

자생 수목 그루터기를 이용한 자연식생복원 녹화공법 연구(I)

오구균¹⁾ · 권태호²⁾ · 배중남³⁾ · 박석곤⁴⁾

¹⁾ 호남대학교 환경디자인공학부 · ²⁾ 대구대학교 산림자원학과
³⁾ 상지대학교 관광학부 · ⁴⁾ 九州大學 生物資源環境科學府

A Study on Revegetation Measures with Recycling Root-stock of Native Tree(I)

Koo-Kyoon, Oh¹⁾ · Tae-Ho, Kwon²⁾ · Jung-Nam, Bae³⁾ and Seok-Gon, Park⁴⁾

¹⁾ School of Environmental Design Engineering, Honam Univ, ²⁾ Dept. of Forest Resources, Taegu Univ,
³⁾ School of Tourism, Sangji Univ, ⁴⁾ Graduate School. Kyushu univ.

ABSTRACT

This study was carried out to elucidate effective restoration measures for natural forest with recycling native tree on site from November 2001 to October 2002 to obtain a basic information for revegetation measure, eight experimental treatment was done and the length of stump, root-ball size of stump, antiseptic treatment of trunk cut, planting season and contents of organic matter in soil were effective on regrowth of root-stock. Thirteen tree species including *Quercus acutissima* among twenty tree species showed outstanding sprout and survival rate(over 90 percent). Planting in November and combined planting with 5 trees and 9 shrubs of root-stock per 100m² plot showed a good growth. And 10 percent of organic matter plot showed a good crown coverage.

Key Words : *Restoration, Natural forest, Stump, Planting season.*

I. 서 론

국토의 약 65%가 산악지형인 우리나라의 지형적 특성 때문에 도로건설 또는 택지개발로 많은 산림이 파괴되고 있다. 개발위주의 근대사회와는 달리 현재 세계는 환경파괴에 대한 비판의 소리가 높아지고 있고, 우리는 개발에 따른 산림파괴를 최소화하고 산림훼손지를 빠르게 복원할 수 있는 공법개발에 많은 노력을 기울이고

있다. 그러나 아직까지도 산림 훼손지를 녹화하는 방법으로 다년생 초본류를 이용한 종자 분사 파종 방법들이 많이 사용되고 있으며, 최근에는 자생목본과 자생초본 종자를 혼합한 종자 분사 파종 녹화방법(남상준, 2001)들이 시도되고 있다. 그러나 종자 분사파종 녹화방법은 빠른 녹화가 가능하나 외국초본종자를 사용한다는 점과 집중강우 침식에 취약(김혜주와 강효식, 1999)하다는 단점을 갖고 있으며, 생태적 천이

에 의한 산림복원까지는 많은 시간이 소요(박종민, 2002)된다.

수목을 이용한 복원 녹화방법으로는 훼손지에 자생하는 수목의 종자를 파종하는 식재 방법(김남춘, 1997; 오구균, 1986; 1991), 버드나무 가지(김혜주와 이준현, 1999)와 쥐똥나무 가지(김혜주와 강효식, 1999)를 훼손된 절·성토사면에 삼목하여 녹화하는 방법, 산림 훼손지에서 발생하는 수목 그루터기를 재활용하는 녹화 방법(小林裕志·福山正隆, 2001; 박종민, 2002; ソンゼエタク 등, 2003) 등이 있다. 수목 그루터기란 근주 녹화공법(根株綠化工法)이라고도 하며, 수목을 자른 후 수간길이가 30cm~50cm(이기철·김동필, 1992)남은 밑둥을 일컫는다. 자생수목 그루터기는 자연성이 높은 지역의 대단위 산림훼손지인 위생매립장, 골프장, 주택단지 개발지 등의 토사비탈면에 조기녹화용으로 적용이 가능하다.

자생수목을 이용한 녹화방법은 현재 우리나라에서는 자생묘목 확보가 힘들다는 단점이 있고, 버드나무와 쥐똥나무가지를 이용한 녹화방법은 이들 녹화재료가 자생하지 않은 산림 훼손지에서 사용하기 곤란하다는 단점이 있다. 그루터기를 이용한 녹화방법은 산림 훼손지의 생물자원을 재활용하는 생태학적 녹화방법으로 경제적으로 생물자원 재활용 차원에서도 가치가 있으며, 생태학적으로는 훼손지 자생수종과 수목 그루터기 뿌리분에 포함된 식물종자들에 의한 종다양성 복원에 매우 효과적이다.

우리나라에서는 생태학적 식재기법연구(오구균, 1986) 이후 1990년대부터 자생수목 종자 파종을 통한 복원실험연구(오구균, 1991; 김남춘

등, 2002)와 자생 초목포기 이식과 식생기반 조성을 통한 식생복원연구(오구균 등, 1997; 오구균·김보현, 1998; 2002; 오구균 등, 2002; 정승준 등, 2001; 국립공원관리공단, 1994; 2001; 지용기·오구균, 2001), 난온대 상록활엽수림 복원 모형개발 연구 등(제주도, 1986; 오구균·김용식, 1997; 박석곤·오구균, 2002; 오구균·박석곤, 2003) 식생복원연구들이 수행 되고 있다. 한편, 생태적으로 민감한 자연환경 보전지역인 자연공원구역 즉, 지리산국립공원, 한라산국립공원 등의 국립공원지역(국립공원관리공단, 1994; 1996)과 무등산도립공원(광주광역시, 1999a; 1999b; KT, 2002) 등에서 식생복원사업들이 시행되어 왔다. 그리고 탐진다목적댐 배면부에 우리나라 최초로 포트수목과 훼손지 자생 수목그루터기를 사용한 자연식생구조 재현녹화공사가 시행되고 있다(오구균 등, 2002).

본 연구는 수목 그루터기를 재활용한 자연식생복원 녹화공법개발을 위한 기초자료를 얻고자 2001년 11월부터 2002년 10월까지 수행하였다.

II. 연구 방법

1. 시험장소 및 공시수목

1) 시험지 개황

그루터기 녹화시험지는 전라남도 함평군 월야면 호남대학교 부속 농장에 입지하고 있으며, 시험지는 약 600평(20m×100m)의 평탄시험지와 약 180평의 비탈 시험지로 구성되어 있다(사진1, 2). 평탄 시험지는 과거 논으로 사용되



사진 1. 시험지 전경



사진 2. 그루터기 적정분 수 시험지

던 곳에 1m 이상 양토를 성토한 지역으로서 국지적으로 배수성이 불량하여 깊이 0.6m, 폭 1m, 길이 100m의 배수로를 3열로 설치하였다.

시험지 토양특성은 비탈면 2개소, 평지 시험지 4개소 총 6개소에서 토양시료를 채취하여 순천대학교 조미채소기술센터 토양분석실에 토양분석을 의뢰하였으며, 시험지 토양의 이·화학적 특성은 표 1과 같다. 시험지 비탈면과 평지의 토양산도는 pH 4.76~5.44로 산성을 나타내고 있으며, 유기물 함량은 우리나라 산림토양 평균함량인 6.4%보다 낮게 나타났다. 양이온 치환용량은 평균 11.45~33.93(m.e./100g)로서 우리나라 산림 평균 양이온 치환용량의 11.34(m.e./100g)보다는 높은 수준이었다.

2) 공시수종

공시수종들의 그루터기 굴취지역은 표 3과 같다. 공시수종은 남원시와 함평군 일대 야산에서 자생하고 있는 우리나라 자생수종을 공시수종으로 사용하였으며, 야산에서 굴취가 힘든 수종은 전주시와 함평군에 소재한 조경수 농장에서 재배하고 있는 자생수종을 사용하였다. 또한 표 5의 문헌에 의해 선발된 그루터기 녹화가 가능한 수종이 외에 남원시와 함평군에서 구할 수 있는 모든 자생수종을 공시수종으로 사용하였다. 공시수종 중 농장에서 재배한 마가목과 층층나무는 굴취전부터 생육상태가 불량하였다. 공시수종들의 뿌리분은 사진3과 같이 운반과정에서 뿌리분의 50~60%의 흠이 뿌리에서 유실된 상태이었다.

표 1. 시험지 토양의 이·화학적 특성

토 성	토 양 산 도 (pH)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	유기물 함 량 (%)	전질소 (%)	염기치환 용 량 (m.e./100g)	치환성 양이온(m.e./100g)			
						K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
평 지 양토,	4.76~5.44	10.7~35.2	0.26~0.72	0.021~0.049	11.45~33.93	0.48~0.92	0.08~0.37	3.77~20.70	1.40~8.42
비탈면 미사질 양토	4.86~5.12	14.0~62.8	0.21~2.59	0.063~0.125	19.17~22.34	0.63~1.23	0.09~0.12	8.43~9.21	1.91~6.25

시험기간인 2001년 11월부터 2002년 10월까지의 기상변화는 표 2와 같다. 시험지의 기상변화는 시험지와 인접한 광주기상대의 기상자료를 활용하였다. 시험기간동안의 연평균기온은 13.8℃, 연 최고기온은 35.3℃, 연 최저기온은 -5.7℃, 연강수량은 1,462.9mm이었다. 한편 2002년도 8월 강수량이 584mm로서 침수에 약한 수종에 악영향을 미친 것으로 추정된다.



사진 3. 그루터기 운반 후 뿌리분 상태

표 2. 2001년 11월~2002년 10월 까지의 시험지 기상 현황

월	2001년		2002년										계
	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	
월평균 강수량(mm)	15.3	53.5	95.7	13.5	46.5	117.8	100.5	108.5	180.0	584.0	109.0	38.6	1,462.9
연 최저기온	-0.1	-5.7	0.2	0.1	0.0	4.2	11.1	14.9	19.5	19.7	12.6	1.0	-
연 최고기온	19.3	14.5	16.5	14.9	22.8	27.8	28.9	33.5	35.3	33.9	32.8	28.3	-

표 3. 그루터기 시험에 사용한 공시수종

기술분야	세부시험	공시수종	굴취지역
자생수목 그루터기 녹화수종 선발	그루터기 맹아력 우세수종 선발	느티나무(8.8), 야광나무(3.6), 병꽃나무, 참느릅나무(4.4), 팽나무(5.3)	함평군/조경수농장
		비목(9.7), 층층나무, 마가목(3.7), 장구밥나무, 산딸나무(4.3), 털야광나무(5.2), 멸구슬나무(10.8)	전주시/조경수농장
		상수리나무(7.3), 산초나무	함평/야산
		노린재나무, 대팻집나무(8.6), 철쭉꽃, 때죽나무(11.5), 국수나무, 진달래	남원시/야산
그루터기 수간·뿌리 절지부 처리 기술	수간 절지 길이	산딸나무(4.6), 털야광나무(6.8)	전주시/조경수농장
		국수나무, 때죽나무(6.9), 진달래	남원시/야산
	뿌리분 크기	팽나무(6.2)	함평군/조경수농장
		진달래	남원시/야산
수간 방부처리	산딸나무(3.8), 털야광나무(6.5)	전주시/조경수농장	
그루터기 식재 및 시공 기술	식재시기	마가목(5.4), 산딸나무(4.3)	전주시/조경수 농장
		상수리나무(6.5)	함평군/야산
	산초나무, 진달래, 국수나무, 때죽나무(11.5)	남원시/야산	
	적정식재 본 수	졸참나무외 9종	남원시/야산
	토양개량제	진달래	남원시/야산
토양유기물 함량	느티나무(4.9)	함평군/조경수농장	

*괄호안의 수치는 근원직경 평균치임

2. 시험 방법

야외시험은 자생수목 그루터기 녹화수종선발, 그루터기 수간·뿌리 절지부 처리기술, 그루터기 식재 및 시공기술의 3가지 기술 분야, 그루터기 맹아력 우세수종 선발, 수간절지길이, 뿌리분 크기, 수간 방부처리, 식재시기, 적정식재 본수, 토양개량제, 토양유기물 함량 등 8가지 세부시험(표 4참조)을 시행하였다.

1) 자생수목 그루터기 녹화수종 선발

(1) 문헌 리뷰에 의한 그루터기 맹아력 우세수종 선발

수목의 맹아력에 대해 기술되어 있는 원색한국 수목도감(조무연, 1992)과 조경수목학(한국조경학회, 1998)에서 활엽수이면서 우리나라 자생수종에서 맹아력이 강한 것으로 명기되어 있는 수종을 중심으로 그루터기 맹아력 우세수종으로 선발하였으며, 덩굴성 식물은 다른 시험식물에 악영향을 미칠것으로 판단되어 제외하였다.

(2) 그루터기 맹아력 우세수종선발 시험

그루터기 맹아력이 우세한 수종을 선발하기 위해 느티나무 등 교목 13종과 관목 7종 등 총 20종을 공시수종으로 사용하여 2002년 3월에 시행하였고, 활착율과 성장량 조사를 2002년 10월에 하였다. 시험처리 수준의 세부내역은 표 4와 같다. 그루터기 맹아력 우세수종선발 시험에서 그루터기 뿌리분의 크기는 그림 1과 같이 교목은 근원직경의 5배, 뿌리길이는 근원직경의 3배로 하고, 소경목과 관목은 그림 2와 같이 뿌리폭 30cm, 뿌리길이 20cm 내·외로 처리하였다. 공시수목의 식재에 교목은 1주당 5kg의 생명정을 토양과 혼합하여 식재구덩이에 채워넣었고, 관목은 1주당 2kg의 생명정을 토양과 혼합하여 식재구덩이에 채워넣었다. 공시수목의 식재간격은 교목 그루터기는 1.6m 간격으로 하였고, 소교목과 관목 그루터기는 1m 간격으로 식재하였다.

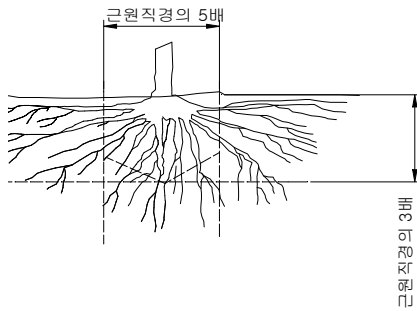


그림 1. 교목 그루터기 굴취 모식도

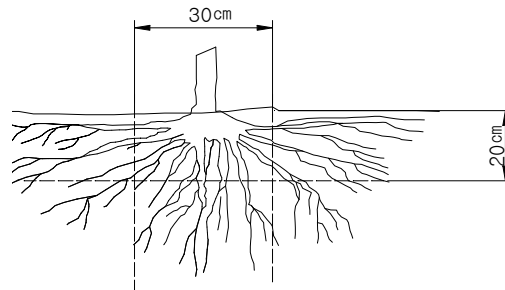


그림 2. 소경목과 관목 그루터기 굴취 모식도

2) 그루터기 수간·뿌리 절지부 처리 기술

(1) 수간(樹幹) 절지 길이 시험

수간 절지 길이 시험은 그루터기 수간 절지 길이에 따른 성장량 변화를 시험하고자 2001년 11월, 2002년 3월, 5월에 각각 10반복으로 시행하였다. 공시수종 중 교목인 때죽나무, 산딸나무, 털야광나무와 관목인 국수나무, 진달래의 그루터기 뿌리분 크기는 각각 그루터기 맹아력 우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였고, 식재 간격도 교목과 관목별로 그루터기 맹아력 우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였다. 식재구덩이에 채워넣은 흙도 그루터기 맹아력우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였고, 공시수종의 활착율과 성장량 조사는 2002년 10월에 하였다.

(2) 뿌리분 크기시험

뿌리분 크기시험은 그루터기 뿌리분 크기에 따른 성장량 변화를 시험하고자 팽나무와 진달래를 공시수종으로 사용하여 2002년 3월에 각각 10반복으로 시행하였고, 활착율과 성장량 조사는 2002년 10월에 하였다. 시험 처리 수준의 세부내역은 표 4와 같이 교목은 근원직경의 3배×3배, 3배×5배, 5배×3배, 5배×5배, 7배×3배, 7배×5배 이상 6가지 수준이며, 관목은 10cm×10cm, 10cm×20cm, 20cm×10cm, 20cm×20cm, 30cm×10cm, 30cm×20cm 이상 6가지 수준으로 처리하였다. 식재구덩이에 채워넣은 흙도 그루터기 맹아력우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였고, 공시수종의 수간 길이는 35cm로 처리하였다.

(3) 수간 방부처리 시험

수간 방부처리 시험은 그루터기 수간 절지부 방부처리에 따른 성장량 변화를 시험하고자 교목2종을 사용하여 2001년 11월, 2002년 3월, 5월에 각각 10반복으로 시행하였다. 공시수종인 산딸나무와 털야광나무의 그루터기 뿌리분의 크기와 식재간격은 그루터기 맹아력 우세수종 선발 시험과 동일하게 처리하였다. 식재구덩이에 채워넣은 흙도 그루터기 맹아력우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였고, 공시수종의 활착율과 성장량 조사는 2002년 10월에 하였다. 시험의 처리수준은 방부처리구와 대조구로 처리하였다. 방부처리에는 동부한농화학(주)의 저독성 살균제 바이코 도포제를 그루터기 수간(樹幹) 절지부에 고르게 도포하였으나 바이코 도포제가 수분증발을 억제하지 못 하여 일주일 후에 다시 일본국 수간절지부 도포제인 '新キヨナル'를 그루터기 수간(樹幹) 절지부에 고르게 도포하였다. 시험별 처리수준의 세부내역은 표 4와 같다.

3) 그루터기 식재 및 시공 기술

(1) 식재시기 시험

식재시기 시험은 그루터기 식재시기에 따른 성장량 변화를 시험하고자 마가목, 산딸나무, 때죽나무, 진달래, 국수나무 이상 교목 3종과 관목 2종을 공시수종으로 사용 하였고, 시험처리 수준은 2001년 11월 식재, 2002년 3월 식재, 5월 식재 이상 3가지 요인을 각각 10반복으로 시행하였다. 공시수종의 활착율과 성장량 조사는 2002년 10월에 하였고, 시험 처리수준의 세부내역은 표 4와 같다. 공시수종의 그루터기 뿌리분의 크기와

표 4. 시험 처리요인 수준

기술분야	시 험 항 목	치 리 수 준 내 용
그루터기 녹화수종 선발	그루터기 맹아력 우세수종 선발	교목 멀구슬나무, 비목, 대팻집나무, 층층나무, 느티나무, 참느릅나무, 산 딸나무 이상 7주 각각 5반복
		교목 상수리나무, 팽나무, 야광나무, 마가목, 때죽나무, 털야광나무 이상 6 주 각각 10반복
		관목 철쭉꽃, 노린재나무, 병꽃나무, 장구밥나무 이상 4주 각각 5반복 산초나무, 국수나무, 진달래 이상 3주 각각 10반복
	수간절지 길이	10cm, 35cm, 각 3회(2001년 11월, 2002년 3월, 5월) 10반복
그루터기의 수간·뿌리 절지부 처리 기술	뿌리분 크기 (뿌리폭×뿌리깊이)	교목 3배×3배, 3배×5배, 5배×3배, 5배×5배, 7배×3배, 7배×5배, 각 10반복
		관목 10cm×10cm, 10cm×20cm, 20cm×10cm, 20cm×20cm, 30cm×10cm, 30cm×20cm, 각 10반복
	수간 절지부 방부처리	방부처리, 대조구, 각 3회(2001년 11월, 2002년 3월, 5월) 10반복
	식재시기	2001년11월, 2002년3월, 2002년5월 각 10반복
그루터기 식재 및 시공 기술	식재 적정 본수 (본수/100m ²)	교목 5주, 교목 8주, 교목 10주, 관목 20주, 관목 30주, 관목 40주, 교목 5주- 관목 9주, 교목 5주-관목 5주, 교목 10주-관목 10주, 교목 10주-관목 5주
	토양개량제	생명정, 토탄, 대조구, 각 10반복
	토양유기물	5%, 10%, 대조구, 각 5반복

* : 수목의 근원직경 기준

식재간격은 교목과 관목별로 그루터기 맹아력
우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였다. 식
재구덩이에 채워넣은 흙도 그루터기 맹아력 우
세수종선발 시험과 동일하게 처리하였고, 공시
수종의 수간 길이는 35cm로 처리하였다.

(2) 적정식재 본 수 시험

적정식재 본 수 시험은 그루터기 적정본수에
따른 성장량 변화를 시험하고자 졸참나무의 9중
을 공시수종으로 사용하여 2002년 3월에 시행하
였고, 활착율과 성장량 조사는 2002년 10월에
하였다. 공시수종의 수간 길이는 35cm로 처리하
였다. 공시수목의 그루터기 뿌리분 크기와 식재
간격은 교목과 관목별로 각각 그루터기 맹아력
우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였고, 식
재구덩이에 채워넣은 흙도 그루터기 맹아력우
세수종선발 시험과 동일하게 처리하였다. 시험
처리 수준은 표4와 같이 교목 5주, 교목 8주, 교
목 10주, 관목 20주, 관목 30주, 관목 40주, 교목
5주-관목 9주, 교목 5주-관목 5주, 교목 10주-관
목 10주, 교목 10주-관목 5주 이상 총 10가지 처

리를 하였다.

(3) 토양개량제 시험

토양개량제 처리에 따른 성장량 변화를 시험
하고자 진달래를 공시수종으로 사용하여 2002
년 3월에 시행하였고, 시험처리 수준은 표 4와
같이 생명정과 토탄을 각각 관목 1주당 2kg씩
넣은 유기물 처리구와 대조구로 각각 10반복으
로 처리하였다. 공시수종의 활착율과 성장량
조사는 2002년 10월에 하였다. 공시수종의 수
간 길이는 35cm로 처리하였고, 그루터기 뿌리
분의 크기와 식재간격은 그루터기 맹아력 우세
수종선발 시험과 동일하게 처리하였다.

(4) 유기물 함량시험

유기물 함량에 따른 성장량 변화를 시험하고
자 느티나무를 공시수종으로 사용하여 2002년 3
월에 시행하였고, 유기물 함량 시험처리 수준은
표 4와 같이 공시수종의 식재구덩이에 유기질비
료인 땅심(생명환경산업유한회사)을 이용하여
유기물 함량 5% 및 10% 토양을 조제하여 식재

구덩이에 채워넣었다. 공시수종의 활착율과 생장량 조사는 2002년 10월에 하였다. 공시수종의 수간 길이는 35cm로 처리하였고, 그루터기 뿌리분의 크기와 식재간격은 그루터기 맹아력 우세수종선발 시험과 동일하게 처리하였다.

4) 시험지 관리

공시수종 식재 직후에 1회 급수하였으며, 잡초억제를 위해 2002년 3월에 벚집멸칭(약 300평), 부직포(1m×1m) 멸칭 또는 합판멸칭(1.5m×1.5m)등을 하였다. 2002년 7월에 잡초가 많이 발생하는 벚집멸칭 시험구와 비탈면시험구에 골판지 멸칭 또는 우드칩(5m×5m)과 톱밥(5m×5m) 멸칭을 실시하였다. 시험지 관리는 2002년 6월부터 10월까지 월 2회 방문하여 배수상태, 잡초발생 등을 관찰하였고, 2002년 6월과 8월에 각각 1회씩 예초기로 제초작업을 하였다. 공시수종에 영향을 주지 않도록 덩굴성 초본인 새삼, 칩, 며느리배꼽 등은 수시로 제거하였다.

3. 측정 및 분석(그루터기 맹아 우세 선발 기준)

2002년 10월에 공시수종의 수관면적, 맹아수, 맹아길이를 측정하였다. 그루터기에서 발생한 맹아의 수관폭(장변×단변)을 조사하여 수관면적을 산정하였으며, 맹아 수는 그루터기의 수간과 뿌리에서 발생한 맹아를 조사하였다.

표 5. 문헌에 나타난 그루터기 녹화 가능 수종

수		종		명	
가시나무	쌍쌍나무	말채나무	사철나무	신나무	쥐똥나무
갈기조팝나무	나래회나무	매자나무	산돌배	싸리	진달래
갈매나무	너도밤나무	모새나무	산앵도나무	아왜나무	참느릅나무
감태나무	노린재나무	목서	산유자	오갈피나무	참싸리
개느삼	느릅나무	뿔대추	산철쭉	오리나무	참조팝나무
개벚나무	다정큼나무	무궁화	산황나무	왕쥐똥나무	채진목
개쉬땅	닥나무	물오리나무	상수리나무	왕초피나무	청피불나무
개회나무	당매자나무	물참대	새비나무	인가목조팝나무	콩배나무
갯버들	당조팝나무	바위말발도리	섬피불나무	자귀나무	키버들
광나무	돈나무	밤나무	섬국수나무	장구밥나무	푸조나무
국수나무	두릅나무	보리수나무	소사나무	조릿대	헛개나무
굴참나무	들메나무	부계꽃나무	쇠물푸레	줄참나무	황칠나무
귀룽나무	땃두릅나무	분꽃나무	수수꽃다리	줄피불나무	회목나무
까마귀밥여름나무	땅비싸리	붓순나무	신갈나무	줄맹간나무	후박나무
꼬리조팝나무	말발도리				

맹아길이는 가장 긴 맹아 5개를 선정하여 길이를 측정하여 평균치를 산정했으며, 토양 개량제 시험에서 다간성(多幹性) 특성을 갖는 진달래의 맹아 수는 한 줄기에서 발생하는 평균 맹아 수를 조사하였다. 그루터기 맹아력 우세수종 선발은 공시수종의 활착율이 90% 이상인 수종을 선발하였다.

그루터기 생장에 미치는 처리수준별 시험효과는 'SPSS 10.0 for Window' 프로그램을 이용하여 분석하였고, 처리수준간의 차이를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA), 단일표본 t-검정, 사후검정(Tukey HSD)을 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 그루터기 녹화수종 선발 연구

1) 문헌리뷰에 의한 그루터기 맹아력 우세수종 선발

문헌조사에 의해 우리나라에 자생하는 수종 중 맹아력이 강하여 그루터기 녹화에 사용 가능한 수종으로 선정된 수종은 교목 15과 35종, 관목 20과 51종 총 29과 86종의 수목이 조사되었고 그 결과는 표 5와 같다.

2) 그루터기 맹아력 우세수종

공시수종의 그루터기 활착율 및 수관면적의

표 6. 그루터기 활착율 및 수관면적

수 종	활착율(%)	수관면적(cm ²)	수 종	활착율(%)	수관면적(cm ²)
느티나무	100	24,040	층층나무	40	2,500
대팻집나무	100	1,485	털야광나무	100	3,514
때죽나무	100	7,305	팽나무	100	3,990
마가목	43	2,343	국수나무	73	7,780
털구슬나무	60	7,033	노린재나무	83	775
비목	100	7,142	병꽃나무	100	5,974
산딸나무	93	3,454	산초나무	47	2,597
상수리나무	90	8,472	장구밥나무	100	4,548
야광나무	100	4,317	진달래	100	686
참느릅나무	100	4,150	철쭉꽃	60	1,207

결과는 표 6과 같다. 전체적으로 공시수종의 활착율은 높게 나타났다. 느티나무, 대팻집나무, 비목, 산딸나무, 상수리나무, 털야광나무 등 공시수종 총 13종은 활착율 90% 이상으로 생육이 양호하였다. 이는 일본국 시험에서 교목류인 때죽나무, 졸참나무, 밤나무, 벗나무의 활착율이 각각 64%, 62%, 58%, 55%, 진달래과 관목류의 활착율이 84%(八王子NTにおける根株移植工法の實驗と試行資料, 1998)인 결과와九州大學 신캠퍼스의 활착율 81%(ソンゼエタク 등, 2003)보다 높은 활착율을 보이고 있었으며, 이식이 어렵다고 알려진 상수리나무의(한국조경학회, 1988) 그루터기 활착율이 90% 이상을 나타내고 있어 차후에 원인규명에 관한 연구가 필요하다. 관목류인 국수나무, 산초나무 등은 초기 맹아발생과 맹아생장이 양호하였으나, 활착율이 교목성 수종에 비하여 낮았는데 이는 시험지에서 국지적으로 불량한 배수 상태가 악영향을 미친 것으로 생각되며, 공시수목 선발 시 생육상태가 불량하였던 마가목과 층층나무의 활착율 역시 낮게 나타났다.

2. 그루터기 뿌리·수간 절지부 처리 기술

1) 수간 절지 길이 시험

그루터기 수간 절지 길이 시험의 공시수종인 산딸나무, 때죽나무, 털야광나무, 국수나무, 진달래를 공시 수종으로 하여 절지길이 10cm와 35cm로 처리한 결과는 다음과 같다.

공시수종에서 관목인 진달래는 생장이 늦었고, 국수나무는 침수피해 영향을 받아 자료를

폐기 하였다. 그루터기 수간(樹幹) 길이간 생장량은 표 7과 같고, 분석 결과 처리수준인 수관면적, 맹아 수, 맹아길이에서 통계적으로 고도의 유의한 차이를 나타냈다. 본 시험에서는 수간길이 10cm 처리구에 비해 수간길이 35cm 처리구에서 수관면적, 맹아 수, 맹아길이의 생장량이 높았으나, 일본국에서는 그루터기 수종에 따라 그루터기 수간길이 별로 활착율에 차이가 있는 것으로 나타나(ソンゼエタク 등, 2003) 그루터기 수간 길이에 대한 지속적인 모니터링과 연구가 필요하다.

표 7. 그루터기 수간 길이간 생장량

수간 길이	수관면적 (cm ²)	맹아 수	맹아길이 (cm)
10cm	4,471.6***	38.3***	73.6***
35cm	4,793.8***	43.7***	79.0***

(*** : P<.001)

2) 뿌리분 크기시험

교목인 팽나무의 그루터기 뿌리분 크기를 6가지 수준으로 처리한 뒤 수관면적, 맹아 수, 맹아길이의 녹화효과를 나타낸 것이 표 8이다. 공시수종인 진달래는 초기 맹아발생 및 생장이 불량하여 뿌리분 처리수준별 유의한 차이가 나타나지 않아 통계 분석에서 제외하였다.

팽나무 ‘뿌리폭 3배×뿌리깊이 5배’ 처리구의 수관면적이 5085.2cm²로 다른 처리구에 비해 높았으며, ‘뿌리폭 7배×뿌리깊이 5배’ 처리구에서 맹아 수가 45.8개로 가장 많이 발생 하였다. ‘뿌

리폭 3배×뿌리깊이 3배' 처리구에서 맹아길이 가 76.6cm로 다른 처리구에 비해 맹아생장이 빨랐다.

시험 1년 경과후 수관면적, 맹아 수, 맹아길이 등의 그루터기 성장량은 그루터기 뿌리분 크기 처리수준간의 큰 차이는 없었다.

표 8. 교목류 그루터기 뿌리분 크기 수준간 성장량

뿌리분 크기	수관면적 (cm ²)	맹아 수	맹아길이 (cm)
W3D3	3,317.6	31.0 *	76.6
W3D5	5,085.2	36.1 *	73.8
W5D3	4,281.1	45.0 *	62.2
W5D5	4,322.0	40.2 *	73.3
W7D3	4,512.2	37.7 *	73.8
W7D5	3,990.0	45.8 *	72.4

(* : P<.05)

W3D3 : 뿌리폭3배×뿌리깊이3배, **W3D5** : 뿌리폭3배×뿌리깊이5배, **W5D3** : 뿌리폭5배×뿌리깊이3배, **W5D5** : 뿌리폭5배×뿌리깊이5배, **W7D3** : 뿌리폭7배×뿌리깊이3배, **W7D5** : 뿌리폭7배×뿌리깊이5배

3) 수간 방부처리 시험

그루터기 수간절지부의 증·발산 억제 및 부패 방지의 효과시험을 위해 산딸나무, 털야광나무 이상 2종을 공시수종으로 사용하였고, 그루터기 수간 절지부에 방부처리한 뒤 대조구와 녹화효과 차이를 비교한 결과는 표 9이다.

맹아 수에서 통계적인 유의한 차이가 인정되었지만 수관면적, 맹아길이는 처리수준간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 무처리한 대조구에서 수관면적, 맹아 수, 맹아길이 등의 녹화효과가 방부처리구에 비해 비교적 높게 나타났으며, 추후 모니터링이 필요하다.

표 9. 그루터기 수간 절지부 방부처리 수준간 성장량

처리수준	수관면적(cm ²)	맹아 수	맹아길이(cm)
방부처리	3,484.1	42.7 *	81.3
대 조 구	4,421.8	51.1 *	82.7

(* : P<.05)

3. 그루터기 식재 및 시공 기술

1) 식재시기 시험

그루터기 식재시험은 교목인 마가목, 산딸나무, 상수리나무, 때죽나무 이상 4종과 관목인 진달래, 국수나무, 산초나무 이상 3종을 공시수종으로 하여 시험한 결과는 다음과 같다.

그루터기 식재시기 처리수준간 공시수종의 수관면적, 맹아 수, 맹아길이의 종속변량에 대하여 분산분석과 사후검정 결과는 표 10, 11과 같다. 그루터기 식재시기 처리수준간 수관면적은 통계적으로 유의한 차이가 인정되었다.

식재시기 간 수관면적, 맹아 수, 맹아길이에 있어서 그루터기 성장량을 나타낸 것이 표10 이다. 2002년 11월 식재 처리구에서 수관면적이 5257.4cm²로 가장 넓었다. 맹아 수는 2002년 3월 식재처리구에서 약 16개로 가장 많았으며, 맹아 길이는 2002년 11월 식재처리구에서 51.4cm로 가장 길었다.

표 10. 그루터기 식재시기 처리수준간 유의성

식재시기	수관면적(cm ²)	맹아 수	맹아길이(cm)
2001년11월	5,257.4**	13.1***	51.4***
2002년 3월	3,844.9**	16.6***	40***
2002년 5월	763.1**	4.2***	13.8***

(*** : P<.001, ** : P<.01)

표 11. 그루터기 식재시기 수준간 사후검정(Tukey HSD)

구 분	식재시기		
수관면적	11월	3월	-
		5월	**
	3월	11월	-
		5월	-
맹아길이	11월	3월	-
		5월	***
	3월	11월	-
		5월	**
맹아 수	11월	3월	-
		5월	***
	3월	11월	-
		5월	***

(*** : P<.001, ** : P<.01)

그루터기 식재시기간 성장량의 유의성을 분석하기 위해 사후검정(Tukey HSD)한 결과 수관면적, 맹아 수, 맹아길이는 식재 처리구간에 통계적으로 유의한 차이가 인정되었으며, 초봄(3월) 식재와 가을(11월)식재 시기간에도 유의한 성장차이를 나타냈다.

본 시험결과 그루터기 식재시기는 수목활착과, 생육에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 일본국 시험결과(住宅・都市整備公団首都圏開發本部, 1995)에 의하면, 낙엽수의 근계(根系) 휴면기인 10월에서 12월경에 그루터기 식재시 활착율이 80% 이상으로 가장 좋았으며, 장마 후 여름철에는 20% 이하, 그 외 시기에는 약 40%에서 60%이었다고 한다. 본 시험에서도 수목 휴면기인 11월에 식재한 그루터기에서 녹화효과가 가장 양호했으며, 3월 식재, 5월 식재 순으로 성장량이 우수하였다. 수목의 생리활동이 왕성한 시기에 그루터기를 조제하거나 식재할 경우에는 활착이 현저하게 떨어지는 것으로 판단된다.

2) 적정 식재 본 수 시험

단위면적당 적정 식재밀도를 파악하기 위해서 식재 본 수에 따라 10수준으로 처리하여 피복율(표 12)을 산출하였다. 교목5주-관목9주 식재 처리구에서 12.14%로 피복율이 가장 높았으며, 교목10주-관목10주 식재 처리구, 교목10주-관목5주 식재 처리구 순으로 피복율이 높게 나타났다. 토양이 척박한 비탈면 지역은 비교적 피복율이 낮았고, 관목만 식재한 관목20주, 관목30주, 관목40주 식재 처리구는 공시수종인 진달래의 초기 맹아발생 및 생장이 늦어 피복율이 낮았다.

일본국 住宅・都市整備公団 首都圏都市開發本部の 八王子地區(1997)와 九州大 新캠퍼스 개발지구(박종민, 2002)에서 시행한 根株移植工法에서 그루터기 식재본수는 2㎡당 1주이었다. 그루터기의 식재밀도는 대상지의 녹화 목표기간, 그루터기의 성장력, 식재시기별 활착율 등에 따른 검토가 필요하다.

표 12. 적정 그루터기 식재 본수 처리 수준간 피복율

처리 수준 (100㎡당 본수)	피복율 (%)	처리 수준 (100㎡당 본수)	피복율 (%)
교목 5주	1.64	관목40주	4.80
교목 8주	2.21	교목5주-관목9주	12.14
교목10주	2.54	교목5주-관목5주	8.08
관목20주	2.38	교목10주-관목10주	10.55
관목30주	4.43	교목10주-관목5주	9.29

3) 토양개량제 시험

생명정, 토탄의 토양개량제 처리 수준간 공시수종의 맹아 발생 수는 표 13 이다. 토양개량제 처리에 따른 맹아 수는 처리수준간 통계적인 유의한 차이는 인정되지 않았고, 토양개량제를 무처리한 대조구의 한 줄기당 맹아 수가 약 7개로 가장 많이 발생하였으며, 생명정 및 토탄 처리구에서 각각 약 6개의 맹아 수가 발생하였다. 이러한 결과는 공시수종인 진달래의 생장이 느려 토양개량제 처리간 성장량 차이가 나타나지 않은 것으로 판단되며, 2년경과 후 모니터링에서 발근 촉진등의 변화가 있을 것으로 판단된다.

표 13. 토양개량제 수준간 맹아 수

처리 수준	맹아수*
대조구	7.5
생명정 첨가	6.2
토탄 첨가	6.1

* 맹아 수 = 전체맹아 수/전체 줄기 수

4) 유기물 함량 시험

토양 유기물 5%, 10% 처리수준간 공시수종의 수관생장을 나타낸 것이 표14이다. 토양 유기물 함량 처리수준간 수관면적, 맹아 수, 맹아 길이에서 통계적으로 유의한 차이가 인정되지 않았다.

토양 유기물 10% 처리구의 수관면적이 10,978.6cm²로 현저하게 높았으며, 대조구, 토양 유기물 5% 처리구 순으로 나타났다. 대조구의 맹아 수가 67개로 가장 많았으며, 토양 유기물 10%

처리구에서 맹아길이가 60.4cm 로 가장 길었다. 대조구의 성장량이 유기물 함량 5%시험구보다 높게 나온 것은 식재한 그루터기가 활착하는 초기 단계이기 때문으로 판단되며, 2년경과 후 모니터링에서는 유기물 함량 5% 시험구에 변화가 있을것으로 판단된다. 이상을 요약하면, 토양 유기물 함량 10% 처리구에서 수관면적, 맹아길이가 다른 처리구에 비해 비교적 높게 나타났다.

표 14. 토양 유기물 함량 수준간 성장량

처리수준	수관면적(cm ²)	맹아 수	맹아길이(cm)
대조구	4,804.0	67.0	48.8
5%	3,968.0	45.0	30.3
10%	10,978.6	45.8	60.4

IV. 결 론

본 시험은 자생수목 그루터기를 재활용하는 녹화공법을 개발하기 위한 수간 절지길이 시험, 뿌리분크기 시험, 식재시기 시험, 그루터기 맹아력 우세수종 선발 시험, 적정 식재 본 수 시험, 토양유기물 시험 결과는 다음과 같다.

1. 수간 길이 시험 결과 수간길이 10cm처리구에 비해 수간길이 35cm처리구에서 성장량이 높았다.

2. 교목류 그루터기 뿌리분 크기 시험에서 ‘뿌리폭 3배×뿌리깊이 5배’의 수관면적이 다른 처리구에 비해 높았으며, ‘뿌리폭 7배×뿌리깊이 5배’에서 맹아가 가장 많이 발생 했다. ‘뿌리폭 3배×뿌리깊이 3배’ 처리구에서 맹아 길이가 다른 처리구에 비해 생장이 빨랐다.

3. 그루터기 식재시기 시험에서 2001년 11월 식재 시험의 성장량이 가장 높았으며, 다음으로 2002년 3월 식재, 2002년 5월 식재순으로 나타났다.

4. 그루터기 맹아력 우세수종 선발시험결과 총 20종의 공시수종중에서 상수리나무 등 13종이 활착율 90% 이상 이었다.

5. 적정본수시험에서 100m²당 교목5주-관목9주 식재시험의 피복율이 12.14%로 가장 높았으며, 교목10주-관목10주 식재처리 순으로 피복

율이 높게 나타났다.

6. 토양유기물 함량 시험에서 토양 유기물 10% 처리구에서 수관생장이 가장 우수하였다.

인 용 문 헌

광주광역시. 1999a. 무등산 군부대 이전지 및 원주민촌 철거지 복원 기본 및 실시설계 종합보고서. 광주광역시 보고서.

광주광역시. 1999b. 무등산 군부대 이전지 복원공사 설계변경서.

국립공원관리공단. 1994. 지리산국립공원 훼손지 복구 환경조사 및 실시설계. 국립공원관리공단 보고서.

국립공원관리공단. 1996. 설악산 대청봉지구 훼손지 복구설계. 국립공원관리공단 보고서.

김남춘. 1997. 사면녹화공사용 자생목본의 파종 적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(1) : 73-81.

김남춘 · 배선우 · 윤중서 · 손원주 · 정성철. 2002. 비탈면 조기 수림화를 위한 녹화용 식물의 활용에 관한 연구. 한국환경복원 녹화기술학회. 5(6) : 72-85.

김혜주 · 강효석. 1999. 귀뚜나무를 이용한 생물공학적 비탈면 녹화공법의 사례연구. 한국환경복원녹화기술학회지 2(3) : 47-53.

김혜주 · 이준현. 1999. 생물공학적 비탈면 녹화공법에서의 버드나무 삽수선택에 대한 고찰. 한국환경복원녹화기술학회지 2(3) : 32-37.

남상준. 2001. 폐탄광지 폐석 적치장의 생태복원 녹화방법에 관한 연구. 단국대학교 산업경영대학원 석사학위 논문.

박석곤 · 오구균. 2002. 난온대 상록활엽수림 보전 실태 및 복원(I) -상록활엽수림 분포 및 훼손등급 기준-. 한국환경생태학회지 16(3) : 309-320.

박종민. 2002. 日本九州大新캠퍼스 개발지구에 적용된 開發毀損地の 原生林 復元技術에 대한 考察. 한국환경복원녹화기술학회지 5(3) : 50-57.

오구균. 1986. 자연식생의 생태적 특성을 고려한

- 배식설계 기준에 관한 연구. -창덕궁 후원 자연식생 분석을 통하여-. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 오구균. 1991. 踏歷으로 毀損된 林間裸地の 林床 植生復元に 관한 研究. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 오구균 · 우보명 · 김동완. 1997. 지리산국립공원 아고산대 황폐나지의 식생복원공법 개발. 환경생태학회지 11(1) : 37-45.
- 오구균 · 김용식. 1997. 난대 기후대의 상록활엽수림 복원 모형(V) -사례지의 복원전략-. 환경생태학회지 11(3) : 352-165.
- 오구균 · 김보현. 1998. 난대 기후대의 상록활엽수림 복원 모니터링(I). 환경생태학회지 12(3) : 279-289.
- 오구균. 2001a. 국립공원지역 훼손지 식생복원 기술실무. 국립공원관리공단 기술직교육 자료집. pp. 107-130.
- 오구균. 2001b. 국립공원내 훼손지에 대한 환경진화적인 복구방안 세미나. 국립공원관리공단 세미나자료집. pp. 75-115.
- 오구균 · 차대현 · 류지훈 · 지용기. 2002. 탐진다목적댐 환경친화적 녹화계획. 한국환경복원기술녹화학회 2002 추계 학술발표회. pp. 108-112.
- 오구균. 2002. 한라산국립공원 고산대의 보호관리방안. 한라산연구소 심포지엄자료집. pp. 129-148.
- 오구균 · 박석근. 2003. 난온대 상록활엽수림 보전실태 및 복원(II) -사례지의 식생복원계획-. 한국환경생태학회지 17(1) : 71-82.
- 이기철 · 김동필. 1992. 최첨단의 녹화기술. 서울 : 명보문화사.
- 정승준 · 오구균 · 오장근. 2001. 국립공원 능선부 훼손지 식생복원공법 개발에 관한연구. 한국환경생태학회지 15(1) : 69-78.
- 제주도. 1986. 漢拏山國立公園 白鹿潭地區 毀損地 復舊工法研究報告書 -基礎的 研究 및 復舊實施 設計-. 제주도 보고서.
- 조무연. 1992. 원색한국 수목도감. 서울 : 아카데미.
- 지용기 · 오구균. 2001. 山林 伐採跡地の 6년간 植生構造 變化(I) -光陽市 白雲山 演習林 地域을 中心으로-. 한국임학회지 90(6) : 673-682.
- KT. 2002. 무등1중계소 환경복원공사 설계 종합보고서. 지 12(3) : 279-289.
- 한국조경학회. 1998. 조경수목학. 서울 : 문운당.
- 住宅 · 都市整備公団 首都圏都市開發本部 八王子開發事務所. 八王子NTにおける根株移植工法の實驗と試行資料. 1997.
- 住宅 · 都市整備公団 首都圏都市開發本部 八王子開發事務所. 根株移植工法設計 マニュアル 95年版. 1995.
- ソン ゼエタク · 薛 孝夫 · 金 大雄 · 上田智行. 2003. 根株移植した樹木の移植 2年後の生育状況 について. 日本造園學會支部 平成15年度 別府大會論文集 : 38-39.
- 小林裕志 · 福山正隆. 2001. 綠地環境學. 文永堂 出版.

接受 2003年 7月 15日