약화될 가능성도 있다.

가리왕산의 중북부 지역에서 선정된 조사구의 상층임관을 구성하는 주요 수종으로는 신갈나무가 중요도 217.6으로 여전히 높은 값을 보이고 있는 반면에, 다른 수종들은 물푸레나무 25.2, 피나무 16.9, 고로쇠나무 9.7, 느릅나무 8.8 순의 중요도 값을 보이면서 낮은 수준을 유지하고 있었다. 중·하층 임관에서도 신갈나무는 66.9의 가장 높은 중요도를 보이고 있지만 당단풍의 중요도가 64.0, 피나무 29.4, 노린재나무 26.9, 물푸레나무 22.1 순으로 조사되어 신갈나무의 중요도가 상층임관에 비해 크게 낮아지는 모습을 나타냈다. 그러나 상층 임관으로 성장하는 과정에서 당단풍이나 노린재나무 등과 같은 아교목성 수종의 세력이 크게 약화되면서 상대적으로 신갈나무의 중요도는 보다 높아질 것으로 기대되며 이 때문에 가리왕산 지역의 산 중북부에서도 참나무류 주요 수종인 신갈나무가 후계림의 주요 수종으로서 그 지위를 유지해나갈 것으로 추정된다.

백운산 지역의 산 중북부에서 선정된 조사구의 상층임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무는 120.9, 굴참나무 71.1, 신갈나무 57.6, 소나무 23.4, 산뽕나무 10.3의 순으로 중요도를 보이고 있어 이들 3 가지 참나무류에 동반해서 나타나는 주요 수종으로 소나무와 산뽕나무를 들 수 있다. 또한 중·하층 임관에서도 졸참나무 97.0, 굴참나무 41.2, 신갈나무 27.8, 노각나무 26.9, 때죽나무 26.2, 쇠물푸레나무 22.6, 산뽕나무 13.5 순으로 중요도를 나타내고 있어 상층임관에서의와 비슷하게 중, 하층의 참나무류 또한 후계림을 구성하는 주요 수종으로 분류될 수 있었다.

포항지역의 산중복 조사구에서는 다른 지역들과 달리 상층 임분을 구성하는 수종으로 굴참나무 188.6, 졸참나무 47.5, 신갈나무 27.4, 소나무 18.8순으로 굴참나무의 중요도가 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 점은 중·하층 임관을 구성하는 수종들에서도 유사한 모습을 나타냈는데 굴참나무 80.9, 졸참나무 39.7, 생강나무 31.2, 신갈나무 28.0, 비목 25.1, 물푸레나무 13.8, 산뽕나무 11.6 순으로 참나무 수종들이 다른 수종과의 경쟁관계에서 우위를 유지하면서 후계림의 주요 수종으로서의 지위를 유지할 것으로 생각된다.

표 2-16. 참나무류 주요 수종이 우점하는 산의 중북부 지역의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 상, 하층 임관으로 구분하여 전체 조사 지역의 조사 결과를 종합한 주요 우점 수종의 분포상

수종	상층임관				수종	중층임관			
	RD	RC	RF	IV		RD	RC	RF	IV
졸참나무	31.7	30.3	21.7	83.6	졸참나무	13.3	17.6	7.8	38.7
굴참나무	27.8	28.6	20.7	77.1	신갈나무	9.2	9.5	7.4	26.1
신갈나무	23.9	26.1	16.3	66.2	굴참나무	7.4	11.1	6.3	24.8
소나무	2.9	6.5	5.9	15.3	생강나무	11.1	6.6	6.0	23.7
굴피나무	2.2	1.0	5.3	8.5	당단풍	5.1	7.3	3.9	16.3
물푸레나무	2.2	1.1	5.1	8.4	비목	4.8	6.3	4.7	15.8
산뽕나무	1.1	0.9	4.1	6.1	물푸레나무	5.2	4.0	5.2	14.3
노각나무	1.2	1.0	2.5	4.7	쇠물푸레	5.2	3.5	5.2	13.9
상수리나무	1.8	1.4	1.3	4.4	산뽕나무	3.1	2.5	4.6	10.3
피나무	0.6	0.6	2.3	3.4	산뽕나무	2.7	3.1	3.5	9.3
기타수종	4.7	2.7	14.9	22.3	기타수종	32.9	28.5	45.5	106.9
	100.00	100.00	100.00	300.00		100.00	100.00	100.00	300.00

※ 기타수종 : 상층; 귀룽나무, 층층나무, 오리나무, 고로쇠나무, 비목, 거제수나무, 찰피나무, 느릅나무 등
 중층; 노각나무, 쪽동백, 때죽나무, 노린재나무, 층층나무, 산철쭉, 피나무, 고로쇠나무, 개울나무, 개암나무, 다릅나무, 산초나무, 다래, 고추나무, 대팻집나무, 개다래, 굴피나무, 오리나무, 산딸나무, 갈참나무, 느티나무, 느릅나무, 음나무, 작살나무, 회나무, 함박꽃나무, 광대싸리, 팔배나무 등

표 2-16에서는 전체 조사지역의 산 중북부에서 선정된 참나무류가 우점하는 천연림을 대상으로 조사 분석한 주요 수종의 중요도 및 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 종합하여 제시하고 있다.

상층 임관에서는 졸참나무 83.6, 굴참나무 77.1, 신갈나무 66.2의 중요도를 보이며 이들 수종에 동반해서 비교적 자주 출현하는 수종으로 소나무, 굴피나무, 물푸레나무, 산벚나무, 노각나무, 상수리나무 등을 들 수 있다. 그러나 이들의 중요도는 상기 3가지 참나무류에 비해 크게 낮은 값을 보이고 있다. 또한 이들의 상대밀도나 상대피도, 상대빈도도 수종간 중요도의 순위와 유사하여 당분간은 전체적으로 안정적인 현재의 임분구조를 유지할 것으로 분석된다.

중·하층에 분포하는 수종들의 중요도에서도 졸참나무가 38.7, 신갈나무 26.1, 굴참나무 24.8로 상층목에서의 순위와 유사한 모습을 보이나 이들 수종 이외에 생강나무 23.7, 당단풍 16.3, 비목 15.8, 물푸레나무 14.3, 쇠물푸레 13.9, 산벚나무 10.3 등의 중요도를 보이고 있으며 노각나무, 층층나무, 고로쇠나무 등도 일부 조사구에서 자주 출현하는 등 다양하고 복잡한 수종 분포 양상을 보여 상기 3가지 참나무류 주요 수종이 지니는 중요도의 절대값은 상층임관에서보다는 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 이들 기타 수종 중에서 생강나무, 당단풍 등을 포함하여 일부 수종은 임지 내에서 관목이나 아교목성 수종이기 때문에 후계림에서 상층 수목으로 발달하기 어렵다는 점을 고려하면 임분의 성장 발달 과정에서 결국 상기 3가지 참나무류가 후계림에서도 현재의 우점도 만큼 못하지만 여전히 높은 중요도를 지니면서 우점 수종의 지위를 유지할 것으로 평가된다. 이들 중, 하층의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도 역시 수종별 중요도 순위와 비슷한 경향을 보이고 있어 특정 수종의 돌출적인 지위 변화는 예상되지 않는다.

이들 조사 지역 임분에서 상층 임관을 구성하는 수목들의 임분고의 평균 범위는 전체적으로 10~22m 안팎, 직경급은 10~61cm 안팎으로 조사되었으며 중층의 임분고는 3~6m 안팎, 직경급은 2~10cm 안팎으로 지역에 따라 상당한 차이를 나타냈다. 그러나 전체적으로 이들 참나무류 우점 임분은 아직도 충분한 성숙기에 도달하지 않은 장령기 또는 유령기 임분으로 가까운 시일 내에는 임분의 근본적인 변화보다 개체목들의 성장 차이에 따른 부분적인 구조 변화가 있을 것으로 예상된다.

표 2-17에서는 각 조사 지역별로 산의 하북부 및 산록 지역을 중심으로 참나무류가 우점하는 천연림에서 선정한 조사구 내의 중요치가 상대적으로 높은 수종들의 분포 실태에 대해 종합하여 분석한 자료를 주고 있다.

덕유산 지역에서는 하북부와 주변 산록의 경우 상층 임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무가 중요도 128.4로 가장 높은 값을 지니고 있었으며, 굴참나무 또한 47.4의 중요도로 비교적 높은 우점도를 보이는 곳이 많았다. 이외에 이들 졸참나무와 굴참나무 우점 임분에 동반하여 자주 출현하는 수종으로는 층층나무가 중요도 31.6, 갈참나무 28.6, 비목 11.7, 소나무 11.2, 산벚나무 10.7, 신갈나무 10.3의 중요도를 보이면서 혼효되어 있었다. 이들 임분의 중·하층에서는 때죽나무가 62.9의 중요도를 보이면서 졸참나무의 중요도 42.3보다 높은 값을 보이는 것으로 파악되었다. 또한 고로쇠나무 28.4, 비목 24.0, 갈참나무 19.1, 굴참나무 18.4 순으로 상층임분에서 비교적 높은 중요도를 보인 굴참나무가 고로쇠나무 등 여타 수종보다 낮은 중요치를 보였다. 그러나 차후 임분이 성장 발달하면서 교목성인 졸참나무나 굴참나무가 아교목성인 때죽나무나 비목 등을 피압할 것으로 보여 후계림의 상위 우점 수종은 이들 참나무류로 바뀔 가능성이 있다.

표 2-17. 참나무류 주요 수종이 우점하는 산의 **하북부 및 산록 지역**의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 조사 지역 별로 상, 하층 임관으로 구분하여 종합한 주요 우점 수종의 중요도

덕유산	지리산	가리왕산	백운산	포항
상층임관				
졸참나무 128.4	졸참나무 125.5	신갈나무 109.8	졸참나무 59.6	굴참나무 131.1
굴참나무 47.4	굴참나무 45.0	소나무 52.2	굴참나무 55.3	졸참나무 42.5
층층나무 31.6	소나무 30.6	고로쇠나무 24.1	신갈나무 51.8	신갈나무 28.6
갈참나무 28.6	산벚나무 18.1	피나무 20.5	소나무 47.5	느티나무 16.7
비목 11.7	층층나무 16.5	물푸레나무 19.4	산벚나무 45.7	비목 14.3
기타수종 52.3	기타수종 64.4	기타수종 74.1	기타수종 40.1	기타수종 66.9
중층임관				
때죽나무 62.9	졸참나무 74.3	신갈나무 60.1	졸참나무 103.3	굴참나무 101.2
졸참나무 42.3	당단풍 30.5	물푸레나무 39.0	노각나무 65.2	졸참나무 78.8
고로쇠나무 28.4	비목 25.5	생강나무 26.5	때죽나무 43.2	개암나무 26.2
비목 24.0	굴참나무 19.6	함박꽃나무 21.0	굴참나무 36.4	생강나무 18.2
갈참나무 19.1	생강나무 15.9	쪽동백 16.1	산벚나무 34.2	갈참나무 9.9
기타수종 123.3	기타수종 134.3	기타수종 137.3	기타수종 17.6	기타수종 65.7

※ 기타수종 : 상층; 느릅나무, 굴피나무, 비목, 산뽕나무, 서어나무, 오리나무, 박달나무, 가래나무 등
 중층; 산뽕나무, 고추나무, 다래, 산딸나무, 산철쭉, 느릅나무, 난티잎개암나무, 고추나무, 히어리, 다릅나무, 쇠물푸레, 까치박달 등

지리산 지역의 산 하북부에서도 졸참나무와 굴참나무의 중요도는 각기 125.5와 45.0으로 덕유산과 유사한 값을 보이면서 상층 임관을 구성하는 주요 수종으로 조사되었다. 이들 수종에 동반하여 자주 출현하는 수종으로는 소나무가 30.6, 산벚나무 18.1, 층층나무 16.5, 비목 14.9의 중요도 순으로 덕유산에 비해 소나무와 산벚나무의 출현이 많은 편이었다. 중·하층 임분에서도 졸참나무가 74.3의 중요도를 보이면서 가장 높은 우점도를 보인 반면에 굴참나무는 중요도 19.6으로 당단풍 30.5, 비목 25.5보다 낮은 값을 보이고 있었다. 이들 지역 중, 하층에 출현하는 여타 수종으로는 아교목성인 생강나무 15.9, 개암나무 15.1, 산뽕나무 14.0, 쪽동백이 11.9의 중요도를 보이고 있었다. 이 때문에 후계림의 발달 과정에서 졸참나무나 굴참나무의 중요도는 상대적으로 높아져 현재의 상층 임관 구조와 유사하게 졸참나무를 중심으로 일부 지역에서는 굴참나무가 우점하는 임분이 유지될 가능성이 있다.

가리왕산의 하북부 지역에서는 상층 임관을 구성하는 주요 수종으로 신갈나무가 109.8, 소나무 52.2, 고로쇠나무 20.5, 피나무 19.4, 박달나무 14.8, 가래나무 14.1, 다릅나무 12.7의 중요도를 보여 다른 지역과 달리 참나무류 중에서 유일하게 신갈나무만이 상대적으로 높은 중요도를 보이고 있었으며 졸참나무나 굴참나무의 분포는 다소 미미한 수준을 보였다. 이러한 경향은 중·하층 임분에서도 비슷하여 신갈나무만 60.1의 높은 중요도를 보이고 기타 참나무류는 그 분포 세력이 대단히 미미한 수준이었다. 이들 지역의 중, 하층에서 신갈나무에 동반하여 출현하는 주요 수종으로는 물푸레나무가 39.0, 생강나무 26.5, 함박꽃나무 21.0, 쪽동백 16.1, 산뽕나무 13.1, 고로쇠나무 12.6, 느릅나무 11.8, 난티잎개암나무는 11.6의 중요도를 보였다. 그러나 생강나무나 함박꽃나무 쪽동백 등 상당수의 수종이 아교목성 수종으로 분류되어 가리왕산지역에서도 신갈나무가 후계림의 주요 우점 수종으로서의 지위를 유지할 것으로 판단된다. 그러나 다른 참나무류가 우점하는 후계림은 현재 이들이 중, 하층의 주요 수종으로 분포되어있지 않아 크게 기대할 수 없을 것으로 예상된다.

백운산지역의 산 하북부에서는 상층 임관을 구성하는 주요 수종으로 졸참나무가 59.6, 굴참나무 55.3, 신갈나무는 51.8의 중요도를 보이면서 참나무류 3 가지 주요 수종이 비슷한 수준의 중요도를 보이고 있었다. 또한 이들 임분에 동반하여 출현하는 수종으로 소나무가 47.5, 산벚나무 45.7, 노각나무는 40.1의 중요도를 보이면서 졸참나무와 굴참나무 및 신갈나무와 우점 순위 경쟁을 보일 수 있을 정도로 많이 분포하는 모습을 보였다. 또한 중·하층 임분에서도 졸참나무는 103.3의 중요도를 보이면서 상층 임관보다도 높은 우점도를 보이고 있는 반면에 굴참나무는 36.4의 중요도를 보이면서 노각나무 65.2, 때죽나무 43.2보다 낮은 우점도를 유지하고 있었다. 이들 수종 이외에 이 지역의 조사구 내에는 산벚나무가 34.2, 쪽

동백 12.3, 히어리 5.3의 중요도를 보였다. 이와 같은 점을 고려하면 차후 후계림의 발달 과정에서 졸참나무의 우점 정도는 더욱 높아질 것으로 예상되는 반면에 굴참나무나 신갈나무의 우점도가 높은 임분은 현재보다도 감소될 가능성이 있다.

포항지역에서는 다른 지역들과 달리 상층 임분을 구성하는 수종으로 굴참나무의 중요도가 131.1, 졸참나무 42.5, 신갈나무 28.6, 느티나무 16.7, 비목 14.3 순으로 굴참나무가 우점하는 임분이 많았다. 이들 임분의 중·하층에서도 굴참나무는 101.2의 중요도를 보이면서 높은 우점도를 보이는 임분이 많고 졸참나무 또한 상층에서의 우점도보다 높은 78.8을 나타냈지만 신갈나무가 많이 출현하는 임분은 별로 없었다. 이들 지역 중, 하층에 졸참나무나 굴참나무와 함께 자주 출현하는 수종으로는 개암나무가 중요도 26.2, 생강나무 18.2, 갈참나무는 9.9의 중요도를 보이지만 졸참나무나 굴참나무에 비해 상대적으로 낮은 우점도를 유지하고 있어 후계림에서도 졸참나무나 굴참나무는 현재보다 높은 우점 수종으로 발달할 가능성이 있다.

표 2-18에서는 참나무류가 우점하는 천연림 중에서 산의 사면 하복부 지역 전체 조사구의 수종 구성 실태에 대해 상대밀도, 상대피도, 상대빈도 및 중요도로 표현한 값을 제시하고 있다. 사면 하복부 및 산록지역에서 전체적으로 상층 임분의 중요도는 졸참나무 56.1, 굴참나무 44.5, 신갈나무 35.2 순으로 졸참나무가 가장 높은 값을 보이고 있다.

이들 참나무류에 동반하여 자주 출현하는 수종으로는 소나무, 산벚나무, 비목, 노각나무, 층층나무 등이 있으며 이들의 중요도는 대체로 10 ~ 30 전후로 추산된다. 상대밀도, 상대피도, 상대빈도에서도 소나무의 상대빈도가 특히 작은 값을 보여 특정 지역에 집중 분포하고 있는 것으로 해석되는 점을 제외하고는 대부분의 수종이 전체적으로 중요도 순위와 유사한 모습을 보여 산의 하복부의 참나무류 우점 임분 또한 전체적으로 안정된 숲의 구조를 이루고 있다.

중·하층에 분포하는 수종들 중에서는 졸참나무가 40.0, 굴참나무가 35.3으로 다른 수종들에 비해 다소 높은 중요도를 보였으며 신갈나무는 15.0으로 때죽나무 29.8, 노각나무 18.3, 보다 다소 낮은 값을 보였다. 이들 수종 이외에 물푸레나무 14.2, 생강나무 13.8, 산벚나무 12.8, 비목 12.4, 고로쇠나무 11.6, 기타 수종들은 10 전후 또는 그 이하의 낮은 중요도를 보이면서 특정 수종이 높은 우점도를 보이지 않는 다양하고 복잡한 수종 분포 양상을 보였다.

이와 함께 상대밀도, 상대피도, 상대빈도 또한 중요도 순위와 비슷한 경향을 보이고 있어 이들 숲은 당분간 급격한 변화 없이 안정된 상태로 성장하면서 참나무류의 우점도가 다소 높아지는 방향으로 변화될 가능성이 있지만 산의 상복부나 중복부 등에 비해서는 참나무류의 우점도가 상대적으로 낮은 임분으로 존속할 것으로 예상된다.

이들 임분의 상층 임분고는 14~26m 안팎, 직경급은 10~61cm 안팎, 중층의 임분고는 3~8m 안팎, 직경급은 2~10cm 안팎을 보여 산 중북부와 비슷하거나 다소 큰 개체목들로 구성된 임분이며 이들 임분 역시 대부분 장령림 또는 그 전후에 속하는 임분으로 분류되어 성숙림으로 발달하기까지는 상당한 기간이 소요될 것으로 보인다.

표 2-18. 참나무류 주요 수종이 우점하는 산의 **하북부 및 산록 지역**의 천연림에서 선정된 조사구를 중심으로 상, 하층 임관으로 구분하여 전체 조사 지역의 조사 결과를 종합한 주요 우점 수종의 분포상

수종	상층임관				수종	중층임관			
	RD	RC	RF	IV		RD	RC	RF	IV
졸참나무	21.5	21.1	13.5	56.1	졸참나무	13.2	15.7	11.1	40.0
굴참나무	16.6	15.2	12.7	44.5	굴참나무	13.2	14.5	7.7	35.3
신갈나무	9.6	15.1	10.5	35.2	매죽나무	12.4	8.9	8.5	29.8
소나무	11.0	17.5	3.6	32.1	노각나무	5.1	7.9	5.3	18.3
산벚나무	9.5	7.6	9.0	26.1	신갈나무	5.3	6.4	3.3	15.0
비목	5.5	5.7	9.1	20.3	물푸레나무	4.9	4.3	5.0	14.2
노각나무	5.3	1.4	5.0	11.6	생강나무	5.8	2.2	5.8	13.8
층층나무	3.5	2.7	4.7	10.8	산벚나무	2.5	3.3	7.0	12.8
상수리나무	1.9	1.9	4.1	7.9	비목	3.9	4.2	4.3	12.4
갈참나무	1.9	1.7	3.6	7.2	고로쇠나무	3.7	4.7	3.2	11.6
기타수종	13.8	10.1	24.4	48.3	기타수종	30.2	27.9	39.0	96.0
	100.00	100.00	100.00	300.00		100.00	100.00	100.00	300.00

※ 기타수종 : 상층; 고로쇠나무, 피나무, 느릅나무, 박달나무, 가래나무, 다릅나무, 쪽동백, 물푸레나무, 개서어나무, 산뽕나무, 들메나무, 서어나무, 오리나무, 호랑버들, 굴피나무, 대팻집나무, 개암나무, 물갸나무, 황벽나무, 느티나무, 읍나무 등

중층; 당단풍, 쪽동백, 산뽕나무, 느릅나무, 다래나무, 피나무, 갈참나무, 개암나무, 쇠물푸레, 산딸나무, 철쭉, 고추나무, 난티잎개암나무, 개웃나무, 아그베나무, 함박꽃나무, 물참대, 서어나무, 소나무, 황벽나무, 팔배나무, 까치박달, 잣나무, 다릅나무, 귀룽나무, 작살나무 등

2) 참나무류 우점 임분 내 주요 수종의 수형급 관련 형질 평가

천연림의 보육이나 이들 임분의 천연갱신 과정에서 보다 우수한 형질의 임분으로 숲을 유도하기 위해서는 그 임분을 구성하는 개체목의 형질을 정확하게 파악할 필요가 있다.

이 때문에 1, 2년 차 조사에 이어 3년 차 조사에서도 참나무류가 우점하는 천연림 내에서 입지의 유형별로 임분 내에 분포하는 주요 수종들의 수형급 평가 관련 형질을 지하고비, 수관특성, 통직성, 공간배치 등으로 구분하여 분석하였다.

이들의 관련 형질 평가는 앞에 제시된 기준에 따라 5등급으로 구분하였으며, 이들 중 1등급에 해당하는 개체목은 대단히 우수한 형질을 지닌 개체로 현재 상태로 잘 보호하면 가치 있는 미래목으로 발전될 나무로 분류되며 2, 3등급으로 평가되는 개체목은 약간 또는 상당부분 결점을 보완하여 육성할 때 비교적 가치있는 나무로 자랄 가능성이 있는 나무들이다. 그러나 4등급에 속하는 나무는 필요에 따라 잔존시켜 육성할 수도 있지만 육림에 따른 형질 개량 및 그 가치의 개선은 크게 기대하기 어려운 나무로 분류되며 경우에 따라서는 간벌 등을 통해 제거하고 새로 조림하는 것이 보다 바람직할 수도 있는 나무들이다. 또한 5등급에 속하는 나무들은 대단히 불량한 형질을 지닌 나무들로 가능한 한 별채한 후에 갱신 조림을 실시하는 것이 좋다고 판단되는 나무들이다.

이와 같은 관점은 전통 임업적인 경영목적 하에 우량한 목재 생산에 초점을 맞추어 수형급을 평가한 테라사키나 Hawley의 평가 기준에 준해서 제시한 평가 기준이며 경영목적에 다른 요소가 반영될 경우에는 평가기준을 새롭게 설정할 필요가 있다.

또한 이와 같은 등급을 정량적인 개념 하에 평균치를 산출하여 해석하는 것에 상당한 무리가 있지만 본 연구에서는 전체적인 실태를 종합하여 보다 간편하게 설명하기 위해 조사된 값을 합하여 평균하는 방법을 도입하였기 때문에 결과의 해석을 절대적인 값의 개념으로 이해하지 않는 것이 필요하다

표 2-19~2-23에서는 덕유산, 지리산, 가리왕산, 백운산, 포항 지역의 계곡 및 그 부근 지역에 분포하는 참나무류 우점 천연림 내의 주요 분포 수종들에 대한 수종별 수형급 분석 결과의 평균치를 보여주고 있다.

표 2-19와 같이 덕유산 지역에서 상층 임관을 구성하고 있는 졸참나무, 굴참나무 등이 대부분의 조사 형질에서 1.00~2.50 등급 안팎으로 평가되고 있는데 이는 다른 입지의 참나무류 주요 수종의 수형급 관련 형질의 평균치와 비교하여 다소 양호한 형질로 평가된다. 특히 굴참나무는 졸참나무에 비해서도 우수한 형질을 보이는 개체목들이 많았으며 소나무나 산벚나무 및 기타 수종에 비해서는 거의 1등급 가까운 차이를 보이고 있었다.

그러나 중층 임관에 속하는 나무들은 조사된 대부분의 주요 수종들이 상층임관을 구성하는 개체목보다 열등한 형질을 보여 평가된 모든 형질에서 3-4 등급을 지니고 있었다. 그러나 중, 하층에서 자라고 있는 나무들이 상층목에 피압된 상태로 자라면서 불리한 조건에 놓일 수밖에 없으며 또 어린 나무의 특성상 지하고비나 수관특성, 통직성 등이 상층목에 비해 열악한 모습을 보일 수밖에 없다는 점을 고려하여 이를 무육 관리여부에 반영할 필요가 있다. 특히 이들 어린 나무들은 성장하는 과정에서 형질의 개선을 기대할 수 있기 때문에 그 가능성을 충분히 고려하여 존치 또는 무육여부를 결정할 필요가 있다. 이와 같은 점을 충분히 고려하면 3등급에 미달하는 일부 개체목 또한 적극적으로 무육하여 상위 등급으로 육성할 수도 있다.

표 2-19. 덕유산의 계곡 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.5 ±0.5	1.7 ±0.4	2.5 ±0.3	1.0 ±0.2	졸참나무	3.2 ±0.4	3.5 ±0.3	4.0 ±0.2	3.2 ±0.6
굴참나무	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.0 ±0.2	1.5 ±0.3	물푸레나무	3.1 ±0.3	3.3 ±0.5	3.6 ±0.6	3.5 ±0.3
산벚나무	2.6 ±0.4	2.5 ±0.4	2.5 ±0.6	1.7 ±0.2	매죽나무	3.2 ±0.4	3.2 ±0.3	3.3 ±0.4	3.2 ±0.4
소나무	2.8 ±0.4	2.6 ±0.5	2.6 ±0.2	2.0 ±0.3	회나무	3.5 ±0.3	3.2 ±0.6	3.5 ±0.6	3.3 ±0.4
기타수종	2.8 ±0.6	2.5 ±0.4	2.7 ±0.4	2.1 ±0.5	기타수종	3.5 ±0.4	3.5 ±0.5	3.5 ±0.4	3.4 ±0.6

표 2-20에 제시된 내용처럼 지리산의 상층 임관을 구성하는 개체목들의 공간배치는 대부분 1~2등급으로 양호한 편이며 졸참나무나 신갈나무에서는 나머지 형질도 대부분 2~3등급 이내로 보통 이상의 등급을 지닌 나무들이 많았다. 그러나 층층나무, 고로쇠나무, 가래나무를 포함하여 기타 수종들은 일부 형질에서 3등급 이하로 떨어지는 개체들이 다수 분포하고 있었다.

중층 임관을 구성하는 개체목들은 덕유산에서와 같이 주요 수종 대부분이 3~4등급 이하의 개체를 다수 포함하고 있어 이들의 무육 또는 제거 여부를 결정하는 과정에서 차후 형질 개선 가능 여부를 신중하게 고려하여 결정할 필요가 있다. 특히 지하고비나 수관특성, 통직성은 성장과정에서 어느 정도 개선 가능성을 예측할 수 있지만 공간배치는 성장과정에서 더욱 열악한 조건으로 변할 수 있다는 점을 고려하는 것이 중요하다.

표 2-20. 지리산의 계곡 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.6 ±0.5	1.5 ±0.4	2.8 ±0.3	1.2 ±0.2	신갈나무	3.0 ±0.4	3.3 ±0.3	4.0 ±0.2	3.0 ±0.4
졸참나무	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.0 ±0.2	1.5 ±0.3	졸참나무	3.1 ±0.3	3.2 ±0.4	3.5 ±0.4	3.0 ±0.3
층층나무	3.0 ±0.3	2.5 ±0.4	2.5 ±0.5	2.0 ±0.4	당단풍	3.3 ±0.4	3.2 ±0.4	3.5 ±0.3	3.5 ±0.4
고로쇠나무	3.0 ±0.4	2.2 ±0.5	2.0 ±0.2	1.6 ±0.4	층층나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.4	3.2 ±0.6	3.0 ±0.4
가래나무	2.5 ±0.3	2.4 ±0.4	2.5 ±0.6	2.0 ±0.4	산뽕나무	3.0 ±0.4	2.6 ±0.6	3.6 ±0.5	3.0 ±0.2
기타수종	3.0 ±0.5	2.5 ±0.6	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.5 ±0.5	3.4 ±0.5	3.6 ±0.4	3.5 ±0.5

표 2-21. 가리왕산의 계곡 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.8 ±0.6	2.0 ±0.4	3.0 ±0.5	1.5 ±0.4	신갈나무	3.0 ±0.3	3.3 ±0.3	3.5 ±0.5	3.0 ±0.4
고로쇠나무	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.0 ±0.2	1.5 ±0.3	당단풍	3.0 ±0.5	3.5 ±0.3	3.5 ±0.4	3.0 ±0.3
피나무	3.0 ±0.3	2.5 ±0.4	2.6 ±0.4	2.0 ±0.4	생강나무	3.3 ±0.5	3.5 ±0.3	3.5 ±0.6	3.3 ±0.5
물푸레나무	2.8 ±0.4	2.5 ±0.5	2.4 ±0.2	1.6 ±0.4	물푸레나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.2 ±0.6	3.0 ±0.5
층층나무	2.5 ±0.8	2.4 ±0.5	2.5 ±0.6	2.0 ±0.4	쪽동백	3.0 ±0.5	2.6 ±0.6	3.6 ±0.4	3.0 ±0.4
기타수종	2.6 ±0.5	2.4 ±0.4	2.7 ±0.4	2.0 ±0.5	기타수종	3.5 ±0.5	3.3 ±0.4	3.5 ±0.6	3.2 ±0.5

표 2-21에는 가리왕산에서 조사된 형질분석 자료를 제시하고 있으며 지리산과 같이 상층 임관을 구성하는 개체목들의 공간배치는 수종별로 대부분 1-2등급에 속해 양호한 편이라고 할 수 있다. 그러나 지하고비 등 나머지 형질은 대부분 2~3등급 또는 그 이하를 보이는 개체목이 많았다. 특히 신갈나무는 고로쇠나무보다 열악한 형질을 보이는 개체가 많아 육림과정에서 이들을 제거하면 전체적으로 신갈나무의 우점도가 떨어질 수도 있다.

중층 임관을 구성하는 수목들도 다른 지역에서와 같이 3~4 등급에 속하는 개체목들이 많아 적극적인 육림을 시도할 경우에 상당수의 개체들은 제거될 수도 있다.

표 2-22. 백운산의 계곡 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.8 ±0.4	2.5 ±0.5	2.4 ±0.2	1.8 ±0.4	졸참나무	3.0 ±0.3	3.3 ±0.3	3.5 ±0.5	3.0 ±0.4
굴참나무	2.5 ±0.8	2.4 ±0.5	2.8 ±0.6	2.0 ±0.4	굴참나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.4	4.0 ±0.3	3.5 ±0.3
소나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.6	2.5 ±0.5	1.5 ±0.5	매죽나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.3 ±0.3	3.5 ±0.4
산벚나무	2.8 ±0.4	2.5 ±0.5	3.1 ±0.2	1.5 ±0.5	산벚나무	3.1 ±0.4	2.5 ±0.4	3.5 ±0.4	3.3 ±0.4
기타수종	2.6 ±0.5	2.7 ±0.5	2.8 ±0.3	2.0 ±0.5	기타수종	3.5 ±0.5	3.5 ±0.5	3.5 ±0.4	3.5 ±0.5

표 2-23. 포항 지역의 산 계곡 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.5 ±0.4	2.3 ±0.5	2.0 ±0.2	1.8 ±0.4	졸참나무	3.0 ±0.3	3.3 ±0.3	3.5 ±0.5	3.0 ±0.4
굴참나무	2.5 ±0.8	2.5 ±0.5	2.5 ±0.6	2.0 ±0.4	굴참나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.4	4.0 ±0.3	3.5 ±0.3
물푸레나무	2.5 ±0.3	2.5 ±0.4	2.5 ±0.6	2.0 ±0.4	매죽나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.3 ±0.3	3.5 ±0.4
개서어나무	2.5 ±0.5	2.6 ±0.4	2.8 ±0.5	1.5 ±0.4	생강나무	3.1 ±0.4	2.5 ±0.4	3.6 ±0.4	3.3 ±0.4
고로쇠나무	2.5 ±0.4	2.5 ±0.4	3.0 ±0.2	2.5 ±0.4	개암나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.6	3.5 ±0.3	3.5 ±0.5
기타수종	2.6 ±0.5	2.5 ±0.5	2.8 ±0.4	2.5 ±0.4	기타수종	3.5 ±0.4	3.3 ±0.4	3.5 ±0.5	3.5 ±0.3

표 2-22와 표 2-23에는 백운산 지역과 포항 지역에서 분석한 개체목들의 수형급 관련 형질 분석자료를 보여주고 있다. 상층 입관을 구성하는 개체목들의 경우에 양 지역 다같이 공간배치는 대부분의 개체들이 1~2등급을 지니고 있어 양호한 편이지만 나머지 형질에서는 전체적으로 2~3등급의 개체들이 많아 다소 떨어지는 형질을 지니고 있다. 또한 굴참나무나 졸참나무도 나머지 수종들이 지니고 있는 등급과 유사한 등급을 보이고 있다. 중층을 구성하는 개체목들 역시 조사된 모든 주요 수종에서 다른 지역과 비슷하게 3~4 등급을 지니고 있었다.

표 2-24. 전체 조사지역 내 계곡 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 총체적인 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.3 ±0.4	1.7 ±0.4	2.3 ±0.3	1.0 ±0.2	졸참나무	3.0 ±0.4	4.0 ±0.3	4.0 ±0.2	3.0 ±0.6
굴참나무	2.6 ±0.5	2.4 ±0.5	2.7 ±0.4	1.5 ±0.6	굴참나무	3.2 ±0.3	3.2 ±0.4	3.5 ±0.6	3.2 ±0.4
신갈나무	2.5 ±0.4	2.5 ±0.4	2.3 ±0.3	1.6 ±0.6	산벚나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.3	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4
산벚나무	2.0 ±0.3	2.5 ±0.4	2.5 ±0.3	2.0 ±0.6	당단풍	3.0 ±0.4	3.0 ±0.6	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
소나무	2.0 ±0.2	2.1 ±0.4	3.1 ±0.2	2.0 ±0.5	층층나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.6	4.0 ±0.5	3.0 ±0.2
물푸레나무	2.5 ±0.6	2.0 ±0.4	3.0 ±0.2	2.0 ±0.6	신갈나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.6	3.0 ±0.2	3.0 ±0.6
층층나무	2.0 ±0.7	2.0 ±0.4	3.0 ±0.3	1.0 ±0.6	비목나무	3.1 ±0.6	3.2 ±0.5	3.5 ±0.6	3.2 ±0.6
고로쇠나무	3.0 ±0.6	3.0 ±0.5	3.0 ±0.2	2.0 ±0.6	물푸레나무	3.0 ±0.5	2.3 ±0.7	3.3 ±0.2	3.0 ±0.6
굴피나무	3.0 ±0.7	3.0 ±0.5	3.0 ±0.1	2.0 ±0.7	산딸나무	2.7 ±0.6	3.0 ±0.6	3.7 ±0.3	3.0 ±0.5
박달나무	2.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.0 ±0.3	1.0 ±0.6	산뽕나무	2.0 ±0.6	3.0 ±0.6	4.0 ±0.6	3.0 ±0.6
기타수종	2.5 ±0.5	2.7 ±0.4	2.9 ±0.4	2.2 ±0.4	기타수종	3.5 ±0.5	3.3 ±0.4	3.8 ±0.4	3.4 ±0.5

표 2-24에서는 조사지역 전체를 종합하여 계곡 및 그 부근에 분포하는 개체목들의 형질 평균치를 제시하고 있다.

계곡 및 그 부근에 분포하는 개체목들 중에서 상층 임관을 구성하고 있는 나무들 대부분의 공간배치는 비교적 양호한 수준을 유지하고 있어 현재 수준에서 제거해야될 수목은 많지 않다고 할 수 있지만 기타 조사된 형질에서는 고로쇠나무나 굴피나무 등에서 보통 또는 그 이하의 형질을 보이는 개체가 상당수 분포하고 있어 그 일부는 제거할 필요가 있다.

전체적으로 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 등이 대부분의 조사 형질에서 1.0~2.7 등급 안팎으로 평가되어 상당수의 개체목들은 그대로 보호 육성하거나 일부 육림작업을 통해서 형질을 개선할 필요가 있다. 이는 다른 입지에서 조사된 참나무류 주요 수종의 수형급 평균치와 비교하여 다소 양호한 형질로 평가된다. 또한 같은 입지에서도 다른 수종들의 수형급 평균치와 비교할 때 비슷한 수준이거나 일부 수종보다는 다소 좋은 형질 등급을 나타내고 있어 수형급 위주로 정성간별을 실시한다면 참나무류는 상대적으로 잔존 보육되는 비율이 높아지거나 최소한 현재의 구성비율은 유지될 것으로 예상된다.

중층을 구성하는 개체목들은 모든 수종에서 상층임관을 구성하는 수목들의 수형급보다 불

량한 모습을 보이는 개체들이 증가되어 전체 평균 3.0~4.0 등급 전후의 형질을 나타내고 있다. 이와 같은 점은 졸참나무나 굴참나무, 신갈나무에서도 여타 수종과 동일한 수준으로 평가된다.

중층을 이루는 개체목들의 수형급이 전체적으로 상층보다 불량하다는 사실에서 감안할 점은 본질적으로 어린 중층 수목이 조사된 대부분의 특성에서 현재 상태의 형질을 지닐 수밖에 없다는 점이다. 이와 같은 점은 상층 수목의 피압이나 주변 중, 하층 식생과의 경합에서 비롯할 수도 있으며 지하고비나 수관특성 등 어린 나무가 지니고 있는 고유 수형이 대부분 낮은 형질로 표현될 수밖에 없다는 사실로도 설명할 수 있다.

이와 같은 형질은 중층의 수목이 상층으로 자라 올라가면서 상당 부분 개선될 것으로 판단된다. 그러나 앞으로 이들이 후계림의 상층목으로 발달하는 과정에서 보다 양호한 형질을 지닌 수목으로 자라도록 하고 임분의 전체적인 질을 개선하기 위해서는 적절한 간벌이나 가지치기, 제벌 등의 무육관리 시업을 강화할 필요가 있다.

이러한 수형급 관련 분석자료는 양질의 목재 생산을 중심으로 하는 전통적인 임업경영을 전제로 할 때 앞으로 참나무류를 비롯한 모든 임분의 갱신이나 합리적인 무육작업을 시도하는 과정에서 임분 전체의 생태적인 측면과 함께 필수적으로 고려해야 할 주요 자료로 활용될 수 있으며 이와 같은 자료를 충분히 고려하여 임분의 갱신 및 형질 개선을 시도한다면 보다 양호한 형질을 지닌 생산적인 임분으로 유도할 수 있을 것이다.

표 2-25~2-30은 덕유산, 지리산, 가리왕산, 백운산, 포항 지역과 이들 전체 지역을 종합하여 조사 지역의 능선 및 그 부근 지역에 분포하는 참나무류 우점 천연림 내에 선정된 조사구의 주요 분포 수종들에 대한 수종별 수형급 관련 형질의 분석 결과에 대한 평균치를 보여주고 있다.

표 2-25에서 표 2-29까지의 덕유산, 지리산, 가리왕산, 백운산, 포항 지역 조사자료를 상호 비교할 때, 능선 및 그 부근 지역에서도 조사지역에 따른 형질 차이는 대상 형질이나 수종에 따라 일부 약간의 차이를 보이는 것으로 분석되지만 전체적으로 볼 때 조사 지역 간의 차이는 별로 크지 않다고 판단되며 앞에서 설명한 계곡 및 그 부근 지역과 비교할 경우에도 조사된 형질이나 수종 별로 약간의 차이는 엿보이지만 그 차이를 분명하게 구분할 정도의 차이는 인정되지 않았다.

각 조사지역별 상층 임관을 구성하고 있는 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 등이 대부분의 조사 형질에서 1.0~2.8 등급 안팎으로 평가되고 있는데 반해 이들 임분에 출현하는 산벚나무, 서어나무, 노각나무, 피나무, 거제수나무, 물푸레나무 등의 조사 형질은 1.5~3.0 등급으

로 평가되어 임분을 구성하는 여타 주요 수종의 수형급 평균치와 비교하여 참나무류 주요 수종들의 형질은 다소 양호한 것으로 평가되었다.

표 2-25. 덕유산의 능선 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.4 ±0.4	2.3 ±0.5	2.2 ±0.4	1.5 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.5	3.5 ±0.5	3.0 ±0.4
굴참나무	2.5 ±0.6	2.4 ±0.5	2.5 ±0.6	1.5 ±0.4	굴참나무	3.0 ±0.4	2.4 ±0.4	3.5 ±0.5	3.0 ±0.5
신갈나무	2.5 ±0.3	2.5 ±0.4	2.5 ±0.6	1.5 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.5	3.1 ±0.5	3.5 ±0.3	3.0 ±0.5
산벚나무	2.7 ±0.5	2.4 ±0.5	2.8 ±0.5	2.0 ±0.4	매죽나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.5 ±0.5	3.2 ±0.4
소나무	2.4 ±0.4	2.5 ±0.4	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	쪽동백	3.0 ±0.3	3.0 ±0.4	3.0 ±0.3	3.3 ±0.6
기타수종	2.6 ±0.5	2.6 ±0.4	2.5 ±0.6	2.0 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.4	3.2 ±0.5	3.5 ±0.5	3.4 ±0.5

표 2-26. 지리산의 능선 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.5 ±0.4	2.3 ±0.5	2.7 ±0.4	1.5 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4
졸참나무	2.5 ±0.6	2.4 ±0.5	2.5 ±0.6	1.5 ±0.4	졸참나무	3.0 ±0.4	2.4 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6
소나무	2.7 ±0.3	2.5 ±0.4	2.8 ±0.6	1.5 ±0.5	굴참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
굴참나무	2.5 ±0.5	2.4 ±0.5	2.0 ±0.5	2.0 ±0.4	산벚나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.5 ±0.5	3.2 ±0.4
산벚나무	2.4 ±0.3	2.5 ±0.4	3.0 ±0.4	2.5 ±0.6	생강나무	3.5 ±0.3	3.0 ±0.4	3.0 ±0.3	3.5 ±0.5
기타수종	2.5 ±0.6	2.4 ±0.4	2.6 ±0.6	2.2 ±0.5	기타수종	3.5 ±0.5	3.1 ±0.5	3.3 ±0.5	3.4 ±0.5

각 조사지역에 분포하는 참나무류의 수형급 특성은 수종간에 대체로 비슷한 평균치를 보였으나 부분적으로 신갈나무와 졸참나무보다는 굴참나무의 지하고비, 통직성 등이 전반적으로 약간 우수한 상태를 보였다.

조사된 형질에서 상층 임관의 공간배치 특성은 다른 형질에 비해 전체적으로 양호한 모습을 보여 전체 조사 지역에서 대부분 1.5 ~ 2.5 등급의 평균치를 보이는 것으로 평가되는 반

면에 지하고비를 포함한 나머지 형질은 대부분 2.5 ~ 3.0 전후의 다소 낮은 형질을 유지하고 있었다.

표 2-27. 가리왕산의 능선 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.5 ± 0.4	2.3 ± 0.5	2.5 ± 0.4	1.0 ± 0.5	신갈나무	3.0 ± 0.3	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5
피나무	2.5 ± 0.6	2.4 ± 0.5	2.5 ± 0.5	1.5 ± 0.5	당단풍	3.5 ± 0.5	2.4 ± 0.4	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5
거제수나무	2.5 ± 0.3	2.5 ± 0.4	2.7 ± 0.6	1.5 ± 0.5	노린재나무	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5
물푸레나무	2.5 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.8 ± 0.5	2.0 ± 0.5	산뽕나무	3.0 ± 0.5	2.5 ± 0.5	3.5 ± 0.5	3.0 ± 0.4
고로쇠나무	2.4 ± 0.3	2.5 ± 0.4	3.0 ± 0.4	2.5 ± 0.6	개암나무	3.5 ± 0.5	3.0 ± 0.4	3.0 ± 0.5	3.5 ± 0.5
기타수종	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.6	2.6 ± 0.4	2.2 ± 0.5	기타수종	3.5 ± 0.4	3.3 ± 0.4	3.6 ± 0.7	3.2 ± 0.6

표 2-28. 백운산의 능선 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
줄참나무	2.5 ± 0.4	2.0 ± 0.5	2.5 ± 0.4	1.0 ± 0.5	줄참나무	3.0 ± 0.3	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5
굴참나무	2.6 ± 0.6	2.4 ± 0.5	2.5 ± 0.5	2.0 ± 0.5	굴참나무	3.0 ± 0.5	2.5 ± 0.6	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5
신갈나무	2.5 ± 0.3	2.0 ± 0.4	2.5 ± 0.4	1.5 ± 0.5	신갈나무	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.4	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5
소나무	3.0 ± 0.5	2.0 ± 0.5	2.8 ± 0.5	2.0 ± 0.4	나도밤나무	3.0 ± 0.5	2.5 ± 0.5	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.4
물푸레나무	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.4	2.6 ± 0.4	2.5 ± 0.5	생강나무	3.4 ± 0.5	3.0 ± 0.4	3.0 ± 0.5	3.0 ± 0.5
기타수종	2.6 ± 0.5	2.5 ± 0.4	2.6 ± 0.5	2.3 ± 0.4	기타수종	3.5 ± 0.5	3.3 ± 0.5	3.5 ± 0.5	3.4 ± 0.5

또한 임분의 중·하층을 구성하는 수종들은 상층 임관의 피압에 의한 열악한 무기환경의 영향과 임분 하층 수종의 종간 경쟁 등으로 전 조사지역에서 상층 임관을 구성하는 수종들의 수형급보다 불량한 모습을 보이는 개체들이 많은 것으로 조사되었다. 이와 같은 점은 줄참나무나 굴참나무, 신갈나무 등의 참나무류에서도 마찬가지이다. 이 때문에 이들 중 하층

수종의 전체적인 수형급 관련 형질은 평균 2.5~4.0 등급을 보이면서 불량한 모습을 보이는 개체들이 많이 분포되었다.

그러나 이와 같이 상층 임관을 구성하는 수목보다 중, 하층을 구성하는 어린 수목들은 본질적으로 형질 평가에서 하위의 등급으로 분류될 수밖에 없는 점과 이와 같은 형질 등급이 수목의 성장 발달 과정에서 어느 정도까지는 자연적으로 개선될 가능성이 있다는 점도 앞으로 이들 임분의 무육 또는 경영관리 과정에서 심도 있게 고려할 필요가 있다.

표 2-29. 포항지역의 산 능선 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림 내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.0 ±0.5	1.0 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
굴참나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.3	1.5 ±0.5	1.5 ±0.5	굴참나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.6	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
신갈나무	2.5 ±0.4	2.5 ±0.4	2.5 ±0.4	1.5 ±0.5	생강나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
소나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.4	신갈나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4
산벚나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.6	2.5 ±0.4	2.5 ±0.5	매죽나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	2.6 ±0.5	2.6 ±0.5	2.5 ±0.3	2.2 ±0.6	기타수종	3.4 ±0.5	3.5 ±0.4	3.5 ±0.4	3.4 ±0.5

표 2-30에서는 전체 조사 지역의 조사구 평가 자료를 종합하여 능선 및 그 주변에 분포하는 참나무류 우점 임분을 구성하는 주요 수종들의 수형급 관련 인자들을 총체적으로 요약 분석한 결과로 참나무류 주요 수종들의 형질이 다른 수종들에 비해 부분적으로 양호한 모습을 보이지만 전체적으로 평가할 때 다른 수종과 분명한 차이를 보이면서 우수한 형질을 나타내고 있다고 할 수는 없었다.

전체적으로 이들 임분을 구성하는 다양한 수종의 개체목들은 수종 또는 조사 인자 별로 다양한 형질 등급을 보이면서 상층 또는 중층 임관을 이루고 있었다. 그러나 이를 종합하여 평균치를 비교할 때, 상층 임관에서 졸참나무 굴참나무, 신갈나무의 수형급 관련 인자 대부분은 1.3~3.0 등급의 형질을 보이고 있는데 반해 산벚나무, 층층나무, 굴피나무 등은 일부 수종의 특정 형질에서 열악한 모습을 보이는 개체들이 많아 그 평균치가 1.5~4.0 등급까지 평가되었다. 그러나 대부분의 수종이 조사된 형질에서 2.5~3.0 전후의 평균치를 보여 상호간에 미미한 차이를 보여주었다.

수종의 특성상 소나무와 같은 침엽수는 참나무류를 포함하여 기타 활엽수들 보다 일부 특성에서 우수한 형질을 보이는 것으로 판단된다.

또한 다른 조사입지와 마찬가지로 중·하층 임관을 구성하는 수종들은 전체적으로 그 평균치가 2.0~4.0 등급으로 평가되어 상층에 비해 다소 열악한 형질을 보이고 있었다.

표 2-30. 전체 조사지역 내 능선 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 총체적인 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
줄참나무	3.0 ±0.3	2.8 ±0.3	2.9 ±0.3	1.9 ±0.3	줄참나무	2.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.7	4.0 ±0.3
굴참나무	2.5 ±0.5	2.2 ±0.5	2.3 ±0.5	1.5 ±0.5	굴참나무	2.8 ±0.5	2.9 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
신갈나무	2.5 ±0.5	1.8 ±0.5	2.6 ±0.5	1.3 ±0.5	신갈나무	2.0 ±0.3	3.0 ±0.5	3.0 ±0.3	3.0 ±0.4
소나무	3.0 ±0.3	2.0 ±0.2	1.3 ±0.4	1.7 ±0.4	매죽나무	4.0 ±0.6	3.0 ±0.2	2.0 ±0.6	3.0 ±0.3
산벚나무	2.0 ±0.3	2.0 ±0.1	4.0 ±0.3	2.0 ±0.4	비목나무	3.5 ±0.6	3.0 ±0.3	3.5 ±0.4	3.0 ±0.3
층층나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.3	3.0 ±0.5	2.0 ±0.3	층층나무	2.5 ±0.4	3.0 ±0.3	3.5 ±0.3	3.0 ±0.3
굴피나무	2.0 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.2	1.5 ±0.2	쪽동백	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5	4.0 ±0.6	3.0 ±0.2
박달나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.6	3.0 ±0.5	2.0 ±0.4	생강나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.6	4.0 ±0.5	3.0 ±0.5
오리나무	2.5 ±0.5	2.2 ±0.5	3.3 ±0.5	1.8 ±0.5	물푸레나무	3.0 ±0.5	4.0 ±0.5	4.0 ±0.5	3.0 ±0.5
다릅나무	3.0 ±0.3	2.2 ±0.4	2.4 ±0.4	1.6 ±0.2	소나무	2.0 ±0.2	3.0 ±0.2	4.0 ±0.4	3.0 ±0.5
기타수종	2.9 ±0.5	2.5 ±0.5	2.6 ±0.4	2.0 ±0.5	기타수종	3.5 ±0.3	3.2 ±0.6	3.5 ±0.5	3.3 ±0.5

표 2-31~표 2-35에서는 각 조사지역별로 산의 상복부 및 그 부근 사면의 조사구 내에 분포하는 참나무류 우점 천연림에서 수종별로 수형급 관련 인자들에 대해 조사한 결과를 제시하고 있다.

덕유산, 지리산, 가리왕산지역에서 신갈나무나 줄참나무, 굴참나무의 경우에 지역이나 수종 또는 수형급 관련 인자 별로 평균치가 3.0을 보이는 경우도 있지만 대부분의 측정 평균치는 2.0~2.5 전후에 속하며 공간배치 특성을 포함하여 일부 형질에서는 수종이나 지역별로 1.0~1.5 안팎의 양호한 평균치를 보이고 있었다.

이들 지역의 임분 내에 분포하는 다른 수종들에 대해서 조사된 형질의 평균 등급 또한 대부분 2.5~3.0 전후로 참나무류와 비교하여 큰 차이는 없지만 특정 수종이나 특정 형질 별로

참나무류에 비해 다소 열등한 모습을 보일 때가 있었다.

조사된 형질 중에서는 상층 수목의 공간배치 특성이 대부분 1.0~2.0 안팎으로 다른 형질에 비해서 전체적으로 양호한 평균치를 보이고 있지만 하층 수목에서는 공간배치 특성 또한 3.0 이상의 평균치를 보이고 있다.

표 2-31. 덕유산의 상북부 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.5 ±0.5	2.0 ±0.5	3.0 ±0.5	1.0 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
졸참나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.3	2.7 ±0.5	1.5 ±0.5	당단풍	3.0 ±0.5	2.5 ±0.6	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
굴참나무	2.5 ±0.4	2.0 ±0.4	2.5 ±0.4	2.0 ±0.6	철쭉	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
산벚나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4
소나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.6	2.5 ±0.4	2.0 ±0.4	노각나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.7	3.0 ±0.5
기타수종	2.7 ±0.6	2.5 ±0.5	2.7 ±0.5	2.0 ±0.6	기타수종	3.3 ±0.5	3.5 ±0.4	3.3 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-32. 지리산의 상북부 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.5 ±0.4	2.0 ±0.5	3.0 ±0.5	1.0 ±0.5	당단풍	3.2 ±0.5	3.0 ±0.5	3.5 ±0.5	3.0 ±0.5
노각나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.3	2.5 ±0.5	1.5 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6
졸참나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.4	2.5 ±0.4	2.0 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
굴참나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	주목	3.0 ±0.4	2.0 ±0.5	2.5 ±0.3	3.0 ±0.4
주목	3.5 ±0.5	2.5 ±0.6	2.0 ±0.4	2.0 ±0.5	피나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
기타수종	2.8 ±0.5	2.5 ±0.5	2.7 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.5	3.0 ±0.5	3.4 ±0.5	3.2 ±0.5

백운산과 포항 지역에서 상층입관을 구성하고 있는 참나무류의 수형급 관련 인자는 전반적으로 1.0~2.0 안팎으로 덕유산, 지리산, 가리왕산의 평균치보다 다소 양호한 등급을 보이고 있다. 그러나 조사된 여타 수종의 형질 별 평균치는 다른 지역과 마찬가지로 2.5~3.0 전

후의 값을 보이고 있었다.

이들 지역 임분의 중·하층을 구성하는 참나무류 수종과 기타 수종 대부분의 형질 평균치는 전체 조사지역에서 대부분 2.5~3.5 안팎으로 상층 임관을 구성하는 수목들의 형질보다 다소 불량한 모습을 보였다.

표 2-33. 가리왕산의 상북부 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.5 ±0.4	1.5 ±0.5	3.0 ±0.5	1.0 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
물푸레나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.3	2.5 ±0.5	1.5 ±0.5	당단풍	3.0 ±0.5	2.5 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6
고로쇠나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.4	2.5 ±0.4	2.0 ±0.6	피나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
피나무	3.0 ±0.6	2.0 ±0.5	3.0 ±0.5	1.0 ±0.5	노린재나무	3.2 ±0.4	3.0 ±0.5	3.5 ±0.3	3.0 ±0.6
거제수나무	3.5 ±0.5	2.0 ±0.6	2.5 ±0.4	2.0 ±0.5	고로쇠나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
기타수종	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.7 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.4	3.2 ±0.5	3.4 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-34. 백운산의 상북부 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.0 ±0.4	1.0 ±0.5	2.0 ±0.5	1.0 ±0.5	신갈나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
졸참나무	3.0 ±0.5	1.0 ±0.3	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	노각나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6
소나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.4	2.5 ±0.4	2.0 ±0.6	졸참나무	2.5 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
노각나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	3.0 ±0.4	1.5 ±0.5	소나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.5 ±0.3	3.5 ±0.5
물푸레나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.5 ±0.4	2.0 ±0.5	쇠물푸레나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
기타수종	2.9 ±0.5	2.2 ±0.5	2.4 ±0.5	2.5 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.5	3.2 ±0.5	3.4 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-35. 포항 지역의 산 상복부 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.0 ±0.4	1.0 ±0.5	2.0 ±0.5	1.0 ±0.5	신갈나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.7	3.0 ±0.5
졸참나무	3.0 ±0.5	1.5 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.4	졸참나무	2.5 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
굴참나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.5 ±0.5	1.5 ±0.5	굴참나무	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4
소나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.2	3.0 ±0.4	2.0 ±0.5	비목나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.5 ±0.5	3.2 ±0.5
물푸레나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.5 ±0.4	2.0 ±0.4	산뽕나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.3 ±0.6
기타수종	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.6 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.4	3.0 ±0.5	3.2 ±0.5	3.3 ±0.5

표 2-36. 전체 조사지역 내 상복부 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 총체적인 수형급 관련 형질 분석

수종	상층				수종	중층			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.8 ±0.5	2.3 ±0.2	2.8 ±0.2	1.5 ±0.2	신갈나무	2.3 ±0.4	3.0 ±0.2	3.3 ±0.5	3.0 ±0.2
졸참나무	2.6 ±0.2	2.5 ±0.2	3.0 ±0.2	1.6 ±0.2	졸참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.2	3.5 ±0.2	3.0 ±0.2
굴참나무	2.5 ±0.6	2.2 ±0.4	2.2 ±0.2	1.7 ±0.4	당단풍	3.0 ±0.2	3.0 ±0.5	3.7 ±0.3	3.3 ±0.5
물푸레나무	2.0 ±0.6	2.0 ±0.3	2.5 ±0.4	2.0 ±0.3	굴참나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.2	4.0 ±0.4	3.0 ±0.2
소나무	2.0 ±0.4	2.8 ±0.4	2.3 ±0.3	1.3 ±0.4	노각나무	3.7 ±0.4	2.3 ±0.3	3.7 ±0.3	3.3 ±0.3
노각나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.5	4.0 ±0.4	2.0 ±0.5	피나무	2.0 ±0.3	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
고로쇠나무	3.0 ±0.4	2.0 ±0.2	3.0 ±0.5	1.0 ±0.2	소나무	2.0 ±0.4	3.0 ±0.3	3.0 ±0.5	3.0 ±0.2
피나무	2.0 ±0.5	2.3 ±0.3	2.7 ±0.2	1.3 ±0.4	비목	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.2	3.0 ±0.3
거제수나무	3.0 ±0.2	2.5 ±0.4	3.2 ±0.4	2.9 ±0.3	산뽕나무	4.0 ±0.2	2.0 ±0.5	3.0 ±0.2	3.0 ±0.4
기타수종	3.0 ±0.5	2.7 ±0.5	3.0 ±0.5	2.2 ±0.4	기타수종	3.3 ±0.5	3.2 ±0.5	3.5 ±3.7	3.3 ±0.5

표 2-36은 전체 조사 지역 산의 사면 상복부 조사구에 분포하는 주요 수종들의 수형급 관련 인자를 합하여 총체적인 평균치로 요약한 결과를 제시하고 있다.

상층 임관을 구성하는 수목들 중에서 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무의 형질 평균치는 공간 배치 특성에서 1.5~1.7, 나머지 형질에서는 2.2~3.0의 평균치를 보이고 있으며 다른 수종들

은 수종별로 차이를 보여 소나무나 피나무는 조사된 모든 형질이 1.3~2.8을 기록하고 있는 반면에 노각나무나 거제수나무는 2.0~4.0까지 수종이나 조사 형질별로 다소 불량한 형질을 보여주고 있었다. 이들 임분의 무육 관리에서 이와 같은 수종간 차이가 수종별 고유의 형질 때문에 서로 차이가 있을 수 있는 점을 고려하여 신중히 다룰 필요가 있다.

중층 임관을 구성하는 주요 수종들의 형질 평균치는 수종별 그리고 평가형질 별로 일부 변이를 보이고 있지만 대부분 3.0~4.0 안팎의 평균치를 보여 상층 임관을 구성하는 수종에 비해 전체적으로 불량한 모습을 보이고 있었다. 이와 같은 점은 졸참나무나 신갈나무, 굴참나무에서도 다른 수종과 크게 다르지 않은 모습이다.

전체적으로 평가할 때, 사면 상북부에서 조사된 수형급 관련 인자의 분석 결과는 능선이나 계곡 지역과 비교하여 비슷한 값을 보이는 것으로 평가되며 중층 수목은 상층보다 불량한 모습을 보이는 것도 다른 지역과 별 차이가 없다. 이들 지역에 대한 현재 임분의 무육 관리와 차후에 후계림 조성을 위한 갱신과정에서 상층이나 하층의 3~4급목에 대한 처리 방법은 1~2급목이나 5급목과 달리 결정에 많은 어려움이 있을 것으로 판단되며 이 과정에서 경영의 목적이나 기대하는 목표를 신중히 고려하면서 현재의 임분이 지니고 있는 형질의 평균 실태 및 이에 영향을 미치는 입지 및 임분 환경을 결정 과정에 반영할 필요가 있다. 또한 중층 임관을 구성하는 수목에 대해서는 보다 융통성있게 여유를 두어 판단하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 2-37~표 2-41에서는 각 조사 지역 별로 산의 중북부 및 그 부근에 분포하는 참나무류 우점 천연림내 조사구에 출현하는 수목들에 대해 수종별 수형급 관련 인자들을 분석한 결과를 제시하고 있다.

산의 중북부에서 참나무류 주요 수종들의 수형급 관련 형질의 평균치는 조사된 지역 대부분에서 1.0~2.5 안팎의 비교적 양호한 값을 보여주고 있었다. 또한 다른 조사 지역과 마찬가지로 이들의 공간배치 특성은 대부분 1.0~1.5의 평균치를 보여 다른 형질보다 특별히 더 양호한 조건을 유지하고 있었다.

조사 지역이나 수종 또는 조사된 형질별로 다소간의 차이는 있지만 다른 수종에 대해서 조사된 형질의 평균치 또한 산의 상북부나 능선 지역에 비해서는 약간 개선되는 경향을 엿볼 수 있지만 이를 단정지어 설명하기에는 변이가 다소 불규칙하고 그 차이가 크게 들어 나지 않고 있었다.

덕유산과 포항지역에서 상층임관을 구성하고 있는 굴참나무의 수형급 관련 형질 중에서 통직성 인자는 평균 1.5의 값으로 임분을 구성하는 졸참나무나 신갈나무 및 기타 다른 수종

과 비교할 때 우수한 형질을 지닌 개체목들이 많은 것으로 판단되며 이와 같은 굴참나무의 통직성은 졸참나무나 신갈나무 및 기타 수종의 다른 조사 형질들과 비교하여도 분명히 차이를 나타내고 있다. 따라서 포항지역의 굴참나무 임분은 임분 자체의 목재 생산성을 고려할 때 임분의 형질이 상대적으로 우수한 지역으로 평가할 수 있다.

다른 조사 지역에서도 마찬가지로 임분의 중·하층을 구성하는 참나무류와 기타 다른 수종 모두 전체 조사지역에서 2.5~4.0으로 상층 임관을 구성하는 수목들의 형질보다 불량한 모습을 보이는 개체들이 많은 것으로 조사되었다.

표 2-37. 덕유산의 중북부 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.0 ±0.4	2.0 ±0.6	2.5 ±0.5	1.5 ±0.5	졸참나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
신갈나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.4	2.5 ±0.5	1.5 ±0.4	생강나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
굴참나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	1.5 ±0.5	1.5 ±0.5	물푸레나무	2.5 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
상수리나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.2	2.0 ±0.5	2.0 ±0.6	굴참나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6	3.0 ±0.5
물푸레나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.0 ±0.5	산뽕나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.2 ±0.5
기타수종	3.0 ±0.5	2.4 ±0.5	2.5 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.6	3.2 ±0.5	3.3 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-38. 지리산의 중북부 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.0 ±0.4	2.0 ±0.6	2.5 ±0.5	1.0 ±0.4	비목	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
굴참나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.4	생강나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
느릅나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.7 ±0.5	2.0 ±0.5	쇠물푸레	2.7 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6
귀룽나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.2	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
산뽕나무	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	쪽동백	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.2 ±0.5
기타수종	3.2 ±0.6	2.5 ±0.5	2.8 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	2.9 ±0.3	3.0 ±0.5	3.5 ±0.4	3.5 ±0.5

표 2-39. 가리왕산의 중북부 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.0 ±0.4	2.0 ±0.5	2.5 ±0.3	1.0 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.6	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
물푸레나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	당단풍	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.5 ±0.5	3.0 ±0.4
피나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.6	2.0 ±0.5	피나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.3	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4
고로쇠나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.3	노린재나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
느릅나무	3.0 ±0.4	2.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	물푸레나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	3.0 ±0.5	2.5 ±0.3	2.7 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.2 ±0.5	3.4 ±0.5	3.5 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-40. 백운산의 중북부 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.0 ±0.4	2.0 ±0.5	2.5 ±0.5	1.5 ±0.6	졸참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6	2.5 ±0.5	3.0 ±0.6
굴참나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	굴참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.5 ±0.5	3.0 ±0.4
신갈나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4
소나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.3	노각나무	3.0 ±0.4	2.6 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
산벚나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	때죽나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	2.9 ±0.6	2.7 ±0.5	2.8 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.2 ±0.3	3.2 ±0.5	3.5 ±0.5	3.3 ±0.5

표 2-41. 포항 지역의 산 중북부 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
굴참나무	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	1.5 ±0.5	1.5 ±0.6	굴참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.4
졸참나무	2.3 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4
신갈나무	2.7 ±0.5	2.5 ±0.5	2.7 ±0.4	1.5 ±0.5	생강나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
소나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.4	2.4 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
산벚나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	비목	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	2.9 ±0.6	2.7 ±0.5	2.8 ±0.5	2.0 ±0.4	기타수종	3.3 ±0.5	3.0 ±0.6	3.3 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-42에서는 전체 조사 지역의 산 사면 중북부의 조사구 내에서 파악된 수형급 관련 형질의 총체적인 평가 결과를 요약하여 보여주고 있다.

상층임관을 구성하는 수목들 중에서 참나무류 3 수종의 경우에는 1.0~2.9까지의 평균치를 보여 비교적 양호한 평가등급을 보이고 있으며 나머지 주요 상층구성 수종들 또한 1.0~4.0까지의 범위 내에서 수종이나 형질별로 평가된 평균치에 차이를 보이고 있다. 그러나 전체적으로 볼 때 참나무류보다는 다소 낮은 등급을 보이는 개체목들이 많은 것으로 추산되며 일부 수종에서는 전체적으로 3등급 이하의 다소 불량한 개체들이 많은 것으로 사료된다.

중층에 속하는 수종들은 참나무류를 포함하여 대부분의 수목들이 앞의 지역별 설명에서와 마찬가지로 평가등급이 3.0 안팎 또는 그 이하의 불량한 모습을 보이는 경우가 많아 다른 입지에서 조사된 결과와 같이 후계림의 무육과정 차원에서 임분의 형질개선과 관련한 보다 적극적이며 신중한 개선방안이 요구되고 있다.

표 2-42. 전체 조사지역 내 중북부 및 그 부근 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 총체적인 수형급 관련 형질 분석

수종	상층				수종	중층			
	지하고비	수관특징	통직성	공간배치		지하고비	수관특징	통직성	공간배치
졸참나무	2.8 ±0.2	2.0 ±0.2	2.9 ±0.2	1.0 ±0.2	졸참나무	2.0 ±0.2	3.0 ±0.2	3.5 ±0.5	3.0 ±0.5
신갈나무	2.4 ±0.3	2.1 ±0.2	2.5 ±0.2	1.2 ±0.2	신갈나무	3.0 ±0.2	3.0 ±0.5	4.0 ±0.2	3.0 ±0.2
굴참나무	2.3 ±0.4	2.4 ±0.2	2.5 ±0.3	1.3 ±0.2	굴참나무	2.0 ±0.2	3.0 ±0.2	4.0 ±0.6	3.0 ±0.5
소나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.3	4.0 ±0.4	3.0 ±0.3	생강나무	2.9 ±0.5	3.1 ±0.6	3.2 ±0.6	3.0 ±0.2
굴피나무	3.0 ±0.4	2.0 ±0.4	3.0 ±0.3	2.0 ±0.4	당단풍	3.0 ±0.2	3.0 ±0.6	4.0 ±0.6	3.0 ±0.6
물푸레나무	2.0 ±0.5	2.0 ±0.3	2.0 ±0.4	2.0 ±0.3	비목	2.0 ±0.6	3.0 ±0.6	4.0 ±0.5	3.0 ±0.6
산벚나무	3.0 ±0.2	3.0 ±0.4	4.0 ±0.5	2.0 ±0.4	물푸레나무	3.7 ±0.6	3.0 ±0.5	4.0 ±0.6	3.0 ±0.6
노각나무	3.2 ±0.3	3.2 ±0.5	3.5 ±0.2	2.1 ±0.5	쇠물푸레	3.0 ±0.6	3.0 ±0.6	4.0 ±0.6	3.0 ±0.5
상수리나무	2.6 ±0.4	2.0 ±0.2	3.0 ±0.3	1.8 ±0.2	산벚나무	2.5 ±0.5	3.0 ±0.6	4.0 ±0.2	3.0 ±0.6
피나무	1.0 ±0.3	3.0 ±0.3	4.0 ±0.4	2.0 ±0.3	산뽕나무	2.0 ±0.6	3.0 ±0.2	3.0 ±0.3	3.0 ±0.6
기타수종	3.0 ±0.5	2.8 ±0.6	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.4 ±0.5	3.2 ±0.5	3.5 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-43~표 2-47에서는 각 조사 지역 별로 조사 지역 산의 하북부 및 산록 부근에 분포하는 참나무류 우점 천연림내 조사구의 수종별 수형급 관련 인자들을 분석한 결과를 보여주

고 있다.

각 조사 지역 별로 제시된 참나무류 우점 임분의 수형급 관련 형질 평가 자료에서 참나무류 주요 수종들의 수형급 관련 인자의 등급 평가 평균치는 상층 임관의 경우에 전체적으로 1.0~2.5 전후로 평가되어 상층 임관을 구성하는 다른 수종들에 비해 전반적으로 다소 우수한 형질을 보이고 있다.

특히 조사 지역의 임분에서 상층 임관을 구성하고 있는 주요 참나무 수종의 수형급 관련 인자 중에서 공간배치 특성은 대부분 평균치가 1.0~1.5로 다른 수형급 관련 인자보다 분명히 양호한 모습을 보이고 있으며 다른 수종과 비교하여도 약 0.5~1.0 등급 정도 높은 값을 보이는 경우가 대부분이었다. 그러나 같은 참나무류 중에서도 덕유산의 갈참나무나 백운산의 신갈나무는 다른 졸참나무나 신갈나무 또는 굴참나무에 비해 형질이 불량한 것으로 평가되었다.

이들 참나무류의 형질은 조사된 5개 지역 간에는 별로 차이가 없이 비슷한 수준을 유지하는 것으로 분석되었다.

임분의 중·하층을 구성하는 참나무류 수종과 임분 내 기타 수종은 다른 조사 입지에서와 같이 전체 조사지역에서 2.5~4.0의 평균치를 보이고 있어 상층임관을 구성하는 수종들의 형질보다 크게 불량한 모습을 보이는 개체들이 다수 분포되어있는 모습을 보였다.

이와 같은 점은 참나무류 주요 수종에서도 비슷한 경향이며 조사된 인자 중에서 공간배치 특성도 다른 인자와 크게 차이가 없는 낮은 수준의 등급을 보이고 있었다.

표 2-43. 덕유산의 하북부 및 산록 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	1.0 ±0.6	때죽나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.4
굴참나무	2.3 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
층층나무	2.7 ±0.5	2.5 ±0.5	2.7 ±0.4	2.0 ±0.4	고로쇠나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.6	3.0 ±0.5
갈참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	비목	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
비목	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	갈참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	3.0 ±0.5	2.7 ±0.5	2.7 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.5	3.3 ±0.5	3.4 ±0.4	3.5 ±0.3

표 2-44. 지리산의 **하북부 및 산록 지역**에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
줄참나무	2.2 ±0.4	2.2 ±0.6	2.5 ±0.5	1.0 ±0.4	줄참나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
굴참나무	2.5 ±0.5	2.2 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	당단풍	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.5 ±0.5	3.0 ±0.5
소나무	3.0 ±0.5	2.2 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	비목	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.2 ±0.5	3.0 ±0.6
산벚나무	2.7 ±0.5	2.5 ±0.2	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	굴참나무	3.0 ±0.3	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
층층나무	2.5 ±0.5	2.2 ±0.5	3.0 ±0.4	2.0 ±0.5	생강나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	2.8 ±0.5	2.5 ±0.5	2.8 ±0.3	2.0 ±0.5	기타수종	3.2 ±0.5	3.2 ±0.5	3.4 ±0.5	3.2 ±0.5

표 2-45. 가리왕산의 **하북부 및 산록 지역**에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
신갈나무	2.0 ±0.4	2.0 ±0.5	2.5 ±0.3	1.0 ±0.5	신갈나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.6	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5
소나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.0 ±0.5	물푸레나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.5 ±0.5	3.0 ±0.4
고로쇠나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.6	2.0 ±0.5	생강나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.3	3.0 ±0.4	3.0 ±0.4
피나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.3	함박꽃나무	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
물푸레나무	3.0 ±0.4	2.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.4	쪽동백	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	2.9 ±0.5	2.5 ±0.5	2.7 ±0.5	1.8 ±0.5	기타수종	3.3 ±0.5	3.0 ±0.5	3.2 ±0.5	3.3 ±0.5

표 2-46. 백운산의 **하북부 및 산록 지역**에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층입관				수종	중층입관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
줄참나무	2.0 ±0.4	2.0 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	굴참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.6	2.5 ±0.5	3.0 ±0.6
굴참나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	1.0 ±0.5	노각나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.5 ±0.5	3.0 ±0.5
신갈나무	2.7 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	매죽나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
소나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	줄참나무	3.0 ±0.4	2.6 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
산벚나무	3.0 ±0.4	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	산벚나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
기타수종	2.7 ±0.5	2.5 ±0.6	2.8 ±0.4	2.0 ±0.5	기타수종	3.2 ±0.5	3.2 ±0.5	3.3 ±0.5	3.3 ±0.5

표 2-47. 포항 지역의 산 하북부 및 산록 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림 내 주요 수종의 수형급 관련 형질 분석

수종	상층임관				수종	중층임관			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
굴참나무	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	2.0 ±0.5	1.5 ±0.6	굴참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.4
졸참나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.0 ±0.5	1.0 ±0.5	졸참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.4
신갈나무	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.4	1.5 ±0.5	개암나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
느티나무	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	2.5 ±0.5	2.0 ±0.5	생강나무	3.0 ±0.4	2.4 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5
비목	3.0 ±0.5	2.5 ±0.5	3.0 ±0.5	2.0 ±0.5	갈참나무	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.5	3.0 ±0.4
기타수종	2.7 ±0.5	2.5 ±0.6	2.7 ±0.5	2.0 ±0.5	기타수종	3.2 ±0.5	3.0 ±0.5	3.3 ±0.5	3.0 ±0.5

표 2-48. 전체 조사지역 내 산 하북부 및 산록 지역에서 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림내 주요 수종의 총체적인 수형급 관련 형질 분석

수종	상층				수종	중층			
	지하고비	수관특성	통직성	공간배치		지하고비	수관특성	통직성	공간배치
졸참나무	2.9 ±0.2	2.4 ±0.2	3.0 ±0.2	1.7 ±0.2	졸참나무	3.0 ±0.2	3.0 ±0.2	3.0 ±0.2	4.0 ±0.5
신갈나무	2.6 ±0.3	2.2 ±0.3	2.7 ±0.3	1.4 ±0.3	굴참나무	3.0 ±0.2	3.0 ±0.2	4.0 ±0.2	3.0 ±0.2
굴참나무	2.1 ±0.4	2.0 ±0.4	2.0 ±0.4	1.3 ±0.4	매죽나무	3.3 ±0.2	3.0 ±0.2	3.5 ±0.3	3.0 ±0.6
상수리나무	3.0 ±0.3	1.0 ±0.3	3.0 ±0.3	1.0 ±0.3	노각나무	2.7 ±0.5	3.0 ±0.5	3.7 ±0.4	3.0 ±0.6
산벚나무	2.5 ±0.4	2.5 ±0.4	4.0 ±0.4	1.5 ±0.4	신갈나무	2.5 ±0.2	3.0 ±0.2	3.5 ±0.3	3.0 ±0.6
비목	1.7 ±0.5	2.7 ±0.5	3.7 ±0.5	2.0 ±0.5	물푸레나무	3.0 ±0.6	3.0 ±0.6	3.0 ±0.4	3.0 ±0.5
소나무	2.5 ±0.6	2.1 ±0.6	3.2 ±0.2	2.5 ±0.6	생강나무	2.5 ±0.6	2.5 ±0.6	2.8 ±0.5	3.0 ±0.6
노각나무	2.3 ±0.4	2.3 ±0.4	3.7 ±0.3	2.0 ±0.2	산벚나무	2.7 ±0.6	3.3 ±0.6	4.0 ±0.6	3.0 ±0.6
층층나무	2.0 ±0.3	3.0 ±0.3	4.0 ±0.4	2.0 ±0.3	비목	3.2 ±0.5	3.1 ±0.5	3.5 ±0.4	3.2 ±0.2
갈참나무	2.3 ±0.1	2.8 ±0.1	3.8 ±0.3	1.0 ±0.4	고로쇠나무	3.0 ±0.2	2.5 ±0.6	3.8 ±0.3	3.3 ±0.2
기타수종	3.0 ±0.5	2.8 ±0.5	3.5 ±0.5	2.5 ±0.5	기타수종	3.5 ±0.5	3.3 ±0.5	3.6 ±0.5	3.3 ±0.5

표 2-48에서는 전체 조사지역의 산 하북부 및 산록지역에서 조사한 수형급 관련 인자의 평가등급 평균치를 종합하여 요약 제시하고 있다.

전체 조사 지역 내 하북부 및 산록 지역에서 상층임관을 구성하는 주요 참나무류의 평가

등급에 대한 종합 평균치는 1.3~3.0까지의 범위에서 대부분 2.0 안팎의 양호한 모습을 지니고 있지만 상수리나무나 갈참나무는 조사 형질 일부에서 다소 낮은 등급을 보이는 개체목이 많은 것으로 보였다. 이들 주요 참나무류와 달리 상층을 구성하는 기타 주요 수종은 전체적으로 1.0~4.0까지 수종이나 평가인자 별로 상이한 값을 나타내며 전체적으로 2.5~3.0 안팎의 다소 낮은 평가 등급을 보이는 개체목들이 많았다. 또한 공간배치 특성은 조사된 다른 형질보다 다소 양호한 등급을 보이는 것으로 평가되었다.

중층을 구성하는 수종들은 앞에서 기술한 내용과 같이 조사된 대부분의 수종과 형질이 2.0~4.0의 범위에서 대체로 3.0~3.5의 평균치를 보이는 것으로 추산할 수 있다. 조사된 형질 중에서는 특히 통직성에서 대부분 3.0~4.0 등급으로 불량한 모습을 보이고 있었다.

이상에서 설명한 주요 수종들의 수형급 관련 인자들의 평가 결과는 수종별, 입지별, 그리고 임관 구성 층위별로 다양한 차이를 보이고 있었지만 5개 조사 지역 간의 차이는 일정한 경향을 보이지 않고 비슷한 수준에서 측정 요인에 따라 다소의 변이를 보이고 있었다. 또한 전체적으로 공간배치 인자는 다른 형질에 비해 다소 양호한 평가를 할 수 있어 이들 수목이 비교적 적절한 거리를 두고 공간을 고르게 차지하고 있다는 점을 알 수 있다.

전체적으로 평가할 때 임분의 상층을 구성하는 참나무류에 속한 주요 수종들의 등급은 보통 또는 그 이상의 형질을 유지하고 있는 개체들이 비교적 많이 분포하는 것으로 볼 수 있으며 다른 수종들은 조사 지역이나 입지, 수종 또는 조사 형질에 따라 개체목 간에 차이가 다소 크며 조사된 주요 참나무류보다 불량한 형질을 지니는 개체목이 많은 것으로 판단된다.

이와 같은 수형급 관련 인자들은 앞으로 임분의 갱신이나 무육과정에서 계속해서 잔존 보육할 나무와 도태간벌을 통해 제거시킬 나무를 구분하는데 중요한 판단 기준으로 사용될 수 있다.

이와 같은 조사 결과만을 기준으로 만약 수종갱신이나 간벌, 제벌 등의 무육을 실시할 경우에 전체 조사지역에서 참나무류는 잔존 보육할 개체목의 비율이 다른 수종보다 상대적으로 다소 많아지면서 임분 내에서 참나무류 주요 수종의 우점도는 최소 현재 수준보다는 높아질 가능성이 있다. 그러나 여러 가지 경영목적이나 주변 여건을 고려하는 경우에는 본 연구에서 제시되는 평가 기준 이외에 다른 요인이 반영되면서 기타 다른 수종의 우점도가 오히려 높아지는 경우도 있을 수 있다. 이와 같은 경우에 조사된 다른 수종에서는 수종에 따라 잔존목의 비율이 현재보다 높아지는 수종과 그 비율이 상당히 떨어질 수 있는 수종이 시업이 실시되는 지역별로 차별적으로 처리되면서 임분의 모습은 현재와 다른 형태로 변할 수 있다.

상층목 이외에 중, 하층에 분포하는 수목들은 다음 세대의 후계림을 구성하는 주요 인자로 평가할 수 있는데 이들은 현재의 형질이 상층에 비해 다소 뒤떨어진다고 해도 하층목이 처한 주변 환경과 하층목이 지니고 있는 본질적인 취약점 등을 심도있게 분석하여 이들의 보육 여부를 판단할 필요가 있다. 일반적으로 중, 하층에 분포하는 수목들 중에서 수세가 강하고 그런 대로 수형 등의 형질에 문제가 없는 것은 자라는 과정에서 형질이 크게 개선될 가능성이 있다는 점도 임분의 보육관리 시업에 적극 반영하여 무육할 필요가 있다.

3) 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연림 내 치수 발생 실태

가) 조사 지역내 수종별, 치수의 유형 및 형태 별 치수 발생 특성

그림 2-26에서는 덕유산과 지리산, 가리왕산, 백운산, 포항 지역의 참나무류 천연 임분에서 발생한 주요 참나무 수종별 ha 당 치수 발생 상황을 조사하여 분석하였다.

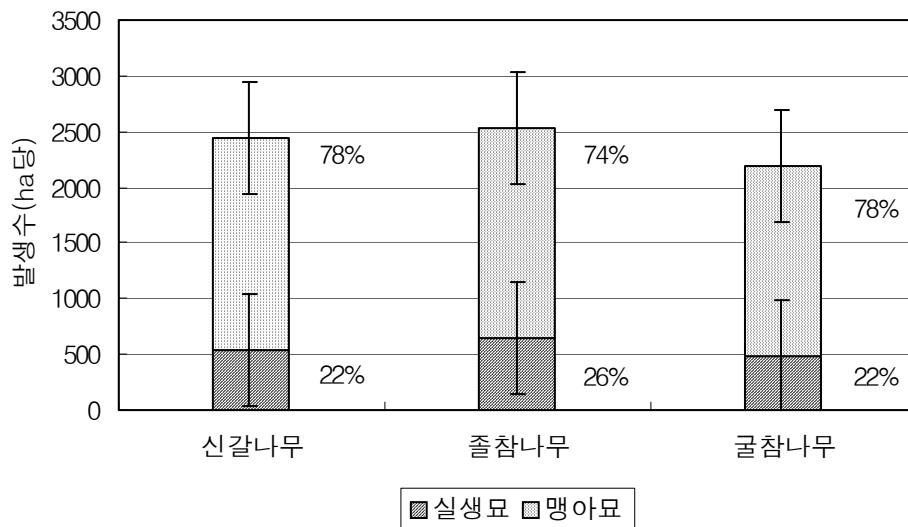


그림 2-26. 참나무류가 우점하는 천연 임분 내에 발생한 주요 참나무류 치수의 분포

임분 하층에 발생한 참나무류 주요 수종 전체 치수의 평균 분포밀도는 총 7,157본/ha으로 맹아묘가 5,478본/ha이며 이들 맹아묘는 전체 발생 치수의 74~78%를 차지하고 있었다. 이는 전체 발생 치수의 22~26%인 1,679본/ha이 실생묘 형태의 치수인 것과 비교하여 약 3배

이상으로 추산된다. 수종별 전체 치수의 양은 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무가 각각 2,438본/ha, 2,525본/ha, 2,194본/ha으로 조사되었다.

신갈나무 치수의 경우에 실생묘가 540본/ha으로 발생 치수의 22%, 맹아묘는 1,898본/ha으로 78%를 차지하여 맹아묘가 실생묘에 비해 약 3.5배 이상 많이 발생하고 있는 것으로 조사되었는데 이는 비교적 높은 해발고를 보이는 산의 중·상복부에 신갈나무가 많으며 이러한 입지에 분포하는 신갈나무가 생육 초기 단계에 설치류나 야생동물 등에 의한 피해와 기타 환경요인에 의한 피해가 상대적으로 많아 맹아묘의 발생이 높은 것으로 생각된다.

졸참나무의 갱신 치수는 다른 참나무류 주요 수종보다 상대적으로 많은 치수 발생량을 보이고 있었으며 이중에서 실생묘가 650본/ha, 맹아묘 1,875본/ha으로 실생묘보다 많은 맹아묘 발생을 보이고 있었지만 이들의 상대적 비율에서 실생묘의 비율은 신갈나무에서보다 높은 것으로 조사되었다.

굴참나무의 경우는 졸참나무나 신갈나무의 치수 발생보다 다소 적은 수량의 치수가 출현하고 있었다. 이들 치수 중에서 실생묘가 489본/ha, 맹아묘는 1,705본/ha으로 다른 참나무류 주요 수종보다 비교적 적은 치수 발생량을 보이고 있었다. 또한 실생묘 형태의 치수의 비율도 졸참나무에 비해 다소 작은 것으로 추산된다.

이와 같이 참나무류가 우점하는 천연림 내에 발생하는 참나무류 치수의 평균밀도를 7,000본/ha으로 보고 이들이 자연 상태에서 건전한 형태로 생육 발달을 지속한다고 가정하면 이들 임분은 후계림이 형성되는 과정에서 건전한 참나무 우점 천연림으로 이어질 수 있다고 판단되지만 실제로 이들 상당수는 생육과정에서 여러 가지 원인으로 도태되고 또 생존하더라도 수형이 불량하여 건전한 나무로 자라지 못하는 경우가 흔하다.

이 때문에 이상에 조사된 참나무류 치수의 밀도만으로 참나무가 압도적으로 우점하는 건전한 숲이 조성될 수 있는 가능성은 입지의 여러 조건과 결부 지어 분석해볼 때 대단히 가변적이라고 생각되며 보다 확실히 건전한 참나무류 우점 임분을 조성하기 위해서는 이보다 높은 밀도의 치수 발생이 필요하며 또 이들 치수에 대한 적절한 보육관리 시업이 요구된다.

이상과 관련지어 참나무류가 우점하는 천연림 내에 발생하고 있는 주요 참나무류의 치수 형태를 실생묘와 맹아묘로 구분하여 그 형질을 분석한 결과는 그림 2-27과 같다.

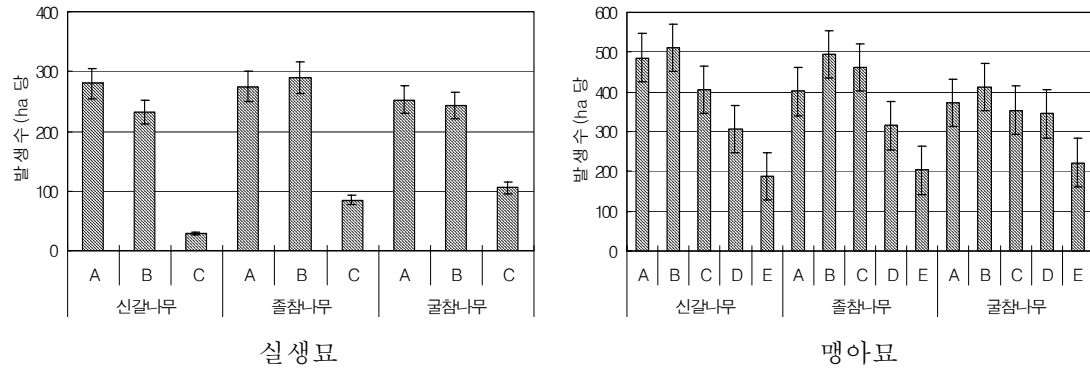


그림 2-27. 참나무류가 우점하는 천연 임분내 주요 참나무류 치수의 생육 형태별 분포상태

실생묘 : A; 단간 직립 형태, B; 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태,

C; 주 수간의 생육불량이나 초두부의 성장 장애로 측지가 발달한 형태

맹아묘 : A; 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태,

B; 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태,

C; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태,

D; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 두 개 혹은 양쪽으로 발생한 형태,

E; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 3개 이상 발생한 형태

참나무류 주요 수종이 우점하는 천연 임분 내에 발생하는 이들 치수의 생육형태별 특징을 살펴보면 실생묘 치수가 단간직립인 생육형태(A)는 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무가 280본/ha, 275본/ha, 253본/ha으로 전체 실생 치수묘의 42~52%를 차지하고 있으며, 주 수간과 측지가 함께 발달한 생육 형태(B)는 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 각각 232본/ha, 290본/ha, 243본/ha으로 43~50%, 그리고 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 생육 형태(C)가 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 각각 28/ha, 85/ha, 105/ha 본으로 5~21%를 나타냈다.

또한 맹아묘의 경우에도 3개 수종 모두 주 수간이 절단되고 측지가 양쪽으로 발달한 형태의 치수(B)가 약 400~500본/ha 전후로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며 주 수간이 절단되고 근부나 뿌리 근처에서 측지가 3개 이상 발달한 치수(E)는 가장 적은 200본/ha 안팎이었다.

참나무류 천연림 내에서 가장 이상적인 후계림을 조성하는데 유익한 치수의 형태라고 평가할 수 있는 실생묘나 맹아묘는 다같이 A형으로 생각되며 이들은 전체 치수 분포밀도의

21~52% 안팎으로 추산될 수 있다. 이외에 일부 맹아의 지조를 정리하여 건전한 모습을 지닌 실생묘나 맹아묘로 육성할 수 있는 B형과 일부 C형 등의 치수를 포함하면 전체 발생밀도의 1/2~2/3 또는 그 이상으로 추산될 수 있어 참나무류가 우점하는 후계림을 조성하는 과정에서 이들 천연 발생 치수는 유용하게 활용될 수 있으며 상당 지역에서는 이들 치수만으로도 적정 밀도를 유지하는 후계림을 조성하는데 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

그러나 현재까지는 건전한 상태를 보이는 치수라고 하더라도 이들이 식생경합과 상층목의 피압이 심한 임분 하층에서 자라는 동안에 이들 상당수가 다양한 형태의 피해를 받아 고사하거나 불량한 모습으로 자라날 가능성이 높다. 이 때문에 참나무류가 우점하는 천연림 형태로 후계림을 조성하고자 하는 갱신전략에서 갱신 임지 내에 발생하는 치수 중에 잔존 보육할 필요가 있는 건전한 치수의 수는 일반 조림지에 적용하는 통상적인 식재밀도보다 월등히 높아야 한다.

이와 같은 점을 고려할 때 본 연구에서 조사된 참나무류 치수의 발생량이 전체적으로는 천연 후계림을 형성하는데 크게 부족함이 없는 수량으로 간주할 수도 있지만 이들 발생량이 모든 지역에서 항상 후계림 조성에 충분한 분량이라고 할 수만은 없다. 또한 단위면적 당 많은 수량의 건전 치수가 발생하더라도 이들이 임지 내에 적절한 간격으로 고르게 퍼져서 분포하지 않는다면 문제가 생길 수 있다.

이와 같은 점을 고려하여 대상 지역의 입지환경 등을 심도있게 평가분석하고 합리적인 경영목적과 목표를 설정하는 가운데 해당 지역에 필요한 치수 발생량과 발생 실태를 추산하면서 일부 미흡할 경우에는 필요한 지역에 필요한 수량의 묘목을 보완 조림할 필요가 있다.

나) 조사 지역 내 입지별 발생 특성

그림 2-28에서는 각 조사 지역의 지형 및 입지환경을 중심으로 조사구를 구분한 후 이들 입지별로 참나무류 전체 치수 발생율을 실생묘와 맹아묘로 구분하여 분석하였다. 참나무류가 우점하는 전체 조사 지역에서 입지별 맹아묘의 상대 치수 발생율은 계곡, 상복부와 하복부에서 71~72%로 비교적 높은 발생율을 보이고 있으며, 능선과 중복부에서는 65~69%로 다소 낮은 값을 보였다 이에 반해 실생묘는 약 28~35% 안팎으로 조사되어 전체 모든 조사지역에서 실생묘 보다는 맹아묘가 상대적으로 많이 발생하는 것으로 조사되었다.

그림 2-29에서는 덕유산 지역의 참나무류 주요 수종별 치수 발생율을 분석한 결과로 신갈나무의 치수 발생은 실생묘의 경우에 중복부와 상복부에 각각 12~15%, 맹아묘의 경우에 중복부와 상복부에서 22~42% 안팎의 높은 분포밀도를 보였다. 또한 졸참나무의 치수 발생

울도 실생묘는 중복부와 계곡에서 각각 약 13~20% 안팎, 맹아묘 또한 능선과 계곡에서 34~52% 이상 발생하고 있었다.

이에 반해 굴참나무의 발생 치수는 실생묘의 경우에 사면 능선, 중복부 및 하복부에서 10~12%에 가까운 낮은 분포밀도를 보였으나 맹아묘 치수는 능선과 하복부에서 약 21~32%에 가까운 분포밀도를 보였다.

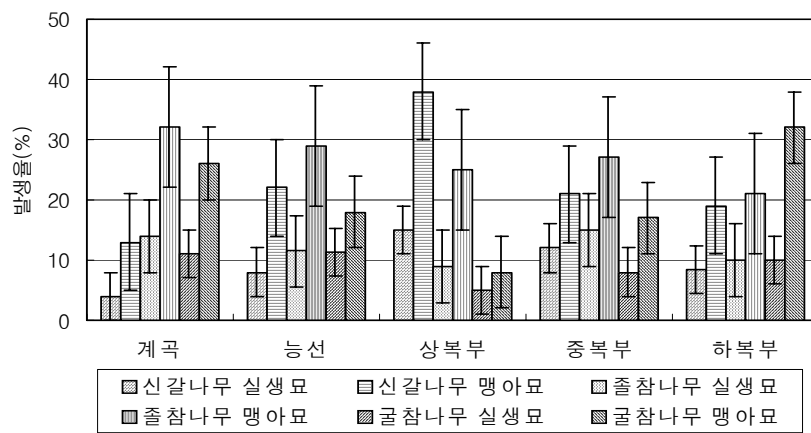


그림 2-28. 참나무류 주요 수종이 우점하는 전체 지역의 입지에 따른 치수 유형별 분포 실태

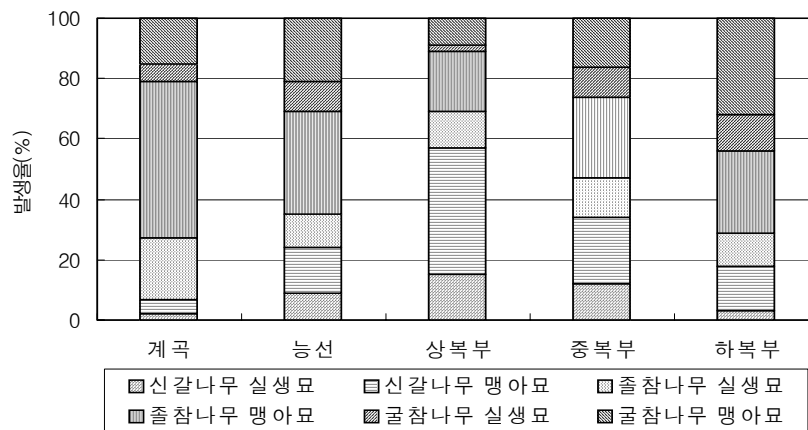


그림 2-29. 덕유산 지역의 입지에 따른 참나무류 주요 수종의 치수 유형별 분포 실태

그림 2-30은 지리산 지역의 참나무류 주요 수종별 치수 발생 실태를 분석한 결과이다. 신갈나무의 치수 발생은 덕유산 지역과 유사한 경향으로 실생묘의 경우에 중북부와 상북부에 각각 12~18%, 맹아묘의 경우에 중북부와 상북부에서 20~42% 안팎의 높은 분포밀도를 보인 반면에 계곡부에서의 신갈나무는 실생묘나 맹아묘 다같이 대단히 작은 발생율을 보였다.

그러나 졸참나무의 치수 발생율에서 실생묘는 계곡에서 18% 안팎으로 다른 입지에 비해 높은 경향을 보였고, 맹아묘의 경우에는 중북부, 능선 및 계곡에서 34~45% 안팎의 발생율을 보이고 있으며 상북부를 제외한 여타 입지에서는 전체적으로 졸참나무의 발생률이 신갈나무나 굴참나무보다 높은 수준을 유지하고 있었다.

이에 반해 굴참나무의 발생 치수는 실생묘와 맹아묘 모두 하북부에서 각각 13%, 34%로 다른 입지보다 높은 값을 보였으며 다른 입지에서 이들의 발생량은 대부분 졸참나무나 신갈나무의 실생묘나 맹아묘보다 낮은 발생량을 보였다.

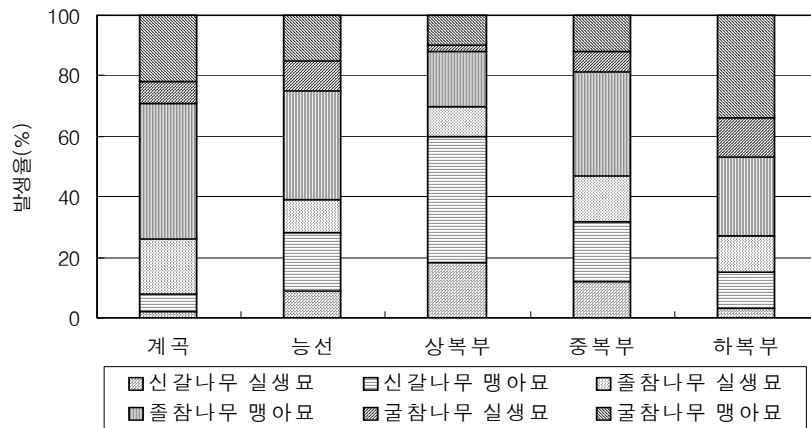


그림 2-30. 지리산 지역의 입지에 따른 참나무류 주요 수종의 치수 유형별 분포 실태

그림 2-31에서는 가리왕산 지역의 참나무류 주요 수종별 치수 발생률을 분석한 결과로 본 연구의 조사 지역 내에서는 신갈나무의 치수만을 조사할 수 있었다. 신갈나무의 치수 발생은 실생묘의 경우에 전 입지별로 21~32%로 하북부에서 다소 높은 비율로 발생하였으며, 맹아묘의 경우에는 상북부에서 79%를 보이며 전반적으로 68~79%까지에서 실생묘 보다는 월등히 높은 분포밀도를 보였다.

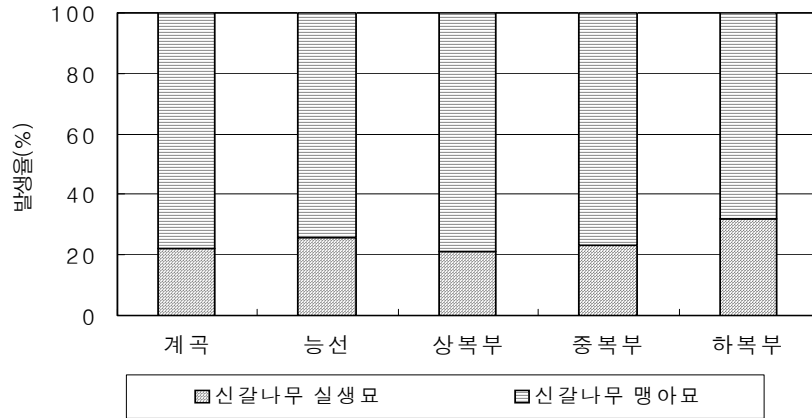


그림 2-31. 가리왕산 지역의 입지에 따른 참나무류 주요 수종의 치수 유형별 분포 실태

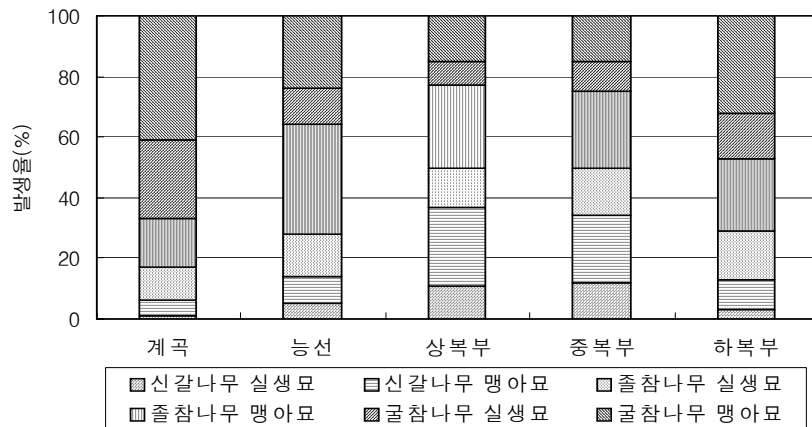


그림 2-32. 백운산 지역의 입지에 따른 참나무류 주요 수종의 치수 유형별 분포 실태

그림 2-32에서는 백운산 지역의 치수 발생실태를 보여주고 있는데 신갈나무의 실생묘 치수는 상복부와 중복부에서 11~12%, 졸참나무는 중복부와 하복부에서 16%, 굴참나무는 하복부와 계곡에서 15~26%의 치수 발생율을 보였다. 이에 반해 맹아묘의 발생 치수는 신갈나무는 상복부에서 26%, 졸참나무는 능선에서 36%, 굴참나무는 계곡에서 41%의 높은 발생율을 나타냈다.

그림 2-33에서와 같이 비교적 해발고가 낮은 지역인 포항 지역의 발생 치수를 살펴보면 신갈나무의 실생묘와 맹아묘가 상북부에서 각각 11%, 23%, 졸참나무는 중북부에서 16%, 29%, 굴참나무는 하북부와 계곡에서 15~16%, 28~38%의 발생율을 나타냈다.

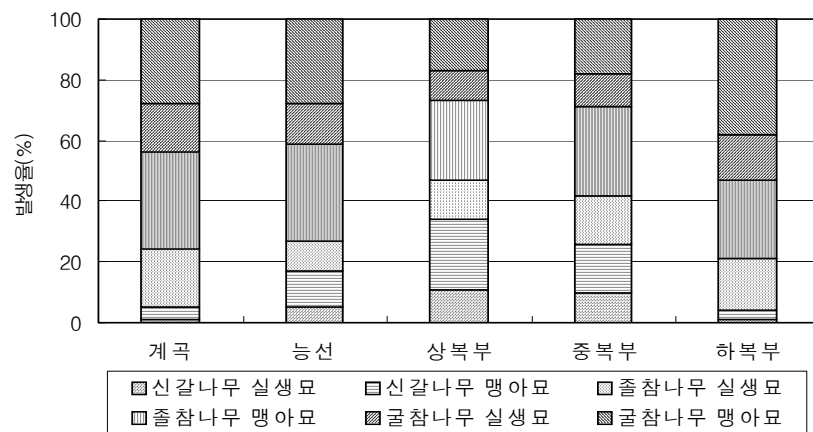


그림 2-33. 포항 지역의 입지에 따른 참나무류 주요 수종의 치수 유형별 분포 실태

이상과 같이 각 조사 지역의 입지별로 실생묘와 맹아묘의 치수가 다양한 모습의 발생 특성을 보이고 있어 입지별 치수 발생 특성을 전체적으로 일정한 경향에 맞추어 정리하기는 어려웠다. 그러나 신갈나무의 경우에는 대부분 상북부를 중심으로 중, 하북부 또는 계곡으로 내려가면서 전체 치수 발생률이 낮아졌다. 또한 상북부에서는 실생묘보다 맹아묘의 치수 발생이 우세한 것으로 분석되며 중북부로 가면서 그 비율이 다소 감소하는 경향을 나타냈다.

졸참나무 치수는 계곡이나 능선 부근에서 다른 수종의 치수보다 전체 치수 발생률이 높을 때가 많았으며 전체적으로 입지에 따라 실생묘와 맹아묘의 비율이 약 1.5~3배의 차이를 보이면서 맹아묘가 많은 발생을 하였다.

굴참나무는 하북부나 계곡 부근을 중심으로 다른 입지에 비해 상대적으로 높은 치수 발생율을 보이고 있었다. 대부분의 지역에서 굴참나무의 전체 치수 발생량은 졸참나무에 비해 상당히 적지만 실생묘와 맹아묘의 발생비율은 졸참나무의 경우와 같이 약 1.5~3배까지 맹아묘의 발생 비율이 높았다.

이상에 제시된 주요 참나무류의 발생 실태는 전체 조사지역을 요약 정리할 경우에 상기 내용과 같이 설명할 수 있지만 각각의 소지역 조사구에서는 전체적인 경향과 상당한 차이를

보일 때가 많아 이들을 이용한 갱신 후계림 조성과정에서 입지별로 획일적인 해석이 시업 방법 결정에 문제가 될 수도 있어 주의를 요한다.

표 2-49. 덕유산 지역 참나무류 주요 수종의 천연 임분 내 입지 및 치수의 유형별 발생 실태 (%)

구분	수종	발생형태	계곡	능선	상복부	중복부	하복부
실생묘	신갈나무	A	45.0	47.0	28.5	38.2	26.2
		B	36.0	33.5	56.5	50.6	44.5
		C	19.0	19.5	15.0	11.2	29.3
	졸참나무	A	42.1	33.6	31.6	44.2	40.2
		B	50.6	29.5	33.5	35.9	29.5
		C	7.3	36.9	34.9	19.9	30.3
	굴참나무	A	35.2	29.5	26.5	42.2	43.6
		B	38.5	40.6	31.4	32.8	35.2
		C	26.3	29.9	42.1	25.0	21.2
맹아묘	신갈나무	A	15.6	18.2	20.5	12.9	20.3
		B	42.2	27.6	27.1	33.5	29.6
		C	25.6	29.2	27.2	32.5	25.4
		D	10.2	14.6	10.2	16.2	14.2
		E	6.4	10.4	15.0	4.9	10.5
	졸참나무	A	29.5	31.2	16.5	15.6	14.9
		B	40.2	16.5	20.3	25.6	20.6
		C	14.6	26.5	22.5	30.2	32.5
		D	10.2	14.2	28.6	12.5	18.5
		E	5.5	11.6	12.1	16.1	13.5
	굴참나무	A	14.6	40.2	26.5	30.6	34.6
		B	35.2	29.6	32.5	32.3	26.4
		C	25.6	15.6	20.6	25.5	13.2
		D	15.2	12.5	10.2	8.6	10.0
		E	9.4	2.1	10.2	3.0	15.8

표 2-49에서는 덕유산 지역의 참나무류 주요 수종에 대해 입지별로 발생 치수의 생육 형태를 분석한 결과로 실생묘 치수의 경우에 신갈나무는 계곡부와 능선을 제외하고 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)가 다른 생육형태보다 상대적으로 많아 상복부, 중복부, 하복부에서 각각 56.5%, 50.6%, 44.5%를 차지하고 있었다.

졸참나무, 굴참나무의 실생묘 치수는 산 중복부와 하복부에서 단간직립 형태(A)가 40.2~

44.2%로 전체적으로 많이 분포하는 모습을 보였으며 졸참나무는 능선과 상복부에서 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)가 34.9%와 36.9%를 보여 이 지역에서 생육상태가 다소 열악한 모습의 치수가 많이 분포하는 경향을 보이고 있었다. 굴참나무 또한 상복부에서 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)가 42.1%로 생육 상태가 열악한 치수가 많이 발생했다.

맹아묘의 생육 형태는 신갈나무의 경우에 능선과 상복부 지역에서 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 27.2~29.2%로 많이 발생하였으며 계곡과 중, 하복부에서는 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 29.6~42.2%로 상대적으로 높은 발생률을 보였다.

졸참나무의 맹아묘 치수도 능선이나 산의 중, 하복부에서 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)와 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)가 26.5~40.2%로 많이 발생하였다. 그러나 상복부에서는 부분적으로 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 2개 이상 발생한 형태(D)가 28.6%를 차지하고 있었다.

굴참나무 맹아묘의 경우에는 비교적 양호한 형태를 지닌 A(능선, 하복부)나 B(계곡, 중, 상복부) 형태에 속하는 치수가 32.3~40.2% 안팎을 보이는 경우가 많았으며 형태가 불량한 D나 E 형태에 속하는 치수도 하복부와 상복부 기타 여러 지역에서 약 10~15% 전후로 출현하는 모습을 보였다..

표 2-50에서는 지리산 지역의 참나무류 주요 수종에 대해 입지별로 발생 치수의 생육 형태를 분석한 결과를 보여주고 있다.

실생묘 치수의 생육 형태는 덕유산 지역과 유사한 경향으로 신갈나무는 계곡부와 능선을 제외하고 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)가 다른 생육형태보다 상대적으로 많아 상복부, 중복부, 하복부에서 각각 36.5~52.5%를 차지하고 있었다.

졸참나무의 실생묘 치수는 능선, 중복부 및 하복부 지역에서 단간직립 형태(A)가 35.6~41.2%로 전체적으로 많이 분포하는 모습을 보였지만, 상복부 지역에서는 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)가 36.2%를 보여 생육상태가 다소 열악한 모습의 치수가 많이 분포하는 경향을 보이고 있었다.

굴참나무의 경우 능선과 상복부 지역에서는 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)가 38.2~44.1%의 치수 발생을 보였고, 계곡에서는 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 39.5%를, 중복부와 하복부에서는 단간직립 형태(A)의 치수가 40.2~40.6%로 양호한 형태의 치수 발생율이 높았다.

맹아묘의 생육형태는 신갈나무의 경우에 계곡과 능선 및 하복부 지역에서 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 26.5~35.6%로 많은 발생을 보였고, 상복부와 중복부 지역에서는 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 30.2~30.5%로 상대적으로 열악한 치수가 보다 높은 발생율을 보였다.

표 2-50. 지리산 지역 참나무류 주요 수종의 천연 임분 내 입지 및 치수의 유형별 발생 실태 (%)

구분	수종	발생형태	계곡	능선	상복부	중복부	하복부
실생묘	신갈나무	A	42.0	42.0	38.5	36.2	34.2
		B	38.5	32.9	46.5	52.5	36.5
		C	19.5	25.1	15.0	11.3	29.3
	졸참나무	A	40.5	35.6	32.2	41.2	36.5
		B	52.4	32.5	31.6	36.8	32.5
		C	7.1	31.9	36.2	22.0	31.0
	굴참나무	A	34.6	29.6	25.3	40.6	40.2
		B	39.5	32.2	30.6	33.5	39.5
		C	25.9	38.2	44.1	25.9	20.3
맹아묘	신갈나무	A	15.6	15.2	18.5	15.2	15.2
		B	35.6	30.2	24.2	26.5	26.5
		C	30.3	29.6	30.2	30.5	24.2
		D	11.2	14.3	12.2	14.5	15.6
		E	7.3	10.7	14.9	13.3	18.5
	졸참나무	A	28.6	22.5	18.5	14.2	16.3
		B	16.5	17.5	21.3	31.2	21.2
		C	30.2	24.6	23.5	25.3	30.2
		D	15.4	16.3	24.2	11.6	20.5
		E	9.3	19.1	12.5	17.7	11.8
	굴참나무	A	18.6	28.5	20.5	25.6	22.2
		B	24.5	22.5	22.2	24.6	29.6
		C	29.5	30.2	15.6	30.5	16.5
		D	14.5	12.6	29.6	11.2	13.2
		E	12.9	6.2	12.1	8.1	18.5

졸참나무의 멧아묘 치수도 산 중북부에서 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 31.2%, 하북부 및 계곡과 능선 지역에서는 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 24.6~30.2%로 다소 많이 발생하였다.

그러나 덕유산 지역과 마찬가지로 상대적으로 해발고가 높은 상북부에서는 부분적으로 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 2개 이상 발생한 형태(D)가 24.2%로 다소 높은 비율을 차지하고 있었다.

굴참나무 멧아묘의 경우에는 비교적 양호한 형태를 지닌 B 형태와 C의 형태에 속하는 치수가 29.5~30.5% 안팎을 보이는 경우가 많았으며, 상북부 지역에서는 형태가 불량한 D에 해당하는 치수가 29.6%로 다소 높은 값을 보였다. 치수의 생육 상태가 특히 불량한 E 형태에 속하는 치수도 계곡 및 하북부와 상북부에서 약 12~18% 안팎으로 나타나고 있었다.

표 2-51. 가리왕산 지역의 참나무류 주요 수종의 천연 임분 내 입지 및 치수의 유형별 발생 실태 (%)

구분	수종	발생형태	계곡	능선	상북부	중북부	하북부
실생묘	신갈나무	A	37.9	33.2	26.5	36.3	29.3
		B	32.6	42.6	48.6	48.6	46.3
		C	29.5	24.2	24.9	15.1	24.4
멧아묘	신갈나무	A	20.2	19.5	20.3	15.2	15.2
		B	33.2	31.2	22.3	21.3	24.5
		C	25.6	25.4	29.5	32.6	22.2
		D	12.6	13.4	12.4	15.6	18.1
		E	8.4	10.5	15.5	15.3	20.0

표 2-51에서는 가리왕산 지역의 참나무류 주요 수종에 대해 입지별로 발생 치수의 생육 형태를 분석한 결과로 본 조사 지역의 참나무류 우점 수종으로는 신갈나무만이 조사될 수 있었다. 실생묘 치수의 경우에 계곡부에서 단간직립 형태(A)의 치수가 37.9%로 상대적으로 높은 발생율을 보였고, 능선, 상북부, 중북부 및 하북부 지역에서는 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수가 42.6~48.6%로 다른 생육 형태보다 상대적으로 많은 발생율을 보이고 있었다.

멧아묘의 생육형태는 덕유산과 지리산 지역과 유사한 경향으로 신갈나무 치수가 계곡과

능선 및 하북부지역에서 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 24.5~33.2%의 치수 발생을 보였고, 상북부와 중북부 지역에서는 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 29.5~32.6%로 상대적으로 열악한 모습의 치수가 높은 발생율을 보였다.

표 2-52. 백운산 지역의 참나무류 주요 수종의 천연 임분 내 입지 및 치수의 유형별 발생 실태 (%)

구분	수종	발생형태	계곡	능선	상북부	중북부	하북부
실생묘	신갈나무	A	33.2	33.2	28.5	29.6	25.6
		B	36.2	40.6	46.5	40.5	42.5
		C	30.6	26.2	25.0	29.9	31.9
	졸참나무	A	35.2	29.8	33.2	35.2	34.5
		B	40.2	32.2	35.5	40.6	34.2
		C	24.6	38.0	31.3	24.2	31.3
	굴참나무	A	33.5	30.2	24.2	35.2	42.2
		B	40.2	32.6	35.2	38.6	35.6
		C	26.3	37.2	40.6	26.2	22.2
맹아묘	신갈나무	A	10.5	20.2	16.5	16.9	16.2
		B	32.5	24.5	23.9	29.6	28.6
		C	35.6	31.0	31.2	28.4	14.5
		D	14.5	13.5	13.5	10.5	16.5
		E	6.9	10.8	14.9	14.6	24.2
	졸참나무	A	25.6	20.2	15.5	16.5	15.6
		B	20.2	19.5	24.2	29.5	22.6
		C	28.6	23.5	25.2	20.2	27.2
		D	15.8	17.5	20.3	14.2	23.5
		E	9.8	19.3	14.8	19.6	11.1
	굴참나무	A	14.6	22.9	18.6	20.6	16.8
		B	25.6	23.5	20.2	28.3	32.5
		C	30.2	32.6	29.5	22.2	18.5
		D	15.6	12.4	16.5	16.3	16.5
		E	14.0	8.6	15.2	12.6	15.7

표 2-52에서는 백운산 지역의 참나무류 주요 수종에 대해 입지별로 발생 치수의 생육 형태를 분석한 결과를 보여주고 있다. 실생묘 치수의 경우에 신갈나무는 다른 조사지역과는 달리 조사 지역의 전체 입지에서 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수가 36.2~

46.5%로 상대적으로 많은 발생을 보였으며, 단간직립 형태(A)의 치수와 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)의 치수도 25.0~33.2%로 생육 형태 별로 비교적 고른 발생 비율을 보였다.

줄참나무, 굴참나무의 실생묘 치수는 하북부의 단목직립 형태(A)의 치수가 34.5~42.2%로 우수한 형태의 치수 발생율이 높은 비율을 보인 반면에 그 외의 입지에서는 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수와 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)의 치수가 35.5~40.6%를 보여 생육상태가 다소 열악한 모습의 치수가 다소 많이 발생하는 경향을 보이고 있었다.

맹아묘의 생육 형태별 발생률은 신갈나무의 경우에 계곡 및 능선과 상북부 지역에서 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 31.0~35.6%로 다소 열악한 치수가 상대적으로 높은 발생률을 보였고 중북부와 하북부에서는 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 28.6~29.6%로 상대적으로 높은 치수 발생률을 나타냈다.

줄참나무와 굴참나무의 맹아묘 치수 발생도 신갈나무의 맹아묘 치수의 발생 형태와 유사한 경향으로 계곡 및 능선과 상북부 지역에서 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 23.5~30.2%로 많이 발생하였다. 그러나 두 수종 모두 중북부 지역에서는 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 28.3~29.5%로 높은 발생률을 보였다. 또한 부분적으로 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 2개 이상 발생한 형태(D)가 전 입지별로 8.6~19.6%를 차지하고 있어 생육형태가 불량한 치수의 발생 또한 적지 않았다.

표 2-53에서는 포항 지역의 참나무류 주요 수종에 대해 입지별로 발생 치수의 생육 형태를 분석한 결과를 보여주고 있다. 포항지역의 실생묘 치수의 생육 형태별 특성은 신갈나무의 경우 능선, 상북부 및 중북부에서 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수가 39.6~46.5%로 상대적으로 많은 발생률을 보였다.

그러나 계곡과 하북부에서는 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)의 치수도 45.0~49.5%로 생육형태가 불량한 치수도 많이 분포하고 있었다.

줄참나무 실생묘 치수는 중북부에서 그리고 굴참나무 치수는 계곡 및 하북부에서 단간 직립 형태(A)의 치수가 40.2~45.2%의 발생률을 보인 반면에 그 외의 입지에서는 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수가 35.2~45.6%의 발생률을 보이고 있었다.

표 2-53. 포항 지역의 참나무류 주요 수종의 천연 임분 내 입지 및 치수의 유형별 발생 실태 (%)

구분	수종	발생형태	계곡	능선	상복부	중복부	하복부
실생묘	신갈나무	A	18.5	25.4	38.5	32.3	25.5
		B	36.5	39.6	46.5	42.5	25.0
		C	45.0	35.0	15.0	25.2	49.5
	졸참나무	A	38.5	30.2	29.6	45.2	30.5
		B	45.6	36.8	36.5	30.5	36.5
		C	15.9	33.0	33.9	24.3	33.0
	굴참나무	A	40.2	25.6	30.2	29.5	42.6
		B	33.5	37.4	35.2	40.3	37.9
		C	26.3	37.0	34.6	30.2	19.5
맹아묘	신갈나무	A	14.6	11.2	16.2	16.3	19.6
		B	28.6	32.5	30.6	24.3	22.6
		C	32.1	27.6	22.3	32.2	26.5
		D	14.3	15.9	14.6	14.2	12.3
		E	10.4	12.8	16.3	13.0	19.0
	졸참나무	A	16.5	18.6	19.6	20.5	19.6
		B	25.3	20.2	22.5	30.6	26.9
		C	30.5	25.1	26.3	22.6	22.5
		D	14.6	16.8	20.5	9.5	15.6
		E	13.1	19.3	11.1	16.8	15.4
	굴참나무	A	19.6	30.2	18.6	20.3	20.3
		B	26.3	16.8	20.2	22.5	30.2
		C	25.5	32.2	29.8	35.6	19.5
		D	15.2	12.6	15.1	13.2	11.2
		E	13.4	8.2	16.3	8.4	18.8

맹아묘의 생육 형태별 비교에서 신갈나무의 경우에 계곡 및 중복부와 하복부 지역에서 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 26.5~32.2%의 발생률을 보였고, 능선과 상복부에서는 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 30.6~32.5%의 발생을 보이고 있었다.

졸참나무에서는 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 계곡, 능선, 상복부에 그리고 굴참나무에서는 능선 및 중, 상복부에 25.1~35.6%의 발생률을 보이고 있었다.

이상과 같이 참나무류 우점 임분 내에 분포하는 주요 참나무류 치수의 생육 형태는 실생묘나 맹아묘 다같이 부분적인 결점을 지닌 치수가 전 조사지역에 입지별로 다수 분포하고

있어 차후에 후계림 조성 과정에서 우량한 참나무류 우점 임분으로 유도하고자 한다면 현재 발생되고 있는 치수들 상당수는 초기 무육 관리 작업과정에서 제거하거나 수형을 교정할 필요가 있으며 새로운 우량 치수의 발생을 유도하기 위한 임지 환경을 조성할 필요가 있다. 이와 같은 작업을 통해 임분 내 치수발생 밀도는 적정 밀도 이하로 감소될 수 있어 이를 보완할 수 있는 식재 또는 직파조림 또한 합리적인 수준에서 고려할 필요가 있다.

다) 조사 지역 내 해발고별 치수 발생 특성

그림 2-34에서는 전체 조사지역을 종합하여 해발고를 중심으로 구분한 참나무류 전체 치수 발생을 실생묘와 맹아묘로 구분하여 분석하였다. 맹아묘의 상대 치수 발생율에서 굴참나무는 해발 500m이하에서 855본/ha, 500-700m에서는 733본/ha, 700-900m에서는 481본/ha, 그리고 900m이상에서는 176본/ha으로 해발 500m 이하 또는 500-700m에서 치수 발생량이 특히 많은 것으로 조사되었다.

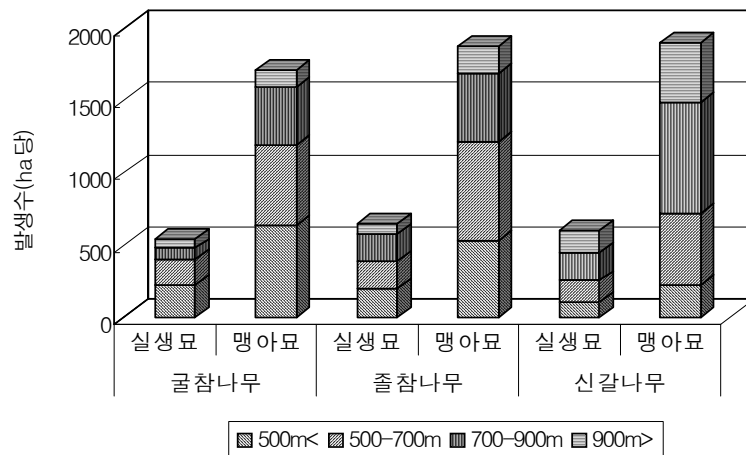


그림 2-34. 해발고별 참나무류의 치수 발생 실태

졸참나무 맹아묘의 경우에도 해발 500m 이하에서 725본/ha, 500-700m에서는 870본/ha, 700-900m에서는 656본/ha, 그리고 900m이상에서는 274본/ha으로 해발 500m 이하 또는 해발 500-700m에서 치수 발생량이 많았다. 또한 신갈나무 맹아묘의 해발고별 치수 발생은 해발 500m이하에서 325본/ha, 500-700m에서는 637본/ha, 700-900m에서는 979본/ha, 그리고 900m이상에서는 563본/ha으로 해발 700-900m에서 가장 많은 치수가 발생하여 전체 치수의 39%를 차

지하고 있었다. 또한 신갈나무의 맹아는 해발고가 높은 900m 이상에서도 22.5%의 비교적 많은 치수 발생을 보이고 있었다.

조사지역 내에서의 치수 발생량은 전체적으로 상층임관을 구성하는 주요 참나무류 우점 수종의 중요도 분포와 비례하는 것으로 판단되며 이 때문에 참나무류 주요 수종 중에서 굴참나무는 상대적으로 낮은 해발고인 500m 전후에서 높은 치수 발생량을 보였고, 졸참나무는 해발고 500-700m와 700-900m에서 상대적으로 높은 치수 발생량을 보였다. 또한 신갈나무의 경우에는 700-900m에서 높은 치수 발생량을 보이며, 900m 이상에서도 다른 참나무류 수종 보다 높은 치수 발생량을 보이고 있었다.

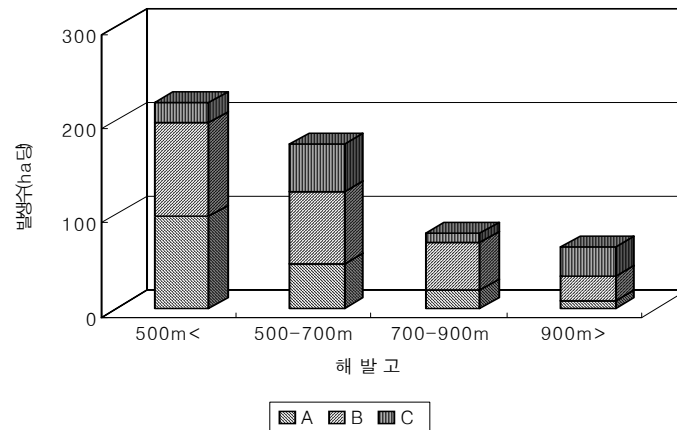


그림 2-35. 신갈나무의 해발고별 실생묘의 생육형태

A: 단간 직립 형태

B: 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태

C: 주 수간의 생육불량이나 초두의 성장 장애로 측지가 발달한 형태

그림 2-35 ~ 그림 2-37에서는 해발고별로 발생하는 주요 참나무 수종의 실생묘 형태별로 발생량을 비교하였다. 그림 2-35에서처럼 신갈나무의 경우에는 비교적 치수의 형질이 우수하다고 판단되는 단간직립 형태(A)의 치수와 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수가 해발고 500m 이하에서는 각각 98본/ha, 100본/ha으로 약 44% 또는 46%를 보이고 있었다. 이러한 치수의 발생량은 해발고가 높아진 900m 이상에서는 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)의 치수가 이 지역에서 발생한 치수의 약 46%를 나타내고 있어 해발고가 올라감에 따라 발생하는 신갈나무의 치수 생육 상태가 불량해지는 것으로 볼 수 있었다.

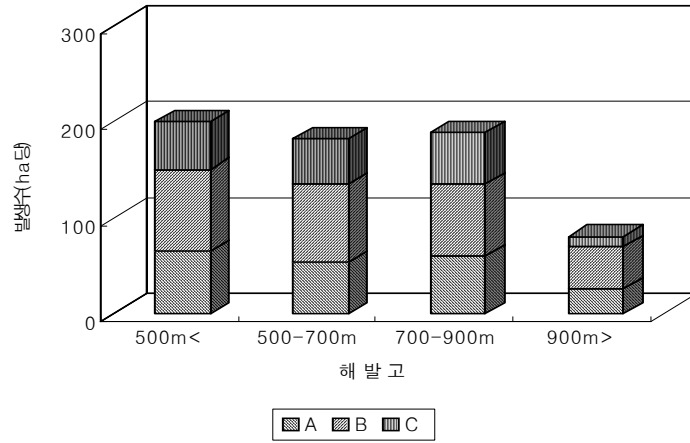


그림 2-36. 줄참나무의 해발고별 실생묘의 생육형태
 A; 단간 직립 형태
 B; 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태
 C; 주 수간의 생육불량이나 초두의 성장 장애로 측지가 발달한 형태

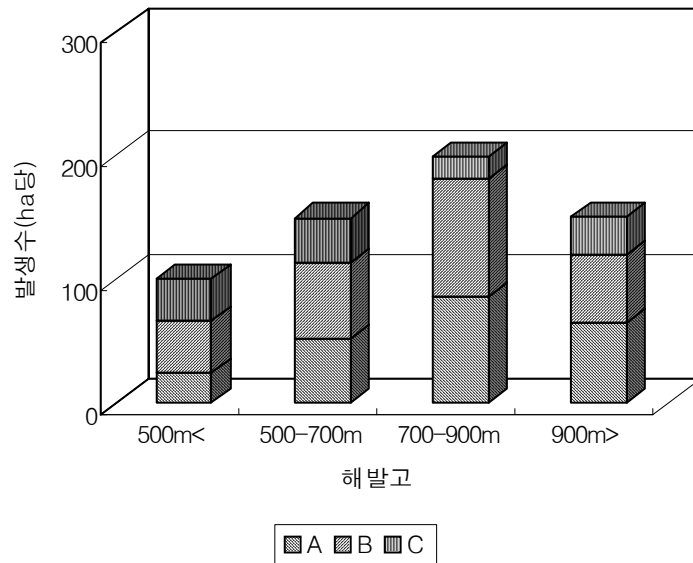


그림 2-37. 굴참나무의 해발고별 실생묘의 생육형태
 A; 단간 직립 형태
 B; 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태
 C; 주 수간의 생육불량이나 초두의 성장 장애로 측지가 발달한 형태

그러나 그림 2-36에서 볼 수 있는 것처럼 졸참나무는 각 형태별 치수의 비율이 해발고별로 크게 차이를 보이지 않고 있다. 반면에 굴참나무는 해발 700-900m에서 발생하는 치수 중에 단간직립 형태(A)와 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)가 비교적 불량한 모습을 보이는 C형보다 발생률이 크게 증가되고 있었다.

그림 2-38 ~ 그림 2-40에서는 해발고별로 발생하는 맹아묘의 생육 형태별 발생률을 제시하고 있다. 그림 2-38에 제시된 신갈나무의 경우 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태(A)의 치수가 각 해발고별로 11~14%를 보였고, 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수와 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 해발고 900m 이상에서 각각 38%, 25%로 높은 발생율을 보였으며, 이들 치수는 해발고 500-700m와 700-900m에서도 각기 21~33%의 범위에서 치수 발생량을 보이고 있었다.

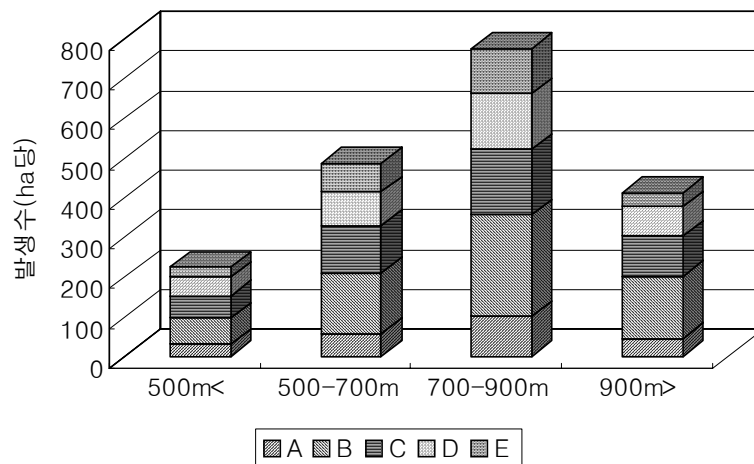


그림 2-38. 신갈나무 맹아묘의 해발고별 형태적 특성

- A; 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태,
- B; 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태,
- C; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태,
- D; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 두 개 혹은 양쪽으로 발생한 형태,
- E; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 3개 이상 발생한 형태

그림 2-39에서 보이는 자료처럼 졸참나무의 맹아묘 발생은 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태(A)의 치수가 해발고 500m 이하와 500-700m에서 각각 22%, 23%, 주

수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 해발고 500m 이하, 500-700m, 700-900m에서 각각 25.1%, 25.6%, 22%를 나타냈으며, 특히 900m 이상에서는 29%를 보여 해발고에 상관없이 B 형태의 멍아묘는 고루 발생하는 경향을 보였다. 그러나 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 두 개 혹은 양쪽으로 발생한 형태(D)와 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 3개 이상 발생한 형태(E)는 각 해발고 별로 5~18% 범위에서 낮은 발생율을 나타냈다.

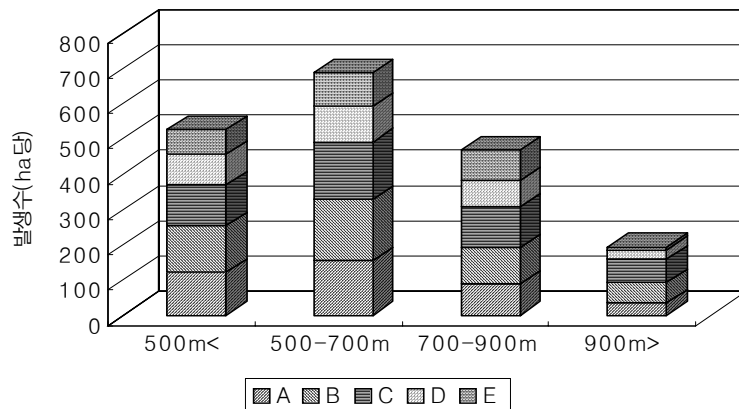


그림 2-39. 줄참나무 멍아묘의 해발고별 형태적 특성

- A; 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태,
- B; 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태,
- C; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태,
- D; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 두 개 혹은 양쪽으로 발생한 형태,
- E; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 3개 이상 발생한 형태

그림 2-40에 제시된 해발고 별 굴참나무의 멍아묘 발생 모습을 살펴보면 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태(A)의 치수가 해발고 500m 이하 또는 700-900m에서 각각 19%와 20%, 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 해발고 500m 이하, 500-700m, 700-900m에서 각각 32.4%, 33.2%, 25.4%의 발생률을 나타냈으며 특히 900m 이상에서는 39%의 높은 발생률을 보였다. 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수도 해발고가 높아질수록 많은 발생 비율을 보였으며, 특히 해발고 900m 이상에서는 39%의 발생 비율을 보이고 있었다.

굴참나무 또한 신갈나무나 줄참나무와 같이 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 두 개 혹은 양쪽으로 발생한 형태(D)의 치수와 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리

근처에서 측지가 3개 이상 발생한 형태(E)의 치수는 각 해발고 별로 8~19%의 범위 내에서 다른 형태의 치수보다 상대적으로 작은 비율을 보였다.

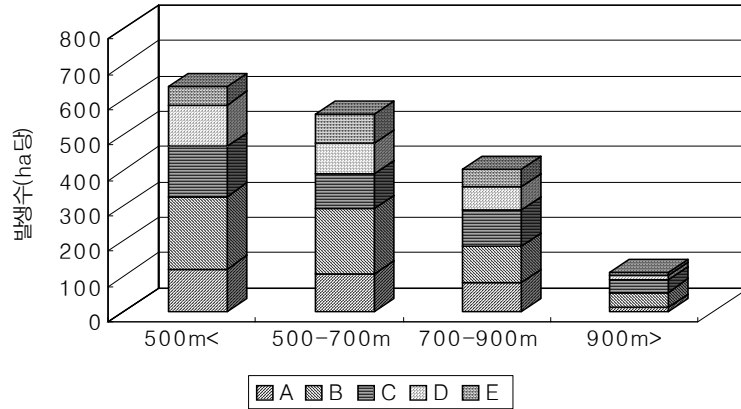


그림 2-40. 굴참나무 멧아묘의 해발고별 형태적 특성

- A; 주 수간이 절단되고 측지가 한쪽으로 발달한 형태,
- B; 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태,
- C; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태,
- D; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 두 개 혹은 양쪽으로 발생한 형태,
- E; 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 3개 이상 발생한 형태

라) 조사 지역 내 임분의 유형 별 치수 발생 특성

그림 2-41에서는 참나무류 주요 우점 수종의 군락별 실생묘와 멧아묘의 발생 비율을 보여주고 있는데 실생묘에 대비한 멧아묘의 치수 발생비율이 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 각각의 우점 군락별로 64.0%, 74.0%, 72.0%로 조사되어 졸참나무 군락 내의 멧아묘 발생 비율이 다소 높은 값을 보였지만 그 차이는 유의적인 차이를 보일 정도로 크지 않은 편이었다.

그림 2-42는 참나무류 주요 우점 수종의 군락별 치수 발생율을 수종별로 멧아묘와 실생묘를 구분하여 분석한 결과를 보여주고 있다. 신갈나무가 우점하는 군락에서의 치수 발생은 신갈나무와 졸참나무가 각각 49.0%과 34.0%로 높게 나타났고, 졸참나무군락에서는 졸참나무의 치수가 52.0%로 다른 참나무류 수종보다 높게 나타났다. 굴참나무군락에서는 졸참나무의 발생 치수가 특히 많아 전체의 50%를 초과하며 신갈나무는 굴참나무의 발생 치수 28.0%에 비해서도 약 10% 이상 낮은 값을 나타냈다.

이들 우점 수종의 군락별로 출현하는 각 수종의 멧아묘와 실생묘 비율은 일정한 경향을 찾기 어려우며 신갈나무군락에서는 졸참나무 실생묘, 굴참나무에서는 굴참나무 실생묘의 발

생 비율이 다소 높은 것으로 조사되었다.

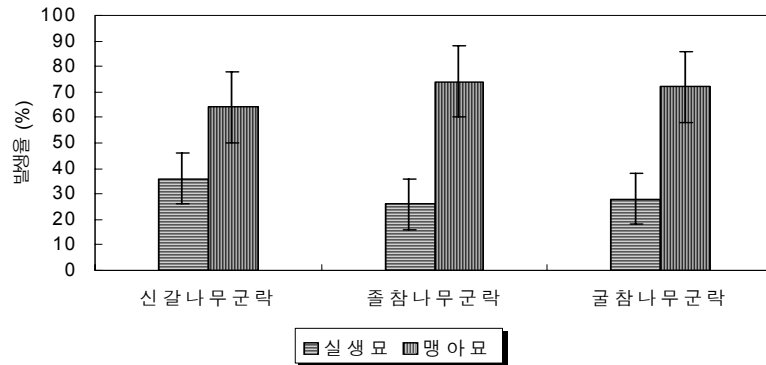


그림 2-41. 참나무류 주요 우점 수종의 군락별 실생묘와 맹아묘의 치수 발생 실태

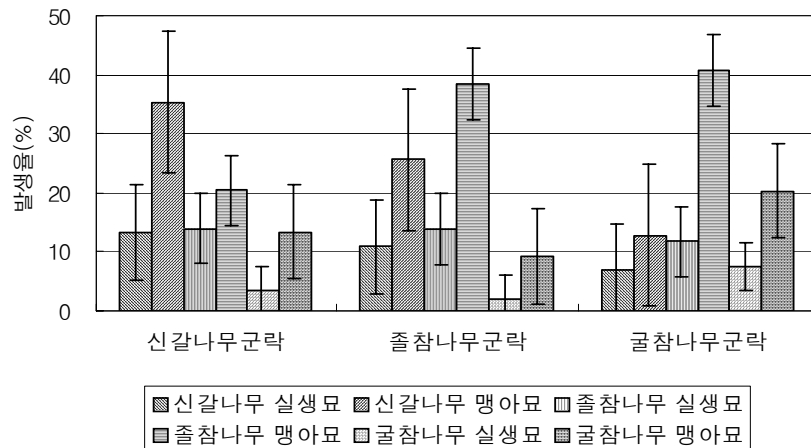


그림 2-42. 참나무류 주요 우점 수종의 군락 내에 발생하는 수종별 치수 발생 실태

표 2-54에서는 참나무 주요 수종의 군락에 분포하는 수종별 발생 치수의 생육 형태를 분석한 결과로 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무의 실생묘의 상대 발생율에서 단간직립 형태(A)의 치수가 44.2~61.5%로 출현하고 있었지만 주 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수와 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)의 치수는 5.5~42.6%의 범위 내에서 수종별로 차이를 보이고 있다.

표 2-54. 참나무류 주요 수종의 군락별 치수의 생육 형태

단위; %

구분	수종	발생형태	신갈나무군락	졸참나무군락	굴참나무군락
실생묘	신갈나무	A	53.2	46.6	56.8
		B	37.2	31.5	24.0
		C	9.6	21.9	19.2
	졸참나무	A	44.2	55.9	61.2
		B	42.6	30.6	31.7
		C	13.2	13.5	7.1
	굴참나무	A	55.9	61.2	61.5
		B	38.6	31.9	29.4
		C	5.5	6.9	9.1
맹아묘	신갈나무	A	9.85	13.6	18.6
		B	42.5	34.6	41.2
		C	36.5	28.4	27.4
		D	7.45	16.2	10.2
		E	3.7	7.2	2.6
	졸참나무	A	24.1	32.6	25.3
		B	34.5	36.5	25.8
		C	14.9	14.2	25.2
		D	10.7	12.4	11.6
		E	15.8	4.3	12.1
	굴참나무	A	26.5	26.5	32.1
		B	29.6	24.1	27.8
		C	26.0	15.4	17.9
		D	11.1	19.0	11.6
		E	6.8	15.0	10.6

맹아묘에서는 신갈나무나 졸참나무 치수의 경우에 각 우점 군락에서 모두 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 25.8~42.5%로 가장 많이 분포하고 있었으며, 주 수간이 절단되어 측지가 한쪽으로 발달한 형태(A)의 치수도 졸참나무의 경우에는 24.1~32.6%까지 비교적 많이 출현하고 있었다. 그러나 신갈나무의 맹아묘는 주 수간이 절단되고 근주부나 뿌리 근처에서 측지가 한 개 발생한 형태(C)의 치수가 27.4~36.5%로 A형보다 많이 발생되고 있었다. 굴참나무도 주 수간이 절단되어 측지가 한쪽으로 발달한 형태(A)와 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)가 24.1~32.1% 안팎으로 다른 형태의 치수보다 상대적으로 많이 분포하는 경향을 나타냈다.

또한 맹아묘 치수 중에서 분지가 심한 불량한 모습의 D와 E 형태의 치수도 2.6~19.0%까

지 일정한 경향 없이 발생하고 있는데 이들은 후계림 육성과정에서 도태시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 전체적으로 볼 때 우점 수종의 군락별 분석에서 군락에 따른 일정한 경향은 발견하기 어려웠다.

마) 조사 지역 내 사면별 참나무류 치수 발생 특성

주 사면별로 조사 지역 전체 치수 발생률을 그림 2-43에서 살펴보면 실생묘의 경우에는 남사면과 북사면에서 각각 13%, 10%를 차지하고 동사면과 서사면은 각각 2%, 4%를 차지한 반면에 맹아묘의 경우는 남사면과 북사면의 치수 발생률이 각각 36%, 17%로 서사면과 동사면의 8%, 13%보다 높은 발생률을 보이고 있어 실생묘와 맹아묘 모두 남과 북사면에서 더 많은 치수 발생을 보이고 있었다.

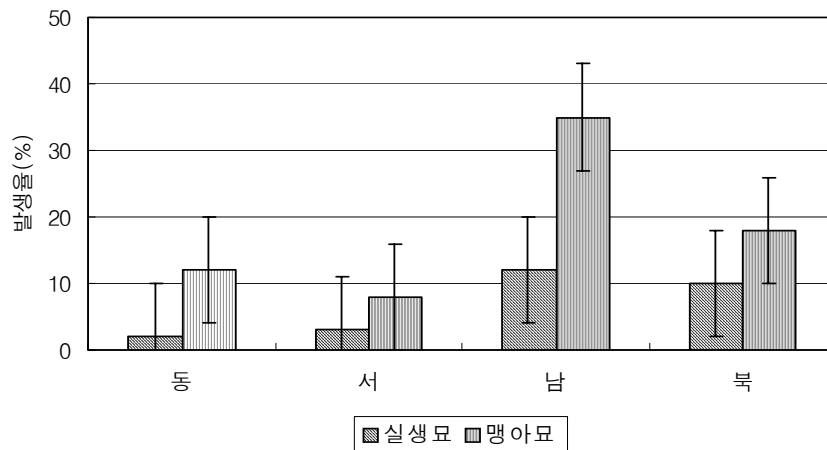


그림 2-43. 주 사면별로 조사된 참나무류 치수의 상대 비율

그림 2-44에서는 덕유산 지역의 주 사면 별로 발생하는 참나무류 주요 수종별 치수 발생 비율을 실생묘와 맹아묘로 구분하여 분석한 결과를 보여주고 있다. 신갈나무에서 실생묘와 맹아묘 각각 남사면에서 37.0%, 50.0%의 높은 발생률을 보이고 있으며, 졸참나무의 경우에는 실생묘는 북사면, 맹아묘는 남사면이 다른 사면에서 보다 다소 높은 치수 발생률을 보이고 있었다. 또한 굴참나무에서 실생묘는 북사면, 맹아묘는 동사면에서 높은 치수 발생률을 보이고 있었다.

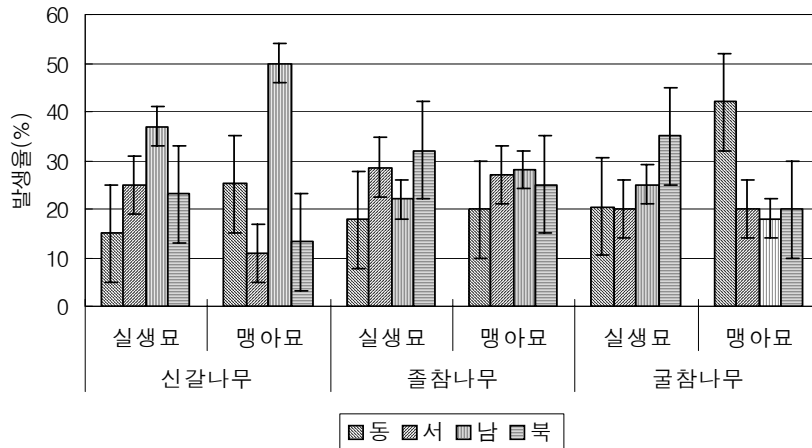


그림 2-44. 덕유산 지역의 주 사면별로 조사된 참나무류 주요 수종별 치수 발생

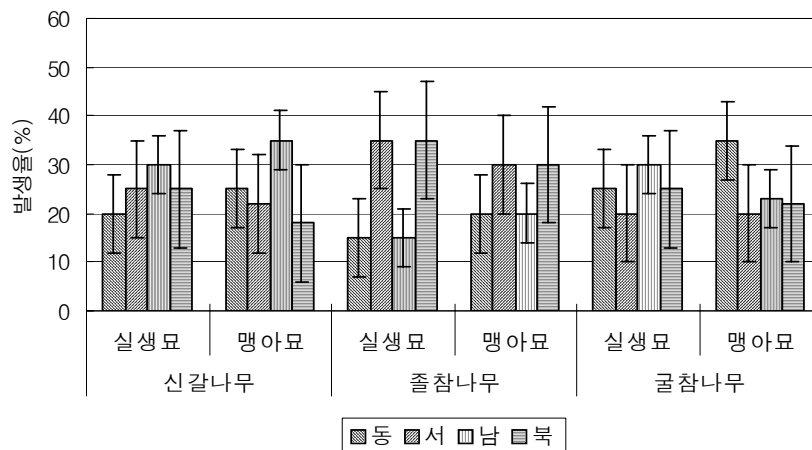


그림 2-45. 지리산 지역의 주 사면별로 조사된 참나무류 주요 수종별 치수 발생

그림 2-45에 제시된 지리산의 주 사면별 치수 발생 비율을 살펴보면 신갈나무의 경우에 실생묘와 맹아묘 모두 남사면에서 30.0%, 35.5%로 다른 사면보다 높은 발생률을 보였으며, 졸참나무는 실생묘와 맹아묘 모두 서사면과 북사면에서 30.0~35.0%의 높은 치수 발생율을 보이고 있다. 그러나 굴참나무의 경우는 실생묘는 남사면, 맹아묘는 동사면에서 각각 30%, 35%의 치수 발생률을 보였다.

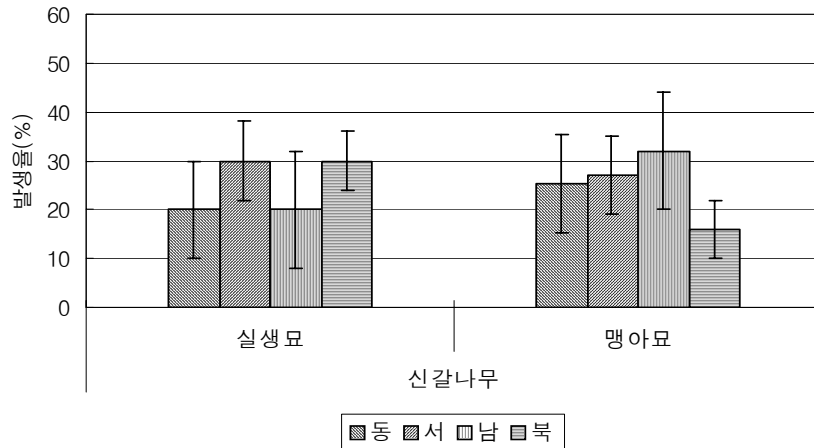


그림 2-46. 가리왕산 지역의 주 사면별로 조사된 참나무류 주요 수종별 치수 발생

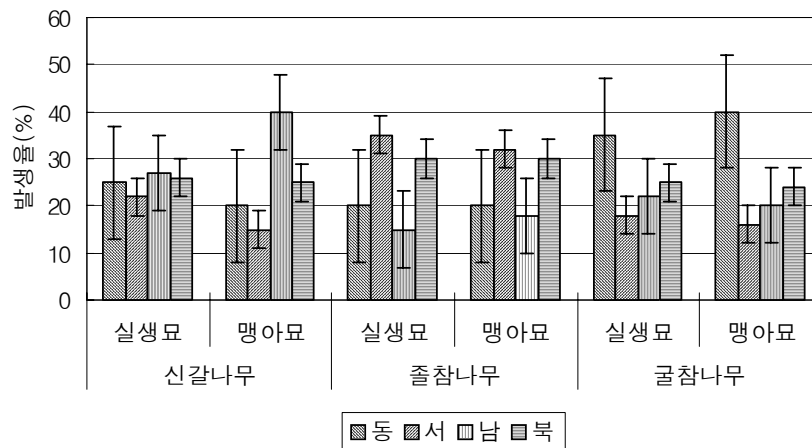


그림 2-47. 백운산 지역의 주 사면별로 조사된 참나무류 주요 수종별 치수 발생

그림 2-46에 제시된 것처럼 가리왕산 지역의 사면별 치수 발생은 전 사면에 걸쳐 고르게 신갈나무의 실생묘와 맹아묘가 발생하였으나, 특히 실생묘는 서사면과 북사면에서 그리고 맹아묘는 남사면에서 조금 높은 치수 발생률을 보이고 있었다.

백운산 지역에서는 그림 2-47에서처럼 신갈나무의 실생묘는 전 사면에서 22~27%로 고르게 분포하고 있었으나 맹아묘는 남사면에서 40%의 높은 치수 발생률을 보였다. 졸참나무의 경우에는 실생묘와 맹아묘 모두 서사면과 북사면에서 30.0~35.5%의 높은 치수 발생률을 보였으며, 굴

참나무는 실생묘와 맹아묘 모두 동사면에서 35~40%의 비교적 높은 치수 발생률을 나타냈다.

그림 2-48에 제시된 것처럼 포항지역의 산 사면별 치수 발생은 신갈나무의 경우 백운산 지역과 마찬가지로 실생묘는 전사면에 걸쳐 22~29%로 고르게 분포하고 있었으며, 맹아묘는 남사면에서 35%로 상대적으로 높은 발생률을 나타냈다. 졸참나무도 신갈나무와 마찬가지로 전사면에 걸쳐 22~28%의 분포를 보이고 있었으며, 맹아묘는 남사면에서 다소 높은 30%의 치수 발생률을 나타냈다. 또한 굴참나무의 경우에 실생묘는 남사면에서 30%, 맹아묘는 동사면에서 30%의 다소 높은 치수 발생률을 나타냈지만 전체적으로 사면별 차이는 크지않은 편이었다.

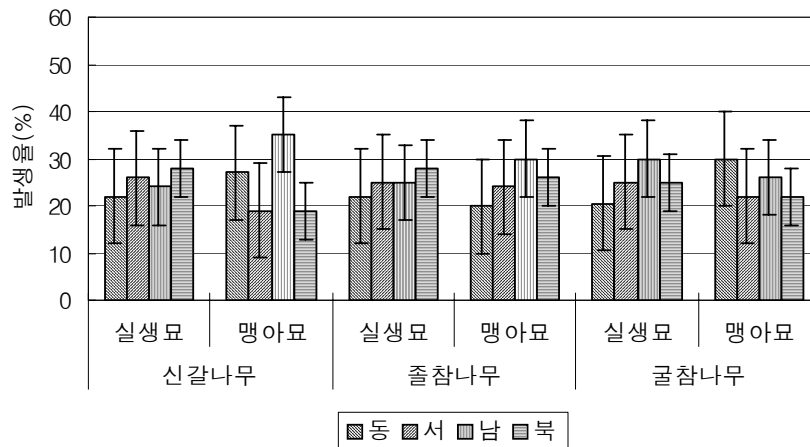


그림 2-48. 포항 지역의 주 사면별로 조사된 참나무류 주요 수종별 치수 발생

이상에 제시된 내용과 같이 수종별 또는 실생묘와 맹아묘 별로 각 사면에 발생하는 치수의 발생량에는 그때그때 차이를 보이는 것으로 조사되었지만 이와 같은 차이가 지역별로 다양한 모습을 보이고 있어 일정한 경향을 확인하기 어려웠다. 이는 이들 참나무류의 치수 발생에 미치는 영향이 어느 특정 사면의 입지환경에 의해 결정적인 지배를 받지 않는 것으로 해석될 수 있으며 우리나라에 분포하는 참나무류 주요 수종의 생태적 적응능력이 비교적 넓어 각 지역의 임분이 지니고 있는 다양한 입지환경과 임상 구조 등에 맞추어 광범위한 지역에 기회적으로 발생하는 참나무류 치수가 많을 수 있다는 점으로도 해석할 수 있다. 그러나 이들 참나무류 치수는 앞으로 후계림을 조성하는 주요 인자로 볼 수 있기 때문에 이들의 발생에 미치는 영향이나 조건 등에 대해서는 보다 확실한 내용을 밝히는 것이 중요하며 이를 위해서는 앞으로도 생리, 생태적인 접근 방법을 적용하여 지속적인 조사 분석이 요구된다.

표 2-55. 주 사면별로 발생하는 참나무류 주요 수종별 치수의 생육 형태 단위; %

구분	수종	생육형태	주사면의 방위				
			동	서	남	북	
실생묘	신갈나무	A	37.5	32.8	16.5	25.6	
		B	48.1	52.2	58.5	56.2	
		C	14.4	15.0	25.0	18.2	
	졸참나무	A	38.2	32.6	48.2	39.6	
		B	48.6	50.2	45.3	40.4	
		C	13.2	17.2	6.5	20.1	
	굴참나무	A	48.2	41.2	40.2	45.2	
		B	42.2	49.5	44.6	45.3	
		C	9.6	9.3	15.2	9.5	
	맹아묘	신갈나무	A	10.2	30.2	22.9	29.6
			B	52.3	42.2	41.1	42.1
			C	11.9	13.2	21.0	17.0
D			14.7	8.4	8.7	8.5	
E			10.9	6.0	6.3	2.8	
졸참나무		A	25.6	30.4	44.6	26.5	
		B	39.9	30.1	29.5	28.9	
		C	17.8	27.0	18.5	26.3	
		D	12.5	6.8	7.4	12.2	
		E	4.2	5.7	-	6.1	
굴참나무		A	34.2	28.2	40.3	36.2	
		B	32.2	41.3	30.2	40.3	
		C	20.1	11.9	15.9	13.3	
		D	9.2	8.6	11.5	8.5	
		E	4.3	10.0	2.1	1.7	

표 2-55에서는 주 사면별로 분포하는 주요 수종별 발생 치수의 생육 형태를 분석한 결과이다. 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무의 실생묘는 수간과 측지가 함께 발달한 형태(B)의 치수가 전 사면에서 고르게 많이 발생하고 있으며 일부 사면에서는 수종별로 단간직립의 형태(A)를 지닌 치수가 많이 발생하는 경우도 있었다, 그러나 주 수간의 생육 불량으로 측지가 발달한 형태(C)의 치수는 모든 수종에서 사면별로 10~20% 안팎이 발생되었다.

맹아묘의 생육형태는 신갈나무의 경우에 주 수간이 절단되어 측지가 양쪽으로 발달한 형태(B)의 치수가 전 사면에서 41.1~52.3%로 가장 많이 분포하고 있었으며 졸참나무는 신갈나무와 달리 절단된 주 수간 끝에서 측지가 한쪽으로 발달한 형태(A)의 치수가 서, 남 사면에서 30.4~44.6%, 형태 B의 치수가 동, 북 사면에서 28.9~39.9%로 가장 많이 분포하고 있었다. 굴참나무는 A형이 동, 남 사면에, 그리고 B형 서, 북 사면에 각각 34.2~40.3%, 40.3~41.3%의 높은 발생률을 보이고 있었다.

천연치수 육성과 관련하여 조사 분석된 전체 조사 내용을 종합할 때, 현재 참나무류 주요 수종이 우점하고 있는 천연림을 보다 생산성이 높은 양호한 숲으로 육성하고 또 천연의 힘을 이용하여 친환경적으로 이들 천연림의 후계림을 조성하는 전략이나 방안을 수립 또는 시도하는 과정에서 다음과 같은 내용을 요약하여 제시할 수 있다.

우리나라에 분포하는 주요 낙엽성 참나무류 중에서 신갈나무는 주로 고산 지역의 상복부, 굴참나무는 산 중복 이하의 남사면에, 그리고 졸참나무는 산 중복 이하의 사면 하부나 계곡에, 상수리나무는 야산 지역의 산록부를 중심으로 넓게 분포되어 있다고 생각하는 것이 일반적인 상식이다.

그러나 본 조사결과에서 볼 수 있는 것처럼 이들 참나무류는 적응력이 넓고 강해서 특수한 입지환경을 지닌 일부 지역을 제외하고 우리나라 산 전역의 일반적인 입지환경에 널리 분포할 수 있다. 이 때문에 이들 참나무류의 우점 임분을 조성하는 과정에서 마크로한 입지환경에 지나치게 제한을 받는 것보다는 국소 지역의 토양 조건이나 수분환경 등을 보다 정밀하게 평가할 필요가 있으며 이들 지역의 임분 무육관리나 갱신 방법에 대한 보다 고도화된 시업 기술 개발이 더욱 강조될 필요가 있다.

또한 이들 참나무류 우점 임분에는 대부분 소나무나 산벚나무, 물푸레나무, 층층나무, 고로쇠나무, 피나무, 박달나무 등의 주요 침, 활엽수가 동반 출현하는 모습을 보이고 있어 이들을 이상적으로 혼효시키는 방안이나 기술을 적극 개발할 필요가 있다.

특히 현재보다 양호한 모습을 보이는 후계림을 보다 친환경적이며 생력화된 기술로 조성하기 위해서는 이들 임분의 중, 하층에 분포하는 유령목이나 치수를 이용하는 기술 개발에 더 많은 노력이 요구된다. 조사된 결과를 보면 이들 임분의 중, 하층에는 참나무류를 포함하여 다양한 수종의 유령목과 치수가 분포 또는 발생하고 있으며 이들의 분포 밀도 또한 정상적인 후계림을 조성하는데 큰 문제가 없을 것으로 보이는 지역이 많아 이들에 대해 보다 개선된 보육 관리 방법을 개발하는 일은 차후에 조성되는 후계림의 질적인 측면에 중요한 영향을 미칠 수 있다.

참나무류의 실생치수나 맹아묘는 수종이나 치수의 형질 별로 조사된 다양한 입지 환경에서 일정한 경향이 없이 기회적으로 출현하는 양상을 보일 때가 많은데 이는 이들 수종의 입지 적응력이 넓고 또 과거의 임분 역사나 현재의 임분 특성 등이 이들의 분포에 다양한 영향을 미치기 때문이다. 이들 치수의 분포상을 분석하고 형질을 평가하면서 보육 또는 제거 대상의 치수를 구분하여 보다 과학화된 기술로 치수를 육성하기 위한 노력이 요구되며 지역별로 불충분한 치수 실태를 고려하여 직과 또는 실생묘 조립 등으로 보완적인 조림을 시도하는 기술도 개발되어야 한다.

나. 실생묘 조립에 관련된 실연연구

1) 임분밀도 조절에 의해 임내 광환경을 다르게 조절한 시험구별 생육 환경 분석

보다 우량한 참나무류 우점 임분의 조성 및 갱신 기술의 개발 과정에서 천연갱신에 의한 후계림을 조성하는 경우에도 불충분한 갱신 상태를 보이는 임분을 중심으로 부분적으로 실생묘를 조립하거나 직파조립을 실시할 필요가 있다. 또한 현존 임분의 구조를 개선하기 위해서 상층임관 하부에 수하식재 형태로 보완적인 조립을 실시할 필요도 있다. 그리고 개별 적지에 어린 묘목을 조립할 때에도 이들 묘목은 주변에서 수광경쟁을 하며 피압을 하는 세력이 강한 주변 식생과 경합을 하는 것이 보통이다.

이와 같은 조건 하에서 실생묘 조립에 문제가 되는 광선 부족 문제를 보다 심도 있게 분석하는 일은 실생묘 조립 기술을 발전시키는데 필수적인 과제로 사료된다. 본 연구에서는 이를 위하여 임목의 생장에 직접적인 영향을 미치는 무기환경 요인 중에서 광 환경 조건을 달리하는 시험구를 충남 산림환경연구소 내의 상수리나무 임분의 밀도를 조절하여 조성하고 이 지역에 실생묘를 조립한 후 이들 지역의 광 환경 및 기타 생육 환경과 실생묘의 활착 및 생육 상태를 비교 분석하였다.

각 시험구에서의 생육 환경조사는 휴대용 광도계(LI-250, Li-Cor, Inc)와 습도계(HM34C, Vaisala) 등을 이용하여 기 조성된 각각의 처리시험구에서 식물의 성장과 생리활동이 비교적 활발하다고 판단되는 6월에 구름이 없는 맑은 날을 기준으로 하여 오후 12시 전후에 반복 실시하였다.

실험구 내로 투입되는 광량의 변화는 태양과 수직 방향으로 10~20반복 이상 측정하였으며 온도와 상대습도의 측정에서도 광량 측정과 동시에 식재된 참나무류 주요 수종의 묘고 높이에 맞춰 지상 약 30~40cm의 높이에서 반복 측정하였다.

그림 2-49에서와 같이 시험구별 광량은 개활지인 전광 조건에서 평균 $1569 \pm 112 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 을 보였을 때 전광에 비해 피음의 강도가 다소 약한 약피음처리구에서는 평균 $1268 \pm 150 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 피음의 강도가 다소 강한 중간피음처리구는 평균 $529 \pm 178 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 마지막으로 피음의 강도가 전광처리구보다 강한 강피음처리구에서는 평균 $328 \pm 123 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 을 보여 약피음처리구는 전광 대비 81%, 중간피음처리구는 34%, 강피음처리구는 21% 로 임내로 투과되는 광량은 각 피음처리구 별로 상당한 차이를 나타냈다.

광량과 함께 측정된 평균 대기 온도의 변화는 전광에서 $29.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 를 보일 때, 약피음처리구는 $29.2 \pm 0.1^\circ\text{C}$, 중간피음처리구는 $29.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$, 강피음처리구는 $28.7 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 를 보였다. 본 연

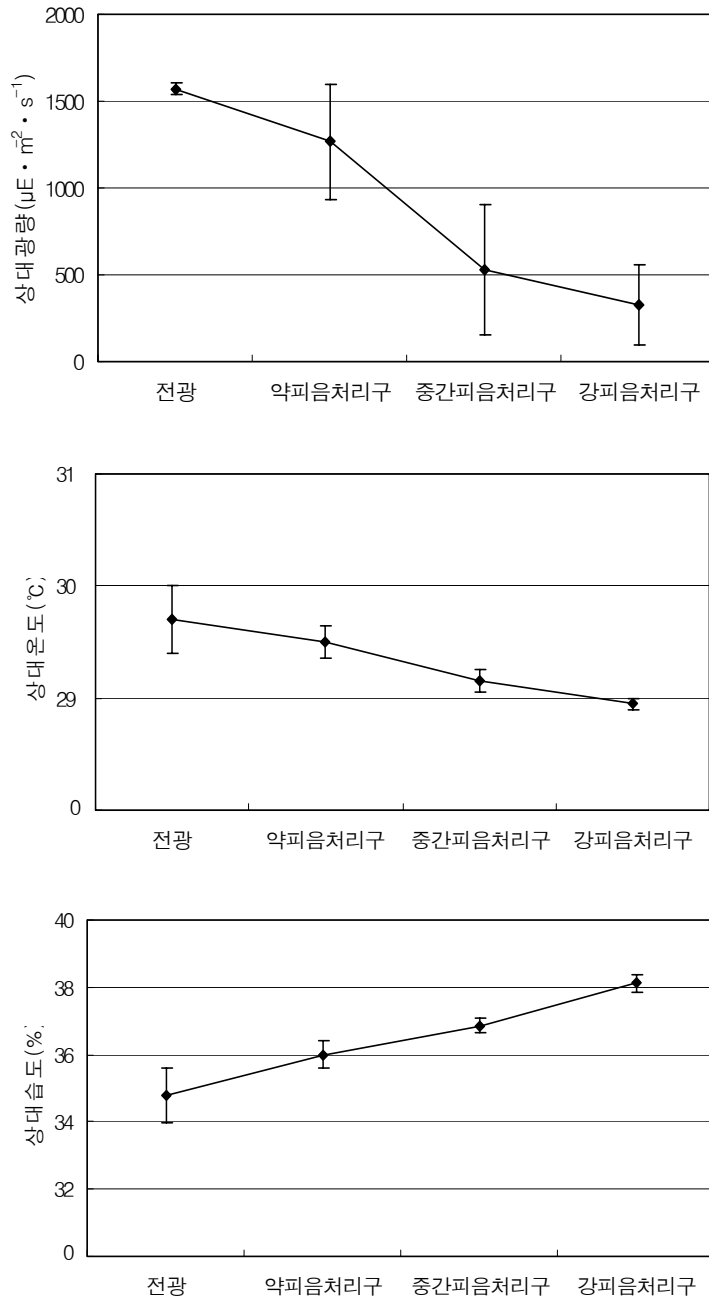


그림 2-49. 실생묘조립과 직파조립 지역의 무기환경 분석

구에서 각 시험구별로 대기 온도에 큰 차이를 보이지 않은 것은 각각의 시험구 면적이 협소하여 인접하고 있는 개활지의 영향을 크게 받았기 때문이라고 사료되며 만약 넓은 면적에 걸쳐서 피음이 이루어지면 피음강도에 따른 온도 차이가 크게 벌어질 것으로 생각된다.

각 시험구별 평균 상대습도는 전광이 $34\pm 2\%$, 약피음처리구는 $36\pm 2\%$, 중간피음처리구는 $37\pm 3\%$, 강피음처리구는 $38\pm 1\%$ 를 보였다. 상대습도 또한 온도와 마찬가지로 시험구별로 큰 차이는 보이지 않았으며 이는 앞에서 설명한 것처럼 시험구 면적이 협소한데 따른 인접 개활지의 영향에 기인하는 것으로 판단할 수 있다.

2) 임분밀도 조절에 의해 임내 피음 조건을 다르게 조절한 임지에 수하식재된 참나무류 주요 수종 실생묘의 생육 비교

그림 2-50에 제시된 것처럼 광환경이 다른 처리구내에 식재된 실생묘의 활착률은 전체적으로 상수리나무 1-1묘가 평균 73%로 다른 수종에 비해 높은 활착률을 보였고, 상수리나무 1-0묘가 66%, 신갈나무와 졸참나무가 각각 56%, 45% 이었으며 굴참나무는 41%로 이식 후 활착률이 가장 낮게 나타났다. 전체적으로 모든 수종이 저조한 활착률을 보이고 있는데 이는 묘목의 생리적인 상태와 함께 시험구의 토양 조건 및 식재 당시의 기후 환경 등이 활착에 유리한 조건을 지니지 못한데 기인하는 것으로 사료되어 절대적인 값의 개념으로 이해하지 않는 것이 좋으며 피음처리에 대한 상대적인 결과를 중심으로 비교하는 것이 바람직하다.

시험구별로는 중간피음처리구가 전반적으로 높은 활착율을 보였는데 그 당시 이식을 실시한 시기인 4월 하순에서 5월 초순의 기상조건을 살펴볼 때 강한 광선과 함께 봄 가뭄의 영향으로 상대적으로 다른 처리구에 비해 어느 정도 상층임관에 의해 광선이 차단된 중간피음처리구가 묘목의 활착에 유리한 환경조건을 조성할 수 있었을 것으로 생각된다.

또한 상층임관에 의한 적절한 피음은 수목의 활착 및 생육에 있어서 장애가 될 수 있는 임분 내 잡초나 관목류의 발생과 성장을 억제하는 등의 효과를 일부 기대할 수 있었다.

그러나 상대적으로 강피음처리구에서는 상대투광율이 전광조건에 비해 21% 이하로 저하된 부족한 광 조건 하에서 대부분의 주요 참나무류 묘목의 활착율이 30~60% 미만으로 떨어지고 있으며 이는 강한 광선 차단이 식물의 생육과 활착에 장애 요소가 되고 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 강한 피음 조건에서 묘목을 식재할 경우에는 양묘 과정에서 사전에 저광도에 순화시켜 이식하는 방법을 개발할 필요가 있으며 용기묘 등을 이용하거나 식재 지역의 토양을 개량하여 줌으로서 이식에 따른 후유증을 감소시켜 활착 및 성장을 개선할 수 있을 것이다.

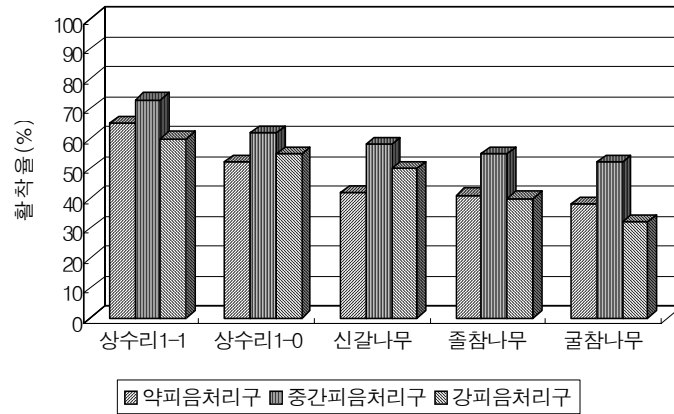


그림 2-50. 시험구별 참나무류 주요 수종의 묘목의 활착률

표 2-56에서는 각 시험구별로 식재된 참나무 주요 수종의 성장률을 보이고 있다.

식재된 참나무류 주요 수종의 실생묘 중에서 상수리나무의 경우는 1-1묘가 다른 참나무 수종과 상수리나무 1-0묘 보다 성장에 미치는 피음 처리의 영향이 컸는데 약피음처리구에서 상수리나무 1-1묘의 경우에 묘고 성장과 직경 생장이 각각 $18.4 \pm 2.1\text{cm}$, $0.9 \pm 0.3\text{cm}$ 로 중간피음구나 강피음구의 묘고와 근원경보다 약 3~6cm, 0.1~0.2cm 많은 성장을 하였으며 피음정도가 강해지면서 생장은 위축되는 모습을 보였다.

표 2-56. 피음 처리 시험구별 참나무류 주요 수종의 성장 비교

수종 (묘령)	약피음처리구		중간피음처리구		강피음처리구	
	묘고(cm)	직경(cm)	묘고(cm)	직경(cm)	묘고(cm)	직경(cm)
상수리나무(1-1)	18.4 ± 2.1	0.9 ± 0.3	15.3 ± 1.2	0.8 ± 0.2	12.1 ± 2.1	0.7 ± 0.4
상수리나무(1-0)	12.3 ± 2.5	0.6 ± 0.2	12.2 ± 0.9	0.4 ± 0.3	8.3 ± 2.5	0.3 ± 0.1
신갈나무(1-0)	9.5 ± 1.6	0.3 ± 0.3	10.4 ± 2.1	0.3 ± 0.3	6.5 ± 2.6	0.3 ± 0.2
졸참나무(1-0)	8.4 ± 1.4	0.4 ± 0.3	9.6 ± 1.8	0.4 ± 0.3	6.9 ± 1.9	0.4 ± 0.2
굴참나무(1-0)	8.2 ± 3.0	0.5 ± 0.2	8.7 ± 1.6	0.5 ± 0.2	5.4 ± 2.1	0.4 ± 0.2

같은 상수리나무 1-0묘에서 약피음구와 중간피음구 사이에는 묘고 성장에서 거의 차이가 없었으며 강피음구에서만 묘고가 약 4cm 작은 값을 나타내었다. 그러나 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 1-0묘에서는 다같이 중간 피음구의 묘고 생장이 다소 큰 값을 보이며 약피음구에서는 이들 보다 약 0.5~1cm 안팎 묘고가 작았다. 또한 강피음구에서는 이들의 묘고가 약 3cm 정도 작은 값을 보여 이들의 생장에 보통 수준의 피음은 오히려 좋은 영향을 주지만 강한 피음은 생장에 위축을 가져오는 것으로 보였다.

3) 인공피음 처리에 의한 묘포장 내 실생묘의 성장 및 생리적 특성 변화

묘포장에 식재된 상수리나무 1-0묘를 대상으로 피음망을 이용하여 인위적인 피음 처리를 실시한 후 피음 정도별로 묘목의 상대성장률과 엽록소 함량의 변화를 조사하였다.

그림 2-51에서와 같이 피음 처리 수준별로 조사된 성장량을 살펴보면 1, 2차 년도에 임지 내 수하식재된 참나무류의 실생묘 조립 결과와 같은 경향으로 묘고 생장은 30% 피음처리구, 전광처리구, 90% 피음처리구 순으로 $16.3 \pm 3.2\text{cm} > 15.4 \pm 2.8\text{cm} > 8.6 \pm 2.5\text{cm}$ 를 보였다. 직경성장 또한 묘고생장과 마찬가지로 30% 피음처리구, 전광처리구, 90% 피음처리구 순으로 $2.6 \pm 0.8\text{mm} > 1.1 \pm 0.5\text{mm} > 0.6 \pm 0.4\text{mm}$ 의 성장을 보였다. 이들의 생장은 전체적으로 일반 양묘장에서 자라는 묘목보다 부진한 성장을 보이고 있는데 이는 시험포장의 토양이 양료가 적은 마사토이며 시험에 영향을 미칠 수 있는 시비처리 또한 하지 않은 조건에서 실시하였기 때문이다.

1, 2차 년도의 임내 수하식재 시험에서와 같이 묘고 성장과 근원경 생장은 광선의 강도가 강한 전광지역보다는 어느 정도 광선이 차단되어 강한 광선에 의한 직, 간접적인 스트레스를 적게 받는 30% 피음처리구의 생장이 양호한 것으로 나타났다. 그러나 피음의 강도가 지나치게 강한 90% 피음처리구에서는 광선 부족에 따른 생육 장애와 함께 잎 또는 줄기의 조직이 연화되는 등의 생리적 장애가 나타나기도 했다(그림 2-51).

수목의 잎에 다량으로 존재하면서 광합성과 밀접한 연관을 지니고 있는 엽록소는 수광 조건에 따라 그 함량에 민감한 반응을 보이는 것으로 보고되고 있는데 그림 2-52에서는 인위적인 피음 처리에 따라 상수리나무 묘목의 엽내 엽록소 함량이 변화하는 모습을 보여주고 있다.

엽록소 전체 함량은 5월에 $3.71 \sim 3.89\text{mg/g dw}$ 에서 7월에는 $4.00 \sim 4.68\text{mg/g dw}$, 9월에는 $4.32 \sim 5.23\text{mg/g dw}$ 으로 생육 시기가 지날수록 증가하는 경향을 보였으며, 생육 시기가 경과하면서 피음의 강도가 강할수록 전체 엽록소 함량의 증가 정도가 커지는 경향을 보였다. 또한 엽록소 a와 b의 비율은 전반적으로 2~3배의 차이를 보였으며 엽록소 a와 b 또한 피

음의 강도가 강할수록 증가하는 경향을 보이는데 피음에 따른 엽록소 함량의 증가 정도는 특히 9월에 엽록소 b에서 더욱 커지는 경향을 보였다.

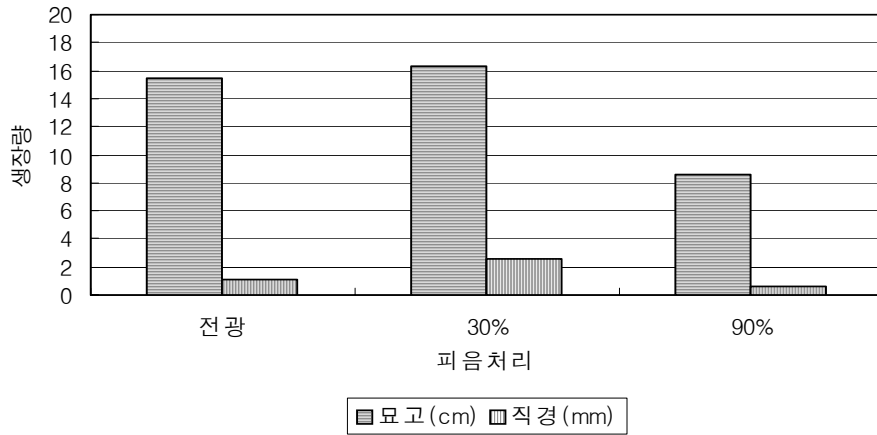


그림 2-51. 인공피음처리에 의한 상수리나무 묘목의 성장량

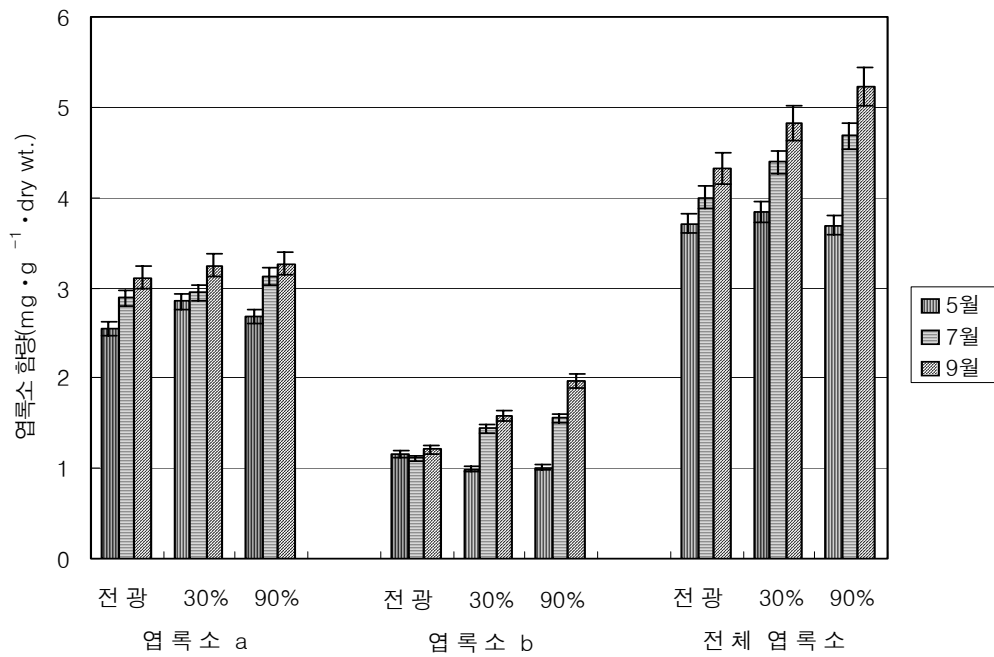


그림 2-52. 피음 처리에 따른 상수리나무 유묘의 계절별 엽록소 함량 변화

이상에서 조사된 것처럼 광선이 수목의 생육에 미치는 영향과 함께 피음의 정도에 따른 긍정적 또는 부정적 영향을 파악할 수 있지만 수목의 생장에 필요한 최적 광도는 수종, 수령, 수목의 생리 상태, 입지환경 등 다양한 요인과 함께 지속적으로 변하고 있기 때문에 매번 적정 광도의 절대값을 확인하여 이를 조림에 반영하기는 현실적으로 대단히 어렵다. 그러나 광선이 묘목의 활착 및 생육에 미치는 영향을 파악하여 부분적으로 약한 피음을 실시하는 등, 이를 실용적인 범위 내에서 조림작업의 기술적인 측면에 반영한다면 그만큼 성공적인 조림을 기대할 수 있다.

본 연구의 결과를 이용하여 추정할 경우에 광선의 강도가 지나치게 강한 전광지역이나 심하게 그늘진 강피음 지역에서는 광선에 의한 직, 간접적인 스트레스나 광합성에 필요한 광량의 부족으로 어린 묘목이 생리적인 생육장애를 보일 수 있으며 전광대비 20~30% 감소된 광조건 하에서 이식된 유묘는 비교적 양호한 활착과 건전한 생장을 보이는 것으로 판단된다.

이 때문에 실생묘 조림을 실시하는 조림지를 준비하기 위한 벌채 및 벌채지 정리 작업에서 완전한 개별보다는 일부 상층목이나 벌채 잔해물을 적정 수준 잔존시키는 방법으로 광환경을 조절하는 것이 요구된다.

4) 참나무류 주요 수종의 용기묘 생산에 대한 연구

참나무류 주요 수종의 뿌리는 주로 직근성이며 세근이 잘 발달하지 않아 이식이 어려운 수종에 속하며 이식 후에 활착된 묘목도 이식에 따른 스트레스에 의해 생육이 억제되는 현상이 심하다. 이를 개선하기 위해서는 실용적인 규격의 용기묘를 생산하여 조림에 이용하는 방법을 생각해볼 수 있다.

선행 연구 결과(산림청, 1995~1999)에 의하면 벌채적지에 대한 실생묘 조림이나 수하식재 등을 수행할 때 효율적으로 이용될 수 있는 용기묘 생산을 위해서는 적절한 용기와 배양토의 개발 및 합리적인 용기 양묘 체제 수립이 전제 조건이 된다고 하였다. 이와 관련하여 참나무류 주요 수종의 적정 용기 크기와 용기 규격의 제한성을 해결하기 위한 실험을 실시하였다.

표 2-57과 그림 2-53에서는 용기 규격과 받침용기 사용 유무 별로 용기에 양묘된 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무의 묘고, 근원경, 근장과 이들의 상대생장률을 보여주고 있다. 조사 대상 수종 모두가 묘고를 중심으로 근원경과 근장이 용기의 규격에 따라 차이를 보이고 있으며, 특히 묘고 생장의 경우에 받침용기를 사용한 수종들의 묘고 생장이 6~9cm 이상 큰 값을 보여주고 있다. 이러한 경향은 받침용기를 사용하므로써 근계 발달이 제한된

기본용기의 규격 내에서 억제되지 않고 받침용기까지 발달함으로서 전체적인 묘목 생장에 긍정적인 영향을 미치기 때문으로 사료된다. 실제로 본 실험의 결과를 보면 대부분의 뿌리 발달이 기본 용기를 벗어나 받침용기까지 발달하는 경향을 나타내고 있었다.

기본 용기의 규격에 대한 실험 결과에서는 5 × 13cm 규격의 용기보다는 전반적으로 9 × 18cm 규격의 용기묘 생장이 양호한 결과를 보여주고 있으며, 가을이 되어가면서 5 × 13cm 규격의 용기는 보다 일찍 부분적인 조직의 경화 현상과 함께 잎이 황갈색으로 변화되는 모습을 보이기도 했다. 또한, 근계의 발달이 정상적인 형태를 보이지 못하고 용기 내부에서 뒤틀려 말리는 현상을 보이고 있었다.

표 2-57. 기본 용기의 규격과 받침용기 사용 유무에 따른 참나무류 주요 수종의 성장 비교

구 분 기본용기 (직경×높이) (cm×cm)	받침용기 미사용			받침용기 사용			
	근원직경 (mm)	묘고 (cm)	근장 (cm)	근원직경 (mm)	묘고 (cm)	근장 (cm)	
신갈나무							
5 × 13cm	6월	0.8±0.2	18.2±3.5	14.6±3.9	0.8±0.2	17.4±3.2	12.7±3.1
	10월	1.0±0.3	20.6±2.9	18.4±4.2	1.2±0.4	21.5±2.5	17.2±3.0
9 × 18cm	6월	0.9±0.3	17.8±2.5	15.2±4.1	0.8±0.2	16.4±2.2	14.5±3.6
	10월	1.3±0.2	25.8±1.9	24.2±3.4	1.3±0.2	27.2±1.9	26.2±2.9
굴참나무							
5 × 13cm	6월	0.6±0.2	17.5±2.8	13.4±3.7	0.7±0.3	18.0±3.3	14.1±3.2
	10월	0.9±0.3	22.6±2.1	17.5±3.8	1.1±0.2	23.9±2.2	20.2±3.3
9 × 18cm	6월	0.7±0.3	16.5±2.6	15.0±4.2	0.8±0.2	17.2±2.2	15.1±4.4
	10월	1.2±0.4	24.8±1.4	23.5±3.0	1.3±0.3	28.2±2.4	26.4±4.1
졸참나무							
5 × 13cm	6월	0.6±0.3	15.2±3.1	12.4±3.7	0.5±0.2	14.2±3.1	11.7±3.2
	10월	0.9±0.2	18.2±2.4	15.4±4.0	1.0±0.3	18.6±2.5	16.4±3.2
9 × 18cm	6월	0.7±0.2	15.8±2.1	11.9±3.6	0.8±0.2	16.5±2.2	12.2±2.5
	10월	1.1±0.3	20.8±1.2	16.4±3.1	1.2±0.3	23.8±1.2	20.1±1.9
상수리나무							
5 × 13cm	6월	0.7±0.3	17.8±3.2	15.6±3.2	0.8±0.3	18.3±3.4	15.2±3.4
	10월	1.2±0.2	22.2±2.4	19.8±3.5	1.3±0.2	25.7±2.2	22.3±4.6
9 × 18cm	6월	0.8±0.3	16.7±2.9	15.1±2.7	0.9±0.2	16.9±2.9	13.9±4.5
	10월	1.5±0.2	26.7±2.5	22.1±3.4	1.8±0.4	27.2±3.2	23.7±3.6

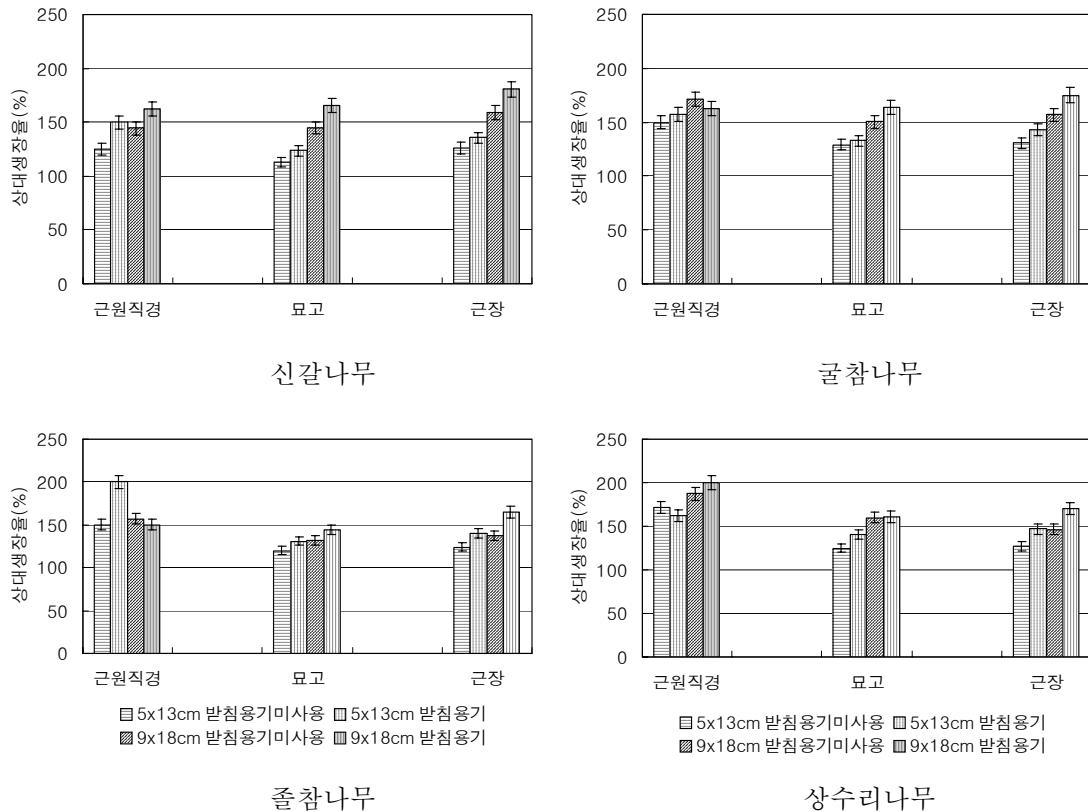


그림 2-53. 용기묘 크기와 받침용기 사용 유, 무에 의한 참나무류 주요 수종의 상대 생장율

그림 2-54에서는 기본 용기의 규격과 받침용기의 사용 유무에 따른 상수리나무 묘목의 성장 상태를 사진으로 보여 주고 있다. 용기의 크기(내경 9±1cm, 높이 18±1cm)가 크더라도 묘목의 성장에 따라 받침용기에 배양토를 채우지 않았을 경우에는 사진 B와 같이 뿌리가 뒤틀리는 현상이 부분적으로 나타났다.

또한 용기의 크기(내경 5±1cm, 높이 13±1cm)가 작고 받침용기에 배양토를 채우지 않을 경우에는 사진 D의 경우처럼 뿌리의 뒤틀림이 더욱 심해지고 잎의 변색 또한 심해지는 모습을 관찰할 수 있었다.

본 실험의 결과에서처럼 참나무류의 묘목을 기르기 위한 적정 용기의 선정 시에 용기의 규격이 클수록 수목의 성장에 도움을 주겠지만 용기묘의 생산에 소요되는 비용과 함께 생산

된 용기묘의 관리, 운반 등에서 부담이 커지는 점을 고려한다면 1-0묘를 생산하기 위한 기본용기의 적정 규격은 최소한 10cm(내경) x 20cm(길이) 안팎의 규격을 지닌 용기가 적절할 것으로 판단되며, 필요할 경우에 받침용기에 배양토를 채워 근계 발달이 받침용기까지 계속 되도록 유도하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

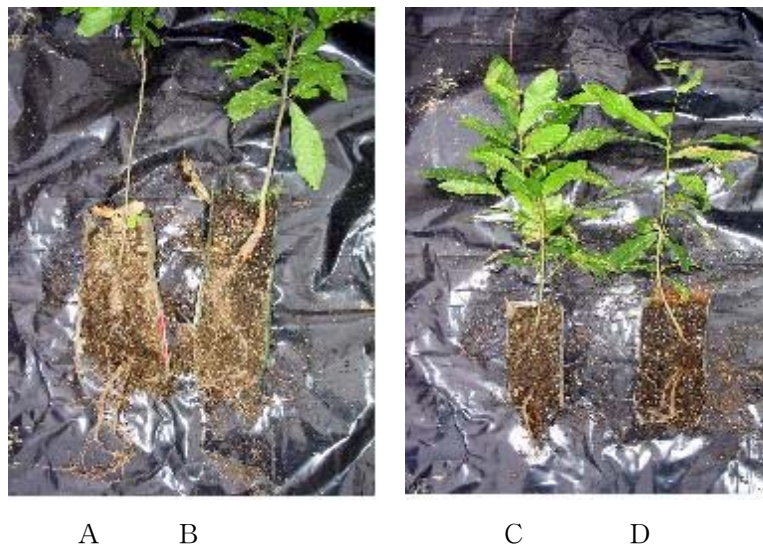


그림 2-54. 기본용기의 규격과 받침용기의 사용 유무에 따른 상수리나무의 성장 상태

- A: 받침용기에 배양토 사용(내경 9±1cm, 높이 18±1cm)
- B: 받침용기에 배양토 미사용(내경 9±1cm, 높이 18±1cm)
- C: 받침용기에 배양토 사용(내경 5±1cm, 높이 13±1cm)
- D: 받침용기에 배양토 미사용(내경 5±1cm, 높이 13±1cm)

표 2-58에서는 9x18cm 규격의 기본용기와 함께 받침용기를 이용할 경우 및 이용하지 않을 경우에서 조사된 참나무류 주요 4 수종의 용기묘의 엽록소 함량 변화 결과를 제시하고 있다.

6월이나 10월에 측정된 값에서 다같이 엽록소 함량에서 받침용기를 사용하였을 때가 사용하지 않았을 때보다 전체 엽록소, 엽록소 a, 엽록소 b의 함량 등이 상대적으로 높게 나타났다. 엽록소 a/b의 비율 또한 일부 수종을 제외하고 대체로 받침용기를 이용한 경우에 높은 값을 나타내고 있어 용기 규격에 따른 근계 발달의 억제가 엽록소 a와 b에 다르게 영향을 미치는 것으로 보였다.

표 2-58. 받침용기 사용 유무에 따른 계절별 용기묘의 엽록소 함량 변화

수종	계절	받침용기 사용				받침용기 미사용			
		엽록소a	엽록소b	전체 엽록소	a/b	엽록소a	엽록소b	전체 엽록소	a/b
신갈나무	6월	2.66	0.88	3.55	3.02	1.99	0.75	2.74	2.65
	10월	2.35	0.96	3.31	2.45	1.52	0.88	2.40	1.73
굴참나무	6월	3.54	1.02	4.56	3.47	2.45	0.89	3.34	2.75
	10월	2.63	1.25	3.88	2.10	1.46	0.42	1.88	3.48
졸참나무	6월	2.54	0.98	3.52	2.59	1.22	0.52	1.74	2.35
	10월	1.62	0.88	2.50	1.84	0.85	0.56	1.41	1.52
상수리나무	6월	3.01	1.02	4.03	2.95	2.64	1.12	3.76	2.36
	10월	2.38	1.20	3.58	1.98	2.11	1.42	3.53	1.49

지금까지 우리나라에서 실시되어온 대면적의 나근묘 조림은 적은 비용으로 단기간에 황폐지 녹화를 성공시킬 수 있었지만 이에 따른 부작용 또한 많은 문제를 제기하고 있다. 특히 조림의 질적인 측면이 소홀히 다루어지면서 현재 녹화된 산림의 상당 부분은 임지 생산성이 기대에 미치지 못하는 임분을 구성하고 있다. 이와 같은 임분과 함께 천연림이나 방치된 상태에서 천연림화 되어가고 있는 숲이 증가되고 있어 이들 숲의 구조를 개선하고 그 임지 생산성을 높이기 위한 임분 구조 개선사업이 필요하다고 사료되며 이를 위해서는 상당 면적에 수종 갱신을 실시할 필요가 있다.

그렇지만 수종갱신 과정에서 과거와 같은 조림을 반복하는 것은 또 다른 문제점을 야기할 수 있으며 이에 대한 대안으로 현재의 임분 중에서 불량한 모습을 보이는 지역의 불량목만을 제거하고 그 자리에 유망 수종의 건전한 묘목을 수하식재하는 방법이 고려될 수 있다.

이를 위해서는 나근묘보다 용기묘가 유익하게 이용될 수 있다. 현재 세계적으로 용기묘를 사용하는 조림이 확대되고 있으며 우리나라에서도 특히 활엽수 조림과 함께 조림의 질적인 측면이 강조되면서 고급 용재수종 등을 중심으로 용기묘 조림의 중요성이 강조되고 있다. 직근성인 참나무류의 조림에서도 용기묘 조림은 유익한 대안이 될 수 있으며 이를 위해서는 적정 규격의 용기 개발과 이에 들어가는 양질의 배양토 생산 및 이용, 그리고 용기묘 생산을 위한 경영체제 확립 등이 선결과제로 생각되며 본 연구에서도 그와 관련된 연구를 수행하여 유익한 관련 기초 정보를 확보하였다.

다. 참나무류 주요 수종의 직파조립

1) 참나무류 종자의 발아촉진 및 발아조건 개선을 위한 임지 내 직파시험

참나무류 종자를 직파조립할 경우에 야기되는 주요 문제로 직파된 종자의 발아 지연으로 전체적으로 적기에 발아가 되지 않거나 종자별로 발아되는 시기가 달라 이들 직파조립지의 관리에 어려움이 발생할 수 있다는 점을 생각할 수 있다. 또한 파종된 참나무류의 종자가 강수나 바람 등의 영향으로 종자가 임지 표면에 나출되어 발아에 실패하거나 동물에 의한 피해를 받을 수 있는 점도 문제가 될 수 있다.

이를 극복하는 방법으로 사전에 종자의 발아촉진 처리와 함께 종자 표면에 황토 등으로 종자환을 만들어 파종하는 방법을 생각할 수 있다.

본 연구에서는 이와 같이 참나무류 주요 수종의 직파조립에 필요한 기술 개발을 위해 상대투광율이 전광 대비 약 81%를 유지하는 시험구를 조성하고 이 곳에 여러 가지 형태로 발아촉진처리 및 황토를 이용한 종자 피복처리를 실시하여 종자환으로 제조된 상수리나무 종자를 직파조립하여 그림 2-54와 같이 그 결과를 요약 제시하였다.

본 실험 결과를 살펴보면 직파종자의 발아율은 파종 직전까지 유근(싹)의 발달이 시작된 종자가 그렇지 않은 종자보다 비교적 높은 발아율을 나타냈다. 유근이 발달하기 시작한 종자의 파종과정에서 종자환을 만들지 않고 그대로 파종한 경우에 15~35%의 발아율을 나타냈으며, 그중 IAA 300ppm에 24시간 침지한 후에 그대로 직파된 것은 35%로 가장 높은 발아율을 보였다. 본 연구에서 발아된 종자는 유경이 지면에 보이는 시점을 기준으로 하였다.

황토를 이용하여 종자환을 제조하여 파종한 경우에도 아무런 식물호르몬 처리 없이 황토만을 입혔을 경우에는 약 20%의 낮은 발아율을 나타냈으나, IAA 300ppm에 침지 후, 다시 IAA 300ppm을 황토에 배합하여 종자환을 만든 종자들은 약 55%까지 상대적으로 높은 발아율을 나타냈다. IAA 300ppm에 침지 후 황토를 입힌 경우와 IAA 100ppm에 침지 후 IAA 100ppm을 황토에 배합하여 종자환을 제조한 경우에는 약 50%의 발아율을 보여 그렇지 않은 종자보다 상대적으로 높은 발아율을 나타냈다.

황토를 이용하여 종자환 형태로 파종조립을 실시한 결과 종자를 그대로 파종한 것보다 높은 발아율을 보였으나 황토자체 만으로 환을 제조할 경우에는 황토가 건조하면서 종자발아에 부정적인 영향을 줄 수 있고 또 환이 갈라져 정상적인 환의 역할을 못할 가능성이 있으며 본 실험에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 다음에 설명하게될 CMC 처리법을 도입하였다.

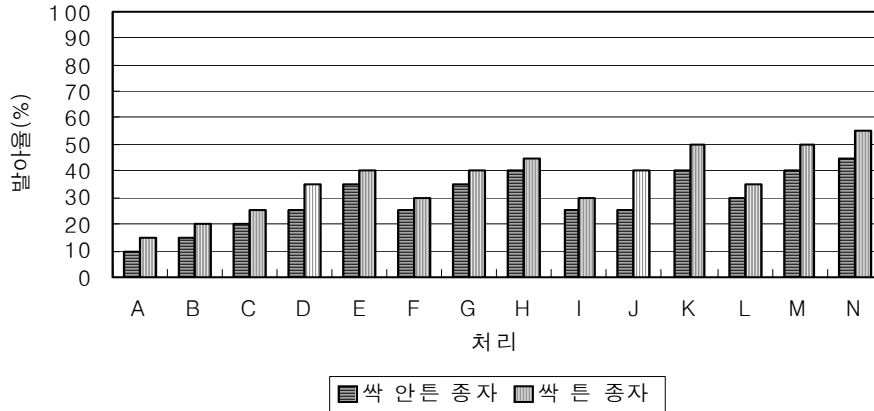


그림 2-54. 직파조립 기술 개발을 위하여 다양한 처리를 실시한 상수리나무 종자의 발아율

- ※ A ; 종자 파종
- B ; 종자 + 황토 환 파종
- C ; GA 100ppm 24시간 침지 종자 파종
- D ; GA 100ppm 24시간 침지 종자 + 황토 환 파종
- E ; GA 100ppm 24시간 침지 종자 + GA100ppm 배합 황토 환 파종
- F ; GA 300ppm 24시간 침지 종자 파종
- G ; GA 300ppm 24시간 침지 종자 + 황토 환 파종
- H ; GA 300ppm 24시간 침지 종자 + GA300ppm 배합 황토 환 파종
- I ; IAA 100ppm 24시간 침지 종자 파종
- J ; IAA 100ppm 24시간 침지 종자 + 황토 환 파종
- K ; IAA 100ppm 24시간 침지 종자 + IAA 100ppm 배합 황토 환 파종
- L ; IAA 300ppm 24시간 침지 종자 파종
- M ; IAA 300ppm 24시간 침지 종자 + 황토 환 파종
- N ; IAA 300ppm 24시간 침지 종자 + IAA 300ppm 배합 황토 환 파종

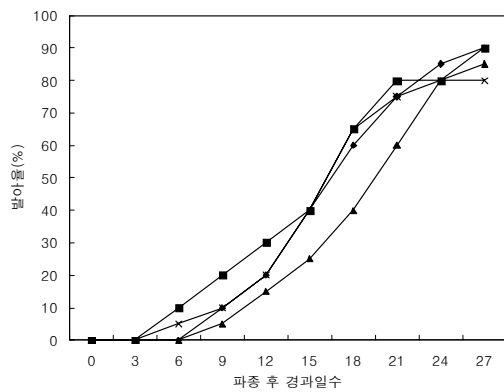
2) 발아에 미치는 식물호르몬의 영향을 밝히기 위한 실내 처리실험

1, 2차 연도에 실시한 임지 내 직파시험에서 식물호르몬 처리와 종자환을 제조하여 파종하는 것이 그렇지 않은 경우보다 상대적으로 높은 활착률을 보이는 것으로 확인하였으며 이를 보다 세부적으로 검토하기 위해 실내에서 여러 가지 호르몬 처리가 발아에 미치는 영향을 비교하였다.

이를 위해 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무, 상수리나무를 대상으로 이미 유근이 발달하기 시작한 종자와 아직 휴면 상태인 종자를 구분하여 유근이 난 종자와 유근이 나지 않은 종자

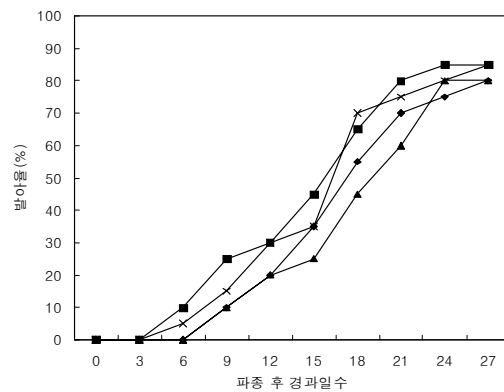
에 몇 가지 식물호르몬(IAA, IBA, ABA)을 농도별로 처리하여 이들 처리가 종자 발아에 미치는 영향을 조사하였다.

본 실험에 이용된 IAA와 IBA는 일반적으로 종자 발아보다는 발근 촉진에 효과가 있는 호르몬으로 알려지고 있으며 본 실험에서는 일반적으로 종자의 휴면타파 자체보다는 유근이 발생하고 있는 종자의 유근 발달에 이들 호르몬이 긍정적인 효과를 미칠 것으로 기대하면서 처리를 하였다.



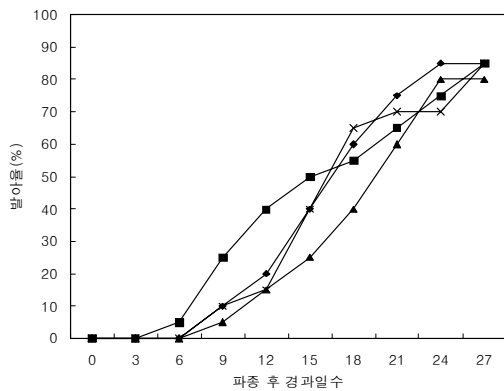
◆A ■B ▲C ×D

A: 500ppm 침지 싹 안튼 것 B: 500ppm 침지 싹 튼 것
C: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 D: 1000ppm 침지 싹 튼 것
신갈나무



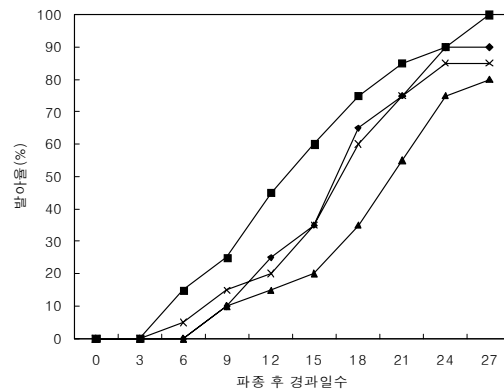
◆E ■F ▲G ×H

E: 500ppm 침지 싹 안튼 것 F: 500ppm 침지 싹 튼 것
G: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 H: 1000ppm 침지 싹 튼 것
굴참나무



◆I ■J ▲K ×L

I: 500ppm 침지 싹 안튼 것 J: 500ppm 침지 싹 튼 것
K: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 L: 1000ppm 침지 싹 튼 것
줄참나무



◆M ■N ▲O ×P

M: 500ppm 침지 싹 안튼 것 N: 500ppm 침지 싹 튼 것
O: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 P: 1000ppm 침지 싹 튼 것
상수리나무

그림 2-55. IAA 처리 농도별 참나무류 주요 수종의 종자 발아율

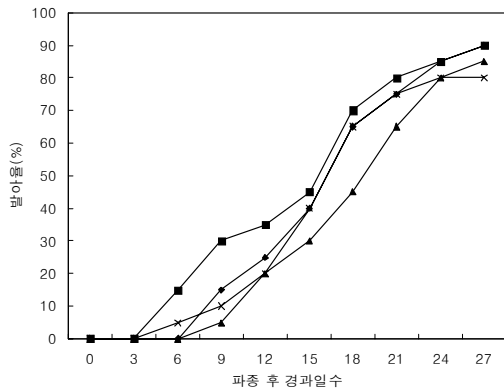
또한 ABA는 본질적으로 종자의 휴면을 유도하는 호르몬으로 알려지고 있어 참나무류 종자의 조기 발아에 따른 문제점을 개선하기 위한 방안으로 이들의 종자발아를 늦추는 효과를 검증하기 위해서 처리하였다.

그림 2-55에서는 주요 수종별 IAA를 처리한 결과이다. 본 실험에서 발아된 종자로 인정하는 것은 유경이 지면에 보이기 시작하는 시점을 기준으로 정하였다. IAA의 농도별 발아율은 상대적으로 저농도인 500ppm의 처리가 1000ppm 처리구보다 초기 발아가 빨리 진행되는 결과를 보였는데 특히, 싹이 난 종자에서는 상수리나무와 졸참나무의 경우에 파종한지 15일 이내에 500ppm의 처리구에서 50-60% 발아율을 나타냈다. 그러나 전체적으로 파종 기간이 지속되어 파종 후 21일이 지난 경우 싹이 난 종자의 파종 후 발아율은 70-80%를 보였고 싹이 안 난 종자의 경우 50-60%의 발아율을 보였지만 27일이 지난 후 전체 발아율은 수종별로 신갈나무가 70-75%, 굴참나무 60-65%, 졸참나무 70-80%, 상수리나무 75-90% 발아율을 나타냈다.

또한 싹이 안 난 종자의 경우에 파종한 후 9-10일 지난 후부터 발아가 시작되었으며, 파종 후 21일 지난 경우 평균 55-80%의 발아율을 나타냈고, 싹이 난 종자의 파종 결과와 마찬가지로 저농도인 500ppm의 처리가 1000ppm 처리구보다 발아가 빨리 진행되는 결과를 보였다. 특히, 500ppm 처리구에서 싹이 난 종자의 경우에 상수리나무와 굴참나무, 신갈나무에서 파종한지 24일에 70-75%의 발아율을 나타냈다.

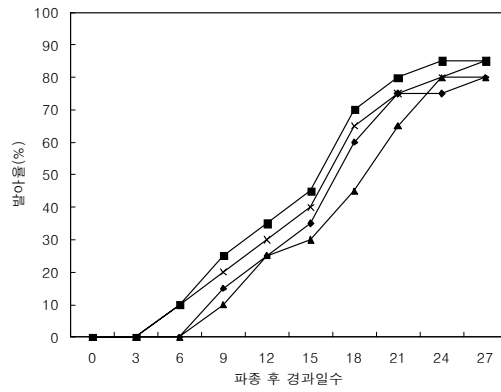
그림 2-56에서는 주요 수종별 IBA를 처리한 결과이다. IBA 처리에서도 IAA 처리와 유사한 경향을 보였는데, 대부분의 수종에서 싹이 난 종자를 파종하였을 경우에 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무가 IAA처리구보다 1-2일이 늦은 6-7일 이내에 발아되기 시작하였다.

IBA의 농도별 발아율은 상대적으로 저농도인 500ppm의 처리가 1000ppm 처리구보다 초기 발아가 빨리 진행되는 결과를 보였다. 특히, 싹이 난 종자의 파종 시 상수리나무와 졸참나무의 경우에 파종한지 18일 이내에 500ppm의 처리구에서 60-70% 발아율을 나타냈으나 1000ppm의 경우는 40-55%의 발아율을 보이고 있었다. 전체적으로 파종 후 24일이 지난 경우에 싹이 난 종자의 발아율은 80-90%를 보였고 싹이 안 난 종자의 경우 70-80%의 발아율을 보였지만 27일이 지난 후 싹이 난 종자나 싹이 나지 않은 종자의 최종 발아율은 수종별로 신갈나무가 80-90%, 굴참나무 80-85%, 졸참나무 80-85%, 상수리나무 85-100%의 발아율을 나타냈다. 같은 식물생장 호르몬인 IAA와 비교했을 때 IBA 처리구는 초기 발아속도는 약 1-3일이 늦었지만 파종 후 18일을 전후해서 IAA보다 높은 발아율을 나타냈다.



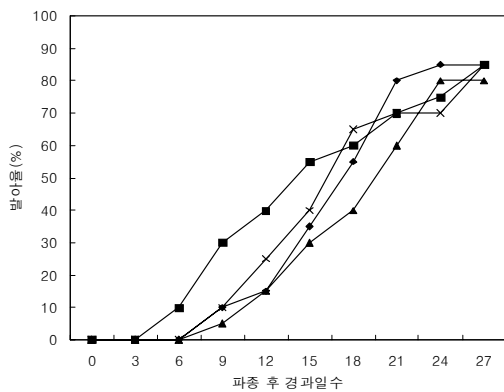
◆ A ■ B ▲ C × D

A: 500ppm 침지 싹 안튼 것 B: 500ppm 침지 싹 튼 것
C: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 D: 1000ppm 침지 싹 튼 것
신갈나무



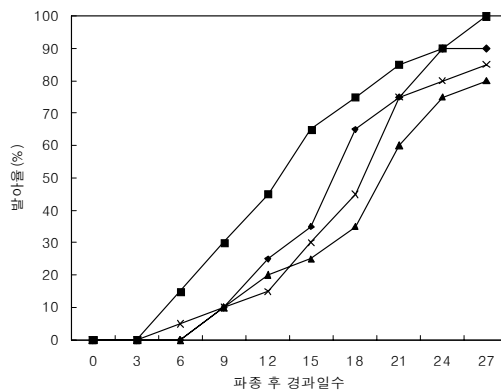
◆ E ■ F ▲ G × H

E: 500ppm 침지 싹 안튼 것 F: 500ppm 침지 싹 튼 것
G: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 H: 1000ppm 침지 싹 튼 것
굴참나무



◆ I ■ J ▲ K × L

I: 500ppm 침지 싹 안튼 것 J: 500ppm 침지 싹 튼 것
K: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 L: 1000ppm 침지 싹 튼 것
줄참나무

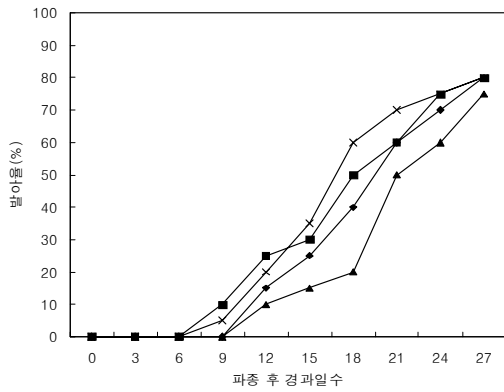


◆ M ■ N ▲ O × P

M: 500ppm 침지 싹 안튼 것 N: 500ppm 침지 싹 튼 것
O: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 P: 1000ppm 침지 싹 튼 것
상수리나무

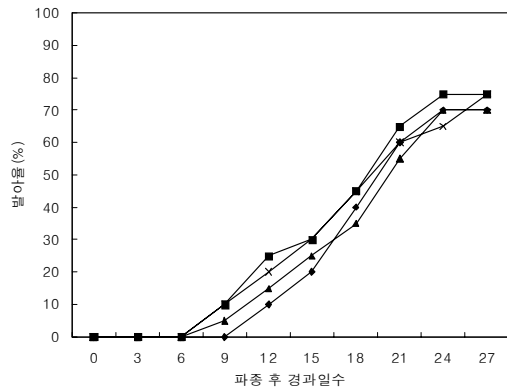
그림 2-56. IBA 처리 농도별 참나무류 주요 수종의 종자 발아율

ABA는 종자와 눈 또는 식물체 전체의 휴면이나 기공 개폐 기작 등에 밀접한 관련을 지니는 것으로 알려져 있다. 식물체 내에서 ABA의 농도는 수종에 따라, 잎의 생육 발달 시기나 수분을 포함한 여러 가지 환경의 stress에 따라 다양한 변화를 보이고 있다. 본 실험에서도 초기 종자의 발아속도가 IAA 처리보다는 4-5일, IBA 처리보다는 2-3일 늦은 파종 후 9일부터 발아되기 시작했으며 농도가 높은 1000ppm에서 발아율이 더 떨어지는 경향을 보였다.



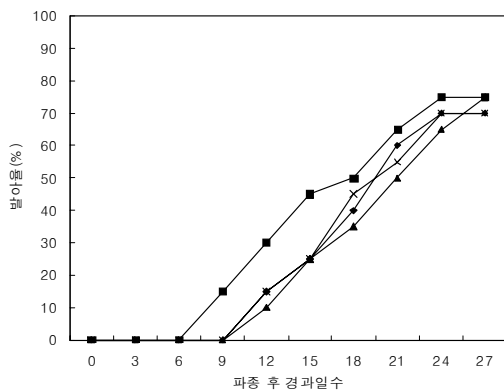
◆ A ■ B ▲ C × D

A: 500ppm 침지 싹 안튼 것 B: 500ppm 침지 싹 튼 것
C: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 D: 1000ppm 침지 싹 튼 것
신갈나무



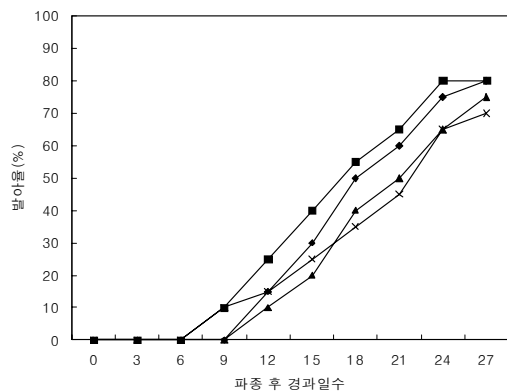
◆ E ■ F ▲ G × H

E: 500ppm 침지 싹 안튼 것 F: 500ppm 침지 싹 튼 것
G: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 H: 1000ppm 침지 싹 튼 것
굴참나무



◆ I ■ J ▲ K × L

I: 500ppm 침지 싹 안튼 것 J: 500ppm 침지 싹 튼 것
K: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 L: 1000ppm 침지 싹 튼 것
줄참나무



◆ M ■ N ▲ O × P

M: 500ppm 침지 싹 안튼 것 N: 500ppm 침지 싹 튼 것
O: 1000ppm 침지 싹 안튼 것 P: 1000ppm 침지 싹 튼 것
상수리나무

그림 2-57. ABA 처리농도별 참나무류 주요 수종의 종자 발아율

수종별 종자의 발아율은 IAA나 IBA 처리에서와 유사한 경향으로 대부분의 수종에서 싹이 난 종자를 파종하였을 경우에 9-10일부터, 싹이 안튼 종자는 12일 전후부터 발아되기 시작하였다.

ABA의 농도별 발아율은 상대적으로 고농도인 1000ppm의 처리가 500ppm 처리구보다 초기 발아가 지연되는 결과를 보였는데 특히, 싹이 난 종자의 파종 시 상수리나무와 줄참나무

의 경우 파종한지 24일 이내에 500ppm의 처리구에서 70-80% 발아율을 나타냈으나 1000ppm의 경우는 65-70%의 발아율을 보이고 있었다.

전체적으로 파종 후 27일이 지난 경우에도 다른 호르몬 처리구에 비해 조금 낮은 발아율을 보였는데, 싹이 난 종자의 발아율은 75-80%를 보였고 싹이 안 난 종자의 경우 70-80%의 발아율을 보였다. 수종별로 신갈나무가 75-80%, 굴참나무 70-80%, 졸참나무 70-75%, 상수리나무는 70-80%의 발아율을 나타냈다.

ABA를 처리한 참나무류 주요 수종의 종자 발아는 다른 IAA나 IBA처리구보다 초기 발아속도도 떨어지고, 전체 발아율도 전반적으로 낮아진 결과를 보였다.

3) C.M.C를 이용한 종자환 제조 및 이들이 직파조림의 성과에 미치는 효과 분석

참나무류 주요 수종의 직파조림 시에 파종종자를 보호할 수 있는 재료로 종자를 피복하여 외부에서 가해지는 광선, 수분 등에서의 불리한 환경조건의 영향을 피하도록 하여 정상적으로 종자가 발아할 수 있는 조건을 유지시킨다면 직파조림의 성과를 효과적으로 높일 수 있다. 이와 관련하여 본 연구에서는 상수리나무 종자를 대상으로 C.M.C(Carboxy Methyl Cellulose)를 첨가한 배양토를 가지고 종자를 도포하여 종자환을 만드는 기술적인 방안을 구상하고 그 효과를 분석하였다.

일반적으로 CMC는 수분이 첨가될 때 이 화합물과 혼합되어 있는 물질을 덩어리로 뭉치도록 할 수 있는 풀과 같은 성질을 지니고 있으며 건조 시에는 다소 굳지만 젖어있는 상태에서는 부드러워져 토양 내 수분 상태가 정상적인 조건을 지닐 때 근계의 발달에 지장을 주지 않은 성질을 지니고 있으며 종자환을 만들었을 때 종자환 내의 수분 건조를 늦추는 효과를 보이기도 한다.

표 2-59에서는 종자환 제조에 사용할 수 있는 적절한 배양토를 선정하기 위해 이들의 물리적 특성을 조사 비교하였다.

조사 대상 재료인 Peatmoss, 육묘용 상토, 원예용 배양토인 TKS-1(Flora Gard Co.)의 물리적 특성은 Peatmoss가 TKS-1이나 육묘용 상토에 비해 모관수 함유율과 토양 공극율이 높은 반면에 용적비중은 상대적으로 가벼운 소재로 평가되었다. 그러나 구입에 따른 경제적 부담과 종자발아 후 묘목의 지지력이 취약한 점 및 생육에 필요한 화학적 성분의 부족 등을 종합적으로 고려한다면 육묘용 상토나 TKS-1으로 배양토로 조제하는 것이 이상적으로 평가되었다.

표 2-59. 배양토 선정을 위한 대상 시료의 물리적 특성 비교

배양토 소재	모관수율(%)	공극율(%)	용적비중
Peatmoss	44.0	53.7	0.15
육묘용 상토	35.0	45.0	0.40
TKS-1	40.0	53.0	0.35

그림 2-58에서는 배양토 종류별로 C.M.C를 농도별로 혼합하여 상대적인 건조속도를 조사하였다. Peatmoss의 경우에 C.M.C의 농도에 따라 건조되는 환의 무게가 차이가 났지만 매일 무게를 측정하여 최종 7일 후에는 전반적으로 C.M.C. 0.25g, C.M.C. 0.50g, C.M.C. 1.00g 순으로 최초 무게의 82.0%, 85.3%, 92%의 상대적인 무게를 유지하면서 CMC 배합량이 많아지는데 따라 수분의 건조가 보다 완만하게 이루어지고 있었다. 그러나 C.M.C. 1.00g을 배합하는 경우에는 종자환 제조 초기에 환 내부에 수분이 많아 환 자체의 강도가 상대적으로 약해져 실지로 임지에서 실용적으로 적용하기에는 어렵다고 판단되었다.

이러한 경향은 육묘용 상토와 TKS-1도 같은 경향을 보였다. 상토의 경우에는 상대 건조중량이 CMC 배합비율 별로 86.1%~93.2%, TKS-1은 82.7%~91.2%를 유지하고 있었다.

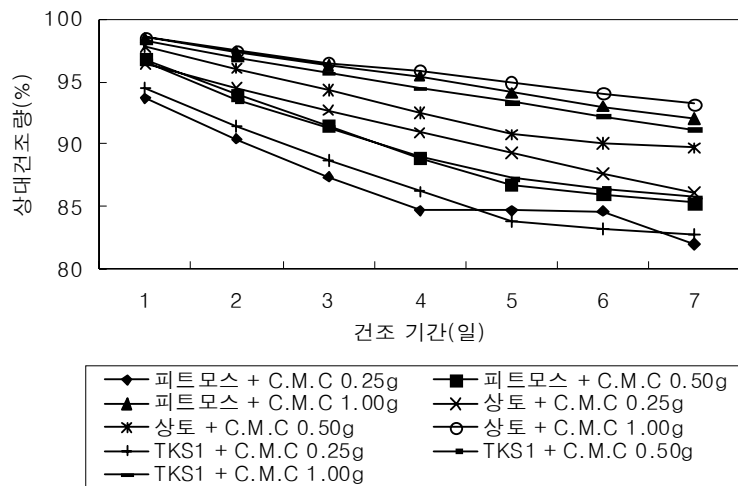
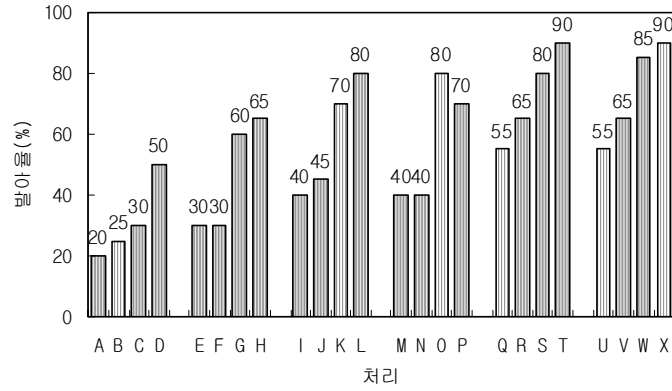


그림 2-58. 배양토별 C.M.C 함유 농도에 따른 건조 속도



C G O S W
 <과종 20일 후 습윤구 처리에서 발아된 종자의 생육 상태>
 그림 2-59. C.M.C. 처리별 참나무 종자 발아율과 생육 상황

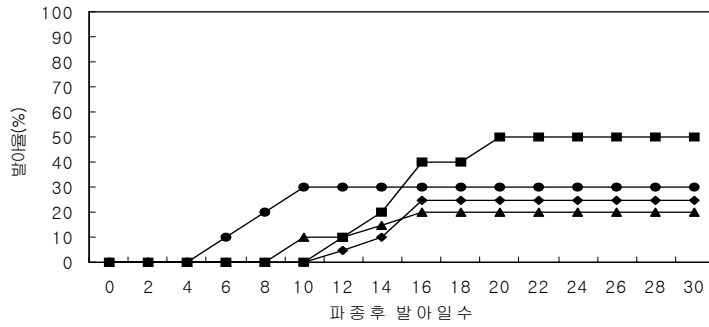
- | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| A: 직파 + 흙덮기(x) [*] + 건조구 | B: 직파 + 흙덮기 + 건조구 | C: 직파 + 흙덮기(x) + 습윤구 |
| D: 직파 + 흙덮기 + 습윤구 | E: con. + 흙덮기(x)+건조구 | F: con. + 흙덮기+건조구 |
| G: con. + 흙덮기(x)+습윤구 | H: con. + 흙덮기+습윤구 | I: C.M.C 0.25g+ 흙덮기(x) + 건조구 |
| J: C.M.C 0.25g+ 흙덮기+건조구 | K: C.M.C 0.25g+흙덮기(x)+습윤구 | L: C.M.C 0.25g+흙덮기+습윤구 |
| M: C.M.C 0.50g+흙덮기(x)+건조구 | N: C.M.C 0.50g+ 흙덮기+건조구 | O: C.M.C 0.50g+ 흙덮기(x) + 습윤구 |
| P: C.M.C 0.50g+ 흙덮기 + 습윤구 | Q: C.M.C 0.75g+흙덮기(x)+건조구 | R: C.M.C 0.75g+흙덮기+건조구 |
| S: C.M.C 0.75g+흙덮기(x)+습윤구 | T: C.M.C 0.75g+ 흙덮기+습윤구 | U: C.M.C 1.0g+ 흙덮기(x) +건조구 |
| V: C.M.C 1.0g+ 흙덮기 + 건조구 | W: C.M.C 1.0g+흙덮기(x)+습윤구 | X: C.M.C 1.0g+ 흙덮기 + 습윤구 |
- (흙덮기(x)^{*} : 흙을 덮지 않은 상태를 표현함)

그림 2-59에서는 각각의 종자환 조제 방법에 따라 조사된 상수리나무 종자의 상대발아율과 발아된 치수의 생육 상태 사진을 보여주고 있다. Growth chamber 내에서 종자를 상토 위에 나출 시킨 형태로 파종하였을 경우에는 건조구의 경우에 전체 평균 발아율이 40%이었으며, CMC를 배합하지 않은 대조구에서의 20%보다 C.M.C 0.75g/100cc와 1.0g/100cc 배합구가 55%로 높게 나타났다. 또한 습윤구의 전체 평균 발아율은 66%로 건조구보다 높게 나타났으며, 건조구와 마찬가지로 C.M.C 0.75g/100cc, 1.0g/100cc 배합구가 80%로 높게 나타났다.

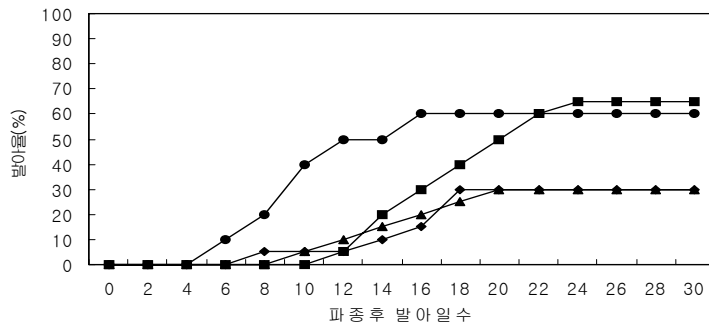
파종한 후 상토로 종자환을 덮은 경우에는 건조구에서의 전체 평균 발아율이 45%이었으며, CMC를 배합하지 않은 대조구 처리의 30%보다 C.M.C 0.75g/100cc과 1.0g/100cc 배합구가 65%로 높게 나타났다. 또한 습윤구에서도 전체 평균 발아율이 74%로 다른 처리구에 비해 높게 나타났으며, 다른 처리구와 마찬가지로 C.M.C 0.75g/100cc, 1.0g/100cc 배합구에서 90%의 발아율로 높게 나타났다.

종자발아 속도는 파종 후 약 8-12일 사이부터 발아되었으며 종자환으로 파종한 습윤구가 다른 처리구에 비해 상대적으로 빠르고 높은 발아속도와 발아율을 보였으며, 파종 시기가 지날수록 C.M.C를 배합한 종자환을 이용하고 이들 종자환을 상토로 덮어 파종한 습윤구 처리구가 높은 발아율을 나타냈다. 또한 0.75g/100cc, 1.0g/100cc의 CMC를 배합하여 제조한 종자환으로 건조구에서 실험한 Q, R, U, V 처리구에서도 습윤구 보다는 낮지만 종자만을 직파한 처리구와 다른 C.M.C. 배합구 보다는 빠른 발아속도와 발아수를 나타냈다(그림 2-60, 2-61).

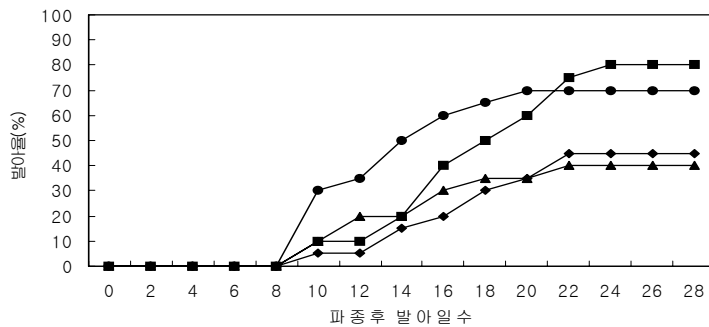
이상에서 설명한 내용과 마찬가지로 참나무류 직파조립 시에 흔히 부딪치게되는 문제 중에서 파종 후 강수나 심한 바람 등의 영향으로 인해 파종된 종자가 나출되거나 파종 전 후에 심한 가뭄으로 인해 임지의 표토가 심하게 건조해지는 경우 등에 의해 종자가 발아에 불리한 조건에 처하는 경우를 흔히 볼 수 있다. 이에 따른 종자의 발아 저해 문제를 해결하기 위한 방편으로 C.M.C를 이용하여 배양토를 도포 처리하여 제조한 종자환을 이용한 파종 시험 결과 건조구와 습윤구, 종자를 나출 시킨 파종처리와 나출 시키지 않은 처리에서 대체적으로 C.M.C를 첨가하여 배양토를 도포 처리한 처리구가 높은 발아율을 나타냈으며, 특히 C.M.C. 0.75g/100cc, 1.0g/100cc의 처리가 다른 처리구에 비해 높은 발아율을 나타내 실제로 임지에서 파종조립을 실시할 경우에 발생될 수 있는 건조 등에 의한 종자의 생리적 스트레스 피해를 어느 정도는 감소할 수 있을 것으로 판단된다.



A: 직파 + 흙덮기(x) + 건조구, B: 직파 + 흙덮기 + 건조구
 C: 직파 + 흙덮기(x) + 습윤구, D: 직파+ 흙덮기 + 습윤구

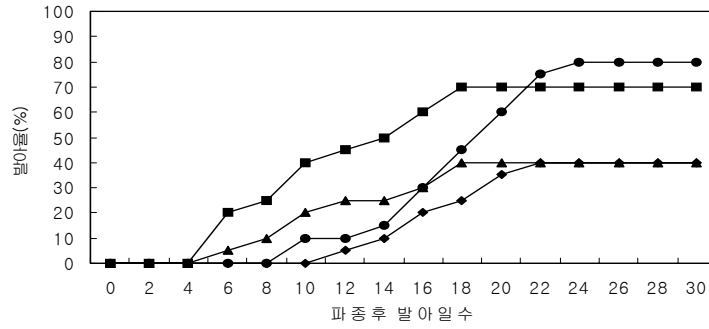


E: con. + 흙덮기(x)+건조구, F: con. + 흙덮기+건조구
 G: con. + 흙덮기(x)+습윤구, H: con. + 흙덮기+습윤구

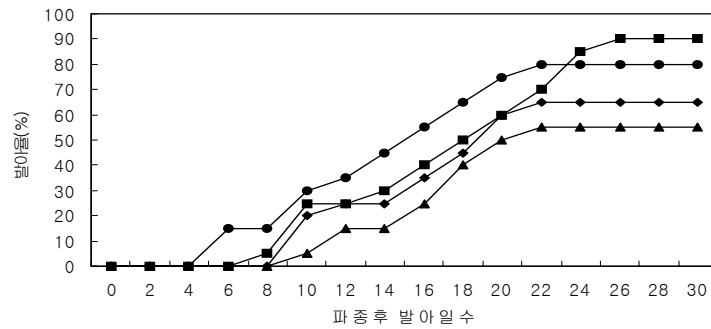


I: C.M.C 0.25g+ 흙덮기(x) + 건조구, J: C.M.C 0.25g+ 흙덮기+건조구
 K: C.M.C 0.25g+흙덮기(x)+습윤구, L: C.M.C 0.25g+흙덮기+습윤구

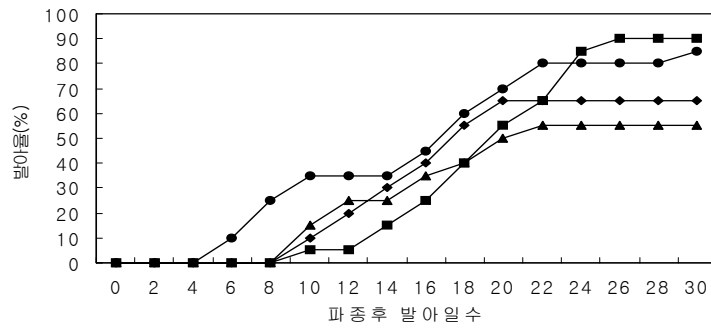
그림 2-60. 파종 후 발아일수별 C.M.C. 처리에 따른 상수리나무의 종자 발아율



M: C.M.C 0.50g+흙덮기(x)+건조구, N: C.M.C 0.50g+ 흙덮기+건조구
 O: C.M.C 0.50g+ 흙덮기(x) + 습윤구, P: C.M.C 0.50g+ 흙덮기 + 습윤구



Q: C.M.C 0.75g+흙덮기(x)+건조구, R: C.M.C 0.75g+흙덮기+건조구
 S: C.M.C 0.75g+흙덮기(x)+습윤구, T: C.M.C 0.75g+ 흙덮기+습윤구



U: C.M.C 1.0g+ 흙덮기(x) +건조구, V: C.M.C 1.0g+ 흙덮기 + 건조구
 W: C.M.C 1.0g+흙덮기(x)+습윤구, X: C.M.C 1.0g+ 흙덮기 + 습윤구

그림 2-61. 파종 후 발아 일수 별 C.M.C. 처리에 따른 상수리나무의 종자 발아율

라. 멧아개신 관련 실연연구

1) 생육 시기 및 벌채 근주 부위별 멧아 발생

그림 2-62에서는 생육시기에 따른 발생멧아를 조사한 결과로 신갈나무가 5월에 17.1±4.3개, 10월에 28.0±5.7개, 굴참나무가 5월에 12.7±3.2개, 10월에 16.0±5.2개, 졸참나무가 5월에 12.5±2.6개, 10월에 17.3±2.9개, 상수리나무는 5월에 12.7±6.2개, 10월에 15.9±4.2개로 참나무류 주요 수종의 멧아발생은 장마기간인 6월 이후에도 수목의 생리적 활동이 정지되는 10월 조사시까지 지속적으로 발생하였다.

이와 같이 멧아가 연중 지속적으로 발생하는 것은 경영목적에 따라 유익하게 이용될 수 있는 현상으로 생각할 수도 있지만 가장 세력이 강하고 건전한 1~2개의 멧아를 충실하게 키우고자 하는 임분의 경우에는 이들 멧아로 집중되어야 할 벌채 근주 내 양묘의 소모나 발생되는 멧아를 그때그때 정리 제거해야하는 번거로움과 이에 소요되는 비용 등으로 여러 가지 어려움을 겪게된다. 이와 같은 점을 고려하여 이들 멧아발생을 적정 수준에서 조절하는 기술이 개발될 필요가 있으며 이에 대해서는 앞으로도 지속적인 연구가 요구된다.

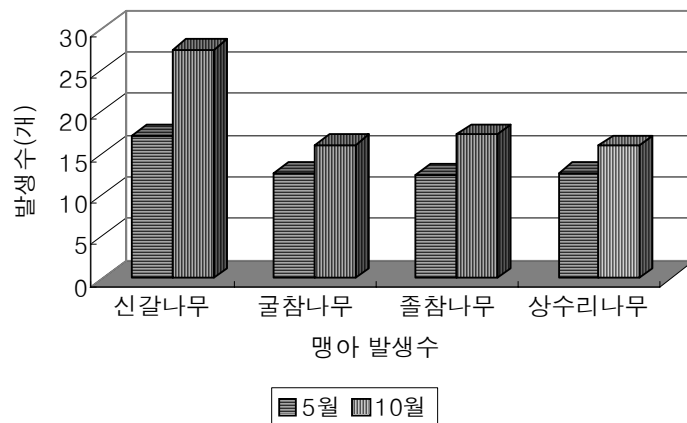


그림 2-62. 생육시기별 참나무류 주요 수종의 멧아 발생

또한 그림 2-63은 근주 높이별 참나무류 주요 수종의 평균 멧아 발생량을 나타내고 있다. 전체 발생 멧아 중에서 신갈나무와 졸참나무, 상수리나무는 벌채된 근주 높이가 상대적으로

높은 20cm에서 신갈나무 > 졸참나무 > 상수리나무 순으로 많은 발생량을 보였으며 특히 신갈나무가 27.2±2.4개로 가장 많은 발생량을 나타냈다.

굴참나무는 벌채 근주 높이가 10cm일 경우에 20.5±2.2개의 맹아가 발생되어 근주 높이 20cm의 15.7±3.2개보다 많은 발생을 보였다. 그러나 신갈나무, 졸참나무, 상수리나무에서는 전체적으로 근주 높이 20cm일 경우에 보다 많은 맹아를 발생시키고 있어 수종에 따른 맹아 발생 차이가 있음을 보여주고 있다. 이와 같이 참나무류 주요 수종마다 각기 다른 발생 특성을 보이며 이는 수종 고유의 특성에서 오는 차이일 수도 있지만 조사 대상 개체의 수령이나 생리적 특성의 차이, 근주의 크기 등에 따른 근주 개체간의 차이일 수도 있어 해석에 주의를 요한다. 이를 정확하게 구명하기 위해서는 앞으로도 지속적인 연구를 수행할 필요가 있다.

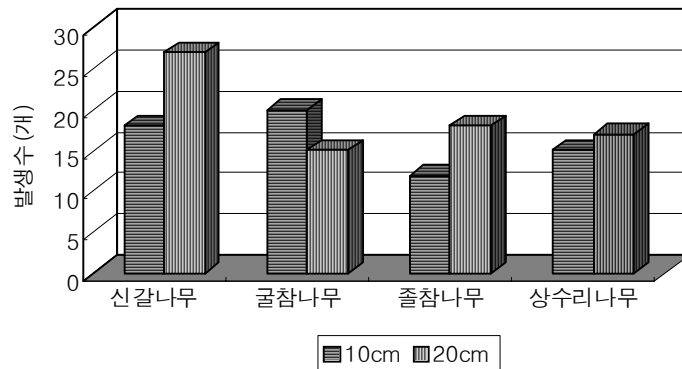


그림 2-63. 참나무류 주요 수종의 근주 높이별 맹아 발생

그림 2-64에서는 벌채목의 근주 부위별 맹아발생을 수종간에 비교할 수가 있다. 이를 살펴보면 신갈나무의 맹아 발생은 지하근주맹아가 19.9±10.0개, 지상근주맹아가 6.9±2.1개, 단면맹아가 0.7±0.6개였으며, 굴참나무는 지하근주맹아가 12.3±5.2개, 지상근주맹아가 3.7±2.0개, 단면맹아가 0.1±0.1개였고, 졸참나무는 지하근주맹아가 11.6±4.2개, 지상근주맹아가 4.4±1.9개이었으며, 상수리나무는 지하근주맹아가 11.0± 5.1개, 지상근주맹아가 4.0±3.0개로 조사대상 수종의 부위별 맹아 발생은 지하근주맹아 > 지상근주맹아 > 단면맹아 순으로 나타났다(그림 2-73).

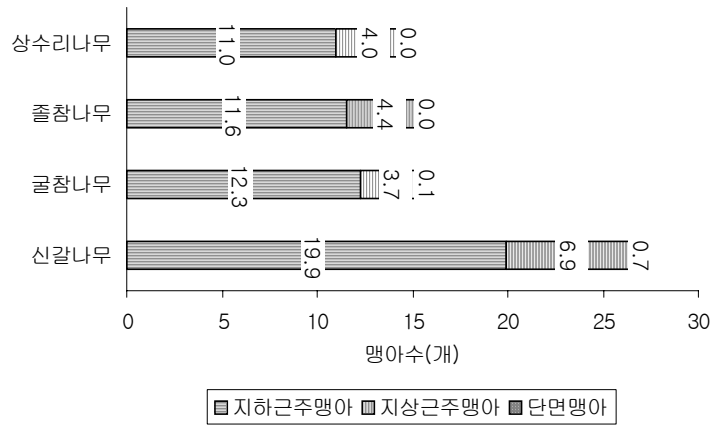


그림 2-64. 참나무류 주요 수종의 근주 부위별 맹아 발생

전체적으로 종합하면 이들 참나무류의 맹아 발생은 벌채목의 높이에 관계없이 모든 수종에서 지하근주맹아가 우세하게 발생하는 반면에 벌구 단면에서 발생하는 맹아는 거의 없는 것으로 조사되었다. 그리고 지하근주맹아는 근계가 형성되는 근원부 이하에서 발생하는 근맹아는 아닌 것으로 판단되었다.

또한 참나무류의 주요 수종의 맹아 갱신 작업과 관련하여 단면맹아나 지상근주맹아는 지하근주맹아에 비해 지상부의 열악한 맹아발생 조건이나 폭우 또는 강풍과 같은 돌발적인 기상조건에 의해 발생된 맹아까지도 고사하거나 부러지는 등의 환경적 피해가 클 것으로 사료되며 생존 이후의 생육에서도 불리할 것으로 판단되며 이 때문에 맹아갱신 과정에서 특히 지하근주맹아의 이용 기술에 보다 관심을 가질 필요가 있다고 사료된다.

참나무류 주요 수종의 맹아갱신 전략을 수립함에 있어서 발생 맹아의 특성과 함께 맹아의 생리적 특성과 육림기술 등도 지속적으로 조사 분석하여 맹아갱신 기술 개선에 적용할 수 있는 정보를 얻어야 할 필요가 있으며 특히 맹아갱신에서 문제가 될 수 있는 줄기 내부의 부후균 침입 방지에 대해서도 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2) 발생된 맹아의 정리 방법에 따른 잔존 맹아의 생육특성 분석

표 2-60에서는 벌채 근주의 높이가 20cm인 참나무류 주요 수종의 직경급과 맹아정리 및 잔존 처리 방법에 따른 잔존 맹아의 직경 성장량을 보이고 있으며 벌채 근주의 높이가 10cm

표 2-60. 벌채목의 근주 직경급과 잔존 처리 별 참나무류 주요 수종의 멧아 직경 생장

벌채목 직경급	10~20(cm)			21(cm) 이상		
신갈나무						
처리	멧아직경		처리	멧아직경		
A	0.55±0.09	a	A	0.50±0.12		a
B	0.54±0.29	a	B	0.48±0.20		a
C	0.42±0.11	ab	C	0.38±0.14		b
D	0.24±0.10	c	E	0.22±0.11		c
E	0.20±0.09	c	D	0.21±0.12		c
F	0.17±0.07	c	F	0.12±0.09		d
굴참나무						
A	0.69±0.19	a	A	0.64±0.15		a
B	0.62±0.22	a	B	0.58±0.24		a
C	0.58±0.45	a	C	0.52±0.24		a
D	0.54±0.41	ab	D	0.49±0.22		a
F	0.30±0.11	c	F	0.22±0.13		b
E	0.24±0.17	c	E	0.20±0.14		b
졸참나무						
A	0.52±0.22	a	A	0.50±0.14		a
B	0.49±0.25	a	B	0.45±0.16		a
C	0.40±0.13	b	C	0.39±0.15		b
D	0.32±0.15	b	D	0.26±0.13		c
E	0.28±0.12	bc	E	0.24±0.19		c
F	0.20±0.09	c	F	0.22±0.19		c
상수리나무						
A	1.04±0.59	a	A	0.85±0.65		a
B	0.78±0.39	b	B	0.75±0.21		b
C	0.62±0.36	c	C	0.61±0.24		b
D	0.45±0.22	d	D	0.50±0.19		c
F	0.40±0.29	d	E	0.42±0.16		c
E	0.39±0.17	d	F	0.38±0.15		d

※ A; 날개 1개씩 잔존처리, B; 날개 2개씩 잔존 처리, C; 날개 3개씩 잔존 처리

D; 멧아균 1곳씩 잔존처리, E; 멧아균 2곳씩 잔존 처리, F; 멧아균 3곳씩 잔존 처리

* 같은 문자를 나타내는 것은 5% 유의수준에서 Duncan의 multiple range test에서 차이가 없음을 나타냄

인 조사구에서는 처리별 경향이 뚜렷하게 나타나지 않아 자료를 제시하지 않았다.

맹아 근원부 직경의 성장량 분석은 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무, 상수리나무를 대상으로 근주 직경급 별로 6가지 형태의 맹아 정리 및 잔존 처리를 실시한 후에 남겨진 맹아의 직경 성장 평균치에 대해 각 처리간 차이를 밝히기 위해 던칸의 다중검정(Duncan's multiple range test)를 실시하였다.

신갈나무의 맹아직경 생장은 벌채 근주의 직경급 10~20cm가 직경급 21cm 이상보다 상대적으로 생장이 우수하였고, 근주 직경급 10~20cm에서 맹아를 날개로 1개씩 잔존처리(A) 하였을 때에 맹아직경이 $0.6\pm 0.1\text{cm}$, 날개로 2개 잔존처리(B) 시에는 $0.5\pm 0.3\text{cm}$ 로 다른 처리구에 비해 통계적으로 유의적인 차이를 보이며 우수한 성장을 나타냈다.

전체적으로 날개 1, 2, 3개 처리구(A, B, C)가 맹아를 무리로 잔존시킨 처리구(D, E, F)보다 비교적 양호한 성장을 나타냈다.

굴참나무나 졸참나무의 맹아 직경 성장도 신갈나무의 맹아 직경 성장과 비슷한 유형으로 벌채 근주의 직경급 10~20cm에서의 맹아 생장이 직경급 21cm 이상보다 상대적으로 생장이 우수하였고, 근주 직경급 10~20cm에서 맹아를 날개로 1개씩 잔존 처리(A)한 굴참나무 근주에서는 $0.7\pm 0.2\text{cm}$, 졸참나무는 $0.5\pm 0.2\text{cm}$, 날개로 2개씩 잔존 처리(B)한 굴참나무는 $0.6\pm 0.2\text{cm}$, 졸참나무는 $0.6\pm 0.2\text{cm}$ 로 다른 처리구에 비해 통계적으로 유의적인 차이를 보이며 우수한 성장을 나타냈다.

굴참나무와 졸참나무의 맹아성장도 날개 1, 2, 3개씩 잔존시킨 처리구(A, B, C)가 무리로 잔존시킨 처리구(D, E, F)에 비해 양호한 성장을 나타냈다.

상수리나무의 맹아 성장 조사에서도 다른 참나무류와 마찬가지로 벌채 근주의 직경급 10~20cm에서가 직경급 21cm 이상에서보다 상대적으로 우수한 성장을 나타내며 전체적으로 유사한 경향을 나타냈다.

전체적으로 평가할 때, 날개로 1, 2, 3개씩 잔존시킨 처리구(A, B, C)가 무리로 잔존시킨 처리구(D, E, F)보다 비교적 양호한 성장을 나타냈다.

무리로 잔존시킨 처리구에 있어서 맹아군을 2곳(E)과 3곳(F)으로 잔존시킨 처리의 경우, 맹아군을 2곳씩 잔존 처리(E)한 경우가 맹아군을 3곳에 잔존시킨 처리구(F)보다 평균치에서 상대적으로 다소 우수한 직경생장을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표 2-61에서는 참나무류 주요 수종의 벌채 근주 직경급과 맹아의 잔존 처리 방법에 따른 발생 맹아의 묘고 성장량을 보이고 있다.

신갈나무의 맹아 신장 성장도 직경 성장과 유사한 경향으로 벌채 근주의 직경급 10~20cm에서가 직경급 21cm 이상에서 보다 상대적으로 생장이 우수하였고, 근주 직경급 10~20cm에서 발생 맹아를 낱개로 1개씩 잔존시킨 처리(A)가 91.7 ± 14.2 cm의 평균 묘고를 보여, 낱개로 2개씩 잔존시킨 처리(B)구나 기타 다른 처리구에 비해 통계적으로 유의적인 차이를 보이며 우수한 성장을 보였다.

신갈나무의 경우에 맹아의 직경 성장에서 조사된 결과와 같이 전체적으로 발생 맹아를 낱개로 1, 2, 3개씩 잔존시킨 처리구(A, B, C)가 맹아군의 무리를 잔존시키는 처리구(D, E, F) 보다 비교적 양호한 묘고 성장을 나타냈다.

굴참나무의 맹아 신장 성장 또한 신갈나무의 맹아 신장 성장과 비슷한 유형으로 벌채 근주의 직경급이 10~20cm에서의 묘고가 전체적으로 직경급 21cm 이상에서 보다 상대적으로 우수한 묘고 성장을 보였다.

굴참나무의 경우에도 근주 직경급 10~20cm에서 맹아를 낱개로 1개씩 잔존시킨 처리(A)에서의 맹아 묘고가 115.7 ± 33.4 cm으로 낱개로 2개씩 잔존 처리(B)시키거나 기타 다른 형태의 처리를 실시했을 때에 비해 통계적으로 유의적인 차이를 보이며 우수한 성장을 나타냈다. 또한 전체적으로 종합할 때, 맹아를 낱개로 1, 2, 3개씩 잔존시킨 처리구(A, B, C)가 맹아군 형태로 무리 지어 잔존시킨 처리구(D, E, F)에 비해 양호한 성장을 나타냈다.

줄참나무에서도 신갈나무나 굴참나무와 비슷한 경향으로 근주 직경급 10~20cm에서가 직경급 21cm 이상에서 보다 상대적으로 생장이 우수하였고, 근주 직경급 10~20cm에서 맹아를 낱개로 1개씩 잔존시킨 처리(A)에서 자란 맹아의 묘고가 90.5 ± 18.4 cm로 맹아를 낱개로 2개씩 잔존 처리(B)시키거나 기타 다른 처리를 실시한 경우에 비해 통계적으로 유의적인 차이를 보이며 우수한 성장을 나타냈다. 전체적으로 맹아를 낱개로 1, 2, 3개씩 잔존시킨 처리구(A, B, C)에서의 묘고가 맹아군 형태로 무리를 지어 잔존시킨 처리구(D, E, F)에 비해 양호한 성장을 나타냈다.

상수리나무의 근주 직경급 별 맹아의 묘고 성장에서도 전체적으로 이상에 기술된 다른 참나무류와 마찬가지로 조사되었으며 근주 직경급 10~20cm에서 발생한 맹아의 묘고 생장이 직경급 21cm 이상에서 보다 상대적으로 우수한 성장을 나타냈다. 맹아의 잔존처리 방법에 따른 묘고 성장의 경향 또한 전체적으로 다른 참나무류와 거의 유사한 경향을 보였다.

표 2-61. 벌채목의 근주 직경급과 잔존 처리 별 참나무류 주요 수종의 멧아 묘고 생장

벌채목 직경급			10~20(cm)			21(cm) 이상		
신갈나무								
처리	멧아 묘고		처리	멧아 묘고				
B	91.67±14.23	a	A	86.32±12.32	a			
A	82.67±15.36	b	B	84.11±14.65	a			
C	79.23±20.11	b	C	75.36±15.36	b			
D	72.32±23.56	b	E	70.96±23.21	b			
F	55.22±23.33	c	D	54.21±13.25	c			
E	45.16±18.56	c	F	44.21±17.24	c			
굴참나무								
A	115.67±33.45	a	A	101.42±17.34	a			
B	93.15±15.23	b	B	90.22±23.36	b			
C	89.65±18.92	b	C	85.33±18.23	b			
D	68.66±32.00	c	D	70.22±12.32	c			
F	62.11±18.56	c	E	65.14±17.24	c			
E	56.33±15.24	c	F	42.11±14.62	d			
졸참나무								
A	90.54±18.36	a	A	85.32±22.36	a			
B	81.41±19.21	a	B	81.54±11.47	a			
C	78.21±25.24	b	C	75.32±22.87	b			
D	70.23±11.23	b	D	71.01±22.25	b			
F	58.22±15.64	c	E	58.96±24.11	c			
E	49.36±17.25	c	F	47.25±14.24	c			
상수리나무								
A	125.00±24.69	a	A	110.21±36.25	a			
B	96.36±15.36	b	B	91.24±12.11	b			
C	89.65±19.87	c	C	85.55±17.23	b			
D	85.36±22.68	c	D	81.24±21.00	bc			
F	59.64±25.39	d	E	56.14±12.25	d			
E	58.47±19.33	d	F	55.17±15.23	d			

※ A; 날개 1개 잔존처리, B; 날개 2개 잔존 처리, C; 날개 3개 잔존 처리

D; 무리 1곳 잔존처리, E; 무리 2곳 잔존 처리, F; 무리 3곳 잔존 처리

* 같은 문자를 나타내는 것은 5% 유의수준에서 Duncan의 multiple range test에서 차이가 없음을 나타냄

이상에 제시된 조사 내용과 같이 우리나라 주요 참나무류의 맹아 갱신전략 수립에서 벌채 근주의 직경이 맹아의 발생이나 성장에 영향을 미치며 또 무조건 근주직경이 굵은 것보다는 적정 규격의 근주직경을 보이는 벌채목을 이용하는 것이 바람직하다는 점을 인식할 필요가 있다.

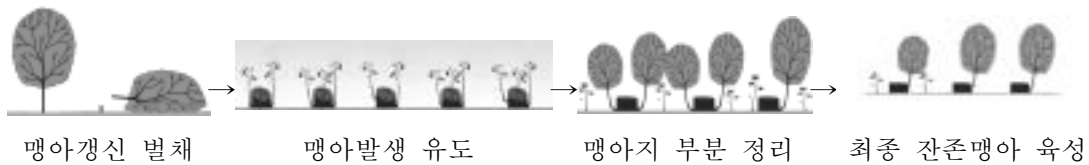


그림 2-65. 참나무류 주요 수종의 맹아갱신 전략 수립을 위한 모식도

또한 벌채 근주에서 발생하는 맹아를 정리할 때 경영목적에 따라 가능한 한 양질의 나무를 조기에 생산하기 위한 방향으로 맹아지를 정리할 필요가 있는데 본 시험에서 확인한 결과와 같이 가능한 범위 내에서 양질의 대경재를 얻기 위한 맹아갱신 방법을 적용할 때 잔존시키는 맹아는 날개로 1~2개 전후로 조절하는 것이 바람직할 것으로 사료된다

그러나 이들 처리기술을 적용함에 있어 벌채 후 맹아 잔존 처리 초기에 여름장마와 태풍이나 가뭄, 병해충, 설치류 등이 발생된 맹아묘에 심각한 피해를 줄 수 있으므로 그림 2-65에 제시된 내용과 같이 맹아 갱신 초기의 단순 성장량 증가에 중점을 두고 처리 방법을 결정하는 것보다는 약간의 여유를 두어 날개로 1~2개의 맹아를 잔존시키는 것보다는 오히려 날개로 2~3개 또는 이보다 다소 많은 맹아를 잔존시킨 후에 이들 맹아의 성장과정을 고려하여 적절한 시기에 최종 잔존 맹아를 선정하여 이를 적극적으로 육성하는 방법이 보다 안전하고 바람직한 갱신방법이 될 수 있다.

경우에 따라서는 잠정적으로 잔존시킨 맹아가 더 좋은 맹아로 발달할 수 있으며 이들을 어느 정도 키운 다음에 최종 잔존맹아를 남기고 모두 제거하는 과정에서 저급 소경목이지만 일부 목재수확이 가능할 수도 있다. 일반적으로 맹아갱신은 신탄재나 표고재, 펄프재와 같은 저급 소경목재를 단기에 다량 생산하기 위한 경영목표 하에 추진되는 것이 상식이다. 이와 같은 목적에 준하여 경영하는 임분에서는 1개 근주 당 잔존 맹아의 수를 더욱 확대할 수도 있는데 이는 임지 내에 존재하는 벌채 근주의 밀도와 근주의 직경 및 임지의 지력과 생산재의 규격, 경영조건 등을 고려하여 조절하는 것이 바람직하며 경우에 따라서는 맹아를 무리로 잔존시키는 것이 유익한 방법으로 추천될 수도 있다.

마. 야생동물에 의한 식재묘목 또는 직파 종자의 피해방지 대책

1) 기피제 처리에 대한 야생동물의 반응 조사

최근 산림환경이 개선되면서 우리나라 산림 내에는 노루, 고라니, 청설모, 다람쥐, 꿩 등을 포함하여 일부 중, 소형 포유류나 설치류 또는 조류 등이 안정된 생태계 속에서 지속적으로 서식밀도가 증가되는 모습을 보이고 있다.

이들은 산림생태계 내에서 긍정적인 측면도 있지만 여러 가지 측면에서 문제를 야기하는 경우를 볼 수 있다. 특히 임분 내에서 실생묘 조림, 직파조림, 맹아갱신과 같은 천연갱신이나 인공갱신 등 다양한 산림작업을 실시할 때 어린 치수나 식재된 묘목 또는 직파 또는 천연하종에 의해 임지에 도입된 종자가 이들의 피해를 받아 정상적인 시업목표에 심각한 차질이 초래되는 일이 종종 발생하고 있다. 특히 이와 같은 피해는 비옥한 포지에서 양묘한 질소질이 풍부한 유묘의 조림이나 참나무류와 같은 견과류의 종자를 직파하는 과정에서 종종 경험하게 된다.

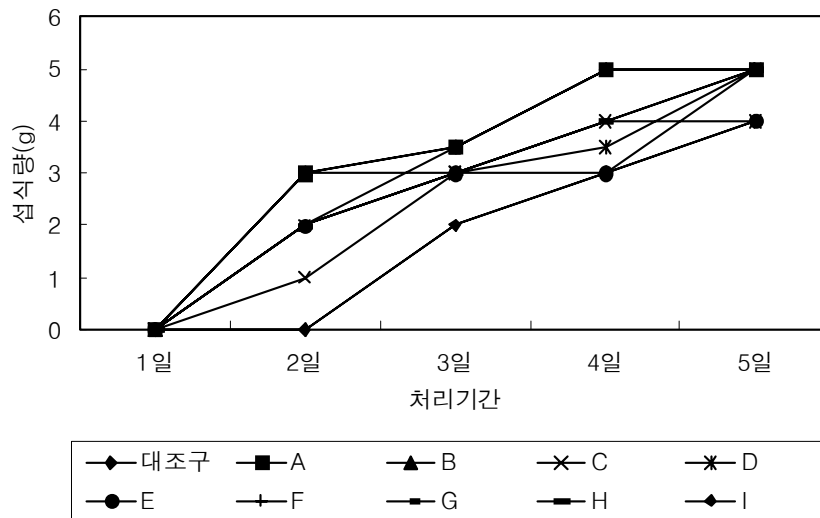


그림 2-66. 기피제를 엮면 살포한 상수리나무 묘목에 대한 처리기간 별 섭식량

A; 기피제 X 100cc+1ml B; 기피제 X 100cc+10ml C; 기피제 X 100cc+50ml
 D; 기피제 Y 100cc+1ml E; 기피제 Y 100cc+10ml F; 기피제 Y 100cc+50ml
 G; 기피제 Z 100cc+1ml H; 기피제 Z 100cc+10ml I; 기피제 Z 100cc+50ml

본 연구에서는 이러한 야생동물에 의한 피해를 최소화하여 직파나 치수 조립에 의한 참나무류 주요 수종의 갱신전략을 수립하는데 문제가 되는 야생동물의 가해 문제를 경감하고자 임지 내에 야생동물이 싫어하는 기피제를 처리하고 그 반응을 검정하였다.

그림 2-66에서는 실제 사육하는 집토끼에게 상수리나무 묘목의 잎을 대상으로 시판되는 조류나 야생동물의 기피제를 농도별로 처리한 후에 그 섭식 반응을 살펴 본 결과이다. 잎에 대한 이들 동물의 섭식 반응은 대조구의 경우에 약 처리 2일부터 먹기 시작하여 5일이 지난 후에는 투여한 묘목의 잎을 전부 먹었다.

또한 기피제의 처리 농도별 조사 결과에 있어서도 기피제의 처리 농도가 강할수록 섭식력이 떨어지는 경향을 분명하게 확인할 수 있었다. 특히, 처리농도가 강한 기피제 X 100cc+50ml의 C 처리구와 기피제 Z 100cc+50ml의 I 처리구에서 초기에 상대적으로 동물의 기피현상이 강하게 나타났다. 그러나 기피제 처리 후 약 6일 이상이 경과될 경우에는 처리한 잎 표면의 기피제가 자연 건조하거나 기피효과가 약해지면서 실질적으로 동물의 섭식 피해율이 올라가는 경향을 보였다.

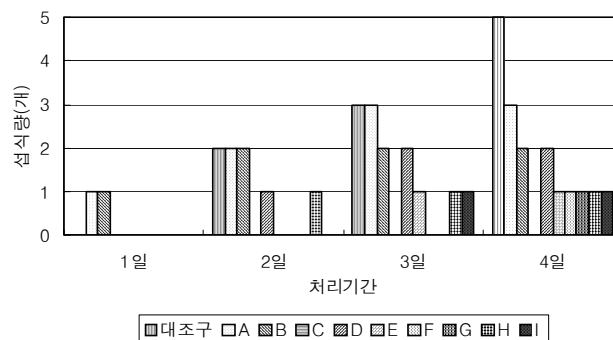


그림 2-67. 기피제를 처리한 상수리나무 종자의 처리기간 별 섭식량

A; 기피제 X 100cc+1ml B; 기피제 X 100cc+10ml C; 기피제 X 100cc+50ml
 D; 기피제 Y 100cc+1ml E; 기피제 Y 100cc+10ml F; 기피제 Y 100cc+50ml
 G; 기피제 Z 100cc+1ml H; 기피제 Z 100cc+10ml I; 기피제 Z 100cc+50ml

그림 2-67에서는 직파 조립시 파종된 종자에 발생할 수 있는 야생동물의 피해와 관련하여 상수리나무 종자에 각종 기피제를 처리한 다음, 이를 사육하는 토끼에 투여하였을 때 나타나는 섭식 반응을 보여주고 있다. 기피제 처리에 앞서 토끼에게 주는 일반 사료의 양을

상당량 줄여 먹이에 대한 동물의 반응을 강화시켰다. 그 후에 각각의 기피제를 처리한 상수리나무 종자 5립 씩을 투여한 결과, 기피제를 처리하지 않은 대조구의 경우에 2일째부터 종자를 먹기 시작하여 4일 후에는 투여한 종자 5립을 모두 먹어 버렸다.

그러나 기피제가 처리된 종자에 대한 섭식 반응은 위의 섭식 반응과 비슷하게 초기에는 섭식하지 않는 경향을 보였고 특히, 기피제 X를 강한 농도로 처리한 C 처리구 종자는 처리 후 상당 기간 동안 피해를 받지 않았다.

그림 2-68에서는 이러한 직파조림의 피해를 최소화하기 위한 한 방편으로 상토에 C.M.C.를 혼합하여 종파표면에 입힌 종자환을 제조하여 이를 토끼에게 투여한 후에 처리 기간별로 그 섭식 반응을 조사하였다.

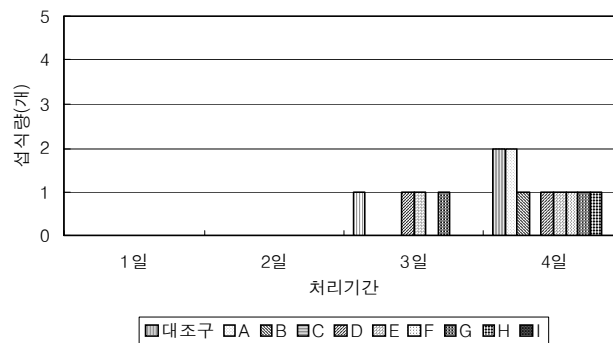


그림 2-68. 종자환 형태의 기피제 처리 종자에 대한 처리기간 별 섭식반응
 A; 기피제 X 100cc+1ml B; 기피제 X 100cc+10ml C; 기피제 X 100cc+50ml
 D; 기피제 Y 100cc+1ml E; 기피제 Y 100cc+10ml F; 기피제 Y 100cc+50ml
 G; 기피제 Z 100cc+1ml H; 기피제 Z 100cc+10ml I; 기피제 Z 100cc+50ml

처리 결과에서 대조구와 기피제 X 100cc+1ml(A) 처리구는 처리 후 전체 조사 기간 동안에 약 50%의 종자가 피해를 받았지만, 기피제 농도가 강한 기피제 X 100cc+50ml(C), 기피제 Z 100cc+50ml(I) 처리구는 동물에 의한 피해가 전혀 나타나지 않았다.

이와 같이 상수리나무 종자를 가지고 기피제를 혼합한 상토로 종자환을 만들 경우에는 종자나 잎에 직접 기피제를 처리한 경우보다 적은 피해를 나타냈다. 이와 같은 결과는 종자를 둘러싼 상토에 혼합된 기피제의 유효 성분이 나출된 종자 표면에서보다는 오래 지속되기 때문으로 생각되며 이와 같은 방법으로 기피제의 효력을 오래 지속시키는 방법은 계속해서 여러 가지 방법을 도입하여 개선시킬 수 있는 여지가 있을 것으로 사료된다.

2) 동물의 접근을 막을 수 있는 보호용 구조물의 설치에 의한 묘목의 피해 방지 실연연구

그림 2-69에서는 임분 내에서 각 수종별로 실생묘를 조립한 후에 7일 간격으로 야생동물에 의한 피해를 조사한 결과를 보여주고 있다. 야생동물에 의한 피해 형태는 묘목의 주지가 완전히 잘려진 형태와 일부 꺾여진 형태 또는 측지와 주지가 모두 잘려진 형태 등 다양한 피해양상을 나타냈다.

수종별로는 식재 7일만에 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무가 20%, 20%, 25%, 30% 순으로 피해가 발생했다. 또한 2차 조사시기인 식재 후 14일에도 수종별로 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무가 30%, 30%, 40%, 40%로 이전 조사시 피해율보다 증가하는 경향을 보였다. 또한 수종별로는 신갈나무와 졸참나무보다는 굴참나무와 상수리나무의 피해율이 다소 크게 나타났다.

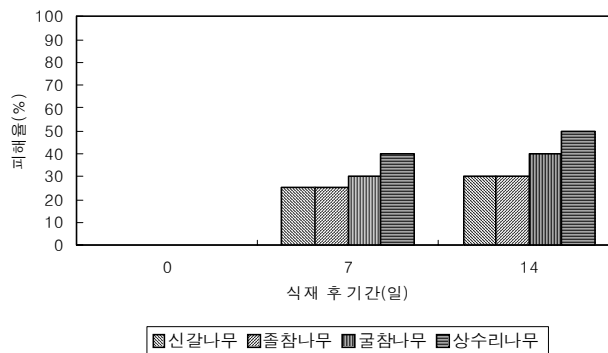


그림 2-69. 상수리나무 임분 내에 일반 식재된 참나무류 묘목에 대한 야생동물 피해

그림 2-70에서는 앞에서 설명한 보호용구 I 을 제작하여 임지에 식재된 묘목을 보호할 수 있도록 설치한 후에 발생된 동물에 의한 피해 정도를 보여준다. 보호용구 I 을 설치한 후에 실제로 임분 내에서 발생한 묘목의 피해를 살펴본 결과, 수종별 기간에 따른 피해 증가 경향은 그림 2-69의 대조구와 유사한 경향을 보였다. 그러나 야생동물에 의한 피해율을 살펴볼 때 대조구의 평균 피해율이 34%인 데 반하여 보호용구 I 에 의해 보호된 식재 묘목의 평균 피해는 26%로 감소하였고, 설치물의 크기에 따라 차이도 나타났다. 보호용구의 크기가 큰 경우에는 평균 피해율이 19%, 보호용구의 크기가 작은 경우에는 27%를 보였다. 각 수종별 피해 또한 신갈나무, 졸참나무가 15~25%인 반면에 굴참나무, 상수리나무가 18~30%의 피해를 보였다.

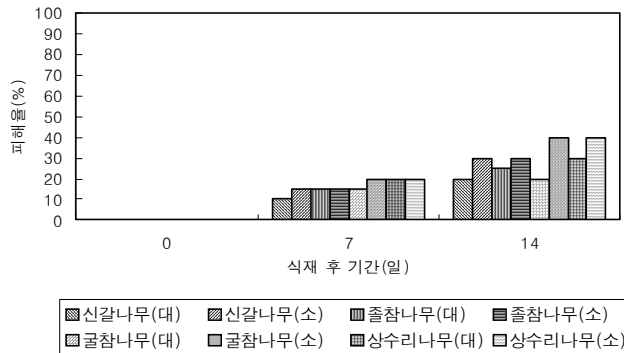


그림 2-70. 상수리나무 임분 내에서 보호용구 I에 의한 야생동물 가해 방지효과

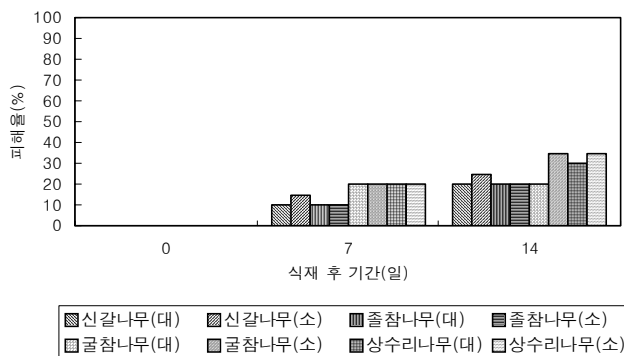


그림 2-71. 상수리나무 임분 내에서 보호용구 II에 의한 야생동물 가해방지 효과

그림 2-71에서 볼 수 있는 것처럼 다른 형태의 보호용구 II에서도 같은 경향의 보호 효과를 보이고 있다. 보호용구 II에 의한 평균 피해율은 약 20%로 보호용구 I보다도 약 6%정도의 보호 효과를 높이는 결과를 나타냈다. 또한 보호용구의 크기에 따른 비교에서도 보호용구의 크기가 큰 경우에 평균 피해율이 18%, 보호용구의 크기가 작은 경우에는 23%를 보였다.

야생동물에 의한 피해를 줄이고자 실시한 이상의 실험 결과에서 전체적으로 보호용구 설치에 의한 피해 경감 효과가 크게 나타났으며 그 효과는 수종별로, 보호용구의 형태나 크기별로 다소 차이를 보였다. 제작과정에서의 경제성과 실제로 임분에 설치하는 과정에서의 실용성, 설치후 사후 관리 등 다양한 면을 고려한다면 보호용구 II보다는 브릿쉬 형태의 설치물 I이 보다 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 종합 고찰 및 결론

우리나라 산림에서 그 중요성이 점차 확대되고 있는 참나무류 주요 수종에 대하여 이들 임분을 확대 조성하고 그 생산성을 개선하기 위한 합리적이고 과학적인 조립 및 육림 방안을 제시하고자 참나무류 주요 수종이 우점하는 천연임분과 갱신작업이 이루어지고 있는 임분 등을 대상으로 이들의 생태학적 기초 자료와 조립학적인 측면에서 필요한 사항에 대해 조사 분석을 실시하였다. 이와 함께 참나무류 각 수종의 생리·생태적 특성 및 번식이나 조립 또는 맹아갱신 등과 관련된 세부 사항을 분석하기 위하여 포장 및 실험실을 중심으로 관련 연구를 병행 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 일반적으로 우리나라에 분포하는 주요 낙엽성 참나무류 중에서 신갈나무는 주로 고산 지역의 상북부와 능선, 굴참나무는 산 중북 이하의 남사면에, 그리고 졸참나무는 산 중북 이하의 북사면 하부나 계곡에, 상수리나무는 야산 지역의 산록부를 중심으로 넓게 분포되어 있다고 알려져 있는 것처럼 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 상수리나무 등 참나무류 주요 수종들은 각각의 분포 적지가 수종별로 다양하게 차이를 보이는 것으로 보고되어 왔다. 이들이 분포하는 입지환경과 관련하여 조사된 본 연구의 결과를 종합할 때도 이와 같은 점을 어느 정도 인정할 수 있었다. 그러나 현지 조사에서 이들 수종들은 우리나라 산지의 광범위한 입지환경 대부분에 폭넓게 적응하면서 적지로 평가되지 않는 상이한 입지환경에서도 상당한 비율로 수종간에 혼효된 상태로 분포되어있는 곳이 많았다. 따라서 특수한 조건을 지닌 일부 임지나 지역을 제외하고 이들 주요 참나무류의 임분 조성에 크게 문제가 없는 입지환경을 지닌 상당 면적의 임지에서 참나무림을 조성하고자 할 경우에는 이들을 적절한 수준에서 혼효시키는 방안도 생각해볼 필요가 있다. 이 과정에서 보다 생산성이 높은 임분 조성을 위해서는 이들 참나무류가 우점하는 임지의 토양조건이나 수분환경을 포함하여 보다 세부적인 내용을 정밀하게 분석할 필요가 있으며 이들 임분의 무육관리나 갱신 방법을 개선하기 위한 기술 개발이 더욱 강조될 필요가 있다.

2. 이들 참나무류 우점 임분에 혼효되어 함께 분포하는 주요 수종으로 소나무, 산벚나무, 물푸레나무, 층층나무, 고로쇠나무, 피나무, 박달나무 등의 유용 침, 활엽수들도 정도의 차이는 있지만 상당한 비율로 혼효되어 있어 임분의 생태학적 가치나 전통 임업적인 입지 생산성을 보다 고도화하는 경영 목적 하에 참나무류 순림의 육성보다 이들 수종이 적절히 혼효된 혼

효립을 유도하는 것이 보다 바람직할 수 있다. 이를 위해서는 혼효에 적합한 수종을 임분이나 입지별로 정확하게 파악하고 이들의 적정 혼효비율과 혼효 방법 및 이들에 대한 무육관리 기술 등을 중심으로 한 다양한 시업 방안이나 기술도 적극 개발할 필요가 있다.

3. 산림의 임지 생산성을 극대화하기 위해서는 임분 조성 과정에서 산림 내 무기환경 인자인 광선, 수분, 토양 양료 조건 등을 충분히 고려해야 할 필요가 있다. 특히 갱신과정에서 어린 치수나 중층을 구성하는 유령의 개체목들을 건전하게 육성하기 위해서는 광환경을 개선할 수 있도록 상층 임관을 구성하는 나무들의 수형 조절이나 공간배치를 고려한 밀도 관리를 신중히 평가하여 시업에 반영해야 한다. 본 연구조사에서도 조사된 임지의 중, 하층에는 앞으로 상층임관을 대신할 수 있는 유령목이나 치수가 상당한 밀도를 보이면서 자라고 있지만 이들은 상층임관을 구성하는 나무들에 의해 피압된 상태 하에서 수형이나 생장이 불량한 모습을 보이고 있다. 이들의 생육환경을 개선하기 위해서는 상층 임관을 구성하는 개체목들 가운데 수종 그 자체의 가치나 개체목의 형질 등이 불량한 나무를 중심으로 적절한 도태간벌을 시도하는 일이 요구된다.

4. 참나무류가 우점하는 임분에 분포된 주요 수종들의 수형급 관련 형질의 평가에서, 임분의 상층을 구성하는 개체목들의 등급 평균치가 대체로 2-3등급에 속하면서 대략 30~50% 안팎의 개체목들은 그대로 보존하거나 약간의 교정을 포함한 무육 관리에 힘쓸 경우에 비교적 양호한 미래목으로 육성할 수 있을 것으로 평가되었다. 그러나 임분에 따라 차이는 있지만 대부분의 조사 대상 임분 내에는 4-5등급에 속하면서 도태간벌을 통해 제거할 필요가 있는 불량목 또한 20~40% 안팎으로 분포되어 있어 이들에 대한 간벌작업을 적극 추진할 필요가 있다. 이들 임분 내에 존재하는 참나무류 이외의 다른 수종들의 수형급 관련 형질은 조사 지역이나 입지, 수종 또는 조사 형질에 따라 차이가 있지만 대체로 조사된 주요 참나무류보다는 평균치에서 다소 낮은 등급을 보이면서 불량한 형질을 지니는 개체목이 상대적으로 많은 것으로 판단된다.

5. 중층 임관을 구성하는 개체목들은 상층임관의 개체목들에 비해 수형급 관련 형질이 다소 열악한 모습을 보이고 있어 전체적으로 이들 형질의 평균치가 대략 3-3.5등급에 속할 경우가 많았다. 또한 참나무류 주요 수종들도 상층에 비해서 열악한 형질을 보이면서 다른 수종들과 비슷한 정도의 평균 등급을 유지하는 것으로 조사되었다. 이들이 상층 임관을 구성하

는 개체목들보다 형질이 불량한 것으로 평가되는 것은 상당 부분이 상층목에 의한 피압과 어린 유령목 자체가 지니는 고유 특성에서 비롯할 수 있다. 이 때문에 이들은 상층의 불량목이 상당 부분 제거되어 임관이 소개가 되고 또 이들 유령목이 장령목으로 자라 올라가는 과정에서 자체적인 수형 교정을 이루면서 형질이 개선될 수 있다. 이와 같은 점을 고려하면 임분의 중, 하층에 분포된 4-5등급의 불량목도 통직성이나 공간배치 및 하층의 유망 치수 발생에서 큰 문제가 없다면 상층 임관을 구성하는 개체목들을 중심으로 간벌작업을 수행하면서 당분간 더 이들의 성장을 지켜본 후에 도태 여부를 결정할 필요가 있다.

6. 전체 조사지역에서 참나무류는 잔존 보육할 개체목의 비율이 다른 수종보다 상대적으로 다소 많은 것으로 조사되었기 때문에 이들을 본 연구에서 제시한 형질의 평가 결과를 기준으로 정성간별할 경우에 임분 내에서 참나무류 주요 수종의 우점도는 최소 현재 수준보다는 높아질 가능성이 있다. 그러나 다양한 경영목적이나 주변 여건을 고려하는 경우에는 참나무 수종 이외에 기타 다른 수종의 우점도를 높이는 것이 바람직할 수도 있다. 따라서 개체목의 형질을 고려한 정성간별을 실시하는 과정에서도 이들 임분의 입지환경과 경영목적 등을 고려하여 수종 구성에 대한 조절을 시도할 필요가 있는 경우에는 각 수종별로 보존 또는 도태 대상목의 결정과정에서 각기 대상목의 형질 등급에 대한 적정 기준 결정에 신중을 기할 필요가 있다.

7. 참나무류 주요 수종이 우점하는 임분의 중, 하층에 분포된 유령목이나 치수와 관련된 조사 결과를 살펴보면 이들 임분의 중, 하층에는 참나무류를 포함하여 다양한 수종의 유령목과 치수가 분포 또는 발생하고 있으며 이들의 분포 밀도 또한 정상적인 후계림을 조성하는데 큰 문제가 없을 것으로 보이는 지역이 많은 것으로 판단된다. 그러나 일부 지역의 조사구에서는 참나무류나 기타 유망 수종의 유령목이나 치수가 임분 내 전 지역에 고르게 분포하지 않고 특정 사면 또는 입지의 경사 등에 영향을 받으면서 일부 국소 지역에 집중적으로 발생하고 다른 지역에는 유령목이나 치수가 거의 분포되어있지 않은 경우도 흔히 조사되었다. 따라서 이들 지역에 보완적인 형태의 실생묘 조립이나 직파조립을 시도하면서 분포밀도를 고르게 정상수준으로 조절하는 보다 개선된 보육 관리 방법을 개발하는 일도 후계림 전체의 질적인 측면에 중요한 영향을 미칠 것으로 생각된다.

8. 조사 대상 지역에서 참나무류의 실생 치수나 맹아묘는 조사된 다양한 입지 환경에서 수종이나 치수의 형질별로 고르게 분포하며 상당 부분의 조사구에서는 후계림을 조성하는데 어느 정도 충분한 밀도로 발생하는 것으로 조사되었다. 그러나 실생묘보다는 맹아묘의 비율이 약 3배 이상으로 많은 경향을 보이며 이들 묘목의 형질 또한 불량한 것이 상당한 비율을 보이고 있어 이들을 후계림 육성과정에서 도태할 경우에는 후계림의 적정 임분밀도를 유지하는데 부족할 수도 있다고 판단된다. 따라서 후계림의 생산성을 극대화하기 위해서는 불충분한 치수 밀도를 고려하여 직파 또는 실생묘 조림 등으로 보완적인 조림을 시도하는 기술을 발전시키면서 임분의 경영 목적에 맞도록 실생묘와 맹아묘를 적절히 무육 관리하는 기술을 개발할 필요가 있다.

9. 참나무류 임분의 갱신과정에서 인공조림은 물론 천연갱신 과정에서도 실생묘의 조림이 필요할 때가 있다. 그러나 이와 같은 조림과정에서 기존 상층목이 존재하는 입지 내에 수하식재를 할 경우에는 여러 가지 입지환경의 영향 이외에 특히 광선 부족문제가 크게 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 이와 관련하여 상수리나무 임분 밀도를 조절하여 임분 내 광환경을 달리하는 임지를 조성한 후에 실생묘를 조림한 후 이들의 활착율을 조사한 결과 약간의 광차단은 이들 수하식재 실생묘의 활착에 보다 유리한 조건을 제공하는 것으로 분석되었다. 참나무류와 같이 직근성으로 이식이 어려운 실생묘를 조림할 경우에는 포지에서 그대로 양묘하는 나근묘보다 용기묘 형태로 양묘하여 이식하는 것이 효과적이며 이를 위한 적정 용기는 내경 10cm 안팎, 길이 20cm 안팎에서 조절하는 것이 실용적일 것으로 판단되며 필요할 경우에는 용기의 규격을 확대하는 것보다 보조 받침용기를 함께 이용하는 방법이 보다 실용적일 것으로 판단되었다. 이와 같은 용기를 제작하는데 어려움이 있을 경우에는 폐기되는 PET 음료수병 또한 적절한 대체용기로 활용 가능하다고 평가되었다. 이와 같은 용기묘 조림은 특히 기존 임분 내에 보완적으로 실시되면서 소규모로 불규칙한 형태로 배식되는 수하식재 과정에서 보다 효과적으로 이용될 수 있다.

10. 참나무류 종자를 직파조림할 경우에 제기되는 문제 중에서 파종 후 강수나 심한 바람 등의 영향으로 인해 파종된 종자가 나출되거나 파종 전, 후에 건조한 기후와 가뭄으로 인해 임지의 표토가 심하게 건조해지는 경우 등으로 인해 종자 발아에 불리한 조건이 발생하는 경우를 예상할 수 있다. 이에 따른 종자의 발아 저해 문제를 해결하기 위한 기술적인 방안으로 C.M.C를 혼합한 배양토를 도포 처리하여 제조한 종자환을 이용한 파종 시험 결과 건

조구와 습윤구, 종자를 나출시킨 파종처리와 나출시키지 않은 처리에서 대체적으로 C.M.C를 첨가하여 배양토를 도포 처리한 처리구가 높은 발아율을 나타냈다. 특히 C.M.C. 0.75g/100cc, 1.0g/100cc의 처리가 다른 처리구에 비해 높은 발아율을 나타냈다. C.M.C.는 그 자체의 물리화학적 특성에 의해 배양토와 혼합하여 종자환을 제조했을 때 종자환의 형태를 안정적으로 유지시키면서 수분의 건조도 막아주어 이 종자환을 가지고 임지에 파종조립을 실시할 경우에 발생할 수 있는 건조 등에 의한 종자의 생리적 스트레스 피해를 어느 정도는 감소해주는 것으로 판단된다. 그러나 C.M.C. 1.0g/100cc을 배양토에 혼합한 경우에 환 자체의 수분 함유량이 높게 유지되면서 환의 강도가 다소 떨어져 임지 내에 직파조립 과정에서 종자환을 운반하거나 파종조립할 때 환이 파손될 수 있다. 이 때문에 C.M.C. 1.0g/100cc보다는 C.M.C. 0.75g/100cc을 배양토에 혼합하여 종자환을 제조하는 것이 이를 직파조립하는 경우에 발생하는 문제점을 해결해주는 데 유리할 것으로 평가된다.

11. 참나무류 근주에서 발생하는 맹아를 조사한 결과 맹아의 대부분은 지하부의 근주에서 발생하고 있으며 일부는 지상에 노출된 근주 측면에서 발생되고 있었다. 그러나 벌채 단면에서는 맹아가 거의 발생되지 않았으며 일부 벌채 단면에 발생된 맹아도 수피 부근에서 나오는 것이 대부분이었다. 맹아의 발생량은 벌채 근주의 높이에 따라서도 차이를 보이며 근주의 직경에 따라서도 발생량에 차이를 보이고 있었다. 보다 가치있고 생산성이 높은 맹아 갱신 임분을 조성하기 위해서는 발생하는 맹아를 적절히 정리하는 것이 필요하며 이를 위해 맹아를 부분적으로 정리 제거할 때 경영목적에 따라 방법을 달리하는 것이 필요하다. 본 실험에서 확인한 결과와 같이 가능한 범위 내에서 양질의 대경재나 소경재를 얻기 위한 맹아 갱신 방법으로는 잔존시키는 맹아를 날개로 1~2개 전후로 조절하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 그러나 맹아 잔존 처리 초기에 여름장마와 태풍이나 가뭄, 병해충, 설치류 등으로 인해 잔존 맹아묘가 심각한 피해를 받을 수 있으므로 맹아 갱신 초기에는 단순 성장량 증가에 중점을 두고 처리 방법을 결정하는 것보다는 약간의 여유를 두어 날개로 1~2개의 맹아를 잔존시키는 것보다는 오히려 날개로 2~3개 또는 이보다 다소 많은 맹아를 잔존시킨 다음에 맹아의 성장과정을 고려하여 적절한 시기에 최종 잔존 맹아를 선정하여 이를 적극적으로 육성하는 방법이 보다 안전하고 바람직한 갱신방법이 될 수 있다. 또한 임지 내에 존재하는 벌채 근주의 밀도와 근주의 직경 및 임지의 지력과 생산재의 규격, 경영조건 등을 고려하여 발생 맹아의 수를 조절하는 것이 바람직하며, 경영 목적에 따라 1개 근주 당 잔존 맹아의 수를 1~3개 또는 그 이상에서 적절히 조절하거나 맹아를 맹아군의 무리 형태로 잔

존시키는 것이 보다 유익한 방법으로 생각될 수도 있다.

12. 야생동물에 의한 참나무류의 피해 대책을 수립하고자 상수리나무 종자를 가지고 기피제를 혼합한 상태로 종자환을 만들 경우에는 나출된 종자 표면에 직접 기피제를 처리하는 경우보다 피해 예방에 보다 효과적인 결과를 보였다. 이와 같은 결과는 종자를 둘러싼 상태에 혼합된 기피제의 유효 성분이 나출된 종자 표면에서보다는 오래 지속되기 때문으로 생각된다. 이와 같은 방법으로 기피제의 효력을 오래 지속시키는 방안은 여러 가지 새로운 방법을 도입하여 기술적으로 개선시킬 수 있는 여지가 있을 것으로 생각된다. 또한 야생동물에 의한 피해를 줄이고자 제작 설치한 보호용구는 야생동물에 의한 피해를 경감하는데 상당한 효과가 있을 것으로 조사되었으며 그 효과는 수종별로, 보호용구의 형태나 크기별로 다소 차이를 보였다. 본 연구과정에서 고안하여 제작된 보호용구는 제작과정에서의 경제성과 임분에 설치하는 과정에서의 실용성, 설치후 사후 관리를 고려할 때 실험실에서 초자기구 세척에 사용하는 브러쉬 형태의 보호 용구가 보다 실용적일 것으로 평가되었다.

제3절 참나무류 천연림의 물질현존량 분석

제3-1절 굴참나무 천연림의 물질현존량 분석

1. 조사지 개황 및 연구방법

본 연구는 충청남도 공주시 정안면 내문리, 경상북도 포항시 죽장면 하옥리, 그리고 강원도 양양군 서면 수리에 위치하고 있는 굴참나무 천연림을 대상으로 실시되었다. 본 조사지의 기상조건은 포항지역은 연 평균기온 14.6℃, 연평균 강수량은 912.8mm, 공주지역은 연평균기온 11.7℃, 연평균 강수량은 1,239.4mm, 그리고 양양지역은 연평균기온 11.2℃, 연평균강수량 1,351.8mm이었다.

본 연구 공주지역의 굴참나무 천연림 조사지의 해발고는 320m이며 북서사면에 분포하고 있었고 경사는 27°~ 32° 였으며, 강원도 양양지역 조사지의 해발고는 800m였으며 남동사면에 분포하고 있었고 경사는 25°~ 35°였다. 포항지역 조사지의 해발고는 340m였으며 남동 또는 남서사면에 분포하고 있었고 경사는 25°~43°였다. 평균 임령은 공주지역에서는 23~50년, 포항지역에서는 26~63년, 양양지역에서는 31~59년으로 평균 임령은 각각 41, 45, 그리고 54년이었다. 굴참나무림의 흉고직경은 공주지역에서는 6cm~32cm, 포항에서는 8cm~38cm, 그리고 양양지역에서는 6cm~34cm에 걸쳐서 분포하며, 평균수고는 각각 14.4m, 15.3m, 그리고 12.5m 이었다. 임목본수는 ha당 공주에서는 1137본, 포항에서는 778본, 그리고 양양에서는 873본으로 조사되었다 (표 3-1, 2, 3).

표 3-1. 공주지역 굴참나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH (DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (6.5)	1	23	5.9	85
8 (8.8)	1	29	7.8	61
10	-	-	-	178
12 (11.6)	1	41	11.9	190
14 (14.5)	1	42	15.4	213
16	-	-	-	134
18 (17.5)	1	43	14.6	76
20 (20)	1	47	14.7	63
22 (22)	1	46	16.0	51
24 (24)	1	43	20.4	37
26	-	-	-	31
28 (28.5)	1	50	18.9	6
30	-	-	-	6
32 (32.8)	1	50	18.4	6
Total	10			1137
Average		41.4	14.4	

표 3-2. 포항지역 굴참나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH(DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
8 (7.4)	1	26	6.6	19
10 (10.5)	1	31	10.6	48
12	-	-	-	30
14 (14)	1	38	10.7	50
16	-	-	-	52
18 (18)	1	45	15.5	50
20	-	-	-	70
22 (22.5)	1	48	18.2	43
24 (24)	1	49	17.9	87
26 (26.3)	1	49	17.2	63
28	-	-	-	67
30 (29.8)	1	53	16.8	89
32	-	-	-	38
34 (33.8)	1	52	21.7	24
36	-	-	-	30
38 (38.5)	1	63	17.6	18
Total	10			778
Average		45.4	15.3	

표 3-3. 양양지역 굴참나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH (DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (6.0)	1	31	4.8	19
8 (8.0)	1	52	7.5	12
10	-	-	-	55
12 (12.0)	1	51	11.8	68
14 (14.5)	1	52	11.6	154
16	-	-	-	143
18 (18.0)	1	58	12.5	113
20	-	-	-	93
22 (22)	1	59	14.0	118
24	-	-	-	58
26 (25.9)	1	58	13.8	6
28 (27.7)	1	60	17.3	7
30 (29.8)	1	62	15.1	6
32	-	-	-	14
34 (34.5)	1	59	17.0	7
Total	10			873
Average		54.2	12.5	

본 연구의 굴참나무 임지 내에 서식하고 있는 식생은 공주지역에서는 신갈나무, 소나무, 당단풍, 싸리, 생강나무, 진달래, 개웃나무, 둥굴레, 맑은대쭉, 고사리, 쪽동백나무, 산초나무, 청가시덩굴, 국수나무 등이 분포하였으며, 포항지역에서는 신갈나무, 물푸레나무, 소나무, 산벚나무, 생강나무, 개웃나무, 싸리 등이 분포하였고, 양양지역에서는 소나무, 신갈나무, 병꽃나무 등이 분포하였다.

2000년 7~8월에 토양 및 지상부에 대한 시료채취를 실시하였다. 지상부 현존생물량의 조사를 위해 5개의 20m×20m의 조사구를 설치하여 매목조사를 실시한 후 조사된 흉고직경의 범위 내에서 정상적 형태를 갖는 굴참나무 10개의 표본목을 각 조사지역에서 선정하였다. 30분의 입목은 지상부 20cm 위치에서 별도 하였으며 수간부는 2m간격으로 절단하고 저울을 사용하여 각 통나무의 생중량을 측정하였다. 건중량 추정을 위해 각 통나무에서 두께 약 10cm정도의 원판표본을 분리 측정한 후 건중량 추정을 위해 실험실로 운반하였다. 가지, 잎, 그리고 죽은 가지들도 분리, 포장하여 현장에서 측정한 후 표본시료를 실험실로 운반하여 dry oven에서 75~80℃로 항량에 도달될 때까지 건조시켰다.

순생산량을 추정하기 위해 수간목부의 순생산량은 최근 5년간의 재적생장량을 Smalian공식을 사용하여 구하고 이를 다시 5로 나누어 1년간 평균재적생장량을 구한 다음 전체 재적

에 대한 비율을 이용하여 건중량을 계산하였다. 수피부에 대한 순생산량은 수간목부의 연간 성장율을 적용 산정하였다. 잎은 채취된 것을 사용하였으며, 생지부는 단목별로 채취된 5개의 가지밑둥(branch trunk)에서 가지연령을 측정된 후 Whittaker 공식(Whittaker와 Marks, 1975)을 이용하여 추정하였다.

(Whittaker formula)

$$W=Bw / A$$

W: 생지의 1년간 성장량

w: 가지의 목질부와 수피의 건중량 (kg)

A: 가지연령 (branch age)

B: 가지연령에 대한 가지 건중량의 대수 회귀방정식에서 얻은 상수(slope constant)

굴참나무 각 10주의 표본목에서 부위별로 분리 측정된 건중량에 공식 $Wt=aDb$ (Wt : 건중량(kg), D : DBH(cm), a : 상수, b : 지수)와 같은 모형의 회귀식을 이용하여 현존생물량과 순생산량 방정식을 유도하였다. 매목조사 결과 측정된 매목의 흉고직경을 유도된 공식에 대입하여 매목의 현존량과 순생산량을 구한 후 각각을 합산함으로써 현존생물량과 순생산량을 추정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 지상부 현존생물량

본 연구에서 지상부 현존생물량 및 연순생산량 추정식으로는 표본목의 흉고직경(D)을 독립변수로 하고 각 부위별 건중량 및 순생산량을 종속변수(Wt)로 하는 상대성장식, $Wt=aDb$ 를 적용하여 유도하였다. 본 연구에서 대수회귀식의 결정계수(R^2)의 값은 지상부 총 현존생물량의 경우 세 개 조사지역의 굴참나무림 모두에서 0.98 이상으로 상관관계가 높았으며 지상부 총량의 67.1%(공주), 67.4%(포항), 그리고 65.6%(양양)를 차지하는 수간목부도 세 개 조사지역에서 0.97 이상으로 높은 상관관계를 나타냈다(표 3-4, 5, 6). 세 개의 조사지역 중 공주지역의 죽은가지에서의 결정계수 0.84를 제외하고, 생가지, 수피, 그리고 잎의 결정계수도 0.92 이상의 상관관계를 나타냈다.

표 3-4. 공주지역 굴참나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.127	2.629	0.97
Live branch	-0.714	3.862	0.99
Dead branch	-0.158	2.381	0.84
Bolebark	1.558	2.171	0.98
Bolewood	1.522	2.682	0.98
Total aboveground	1.702	2.678	0.99

표 3-5. 포항지역 굴참나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.322	2.286	0.93
Live branch	-0.876	3.866	0.92
Dead branch	-0.648	2.774	0.69
Bolebark	0.939	2.638	0.99
Bolewood	1.567	2.636	0.99
Total aboveground	1.571	2.759	0.99

표 3-6. 양양지역 굴참나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.640	2.183	0.94
Live branch	0.391	2.864	0.93
Dead branch	-0.133	2.569	0.87
Bolebark	0.841	2.600	0.94
Bolewood	0.917	2.987	0.97
Total aboveground	1.329	2.823	0.98

지상부 총 현존생물량은 공주지역의 평균수령 41년생 굴참나무림에서 91.31ton/ha, 포항지역의 평균수령 45년생 굴참나무림에서 207.6ton/ha, 그리고 양양지역의 평균수령 54년생 굴참나무림에서 71.39ton/ha으로 다른 지역에 비해 경상북도 포항지역에서 최소 2배 이상의

높은 지상부 현존생물량을 보였다(표 3-7). 평균수령이 4년 낮은 공주지역과 평균수령이 9년 높았던 양양지역과 비교하여 포항지역의 현존생물량이 2배 이상 높게 나타난 것은 조사 지역간 기후 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 본 연구의 포항지역 굴참나무림에서의 207.6ton/ha는 박인협과 문광선(1994)의 전남지역의 평균 26~29년생 굴참나무림의 159ton/ha, 충주지역의 평균수령 62년생 굴참나무림의 137.4ton/ha(송철영 등, 1997), 충주지역의 평균수령 40년생 굴참나무림의 115.0ton/ha(박관수, 1999), 전남 순천의 20년생 굴참나무림의 31.3ton/ha(최영철과 박인협, 1993) 보다 높은 값을 보였다. Ovington(1956)에 의하면 44년생의 *Quercus* sp. 가 영국에서 92.4ton/ha이었다고 보고하였는데, 본 연구 공주지역에서의 현존생물량과 비슷하고 포항지역에서의 생물현존량보다 훨씬 적은 값을 보이고 있으며, Ovington(1962)에 의한 소련 지역에서 *Quercus*속 42년생 169.8ton/ha도 포항지역에서의 생물현존량 보다 훨씬 낮은 값을 보이고 있다. 본 연구의 공주와 양양지역의 생물현존량은 온대지방 참나무속의 평균치(Ovington, 1965)인 174.6ton/ha 보다 훨씬 낮은 값을 보이고 있으나 포항지역은 높은 값을 보여주고 있다. 본 연구의 공주와 양양지역에서의 생물현존량은 평균 연령이 낮았던 충주지역의 평균 수령 40년생 굴참나무림의 115.0ton/ha 보다 낮은 생물현존량을 보이고 있으며, 포항지역의 생물현존량은 우리나라에서 현재까지 보고된 것 중 가장 높은 현존생물량으로 사료된다.

표 3-7. 공주, 포항, 그리고 양양 지역 굴참나무 천연림 생태계의 물질현존량.

Tree component	Gongju	%	Pohang	%	Yangyang	%
Foliage	2.10	2.3	2.47	1.2	2.13	3.0
Live branch	12.03	13.2	30.9	14.9	9.31	13.0
Dead branch	0.54	0.6	1.30	0.6	1.17	1.6
Stemwood	61.25	67.1	140.0	67.4	46.85	65.6
Stembark	15.39	16.8	32.9	15.9	11.93	16.8
Total aboveground	91.31	100.0	207.6	100.0	71.39	100.0

굴참나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서, 공주 61.25ton/ha, 포항 140.0ton/ha, 그리고 양양 46.85ton/ha로 각각 총량 중 67.1%, 67.4%, 65.6%를 차지하였는데(표 3-7), 박인협과 문광선(1994)이 보고한 60.0%, 송철영과 이수욱(1996)이 보고한 61.0%, 그리고 박관수(1999)가 보고한 63.2%보다 약간 높게 나타났다. 생지부는 공주 12.03ton/ha(13.2%), 포항 30.9ton/ha(14.9%), 그리고 양양 9.31ton/ha(13.0)으로 박인

협과 문광선(1994), 송칠영과 이수욱(1996)이 보고한 비율보다 낮게 나타났다. 수피는 공주 15.39ton/ha(16.8%), 포항 32.9ton/ha(15.9%), 그리고 양양 11.93ton/ha(16.8%)이었고, 죽은 가지는 공주 0.54ton/ha(0.6%), 포항 1.30ton/ha(0.6%), 그리고 양양 1.17ton/ha(1.6%)로 나타났다. 잎은 공주 2.10ton/ha(2.3%), 포항 2.47ton/ha(1.2%), 그리고 양양 2.13ton/ha(3.0%) 나타났다. 우리나라 활엽수의 경우 조사된 잎의 최고빈도는 2.0~3.0ton/ha인 것으로 알려져 있으며(김시경과 정좌용, 1985), 본 연구대상 임분의 경우도 이에 속하였다. 총 현존생물량이 가장 높았던 포항지역에서 모든 부위별 현존생물량이 가장 높게 나타났다.

나. 순생산량

임목의 부위별 순생산량을 측정할 때에 공식 $Wt=aDb$ (Wt : 건중량, D : DBH, a : 상수, b : 지수)를 이용하여 구한 회귀식은 표 3-8, 9, 그리고 10과 같다. 굴참나무림의 총 순생산량의 결정계수는 공주 0.98, 포항 0.98, 그리고 양양 0.97로 비교적 높은 상관관계를 나타냈으며, 부위별 결정계수도 양양지역 생가지의 순생산량 0.83을 제외하고 세 조사지역 모두에서 0.90 이상의 상관계수를 나타냈다. 본 연구와 유사한 결과로서 박관수(1999)와 이수욱과 박관화(1986)의 신갈나무림 순생산량의 결정계수가 생지부에서 각각 0.88과 0.81로 나타났는데, 이러한 현상은 다년간의 축적량에 비하여 짧은 기간의 생산량(NPP)에 변이 폭이 크기 때문으로 사료된다(이수욱과 박관화, 1986).

표 3-8. 공주지역 굴참나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.127	2.629	0.97
Live branch	-0.599	3.251	0.99
Bolebark	-0.083	2.393	0.90
Bolewood	-0.099	2.870	0.92
Total aboveground	0.451	2.828	0.98

표 3-9. 포항지역 굴참나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.322	2.286	0.93
Live branch	-0.490	2.972	0.91
Bolebark	-0.326	2.482	0.95
Bolewood	0.164	2.569	0.97
Total aboveground	0.615	2.557	0.98

표 3-10. 양양지역 굴참나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.640	2.183	0.94
Live branch	0.572	2.041	0.83
Bolebark	-0.820	2.900	0.92
Bolewood	-0.746	3.284	0.94
Total aboveground	0.715	2.561	0.97

본 연구에서 굴참나무림의 순생산량을 구한 결과는 표 3-11과 같다. 굴참나무림의 총 순생산량은 공주지역 7.81ton/ha, 포항 11.5ton/ha, 그리고 양양 6.40ton/ha으로 각각 총 생물현존량의 8.1%, 5.5%, 그리고 9.0%에 해당하였다. 본 연구에서 총 순생산량이 가장 많았던 포항지역에서 총 현존생물량에 대한 총 순생산량의 비율이 낮게 나타난 것은 다른 지역에 비해 연간생장율이 비교적 적을 것으로 판단되는 중, 대경목 들의 빈도가 포항지역에서 높았기 때문으로 사료된다.

표 3-11. 공주, 포항, 그리고 양양 지역 굴참나무 천연림 생태계의 순생산량.

Tree component	Gongju	%	Pohang	%	Yangyang	%
Foliage	2.10	26.9	2.47	21.5	2.13	33.3
Live branch	2.49	31.9	3.67	31.9	1.19	18.6
Stemwood	2.56	32.8	4.32	37.6	2.43	38.0
Stembark	0.66	8.4	1.04	9	0.65	10.1
Total aboveground	7.81	100.0	11.5	100.0	6.40	100.0

3. 토양의 이화학적 특성

토양시료는 3개 조사지역의 굴참나무림에서 가장 대표적인 입지를 선정하여 토양층위별로 단면조사를 실시한 후 토양층에 따라 시료를 채취하였으며 분석한 결과는 표 3-12, 13, 14와 같다. 채취된 토양은 자연 건조한 후 토양 중 유기물함량은 Walkely-Black wet oxidation법으로, pH는 토양과 증류수를 1 : 5로 하여 분석하였고, 총질소함량은 Kjeldahl법으로, 치환성 K와 Ca은 ICP를 이용하여 분석하였다.

표 3-12. 공주지역 굴참나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-14	SiC	Granular	4.30	0.20	7.12	0.43	2.09	13.0	5.02
B	14-75	LiC	Blocky	3.26	0.11	8.42	0.08	0.31	8.65	4.59
C	75+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-	-

표 3-13. 포항지역 굴참나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-4	SiC	Granular	4.27	0.20	9.72	0.15	0.72	11.5	4.58
B	4-33	SC	Blocky	1.48	0.11	1.89	0.09	0.24	8.96	4.86
C	33+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-	-

표 3-14. 양양지역 굴참나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-20	SiC	Granular	5.01	0.18	10.4	0.14	0.74	10.9	4.47
B	20-85	SiC	Blocky	1.24	0.06	3.24	0.11	0.39	6.18	4.69
C	85+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-	-

본 연구 조사지역에서의 토양의 이화학적 특성은 지역별로 큰 차이가 없는 것으로 나타나서 토양조건보다는 평균 연령이나 지역별 기후 등에 의한 특성 차이로 인한 결과로서 지상부 생체량에서 차이를 보이고 있는 것으로 사료된다.

4. 요약

가. 지상부 총 현존생물량은 충남 공주지역의 평균수령 41년생 굴참나무림에서 91.31ton/ha, 포항지역의 평균수령 45년생 굴참나무림에서 207.6ton/ha, 그리고 양양지역 평균수령 54년생 굴참나무림에서 71.39ton/ha으로 다른 지역에 비해 경상북도 포항지역에서 최소 2배 이상의 높은 지상부 현존생물량을 보였다. 굴참나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서, 공주 61.25ton/ha, 포항 140.0ton/ha, 그리고 양양 46.85ton/ha로 각각 총량 중 67.1%, 67.4%, 65.6%를 차지하였다.

나. 굴참나무림의 총 순생산량은 공주지역 7.81ton/ha, 포항 11.5ton/ha, 그리고 양양 6.40ton/ha으로 각각 총 생물현존량의 8.1%, 5.5%, 그리고 9.0%에 해당하였다.

다. 토양단면과 토양의 이화학적 특성은 조사지역간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

제3-2절 졸참나무 천연림의 물질현존량 분석

1. 조사지 개황 및 연구방법

본 연구는 전라남도 광양시 옥룡면 동곡리, 전라북도 무주군 설천면 기곡리, 그리고 경상북도 포항시 죽장면 상옥리에 위치하고 있는 졸참나무 천연림을 대상으로 실시되었다. 본 조사지의 기상조건은 포항지역은 연 평균기온 14.60℃, 연평균 강수량은 912.8mm, 무주지역은 연평균기온 12.00℃, 연평균 강수량은 1,300mm, 그리고 광양지역은 연평균기온 14.00℃, 연평균강수량 1,155mm 이었다.

본 연구 광양지역의 졸참나무 천연림 조사지의 해발고는 530m였으며 주로 북동사면에 분포하고 있었고 경사는 30°~ 35°였으며, 전라북도 무주지역 조사지의 해발고는 620m 였으며 북동사면에 분포하고 있었고 경사는 25°~ 35°였다. 포항지역 조사지의 해발고는 460m였으며 주로 북 또는 북동사면에 분포하고 있었고 경사는 25°~ 43°였다. 임령은 광양지역에서는 28~43년, 무주지역에서는 15~30년, 그리고 포항지역에서는 20~51년으로 평균 임령은 각각 34년, 25년, 그리고 37년이었다. 졸참나무림의 흉고직경은 광양지역에서는 6cm에서 34cm, 무주에서는 6cm에서 32cm, 포항에서는 6cm에서 32cm에 걸쳐서 분포하며, 평균수고는 각각 14.1m, 12.8m, 그리고 13.6m 이었다. 임목본수는 ha당 광양에서는 413본, 포항에서는 339본, 그리고 양양에서는 469본으로 조사되었다 (표 3-15, 16, 17).

표 3-15. 광양지역 졸참나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH (DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (6.3)	1	28	7.4	12
8 (8.0)	1	28	9.0	20
10	-	-	-	25
12 (11.5)	1	29	9.1	44
14 (14.3)	1	37	12.1	62
16	-	-	-	63
18 (17.0)	1	43	12.2	33
20 (20)	1	40	15.8	44
22	-	-	-	37
24 (24)	1	39	15.0	18
26	-	-	-	19
28 (28.2)	1	32	14.7	6
30	-	-	-	12
32	-	-	-	12
34 (34.3)	1	34	15.4	6
Total	9			413
Average		34.4	14.1	

표 3-16. 무주지역 졸참나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH(DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (6.3)	1	22	7.8	13
8	-	-	-	33
10 (9.6)	1	24	10.5	6
12(12)	1	15	11.0	38
14 (14)	1	28	14.5	52
16	-	-	-	73
18 (18)	1	25	12.6	38
20	-	-	-	30
22 (21)	1	30	14.0	6
24 (24)	1	27	-	20
26	-	-	12	12
28(28)	1	25	-	6
30	-	-	16.8	6
32(31)	1	30	-	6
			15.6	
Total	9			339
Average		25	12.8	

표 3-17. 포항지역 굴참나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH (DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (6.0)	1	25	8.0	26
8 (8.0)	1	20	8.0	49
10(10.0)	1	37	10.5	48
12 (12.5)	1	34	12.0	31
14	-	-	-	23
16(16)	1	41	14.7	54
18	-	-	-	29
20(19.6)	1	39	16.0	34
22	-	-	-	40
24(23)	1	38	17	42
26	-	-	-	21
28 (28.0)	1	45	18.2	36
30	-	-	-	12
32(32)	1	51	18.2	24
Total	9			469
Average		37	13.6	

본 연구의 굴참나무 임지 내에 서식하고 있는 식생은 광양지역에서는 굴참나무, 신갈나무, 고로쇠나무, 황벽나무, 까치박달, 층층나무, 당단풍, 오미자, 둥굴레 등이 분포하였으며, 무주 지역에서는 신갈나무, 굴참나무, 굴피나무, 쪽동백나무, 물푸레나무, 고로쇠나무, 생강나무, 층층나무, 광대싸리 등이 분포하였고, 포항지역에서는 신갈나무, 산벚나무, 물푸레나무, 쪽동백나무, 고로쇠나무, 팔배나무, 생강나무, 까치박달, 당단풍 등이 분포하였다.

2001년 7~8월에 토양 및 지상부에 대한 시료채취를 실시하였다. 지상부 현존생물량의 조사를 위해 최소 5개의 20m×20m의 조사구를 설치하여 매목조사를 실시한 후 조사된 흉고 직경의 범위내에서 정상적 형태를 갖는 굴참나무 9개의 표본목을 각 조사지역에서 선정하였다. 총 27본의 입목은 지상부 20cm 위치에서 별도 하였으며 수간부는 2m 간격으로 절단하고 저울을 사용하여 각 통나무의 생중량을 측정하였다. 건중량 추정을 위해 각 통나무에서 두께 약 10cm 정도의 원판표본을 분리 측정한 후 건중량 추정을 위해 실험실로 운반하였다. 가지, 잎, 그리고 죽은가지들도 분리, 포장하여 현장에서 측정된 후 표본시료를 실험실로

운반하여 dry oven에서 75~80℃로 항량에 도달될 때까지 건조시켰다.

순생산량을 추정하기 위해 수간목부의 순생산량은 최근 5년간의 재적성장량을 Smalian공식을 사용하여 구하고 이를 다시 5로 나누어 1년간 평균재적성장량을 구한 다음 전체재적에 대한 비율을 이용하여 건중량을 계산하였다. 수피부에 대한 순생산량은 수간목부의 연간 성장율을 적용 산정하였다. 잎은 채취된 것을 사용하였으며, 생지부는 단목별로 채취된 5개의 가지밑둥(branch trunk)에서 가지연령을 측정한 후 Whittaker 공식(Whittaker와 Marks, 1975)을 이용하여 추정하였다.

(Whittaker formula)

$$W=Bw / A$$

W: 생지의 1년간 성장량

w: 가지의 목질부와 수피의 건중량 (kg)

줄참나무 각 9주의 표본목에서 부위별로 분리 측정된 건중량에 공식 $Wt=aDb$ (Wt: 건중량(kg), D: DBH(cm), a: 상수, b: 지수)와 같은 모형의 회귀식을 이용하여 현존생물량과 순생산량 방정식을 유도하였다. 매목조사 결과 측정한 매목의 흉고직경을 유도된 공식에 대입하여 매목의 현존량과 순생산량을 구한 후 각각을 합산함으로써 현존생물량과 순생산량을 추정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 지상부 현존생물량

본 연구에서 지상부 현존생물량 및 연순생산량 추정식으로는 표본목의 흉고직경(D)을 독립변수로 하고 각 부위별 건중량 및 순생산량을 종속변수(Wt)로 하는 상대성장식, $Wt=aDb$ 를 적용하여 유도하였다. 본 연구에서 대수회귀식의 결정계수(R²)의 값은 지상부 총 현존생물량의 경우 세 개 조사지역의 줄참나무림 모두에서 0.99 이상으로 상관관계가 높았으며 지상부 총량의 62.7%(광양), 64.4%(무주), 그리고 61.3%(포항)를 차지하는 수간목부도 세 개 조사지역에서 0.98 이상으로 높은 상관관계를 나타냈다(표 3-18, 19). 세 개의 조사지역 중 포항지역의 죽은 가지에서의 결정계수 0.88를 제외하고, 생가지, 수피, 그리고 잎의 결정계수도 0.93 이상의 상관관계를 나타냈다.

표 3-18. 광양지역 졸참나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	-0.362	3.048	0.98
Live branch	0.009	3.438	0.98
Dead branch	0.421	2.249	0.95
Bolebark	1.459	2.104	0.99
Bolewood	1.959	2.315	0.99
Total aboveground	1.904	2.519	0.99

표 3-19. 무주지역 졸참나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.909	2.212	0.95
Live branch	0.725	2.934	0.93
Dead branch	0.742	1.949	0.96
Bolebark	1.919	1.760	0.96
Bolewood	2.123	2.169	0.98
Total aboveground	2.300	2.257	0.99

표 3-20. 포항지역 졸참나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.008	2.659	0.97
Live branch	0.319	3.227	0.97
Dead branch	-0.875	3.725	0.88
Bolebark	1.492	2.161	0.99
Bolewood	1.783	2.521	0.99
Total aboveground	1.869	2.602	0.99

지상부 총 현존생물량은 광양지역의 평균수령 34년생 졸참나무림에서 56.07ton/ha, 무주지역의 평균수령 25년생 졸참나무림에서 44.0ton/ha, 그리고 포항지역의 평균수령 37년생 졸참나무림에서 86.32ton/ha으로 포항지역에서 가장 높은 지상부 현존생물량을 보였다(표 3-21). 본 연구 세 개 조사지역의 졸참나무림 지상부현존량은 박인협과 문광선(1994)의 전남 모후산지역의 평균 26~29년생 졸참나무림의 115.3ton/ha보다 훨씬 적은 값을 보였다. 본 연구에서 훨씬 적은 값을 보인 것은 우선적으로는 ha당 수목의 본수가 모후산지역(1120 본)에 비해 본 연구지역에서 훨씬 적게 나타났기 때문으로 사료된다. 박인협과 김갑덕(1986)이 보고한 백운산 지역에서의 16.2ton/ha보다는 많은 것으로 나타났다. 본 연구 지역에서의 현존생물량은 무주지역과 연령이 비슷하고 다른 지역보다는 연령이 적은 전남 모후산(박인협과 문광선, 1994; 26~29년생) 지역에서의 상수리나무림 164.0ton/ha, 굴참나무림 158.9ton/ha, 신갈나무림 118.8ton/ha보다 적은 것으로 나타났다. 또한, 본 연구 지역에서의 생물현존량은 온대지방 참나무속의 평균치(Ovington, 1965)인 174.6ton/ha 보다 훨씬 낮은 값을 보여주고 있다. 포항 지역에서의 평균 수령 37년생 86.32ton/ha는 연령이 비슷한 강원도 홍천 지역에서의 37년생 신갈나무림(이수욱과 박관화, 1986)에서의 83.36ton/ha과 충남 공주지역의 평균 수령 41년생 굴참나무림(박관수와 이승우, 2001)의 91.30ton/ha과 비슷한 생물현존량을 보이고 있다.

표 3-21. 광양, 무주, 포항지역 졸참나무 천연림 생태계의 물질현존량.

Tree component	Kwang yang	%	Muju	%	Pohang	%
Foliage	1.61	4.1	1.53	3.6	1.43	1.6
Live branch	12.92	23.0	8.83	21.0	18.05	20.4
Dead branch	0.81	1.5	0.48	1.1	5.71	6.5
Stemwood	35.14	62.7	27.03	64.4	54.17	61.3
Stembark	5.59	8.7	4.13	9.9	8.96	10.2
Total aboveground	56.07	100.0	42.00	100.0	88.32	100.0

졸참나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서, 광양 35.14ton/ha, 무주 27.03ton/ha, 그리고 포항 53.17ton/ha로 각각 총량 중 62.7%, 64.4%, 61.3%를 차지하였는데(표 3-21), 박인협과 문광선(1994)이 보고한 57.5%보다 약간 높게 나타났다. 생지부는 광양 12.92ton/ha(23.0%), 무주 8.83ton/ha(21.0), 그리고 포항

18.05ton/ha(20.4)으로 박인협과 문광선(1994)이 보고한 비율(24.6)보다 약간 낮게 나타났다. 수피는 양양 5.59ton/ha(8.7%), 무주 4.13ton/ha(9.9%), 그리고 포항 8.96ton/ha(10.2%)이었고, 죽은가지는 광양 0.81ton/ha(1.5%), 무주 0.48ton/ha(1.1%), 그리고 포항5.71ton/ha(6.5%)로 나타났다. 잎은 광양 1.61ton/ha(4.1%), 무주 1.53ton/ha(3.6%), 그리고 포항 1.43ton/ha(1.6%)로 세 개 조사지역이 유사하게 나타났다.

임목의 부위별 순생산량을 측정할 값에 공식 $Wt=aDb$ (Wt : 건중량, D : DBH, a : 상수, b : 지수)를 이용하여 구한 회귀식은 표 3-22, 23, 그리고 24와 같다. 졸참나무림의 총 순생산량의 결정계수는 세 조사지역 모두 0.98이상으로 높은 상관관계를 나타냈으며, 부위별 결정계수도 세 조사지역 모두에서 0.93 이상의 상관계수를 나타냈다.

표 3-22. 광양지역 졸참나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	-0.362	3.048	0.98
Live branch	-0.168	3.024	0.97
Bolebark	0.073	2.216	0.98
Bolewood	0.499	2.475	0.99
Total aboveground	0.603	2.776	0.99

표 3-23. 무주지역 졸참나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.909	2.213	0.95
Live branch	0.704	2.574	0.98
Bolebark	0.846	1.724	0.93
Bolewood	1.103	2.136	0.98
Total aboveground	1.440	2.297	0.99

표 3-24. 포항지역 졸참나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.008	2.659	0.97
Live branch	-0.014	2.818	0.95
Bolebark	-0.113	2.463	0.98
Bolewood	0.193	2.795	0.98
Total aboveground	0.623	2.745	0.98

나. 순생산량

본 연구에서 졸참나무림의 순생산량을 구한 결과는 표 3-25와 같다. 졸참나무림의 총 순생산량은 광양지역 6.18ton/ha, 무주 6.53ton/ha, 그리고 양양 7.66ton/ha으로 각각 총 생물현존량의 11%, 14.8%, 그리고 8.9%에 해당하였다. 본 연구에서 총 현존생물량에 대한 총 순생산량의 비율은 평균 연령이 낮은 순으로 높게 나타났다.

표 3-25. 광양, 무주, 포항 지역 졸참나무 천연림 생태계의 순생산량.

Tree component	Kwangyang	%	Muju	%	Pohang	%
Foliage	1.61	26.1	1.53	23.4	1.43	18.7
Live branch	2.27	36.7	2.77	42.4	2.27	29.6
Stemwood	1.97	31.9	1.92	29.4	3.38	44.1
Stembark	0.33	5.3	0.31	4.8	0.58	7.6
Total aboveground	6.18	100.0	6.53	100.0	7.66	100.0

본 연구 세 개 조사지역에서의 총 순생산량은 전남 모후산 지역의 순생산량 12.9ton/ha (박인협과 문광선, 1994) 보다 적게 나타났으며, 그 이유는 우선적으로는 ha당 임목본수와 평균연령의 차이 때문으로 사료된다. 그리고 박인협과 문광선(1994)이 보고한 전남 모후산지역에서의 26-29년생 상수리나무림 25.0t/ha, 굴참나무림 23.2ton/ha 그리고 신갈나무림 12.6ton/ha 보다도 매우 적게 나타났다. 임업연구원 자료(주린원, 1995)에 의하면 우리나라 참나무 임분의 순생산량은 9.24ton/ha으로 본 연구의 모든 지역에서 낮게 나타났다.

순생산량의 부위별 구성비는 광양과 무주지역의 경우, 생지부가 36.7, 42.4%로 가장 높았으며, 다음이 수간목부로 31.9%, 29.4%, 잎이 26.1%, 23.4%, 그리고 수피가 각각 5.3%,

4.89%로 가장 낮았다. 다른 지역과 달리 포항지역에서는 수간목부, 생지부, 잎, 그리고 수피의 순이었다. 본 연구의 광양과 무주에서의 순생산량의 부위별 구성비에 대한 결과는 박인협과 문광선(1994)의 졸참나무림의 부위별 구성비에 대한 보고와 다르게 나타났다.

3. 토양의 이화학적 특성

토양시료는 3개 조사지역의 졸참나무림에서 가장 대표적인 입지를 선정하여 토양층위별로 단면조사를 실시한 후 토양층위에 따라 시료를 채취하였으며 분석한 결과는 표 3-26, 27, 28과 같다. 채취된 토양은 자연 건조한 후 토양 중 유기물함량은 Walkely-Black wet oxidation법으로, pH는 토양과 증류수를 1 : 5로 하여 분석하였고, 총질소함량은 Kjeldahl법으로, 치환성 K와 Ca은 ICP를 이용하여 분석하였다.

표 3-26. 광양지역 졸참나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	pH (1:5)
O	2	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0~50	SC	Granular	15.5	0.46	40.2	0.19	0.19	4.30
C	50+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-

표 3-27. 포항지역 졸참나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	pH (1:5)
O	0	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0~13	L	Granular	6.80	0.24	35.8	0.25	0.38	5.20
B	13~50	SL	Blocky	3.44	0.13	30.2	0.17	0.24	5.35
C	50+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-

표 3-28. 무주지역 졸참나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	pH (1:5)
O	1	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-10	L	Granular	5.43	0.25	44.2	0.71	0.92	5.25
B	10-50	L	Blocky	1.12	0.14	28.1	0.18	0.28	5.27
C	50+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-

포항과 무주지역에 비해 광양지역의 유기물과 질소함량이 매우 높게 나타났으며, 토양이 매우 잘 발달되어 있었다.

4. 요약

가. 지상부 총 현존생물량은 전라남도 광양지역의 평균수령 34년생 졸참나무림에서 56ton/ha, 전라북도 무주지역의 평균수령 25년생 졸참나무림에서 44ton/ha, 그리고 포항 지역 37년생 졸참나무림에서 86ton/ha으로 나타났다. 졸참나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서, 광양 35.14ton/ha, 무주 27.03ton/ha, 그리고 포항 53.17ton/ha로 각각 총량 중 62.7%, 64.4%, 61.3%를 차지하였다. 부위별 구성비는 모든 조사지역에서 수간목부, 생지부, 수피 그리고 잎의 순으로 높았다.

나. 총 연순생산량은 광양지역 6.18ton/ha, 무주 6.53ton/ha, 그리고 포항 7.66ton/ha으로 각각 총 생물현존량의 11%, 14.8%, 그리고 8.9%에 해당하였다.

다. 토양단면과 토양의 화학적 특성은 무주와 포항지역은 유사한 특성을 보인 반면, 다른 두 지역에 비해 광양 지역은 토양 유기물과 질소 함량 등이 높게 나타났다.

제3-3절 신갈나무 천연림의 물질현존량 분석

1. 조사지 개황 및 연구방법

본 연구는 전라남도 광양시 옥룡면 동곡리, 강원도 평창군, 그리고 충청북도 영동군 상촌면 흥덕리에 위치하고 있는 신갈나무 천연림을 대상으로 실시되었다. 본 조사지의 2002년 기상조건은 광양지역은 연 평균기온 10.2℃, 연평균 강수량은 728.8mm, 평창지역은 연평균기온 12.0℃, 연평균 강수량은 1,300mm, 그리고 영동지역은 연평균기온 11.8℃, 연평균강수량 1459.7mm 이었다.

본 연구의 광양지역 신갈나무 천연림 조사지의 해발고는 940m 정도이며, 주로 남서사면에 분포하고 있었고 경사는 20°~ 30°였으며, 강원도 평창지역 조사지의 해발고는 1140m 정도였으며 북동사면에 분포하고 있었고, 경사는 21°~ 30°였다. 충청북도 영동지역 조사지의 해발고는 790m였으며 북 또는 북동사면에 분포하고 있었고 경사는 30°~ 35°였다. 임령은 광양지역에서는 20~66년, 평창지역에서는 47~67년, 그리고 영동지역에서는 15~67년으로 평균임령은 각각 42년, 52년, 그리고 36년이였다. 신갈나무림의 흉고직경은 전남 광양지역에서는 6cm에서 34cm, 평창에서는 6cm에서 36cm, 영동에서는 6cm에서 34cm에 걸쳐서 분포하며, 평균수고는 각각 10.7m, 12.6m, 그리고 9.8m 이었다. 임목본수는 ha당 광양에서는 450본, 평창에서는 660본, 그리고 양양에서는 672본으로 조사되었다 (표 3-29, 30, 31).

표 3-29. 광양지역 신갈나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH (DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (5.7)	1	20	6.0	25
8 (8.2)	1	25	9.0	15
10	-	-	-	55
12 (11.2)	1	53	9.5	40
14 (14.6)	1	26	9.2	30
16	-	-	-	10
18 (18.0)	1	33	11.0	55
20	-	-	-	15
22(22)	1	35	11.5	50
24	-	-	-	20
26(26)	1	59	11.8	25
28	-	-	-	30
30(29)	1	66	13.2	35
32	-	-	-	20
34 (34.5)	1	58	15.5	25
Total	9			450
Average		41.7	10.7	

표 3-30. 평창지역 신갈나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH(DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (6.3)	1	47	6.0	15
8(8.5)	1	54	7.6	15
10	-	-	-	10
12(12)	1	50	10.6	15
14	-	-	-	55
16(15)	1	48	13.6	25
18 (18)	1	47	13.3	45
20	-	-	-	55
22	-	-	-	70
24 (23)	1	46	14.7	80
26	-	-	-	65
28(28.6)	1	48	15.0	75
30	-	-	-	30
32(32.3)	1	64	16.0	10
34	-	-	-	45
36(35.5)	1	67	17.0	50
Total	9			660
Average		52.3	12.6	

표 3-31. 영동지역 신갈나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH (DBH of sample trees)	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6 (6.0)	1	15	4.3	49
8 (8.5)	1	27	8.0	38
10	-	-	-	20
12 (12.2)	1	24	8.6	25
14	-	-	-	87
16(15)	1	30	10.2	74
18(17.5)	1	30	9.6	49
20	-	-	-	55
22(22)	1	29	9.1	30
24	-	-	-	25
26(26)	1	54	13.0	49
28	-	-	-	68
30	1	48	14	20
32	-	-	-	64
34(33)	1	67	11.0	19
Total	9			672
Average		36	9.8	

본 연구의 졸참나무 임지 내에 서식하고 있는 식생은 광양지역에서는 생강나무, 서어나무, 물푸레나무, 다릅나무, 쪽동백나무, 산뽕나무, 생강나무 등이 분포하였으며, 평창지역에서는 고로쇠나무, 당단풍, 피나무, 음나무, 복장나무, 물개암나무, 철쭉꽃, 마가목, 거제수나무 등이 분포하였고, 영동지역에서는 찰피나무, 산뽕나무, 쪽동백나무, 고평나무, 병꽃나무, 개암나무, 조록싸리, 층층나무 등이 분포하였다.

2002년 7~8월에 토양 및 지상부에 대한 시료채취를 실시하였다. 지상부 현존생물량의 조사를 위해 최소 5개의 20m×20m의 조사구를 설치하여 매목조사를 실시한 후 조사된 흉고 직경의 범위내에서 정상적 형태를 갖는 신갈나무 9개의 표본목을 각 조사지역에서 선정하였다. 27본의 입목은 지상부 20cm 위치에서 별도 하였으며 수간부는 2m간격으로 절단하고 저울을 사용하여 각 통나무의 생중량을 측정하였다. 건중량 추정을 위해 각 통나무에서 두께 약 10cm정도의 원판표본을 분리 측정한 후 건중량 추정을 위해 실험실로 운반하였다. 가지, 잎, 그리고 죽은 가지들도 분리, 포장하여 현장에서 측정한 후 표본시료를 실험실로 운반하여 dry oven에서 75~80°C로 함량에 도달될 때까지 건조시켰다.

순생산량을 추정하기 위해 수간목부의 순생산량은 최근 5년간의 재적성장량을 Smalian공식을 사용하여 구하고 이를 다시 5로 나누어 1년간 평균 재적성장량을 구한 다음 전체 재적

에 대한 비율을 이용하여 건중량을 계산하였다. 수피부에 대한 순생산량은 수간목부의 연간 성장율을 적용 산정하였다. 잎은 채취된 것을 사용하였으며, 생지부는 단목별로 채취된 5개의 가지밑둥(branch trunk)에서 가지연령을 측정된 후 Whittaker 공식(Whittaker와 Marks, 1975)을 이용하여 추정하였다.

(Whittaker formula)

$$W=Bw / A$$

W: 생지의 1년간 성장량

w: 가지의 목질부와 수피의 건중량 (kg)

A: 가지연령 (branch age)

B: 가지연령에 대한 가지 건중량의 대수 회귀방정식에서 얻은 상수(slope constant)

신갈나무 각 9주의 표본목에서 부위별로 분리 측정된 건중량에 공식 $W_t=aD^b$ (W_t : 건중량(kg), D : DBH(cm), a : 상수, b : 지수)와 같은 모형의 회귀식을 이용하여 현존생물량과 순생산량 방정식을 유도하였다. 매목조사 결과 측정된 매목의 흉고직경을 유도된 공식에 대입하여 매목의 현존량과 순생산량을 구한 후 각각을 합산함으로써 현존생물량과 순생산량을 추정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 지상부 현존생물량

본 연구에서 지상부 현존생물량 및 연순생산량 추정식으로는 표본목의 흉고직경(D)을 독립변수로 하고 각 부위별 건중량 및 순생산량을 종속변수(W_t)로 하는 상대성장식, $W_t=aD^b$ 를 적용하여 유도하였다. 본 연구에서 대수회귀식의 결정계수(R^2)의 값은 지상부 총 현존생물량의 경우 세 개 조사지역의 신갈나무림 모두에서 0.98 이상으로 상관관계가 높았으며 지상부 총량의 58.9%(광양), 64.4%(평창), 그리고 57.3%(영동)를 차지하는 수간목부도 세 개 조사지역에서 0.96이상으로 높은 상관관계를 나타냈다(표 3-32, 33, 34). 세개의 조사지역 중 광양과 평창지역의 죽은 가지에서의 결정계수 0.77과 0.82를 제외하고, 생가지, 수피, 그리고 잎의 결정계수도 0.90 이상의 상관관계를 나타냈다.

표 3-32. 광양지역 신갈나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R^2)
Foliage	0.274	2.530	0.97
Live branch	0.414	3.069	0.95
Dead branch	1.321	1.215	0.77
Bolebark	1.356	2.047	0.99
Bolewood	1.838	2.297	0.99
Total aboveground	1.909	2.410	0.98

표 3-33. 평창지역 신갈나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R^2)
Foliage	0.945	1.988	0.94
Live branch	0.086	3.193	0.98
Dead branch	-0.377	2.859	0.82
Bolebark	0.935	2.433	0.99
Bolewood	1.701	2.500	0.99
Total aboveground	1.745	2.587	0.99

표 3-34. 영동지역 신갈나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R^2)
Foliage	0.876	2.176	0.90
Live branch	0.605	3.063	0.97
Dead branch	0.337	1.971	0.90
Bolebark	1.498	1.922	0.94
Bolewood	1.726	2.389	0.96
Total aboveground	1.865	2.486	0.98

지상부 총 현존생물량은 광양지역의 평균수령 42년생 신갈나무림에서 62.35ton/ha, 평창지역의 평균수령 52년생 졸참나무림에서 156.0ton/ha, 그리고 영동지역의 평균수령 36년생 신갈나무림에서 110.3ton/ha으로 강원도 평창지역에서 가장 높은 지상부 현존생물량을 보였다(표 3-35). 본 연구의 광양지역 신갈나무림에서의 지상부현존량은 박인협과 문광선(1994)의 전남 모후산지역의 평균 36년생 신갈나무림의 97.8ton/ha보다 훨씬 적은 값을 보였다. 본 연구에서 훨씬 적은 값을 보인 것은 우선적으로는 ha당 수목의 본수가 모후산지역(1040개)에 비해 본 연구지에서 훨씬 적게 나타났기 때문으로 사료된다. 박인협과 김갑덕(1986)이 보고한 백운산 지역에서의 16.2ton/ha보다는 많은 것으로 나타났다. 본 연구 영동지역에서의 현존생물량은 67년생 충주지역에서의 신갈나무림 130.6ton/ha보다 적은 것으로 나타났으며(송철영과 이수욱, 1996), 우선적으로는 연령이 낮고 ha당 수목의 본수가 본 연구지역에서 적게 나타났기 때문으로 사료된다. 강원도 평창지역에서의 지상부 현존생물량은 149.34ton/ha로 이수욱과 박관화(1986)의 강원도 홍천지역의 평균임령 36년생 신갈나무림의 83.36ton/ha보다 많은 것으로 나타났다. 본 연구 지역에서의 생물현존량은 온대지방 참나무속의 평균치(Ovington, 1965)인 174.6ton/ha 보다 훨씬 낮은 값을 보여주고 있다.

표 3-35. 광양, 평창, 영동지역 신갈나무 천연림 생태계의 물질현존량.

Tree component	Kwang -yang	%	Pyung -chang	%	Young -dong	%
Foliage	2.08	3.3	3.40	3.6	4.11	3.7
Live branch	16.79	26.9	25.29	21.0	38.50	34.9
Dead branch	0.36	0.6	3.10	1.1	2.99	2.7
Stemwood	36.73	58.9	103.0	64.4	57.26	51.9
Stembark	6.39	10.3	14.55	9.9	7.46	6.8
Total aboveground	62.35	100.0	156.00	100.0	110.3	100.0

신갈나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서, 광양 36.73ton/ha, 평창 103.0ton/ha, 그리고 영동 57.26ton/ha로 각각 총량 중 58.9%, 64.4%, 51.9%를 차지하였는데(표 3-36), 박인협과 문광선(1994)이 보고한 58.0%보다 비슷하거나 높거나 낮게 나타났다. 영동지역에서 낮은 비율을 보인 것은 가지부분의 높은 비율 때문이다. 생지부는 광양 16.79ton/ha(26.9%), 평창 25.29ton/ha(21.0%), 그리고 영동 38.50ton/ha(34.9%)으로 박인협과 문광선(1994)이 보고한 비율(23.6%)보다 유사하거나 높게

나타났으며 지역별로 큰 차이를 보이고 있다. 수피는 광양 6.39ton/ha(10.3%), 평창 14.55ton/ha(9.9%), 그리고 영동 7.46ton/ha(6.8%)이었고, 죽은 가지는 광양 0.36ton/ha(0.6%), 무주 3.10ton/ha(1.1%), 그리고 영동 2.99ton/ha(2.7%)로 나타났다. 잎은 광양 2.08ton/ha(3.3%), 평창 3.40ton/ha(3.6%), 그리고 영동 4.11ton/ha(3.7%)로 전체량에 대한 비율은 세 조사지역이 유사하게 나타났다.

나. 순생산량

임목의 부위별 순생산량을 측정할 값에 공식 $Wt=aD^b$ (Wt : 건중량, D : DBH, a : 상수, b : 지수)를 이용하여 구한 회귀식은 표 3-36, 37, 38과 같다. 신갈나무림의 총 순생산량의 결정계수는 세 지역 모두 0.95이상으로 상관관계를 나타냈으며, 부위별 결정계수도 세 조사지역 모두에서 0.90 이상의 상관계수를 나타냈다.

표 3-36. 광양지역 신갈나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R^2)
Foliage	0.274	2.530	0.97
Live branch	0.068	2.711	0.96
Bolebark	0.178	1.852	0.90
Bolewood	0.593	2.124	0.93
Total aboveground	0.655	2.575	0.96

표 3-37. 평창지역 신갈나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R^2)
Foliage	0.945	1.988	0.94
Live branch	-0.513	2.999	0.99
Bolebark	-0.398	2.310	0.98
Bolewood	0.419	2.326	0.98
Total aboveground	0.912	2.353	0.99

표 3-38. 영동지역 신갈나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.876	2.176	0.90
Live branch	0.694	2.270	0.93
Bolebark	0.611	1.681	0.98
Bolewood	0.893	2.098	0.98
Total aboveground	1.383	2.137	0.95

본 연구에서 신갈나무림의 순생산량을 구한 결과는 표 3-38과 같다. 신갈나무림의 총 순생산량은 광양지역 5.79ton/ha, 평창 10.31ton/ha, 그리고 영동 11.36ton/ha으로 각각 총 생물 현존량의 9.3%, 6.9%, 그리고 10.5%에 해당하였다. 본 연구에서 총 현존생물량에 대한 총 순생산량의 비율은 평균 연령이 낮은 순으로 높게 나타났다.

표 3-39. 광양, 평창, 그리고 영동 지역 신갈나무 천연림 생태계의 순생산량.

Tree component	Kwangyang	%	Pyung -chang	%	Youngdong	%
Foliage	2.08	35.9	3.41	33.1	4.11	36.2
Live branch	2.36	40.8	3.36	32.6	3.54	31.2
Stemwood	1.16	20.0	3.10	30.0	3.26	28.7
Stembark	0.19	3.3	0.44	4.3	0.45	3.9
Total aboveground	5.79	100.0	10.31	100.0	11.36	100.0

본 연구 세계 조사지역에서의 총 순생산량은 영동지역을 제외하고 전남 모후산 지역 신갈나무림의 순생산량 11.1ton/ha(박인협과 문광선, 1994) 보다 적게 나타났으며, 그 이유는 우선적으로는 ha당 임목본수와 평균연령의 차이 때문으로 사료된다. 그리고 박인협과 문광선(1994)이 보고한 전남 모후산지역에서의 26~29년생 상수리나무림 25.0t/ha, 굴참나무림 23.2ton/ha 그리고 신갈나무림 12.6ton/ha 보다도 적게 나타났다. 임업연구원 자료(주린원, 1995)에 의하면 우리나라 참나무 임분의 순생산량은 9.24ton/ha으로 본 연구의 조사지역과 유사, 높거나 낮게 나타났다.

순생산량의 부위별 구성비는 광양지역의 경우, 생지부가 40.8%로 가장 높았으며, 다음이

잎 35.9%, 수간목부 20.0%, 그리고 수피가 3.3%로 가장 낮았다. 평창과 영동 지역에서는 잎, 생지부, 수간목부, 그리고 수피의 순 이었다. 본 연구의 광양지역에서의 순생산량의 부위별 구성비에 대한 결과는 박인협과 문광선(1994)의 신갈나무림의 부위별 구성비에 대한 보고와 다르게 나타났다.

3. 토양의 이화학적 특성

토양시료는 3개 조사지역의 신갈나무림에서 가장 대표적인 입지를 선정하여 토양층위별로 단면조사를 실시한 후 토양층에 따라 시료를 채취하였으며 분석한 결과는 표 3-40, 41, 42와 같다. 채취된 토양은 자연 건조한 후 토양 중 유기물함량은 Walkely-Black wet oxidation법으로, pH는 토양과 증류수를 1 : 5로 하여 분석하였고, 총질소함량은 Kjeldahl법으로, 치환성 K와 Ca은 ICP를 이용하여 분석하였다.

표 3-40. 광양지역 신갈나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-9	SC	Granular	5.70	0.21	43	0.15	0.17	9.33	5.20
B	9-30	SC	Structureless	4.38	0.13	35	0.17	0.13	8.77	4.99
C	30+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

표 3-41. 평창지역 신갈나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (mg/kg)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-30	CL	Granular	8.27	0.35	40	0.20	0.50	8.98	5.11
B	30-85	CL	Blocky	6.35	0.28	63	0.10	0.90	9.00	4.98
C	85+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-	-

표 3-42. 영동지역 신갈나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성 .

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N(%)	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-10	S	Granular	5.04	0.23	38	0.20	0.10	9.24	5.07
B	10-50	S	Blocky	5.16	0.23	18	0.40	0.30	9.13	5.12
C	50+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-	-

본 연구 세 조사지역에서의 토양의 이화학적 특성은 각 조사지간에 약간의 차이는 있으나, 생육에 큰 차이를 보일 만큼의 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

4. 요약

- 가. 지상부 총 현존생물량은 전라남도 광양지역의 평균수령 42년생 신갈나무림에서 62.35ton/ha, 영동지역의 평균수령 36년생 신갈나무림에서 110.3ton/ha, 그리고 평창지역 52년생 신갈나무림에서 156.0ton/ha으로 나타났다. 신갈나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서, 광양 36.7ton/ha, 영동 57.3ton/ha, 그리고 평창 103.0ton/ha로 각각 총량 중 58.9%, 51.9%, 64.4%를 차지하였다. 부위별 구성비는 모든 조사지역에서 수간목부, 생지부, 수피 그리고 잎의 순으로 높았다.
- 나. 총 연순생산량은 광양지역 5.79ton/ha, 영동 11.36ton/ha, 그리고 평창 10.31ton/ha으로 나타났다.
- 다. 토양단면과 토양의 화학적 특성은 영동와 광양지역에서 유사한 특성을 보인 반면, 다른 두 지역에 비해 평창 지역에서의 토양의 유기물과 질소 함량 등이 높게 나타났다.

제3-4절 상수리나무 천연림의 물질현존량 분석

1. 조사지 개황 및 연구방법

본 연구는 경상북도 포항시 죽장면 가사리에 위치하고 있는 상수리나무 천연림을 대상으로 실시되었다. 본 연구 지역의 천연림은 해발고 560m에 분포하며 주로 남동사면에 분포하고 있었다. 임령은 19~47년으로 평균임령은 37년이었다. 흉고직경은 6cm에서 34cm에 걸쳐서 분포하며, 평균수고는 14.1m였다. 임목본수는 ha당 519본으로 조사되었다(표 3-43).

표 3-43. 포항지역 상수리나무 천연림 생태계의 조사지 식생 현황.

DBH	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6(6.0)	1	19	7.9	10
8(8.0)	1	25	8.2	14
10	1			34
12(11.2)	1	34	12.0	32
14(13.5)	1	41	12.5	24
16(16.0)	1	35	15.0	68
18(18.0)	1	44	16.0	51
20				54
22(21.0)	1	46	15.0	67
24				47
26(25.0)	1	38	16.8	38
28				16
30(29.0)	1	44	17.0	8
32				32
34(34.0)	1	47	21.0	24
Total	10			519
Average		37.3	14.1	

본 연구를 수행한 상수리나무 임지내에 서식하는 식생으로서는 굴참나무, 소나무, 떡갈나무, 산벚나무, 물푸레나무, 개울나무, 쪽동백나무, 고로쇠나무, 느릅나무 등이 분포하였다.

2001년 8월에 토양 및 지상부에 대한 시료채취를 실시하였다. 지상부 현존생물량의 조사를 위해 20m×20m의 조사구를 설치하여 매목조사를 실시한 후 조사된 흉고직경의 범위내

에서 정상적인 형태를 갖는 상수리나무 10개의 표본목을 선정하였다. 선정된 10본의 입목은 지상부 20cm 위치에서 벌도 하였으며 수간부는 2m 간격으로 절단하고 저울을 사용하여 각 통나무의 생중량을 측정하였다. 건중량 추정을 위하여 각 통나무에서 두께 약 10cm 정도의 원판표본을 분리 측정된 후 건중량 추정을 위해 실험실로 운반하였다. 가지, 잎, 그리고 죽은 가지들도 분리, 포장하여 현장에서 측정된 후 표본시료를 실험실로 운반하여 dry oven에서 75-80℃로 항량에 도달될 때까지 건조시켰다.

순생산량을 추정하기 위해 수간목부의 순생산량은 최근 5년간의 재적생장량을 Smalian공식을 사용하여 구하고 이를 다시 5로 나누어 1년간 평균 재적생장량을 구한 다음 전체 재적에 대한 비율을 이용하여 건중량을 계산하였다. 수피부에 대한 순생산량은 수간목부의 연간 성장율을 적용 산정하였다. 잎은 채취된 것을 사용하였으며, 생지부는 단목별로 채취된 5개의 가지 밑둥(branch trunk)에서 가지 연령을 측정된 후 Whittaker 공식(Whittaker and Marks, 1975)을 이용하여 추정하였다.

(Whittaker formula)

$$W=Bw / A$$

W: 생지의 1년간 성장량

w: 가지의 목질부와 수피의 건중량(kg)

A: 가지연령(branch age)

B: 가지연령에 대한 가지 건중량의 대수 회귀방정식에서 얻은 상수(slope constant)

상수리나무 10주의 표본목에서 부위별로 분리 측정된 건중량에 공식 $Wt=aDb$ [Wt : 건중량(kg), D : DBH(cm), a : 상수, b : 지수] 와 같은 모형의 회귀식을 이용하여 현존생물량과 순생산량 방정식을 유도하였다. 매목조사 결과 측정된 매목의 흉고직경을 유도된 공식에 대입하여 매목의 현존량과 순생산량을 구한 후 각각을 합산함으로써 두 수종의 현존생물량과 순생산량을 추정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 지상부 현존생물량

본 연구에서 지상부 현존생물량 추정식으로는 표본목의 흉고직경(D)을 독립변수로 하고 각 부위별 건중량 및 순생산량을 종속변수(Wt)로 하는 상대성장식, $Wt=aDb$ 를 적용하여 유도하였다. 본 연구에서 대수회귀식의 결정계수(R²)의 값은 지상부 총 현존생물량의 경우 0.99로 상관관계가 높았으며, 지상부 총량의 63.9%를 차지하는 수간목부도 0.99로 높은 상관관계를 나타냈다(표 3-44). 생가지, 수피, 죽은가지, 그리고 잎의 결정계수도 최저 0.90 이상의 상관관계를 나타냈다.

표 3-44. 포항지역 상수리나무 천연림 생태계의 지상부 바이오매스 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.203	2.411	0.94
Live branch	-0.053	3.459	0.97
Dead branch	-0.274	2.714	0.90
Bolebark	1.550	2.207	0.98
Bolewood	1.818	2.490	0.99
Total aboveground	1.886	2.586	0.99

지상부 총 현존생물량은 115.47ton/ha으로 나타났다(표 3-45). 본 연구의 포항지역 평균수령 37년생 상수리나무림에서의 115.47ton/ha은 박인협과 문광선(1994)의 전남지역 평균 26-29년생 상수리나무림의 140.1ton/ha 보다 적은 값을 보이고 있으며, 수령이 비슷한 충주 지역의 평균수령 40년생 굴참나무림의 115.0ton/ha(박관수, 1999)과 유사한 값을 보이고 있다. 또한, 조사지역이 비슷한 포항에서의 54년생 굴참나무림의 207.0ton/ha보다는 훨씬 적은 값을 보이고 있으며(박관수와 이승우, 2001), 평균 연령이 유사한 포항지역의 37년생 졸참나무림 86ton/ha 보다는 높게 나타났다. 본 연구지역에서의 총현존생물량은 Ovington(1962)에 의한 소련에서의 *Quercus*속 42년생 169.8ton/ha 보다 적은 값을 보이고 있다.

표 3-45. 포항지역 상수리나무 천연림 생태계의 물질현존량.

Tree component	Pohang	%
Foliage	1.37	1.2
Live branch	22.91	19.8
Dead branch	1.21	1.1
Bolewood	73.76	63.9
Bolebark	16.22	14.0
Total aboveground	115.47	100.0

상수리나무림의 지상부 총 현존생물량 중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서 총량 중 63.9%를 차지하였는데(표 3-45), 박인협과 문광선(1994)의 상수리나무림에서의 58.4%보다 약간 높게 나타났다. 생지부는 19.8%로 박인협과 문광선(1994)의 22.6%보다 낮게 나타났다. 수피는 16.22ton/ha(14.0%)이었고, 죽은가지는 1.21ton/ha(1.1%)로 나타났다. 잎은 1.37ton/ha로(1.2%)로 박인협과 문광선(1994)이 보고한 비율 6.2%보다 훨씬 적게 나타났다.

나. 순생산량

임목의 부위별 순생산량을 측정된 값에 공식 $Wt=aDb$ (Wt : 건중량, D : DBH, a : 상수, b : 지수)를 이용하여 구한 회귀식은 표 3-46와 같다. 상수리나무림의 총 순생산량의 결정계수는 0.96으로 비교적 높은 상관관계를 나타냈으며, 다른 부위의 결정계수도 모두 0.91 이상의 상관계수를 나타냈다. 생지부에서의 약간 낮은 결정계수 0.91은 생지부에서 다년간의 축적량에 비하여 짧은 기간의 생산량(NPP)에 변이폭이 크기 때문으로 사료된다(이수욱과 박관화, 1986).

표 3-46. 포항지역 상수리나무 천연림 생태계의 순생산량 추정식.

Tree component	a	b	Coefficient of determination(R ²)
Foliage	0.202	2.411	0.94
Live branch	0.702	2.144	0.91
Bolebark	0.573	1.811	0.97
Bolewood	0.824	2.106	0.96
Total aboveground	1.223	2.132	0.96

본 연구에서 상수리나무림의 순생산량을 구한 결과는 표 3-47과 같다. 상수리나무림의 총 순생산량은 7.89ton/ha으로 총 생물현존량의 6.8%에 해당하였다.

표 3-47. 포항지역 상수리나무 천연림 생태계의 순생산량.

Tree component	Pohang	%
Foliage	1.37	17.4
Live branch	1.83	23.2
Bolewood	2.56	32.5
Bolebark	2.13	26.9
Total aboveground	7.89	100.0

본 연구에서 포항지역의 총 순생산량은 평균 임령이 적었던 박인협과 문광선(1994)의 전남 모후산지역의 26~29년생 상수리나무림 22.5t/ha보다 훨씬 적은 것으로 나타났다. 본 연구지역에서 보다 전남 모후산지역에서의 상수리나무림의 순생산량이 매우 높게 나타난 것은 임관층의 평균수령이 본 연구지역보다 낮았기 때문으로 사료된다. 임업연구원 자료(주린원, 1995)에 의하면 우리나라 참나무류 임분의 순생산량은 9.24ton/ha으로 본 연구의 포항지역에서 보다 약간 높은 것으로 나타났다.

순생산량의 부위별 구성비는 수간목부가 32.5%로 가장 높았으며, 다음이 수피부로 26.9%, 생지부 23.2%, 그리고 잎이 17.4%로 가장 낮았다. 본 연구의 순생산량의 부위별 구성비에 대한 결과는 박인협과 문광선(1994)의 상수리나무림에서의 잎, 수간목부, 가지, 그리고 수피의 순과는 다르게 나타났다.

3. 토양의 이화학적 특성

토양시료는 조사지역에서 가장 대표적인 입지를 선정하여 토양층위별로 단면조사를 실시한 후 토양층에 따라 시료를 채취하였으며 분석한 결과는 표 3-48과 같다. 채취된 토양은 자연 건조한 후 토양 중 유기물함량은 Walkely-Black wet oxidation법으로, pH는 토양과 증류수를 1 : 5로 분석하였고, 총질소함량은 Kjeldahl법으로, 치환성 K와 Ca는 ICP를 이용하여 분석하였다.

표 3-48. 포항지역 상수리나무 천연림 생태계 토양의 이화학적 특성.

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	OM (%)	Total N	Ava-P (ppm)	Exc-K (me/100g)	Exc-Ca (me/100g)	CEC (me/100g)	pH (1:5)
O	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-4	SiC	Granular	6.03	0.38	47.9	0.69	1.67	9.15	5.33
B	4-50	LiC	Blocky	3.17	0.13	22.3	0.44	1.21	8.41	5.10
C	50+	-	Structureless	-	-	-	-	-	-	-

토양의 이화학적 특성은 본문의 앞에서 제시한 입지가 비슷한 포항의 굴참나무와 졸참나무지역의 토양 조건과 큰 차이를 보이지 않고 있으며, 전형적인 우리나라 산림토양에서의 토양조건을 보이고 있다.

4. 요약

상수리나무 지상부의 총 현존생물량은 115.47ton/ha 이었으며, 연순생산량은 7.89ton/ha 이었다. 현재 우리나라에서 상수리나무 천연림의 물질생산에 대한 연구는 거의 없으며 본 연구를 통해 생산량 추정식의 제시는 매우 큰 의미를 가진다고 하겠다. 토심도 깊으며, 질소와 유기물 함량도 비교적 높은 것으로 판단된다.

제3-5절 종합고찰 및 결론

1. 참나무류 중 굴참나무, 줄참나무, 신갈나무, 상수리나무 4개 천연림의 총 10개 조사지역에서 수식 $Wt=aDb$ 를 사용하여 추정된 지상부 총 현존생물량은 무주의 줄참나무림에서 최저 44.0ton/ha, 포항의 굴참나무림에서 최고 207.6ton/ha로 수종과 조사지역에 따라 매우 다양하게 나타났다. 포항지역에서의 현존생물량은 207.6ton/ha로 국내에서 보고된 굴참나무림의 현존생물량 중 가장 높은 값으로 사료된다.
2. 수종별로는 연령이 비슷하다고 사료되는 강원도 양양의 평균수령 42년생 신갈나무, 경북 포항의 45년생 굴참나무, 경북 포항의 37년생 줄참나무, 경북 포항의 37년생 상수리나무를 비교했을 때 굴참나무에서 가장 높은 지상부 총 현존생물량을 보였다. 이와 같은 결과를 볼 때 입지와 토양조건이 적당할 경우 목재생산과 버섯재배용 목재 등의 측면에서 양적인 면을 고려한다면, 참나무류 중 굴참나무를 육림 하는 것이 유리하다고 판단된다.
3. 연 순생산량의 경우 광양의 신갈나무림에서 최저 5.79ton/ha에서 포항의 굴참나무림에서 최고 11.5ton/ha으로 조사지역과 수종에 따라 다양하게 나타났다. 연순생산량의 경우 수종에 관계없이 일반적으로 평균연령이 낮을수록 높은 값을 보이는 경향을 나타냈다.
4. 토양의 이화학적 특성과 지상부 현존생물량과의 밀접한 관련은 없는 것으로 나타나, 현존생물량은 토양조건보다는 지역별 기후나 평균연령에 의해서 지배받는 것으로 사료된다. 본 연구 참나무류 천연림 지역의 토양조건을 보면 비교적 토심이 깊고, A층의 깊이가 깊으며, 유기물이 최소 4%이상 그리고 질소함량이 0.2% 이상으로서 토양조건이 매우 좋은 입지에서 생육하는 것으로 조사된 바, 참나무류의 육림시 중요하게 고려되어야 할 사항으로 판단된다. 토양 pH의 경우 약 4.5~5.3 정도로 우리나라 산림토양에서의 일반적인 값을 나타내므로 육림시 토양 pH에 대한 문제는 없는 것으로 사료된다.

제4절 건조 및 가공 기술개발

1. 우량목 선발을 위한 해부학적, 물리적 성질 조사

가. 굴참나무, 졸참나무 신갈나무의 생재비중 비교

굴참나무는 경상북도 포항, 강원도 양양, 충청남도 공주 지역에서, 졸참나무는 포항, 무주, 광양 지역에서 그리고 신갈나무는 가리왕산과 무주 지역에서 생육하는 평균수령 45~55년의 천연림에서 공시임목을 채취하였다. 지역별 10주씩 총 80주의 표본목을 선정하여 지상부 20cm 위치에서 벌도하고 수간부는 2m간격으로 절단한 후 각 통나무에서 두께 약 10cm 정도의 원판표본을 잘라 실험실로 운반하였다. 생재비중 측정은 흉고직경이 24cm이상인 표본목만 사용하였다.

각 원반시편의 수와 수피의 중간지점에서 가로, 세로, 높이 각각 3cm의 비중시편을 떼내었다. 이 시편들은 모두 유령목과 변재가 포함되지 않는 성숙재이며 심재였다. 생재부피는 시편을 포수시킨 후 침지법으로 측정하였다. 전건무게-생재부피 기준의 생재비중은 아래 표와 같이 수종간 차이는 있었으나 같은 수종내 지역에 따른 차이는 거의 없었다.

표 4-122. 세 참나무 수종의 지역에 따른 평균 생재비중.

수종	지역	생재비중	
		평균	표준편차
굴참나무	포항	0.73	0.07
	양양	0.74	0.04
	부여	0.76	0.04
졸참나무	포항	0.67	0.04
	무주	0.65	0.03
	광양	0.63	0.04
신갈나무	가리왕산	0.68	0.04
	영동	0.68	0.05

나. 굴참나무 심재와 변재의 물리적 성질 비교

포항지역에서 채취한 흉고직경 22cm의 굴참나무의 평균 생재함수율, 생재비중(생재부피-전건무게 기준), 길이방향과 부피 수축율을 심재와 변재로 구분하여 측정하였다. 사용된 시

편은 심재와 변재 각각 10개씩이다. 굴참나무의 변재비율이 적기 때문에 시편채취에 어려움이 있었다. 생재함수율은 심재가 변재보다 높았으나 생재비중은 0.73과 0.74로 비슷하였으며 길이방향과 부피 수축율은 변재가 심재보다 높았다. 부피는 생재와 전건재의 세 방향 길이를 곱하여 산출하였기 때문에 부피수축율에는 비정상적인 수축, 즉 collapse에 의한 수축이 포함되었다고 볼 수 있다.

표 4-2. 굴참나무 변재와 심재의 생재함수율, 생재비중과 길이방향 및 부피 수축율.

구 분	변재		심재	
	평균	표준편차	평균	표준편차
생재함수율(%)	52.2	2.0	61.6	1.6
생재비중	0.74	0.01	0.73	0.01
수축율(%)	섬유방향	0.9	0.6	0.2
	방사방향	6.3	0.3	5.7
	접선방향	14.0	0.7	12.3
	부피	20.0	0.5	17.8

다. 방사방향 생재비중 변화

포항지역에서 채취한 흉고직경 24cm의 굴참나무 한 그루에서 여러 수고에서 원반시편을 얻어 아래 그림 1과 같이 3×3×3cm 비중시편을 잘라 침지법으로 부피를 측정하고 전건무게를 구하였다.

여러 수고에서의 방사방향 생재비중 변화 값을 얻었는데 그 중 방사방향 경향이 뚜렷이 나타나는 직경 20.7cm (수피제외) 원반시편의 수에서 수피까지의 생재비중 변화는 그림 4-2와 같다. 시편번호가 낮은 것이 수부위이고 높은 것이 수피부위이다. 수부위에서 비중이 낮았다가 수피쪽으로 갈수록 비중이 증가하여 일정한 값을 보이다가 수피에 가까워지면 다시 비중이 낮아진다. 수부위는 유령목(juvenile wood), 수피부위는 코르크 층과 연결되는 지점이기 때문에 영성한 구조를 가지고 있어 비중이 낮다. 그에 반해 수와 수피의 중간부분은 심재와 심재와 연이은 변재는 거의 일정한 비중을 나타낸다.

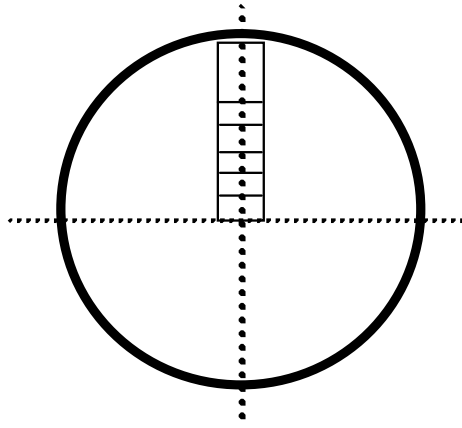


그림 4-161. 방사방향 생재비중 시편.

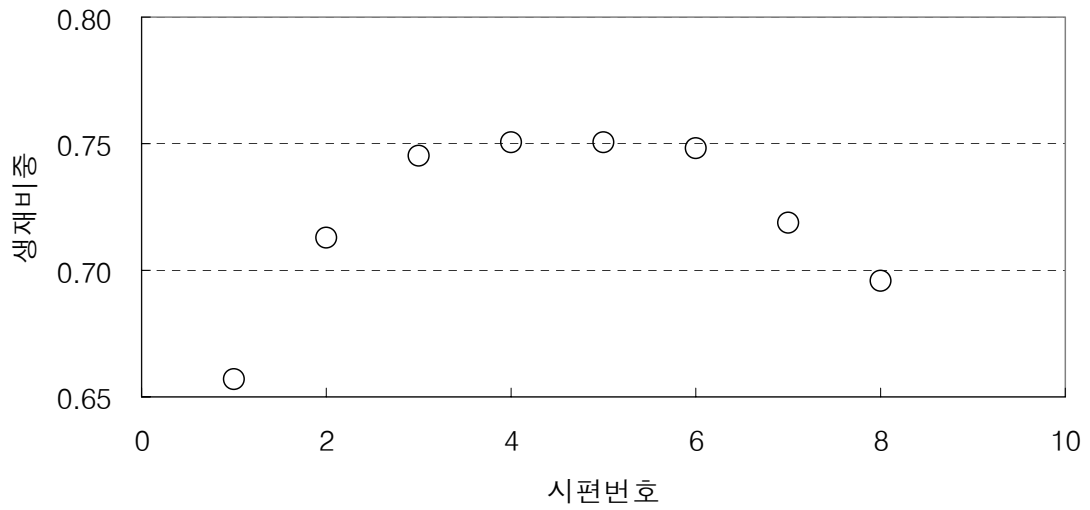


그림 4-162. 굴참나무 (포항) 방사방향 생재비중 변화.

라. 수고에 따른 평균 생재비중

원반시편의 방사방향 시편 생재비중의 평균을 구하였다. 원반시편을 떼어낸 수고를 정확히 알아야 하는데 통나무에서 떼어 냈기 때문에 알 수 없었다. 따라서 수고 대신 직경에 따른 생재비중 변화를 아래 그림에 표시하였다.

수간이 아랫부분, 즉 뿌리에 가까울수록 비중이 높고 상부로 올라갈수록 비중이 낮아진다. 이는 직경이 작아질수록 수피부위의 면적이 늘어나기 때문에 성긴 세포면적이 증가하여 비중이 낮아진다고 볼 수 있다.

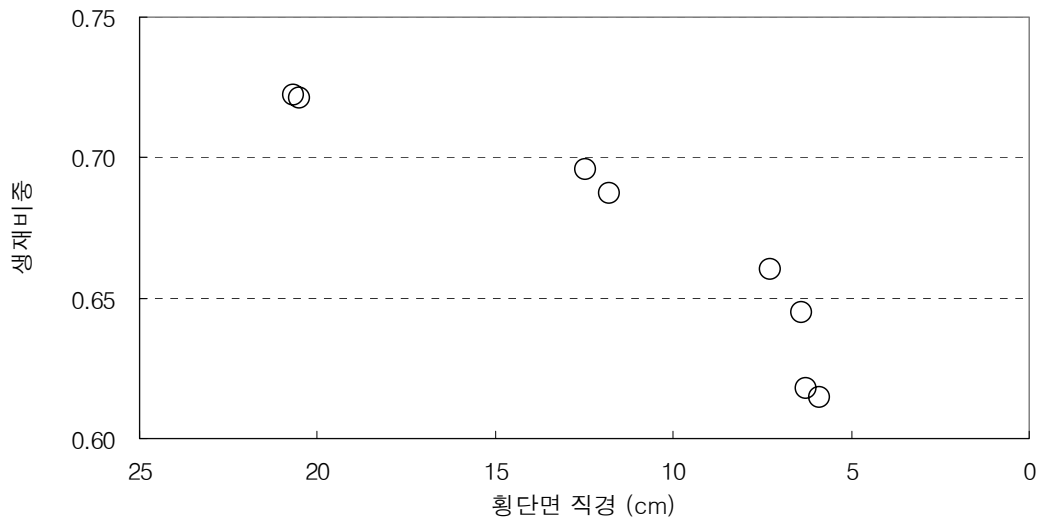


그림 4-163. 굴참나무 (포항) 수고에 따른 생재비중 변화. 직경이 클수록 뿌리에 가깝다.

마. 졸참나무의 물리적 성질

각 원반시편의 수와 수피의 중간지점에서 가로, 세로, 높이 각각 3cm의 비중시편을 떼내었다. 이 시편들은 모두 유령목과 변재가 포함되지 않는 성숙재이며 심재였다. 포항과 무주 졸참나무는 생재상태였으나 광양 졸참나무는 건조가 상당히 진행된 상태였으므로 진공 포수 처리하여 생재로 가정하였다. 생재비중을 위한 생재부피는 침지법으로 측정하였다.

지역별 졸참나무의 생재함수율은 아래와 같이 평균 50%내외 였다. 전건무게-생재부피 기준의 생재비중은 아래 표와 같은데 분산분석결과 지역에 따라 5%유의수준에서 차이를 나타냈다. 포항 졸참나무의 비중이 가장 컸으며 그 다음이 무주, 그리고 광양이 가장 작았다. 수고

에 따른 생재함수율과 생재비중 변화를 비교하였으나 두 관측치 모두 수고에 따른 변화를 발견할 수 없었다.

표 4-3. 세 지역에서 채취한 굴참나무 표본목의 생재함수율.

지역	생재함수율(%)		비고
	평균	표준편차	
포항	47.0	7.8	(포수함수율)
무주	56.0	8.3	
광양	79.7	16.1	

바. 섬유장 측정

1) 굴참나무의 섬유장

경상북도 포항, 강원도 양양 지역, 그리고 충청남도 공주에서 생육하는 평균수령 45년, 54년, 그리고 41년생 굴참나무 천연림에서 2000년 7~8월 임분별 10주씩 총 30주의 표본목을 선정하여, 지상부 20cm 위치에서 벌도하고 수간부는 2m간격으로 절단한 후 각 통나무에서 두께 약 10cm정도의 원판표본을 잘라 실험실로 운반하였다. 지역별 나무 중 직경이 큰 것 3개를 골라 하단부터 3개 디스크(수고 20, 220, 420cm)에서 임의로 시편을 떼어내어 솔츠용액으로 해리하여 디스크별 100개의 해리섬유의 길이를 광학현미경으로 측정하였다.

아래 표와 그림에서 보이듯이 수고와 개개 수목에 따른 섬유장 차이는 나타나지 않았다.

표 4-4. 세 지역에서 채취한 굴참나무의 수고별 섬유장.

지역	구분 수목번호	수고(cm)		
		20	220	420
부여	7	1.27	1.41	1.33
	9	1.41	1.36	1.35
	11	1.28	1.40	1.35
양양	7	1.21	1.42	1.27
	8	1.39	1.34	1.31
	10	1.29	1.31	1.29
포항	7	1.23	1.40	1.30
	8	1.29	1.38	1.34
	10	1.28	1.32	1.20

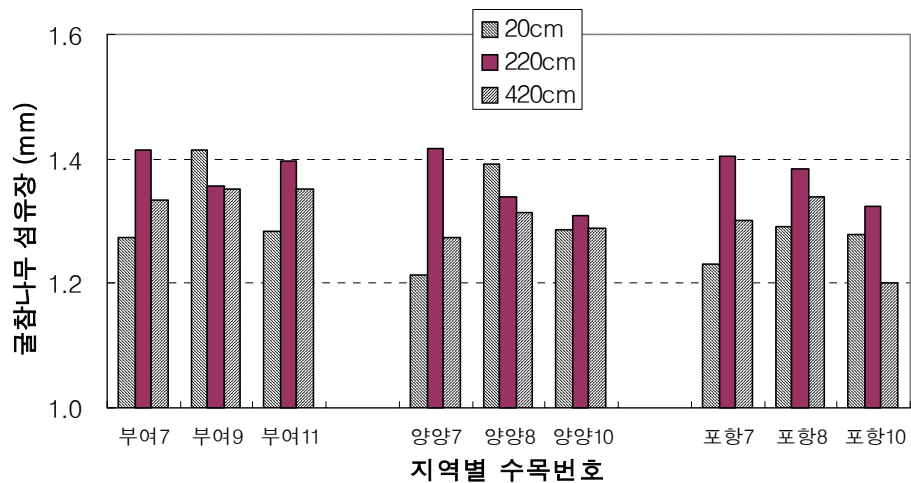


그림 4-164. 지역별 굴참나무 섬유장 비교.

그러나 지역별로는 굴참나무 섬유장이 유의차를 보였다. 완전임의배치법으로 분산분석한 결과 양양과 포항은 유의차가 없었으나 부여는 다른 두 곳과 5%유의 수준에서 유의차를 나타냈다.

표 4-5. 세 지역에서 채취한 굴참나무 섬유장의 분산분석표.

요약표

인자의 수준	관측수	합	평균	분산
부여	900	1217.5	1.353	0.027
양양	900	1183.1	1.315	0.033
포항	900	1175.4	1.306	0.029

분산 분석

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
처리	1.12	2	0.558	19.1	6.03E-09	3.00
잔차	79.02	2697	0.029			
계	80.14	2699				

2) 졸참나무의 섬유장

지역별 나무 중 직경이 큰 것 3개를 골라 하단부터 3개 디스크(수고 20, 220, 420cm)에서 임의로 시편을 떼어내어 슬츠용액으로 해리하여 디스크별 100개의 해리섬유의 길이를 광학현미경으로 측정하였다.

아래 표와 그림에서 보듯이 수고와 개개 수목에 따른 섬유장 차이는 나타나지 않았다. 또 지역별로는 차이를 나타내지 않았다. 완전임의배치법으로 분산분석한 결과 5%유의수준에서 유의차가 없었다.

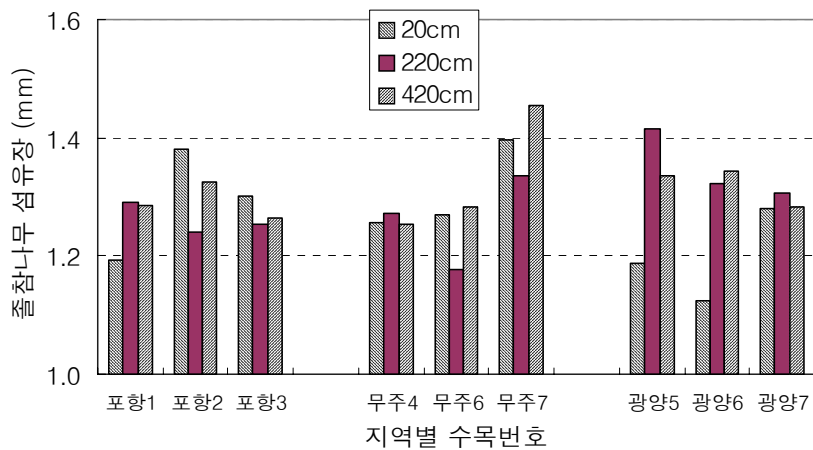


그림 4-165. 지역별 졸참나무 섬유장 비교.

3) 연륜별 섬유장 측정

굴참나무 원목을 이용하여 수로부터 수피까지 각 연륜의 섬유장을 측정하였다. 각 연륜에서 조재와 만재를 포함한 성냥개피 크기 시편을 떼어내 슬츠액으로 해리시킨 후 임의로 100개 섬유의 길이를 광학현미경으로 측정하였다.

그 결과는 아래와 같다. 수에서 수피로 갈수록 섬유장이 증가하나 증가정도는 점차 감소하여 15년 이후에는 일정한 섬유장을 나타낸다.

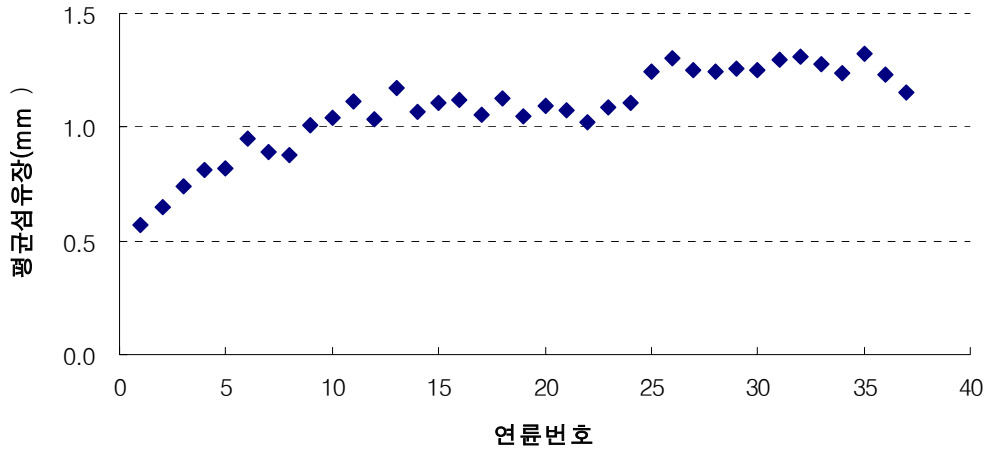


그림 4-166. 연료에 따른 방사방향 섭유장 변화.

사. 전처리법의 적용효과 조사

증기전처리로 참나무 투과율을 높여 건조속도를 높이하고자 하였으나 100℃ 증기로 건조로에서 전처리하는 동안 표면할열이 매우 많이 발생하여 효과를 측정하는데 실패하였다. 참나무는 건조결합이 많은 수종으로 건조나 보관 중에 높은 온도에 노출되면 할열이 발생하기 때문에 가능한 낮은 온도에서 건조하여야 한다. 따라서 증기전처리를 참나무 건조에 적용하기 어렵다는 결론을 얻었다.

한편 건조전대패법의 효과를 조사하기 위해 대패질한 판재와 control을 54일간 천연건조한 후 비교하였더니 발생 할열 수에 있어서는 차이가 없었다. 너무 오래 천연건조하였으며 건조속도가 빨랐기 때문으로 생각된다.

아. 결 론

여러 지역에서 채취한 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무의 해부학적·물리적 성질을 조사·비교한 결과는 다음과 같다.

- 1) 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무의 평균 생재비중은 각각 0.74, 0.65, 0.66으로 수종간 차이를 나타냈으나, 같은 수종의 지역간 차이는 매우 적었다.
- 2) 굴참나무의 심재와 변재의 생재함수율은 52%와 62%로 차이를 나타냈으나 생재비중은 차이가 거의 없었다. 부피수축율은 변재가 20.0%, 심재가 17.8%로 변재가 높았다.
- 3) 포항에서 채취한 굴참나무의 방사방향 생재비중은 수부위에서 가장 낮았다가 수피쪽으로 갈수록 비중이 증가하여 일정한 값을 보이다가 수피에 가까워지면 다시 비중이 낮아졌다. 또 높이에 따른 생재비중 변화는 수간의 아랫부분, 즉 뿌리에 가까울수록 비중이 높고 상부로 올라갈수록 비중이 낮아진다.
- 4) 부여, 양양, 포항에서 채취한 굴참나무의 평균섬유장은 각각 1.35mm, 1.32mm, 1.31mm로 통계분석 결과 양양과 포항은 유의차가 없었으나 부여는 이들과 5%유의수준에서 차이를 나타냈다. 그러나 동일 수종내 수목간 또는 수고에 따른 섬유장 차이는 나타나지 않았다.
- 5) 포항, 무주, 광양에서 채취한 졸참나무의 평균섬유장은 각각 1.28mm, 1.30mm, 1.29mm로 통계분석결과 지역간 유의차가 없었다.
- 6) 굴참나무의 연륜별 섬유장을 측정된 결과, 수에서 수피로 갈수록 섬유장이 증가하나 증가 정도는 점차 감소하여 15년 이후에는 일정한 섬유장을 나타냈다.

2. 건조기술 개발

가. 최적 건조스케줄 개발

1) 선행연구 조사

국산참나무류 건조에 대한 연구는 1980년대 본격적으로 시작되었다. 이와 정(1990)은 국산 물참나무(*Quercus grosseserrata*) 판재에 미국USDA 건조스케줄을 적용하여 함수율스케줄 T4-C2는 25mm 판재에 적합하며 이보다 두꺼운 판재에는 T3-B1이 적합하는 결론을 내렸다. 국산참나무재의 건조결함을 줄이고 건조속도를 향상시키기 위한 방법으로 전평삭처리(한과 정, 1986)와 증기전처리(강, 1992)등을 적용하였는데 전평삭처리의 효과는 분명하였으나, 증기전처리는 목재강도를 저하시키므로 할열이 쉽게 발생하는 단점이 있었다. 홍과 정(1986) 국산 상수리나무(*Quercus acutissima*) 8mm와 16mm 판재를 심재와 변재로 구분하여 열기건조하여 심재가 변재보다 표면할열, 마구리할열, 틀어짐 등 건조결함이 더 많이 발생한다고 보고하였다.

2) 실험재료

대전 근처에서 최근 벌채한 굴참나무 원목 여러 토막을 구입·제재하여 실험장소로 가지고 왔다. 원목의 직경은 28cm 내외로 작았으므로 정목제재가 불가능하여 모두 두께 30mm의 판재로 제재하였다. 판재 길이는 열기건조로 크기를 감안하여 900mm로, 판재 폭은 수피만 제거하고 얻을 수 있는 최대 폭으로 잘랐다. 따라서 판재 폭은 150~300mm로 다양하였다. 공시판재는 모두 110개였다. 공시원판은 공시원목을 섬유방향으로 50mm 씩 절단하여 40개를 만들었다.

3) 실험방법

가) 마구리할열과 표면할열 측정

마구리할열의 대부분은 건조초기에 발생하므로 천연건조를 마친 후 마구리할열의 길이를 측정하였다. 판재의 양 마구리 중 보다 심하게 갈라진 마구리를 골라 섬유방향길이 30mm 시편 2개를 떼었다. 처음 떼어낸 시편은 한 판재 내에서 건조가 가장 빨리 일어나는 부분이므로 이를 폐기하고 두 번째 시편만 사용하였다. 두 번째 시편의 무게를 측정 후 103±2°C 오븐에서 전건시켜 또 무게를 측정하여 함수율을 계산하였다. 전건된 시편의 마구리 쪽을

섬유방향길이 4mm 떼어 할열시편 (그림 4-7의 4mm 시편)을 만들었다. 할열시편을 만들 때 부러지거나 만든 후 힘을 약간 가했을 때 부러지면 마구리할열 길이가 30mm이상으로, 그렇지 않은 경우 30mm이하로 판정하였다.

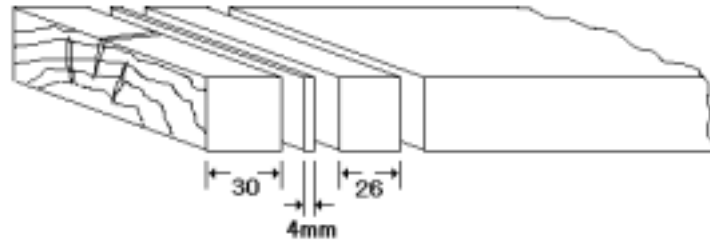


그림. 4-167. A diagram of making an end-check test specimen.

판재당 표면할열 수는 위의 30mm 마구리 시편을 전건하기 전에 육안으로 헤아렸는데 표면할열과 마구리할열을 구분하는 것과 닫힌 표면할열을 찾아내는 것이 어려웠다.

나) 천연건조

건물 옥상에 천막으로 지붕을 만들고 그 속에 잔적을 설치하였다 (그림 4-8). 목재에 직사광선이 직접 닿지 않았으나 벽체가 없어 바람에 노출되었다. 천연건조기간은 2002년 3월 8일부터 5월 24일까지 66일 동안이었다. 시험판재의 무게를 1주일에 한번 측정하여 건조경과를 조사하였다.



그림 4-168. A photo of a oak stack in an roof air-dryer.

다) 열기건조

사용된 건조기는 잔적 공간이 가로와 세로가 각각 80cm, 높이가 70cm이며, 온도, 습도, 풍속의 조절이 가능하였다. 별도로 부착된 5기압 용량 보일러에서 생성된 가열증기로 가습하도록 만들어졌다. 재간풍속은 1.9m/s로 설정하였다. 하루에 한번씩 시험판재의 무게를 정도 0.1g의 디지털 저울로 측정하였다. 건조를 마친 후에는 각 시험판재에서 1인치 폭의 함수율시편 3개를 떼어 전건한 후 판재의 전건무게와 함수율을 계산하였다.

USDA 건조스케줄 T2-C1 modified (Wengert, 1990)를 적용하였다. 이 건조스케줄은 국산참

나무와 같이 속성으로 자란 저지대 참나무 (lowland oaks)에 적합한 스케줄로 비교적 순한 것이다.

표 4-127. USDA drying schedule (T2-C1 Modified) for lowland white oak.

MC(%)	Temperatrue (°C)			EMC(%)
	Dry bulb	Wet bulb	Wet bulb depression	
>37	37.8	36.1	1.7	18.5
~32	37.8	35.6	2.2	17.2
~30	37.8	34.4	3.3	14.8
~25	43.3	37.8	5.6	12.3
~20	48.9	35.0	13.9	6.8
~15	54.4	32.2	22.2	4.0
~11	65.6	40.6	25.0	3.0
<11	71.1	46.1	25.0	4.0

4) 결과 및 고찰

가) 천연건조

그림 4-9는 2002년 3월 8일부터 5월 24일까지 77일간 실시한 천연건조그래프이다. 4월 25일부터 5월10일까지는 비가 많이 와 거의 건조되지 못하였다. 건조초기 건조속도는 1.2%MC/일로 lowland oak의 안전건조속도(safe drying rate) 1-3%MC/일(Wengert, 1990)을 초과하지 않았다. 그럼에도 불구하고 표면할열이 많이 발생하였는데 대부분 수가 포함되거나 수 부근 유령목이 많이 포함된 판재에서 발생하였다. 공시목의 직경이 작아 어쩔 수 없이 수를 포함한 판목제재를 할 수밖에 없었다. 이러한 표면할열은 피할 수 없는 것으로 여겨지는데 이것이 내부할열로 진행되지 않도록 하는 것이 중요하다.

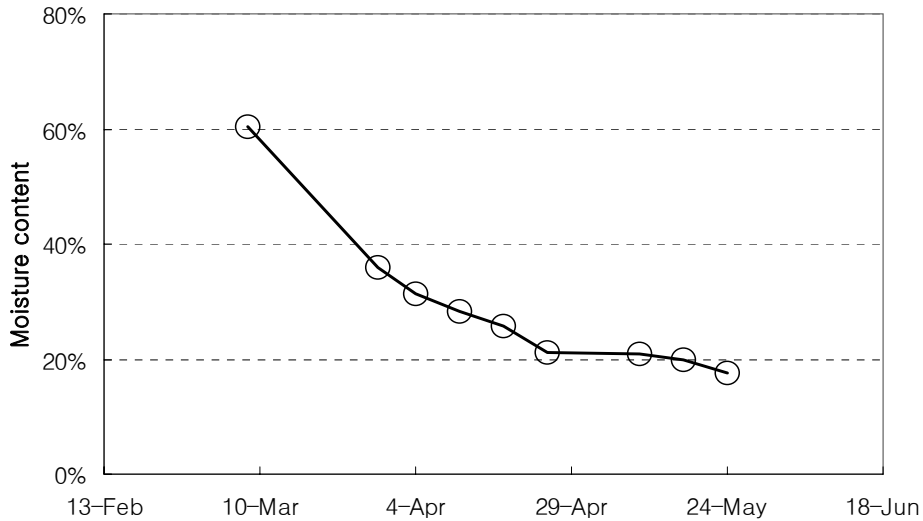


그림 4-169. Drying curve of the 30mm thick *Quercus variabilis* boards air-dried under shed.

나) 열기건조

함수율 20%내외까지 천연건조된 굴참나무 판재를 열기건조한 건조경과 그래프는 그림 4-10과 같다. 한꺼번에 15개 판재를 건조하였지만, 그중 3개의 무게만 측정하였다. 최대 일일건조속도는 0.11%MC로 매우 낮았다. 최건 판재 함수율이 5%가 되었을 때 건구온도 82.2℃, 습구온도 77.8℃ 조건에서 이퀴라이징을 시작하였으며 최건 판재 함수율이 8%에 도달했을 때 중단하고 컨디쇼닝을 실시하였다. 그래프에 나타난 이퀴라이징과 컨디쇼닝 시간은 각각 42.4와 4.2시간이었다.

컨디쇼닝 전후에 실시한 프롱테스트는 판재의 건조능력이 잘 제거되었음을 보여주고 있다 (그림 4-11의 a와 b). 또한 판재를 3cm 간격으로 절단하여 내부를 살펴본 결과 표면할열이 내부로 진행되지 않았음을 알 수 있었다(그림 4-11c). 따라서 본 연구에 사용된 열기건조스케줄은 국산 굴참나무재 건조에 적합하거나 약간 느린 건조스케줄이라고 볼 수 있다.

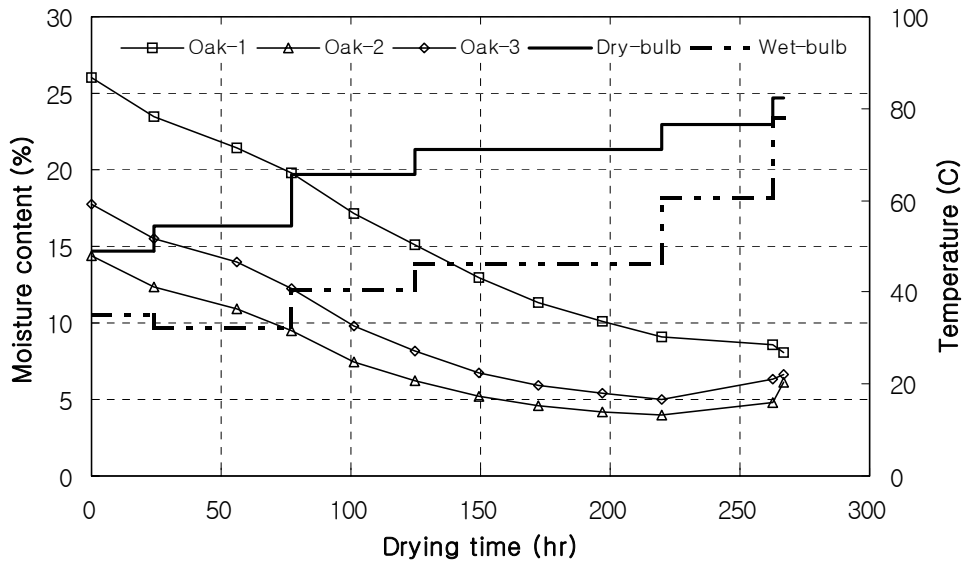


그림 4-170. Plots of the moisture contents of three oak boards, dry-bulb and wet-bulb temperatures during kiln drying.

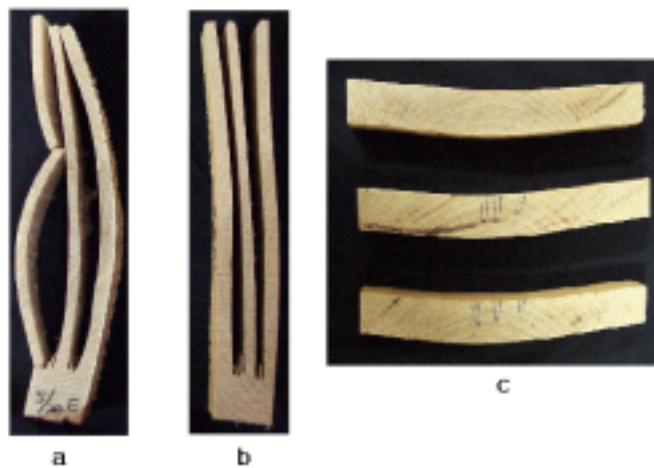


그림 4-171. Photos of the prongs made before(a) and after(b) conditioning treatment. It shows that internal drying stress was well released by conditioning treatment. On the cross sections are some closed surface checks, but not an internal check (c).

나. 마구리 도포제의 효과 조사

1) 선행연구 조사

참나무재의 건조결함은 건조 초기 마구리 할열로부터 진행된다. 고급 활엽수재의 마구리할열을 방지하기 위해 여러 가지 방법이 연구되었다. Linares-Hernandez 와 Wengert(1997)는 red oak, hard maple, red pine 통나무에 왁스에멀존으로 end-coating하여 여름에 12주 동안 야적한 후에 마구리할열과 청변을 조사하였더니 hard maple의 경우 end-coating한 것은 4인치, 무처리인 13인치 깊이까지 청변이 일어났으며 쪼개짐 길이는 마구리로부터 각각 1인치와 4인치를 나타냈다고 보고하였다. red oak의 경우 end-coating된 통나무는 쪼개짐이 없었으나 무처리인 6인치까지 쪼개졌다.

Rice 등(1988)은 red oak의 표면할열을 방지하고자 6가지 고분자물질을 적용한 결과, polyvinyl acetate(PVA)가 사용이 편리하고 어느 정도 표면할열을 방지해 준다고 결론지었다. 또 Rice(1995)는 시중에서 판매되고 있는 5종의 목재용 왁스계 마구리제(end-coater)와 1종의 타르계물질의 수분투과성을 조사한 결과 모두 마구리제로 훌륭하였으며 상품간 차이는 없었다고 하였다.

2) 실험재료

마구리 도포제의 마구리 할열 예방 효과를 조사하기 위해 공시판재 마구리를 다음 4가지 방법으로 도포하였다: 1) 시중에서 오공본드라고 부르는 polyvinyl acetate chloride emulsion (PVAc) 접착제를 판재 표면에 손으로 두껍게 입힘(PVA), 2) 마구리에 PVAc 접착제를 얇게 도포한 위에 알루미늄호일을 마구리 크기로 잘라 붙임(FOL), 3) 에나멜페인트와 은분을 1:1로 섞어 붓으로 3회 도포 (ENL), 4) 용점 56°C 파라핀왁스를 녹여 마구리에 도포(PWX). PVAc 접착제는 열가소성으로 경화되면 투명하기 때문에 현장에서 마구리 도포제로 유용하게 쓰여왔다. 그러나 이 접착제의 경화막을 수분이 투과할 가능성이 있기 때문에 두 번째 방법에는 알루미늄호일을 붙였다. 한편 마구리 도포제로 알루미늄 페인트를 사용하기도 하는데 인근에서 구할 수 없어 에나멜페인트에 은분을 섞어 만들었다. 위 4가지 방법과 무처리를 포함하여 처리 당 22개 시편을 만들었다.

3) 실험방법

위의 “최적 건조스케줄 개발” 실험의 그림 4-8와 같이 마구리처리 시편을 천연건조하면서 마구리할열과 표면할열의 발생여부를 조사하였다.

4) 결과 및 고찰

천연건조 후 측정된 마구리 도포제 공시판재의 마구리할열 시편 함수율은 무처리가 제일 낮았으며 그 다음이 PVA, PWX, FOL, ENL 로 공시판재의 평균 폭과 같은 순이었다 (표 4-7). 이는 마구리 도포제 종류와 무관하게 판재 폭이 넓을수록 건조가 느리게 진행되었음을 의미한다. 판목제재된 판재는 폭이 넓을수록 정목면이 늘어나기 때문에 건조속도가 떨어지는 것은 당연하다. (정목판재의 건조속도가 판목판재보다 느리다.) 그러나 마구리에서는 수분이동이 섬유방향으로 일어나기 때문에 판재 폭과 무관하게 마구리 도포 방법에 따라 건조속도가 달라질 것으로 예상했었다. 실험결과로 유추해 볼 때 참나무는 타이로시스로 도판이 막혀있어 마구리에서도 섬유방향보다 섬유직각방향으로 수분이 확산에 의해 이동하므로 판재 폭에 따라 건조속도가 달라졌다고 설명할 수 있다. 본 실험은 판재 폭 효과를 배제할 수 있도록 실험설계되지 못했기 때문에 이런 결과가 나타난 것으로 판단되었다.

30mm이상 마구리할열이 발생한 판재 수는 처리 당 19개 판재 중에 (22개 중 3개는 천연 건조 속도 측정용으로 남겨둠) FOL이 13개로 가장 많고, 그 다음 ENL이 10개, PWX가 9개였다. 무처리가 PVA와 마찬가지로 4개 뿐이라는 사실은 직접 설명하기 어렵다. 무처리 판재의 평균 폭이 195mm로 다른 처리재보다 좁았기 때문에 마구리할열이 적게 발생하였다고 볼 수도 있으나 좀 더 명확한 해석을 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

따라서 무처리를 제외하면 PVA가 마구리 할열을 예방하는데 가장 효과가 크다고 볼 수 있다. 좋은 마구리 도포제는 수분증발을 막을 뿐만 아니라 건조에 의해 발생하는 인장응력을 어느 정도 감쇄시켜줄 수 있는 인장강도를 가지고 있어야 할 것으로 생각된다.

마구리할열과 마찬가지로 판재당 표면할열 수도 FOL이 평균 7개로 가장 많아 FOL의 표면할열 예방 효과가 매우 낮음을 알 수 있었다(표 4-7). 그 외 다른 처리재의 판재당 표면할열 수는 3~5개로 처리간 큰 차이를 나타내지 않았다.

표 4-128. Efficacy of the end coaters used in this study on preventing the ends and surfaces of oak boards from checking.

End coater	Average board width (mm)	Average MC (%) of board ends	Average number of surface checks per a board	Number of boards with end checks longer than 30mm
Control	195±26*	16.8±2.4	4.0±5.0	4
PVA	203±46	19.6±3.5	4.3±5.1	4
ENL	260±30	23.0±2.2	3.0±3.7	10
FOL	234±45	21.4±3.4	7.0±7.2	13
PWX	223±53	20.8±3.9	4.9±4.5	9

* Sample standard deviation

다. 참나무 원판건조

1) 서론

참나무는 횡단면 목리가 아름다워 원판형태로 건조할 수 있다면 공예품 등에 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 5cm 두께 참나무 원판을 가장 깨끗하게 건조할 수 있는 방법을 찾고자 하였다.

2) 실험재료 및 방법

참나무는 건조곤란 수종으로 특히 원판을 할열없이 건조하기 매우 어렵다. 본 실험에서는 미국특허 4,194,298호(March 25, 1980)인 pallet형 잔목(Hart와 Gilmore, 1985)을 사용하여 두께 50mm 참나무 원판을 건조하였다. pallet형 잔목은 3mm 두께 합판 사이에 20mm 두께 각재를 넣어 접착하여 만들었다 (그림 4-14). 이 잔목을 사용하여 잔적하면 원판 상하 횡단면의 수분은 합판을 투과하여야만 증발되기 때문에 건조속도가 매우 느려진다. 한편 건조속도가 느려 곰팡이가 번식하기 쉬우므로 방미제를 도포하였다. 비교를 위해 3개 원판은 pallet형 잔목이 아닌 일반 잔목으로 잔적하였다.

3) 결과 및 고찰

참나무 원판을 pallet형 잔목과 일반 잔목으로 쌓았을 때 천연건조 속도를 비교한 결과는 그림 4-12과 같다. pallet에 의해 원판 횡단면에서의 수분 증발이 지연될 것으로 여겨졌으나 그림에 보이는 바와 같이 건조속도에는 별 차이를 나타내지 않았다.

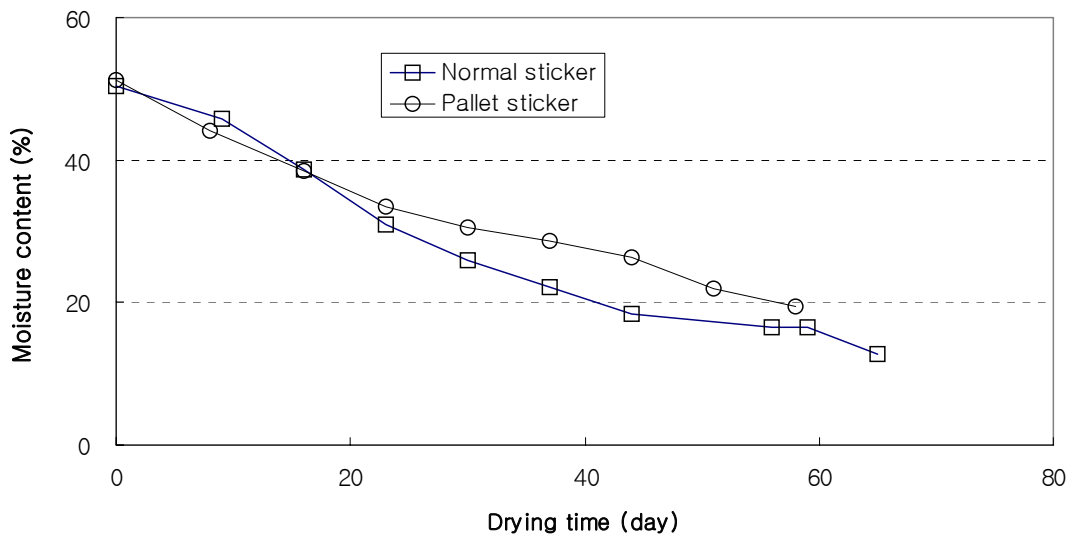


그림 4-172. Drying curves of the 50mm thick oak disks stacked with normal and plywood pallet stickers.

pallet형 잔목과 일반 잔목의 처음 한 달간 평균건조속도는 각각 0.77와 0.94%MC/일로 lowland white oak의 권장 건조속도 2%MC/일보다 많이 느렸으나 V-크랙을 막지 못하였다. 발생한 활열의 모양은 건조방법에 따라 달랐다. pallet형 잔목 건조의 V-크랙은 반듯한 V형태로 톱으로 자른 듯 매끈하였으며 다른 활열이 없었으나 (그림 4-13-a), 일반 잔목 건조의 V-크랙은 매끈하지 않았으며, 몇 개의 작은 활열과 수 부위 운할을 동반하였다 (그림 4-13-b). pallet형 잔목 건조의 경우 횡단면 수분증발이 지연되기 때문에 건조응력이 천천히 쌓였다가 응력이 원목의 약한 부분으로 집중되어 V-크랙이 일순간에 발생한 것으로 보인다. 어떤 방법을 사용하던 참나무 원판의 V-크랙은 막을 수 없지만 pallet형 잔목을 사용한 원판은 매끈한 V-크랙이외에 다른 활열이 발생하지 않아 이를 이용하거나 보완하면 좋은 목공예재료로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

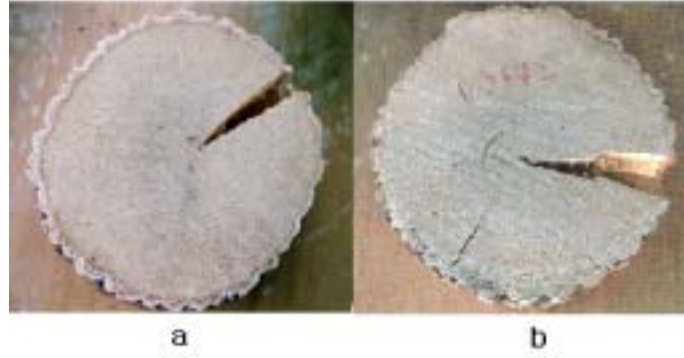


그림 4-173. Photo of the air-dried oak disks of 50mm thickness stacked with normal(a) and plywood pallet(b) stickers.



그림 4-174. A photo of oak disks stacked with pallet-type stickers made of 3mm thick plywoods.

라. 결론

굴참나무 30mm 판재와 50mm 원판의 적정 건조방법을 찾고자 수행한 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다

- 1) 본 연구에 사용된 4가지 마구리 도포제 중 PVA가 판재의 마구리 할열을 예방하는데 가장 좋은 효과를 나타냈다.
- 2) 천연건조 후 측정된 판재의 마구리 함수율은 마구리 도포제 종류와 상관없이 판재 폭이 넓을수록 높게 나타났다. 즉 판재 폭이 건조속도에 영향함을 알 수 있다.
- 3) 3월부터 5월까지 대전지역에서 지붕있는 천연건조장에서 건조한 초기 건조속도는 1.2%MC/일로 USDA의 안전건조속도(safe drying rate) 1-3%MC/일을 초과하지 않았다.
- 4) 본 연구에 사용된 USDA의 참나무 열기건조 스케줄은 천연건조된 국산 굴참나무 건조에 효과적이었다. 내부할열이 없었으며 이쿼라이징과 컨디셔닝 처리 후 건조응력이 충분히 제거되었다.
- 5) pallet형 잔목 건조로도 참나무 원판의 V-크랙을 막을 수 없었으나 일반 잔목 건조에 비해 V-크랙의 갈라진 면이 깨끗했으며 다른 할열은 거의 발생하지 않았다.

3. 가공기술 개발

가. 휨가공 기술 개발

참나무 휨가공에 적절한 조건을 찾기 위해 폭20mm, 두께 5mm, 길이 300mm 시편을 대기압(1 atm)과 계기압력 1기압(2 atm)조건으로 autoclave에서 증자시켰다. 증자시간은 2, 3, 4 시간으로 증자 직후 아래 그림과 같이 휨장치에 고정시켜 상온에 두었다.



그림 4-175. 참나무 휨실험 장치

1기압 조건에서는 4시간 증자하더라도 가소성이 낮아 직경 110mm로 휘기 힘들었다. 2기압 조건에서는 4시간 처리는 목재 강도를 매우 떨어뜨리기 때문에 약간 힘을 가해도 파괴가 일어났다. 아래 결과표에 보이듯이 2기압 3시간 증자조건이 가장 적합한 것으로 나타났으며 최소직경 110mm 까지 인장파괴 없이 휘어질 수 있다. 따라서 본 실험에 사용된 굴참나무 정목재의 최대 인장률은 2기압에서 증자했을 경우 4.3%까지 늘어날 수 있음을 알 수 있다.

표 4-129. 스팀 처리 압력 및 시간에 따른 휨가공 성공시편의 수.

Steaming treatment		Curvature diameter (mm)					
Pressure	Time (hrs)	124	120	117	110	100	95
1atm	2	1/1					
	3		1/2				
	4				1/2		
2atm	2						1/4
	3			3/3	2/2	0/3	1/6
	4						0/9

나. 가공기술을 이용한 공예품 개발

본 연구에서 개발된 기술을 이용하여 참나무 술통을 비롯하여 공예품을 개발하였다. 사용된 재료는 굴참나무로 천연건조 후 열기건조 된 두께 30mm 판재와 두께 50mm, 직경 20-28mm 원판(수피가 붙어 있는 것) 그리고 5 × 50 × 300mm 소재였다.



그림 4-176. 오크통 시작품 (160×250×180mm).



그림 4-177. 메모꽃이 시작품 (27×97×68mm).



그림 4-178. 명함꽂이 시작품 (85×120×55mm).



그림 4-179. 원목받침대 시작품(φ290×220mm).



그림 4-180. 직선형꽃이 시작품 (40×160×25mm, 3EA).



그림 4-181. 펜꽃이 (120×120×150mm).

제5절 페트라참나무와 로부르참나무의 자연낙지와 비대생장

조절 (*Quercus petraea*와 *Quercus robur*)

저자 : Dr. Heinrich Spiecker

1. 문제점

가. 생산목표(참나무고급재)

고급 참나무 대경재 생산입지에서 생장한 참나무 중 일부만이(전체의 20%보다 훨씬 낮음) 고급 참나무재로 팔린다. 총 생산재적이 아닌 고급재 점유율이 경영 성과를 결정한다. 고급재 비율을 높임으로써 가치 생산력을 결정적으로 향상시킬 수 있다(BARTELHEIMER 1990). 목재 평가를 위한 중요 인자인 직경의 크기, 옹이발생 여부 등은 성장공간의 영향을 받는다. 성장공간은 수령 40~120년 사이에 결정적인 영향력을 끼치기 때문에 본 연구의 중점을 이 성장기간에 두었다.

나. 비대생장

비대생장은 생산과정에서 핵심적인 의미를 갖고 있다. 이것은 재질, 특히 크기, 옹이발생, 목재구조에 결정적인 영향을 끼친다. 비대생장은 성장공간에 의해 결정된다. 이외에도 입지 조건과 유전인자의 영향도 있을 수 있다. 본 연구에서는 수고 지위급과 비대생장과 상관계 그리고 HOCHBICHLER 등(1988)이 제안한 것과 같은 입지에 따른 무육 프로그램이 필요한가를 조사하였다. 마지막으로 페트라참나무와 로부르참나무 사이에 비대생장의 차이점이 있는가를 조사하였다.

다. 자연낙지(1차 가지)

옹이는 단지 참나무목재의 활용범위를 제한할 뿐만 아니라(참조: 생산목표 참나무고급재), 죽은 옹이는 목재부후균의 침입구가 되기도 한다(v. AUFSESS 1973, 1975). 이런 이유로 자연낙지는 고급참나무 목재생산을 위하여 중요한 의미를 갖는다.

라. 잠아지

많은 저자들은 로부르참나무가 페트라참나무 보다 잠아발생이 많다고 보고하였다

(BURGER 1944, EVANS 1982, JENSEN 1992). 같은 종의 나무라도 지역 종에 따라 많은 차이를 보인다(EVANS 1987). 잣아 형성이 유전적으로 결정되는 것인지 외부환경에 의한 것인지에 대한 아직까지도 밝혀지지 않은 질문은 본 연구에서도 대답할 수가 없다.

본 연구에서는 잣아 발생, 생장, 고사에 관해 생장공간과 비음과의 상관관계로 조사하였다.

마. 미래목 선발

목재 크기와 재질이 참나무목재의 가치를 결정한다. 수간형질 개선을 위하여 LEIBUNDGUT(1976), SCHUETZ(1979)와 MOSANDL 등(1988)은 조기 도태간벌을 추천하였다. 가장 좋은 우량목은 간벌을 통하여 선발되고 생장이 촉진되어야 한다는 사실은 이미 인정을 받고 있다.

임분 구성목의 다양한 기능에 따라 이에 상응하는 차별적인 임분 무육이 필요하다. 간벌기의 임분을 아래와 같이 구분하는 것이 목적에 부합한다.

A 참나무로 구성된 주임분

- a) 미래목
- b) 보조임분

B 하층을 구성하는 내음성이 강한 수종으로 구성된 부임분

미래목은 앞으로 임분의 가치를 보장하는 밑바탕이다. 미래목은 수확기에 도달했을 때 크기나 다른 재질특성 요구에 부합하여야한다.

보조임분의 기능은 미래목의 가치생산력 향상을 하는데 있다 : 일정한 목적에 따라 보조임분목을 제거하여 미래목의 생장을 조절한다(SPIECKER 1983a). 이외에도 보조임분는 미래목의 자연낙지와 수간비음에 기여한다(참조 WIEDEMANN 1955).

보조임분의 가장 중요한 기능은 수간과 토양보호이다. 보조임분의 목재생산 기능은 큰 의미가 없다. 미래목의 생장에 장애를 주는 대경목은 모수로 이용될 목적이라도 보조임분에서 불필요하다.

미래목과 보조임분의 구분으로 간벌 시기, 간벌 종류, 간벌 강도에 관한 결론이 도출된다. 임분이 분화가 심하거나, 임분구조가 균일하지 않을 때는, 임황은 임분 무육상태, 미래목의 발달가능성과 이에 따른 무육방법의 특성에 관한 임분 정보를 제대로 나타내지 못한다(비교

ABETZ 1980).

바. 비대생장과 낙지조절을 위한 방향제시

임분의 임목본수, 흉고단면적, 축적은 개개 미래목과 연관이 안되기 때문에 참나무임분의 가치생장의 판단과 조절을 위하여 충분하지가 않다. 그러므로 본 연구에서는 다양한 비대생장유형을 위한 미래목 선발, 미래목 중심의 간벌을 위한 기준을 개발하였다. 간벌의 순서, 강도, 규모는 다양한 무육방식을 위하여 제안되었다.

여기에서는 비대생장과 낙지를 어떻게 조절할 수가 있고 비대생장, 낙지, 잠아지의 발달 간에 어떠한 상호관계가 있는지를 제시하였다.

임황에 기초를 둔 임분 무육모델과는 반대로 본 연구에서는 제대로 무육이 안된 임분이나 균일하지 않은 임분과 혼효임분에서도 적용할 수 있는 단목무육에 중점을 둔 무육전략을 수립하였다.

연구결과에서 산림경영가가 목표와 지역적 조건에 맞는 무육전략을 선택할 수 있는 단순하고 사용하기 쉬운 방안을 도출하였다.

2. 연구방법

가. 연구방향

1) 비대생장의 조절

비대생장 조절을 위한 기본은 성장공간에 따른 비대생장이 제시된 단목성장모델이다. 모델의 가장 중요한 기초자료는 일회 실시로 측정되는 임목의 수관폭과 흉고직경이다.

비대생장에 끼치는 다양한 간벌강도의 장기적 영향은 다양한 강도로 실시된 간벌임분을 대상으로 조사되었다. 여기에서 동일한 조사지에서 임목성장 분화가 관찰되었다. 성장공간확대에 대한 단기적 성장반응의 설명은 수간석해에 의한 수간높이별 연년 비대생장 측정으로 이루어진다.

2) 자연낙지의 조절

연구 기초자료는 다양한 임령과 다양한 강도의 간벌이 실시된 임분의 1회 조사로 수집되었다. 생지 지하고(수관이 시작되는 부위의 높이)와 고사지 지하고의 정의는 이용기술 측면

에서 결정된다. 생지 지하고는 가장 밑에 있는 살아있는 가지 높이이며 고사지 지하고는 고사지 부분의 유향이 완료되지 않은 외형적으로 식별이 되는 고사지 부분의 높이이다.

다중회귀모델 자료로 다양한 무육방향을 위한 생지 지하고와 고사지 지하고의 높이가 변동이 산정되었다. 이러한 발달시리즈에서 외형적으로 옹이가 없는 수간 부분에 옹이 분포부분의 크기를 산출하였다.

3) 잠아지 발생 억제

잠아지 발생과 생장에 끼치는 환경인자를 판단하기 위해 잠아지의 발달단계와 수간내 발생부위에 대하여 차별적인 특징과악이 필수적이다.

* 잠아지의 나이는 다양한 방법으로 알아 볼 수 있다:

a) 임목의 연년생장 마디의 숫자로 추정하는 방법

가지는 나이가 들어감에 따라 밝은 초록색에서 어두운 갈색으로 변한다. 가지생장의 경계는 아린이 남긴 반지모양의 흔적으로 구분을 한다. 이러한 방법의 나이구분은 년중 2차생장에 의하여 정확하지 않을 수 있다. 가지의 2차생장 때문에 가지의 나이가 실제보다 과대치로 나타날 수 있다. SPAETH(1912)와 SCHAPER(1978)는 가지의 2차생장이 기상의 영향을 많이 받고, 2차 가지생장이 페트라참나무보다 많은 로브르참나무는 연간 2회 2차생장도 가능하다고 하였다. 이와는 반대로 나이가 많은 잠아지의 어린 부분이 동해 등으로 고사하면 측아지가 발생하여 나이가 과소치로 나타날 수도 있다.

b) 잠아지 기저부 단면의 연륜 측정에 의한 방법(참조 SPAETH 1912)

c) 수간의 목재구조적인 분석에 의한 방법

동아의 가지생장은 동아 기저부 수선의(참조: 잠아지의 형성과 발달) 직경생장에 의한 것이기 때문에 잠아지 발생의 시기는 동아 기저부 수선이 확장되는 연륜을 바깥에서부터 안쪽으로 측정하면 알 수 있다.

본 연구에서 실시된 많은 숫자의 잠아지의 특징과악은 비용상으로 볼 때 방법 a)로서 가능하였다. 여기에서는 1년생, 2년생, 3년생 그리고 4년생 이상의 잠아지로 구분하였다. 이외에도 잠아지 길이도 고려되었다(참조: 잠아지). 잠아지 나이, 길이, 분포는 잠아지 발생에 의한 재질감소의 판단기준으로 이용되었다. c)방법은 잠아지배의 발달사를 구명하기 위하여

특별한 경우에만 사용되었다. 이 방법으로 잠아지배와 수와의 상호관계가 있는지 여부와 반복적인 물리적인 잠아지 제거가 목재구조에 어떻게 영향을 끼치는지를 조사하였다.

발달단계 부분에서는 동아, 고사 잠아지, 생 잠아지를 구분하였다. 잠아지는 나이와 길이에 따라 등급을 정하였다. 잠아지의 발생 위치 조사에서 방위와 수간내 높이가 측정되었다. 임목들은 생장급, 사회적 수형급이나 최종 간벌시기, 수간 비음정도에 따라 그룹화 하였다. 잠아지 발달의 비교를 위해 잠아지 개수 이외에도 다양한 잠아지 등급으로 상대적 점유율을 이용하였다.

4) 회귀모델의 종속변수와 독립변수

간단히 조사될 수 있는 독립변수는 모델의 적용을 용이하게 하는 반면, 모델 작성을 위한 측정비용은 추후 이용시에 별 의미가 없다. 이렇기 때문에 본 연구에서는 흉고직경($d_{1.3}$), 수령(t)이 독립변수로 수관폭은 종속변수로 계산되었다 : $b=f(t, d_{1.3})$

저자는 직경생장이 수관폭 생장에 의해 결정된다는 것을 인지하고 있었다 : $d_{1.3} = f(b,t)$

나. 조사지의 선정과 구획

1) 조사지 선정

조사지 선정의 기준은 임분의 무육상태, 생육단계, 입지이다.

고급 참나무목재의 생산에 적합한 입지가 선호되었다. 바덴-뷔르템베르크주에서 이러한 입지는 상부라인강 저지대(Oberreheinisches Tiefland), 흑림(Schwarzwald), 슈베비시 알프(Schwabisch Alb), 넥카란트(Neckarland) 생장권역에 분포한다. 스페르트와 켈쩌발트지역에서는 고급 미장용재 생산이 가능한 입지가 선정되었다. 이외에도 다양한 강도의 간벌을 모범적으로 실시한 덴마크의 간벌 시험지를 조사지로 선정하였다.

2) 조사지의 크기와 구획

조사구에 임목본수나 조사면적을 일정하게 할 것인가에 대한 문제는 다음과 같은 점을 고려하였다: 장기 시험구에서는 조사구의 면적을 일정하게 유지하는 것이 유리하다. 최종단계에 통계학적으로 요구되는 임목 본수로 시험구의 필요한 최소 조사면적이 결정된다. 다양한 생육단계별 1회 조사시에는 다양한 조사면적으로 일정 임목본수를 조사하는 것이 유리하다. 본 조사구의 ha당 임목본수는 80~1,800본 사이이다. 일정한 면적의 조사구는 조사 임목본

수의 차이가 크게 난다. 이러한 차이는 조사비용과 분석결과의 공신력 사이의 관계를 불리하게 영향을 끼친다.

일부 특성이 있는 임목만을 조사하는 경우에는 대상 임목의 본수가 일정하게 유지되어야 한다. 대상임목 주위의 이러한 특성이 없는 임목의 본수는 변수이다. 예로서 개개 조사구에 미래목 본수를 일정하게 유지하는 것을 상상할 수 있다. 본 조사에서는 조사대상을 우선 미래목에 한정을 두지 않았다. 주요 결론은 미래목 발달의 목표 지향적인 조절에 중점을 두었다. 이렇기 때문에 조사구마다 주임분의 25본 참나무를 종합적으로 조사하였다. 여기에서 조사구들에서 사회적 수형급이 여러 가지로 다르게 나타나는 것을 감수하여야 한다. 이러한 것들은 조사구들을 비교할 때 고려되어야 한다.

조사구 경계구분은 25본의 참나무와 이 참나무들 주위 임목의 수관투영면적외곽사이의 다각형으로 수관투영도에 설정이 되었고 디지털타이저로 분석되었다. 이러한 방법으로 측정된 조사구면적은 조사구내 임목본수가 작을 때에 조사구의 크기와 형태가 일정하게 주어진 것보다 정확한 기초면적이다(비교 PRODAN 1968).

주임분의 25본 참나무 이외에 부임분의 임목과 인접 경계목의 위치와 특성도 파악되었다. 이와 마찬가지로 모든 그루터기도 조사되었다. 개개 조사임분의 임목분포도, 수관투영도, 임분 서술부가 작성되었다.

다. 임목특성파악

1) 주임분

가) 직경, 사회학적 수형급, 임령, 위치

수간직경은 직경테이프로 1.3m, 5.0m높이를 측정하였다. 5.0m 높이의 직경은 사다리를 이용하여 측정하였다.

수령측정은 이전에 벌목된 나무의 그루터기에서 연륜측정을 기본으로 하였다. 연륜숫자에 3년을 더하고 벌목시기와 연륜측정시기의 경과기간(비고: 제거목)을 추가로 더하였다. 보완적으로 영림계획서와 사업실행부를 참고하였다. 1.3m 높이의 수간중심점의 위치와 그루터기 중심점은 직각좌표로 측정하였다.

나) 연년 직경생장의 측정

연평균 흉고직경생장은 본 조사에서는 임목의 흉고직경측정으로 산정하였다. 여기에서 수

피를 포함한 직경을 2등분하고 수령으로 나누었다. 이 정의는 직경생장에 관한 결과를 실무적 이용에 쉽게 하기 위하여 선정하였다. 수피포함 흉고직경은 간편하게 측정할 수 있고 수령은 실무적으로 영림계획서에서 쉽게 알아 낼 수 있다. 이렇게 측정된 직경생장은 1.3m 높이의 평균 연륜폭과 구분을 하여야 한다 : 한편으로는 수피 포함 직경을 측정하였고, 다른 한편으로는 1.3m 높이의 연륜숫자가 실제 수령보다는 적다. 그럼에도 불구하고 이 두 가지 점이 상반되는 영향을 끼치고, 최소한 부분적으로 상호보완을 하기 때문에 이러한 정의의 직경생장을 1.3m 높이의 연륜폭을 지표로 이용할 수 있다. 긴 수간에 연륜폭의 정확한 특징과 약은 수간높이에 따라 변하기 때문에 1.3m 높이의 직경측정으로는 충분하지가 않다(참조: 수관높이별 비대생장). 모든 조사목의 연평균 직경생장이 산정되었다.

장기 간벌시험지에 위치한 12개 조사구에선 개개목의 주기적 수피를 포함한 직경생장을 이전의 조사자료로 이용하여 산정 할 수 있었다.

위의 12개 조사구와 인접임분에서 36본의 임목을 별채하였다. 별채목 높이 1.3m, 5m에서 그리고 이후 5m간격으로 단판을 채취하였다. 고가치 미장용 목재의 경우에는 위의 기준을 그대로 적용하지 않았다. 이 경우에는 이용 기술적인 면을 고려하여 절단된 줄기의 끝부분에서 단판을 채취하였다. 개개 단판에서 4방위로 수피를 제외한 연년 직경생장량을 측정하였다.

다) 수관투영면적, 수관투영면적과 생장면적의 측정

수관면적측정을 위하여 수관의 형태, 위치, 크기를 확인할 수 있는 방법을 개발하였다. 우선 지표면에 투영된 수관의 8지점에 폴대를 세운다. 8지점은 1지점을 중심으로 하여 양쪽의 2지점과의 연결선이 수관 외곽선과 평행에 근접하게 선택을 한다. 균일하지 않은 수관은 수관을 정확하게 측정하기 위하여 수관반경이 크거나 작은 곳에 측정점을 선정한다(비교, SPIECKER 1983a). 2번째 과정으로 수관외곽부를 SUUNTO경사계를 이용하여 수직점을 측정하여 폴대를 정위치로 이동 설치한다. 경사계를 이용하면 수관이 높은 경우 발생하는 수직지점 측정오류를 최소화 할 수 있다(ROEHLE 1986). 수관외곽선 돌출부나 함몰부의 임의 조정은 경사계 이용시 시야가 제한을 받지 않으므로 가능하다(비교 ASSMANN 1961).

ASSMANN(1961)에 의하면 임목의 생장면적은 수관면적과 수관외 면적으로 구성된다. 수관외 면적은 개개 임목의 수관사이의 중간선을 기준으로 각각의 면적을 해당 임목의 면적으로 배당한다. 상층부의 모든 임목의 생장면적은 수관투영도에 도식화되었으며 면적을 산정하였다. 이 면적은 조사당시의 개개목의 생장면적 추정치로 볼 수 있다. 생장면적은 임분발

달 과정에 따라 변한다(WIEHE 1978). 이러한 변화는 무육에 의하여 뿐만 아니라 자연적인 생장구분화 과정에 의하여 나타난다. 이것은 임목의 사회적 위치에 따라 영향을 받는 개개 목의 반응에 따라 나타난다. 이렇기 때문에 생장면적에 따른 결과는 조심스럽게 해석되어야 한다.

라) 수고, 수관고, 고사지 높이

수관의 수직적 발달과 낙지고의 특성을 파악하기 위하여 수고, 수관고를 SUUNTO수고측 정기로 측정하였다. 수관고는 생지고를 측정하였다. 여기서 잠아지고는 고려되지 않았다. 수관고의 아래 부분은 대부분 고사지가 유합이 안된 고사지 부위와 연결된다. 고사지의 높이도 측정하였다. 이외에도 고사지 부위에 유합이 안된 고사지의 숫자를 조사하였다.

마) 잠아지

본 연구에서는 외형적으로 구분이 되는 잠아지의 발달과정을 위한 구분이 필요하였다. 이것을 위하여서는 가지의 나이(참조: 잠아지 발생 억제) 년도가 가장 적합한 것으로 보였다. 나이가 많은 잠아지는 길이로 구분하였다. 아래와 같이 잠아지를 구분하였다:

- 1 = 1년생
- 2 = 2년생
- 3 = 3년생
- 4 = 4년생 이상 전체길이 1m 이하
- 5 = 4년생 이상 전체길이 1m 이상

잠아 생지와 잠아 고사지의 구분에도 위의 구분을 적용하였다. 잠아 고사지가 가지의 일부분만 남은 경우 전체길이를 추정하였다.

바) 수간비음

비음형태의 구분이 복잡하지 않도록 단지 수간높이 4m까지 조사를 실시하였다. 비음상태 구분은 4계급로 구분하였다.

- 1급 : 높이 0-2m, 주위 임목의 가지가 1m이내에 접근한 경우
- 2급 : 높이 2-4m, 주위 임목의 가지가 1m이내에 접근한 경우
- 3급 : 높이 0-2m와 2-4m에 주위 임목의 가지가 1m이내에 접근한 경우

4급 : 3급과 동일, 2중으로 비움된 부위가 수간의 50% 이상인 경우

1급-3급까지는 별도로 구분이 되지만 4급은 3급의 예외상황으로 구분되었다. 이외의 경우에는 4m 이상의 높이에서는 주위 임목의 가지가 1m 이내에 접근하지 않았다.

2) 부임목과 임연목

모든 부임목과 임연목의 수종, 흉고직경, 수고, 위치(1.3m 높이의 수간중심점)를 조사하였다. 수관조사는 상층목 조사방법으로 실시하였다(참조: 수관투영면적, 수관투영면적과 생장면적의 중심).

부임목이 참나무 수간의 잠아 발생에 끼치는 영향을 파악하기 위하여 참나무 수간에서 1m 거리 이내에 접근한 가지는 별도로 조사하였다(참조: 수간비움).

3) 제거목

별도 시기는 그루터기의 부후 정도에 따라 3등급으로 구분하였다.

1. 간벌시기 5년 이내
2. 간벌시기 5-10년 사이
3. 간벌시기 10년 이상

위와 같은 개개의 3등급에 대한 제거 임목의 분수, 단면적은 수종별, ha단위로 산정되었다.

4) 측정시기

전체 41 조사구 중 36조사구는 1978년과 1979년에 조사되었다. 노이엔스타트(Neuenstadt) 영림구의 100년생 참나무 조사임분은 1981년에 뮐하임(Muellheim)의 160년생 참나무시험지 144/1-4는 1982년도에 조사를 실시하였다. 조사는 잎이 난 시기에 실시하였다(참조: 수관투영면적, 수관투영면적과 생장면적의 중심).

3. 조사대상

가. 입지

41개 조사구의 위치는 표 5-1에 제시되었다.

표 5-1. 조사구의 지역적 분포.

지역	영림구	조사구 숫자
라인강 상류지역 (Oberrheinisches Tiefland)	뢰라흐(Loerrach)	1
	칸데른(Kandern)	1
	뮐하임(Muellheim)	5
흑림(Schwarzwald)	후라이브르크(Freiburg)	2
	후라이브르크(Freiburg)	2
슈베비시 알프(Schwaebische Alb)	랑엔아우(Langenau)	2
	블라우쉬타인(Blaustein)	3
넥카란드(Neckarland)	마울브론(Maulbronn)	1
	귀글링엔(Gueglingen)	4
	에핑엔(Eppingen)	1
	군텔스하임(Gundelsheim)	2
	외링엔(Oehringen)	2
	노이엔 쉬타트(Neuenstadt)	1
	바드 메르겐트하임(Bad Mergentheim)	1
라우다-코니히스호펜(Lauda-Koenigshofen)	1	
스페사트(Spessart)	로르브룬(Rohrbrunn)	4
휠처발트(Pfaelzer Wald)	요하니스크로니츠(Johanniskreuz)	2
덴마크(남동 -Seeland)	브레겐트웨드(Bregentved)	6

나. 조사임분

1) 주임분

41개 조사임분은 대부분 주 수종이 페트라참나무, 일부 임분은 로브르참나무, 그리고 페트라참나무와 로브르참나무의 혼효로 이루어졌다.

표 5-2. 조사임분의 수종분포.

조사지역	조사임분 숫자		
	페트라참나무	로브르참나무	페트라+로브르 참나무혼효
라인강 상류지역/흑림(Oberrheinisches Tiefland)/(Schwarzwald)	8	2	1
슈베비시 알프(Schwaebische Alb)	2	1	2
넥카란드(Neckarland)	5	2	6
스페사트(Spessart)	4	-	-
펠쩌발트(Pfaelzer Wald)	2	-	-
덴마크(남동-Seeland)	-	6	-
계	21	11	9

2) 부임분

조사임분 중 8개임분은 부임분을 조사하지 않았다. 대부분의 조사임분에서는 부임분은 하층목으로 이루어졌다. 일부 임분에서는 부임목이 참나무 상층임관까지 성장하였다. 특수한 경우로는 대상 혼효된 루브라참나무가 참나무를 피압한 것을 들 수 있다. 20개 조사임분에서 부임분 수종이 너도밤나무, 7개 조사임분의 부임분 수종은 서어나무가 혼효된 너도밤나무로 구성이 되었으며, 서어나무, 피나무, 개암나무로 구성된 부임분은 희귀하였다. 부임분 임목본수는 유령림의 경우 참나무 임목본수와 큰 차이가 나지 않았으나 노령림의 경우에는 부임분 임목본수가 참나무 임목본수의 8배까지 나타났다.

3) 조사임분의 개황

가) 장기간별시험지

다음과 같은 장기 간별시험지는 본 조사대상으로 포함되었다.

- a) 뮐하임 참나무 144/1-4 간별시험지
- b) 로브룬지역 간별시험지 90/1-3
- c) Bregentved 지역의 간별시험지 QX와 QY

나) 스페사트와 뿔쩌발트의 고급용재 참나무 노령림

하이스터블록(로브룬/스페사트)와 밀리오네피어틀(요하니스크로이츠/뿔쩌발트)의 참나무 노령림은 중부유럽에서 가장 가치가 높은 참나무림에 속한다. 이 임분에서 생산된 미장용 참나무목재는 5,000~10,000마르크/m³(260만원~520만원)로 팔린다. 이 임분들의 역사와 현재 상황은 고급참나무재 생산에 관한 방향을 제시하기 때문에 여기에서 자세히 설명을 하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 비대생장 조절

수관폭 발달과 비대생장 사이에 밀접한 상관관계는 비대생장 조절의 기초자료로 이용된다. 이 상관관계는 임령 40-120년, 원형 및 편심 수관의 참나무와 ZIMMERLE(1930) 수확급 I과 II, 페트라참나무와 로브르참나무에 거의 비슷하게 적용된다. 이것을 기초로 하여 일정한 생장을 보이는 연년 비대생장으로 만들어진 임분모델은 다른 연구의 무육프로그램과 일치하였다. 임목본수, 단면적, 재적은 조절인자로 적합치 않은 것으로 입증되었다. 미래목 위주의 무육을 위한 중요인자는 임령과 미래목의 직경이고, 간벌량의 결정을 위한 추가인자는 수고이다.

미래목의 비대생장조절을 위하여서는 전 이용의 시간적 공간적 배분이 중요한 의미를 갖는다. 간벌 초기에 미래목의 비율이 낮은 동안에는, 우세한 간벌목의 제거는 미래목의 선택적 촉진을 유발한다. 이로서 앞으로 형질이 우수한 임목의 우세성이 보장되는 자체분화 잠재력이 발생한다.

연평균 비대생장 2.0mm에서는 1.5mm에서 보다 간벌량이 초기에는 많이 그리고 후기에는 적게 발생한다. 다양한 유형의 10년단위 간벌량은 간벌기에 따라 차이가 나지만 전체적으로

거의 같은 수준을 보인다. 높은 비대생장에서는 생산목표가 조기 달성되고, 전이용 비율이 낮다. 이외에도 대경재가 조기에 생산된다. 간벌 초기의 직경은 지속적으로 이후에 발생하는 간벌량에 영향을 끼친다. 간벌 초기의 큰 직경은 낮은 전이용을 유발한다. 간벌 초기의 동일한 조건에서 목표직경에 도달할 때까지의 전이용 합계가 비대생장이 높은 무육유형에서 적다.

단위면적당 재적생장은 다양한 무육범위 내에서 차이가 적게 난다. 가치생장을 위하여서는 목재의 형질과 크기가 재적생장의 차이보다는 결정적이다. 미래목 성장촉진으로 형질이 우수한 개개목에 성장을 집중시킬 수 있다.

나. 자연낙지의 조절

수관부의 경쟁을 통하여 자연낙지를 가속화시킬 수 있다. 조기 자연낙지는 수간내부에 옹이부위의 확장을 막을 수 있다. 옹위 부위의 크기가 결정되는 가장 주요한 시기는 소경목 시기이다(참조: 수간 내부 가지와 비대생장). 이 시기에는 수고생장이 정점에 이를 때이며, 또한 가지의 굵기도 가는 때이다. 이후에는 자연낙지가 서서히 이루어진다. 옹이가 없는 목재생산은 이외에도 형질이 우수한 미래목 선발로 향상시킬 수 있다. 소경목 시기에는 미래목 후보목의 발달을 방해하는 저가치의 임목이 발생하였을 때나 임분이 균일하여 자체 우열이 발생하지 않아 경쟁이 심해질 때 무육을 실시한다.

* 신속한 자연낙지를 유도하기 위하여 무육을 주저하는 경우에는 다음과 같은 단점이 있다.

- a) 자연낙지 촉진은 낮은 비대생장을 유발한다. 이외에도 수관이 작은 임목의 소개에 대한 성장반응은 낮으며, 목표직경에 도달하는 시기도 늦어지고(참조: 장기 간벌시험지의 직경성장 발달), 소경재의 생산량이 많아진다.
- b) 수관이 작은 참나무에는 많은 맹아지가 발생한다(참조: 잠아지 형성). 높은 지하고에 의한 재질향상은 경우에 따라서는 맹아지의 발생으로 불가능하게 된다(참조: 잠아지의 물리적, 화학적 제거).
- c) 지하고가 높고 직경이 작은 수관이 작고 과밀한 상태로 성장하고 나무는(h/d 값이 높음) 습설이나 얼음에 의해 수간이 부러질 위험이 높다.

예로서 수령 50년에 지하고가 수고비 60%이상인 임목을 키우려면, 년평균 비대생장량 2.0mm 이하의 성장량으로 만족해야 한다. 수확급 I 이나 II(ZIMMERLE 1930)의 입지에서

는 이 높이가 11m나 10m에 해당된다. 수확급 I의 입지에서는 지하고가 수확급 II의 입지보다 1-2m 높다.

임목이 생산목표와 입지조건에 적합한 지하고에 도달하면 미래목의 비대생장축진을 위한 간벌을 실시한다(참조: 비대생장). 생장공간확장은 수관하부의 가치를 강하게 한다. 또 다시 임관층을 울폐시키는 것은 여러 가지 해로운 점이 있다. 이미 심재가 형성된 가지는 고사하지만 옹이가 없는 수간의 비대생장은 감소하고, 고사지 부위의 재질은 향상이 거의 안된다. 심재가 형성되고 고사한 굵은 가지는 서서히 부후된다. 이러한 부위는 수관하부로 내려가 심재부후를 유발하는 부후균의 침입구가 된다. 이로써 발생하는 가지저하는 조기수확을 불가피하게 만든다.

형질이 우수한 임목에 대한 초기에는 서서히 그리고 후에는 점진적으로 강하게 실시하는 무육은 균일한 비대생장 뿐만 아니라 옹이가 없는 목재의 비율을 높게 한다.

다. 잠아지의 물리적, 화학적 제거

잠아지의 물리적, 화학적 제거 가능성에 관하여는 여러 가지 저서가 있다. VOSS(1935와 1941)는 손도끼로 잠아를 으깨는 방법을 시도한 STRIEPECKE의 시험에 관하여 보고하였다. 이 방법은 모든 잠아를 발견할 수가 없고, 손도끼 자국이 수간부에 남아 합판용 참나무 재 생산에 위험을 줄 수 있기 때문에 큰 이용가치가 없다. VOSS에 따른 개선된 방법은 박피법이다. 충분히 박피를 못하면 잠아지가 다시 발생할 가능성이 높다. 박피 수년후에는 수간부 동상이 많이 발생할 수 있다(VOSS 1941과 1947; 수간동상에 관한 참조 BUTIN 등 1982, CINOTTI 1991).

HARTIG(1878)는 잠아지 제거를 위하여 가지치기를 실시할 것을 제안하였다. 이러한 방법은 다시 잠아지가 발생할 가능성이 크므로, BURGER(1944)와 WIEDEMANN(1955)는 3년이나 3~5년 간격으로 가지치기를 반복하여 실시할 것을 추천하였다. BIRNER(1933)는 잠아지 형성은 간벌 15~20년 후 까지 그리고 이에 적합한 큰 수관이 발달될 때까지 지속된다고 생각하였다.

덴마크 Bregentved 지역에서는 미래목의 잠아지를 수령 45년부터 매년 지타칼로 제거하였다(HOLTEN 1986). 1979년에 이 시험지의 참나무를 벌채하고 톱으로 여러 부위로 절단하였다. 모든 잠아지는 수와 연결이 되어 있었다. 목재속으로 유입이 된 잠아지 잔존부분에서 일부 잠아가 초기에 발아를 하여 잠아지를 형성하였다가 다시 고사한 것을 알아 볼 수 있었다. 종종 잠아수선이 잠아지 고사 후에도 분열한 것을 볼 수 있었다(잠아지의 형성과 발달).

어린 잠아 생지와 고사지가 수피 외부로 떨어져 나간 부위에서는 잠아와 잠아지 흔적이 없었다. 제거된 잠아지 기저부에 자잠아(子潛芽)가 형성되고, 다시 잠아지를 형성한다. 한 잠아 수선은 몇 년 내에 여러 가지로 부채꼴로 분화할 수 있다. 이러한 부채꼴은 목질부에서 확실히 볼 수 있기 때문에 합판용재로서의 품질이 저하된다고 볼 수 있다(비교 KNIGGE 등 1966). 수피 부분에 나타난 부채꼴이 나타나면 직경이 몇 cm가 되는 잠아지 무더기가 나타난다. 잠아지 발생에 유리한 조건이 유지되는 것처럼, 지속적으로 잠아 형성을 막지를 못한다(비교 SEEHOLZER 1934).

SPLETTSTOESSER(1957)는 참나무 잠아지 제거를 위한 화학적 방법을 개발하였다. 나무 잎이 활짝 피었을 때 지금은 사용이 금지된 TORMONA 80을 살포하는 것이다. 살포 몇 시간 후에 잎은 시들고, 같은 해에 잠아지는 고사한다. 가지와 목질부 사이에 격리층이 형성되어 목질부에 다른 피해가 발생하지 않는다. SCHUMACHER(1963)는 참나무, LIESE(1957)는 흑포푸라 나무에서 거의 같은 결과를 얻었다. 그럼에도 불구하고 이 방법에서는 잠아가 다시 잠아지를 형성할 수 있기 때문에 SPLETTSTOESSER는 1년 뒤 봄에 다시 반복할 것을 추천하였다. EVANS(1987)는 Maleinhydrazid가 사용 이후 년도에도 잠아형성을 저지한다고 보고하였다. 이 방법을 사용하면 임목의 비대생장이 저하한다는 것을 확인할 수 있다.

1) 잠아지 발생 방지

잠아지 형성 경향은 임목별로 다르다. 잠아지배(潛芽枝胚)가 정아배로 어릴 적부터 나타나고(잠아지의 형성과 발달), 수간 하부의 잠아지배 개수가 앞으로의 수간 상부에 잠아지 형성(잠아지의 높이)을 추정할 수 있기 때문에, 조기에 알아볼 수 있다. 잠아배가 적은 참나무를 선별하고 촉진함으로서 잠아지 형성을 막을 수 있다.

잠아 발달은 환경조건의 영향을 많이 받으나. 잠아지 개수와 분포는 환경영향을 적게 받기 때문에(잠아지의 형성과 발달), 잠아배(아, 다양한 크기의 잠아 생지, 고사지)의 발달단계는 잠아 개수와 분포에 비하여 선별기준으로 부적당하다.

잠아지는 수간고가 높아질수록 나이가 많고 길어진다(잠아지의 높이). 이와 함께 재질 저하는 유합된 잠아지로 인하여 수간고가 높아질수록 증가한다. 이러한 것은 목표 지하고를 설정하는데 고려되어야 한다.

수관형성은 잠아지 개수보다는 잠아지 발달에 큰 영향을 끼친다. 수관이 작은 임목에서는 잠아지의 나이가 많고 길며, 재질이 많이 떨어진다. 수관이 큰 임목에서는 이외는 반대로 잠아발달이 저지된다(잠아지와 비대생장, 잠아지와 임목의 사회적 (Kraft)수형급).

간벌 후 몇 년 동안은 잠아지 발생이 촉진된다(잠아지와 간벌). 이렇기 때문에 수관발달의 촉진을 포기하는 것은 실수를 하는 것이다. 수관부의 불필요한 소개를 막기 위하여서는 생산목표에 부합되는 형질이 우수한 임목의 무육에 초점을 맞추어야 한다. 보조 임분에는 가능한 한 조금만 무육을 실시한다. 수관층의 소개는 자체분화(모델임분)를 이용함으로써 제한을 하여야 한다.

부임분에 의한 수간비음은 잠아의 발아를 못 막지만, 잠아지 발달을 저지한다(잠아형성과 비음). 부임분은 이래서 중요한 보조기능을 갖고 있다. 인위적인 잠아 제거(잠아지의 물리적, 화학적 제거) 위에 언급한 임분무육을 대체할 수 없다.

5. 조림학적 결론

가. 일반사항

조림학적 시업으로 성장공간과 함께 비대생장을 조절할 수 있을 뿐만 아니라 자연낙지도 조절할 수 있다. 여기에서 목표갈등이 발생한다. 비대생장 촉진은 자연낙지과정과 연계된다. 이러한 목표갈등은 2가지 목표를 2단계 무육기로 구분하여 실시하면 해결될 수 있다:

첫 번째 시기의 무육목표 : 형질이 우수한 임목의 활력도와 안정도를 유지하면서 **자연 낙지**를 촉진

두 번째 시기의 무육목표 : 미래목의 **비대생장** 촉진

나. 1차 무육시기 : 자연낙지의 촉진

수관공간의 경쟁을 통하여 소경목 시기에 자연낙지를 가속하고, 이와 동시에 옹이가 있는 목질부의 크기를 감소시킨다(참조: 다양한 비대생장에서의 생지와 고사지 지하고). 이것을 위하여서는 낮은 비대생장을 감수하여야 한다. 예로서 수령 50년생 참나무 지하고를 수고비 60%로 키우려면 - 이 수치는 수확급 I과 II(ZIMMERLE 1930) 입지에 11m나 10m에 해당된다 - 연평균 직경성장량 2.0mm로 만족해야한다. 이것을 위한 경쟁 압력은 50년생 동령 일제림에서 최소 700분의 우세목이 성장하는 임목밀도로서 도달할 수 있다.

자연낙지를 위한 경쟁압력의 유지를 위하여서는 이 시기에 무육을 최소화하여야 한다. 무육은 미래목 후보목이 가치가 낮은 임목에 의해 발달이 방해를 받거나, 균일한 임분내에서

자체분화가 일어나지 않고, 이로서 경쟁압력이 증가할 때에만 실시한다.

*너무 높은 경쟁압력은 다음과 같은 이유 때문에 피해야 한다.

목표직경에 예정보다 늦게 달성하게 되고(참조: 장기 간벌시험지의 직경생장 발달), 수관이 작은 임목은 빈 공간에 대한 성장반응이 특히 낮다. 이외에도 수관이 작은 임목은 잠아지가 잘 발달한다. 높은 수관에 의하여 가능한 재질향상이 경우에 따라서는 수간 상부에서 잠아지 발달을 촉진하여 이루어질 수 없다(참조: 잠아지의 높이). 높은 위치의 수관과 가는 수관을 갖는 임목은 습설이나 얼음에 의한 수간 절단으로 위협해진다. 결과적으로 소경재 생산이 많아진다.

2차 무육기에 도달할때까지 미래목 후보목의 충분한 본수, 형질, 활력도, 공간분포를 위한 무육사업은 생산목표에 따라 주어진 요구에 충분히 이바지한다. 미래목 후보목의 본수는 추후에 선발되는 미래목 본수보다 훨씬 많다. 조기에 실시되는 도태간벌(LEIBUNDGUT 1976, SCHUETZ 1979)을 통하여 형질이 우수한 임목의 발달이 더욱 촉진된다. 자연 도태과정에 간섭이 일찍 시작될수록, 도태간벌시에 형질을 보다 더 고려하여야 한다.

다. 2차 무육시기 : 미래목의 비대생장 촉진

1) 미래목 선발

가) 선발시기

수관 하부까지의 고사과정이 목표로 하는 지하고에 접근하였을 때, 활력도(수관형성), 앞으로의 형질발달(수간형, 가지, 잠아지개수)를 예상할 수 있다. 자연낙지는 무육목표로서의 의미를 상실하고, 무육은 한정된 임목의 비대생장 촉진에 중점을 둔다. 이 시기에 목표에 맞는 미래목(참조: 미래목 정의, 미래목선발)을 선발한다.

실제로 이를 수 있는 무가지 수간 장에 관한 방향은 스페사트지역과 펠짜발트지역의 고가치 참나무임분에서 볼 수 있다. 이 곳에서는 유합이 안된 고사지 부위까지의 높이가 평균 12~13m이다. 이러한 무가지 수간 장은 입지, 목표 비대생장에 따라 달라진다. 높은 비대생장이나 입지조건이 좋지 않은 임분에서는 짧은 무가지 수간 장으로 만족해야 한다(참조: 수간직경과 비대생장에 따른 고사지 및 생지의 상대적 지하고의 결정 모델과 자연낙지와 수고지위급).

나) 선발기준

생산목표 참나무고급목재는 미래목의 우량한 수간형질을 요구한다. 수간이 곧고, 가지가 없으며 결함이 없는 임목이 선호된다. 잣아지 형성 경향도 중요한 선발기준이다. SPELLMANN 등(1990)의 조사에 의하면 약한 수간 굴곡 외에도 잣아지, 용이혼적 개수가 미래목선발의 중요한 결함인자이다. 이 결함으로 의하여 이 임목들이 제거될 수도 있다. 미래목 선정을 위하여 잣아와 잣아 생지와 고사지의 개수와 분포가 잣아와 잣아지의 단기적으로 변하는 발달단계보다 중요하다(참조: 잣아지형성).

생산 위험도를 피하기 위하여서는 수관이 잘 발달된 우세목이나 초우세목을 미래목으로 선발해야 한다. 미래목 선발시 활력도보다 형질이 우선될수록 그리고 미래목 성장 촉진이 늦게 실시될수록, 자연도태 원칙이 멀어진다(참조: 스페사트와 켈저발트의 고급용재 참나무 노령림, 수관폭과 수간직경). 단지 집약적인 무육을 통해서만이 이러한 위험을 최소화 할 수 있다.

미래목 간격은 ha당 미래목 본수에 의해 결정된다. 형질과 활력도를 위하여 꼭 필요하다면 미래목 분포에서 미래목 간격을 고려하지 않을 수도 있다. 한 쪽의 미래목 간격이 좁으면 다른 쪽의 임목 간격을 이에 해당되는 거리로 넓혀 보완을 하여야한다. 이러한 경우이면 적당 생산력, 형질, 활력도에 부정적인 영향을 끼치지 않는다.

다) 미래목 본수

생산목표에 도달할 수 있는 참나무 본수는 목표직경과 연륜폭에 의하여 결정된다. 예로서 목표 흉고직경 70cm, 연평균 직경성장 2.0mm를 가정하면, ha당 미래목 본수가 약 80본, 연평균 직경성장 1.5mm에서는 미래목 본수가 약 90본으로 산정된다(비교: 미래목 본수, 목표 직경, 윤벌기). 이 수치는 미래목 평균 간격 11~12m에 해당된다. 위의 미래목 본수는 임목 밀도 1을 기준으로 하였기 때문에 최대 본수로 보아야 한다.

장기 생산기간의 관점에서 보면 미래목에 추가하여 예비 미래목의 선정과 무육이 필요한 가라는 의문이 생긴다. 만약 미래목이 없다면 이 주위에 적합한 미래목 감이 있다면 대단히 바람직하다.

간벌 초기단계에는 특별한 조치가 없이도 미래목의 경쟁목 제거로 인하여 이득을 본 주위 보조임분에서 대체목을 쉽게 찾을 수 있다. 수령이 증가함에 따라 그리고 활력이 좋은 임목의 성장공간요구가 커짐에 따라 예비 미래목이 필요한 자리에 없다. 예비 미래목의 선발로 위험감소의 한정된 가능성은 다른 단점들에 대치가 된다. 예비 미래목은 초기 간벌단계에

간벌재적을 증가시킨다. 추가적인 수관 소개로 잡아지 발생위험이 증가한다. 예비 미래목은 이외에도 간벌방법에 무리하게 작용을 한다. 추가 예비 미래목의 선발로 생산위험도를 감소시키려면, 활력이 높은 나무를 예비 미래목으로 선발하여야 한다. 활력이 높은 많은 임목들의 수관부 발달을 촉진하기 위해서는 보다 많은 중·하층의 약한 임목을 제거해야 한다. 이러한 간벌의 결과는 비자연적인 임분 균일화이다. 보조임분은 조기에 모두 사라지고, 예비 미래목은 미래목의 경쟁목으로 제거될 수 밖에 없다. 예를 들어 ha당 300본의 미래목을 선정한다면 이러한 위의 시기는 연평균비대성장 1.5mm에서는 수령 110년에 도달하고, 연평균 비대성장 2.0mm에서는 수령 75년에 도달한다. 이전에 무육을 한 수관폭 5m이상의 예비 미래목의 제거는 수관부 소개를 가져온다. 이러한 무육의 결과는 불규칙한 비대성장(참조: 연년 비대성장)과 잡아지발생 촉진(참조: 잡아지와 간벌), 폭풍피해증가와 하층부 음수수종의 수고성장 촉진이다. 예비 미래목을 적기에 제거하지 않으면, 그 결과는 대단히 심각해진다. 인위적으로 균일화된 임분에서는 자체분화가 일어나지 않는다.

SCHWAPPACH(1905)는 최종임목후보목 - 그는 이 임목을 미래목이라고 정의하였다- 의 과도한 분수 선발은 목적에 부적합하다고 여겼다. 그는 임령 22년에 ha당 900본이상의 임목을 선정한 시험지에서 부정적인 경험을 했다. SPELLMANN 등(1990)은 Rendesburg 320 I 시험지의 임령 22년에 최종목 후보목을 ha당 924본이 선발된 시험구에서 조기에 보조임분이 충분하게 있었으나 임령 100년에는 전부 사라진 것을 발견하였다. 최종목 후보목의 편기 수관발달, 많은 잡아지와 옹이흔적 개수, 약한 수간힘으로 인하여 조기수확을 하여야 되었다.

예비 미래목의 선발과 무육은 지역적인 특성상 높은 임령에서 미래목의 고사위험도가 높아 보일 때 이러한 단점에도 불구하고 실시될 수도 있다. 하지만 이러한 조건에서 생산목표 참나무 고급대경재가 가능한가 하는 의구심이 생긴다.

미래목에 한정되면 미래목 선발기준(참조: 선발기준)을 높게 잡을 수 있다. 미래목의 지속적인 무육은 미래목의 점진적인 성장우위를 유발한다. 여기에서 미래에 성장우위를 점할 수 있는 자체 분화잠재력이 형성된다(참조: 장기 간벌시험지의 직경성장발달). 생장이 낮아 아래에 잔존하는 수관이 작은 임목들은 수간과 토양보호에 이바지하고(SCHWAPPACH 1905), 미래목의 수관발달 조절에 대한 적절한 무육을 위하여 이용된다(KENK 1979). 미래목 위주의 간벌방법의 결정적인 장점은 장기적으로 수관발달과 비대생장의 균일한 촉진이 가능한 임분 구조를 형성하는데 있다.

라) 미래목 표시

미래목 선발은 고급목재생산에서 큰 의미가 있다. 선발작업은 작업요구도가 높고 높은 집중력이 요구된다. 이 작업은 미래목 선발작업과 간벌목 선정작업이 분리된 2단계 작업으로 실시되면 비교적 용이하다. 여기에서는 미래목의 표시가 불가피하다. 만약에 미래목을 표시하지 않으면, 형질이 좋은 나무를 너무 많이 무육하는 경향이 있다. 이렇게 되었을 때는 예비 미래목을 선정하였을 때와 같은 문제점이 발생한다(참조: 미래목 본수). 표시를 하면 모든 사람들이 알 수 있다. 벌채와 집재시에 미래목 피해를 막을 수 있다. 표시된 미래목에서 계획과 검사목적으로 중요한 특성을 조사할 수가 있다(비교: ABETZ 1980). 장기적인 표시로 다음번 간벌시에 작업과정이 간단하게 된다. 그리고 간벌전에 지금까지의 선발이 재고되어야 하는가를 다시 점검할 수 있다.

2) 미래목의 비대성장 조절

가) 간벌정도

수관발달의 조기 촉진은 비대생장을 증가시키고, 주어진 목표직경에서 윤별기를 줄이고, 소경재 품등목의 생산량(참조: 미래목 비대생장의 조절을 위한 지침)을 감소시키고 잠아지 발생위험도(참조: 잠아지와 비대성장)를 낮춘다. 이렇기 하기 위해서는 짧은 지하고(참조: 수간직경과 비대생장에 따른 고사지 및 생지의 상대적 지하고의 결정 모델)와 넓은 연륜폭을 감수하여야 한다. 단위면적당 재적생장에 대한 영향은 넓은 무육 범위에서 적게 나타난다(참조: 수관면적, 생장면적, 단면적생장). 어떤 비대생장이 최적으로 볼 것인가는 결정자의 뜻에 달려있다.

임령 40~120년 사이에 간벌과 함께 윤별기까지의 비대생장을 위한 전환점이 있다(비교 : PARDE 1978). 노령에서 큰 비대성장 변화에는 한계가 있다(참조: 장기 간벌시험지의 직경생장 발달). 장기적으로 가능한한 균일한 비대생장을 추구하고, 여기에 대한 이유는 다음과 같다.

- a) 높은 경쟁압력하의 임분에 급격한 간벌 실시는 잠아지 발생을 촉진한다(참조: 잠아지의 발생 방지).
- b) 노령에서 경쟁압력이 증가하면 고사지 부위의 형질이 향상되는 것이 없이(참조: 자연낙지의 조절) 비대성장만 감소한다(참조: 비대성장 조절결론).
- c) 불균일한 연륜폭은 재질을 저하한다(참조: 생산목표 참나무고급재).

10년 후에 제거될 미래목의 경쟁목 본수는 수령, 미래목 흉고직경, 미래목과 경쟁목 흉고직경의 상관관계에 달려있다. 간별기준 항목은 수확급 I과 II(ZIMMERLE 1930)의 입지에 균일한 연년 비대생장 1.2~2.2mm(최소 1.0mm, 최대 3.2mm ; 비교 주임분)의 로브르참나무와 페트라참나무에 적용된다.

나) 간별목 선정

임분내 커다란 빈공간은 발생되지 않아야 한다. 이러한 빈공간은 불균일한 비대생장을 유발하고, 잠아발생을 유리하게 하며, 하층부에 있는 음수 수목의 수고생장의 촉진을 유발시킨다. 이러한 빈공간의 발생은 가장 큰 미래목의 경쟁목을 우선 제거함으로써 막을 수 있다. 이러한 경쟁목의 제거가 늦어지면 늦어질수록, 빈공간이 더욱 더 커진다. 이러한 이유 때문에 보조임분과 부임분내의 생장이 우량한 임목을 조기에 제거하여야 한다. 이 임목들은 수관이 작은 보조임분과 하층부의 음수 수종으로 구성된 부임분의 존재에 위협을 준다. 생장이 저조하여 하층에 남은 부임분은 부채꼴로 확장된 수관으로 수간과 토양을 보호하기 때문에 유지를 하여야 한다. 보조임분에서는 미래목에 필요한 경우에만 무육을 실시한다. 미래목의 지속적인 무육을 통하여 균일하고 지속적인 비대생장이 이루어진다. 장기 생산기간 내에서 발생할 수 있는 무육시기를 놓치는 것은 생산결과에 커다란 영향을 끼치지 않는다.

6. 요약

참나무림 경영의 성과는 고급 대경제 생산량에 달려있다. 가장 중요한 판단기준은 크기와 무가지이다. 선발된 임목의 낙지와 성장조절에 의해 가치생산력을 향상시킬 수 있다. 이를 위한 지침을 작성하였다.

라인강 상류지역, 흑림 준산악지역, 슈베비시알프지역, 넥카란트지역, 펠저발트지역, 스페사트지역, 덴마크의 41개 페트라참나무와 로브르참나무임분에서 각 임분별로 25본의 참나무와 주위 임목을 기본 조사단위로 선정하였다. 낙지와 비대생장의 조절을 위한 양적 기초자료로서 참나무와 부임목, 주위 그루터기의 다양한 특성을 조사하였다. 임령은 35개 임분 40~129년, 4개 임분 160년, 2개 참나무 노령임분 256년과 350년생이었다. 12개 임분은 장기 시험지에 속한다.

조사 참나무의 흉고직경, 수령, 수관폭 사이에는 밀접한 상관관계가 있다. 이 상관관계는 비대생장조절 모델의 기본이다. 임분 수치를 바탕으로 한 무육프로그램과는 달리 이 모델에

서 유도해낸 간벌지침은 개목 상황에 적합한 방향제시를 한다. 경쟁목의 제거분수는 미래목의 수령, 흉고직경, 미래목과 간벌간의 직경상관관계와 생산목표직경에 의해 정해진다. 여기에서 비대생장이 높은 경우에 목표직경에 도달할 때까지 소경재의 생산량이 적고, 전체적으로 전이용이 낮을 것으로 나타난다(비대생장).

임령 40~120년 사이에 간벌방법과 강도의 순서는 미래의 양적 발달과 질적발달에 결정적으로 중요하다. 우량 형질 참나무의 선별적 무육을 통하여 선발목의 성장우위과 가치생장을 향상시킨다. MAYER(1958)의 조사결론과는 반대로 수관이 큰 참나무의 성장면적에 따른 재적생장은 수관이 작은 참나무보다 장기적으로 폭 넓은 무육범위에서 거의 작지는 않다(비대생장).

수관고와 최저 고사지고는 비대생장과 낙지사이의 상관관계를 서술한 모델을 위한 기초자료이다. 이 모델로 비대생장에 따른 옹이 부위의 확장을 산정하였다(자연낙지).

수관크기와 수간부 비음에 따른 잠아지 형성과 잠아의 영향은 32개 임분에서 조사되었다. 여기에서 잠아 생지와 고사지는 나이와 길이에 따라 구분을 하였고, 잠아지 발생 부위를 조사하였다. 참나무사이에 초기에 알 수 있는 큰 차이를 보인다. 수간 상부의 잠아지는 수간 하부의 잠아지보다 활력도가 높다. 강도 간벌을 통하여 잠아지의 발달은 간벌후에 일차적으로는 촉진된다. 잠아지의 개수는 수관크기에 의해 별 영향을 받지 않는다. 나이가 많고 길이가 긴 잠아지의 점유율은 수관이 큰 참나무에서 수관이 작은 참나무보다 높다. 부임분에 의한 수간비음은 잠아지 발생을 막지 못하지만, 잠아지의 활력도를 결정적으로 약화시킨다(잠아지형성).

수관발달의 촉진을 통하여 한 면으로는 비대생장이 증가하지만, 다른 면으로는 낙지과정은 지체된다. 이러한 목적의 상반관계는 1차 무육기에 낙지를, 이후 2차 무육기에는 비대생장을 촉진시키면 해결이 된다. 질적 발달이 시작될 때, 2차 무육시기가 시작된다. 그리고 이 시기에 미래목을 선발하여야 한다. 미래목 분수는 최종 수확 분수보다 많으면 안된다. 추가의 예비 미래목의 선정은 실시하지 않는 것이 좋다. 미래목은 수간이 곧고 가지가 없는, 잠아지가 적고 수관형이 좋은 임목이 선정되어야 한다. 고급참나무재 생산조절은 개개 미래목의 상태와 예측되는 발달에 방향을 맞춘다. 가장 큰 경쟁목의 조기 제거는 우량 형질 참나무의 성장우위를 장기적으로 향상시킨다.

형질이 우수한 미래목의 한정된 임목 분수에 생장을 집중시킴으로서 면적당 재적생장은 약간 낮으나 가치생산은 많이 증가한다.

제6절 참나무류의 심재 부후의 원인 구명

1. 서론

참나무류는 우리나라 고유 수종으로 전국적으로 널리 분포해 있으며 비교적 생장이 빠른 수종에 속한다. 참나무류의 재질은 비교적 단단하며 재색 및 목리가 아름다워 무늬목 및 가구재 등 각종 산업재료 뿐만 아니라 표고버섯 재배용 골목으로도 다량 사용되고 있는 국내의 중요한 임산자원의 중의 한 수종이다. 이와 같이 중요한 위치를 차지하고 있는 참나무류는 성장 중에 심재 부위에서 부후가 진행되어 재색이 갈색 또는 흑갈색으로 변화하며 내부에 공동이 형성되는 등의 성장 결점이 발생하고 있어 참나무류의 효율적인 이용에 장애가 되고 있다.

본 연구에서는 참나무류의 성장 결점 중에 하나인 심재 부후의 원인을 구명하고자 조직 변화의 관찰과 원인균의 분리 및 동정을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시수종

국내에 자생하고 있는 참나무류 중에서 임의로 공시 수종을 선정하였다.

나. 실험방법

1) 시료 채취

선정된 공시 수종을 벌채한 후 심재 부후가 진행되고 있는 부위로부터 시료를 채취하여 조직관찰 및 균 분리에 사용하였다.

2) 주사전자현미경 관찰

심재 부후 부위에서의 조직 변화를 조사하기 위하여 시료(횡단면, 방사단면, 접선단면)를 채취한 후 1% 글루타르알데하이드 고정액으로 시료를 고정하였다. 고정이 끝난 시료를 세척한 후 에탄올 시리즈(50, 60, 70, 80, 90, 95, 100%)로 탈수하여 임계점 건조를 실시하였다. 건조된 시료를 알루미늄 시료대 위에 마운팅하여 금코팅을 실시한 후 주사전자현미경(SEM) 관찰을 통하여 조직의 변화 상태를 조사하였다. 또한 부후가 진행되지 않은 건전한 부위에서도 시료를 채취하여 동일한 방법으로 전처리 한 후 비교 관찰하였다.

3) 균 분리 및 동정

심재 부후 부위로부터 절편을 채취하여 무균적으로 여과지를 깔고 멸균수로 습실 처리해 놓은 petri-dish에 설치한 다음 온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 조건에서 배양하며 균의 성장을 유도하였다. 배양 기간 중 목재 절편에서의 균사의 성장을 실체현미경 하에서 확인하면서 단포자 분리를 실시하였다. 분리한 균사를 크로람페니콜을 첨가한 PDA 평판배지에 접종하여 일정기간 배양하며 단일 종으로 순수 분리된 것을 확인하여 동정을 실시하였다. 순수 분리된 균종의 동정은 PDA 평판배지 상에서의 콜로니의 형태와 색 등에 기초하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 심재 부후 발생 입목의 외관적 특징



그림 6-1. 상수리나무의 별채전의 입목 상태.

수종 및 수령에 제한을 두지 않고 무작위로 50본을 선정하여 별채 후 심재 부후의 진행 상태를 조사한 결과 선정된 입목 중에서 3본에서 심재 부후의 진행이 관찰되었다. 심재 부후가 진행되고 있는 입목의 일례를 그림 6-1에 나타냈다. 심재 부후가 진행되고 있는 입목의 외관에서는 특이한 점이 발견되지 않아 외관 상으로 심재 부후 진행여부를 판정하기에는 곤란하였다. 또한 수령을 조사한 결과 유령목에서는 심재 부후 발생이 관찰되지 않았고 15

년 이상의 입목에서만 부후가 진행되고 있는 것이 확인되어 수령과 심재 부후 발생과의 관계에 대하여 좀 더 조사할 필요가 있을 것으로 판단되었다.



그림 6-2. 벌채 후 중심부의 부후진행 상태.



(A)



(B)

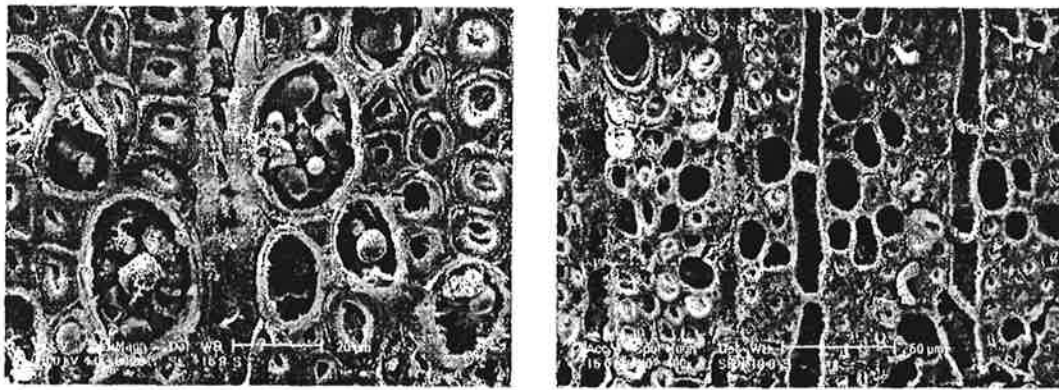
그림 6-3. 부후 진행부에서의 해충 침입상태.

(A: 부후부에서의 탈피각 B: 채취한 탈피각)

나. 심재 부후 발생 입목의 재질 특성

선정한 입목 중에서 벌채 후 심재 부후가 진행되고 있는 입목의 횡단면 사진을 그림 6-2에 나타냈다. 심재 부후부에서는 수를 중심으로 방사방향으로 재색이 진한 갈색으로 변색되고 있으며 특히 중심부는 흑갈색을 띠고 있었다.

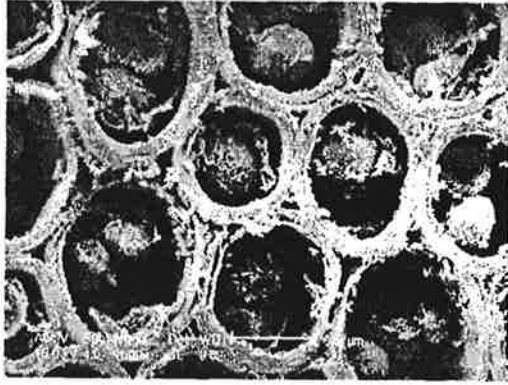
부후 부위로부터 채취한 시료를 조사한 결과 일부에서는 중심부에서 해충의 침입 흔적이 발견되었고 해충의 탈피각이 존재해 있었다(그림 6-3). 이와 같은 결과로부터 참나무류의 심재부후가 진행된 부위에 2차적으로 해충이 침입하여 조직을 가해함으로써 중심부로부터 공동이 형성되는 현상도 발생하는 것으로 확인되었다. 한편 가해 해충에 대해서는 성충 또는 유충을 포획할 수 없어 본 연구에서는 해충에 종류에 대해서 동정이 불가능하였으나 앞으로 연구를 진행해야 할 것으로 판단되었다.



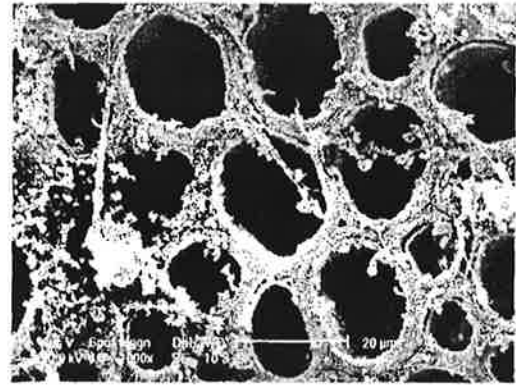
(A)

(B)

그림 6-4. 건전부(A)와 부후진행부(B) 횡단면의 주사전자현미경사진(축방향유세포).

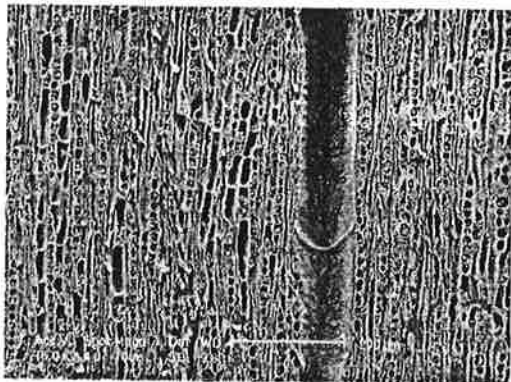


(A)

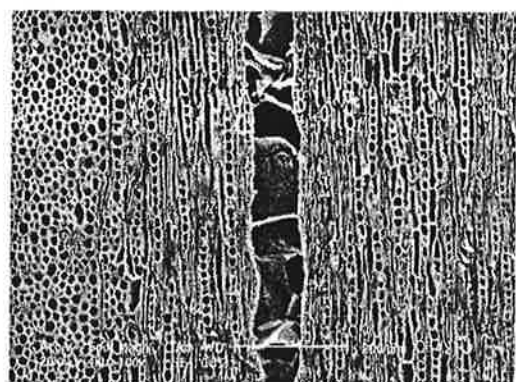


(B)

그림 6-5. 건전부(A)와 부후진행부(B) 접선단면의 주사전자현미경사진(방사유세포).

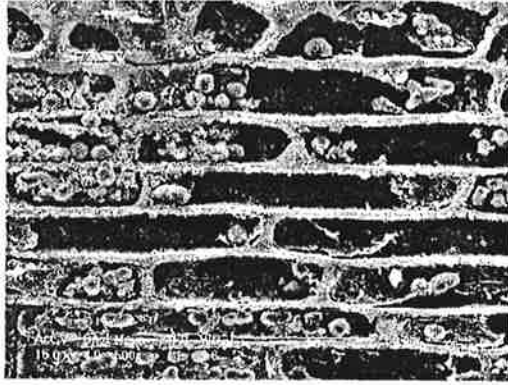


(A)

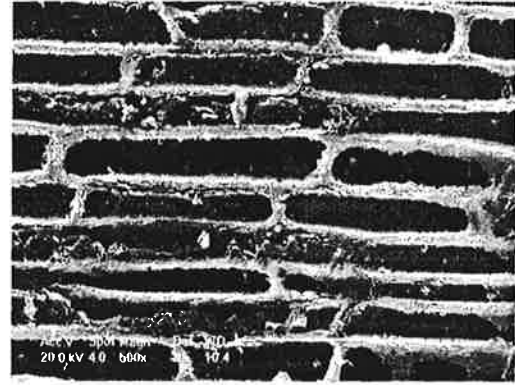


(B)

그림 6-6. 건전부(A)와 부후진행부(B) 접선단면의 주사전자현미경사진(도관).

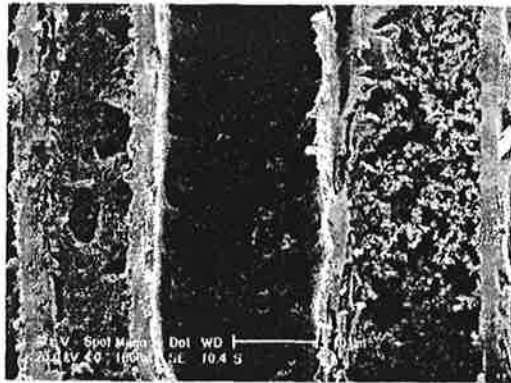


(A)

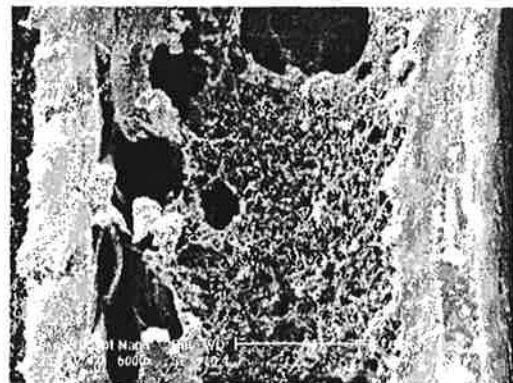


(B)

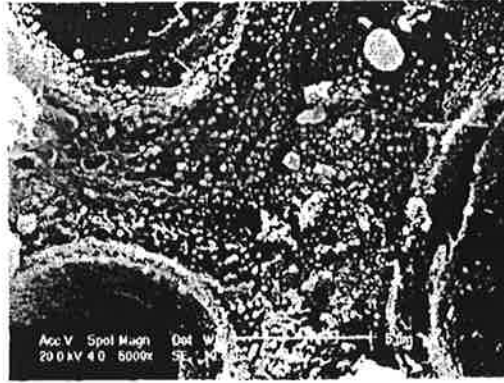
그림 6-7. 건전부(A)와 부후진행부(B) 방사단면의 주사전자현미경사진(방사유세포).



(A)



(B)



(C)

그림 6-8. 부후진행부 목재조직내의 변화.

다. 심재 부후 부위의 조직적 특징

심재 부후가 진행된 부위와 건전한 부위로부터 채취한 시료의 주사전자현미경 사진을 그림 6-4 ~ 6-8에 나타냈다. 횡단면 상에서의 조직적 특징을 살펴보면 건전한 부위의 축방향 유세포 내강에는 동화산물인 구형의 전분립이 다량 존재해 있으나 심재 부후부에서는 전분립의 존재를 관찰 할 수 없었다(그림 6-4). 또한 접선단면에서 방사조직을 관찰한 결과 건전한 부위의 방사조직을 형성하고 있는 방사유세포 내강에도 축방향 유세포에서와 같이 다량의 전분립이 생성되어 있는 것을 관찰할 수 있으나 부후 부위에서는 전혀 관찰되지 않았다. 반면에 부후 부위에서는 사상의 균사와 함께 조직의 분해산물로 추정되는 물질이 균사에 부착되어 있는 것이 확인되어 이들 균사가 심재 부후를 일으키는 주요 균류인 것으로 판단되었다. 그림 6-6은 접선단면에서 관찰한 도관을 나타낸 것으로 건전 부위의 도관 내강(A)에는 타일로시스가 형성되어 있지 않으나 부후 부위의 도관 내강에는 심재화가 진행되면서 형성된 타일로시스에 의하여 충전되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 또한 그림 6-7에서와 같이 건전부위의 방사 유세포 내강(A)에는 축방향 유세포(그림 6-4)에서와 같이 전분립이 생성되어 있으나 부후부위의 방사 유세포(B)에는 전분립이 생성되어 있지 않음을 알 수 있다. 이상의 결과로부터 심재 부후는 입목이 성장하면서 심재화가 진행되면서 동시에 발생하는 것으로 추정할 수 있다.

그림 6-8은 부후 부위의 조직형태를 나타낸 것으로 축방향 유세포의 내강(A, B)에는 분해 산물로 추정되는 물질이 충전되어 있으며 조직 자체도 부후가 진행되어 세포벽에 할렬이

발생하는 등(C) 조직의 분해가 발생한 것을 알 수 있다.

라. 심재 부후 발생 원인균의 분리 및 동정

참나무 심재부후 원인균을 분리하기 위하여 심재부후가 발생한 부위를 살균 소독한 수술 용 메스로 10×5mm 크기로 잘라낸 후 습실처리하여 곰팡이의 발생을 유도하였다(그림 6-9, A). 습실처리는 25±1℃에서 3일간 실시하면서 실체현미경(Olympus SZH10)하에서 곰팡이의 발생유무를 24시간 간격으로 조사하였다(그림 6-9, B).

습실처리 약 48 시간 후 심재부후가 발생한 부위에서 사상균이 발생하였고 이를 멸균된 백금니로 실체현미경하에서 분리하여 항생제가 첨가된 PDA(potato dextrose agar) 배지에 접종하여 배양 및 분리 동정을 위하여 공시하였다.

습실처리한 심재부후 부위에서는 재목에서 일반적으로 발생하는 표면변색균인 *Alternaria spp.*, *Trichoderma spp.*, *Penicilliumsp.*, *Rhizopus sp.* 그리고 *Mucor*. 등과 같은 분생포자를 형성하는 부생성인 불완전균은 발생하지 않았다.

습실처리한 심재부후 부위에서 발생한 사상균은 모두 분생포자를 형성하지 않았고 PDA에 접종하여 배양하면 흰색의 균총(colony)을 형성하였다. 분리된 원인균은 어떠한 배양 조건하에서도 분생포자를 형성하지 않았다.

30±1℃에서 PDA배지에 접종하여 배양하였을 경우 분리균은 7~10 mm/일의 균사성장 속도를 보였고 영양균사체(vegetative hyphae)는 배양 시간에 따라 꺾쇠연결(clamp connection)을 형성하는 생식균사(generative hyphae, 그림 6-11, B)와 원형질이 팽대하여 부풀어 오른 형태의 binding hyphae(그림 6-11, A)가 혼재하는 것이 관찰되었다. 한편 후막포자(clamydospore, 그림 6-11, B)의 형성도 관찰되어 심재부후 원인균은 버섯을 형성하는 담자균류(Basidiomycetes)의 일종으로 확인되었다



(A)



(B)

그림 6-9. 원인균 분리를 위한 심재부후 부위의 습실처리(A) 및 심재부후 부위에 발생한 사상균(B).

버섯을 형성하는 담자균류의 분류는 균사체의 특성이나 배양적 특성으로는 불가능하고 유성생식생장 세대인 자실체(fruit body)의 형태로 분류가 가능하나 본 연구에서 분리한 균은 일반적으로 버섯을 형성하기 위한 미강을 첨가한 톱밥배지에서 자실체가 발생되지 않았다. 따라서 종 수준의 분류는 불가능하였고 이 균의 정확한 분류 동정을 위해서는 자실체발생유도를 위한 연구가 추가로 수행되어야 할 것으로 사료된다.



(A)

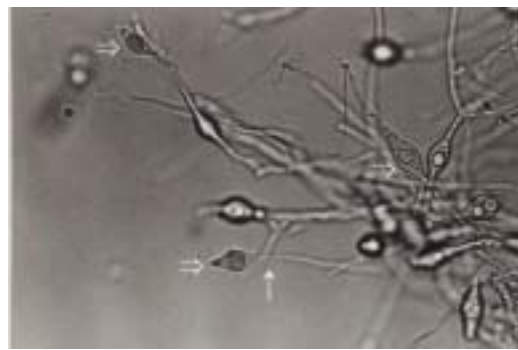


(B)

그림 6-10. PDA배지에 배양한 심재부후 원인균의 균총(A) 및 균사체(B,×400).



(A)



(B)

그림 6-11. 심재부후 원인균의 영양균사체(A, ×400) 및 후막포자 (B, chlamydospore, ⇒)와
격쇠연결(B, clamp connection, ↑) (×400).

한편 Adaskaveg 등(1990)은 영지버섯 속에 의한 참나무류 심재부후의 화학적, 조직학적 연구를 보고한 바 있는데 이들이 공시한 *G. meredithiae*, *G. zonatum*, *G. oregonense*, *G. colossum* 등의 영지버섯속 균은 국내에서 그 발생이 아직 보고되지 않아 이들과는 다른 것

으로 추정된다. 이들이 보고한 심재부후 원인균 중에는 영지버섯 균인 *G. lucidum*이 포도나무에 심재부후를 일으키는 것으로 보고(Adaskaveg과 Gilbertson, 1987)하고 있으나 본 연구에서 분리한 균이 이들과 같은 영지버섯 균인지는 아직 불확실하다. 또 *Ganoderma* spp., *Lenzites betulina*, *Trametes* spp., *Fomitopsis* sp.등도 활엽수의 부후를 일으키는 주요한 병원균으로 보고(Adaskaveg과 Ogawa)하고 있어 본 연구에서 분리한 균은 이들이 보고한 바와 같이 목재의 부후를 일으키는 담자균으로 확인되었다.

일반적으로 Adaskaveg 등이 보고한 버섯균 중에서 참나무류의 기부에서 발생하는 버섯으로는 *Ganoderma* spp.(영지버섯속)와 *Fomitopsis* sp.(장수버섯) 등이 있고 이들은 활엽수의 뿌리를 통하여 감염되어 백색부후를 일으키는 것으로 알려져 있다.

4. 결론

참나무류의 주요 생장 결점 중에 하나인 심재 부후의 원인을 구명하고자 심재 부후가 발생된 입목으로부터 시료를 채취하여 조직 변화를 관찰하고 균의 분리 및 동정을 실시하였다.

심재 부후가 발생된 입목에서 특이한 외관적 특징은 관찰할 수 없었으며 수령 15년 이상의 입목에서만 발생하는 것으로 조사되었다. 심재 부후가 진행된 부위의 조직은 재색이 진한 갈색 또는 흑갈색을 띠고 있으며 일부에서는 해충의 침입 흔적이 발견되어 심재 부후 발생 후 해충에 의한 2차적인 피해 현상도 발생하는 것으로 확인되었다. 심재 부후가 발생된 유세포 내강에서는 변재부에서 볼 수 있는 전분립이 관찰되지 않고 또한 도관 내강에는 타일로스스가 형성되어 있는 것으로부터 심재 부후는 조직이 심재화가 진행되면서 발생하는 것으로 판단되었다. 한편 심재 부후 조직내에서는 사상의 균사가 관찰되고 조직의 일부에서는 분해도 진행되어 이들 균사가 심재부후의 주요 원인균인 것으로 추정되었다.

분리균은 $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 PDA배지에 접종하여 배양하였을 경우 7~10 mm/일의 균사생장 속도를 보였고 격쇠연결을 형성하는 생식균사와 원형질이 팽대하여 부풀어 오른 형태의 binding hyphae가 혼재하는 것이 관찰되었고 후막포자의 형성도 관찰되어 버섯을 형성하는 담자균류의 일종으로 확인되었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 참나무류(*Quercus* sp.)의 생육적지 및 적정 생육환경 규명

- ◆ 굴참나무 임분, 졸참나무 임분, 신갈나무 임분에 대한 식생조사와 지형조사 및 토양을 채취하여 분석함 (목표달성도 100%)
- ◆ 굴참나무 임분, 졸참나무 임분, 신갈나무 임분의 식생자료로 TWINSpan 등에 군락을 분류하고, 중요치를 산출하여 우점종을 밝혔으며, 흉고직경급을 분석하여 각 군락의 천이관계를 규명함 (목표달성도 100%)
- ◆ 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무의 우량임분의 주요 군락과 환경요인과의 관계를 ordination에 의하여 분석하여 각 임분의 생태적 지위를 밝힘 (목표달성도 100%)

제2절 참나무류 주요수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구

- ◆ 국내 산림에 분포하는 참나무류 주요 수종이 우점하는 산림에 대한 생태학적인 분포 실상과 이들 임분의 상층과 중, 하층에 분포된 참나무류 및 기타 주요 수종의 개체목에 대한 수형급 관련 형질 분석과 함께 이들 임분에 대한 육림 전략 자료 제시(목표달성도 100%)
- ◆ 참나무류 주요 수종의 우점 임분에 대한 후계림 조성과 관련한 천연갱신에 소요되는 천연 실생묘 및 맹아묘의 발생 실태와 이들의 형질 분석을 통해 앞으로 이들에 대한 무육 관리 전략 수립에 요구되는 자료 제공(목표달성도 100%)
- ◆ 참나무류 실생묘를 이용한 인공조림 및 천연갱신 임지에 대한 보완적인 수준에서의 조림과 관련하여 조림지 입지환경이 식재된 실생묘의 활착과 생육에 미치는 영향을 분석하고 이들 임지의 조림에 유용하게 이용될 수 있는 용기묘의 생산 기술 활용에 대한 자료 제공(목표달성도 100%)
- ◆ 직파조림과 관련하여 참나무류 종자의 발아촉진 기술 개발에 요구되는 생리학적인 기초 자료를 분석 제시하고 직파조림된 참나무류의 종자를 보호하고 발아에 도움을 줄 수 있도록 Carboxymethyl cellulose(C.M.C.)를 배양토에 혼합하여 종자에 도포하는 방법으로 종자환을 만드는 방법을 개발하여 이들의 실용성을 검증(목표달성도 100%)
- ◆ 맹아갱신 임지의 맹아발생 실태와 발생된 맹아의 형질을 분석하고 발생된 맹아를 건전하게 육성하기 위한 맹아지 정리 및 보육 방법을 구상하여 가장 실용적으로 건전한 맹

아쟁신 임분을 조성하는 전략을 수립하는데 요구되는 자료 제공(목표달성도 100%)

- ◆ 실생묘 조립지나 직파조립지에서 발생하는 야생동물의 피해를 예방하기 위한 기피제 처리 방법에 따른 효과를 검정하고 야생동물의 접근을 막을 수 있는 보호 장구를 개발하여 이들의 실용성을 검정(목표달성도 100%)

제3절 참나무류 천연림의 물질현존량 분석

- ◆ 국내 참나무류의 대표적 수종인 굴참나무, 졸참나무 및 신갈나무 천연림의 북부, 중부, 그리고 남부에 대한 지상부 현존생물량과 순생산량의 산출 및 그에 대한 이용 추정식을 산출하였음 (목표달성도 100%)
- ◆ 굴참나무, 졸참나무 및 신갈나무 천연림의 대표적 입지에 대한 토양단면과 토양의 이화학적 특성을 조사 분석하였음 (목표달성도 100%)
- ◆ 상수리나무 천연림(중부)에 대한 지상부 현존생물량과 순생산량의 산출 및 그에 대한 이용 추정식을 산출하였음. 그리고 상수리나무 천연림의 대표적 입지에 대한 토양단면과 토양의 이화학적 특성을 조사 분석하였음 (추가 실시)

제4절 건조 및 가공 기술개발

- ◆ 국내 여러 지역에서 생산되는 대표적 참나무인 굴참, 졸참, 신갈 나무의 물리적 해부학적 성질을 조사하여 수종간 지역간 차이를 비교하였음 (목표달성도 100%)
- ◆ 건조가 어려운 수종인 참나무의 건조전처리 방법의 적용효과를 조사하였으며, 천연 건조 후 열기건조한 결과를 조사하여 국산 참나무에 맞는 최적 건조스케줄을 찾았으며, 마구리할열 방지를 위한 최적 end coating제를 선별하였으며, 참나무 디스크 건조기술을 개발하였음 (목표달성도 100%)
- ◆ 증기처리를 통해 참나무의 휨 가공 적정 조건을 찾았으며, 참나무 숯통 보급을 위한 소형 시제품을 제작하였으며, 새로운 참나무 공예품 디자인을 개발하여 시작품을 제작하였음 (목표달성도 100%)

제5절 페트라참나무와 로브로참나무의 자연낙지와 비대생장 조절 (추가실시)

- ◆ 참나무 고급 대경목의 판단기준인 크기와 무가지 목재를 생산하기 위하여, 임목의 낙지 방법과 생장조절에 의해 가치생산력을 향상시킬 수 있는 지침을 작성함

제6절 참나무의 부후 원인 규명 (추가실시)

- ◆ 참나무류의 주요 생장 결점 중에 하나인 심재 부후의 원인을 구명하고자 심재 부후가 발생된 임목으로부터 시료를 채취하여 조직 변화를 관찰하고 균의 분리 및 동정을 실시함

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- ◆ 참나무류 주요 수종에 대한 조림 전략과 관련한 국가정책 수립에 요구되는 기초자료로 활용할 수 있도록 확보된 정보와 자료를 제공함

- ◆ 확보된 자료를 가지고 앞으로 참나무류의 조림을 계획하는 산주들이나 관련 단체에 대한 기술적인 자문을 실시함.

- ◆ 학술발표회와 학회지 발간을 통해 연구결과를 발표하여 기술을 전파
 - 한국임학회, 가구학회와 목재공학회 등의 학술발표회에서 포스터와 실물 전시를 통해 기술 전파
 - 남원 목공예조합원들을 위한 교육프로그램에 참여
 - 가구공업협동조합에서 개최하는 가구전시회에 참여
 - 목재디자인 관련 학교에 제작품을 보내 디자인 개발에 사용토록 권유

- ◆ 관공서 등 임업 관련 분야의 종사하는 공무원, 산림조합, 독립가 등에 연구결과를 발표하여 기술을 전파
 - 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 상수리나무 등의 적정 입지 선정에 본 결과를 사용하도록 권유
 - 산림조합 등에 본 결과를 사용하여 고급목재 생산에 이용하도록 권유

- ◆ 용기묘 생산이나 C.M.C.를 이용한 종자환 제조, 그리고 기피제를 이용한 야생동물의 피해 예방 등에 대한 기술을 다른 수종의 양묘나 조림 등에 활용할 수 있도록 자료를 제공함.

- ◆ 참나무를 주로 이용하는 목공예업체와 목공예조합에 건조 기술을 이전
 - 남원목공예조합 등에 기술을 전수하거나 이전하는 방법을 모색
 - Whisky barrel이라는 술통의 기술이전

- ◆ 목재디자인 관련 학교에 시작품을 보내 디자인 개발에 사용토록 권유

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 과학기술정보

◆ 참나무 육림 기술

독일과 프랑스의 참나무 조림지역 방문을 통해 질 좋은 참나무(*Quercus petraea*와 *Quercus robur*)를 생산하기 위한 육림 및 경영 기술을 습득하였음

제 7 장 참고문헌

제1절 참나무류(*Quercus*)의 생육적지 및 적정 생육환경 규명

기상청. 2001. 기상연보.

강윤순, 오계철. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 식물학회지 25(2) : 83-99.

김명현. 점봉산 일대 산지습원의 천이계열에 관한 연구. 충남대학교 석사학위논문. pp. 41.

김시경·정좌용. 1985. 굴참나무 천연림의 생산구조 및 물질생산력에 관한 연구. 한국임학회지 70 : 91-102.

김윤식·고성철·오병운, 1981. 한국식물의 분포도에 관한 연구(V). 참나무과의 분포도. 고려대학교 이공논집. pp. 93-133.

김정언·길봉섭. 2000. 한국의 신갈나무 숲. 그의 환경, 식생과 생활. 원광대학교 출판국. pp. 511.

김정언·임양재. 1989. 청량산 도립공원의 현존식생. 자연보존 68 : 32-48.

김정언·임양재·양권열. 1989. 소백산 국립공원 남동사면의 현존식생. 중앙대학교 기초과학연구소 3 : 101-114.

김창환. 1992. 덕유산 국립공원 삼림식생의 구조와 2차천이에 관한 연구. 원광대학교 대학원 박사학위논문. pp. 156.

김창환·강선희·길봉섭. 1994. 분류법과 경사분석에 의한 무등산 삼림식생분석. 한국생태학회지 17 : 471-484.

김철수·오장근. 1993. 무등산 식생의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 16 : 93-114.

김춘식. 1998. 경기도 광릉 상수리나무 성숙림의 질소 무기화에 관한 연구. 한국임학회지 87(1) : 20-26.

노의래. 1988. 기상인자에 의한 우리나라 주요 산림수종의 생육조건 및 적지적수. 임목육종연구보고서 24 : 138-191.

마상규. 1974. 수치분석에 의한 참나무 기본종의 유연관계. 한국임학회지 21 : 47-51.

박관수. 1999. 충주지역의 신갈나무와 굴참나무 천연림 생태계의 지상부 및 토양 중 탄소 고정에 관한 연구. 한국임학회지 88(1) : 93-100.

- 박관수·이승우. 2001. 공주, 포항 그리고 양양지역 굴참나무 천연림 생태계의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 90(6) : 692-698.
- 박관수·이승우. 2002. 광양, 무주, 포항 지역 졸참나무 천연림의 현존생산량 및 순생산량. 한국임학회지 91(6) : 714-721.
- 박인협. 1985. 백운산지역 천연림 생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문. pp. 48.
- 박인협·김갑덕. 1986. 백운산지역 천연림 생태계의 산림구조 및 물질생산에 관한 연구. 한국임산에너지학회지 6(1) : 1-45.
- 박인협·문광선. 1994. 주요 참나무류 천연림의 물질생산 및 현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 83(2) : 246-253.
- 박인협·서영권·김동엽·손요환·이명종·진현오. 2003. 강원도 춘천지역 신갈나무 임분과 굴참나무 임분의 물질생산. 한국임학회지 92(1) : 52-57.
- 박인협·이돈구·이경준·문광선. 1996. 참나무류의 성장 및 물질생산에 관한 연구(I). 경기도 광주지방의 굴참나무, 상수리나무, 떡갈나무, 신갈나무 천연임분을 대상으로. 한국임학회지 85(1) : 76-83.
- 송정호·김영중·이재선. 2002. 굴참나무 천연집단 성장모의 변이와 생육범위. 한국임학회지 91(6) : 687-693.
- 송종석·송승달·박재홍·서봉보·정화숙·노광수·김인선. 1995. 서열법과 분류법에 의한 소백산 신갈나무림에 대한 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 18 : 63-87.
- 송철영·이수욱. 1996. 신갈나무와 굴참나무의 천연림 생태계의 현존량 및 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 85(3) : 443-452.
- 송철영·장관순·박관수·이승우. 1997. 신갈나무와 굴참나무 천연림의 탄소고정량 분석. 한국임학회지 86(1) : 35-45.
- 송호경. 1990. DCCA에 의한 신갈나무군락과 환경의 상관관계 분석. 충남대학교 환경연구보고 8 : 1-5.
- 송호경·장규관. 1997. 소나무림과 신갈나무림의 흉고직경급 분석과 천이에 관한 연구. 한국임학회지 86(2) : 223-232.
- 송호경·장규관·김성덕. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 84(3) : 299-305.
- 송호경·장규관·오동훈. 1998. 설악산 국립공원 지역의 신갈나무 군집과 환경의 상관관

- 계 분석. 한국환경생태학회지 11(4) : 462-468.
- 심주석·한상섭. 2003. 낙엽성 참나무류의 생리·생태적 특성(III). 광도변화에 대한 잎의 광합성 반응. 한국임학회지 92(3) : 208-214.
- 양희문·김지홍. 2002. 생태적인 산림관리를 위한 군집 구조적 속성의 분석과 활용. 한국임학회지 91(4) : 545-553.
- 오구균·최송현. 1993. 난온대 상록수림지역의 식생구조와 천이계열. 한국생태학회지 16(4) : 459-476.
- 유재은. 2002. 속리산과 오대산의 삼림군락 구조분석. 충남대학교 박사학위논문. pp. 155.
- 유재은·송호경. 1989. Classification과 Ordination에 의한 속리산 삼림군집의 분석. 충남대학교 환경연구보고 7 : 1-7.
- 이경제·김종엽·김동완. 1998. 설악산국립공원 백담계곡 식물군집구조. 한국환경생태학회지 11(4) : 450-461.
- 이경제, 조재창, 이봉수, 이도원. 1990. 광릉 산림군집 구조(I). Classification 및 Ordination 방법에 의한 소리봉 지역의 산림군집구조 분석. 한국임학회지 79(2) : 173-186.
- 이미정·이 선·김동정·지윤의·송호경. 2002. 굴참나무군락의 식생구조와 생태적지. 한국임학회지 91(4) : 429-438.
- 이수욱·박관화. 1986. 한국의 소나무 및 참나무 천연림 생태계의 Biomass 및 유기 Energy 생산에 관한 연구. 한국임산에너지학회지 6(1) : 46-58.
- 이우철·백원기·김문기. 1994. 설악산 신갈나무림의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 17 : 319-331.
- 이우철·임양재. 1978. 한반도 관속식물의 분포에 관한 연구. 한국식물분류학회지 8 : 1-33.
- 이유성·조무연. 1981. 한국산 참나무속 식물의 화분단백질 분석에 의한 분류학적 연구. 한국식물학회지 24(4) : 217-231.
- 이창복. 1961. 한국산 참나무류의 계통학적 연구(1). 한국농학회지 : 87-108.
- 이창복. 1961. 한국산 참나무류의 계통학적 연구(2). 서울대학교논문집 10 : 97-141.
- 이호준·이재석·변두원. 1994. 명지산 신갈나무림의 군락분류와 식생패턴. 한국생태학회지 17 : 185-201.
- 이호준·정홍락·배병호. 1995. 청량산 삼림식생의 군락분류 및 종간연관분석. 한국생태학회지 18 : 121-136.

- 임양재 · 김정언. 1992. 지리산의 식생. 중앙대학교 출판부. pp. 467.
- 임양재 · 백순달. 1985. 설악산의 식생. 중앙대학교 출판부. pp. 200.
- 임양재 · 이은복 · 윤경원. 1985. 함양 백운산 일대의 식생. 한국자연보존협회 조사보고서 24 : 73-85.
- 장규관. 1996. 강원도 신갈나무림의 군락생태학적 연구. 충남대학교 박사학위논문. pp. 91.
- 장규관 · 송호경 · 김성덕. 1997. 식물사회학적 방법과 TWINSpan에 의한 강원도 신갈나무림의 분류에 관한 연구. 한국임학회지 86(2) : 214-222.
- 정영관 · 이동섭. 1986. 삼림환경인자에 의한 굴참나무임분의 생산력추정. 한국임학회지 75 : 1-18.
- 정진철 · 장규관 · 최정호 · 장석기 · 오동훈. 1997. TWINSpan과 Ordination에 의한 운장산삼림군락과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 86(4) : 459-465.
- 정진현 · 구교상 · 이충화 · 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6) : 694-700.
- 정태현 · 이우철. 1965. 한국 삼림식물대 및 적지적수론. 성균관대학교 논문집 10 : 329-435.
- 최선덕 · 이돈구 · 마상규. 1998. 중왕산 지역 신갈나무림의 임분형 구분 및 육림작업에 적절한 미래목 본수의 결정. 한국임학회지 87(4) : 631-641.
- 최송현, 조현서. 2001. 계룡산국립공원 동학사-남매탑 구간의 삼림군집구조 분석. 한국환경생태학회지 14(4) : 252-267.
- 최영철 · 박인협. 1993. 전남 모후산지역 굴참나무 천연림과 현사시나무 인공림의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 82(2) : 188-194.
- 한상섭 · 김선희. 1996. 수목의 수분특성에 관한 생리 · 생태학적 해석. 신갈나무의 수분통도성 구조. 한국임학회지 85(1) : 120-129.
- Bickelhaupt, D.H. and E.H. White. 1982. Laboratory manual for soil and plant tissue analysis. SUNY Coll. Envir. Sci. and For., Syracuse, N.Y. pp. 67.
- Black, C.A., D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White and F.E. Clark. 1965. Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. Am. Soc. Agr., Madison, WI. pp. 770.29.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie Forest

- Border Region of Wisconsin. *J. Ecology* 32 : 476-496.
- Harcombe, P.A. and P.H. Marks. 1978. Tree diameter distribution and replacement processes in southeast Texas forests. *Forest Science* 24(2) : 153-166.
- Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42 : 47-58.
- Hill, M.O. 1979a. DECORANA - A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
- Hill, M.O. 1979b. TWINSpan - A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Order Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press. pp. 50.
- Kim, J. U. and Y. J. Yim. 1992. Distribution patterns of species population along the environmental gradient in Mt. Moak provincial park, Korea. *Korean J. Ecology* 15 : 365-375.
- Kim, J. U., Y. J. Yim and B. S. Kil. 1988. Classification and pattern analysis of forest vegetation in Daedunsan provincial park, Korea. *Korean J. Ecology* 11 : 109-122.
- Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.
- Yim, Y. J. and T. Kira 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. *Jap. J. Ecology* 27 : 177-189.

제2절 참나무류 주요수종의 갱신 전략 수립에 대한 연구

- 김갑덕, 문강현, 최수기. 1966. 육묘법 개량시험-산출묘 T/R율이 산지활착에 미치는 영향. 농촌진흥청 시험연구보고서. pp 77-139.

- 김석권, 조강현, 주진순, 박승걸, 오민영. 1984. 상수리나무 맹아발생 및 성장특성에 관한 연구. 임시연보 31:46-54.
- 산림청. 1996. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구(VII). 산림청. 303pp.
- 산림청. 1997. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구(VIII). 산림청. 291pp.
- 산림청. 1998. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구(IX). 산림청. 425pp.
- 산림청. 1999. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구(X). 산림청. 499pp.
- 오민영외 14인. 1982. 유용활엽수 개발시험- 참나무류 무육시험. 임시연보 29:329-387.
- 오민영외 6인. 1983. 유용활엽수 개발시험- 참나무류 무육시험. 임시연보 30:303-342.
- 임목육종연구소. 1995. 참나무. 임목육종연구소. 187pp.
- 임업연구원. 1988. 참나무 자원의 종합 이용개발에 관한 연구(I). 과학기술처. 307pp.
- 임업연구원. 1988. 참나무 자원의 종합 이용개발에 관한 연구(III). 과학기술처. 449pp.
- 임업연구원. 1989. 참나무 자원의 종합 이용개발에 관한 연구(II). 과학기술처. 307pp.
- 홍성각, 황명수, 최명수. 1981. 참나무류 생리생태적 심재부후에 관한 연구. 임시용역자료, 23pp.
- 홍성각, 황명수. 1981. 참나무류의 생리생태적 심재부후에 관한 연구. 임시용역자료, 29pp.
- 橋吉準人, 勝又章. 1985. 二次林の再生過程に關する研究(I). コナラ二次林における稚樹の成立狀態と成長について. 廣葉樹研究. 3:63-74.
- 龜山 章. 1996. 雜木林の植生管理~その生態と共生の技術~. ソフトサイエス社. 303pp.
- Alock, M. R. and A. J. Morton. 1985. Nutrient content of throughfall and stem-flow in woodland recently established on heathland. J. Ecol. 73:625-632.
- Arnon, D. I. 1959. Copper enzymes in isolated chloroplasts. - Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris* -Plant Physiol. 24:1-15.
- Bellingham, P. J. and C. N. Allan. 2003. Forest regeneration and the influences of white-tailed deer(*Odocoileus virginianus*) in cool temperate New Zealand forests. Forest Ecology and Management. 175:71-86.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 28:355-377.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Re. Plant Physiol. 28 : 355-377.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest

- border region of Wisconsin. *J. Ecology* 32:476-496.
- Francesca, L. and J. Richard. 2001. Individual variability as related to stand structure and soil condition in a Mediterranean oak coppice. *Forest Ecology and Management*. 142:53-63.
- Harmer, R. 1988. Production of epicormic shoots for the vegetative propagation of mature oak. *Forestry* 61 : 305-316.
- Hiscox, J. D. and G. F. Israelstam. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.* 57:1332-1334.
- Hopper, G. M., D. W. Smith and D. J. Parrish. 1985. Germination and seedling growth of northern red oak: Effects of stratification and pericarp removal. *For. Sci.* 31(1):31-39.
- Imada, M., T. Nakai, T. Nakamura, and Y. Takahashi. 1990. Acorn dispersal in natural stands of mizunara (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) for twenty years. *J. Jap. For. Soc.* 72:426-430.
- Kanazawa, Y. 1975. Production, dispersal and germination of acorns in natural stands of *Quercus crispula* - A preliminary report. *J. Jap. For. Soc.* 57(7):209-214.
- Kanazawa, Y. 1982. Some analysis of the reproduction process of a *Quercus crispula* Blume population in Nikko. I. A record of acorn dispersal and seedling establishment for several years at three natural stands. *Jap. J. Ecol.* 32:325-331.
- Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press. New York. 811pp.
- Larson, P.R. 1960. Gibberellic acid induced growth of dormant hardwood cuttings. *For. Sci.* 6:232-239.
- Mackinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. *J. Biol. Chem.* 140:315-332.
- Mastuda, K. 1985. Studies on the early phase of the regeneration of a konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) secondary forest. II. The establishment of current year seedlings of the forest floor. *Jap. J. Ecol.* 35:145-152.
- Mastuda, K. 1989. Survival and growth of konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) seedlings in an abandoned coppice forest. *Ecol. Res.* 4:309-321.
- Matsuda, K. 1982. Studies on the early phase of the regeneration of a konara

- oak(*Quercus serrata* Thunb.) secondary forest. I. Development and premature abscissions of konara oak acorns. Jap. J. Ecol. 32:293-302.
- Park, H. 1989. Seasonal variation of major soil nutrients and microorganism at the plantations of *Pinus koraiensis* S. et Z. following clearcut of *Quercus mongolica* Fisch. MS-Thesis of Seoul National University. 39pp.
- Phares, R. E. 1971. Growth of red oak(*Quercus rubra* L.) seedlings in relation to light and nutrients. Ecology 52(4):669-672.
- Prager, C. M. and G. P. Lumis. 1983. IBA and some IBA-synergist increase of root regeneration of landscape-size and seedling trees. J. Arboriculture 9(5):117-123.
- Reinhard, M. and K. Andrea. 1998. Development of oaks(*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) emerged from bird-dispersed seeds under old-growth pine(*Pinus silvestris* L.) stands. Forest Ecology and Management. 106:35-44.
- Struve, D. K. and B. C. Moser. 1984. Auxin effects on root regeneration of scarlet oak seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(1):91-95.
- Takahara, H. 1986. Effects of shading on the growth of some *Quercus* seedlings. J. Jap. For. Soc. 68:289-292.
- Wolf, F.T. 1956. Changes in chlorophyll A and B in autumn leaves. Am. J. Bot. 43:714-718.

제3절 참나무류 천연림의 물질현존량 분석

- 김갑덕·박인협. 1986. 백운산지역 능선부 신갈나무림의 물질생산에 관한 연구. 서울대연보 22: 1-9
- 김시경·전좌용. 1985. 굴참나무천연림의 생산고조 및 물질생산력에 관한 연구. 한국임학회지 70:91-102.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 농촌진흥청. 202pp.
- 박관수. 1999. 충주지역의 신갈나무와 굴참나무 천연림 생태계의 지상부 및 토양 중 탄소 고정에 관한 연구. 한국임학회지 88(1):93-100
- 박관수·이승우. 2001. 공주, 포항, 그리고 양양 지역 굴참나무 천연림 생태계의 물질 생

- 산에 관한 연구. 한국임학회지 90(6):692-698
- 박관수 · 이승우. 2002. 광양, 무주, 포항 지역 졸참나무 천연림의 현존생산량 및 순생산량. 한국임학회지 91(6) : 714-721.
- 박인협 · 김갑덕. 1986. 백운산지역 천연림 생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 임산에너지학회지 6(1): 1-45.
- 박인협 · 김준선. 1989. 한국산 4개 지역형 소나무천연림의 물질현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 78(3): 323-330.
- 박인협 · 문광선. 1994. 주요 참나무류 천연림의 물질생산 및 현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 83(2): 246-253.
- 송철영 · 이수욱. 1996. 신갈나무와 굴참나무의 천연림 생태계의 현존량 및 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 85(3): 443-452.
- 송철영 · 장관순 · 박관수 · 이승우. 1997. 신갈나무와 굴참나무 천연림의 탄소고정량 분석. 한국임학회지 86(1) : 35-45.
- 이수욱. 1985. 강원도산 소나무 천연림 생태계의 Biomass 및 Net Primary Production 에 관한 연구. 한국임학회지 71: 74-81.
- 이수욱 · 박관화. 1986. 한국의 소나무 및 참나무 천연림 생태계의 Biomass 및 유기 Energy 생산에 관한 연구. 임산에너지학회지 6(1): 46-58.
- 주린원. 1995. 속성수 조림을 확대하자. 산림. 임업협동조합중앙회. 160pp.
- 최영철 · 박인협. 1993. 전남 모후산지역 굴참나무 천연림과 현사시나무 인공림의 물질 생산에 관한 연구. 한국임학회지. 82(2): 188-194.
- Lieth, H. 1972. Modelling the primary productivity of the world. Ciencia e Cultra 27: 621-625.
- Ovington, J.D. 1956. Dry matter production by *Pinus sylvestris*. Annual Botany 4 : 5-58.
- Ovington, J.D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. Advances in Ecological Research 1 : 103-192.
- Ovington, J.D. 1965. Organic production, turnover and mineral cycling in woodlands. Biol. Rev. 40: 295-336.
- Waring, R.H. and W.H. Schlesinger. 1985. Forest Ecosystems; Concepts and Management. Academic Press, N.Y. 340pp.

Whittaker, R.H. and P.L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity in primary productivity of the Biosphere. Edited by H. Lieth and R. H. Whittaker. Springer Verlas. N.Y. 55-118pp.

제4절 건조 및 가공 기술개발

강호양. 1992. 증기전처리에 의한 국내 참나무재의 성질변화에 관한 연구. 목재공학 20(2) : 73.

이상정, 정희석. 1990. 물참나무 판재두께와 건조스케줄별 건조 속도, 응력과 결함에 관한 연구. 목재공학 18(1):39-51.

한규성, 정희석. 1986. 前平削처리가 물참나무의 건조속도와 건조결함에 미치는 영향. 목재공학 14(4):29.9.

홍봉표, 정희석. 1986. 상수리나무 심재와 변재의 건조특성에 한연구. 목재공학14(6):20-2

Hart, C. A. and R. C. Gilmore. 1985. An air-drying technique to control surface checking in refractory hardwoods. Forest Products Journal 35(10):43-50.

Linares-Hernandez, A. and E. M. Wengert. 1997. End coating logs to prevent stain and checking. Forest Products Journal 47(4):65-70.

Rice, R. W. 1995. Transport coefficients for six log and lumber end coatings. Forest Products Journal 45(5):64-68.

Rice, R.W., E.M. Wengert and J.G. Schroeder. 1988. The potential for check reduction using surface coatings. Forest Products Journal 38(10):17-23.

Wengert, Eugene M. 1990. Drying Oak Lumber. Department of Forestry, University of Wisconsin-Madison, Wisconsin.

제5절 페트라참나무와 로브르참나무의 자연낙지와 비대생장 조절

Heinrich Spiecker, 1996. ZurSteuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben-und Stieleichen(*Quercus petraea* Liebl. und *Quercus robur* L.). Selbstverlag der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. pp. 155.

제6절 참나무류의 심재 부후의 원인 규명

임업연구원. 1990. 참나무 자원의 종합이용 개발에 관한 연구

이화형, 이원용, 박상진. 1987. 목재조직과 식별

Adaskaveg, J. E., Gilbertson, R. L. and Blanchette, R. A. 1990. Comparative studies of delignification caused by *Ganoderma* species. Applied and Environmental Microbiology 56(6) : 1932-1943.

Adaskaveg, J. E. and Gilbertson, R. L. 1987. Infection and colonization of grapevines by *Ganoderma lucidum*. Plant disease 71(3) : 251-253.

Adaskaveg, J. E. and Ogawa, J. M. 1990. Wood decay pathology of fruit and nut trees in california. Plant disease 74(5) : 341-352.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.