최 종
연구보고서

고로쇠나무 수액채취기술 및 조림경영관리체계 개선에 관한 연구

2001. 12.

연구기관
서 울 대 학 교
순 천 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "고로쇠나무 수액채취기술 및 조림경영관리체계개선에 관한 연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 12. 26.

주관연구기관명 : 서울대학교
총괄연구책임자 : 이 경 준
연 구 원 : 이 현
연 구 원 : 김 군 보
연 구 원 : 윤 혜 영
협동연구책임자 : 정 주 상
연 구 원 : 이 병 두
연 구 원 : 김 형 호
연 구 원 : 권 대 순
협동연구기관명 : 순천대학교
협동연구책임자 : 박 인 협
연 구 원 : 김 례 화

요 약 문

I. 제 목

고로쇠나무 수액채취기술 및 조림경영관리체계 개선에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

고로쇠나무(*Acer mono* Max.)는 단풍나무과의 단풍나무 속에 속하는 낙엽교목으로서 한국, 일본, 그리고 만주에 천연적으로 분포하는 수종이다. 한국에는 현재 18종의 단풍나무류가 자라고 있다. 고로쇠나무는 전라남도의 백운산, 지리산, 조계산, 그리고 강원도 일대에 자생하고 있으며 해발 100-1800m 사이에서 발견된다.

고로쇠나무의 수액은 예전부터 위장병, 신경통, 고혈압, 여성 산후증에 약효가 있다고 알려져 왔으며, 기록에 의하면 신라시대 화랑에 의하여 음용되었다고 한다. 최근에는 전라남도와 경상남도, 강원도 등에서 일반인에 의하여 건강음료로 널리 애용되고 있고, 전남의 백운산과 지리산 지역에서는 해마다 경칩(3월 5일경)을 전후하여 고로쇠나무로부터 채취된 수액을

이용하고 있다. 특히 백운산과 지리산 주변에서는 고로쇠 수액채취를 계기로 하여 농한기(2월 중순 ~ 3월 중순)에 매우 큰 농가소득을 올리고 있다.

고로쇠나무의 수액에 관한 연구는 지금까지 산발적으로 지역주민, 혹은 소규모연구팀에 의하여 일부 수행되어왔다. 수액을 채취하기 위하여 주민들은 오래 전부터 도끼나 칼을 이용하여 나무 밑동에 상처를 내다가, 최근에 작은 천공을 뚫고 파이프를 서로 연결하여 수액을 채집하는 새로운 시도가 이루어지고 있다. 그러나 천공의 크기, 깊이, 개체당 개수, 천공의 폐쇄방법, 천공의 부후를 막는 처리법 등에 관한 학술적이고 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있다. 또한 기상인자와 수액생산량과의 관계, 입지환경과 수액생산량과의 관계, 혹은 수목의 생물학적 특성과 수액생산량과의 관계 등에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있어서 이에 대한 학술적인 접근이 필요하다고 생각된다.

특히 현재의 고로쇠나무 수액채취는 천연림 임분 내에 자생하는 임목을 대상으로 수행되고 있다. 그러나 이와 같은 자생 고로쇠나무는 대부분 넓은 산악지형에 낮은 밀도로 서식하고 있어 접근성이나 생산성 등의 경영여건이 매우 불리한 편이다. 또한 아직까지 고로쇠나무 조림을 위한 기술이나 바람직한 경영관리체계에 대한 연구가 미비된 실정으로 앞으로 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 1) 고로쇠나무 수액생산을 증진하기 위하여 보관조건 개량 및 수액채취 관련 기술을 개발하고, 2) 고로쇠나무의 조림을 위한 적지판정 기준과 천연갱신을 위한 입지조건을 규명하고, 양묘를 위한 종자의 특성과 파종 및 토양관리 기준을 개발하며, 3) 산림 소득 증진을 위한 고로쇠나무의 관리체계를 개발, 관리정보의 데이터베이스화를 위하여 실시하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

(1) 제1세부과제 : 고로쇠나무 수액생산 증진과 생산기술 개량 연구

- ㅇ 수액 채취기술개량 연구
- ㅇ 수액채취 천공의 치유촉진 기술 개발
- ㅇ 직경급별 적정 수액 채취량 산정
- ㅇ 시비에 의한 수액의 미네랄 성분함량 변화 연구
- ㅇ 고농도 설탕함유개체의 선발
- ㅇ 수액의 보관 및 정제 기술 개발
- ㅇ 기상인자, 입지환경, 수액 생산량과의 관계 구명

(2) 협동연구과제 : 고로쇠나무의 최적 생육환경인자, 천연갱신 및 양묘 기술 개발

- ㅇ 최적 생육환경인자 구명
  - 기후, 지형, 토양조건과 생장특성의 관계 구명
  - 최적 생육환경인자 파악
- ㅇ 천연갱신 기술 개발
  - 임분구조 및 동태 구명
  - 우점도 향상을 위한 천연갱신 기술 개발
- ㅇ 우량묘목 생산 기술 개발
  - 종자 처리, 저장 방법 개발
  - 비음처리 및 시비 효과 구명
  - 우량묘목 생산 기술 개발

(3) 제2세부과제 : 산림소득 증진을 위한 고로쇠나무 경영관리 모델의 개발

- ㅇ 연구대상지 고로쇠나무 분포 및 생육인자 조사
- ㅇ 고로쇠나무 관리 데이터베이스 설계
- ㅇ 연구대상지 고로쇠나무 분포 GIS 자료 구축
- ㅇ 연구대상지 고로쇠 수액 생산량 예측 모듈 개발
- ㅇ 고로쇠 수액채취 경영여건 분석
- ㅇ 고로쇠 수액채취 수익성 분석 모듈 개발
- ㅇ 고로쇠나무 경영관리모델 개발

IV. 연구개발결과 및 활용에 관한 건의

1. 고로쇠나무 수액생산 증진과 생산기술 개량 연구

본 과제는 고로쇠나무 수액 생산을 증진하는 방법과 채취 기술을 개량하는 것이 주 목적이다. 수액 채취 기술 개량 연구에서는 천공방위가 남쪽일 때 가장 많은 유출량을 보였으며, 다음으로 동, 서, 북의 순이었다. 천공높이는 지제부에서 30cm일 때 가장 유출량이 많았으며, 60과 100cm 높이에서는 유출량이 감소하였다. 수액채취로 인한 수목의 무기영양상태의 변화연구에서는 수액 채취로 인하여 잎의 N, P, K, Mg, Ca의 함량과 신초의 생장에 감소를 가져오지 않아서 수액채취가 나무의 영양상태를 나쁘게 하지 않는 것으로 판단되었다. Fe와 Ca 시비에 의한 수액내 미네랄 함량 증진 시험에서는 시험지의 토질이 큰 돌이 많은 경석지로서 무기질 토양이 거의 존재하지 않음으로서 시비효과가 나타나지 않았다.

진공펌프를 이용한 수액채취 촉진시험에서는 수액이 많이 나오는 맑은 날과 수액이 전혀 안 나오는 흐린 날의 경우 모두 대조구에 비하여 4배부터 8배까지 더 많은 수액을 채취하였다. 이 기술은 미국과 카나다에서도 이미 응용되고 있으며 수액이 나오지 않는 기상조건에서도 수액을 채취할 수 있는 새로운 기술이라고 할 수 있다.

고농도 설탕함유개체 선발시험에서는 1차년도의 경우 비선발목의 평균 설탕농도가 1.59%인 반면 2차년도에는 평균당도가 1.76%이었다. 2년에 걸친 고농도 개체선발에서 상위 3%의 개체만을 선발할 경우 선발목의 평균 당도는 2.7%이었으며 최고치는 3.2%이었다. 따라서 선발에 의하여 설탕농도를 약 1%가량 높일 수 있었다. 동일개체내에서 1차년도와 2차년도 당도간의 상관계수는 0.84로서 당도는 환경요인보다는 개체 고유의 유전적 성

질로 판단된다.

기상 인자 혹은 입지 환경과 수액 유출량과의 관계 연구에서는 바람이 불거나 흐린 날에는 수액 유출이 거의 이루어지지 않았다. 입지 환경에 따른 일중 수액유출량 조사에서는 동사면과 남사면의 경우 낮 12시부터, 그리고 서사면의 경우 오후 2시부터 수액유출이 시작되었으며, 동사면은 오후 4시에 그리고 남사면과 서사면은 오후 6시에 수액유출이 중단되었다. 따라서 햇빛에 의하여 수간의 온도가 상승하는 정도에 따라 수액이 유출된다고 할 수 있으며, 남쪽 사면에서 가장 많은 유출량을 보였다.

천공의 치유 촉진 연구에서는 전체 천공중에서 11%가 2년내 유합조직을 완전히 생성하지 못하여 치유되지 않았다. 현재 사용하고 있는 12mm의 천공직경을 3-4mm 가량 더 축소한다면, 당년에 대부분의 천공이 치유될 것으로 판단된다. 현재 쓰고 있는 어뎁터(adaptor)를 생략하고 플라스틱호스를 직접 구멍에 연결시킨다면 천공직경을 9mm이하로 작게 하면서 효율적으로 수액을 채취할 수 있다고 판단된다.

고로쇠나무 목재부후균의 동정연구에서는 2과 5속 5종의 민주름버섯류를 채집하여 동정하였다. 이중에서 가장 흔한 버섯은 줄버섯과 메꽃버섯부치였다.

도끼와 천공이 목재부후에 미치는 영향에 관한 연구에서는 15년 전까지 도끼로 만든 상처가 그대로 관찰되었으며 나무를 수평방향 혹은 종축방향으로 잘라서 부패여부를 확인하였는데, 도끼에 의한 상처는 심재와 변재부분에 종축방향으로 50cm이상의 부패부위를 만들었으며, 목재로서의 가치를 완전히 상실할 만큼 큰 상처와 부패, 변색을 가져왔다.

수액의 저장방법 개량시험에서는 membrane filter(pore size : 0.45㎛)와 자외선(UV)소독을 거친 후 저온저장(4℃)할 경우 저장기간을 대조구에 비하여 1주일 이상 더 연장시킬 수 있었고, 미생물의 숫자가 1/10이하로

소하였다. 저장기간중 발생하는 미생물은 *Bacillus*, *Enterobacter*, *Microbacterium*이 가장 흔하게 발견되는 세균이며, 총 14종의 세균을 동정하였는데 이들 세균은 일반적으로 음료수에서 발견되는 세균과 유사한 종류로 판정된다.

고농도 설탕함유 선발개체의 증식시험에서는 접목과 삽목을 모두 시도하였다. 녹지삽목의 경우 50-70년생의 노령목으로부터 삽수를 채취하였기 때문에 실패하였으며, 접목은 1년생 대목을 이용할 경우 33%의 활착률을 보였다.

2. 고로쇠나무의 최적 생육환경인자, 천연갱신 및 양묘 기술 개발

본 과제는 생육 적지의 환경인자를 구명하고 천연갱신과 양묘기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 고로쇠나무의 최적 생육환경인자로서 기상조건은 온량지수 50~90℃, Holdridge지수 6~12℃인 냉온대림지역이었다. 지형조건은 산 높이의 30~70% 해발고대의 계곡부 계천변이었으며, 북향사면이 남향사면보다 성장이 양호하였다. 토양조건은 수분함량 67.4±16.4%, 토양산도 5.2±0.4, 유기물함량 17.0±5.2%, 전질소함량 0.80±0.27%, 양이온치환용량 17.22±3.00cmol/kg, 염기포화도 31.0±14.0%인 식양토, 양토 또는 사양토이었다. 이것은 고로쇠나무의 확대 조성을 위한 인공조림시 토양수분, 보비력, 비옥도 등이 높은 토양으로 적지가 제한된다는 것을 시사한다. 고로쇠나무 분포지내에서의 고로쇠나무 흉고단면적은 토양의 수분지수와 전질소함량이 높고 경사도와 Na^+함량이 낮을수록 증가하는 경향이었다.

천연갱신과 관련된 임분구조와 동태를 조사한 결과 고로쇠나무 교목층의 밀도는 전체 조사지에서 81~200본/ha이었으며, 백운산, 지리산, 조계산 지역의 순으로 높았다. 교목층의 고로쇠나무 상대우점치는 24.8~44.1%이었으며, 백운산, 지리산, 조계산의 순으로 높은 경향이었다. 백운산 지역에

서는 서어나무, 물푸레나무 지리산 지역에서는 서어나무, 들메나무 조계산 지역에서는 서어나무, 졸참나무 등과 교목층에서 혼효하고 있었다. 앞으로 백운산지역과 지리산지역은 고로쇠나무 우점군집이 지속되며, 조계산지역의 경우 고로쇠나무와 서어나무가 종간경쟁을 할 것으로 판단되었다.

고로쇠나무 치수 발생량은 조릿대 피도와 유의적인 부의 상관관계가 있었으며, 토양내 Ca^{++}과 Mg^{++}함량과 유의적인 정의 상관관계가 있었다. 따라서, 고로쇠나무의 치수발생 즉, 천연갱신을 도모하기 위하여 조릿대를 먹이로 하는 가축의 방목, 야생동물의 보호, 조릿대의 벌채이용 등의 방안이 필요하다고 할 수 있다. 천연갱신을 위한 조릿대의 제거 효과는 본 연구가 2년간의 연구인 점을 고려할 때, 조성 후 1년차 효과로서 판단하기는 어려움이 있었으며 앞으로 장기적인 관측이 필요하다고 할 수 있다. 고로쇠나무 치수발생량과 유의적인 정의 상관을 보인 토양내 Ca^{++}의 영향을 파악하기 위하여 별도의 묘포시험을 한 결과 석회시비구는 무시비구에 비하여 고로쇠나무 종자의 발아율이 유의적으로 높았다. 이것은 토양내 Ca^{++}이 고로쇠나무 종자의 발아를 도모하는 효과가 있으며, 고로쇠나무의 천연갱신을 위하여 석회시비가 필요한 것을 시사하고 있다.

종자품질검사 결과 고로쇠나무의 종자의 순량율은 71%, 용적중은 526g/ℓ, 실중량은 162g/1000립, 1ℓ당 립수는 3,615립, 1kg당 립수는 7,033립, 발아율은 21%, 효율은 15%이었다. 종자 저장방법간 발아율은 유의적인 차이는 없었으나 냉습적저장 21.3%, 변온저장 19.0%, 상온저장 16.7%의 순으로 높았다. 시비처리 시험 결과 묘목의 생육형질은 모두 시비처리간 유의적인 차이가 있었으며, 전체 건중량과 T/R율을 고려하면 석회+복합비료+요소 처리구에서 우량한 묘목이 생산되는 것으로 나타났다. 생육밀도 시험 결과 근원경을 제외한 모든 생육형질에서 유의적인 차이가 있었으며, 잔존본수 90주/㎡ 처리구에서 전체 건중량과 뿌리의 건중량이 가장 높게

나타남으로서 우량묘목이 생산되는 것으로 나타났다. 비음처리 시험 결과 비음처리를 하지 않은 대조구에서 묘고, 근원경, 주근장, 건중량 등이 가장 높았으며, T/R율이 가장 낮았다. 본 시험의 경우 지속적으로 관수를 하였던 점을 고려할 때, 충분한 관수가 이루어진다면 고로쇠나무 묘목의 비음처리는 필요하지 않은 것으로 나타났다.

3. 산림소득 증진을 위한 고로쇠나무 경영관리모델의 개발

이 연구는 고로쇠나무 수액 채취관련 임업경영을 지원하기 위한 컴퓨터 software들을 개발하기 위해 수행되었다. 이 software군은 데이터베이스 관리용 및 공간분석용의 2가지로 구분된다.

이 중 데이터베이스 관리용 software는 고로쇠 수액을 생산하는 농가들에 관한 자료를 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스 관리체계로 개발되었다. 그 외에 이 software에는 수액채취와 관련된 비용/수익 분석 기능과 고로쇠나무 inventory 관리 및 수액 생산정보를 관리하기 위한 모듈들이 내장되어 있다.

공간분석용 software는 생물·비생물학적 산림환경 입지분석과 수액채취자의 작업여건 등을 분석함으로써 산림의 고로쇠 수액 생산 적합도를 평가하기 위한 것이다. 이 모델을 개발함에 있어서 고로쇠 수액 생산 적합도 판정에 영향을 미칠 수 있는 인자들로 수계로부터의 거리, 해발 고도, 토양수분, 사면경사향, 음영조건 등을 비생물학적 인자로 선정하였고, 임상조건, 영급 및 경급을 생물학적 인자로 선정하여 분석하였다. 또한 경영적 관점에서 고로쇠나무 임분에서 도로까지의 거리로 표현되는 접근성과 경사도에 따른 작업여건을 평가하여 고로쇠 수액생산 적합도 평가에 적용하였다.

데이터베이스 기반 및 GIS 기반의 software군은 통합환경에서 운용될 수 있도록 개발되었다. 즉, software들은 수액채취자에 관한 정보, 고로쇠

나무 inventory 및 분배에 관한 정보 등을 상호 공유할 수 있도록 설계되었다. 이러한 통합환경은 수액채취에 대한 대금징수의 결정, 고로쇠나무 inventory 및 수액생산 연혁 관리, 수액채취 감시 등 임업경영에 필요한 효율적인 정보관리도구로의 활용을 가능하게 해준다.

4. 활용에 대한 건의

본 연구는 현장애로 과제로써 고로쇠나무 수액채취와 조림 및 관리체계를 개선하기 위하여 다음과 같은 실용적인 기술을 개발하였다. 수액채취 기술 중에서 진공펌프를 이용하여 채취량을 배가시키고, 흐린 날 혹은 바람이 부는 등의 기상 상태에 관계없이 수시로 수액을 채취할 수 있는 기술을 개발하였다. 또한 일반적인 고로쇠나무의 설탕농도가 1.6%인데 반하여, 설탕 고농도 개체를 선발하여 설탕농도를 2.7%로 증가시켰다. 선발된 개체는 접목으로 증식하여 향후 농가에 조림용으로 보급할 수 있게 되었다. 수액의 저장기간을 membrane filter, UV 조사, 그리고 저온 저장으로 일주일 이상 연장시킬 수 있게 되었다.

고로쇠나무의 적지규명 연구에서는 고로쇠나무가 해발 600~900m에서 토양수분, 보비력, 비옥도가 비교적 높은 토양에 주로 자생하며, 생장은 북사면에서 가장 우수하였으므로 향후 조림시 이 조건에 맞는 지역에 조림하는 것이 바람직함을 규명하였다. 천연갱신을 유도하기 위하여 하층의 조릿대를 제거해야 할 필요가 있으며, 양묘를 위하여종자를 냉습적 저장법으로 저장하여야 하며, 석회비료와 복합비료의 사용이 필수적이며, 비음처리는 필요하지 않았다.

고로쇠나무의 경영관리모델 개발에서는 고로쇠나무의 관리를 위하여 데이터베이스 관리용 software와 공간분석용 software를 개발하였다. 데이터베이스 관리용은 inventory 관리, 수액생산정보 관리, 비용/수익 분석 기능

을 가지고 있으며, 공간분석용은 산림환경입지 분석과 수액채취 작업여건을 토대로 하여 수액생산 적합도 판정기준을 작성함으로써, 고로쇠나무 관리체계를 전산화하였다.

위와 같은 연구결과는 고로쇠나무의 수액채취 기술을 향상시키고, 저장방법을 개선하였으며, 설탕 고농도 개체를 선발함으로써 음용수로써의 가치를 높였다. 또한 조림적지를 규명하고, 양묘기술을 개발하였다. 아울러 고로쇠나무 관리체계를 전산화함으로써 대규모 고로쇠나무 임분의 효율적인 관리를 가능하게 했으며, '고로쇠나무 경영관리시스템 사용자설명서'를 완성함으로써 현장애로 과제로써 농가소득에 직접적으로 연결된 실용적인 기술을 개발했다고 판단된다.

SUMMARY

Acer pictum Thunb. *ex* A. Murray var. *mono*(Maxim.)Maxim. *ex* Franch. in Korea has a long history of being used for collection of fresh sap for drink. This study consists of three parts. The objective of each part is as follow : 1) to develop a technique for efficient sap production, 2) to obtain informations on site characterization, natural regeneration, and nursery seedling production techniques, and 3) to develop management systems for promotion of forest incomes.

The objectives of the **first part** were to understand biological and environmental conditions to promote sap production from *Acer pictum* var. *mono* and improvement of tapping techniques.

Tapping holes made on the stems 30cm above ground in the south side produced more sap than those 60 or 100cm above ground in the east, west, or north side. Tapping did not decrease growth of new shoots or N, P, K, Ca, Mg contents in the leaves compared with trees without tapping. Fertilization with Ca and Fe in the previous summer failed to increase Ca or Fe contents in the sap the following spring.

Vacuum pump connected to tapping tubes increased sap production 4 to 8 times in a single day both in a sunny day of abundant sap production and in a cloudy day of no sap production. This technique may be applied to sap production during the cloudy or windy days when sap flow is not normally observed.

Sugar concentration in the sap averaged 1.59%. The high sugar -yielding individuals belonging to the top 3% group showed on average

sugar concentration of 2.7%, with the highest concentration being 3.2%. Within a single tree the second year sugar concentration was highly correlated with the first year concentraion, with correlation coefficent being 0.84, indicating genetic control of sugar concentraion. In the future the top 3% individuals with high sugar concentraion can be vegetatively propagated for high sugar sap production.

Topography affected sap production. Trees growing on south slope produced more sap than those on east, west, or north slope, mainly due to longer hours of being heated by the sun.

In an investigation on the healing of tapping holes, 11% of observed holes failed to close within 2 years, with a possibility of being attacked by fungi. It is sugested that the current tapping hole size of 12mm should be reduced to 8mm to promote natural closure within a year. Adaptors connecting to main tubing systems should be omitted to effecively reduce hole size to 8mm.

Five species of higher fungi were identified which grew on decaying woods of *Acer pictum*. The two most common species were *Microporus vernicipes* and *Bjerkander adusta*. Using axes which was commonly practiced until 15 years ago critically damaged the trunk. Cross and longitudinal sections of trunks of above tapped trees showed severe decay and wood stain in both heartwood and sapwood. On the other hand, boring holes with 12mm diameter promoted natural closure of holes by callus tissue in most cases within a year.

In a study on the extension of storage period of fresh sap, membrane filtering(pore size 0.45㎛) followed by UV irradiation

significantly extended storage period by more than 7 days if stored in a refregerator. The most common bacteria found in the stored sap include *Bacillus, Enterobacter,* and *Microbacterium.*

For vegetative propagation of high sugar-yielding trees, grafting in spring was successful, while greenwood cutting in summer failed because of the old age(50-70years) of mother trees.

The objectives of the **second part** were to perform site characterization of *Acer pictum,* and to develop techniques for natural regeneration and nursery seedling production.

Acer pictum var. *mono* was distributed in a cool-temperate forest zone ranging from 50 ℃ to 90 ℃ of warmth index and from 6℃ to 12℃ of Holdridge Index. It was a local edaphic climax tree species near streamside of the valley in high mountains. The results of soil analysis indicated that the soil conditions for good growth of *Acer pictum* were 67.4±16.4 % of water content, 5.2±0.4 of pH, 17.0±5.2% of organic matter content, 0.80±0.27 % of total nitrogen content, 17.22±3.00 cmol/kg of CEC, and 31.0±14.0 % of base saturation.

Stand density of *Acer pictum* ranged from 81 to 200 trees/ha, and importance value ranged from 24.8 % to 44.1 %. *Acer pictum* was associated with *Carpinus laxiflora, Fraxinus rhynchophylla* and *Fraxinus mandshurica* in the canopy layer. Sapling density of *Acer pictum* was significantly and negatively correlated with coverage of *Sasa borealis,* a dwarf bamboo species, and positively correlated with contents of Ca^{++} and Mg^{++} in the soil. Germination percentage of *Acer pictum* seeds in

the nursery with lime treatment was significantly higher than that of control. It suggests that lime may be used as a soil conditioner for enhancing density of *Acer pictum* saplings to promote natural regeneration. Basal area of *Acer pictum* was significantly and positively correlated with moisture and total nitrogen content in the soil and negatively correlated with slope and soil Na^{+} content.

Studies on the seed test and seedling production technique were carried out in the laboratory and nursery, respectively. Purity percent, one litter weight, 1,000 seed weight, germination percentage, and utilization value of *Acer pictum* seeds were 71 %, 526g/ℓ, 162g, 21 %, and 15 %, respectively. There was no significant difference in germination percentage among different storage treatments of seeds, but it was the highest at cold moist storage (21.3 %), and followed by warm and cold storage (19.0 %), and dry storage (16.7 %). *Acer pictum* seedlings in the nursery soil applied with lime, compound fertilizer, and urea were higher in dry weight and lower in T/R ratio, with the above treated seedlings being superior to the seedlings with other treatments. *Acer pictum* seedlings at the planting density of 90 seedlings/㎡ were the largest in total dry weight and root dry weight among four density treatmenrts. A study on the effects of shading on the seedling growth indicated that shading was not necessary, if grown under sufficient irrigation.

The objective of the **third part** was to develop a computer software package to support forest managers working for *Acer pictum* var. *mono*

sap production. The software package consists of two separate softwares; one for database management and the other for spatial analysis.

The first one is a database management system (DBMS) to manage database of farmers producing sap. Also the software provides functions to analyze cost/profit of sap production and to manage the inventory of *Acer pictum* trees and sap production data over time.

The second one is a spatial analysis model to assess a sap production potential of forest stands as a function of abiotic and biotic environmental factors as well as working environments for field workers. In developing the model, considered items to influence sap production of *Acer pictum* were the environmental factors including the distance of stands from stream, elevation, soil moisture, slope, aspect and shade condition as abiotic factors and forest stand type, stand age class and stand diameter class as biotic factors. The distance of stands from forest road and the slope gradients were also considered as other major environmental factor affecting productivity of sap production.

The software package of the database-based and GIS-based softwares was developed to run in an integrated environment, in which the softwares run mutually interactive to exchange information on sap producers, tree allocation and tree inventory. With this running environment, the software package can be used as an efficient management information tool for forest managers to assess sap production fee, to manage inventory and sap production history, to monitor sap production over time, etc.

CONTENTS

Summary in Korean 2

Summary in English 13

Contents in English 18

Contents in Korean 20

A list of Tables 22

A list of Figures 25

Chapter 1. Introduction

1. Purposes of the Research 30

2. Contents and Range of Research 37

3. Budgets and Research Personnels 39

Chapter 2. Promotion of Sap Production and Improvement of Tapping Techniques

Abstract 41

1. Introduction 46

2. Research Methods 51

3. Results and Discussion 59

4. Conclusions 94

Chapter 3. Site Characterization, Natural Regeneration, and Nursery Seedling Production Techniques of *Acer Pictum*

Abstract 99

1. Introduction 103

2. Materials and Methods 105

3. Results and Discussion 111

4. Conclusions 139

Chapter 4. Development of Information System for *Acer pictum* Management

Abstract 142

1. Introduction 144

2. Developing Information Systems for *Acer Pictum* Management 149

3. Applications of Information Systems for Acer Pictum Management 176

4. Conclusions 206

Literature Cited 208

Appendix 213

목 차

요 약 문 2

Summary 13

Contents 18

목 차 20

표 목 차 22

그림목차 25

제 1 장 서 론

1. 연구개발의 목적 30

2. 연구개발내용 및 범위 37

3. 연구 예산 및 연구원 편성 39

제 2 장 고로쇠나무 수액생산 증진과 생산기술 개량 연구

요약 41

1. 서론 46

2. 연구방법 51

3. 결과 및 고찰 59

4. 결론 94

제 3 장 고로쇠나무의 최적 생육환경인자, 천연갱신 및 양묘 기술 개발

요약 99

1. 서론 103

2. 재료 및 방법 105

3. 결과 및 고찰 111

4. 결론 139

제 4 장. 산림소득 증진을 위한 고로쇠나무 경영관리시스템의 개발

요약 142

1. 서론 144

2. 고로쇠나무 경영관리 시스템 개발 149

3. 고로쇠나무 경영관리 시스템의 적용성 검토 176

4. 결론 및 제언 206

인용문헌 208

부 록(고로쇠나무 경영관리 시스템 사용자 설명서) 213

표 목 차

표 2-1. 채취집단과 미채취집단의 정단엽장과 잎의 질소농도 60
표 2-2. 시비처리에 의한 고로쇠나무 수액의 미네랄 함량 변화 61
표 2-3. 자연상태와 진공펌프를 이용한 수액 유출량 및 당도의 비교 62
표 2-4. 2000년도 조사지별 고로쇠 수액 중 설탕농도의 분포 68
표 2-5. 2001년도 조사지별 고로쇠 수액 중 설탕농도의 분포 69
표 2-6. 조사지별 고로쇠 수액의 설탕함유량의 차이 ANOVA 70
표 2-7. 고농도 설탕함유개체 선발결과(2000-2001년) 71
표 2-8. 수액채취후 미유합 천공의 직경 78
표 2-9. 천공 치유 상태 82
표 2-10. 저장방법(냉장보관, 실온보관)과 UV처리에 따른 2 요인 분산분석 90
표 2-11. 고로쇠나무 녹지삽목묘의 생장기간별 생존율 93
표 3-1. 산지별, 사면별 조사구의 수 및 해발고와 기상인자 112
표 3-2. 산지별, 사면별 조사구 토양의 물리화학적 특성 평균치와 표준편차 113
표 3-3. 조사구별 고로쇠나무 평균목의 산지별, 사면별 수피내 흉고직경 성장 116
표 3-4. 백운산지역의 환경인자에 의한 고로쇠나무 흉고단면적(㎡/300㎡)의 회귀식과 결정계수 119
표 3-5. 지리산지역의 환경인자에 의한 고로쇠나무 흉고단면적(㎡/300㎡)의 회귀식과 결정계수 120
표 3-6. 조계산지역의 환경인자에 의한 고로쇠나무 흉고단면적(㎡/300㎡)의

회귀 식과 결정계수 120
표 3-7. 산지별, 사면별, 수관층별 산림개황 122
표 3-8. 산지별, 사면별, 수관층별 주요 수종의 상대우점치 123
표 3-9. 산지별, 사면별 종다양성 125
표 3-10. 지리산지역 교목류의 사면별 1~2년생 치수, 관목층 및 흉고 직경 급별 밀도 126
표 3-11. 백운산지역 교목류의 사면별 1~2년생 치수, 관목층 및 흉고 직경 급별 밀도 127
표 3-12. 조계산지역 교목류의 사면별 1~2년생 치수, 관목층 및 흉고 직경 급별 밀도 128
표 3-13. 고로쇠나무의 1~2년생 치수, 관목층 밀도와 임황, 지황, 토양특성 간의 상관계수 129
표 3-14. 묘포에서의 시비처리 2×3 요인실험 고로쇠나무 발아율 분산분석 131
표 3-15. 백운산지역 고로쇠나무 평균목의 성장 특성 및 단목현존량 132
표 3-16. 백운산지역 고로쇠나무 갱신시험지별 처리 1년차 효과 133
표 3-17. 고로쇠나무 종자 품질검사 134
표 3-18. 고로쇠나무 종자의 저장처리별 평균 누적발아율과 Duncan 다중검정 135
표 3-19. 고로쇠나무 묘목의 시비처리별 평균 생육형질과 Duncan 다중검정 136
표 3-20. 고로쇠나무 묘목의 생육밀도 처리별 평균 생육형질과 Duncan 다중검정 137
표 3-21. 고로쇠나무 묘목의 비음처리별 평균 생육형질과 Duncan 다중검정 138

표 4-1. 문서정보 관리내역 154
표 4-2. 공간분석 자료의 종류와 획득가능 정보 155
표 4-3. 처리과정별 처리 내용 157
표 4-4. 자료저장소별 자료 저장 내용 158
표 4-5. 데이터 사전 159
표 4-6. 기초 조사 항목 계산식 163
표 4-7. 대금 사정 인자 163
표 4-8. 대금 사정 항목 164
표 4-9. 생물인자 요인별 적합도 평가기준 169
표 4-10. 입지인자별 적합도 평가기준 171
표 4-11. 작업난이도 평가 인자 및 각 인자별 평가기준 174
표 4-12. 사례지역분석에 사용된 자료목록 176

그 림 목 차

그림 2-1. 천공방위별 수액유출량 59
그림 2-2. 천공높이별 수액유출량 59
그림 2-3. 자연 유출 혹은 진공펌프를 이용해 3시간동안 채취된 수액의 유출량 63
그림 2-4. Standard calibration curve for UV(195nm) determination of sucrose concentration. 64
그림 2-5. Calibration curve for determination of sucrose contents(%) of *A. pictum* sap by Brix. 64
그림 2-6. 2000년도 집단별 수액 중 설탕농도의 분포와 선발 개체들의 농도분포 66
그림 2-7. 2001년도 설탕함량의 지역별 분포 67
그림 2-7 A. 고농도 개체의 GPS 위치 표시도 71
그림 2-8. 수액채취기간 중 일일수액유출량의 변화 73
그림 2-9. 3개 조사지에서의 고로쇠나무 수액의 일중 유출속도 변화. 73
그림 2-10. 동일 개체내에서 2000년과 20001년 설탕농도간의 상관관계 ... 74
그림 2-11. 천공에의한 상처(좌)와 융합된 상처(우) 76
그림 2-12. 도끼로 인한 수액채취 피해 77
그림 2-13. 미유합 천공 직경의 분포 78
그림 2-14. 51년생 고로쇠나무의 절단전 모습 83
그림 2-15. 나무의 종단면 84
그림 2-16. 수령 70년생 고로쇠나무의 단면 85
그림 2-17. 수령 56년 고로쇠나무의 수피와 수피하단부의 단면 86

그림 2-18. 수령 56년생의 고로쇠나무의 종단면 86
그림 2-19. 71년생 고로쇠나무의 횡단면상에 나타난 부패흔적 87
그림 2-20. 53년생 고로쇠나무의 횡단면 88
그림 2-21. 고로쇠나무 수액의 저장기간에 따른 세균 colony 수 비교 89
그림 2-22. 저장방법에 따른 UV처리별 세균의 콜로니 수 비교 90
그림 2-23. 삽목상에 녹지 삽목한 고로쇠나무 삽수 92
그림 2-24. 녹지 삽목한 고로쇠나무 삽수 93
그림 3-1. 산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무의 교목층과 아교목층의 평균흉고직경과 교목층의 평균수고 114
그림 3-2. 산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무 교목층과 아교목층의 밀도 115
그림 3-3. 백운산 지역 평균목 18주의 수간석해에 의한 사면별 평균 수피내 흉고직경 성장 117
그림 3-4. 백운산 지역 평균목 18주의 수간석해에 의한 사면별 평균 수고 성장 118
그림 3-5. 백운산 지역 평균목 18주의 수간석해에 의한 사면별 평균 재적 성장 118
그림 3-6. 산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무 교목층과 아교목층 전체의 상대우점치 124
그림 3-7. 묘포에서의 시비처리 2×3요인실험 고로쇠나무 발아율 131
그림 3-8. 저장방법에 따른 고로쇠나무 종자의 누적발아율 변화 135
그림 3-9. 광도에 따른 고로쇠나무 묘목의 온도별 순광합성량 138
그림 4-1. 연구 진행도 147
그림 4-2. 고로쇠나무 경영관리 시스템 개념도 150
그림 4-3. 고로쇠나무 수액채취 관리모델의 개념도 152

그림 4-4. key 코드에 의한 문서정보모듈과 지리정보모듈의 연결 153
그림 4-5. 고로쇠나무 수액채취 관리체계의 자료흐름도 156
그림 4-6. 고로쇠나무 수액채취 관리체계의 ERD 160
그림 4-7. 고로쇠나무 수액생산 비용/수익 분석모델의 전체 흐름도 162
그림 4-8. 기초사항조사 흐름도 165
그림 4-9. 대금 사정 인자 조사 흐름도 166
그림 4-10. 대금 사정 흐름도 167
그림 4-11. 고로쇠나무 수액채취구역 등급 평가 과정 168
그림 4-12. 생물학적 요인에 따라 수액생산성 평가를 하기 위한 GIS 분석 과정 170
그림 4-13. 절기·월일별 남중고도 173
그림 4-14. 입지환경 요인에 따른 수액생산 적합도 평가를 위한 GIS 분석 체계 173
그림 4-15. GIS 응용에 의한 작업난이도 평가체계 175
그림 4-16. 채취자별 정보창 178
그림 4-17. 등록사항 179
그림 4-18. 등록사항 입력창 179
그림 4-19. 지속여부 179
그림 4-20. 채취자 찾기 창 180
그림 4-21. 채취자 찾기 검색 결과 181
그림 4-22. 채취자 모두 보기 창 182
그림 4-23. 고로쇠나무 현황 작성 및 보기 창 183
그림 4-24. 지도 보기 창 183
그림 4-25. 주제도 찾기 창 184
그림 4-26. 주제도 정보 보기 창 184

그림 4-27. 지도 보기 - 검색결과 185
그림 4-28. 고로쇠나무 할당 창 186
그림 4-29. 고로쇠나무 할당 내역 갱신 187
그림 4-30. 고로쇠나무 채취 현황 창 188
그림 4-31. 고로쇠나무 채취 현황 갱신 188
그림 4-32. 비용수익분석 창 - 기초사항조사 189
그림 4-33. 비용수익분석 창 - 대금사정인자조사 190
그림 4-34. 비용수익분석 창 - 대금사정 191
그림 4-35. 분석대상지 개황 192
그림 4-36. 임소반도 193
그림 4-37. 임상분포도 193
그림 4-38. 임상에 따른 평가결과 분포 194
그림 4-39. 영급에 따른 평가결과 분포 194
그림 4-40. 경급에 따른 평가결과 분포 195
그림 4-41. 생물학적 요인에 따른 고로쇠 수액 생산성 등급평가 196
그림 4-42. 수계로부터의 거리에 의한 평가결과 분포도 197
그림 4-43. 고도에 따른 평가결과 분포 197
그림 4-44. 방위에 따른 평가결과 분포 198
그림 4-45. 음영에 따른 평가결과 분포 198
그림 4-46. 토양수분에 따른 평가결과 분포 199
그림 4-47. 입지환경인자에 따른 고로쇠나무 수액 생산성 등급평가 199
그림 4-48. 생물적 요인 및 입지환경 요인에 따른 고로쇠나무 수액 생산성 등급평가 200
그림 4-49. 수액생산량 인자별 점수와 면적 분포 200
그림 4-50. 도로까지의 거리분포도 201

그림 4-51. 도로까지 거리에 따른 평가 결과 분포 202
그림 4-52. 사면경사에 따른 평가결과 분포 202
그림 4-53. 작업난이도 평가결과 203
그림 4-54. 작업난이도 인자별 점수와 면적 분포 203
그림 4-55. 0.1 구간의 10단계 분류 204
그림 4-56. 3단계 등급 분류 205
그림 4-57. 평가 등급별 면적 205

제1장 서론

제 1절 연구개발의 목적과 범위

고로쇠나무(*Acer pictum* Max.)는 단풍나무와의 단풍나무 속에 속하는 낙엽교목으로서 한국, 일본, 그리고 만주에 천연적으로 분포하는 수종이다. 한국에는 현재 18종의 단풍나무류(이창복, 1980)가 자라고 있다. 고로쇠나무는 전라남도의 백운산, 지리산, 조계산, 그리고 강원도 일대에 자생하고 있으며 해발 100-1800m 사이에서 발견된다.

고로쇠나무의 수액은 예전부터 위장병, 신경통, 고혈압, 여성 산후증에 약효가 있다고 알려져 왔으며(윤승락 등, 1992), 기록에 의하면 신라시대 화랑에 의하여 음용 되었다고 한다. 최근에는 전라남도와 경상남도, 강원도 등에서 일반인에 의하여 건강음료로 널리 애용되고 있고, 전남의 백운산과 지리산 지역에서는 해마다 경칩(3월 5일경)을 전후하여 고로쇠나무로부터 채취된 수액을 이용하고 있다.

1. 기술적 측면

고로쇠나무의 수액에 관한 연구는 지금까지 산발적으로 지역주민, 혹은 소규모연구팀에 의하여 일부 수행되어왔다. 수액을 채취하기 위하여 주민들은 오래 전부터 도끼나 칼을 이용하여 나무 밑 등에 상처를 내고 비위생적인 방법으로 병을 매달아 채집하였다. 이러한 과정에서 수피에 큰 상처를 남기고 상처로 인한 피해가 오래도록 지속되어 나무에게 치명적인 줄기썩음병을 가져오거나 목재로서의 가치가 거의 손실되는 경향이 있었다(이경준 등, 1995). 최근에 일부 주민들에 의하여 작은 천공을 뚫고 파이프를

서로 연결하여 수액을 채집하는 새로운 시도가 이루어지고 있다. 그러나 천공의 크기, 깊이, 개체당 개수, 천공의 폐쇄방법, 천공의 부후를 막는 처리법 등에 관한 학술적이고 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있다. 또한 기상인자와 수액생산량과의 관계, 입지환경과 수액생산량과의 관계, 혹은 수목의 생물학적 특성과 수액생산량과의 관계 등에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있어서 이에 대한 학술적인 접근이 필요하다고 생각된다.

외국의 경우, 특히 캐나다와 미국은 설탕단풍나무(*Acer sacharum*)의 수액을 200년 이상 이용한 역사를 가지고 있으며 이 수액을 농축하여 maple syrup을 만들며 중요한 음식첨가제로 이용하고 있다. 최근에 설탕의 농도가 4%로서 재래 설탕단풍나무의 설탕함량인 2%의 2배에 가까운 개체를 선발하고 육종하여 보급 중에 있을 만큼 연구활동이 활발하다(Kriebel, 1989).

그 외에 고로쇠나무는 제주도 한라산에서 강원도 오대산에 이르는 넓은 분포대를 이루고 있으나, 비교적 집단적으로 자생하고 있는 지역은 전남 및 강원도 등 일부 산지의 계곡부에 제한되어 있다(임경빈, 1988). 이와 같이 수평적으로 불연속분포를 하는 것은 지형과 토양조건 등에 대한 요구도가 높으며, 종간 경쟁이 비교적 심하기 때문이라고 할 수 있다. 따라서, 고로쇠나무 천연림의 효율적인 관리와 인공림 조성을 위해서는 기후, 지형, 토양 등의 생육 최적 환경인자를 구명하고, 임분 구조와 동태 파악 및 우점도를 높이기 위한 천연갱신 기술을 개발하는 한편, 우량묘목 생산 기술을 개발하는 것이 중요한 과제이다.

한편 국내에서 오래 전부터 이와 같은 고로쇠나무 수액이 산림부산물로서 산촌농가에 고부가가치의 소득원이 되고 있다. 그럼에도 불구하고 고로쇠나무의 생리생태나 관리에 대한 이해는 물론 수액채취 방법이나 생산경영체계 등의 개선에 관한 노력이 미진한 실정이다. 따라서 고로쇠나무의

무육이나 생태적 입지에 대한 이해를 위한 연구노력과 임목 관리나 수액채취의 생산성을 올리기 위한 경영관리의 개선에 관한 연구가 필요하다.

특히 현재의 고로쇠나무 수액채취는 천연림 임분 내에 자생하는 임목을 대상으로 수행되고 있다. 그러나 이와 같은 자생 고로쇠나무는 대부분 넓은 산악지형에 낮은 밀도로 서식하고 있어 접근성이나 생산성 등의 경영여건이 매우 불리한 편이다. 이것은 고로쇠나무가 농가의 고소득 자원으로서의 가치가 충분함에도 불구하고, 그 동안 고로쇠나무에 대한 조림이 전혀 이루어지지 못한 것에 기인한다. 이러한 문제로 인해 최근 고로쇠나무 수액채취가 활발하게 이루어지는 광양이나 구례지역을 중심으로 고로쇠나무 조림이 계획되고 있다. 그러나 아직까지 고로쇠나무 조림을 위한 기술이나 바람직한 경영관리체계에 대한 연구가 미비된 실정으로 앞으로 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 경제·산업적 측면

고로쇠나무 수액은 전남의 백운산과 지리산 지역에서는 오래 전부터 건강음료로 이용되어 왔으며, 경칩을 전후한 고로쇠나무 수액채취기간 동안 그 지역 주민들에게는 오랜 역사와 전통을 가진 뜻 있는 축제와 행사에 해당한다. 1992년의 경우, 전남 구례군에서만 23만 리터의 고로쇠나무 수액을 생산하여 약 10억원의 농외 소득을 올렸다고 보도된 바 있으며(무등일보, 1993), 최근에는 구례군과 광양군을 합하여 축제기간 동안 수 만 명의 외부방문객이 이 지역을 방문하고 수액을 음용함으로써 이 지역에 수 십억원의 경제적 이득을 가져오고 있다.

최근에 고로쇠나무 수액을 국민의 건강음료로 개발하기 위하여 무균 상태로 장기간 저장할 수 있는 캔 음료 개발이 시도되고 있으며, 일부 제품 개발에 성공한 바 있어서, 고로쇠나무 수액생산량이 증가함에 따라 시장개

척과 제품개발은 쉽게 이루어질 것으로 생각된다. 따라서 고로쇠나무 수액 채취에 따른 경제 산업적 효과는 그 가능성이 매우 크다고 할 수 있다.

한편 고소득 자원으로서의 고로쇠나무 수종에 대한 경영관리는 일반적인 목재생산 위주의 임목 관리보다 집약적인 보호와 관리가 요구된다. 특히 비교적 해발고가 높은 천연림 임분에서 생육하는 고로쇠나무가 수액채취에 유리한 반면 작업이 힘든 산악지에 분포하고 있고 자연군락을 이루어 분포하기보다는 넓은 천연활엽수림에 낮은 밀도로 분포하기 때문에 접근성이 불리하여 관리가 어렵고 경영적 관점에서 많은 비용을 수반하는 것이 일반적이다.

따라서 이러한 분포특성을 지닌 고로쇠나무의 생태적, 경영적 입지특성은 물론 위치나 수액생산량 등에 대한 이해는 물론 수액채취 방법의 개선 등을 통해 지속적으로 생산성을 높이기 위한 노력이 요구된다. 또한 수액채취를 위한 고로쇠나무의 경우 개별 임목의 부가가치가 매우 높으므로 개별목 중심의 정보수집에 관한 노력과 관리체계가 요구되며 향후의 조림사업 등을 통해 장기적 관점에서 대량 생산체계의 도입이 필요하다. 이러한 관점에서 inventory 관리 및 투자효율을 평가하고 의사결정을 지원하기 위한 과학적 경영관리체계는 물론 조림생태 등에 대한 이해가 요구된다.

3. 사회 · 문화적 측면

수액을 음용하는 전통은 오래 전부터 러시아, 중국, 일본, 한국 등에서 고로쇠나무, 혹은 자작나무를 이용하여 오래 전부터 알려져 왔다. 한국의 경우 자작나무 수액을 이용하는 것보다는 고로쇠나무 나무의 이용이 더 역사적 전통을 가지고 있으며, 특히 전남지역에서는 어느 지역보다도 그 전통을 이어받아 향유해오고 있다. 고로쇠나무 수액의 약리학적 효과는 학술적으로 증명되었다고는 할 수 없으나, 여러 가지 미네랄과 비타민을 함유

하고 있는 점으로 보아 건강음료로서의 가치가 충분히 있다고 지역 주민들이 굳건히 믿고 있으며(이경준 등, 1995), 최근에 고로쇠나무 수액의 수요가 점차 증가하고 있는 추세이다.

한편 이러한 수액채취 사업은 대개 개별 농가단위에서 영세한 형태로 수행되고 있어 기술적 낙후성을 면하지 못하고 있으며 특히 위생이나 고로쇠나무 보호의 문제가 대두될 수 있다. 결국 자원증식과 지속가능한 사업으로서의 합리적 관리체계가 요구된다고 볼 수 있으며, 기술의 발전이나 경영관리체계의 합리화가 이러한 문제를 해결할 수 있는 근원적 방안으로 판단된다.

4. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

고로쇠나무를 이용하는 사례는 한국에서만 발견할 수 있으나 비슷한 사례는 외국에서도 발견된다. 일본의 경우, 북해도에서 자작나무 수액을 주로 이용하여 캔 음료로 개발하여 시판 중에 있다(Terazawa 등, 1984). 러시아의 경우도 자작나무 수액을 이용하고 있다.

미국과 캐나다의 경우, 설탕단풍나무의 수액을 대량으로 이용 중에 있는데 수액채취와 농축, 및 가공산업은 동북부지방에서 중요한 위치를 차지하고 있다. maple syrup은 미국과 캐나다의 전국민이 애용하는 음식첨가물로서 waffle(한국의 빈대떡에 해당)에 꼭 첨가하는 향신료역할을 하고 있다. 미국 오하이오주의 경우, 20여 년에 걸친 육종을 통하여 수액내의 설탕의 함량을 2%에서 4%로 증가시키는데 성공하였으며, 시비에 의해서 수액의 생산량을 증가시키고 있다(Leech. 1990). 이는 체계적인 표본조사와 선발을 통하여 우량개체를 대량으로 증식시키고, 생육환경 및 조림관리 등에 관한 연구가 축적됨으로써 무육관리, 조림 그리고 합리적 경영관리체계가 자리를 잡고 있기 때문에 가능하였다 (Sharpe 등, 1992).

한국의 경우, 재래적인 방법으로 나무에 커다란 상처를 줌으로써 스스로 치유되는데 수년이 경과되며, 그 상처가 깨끗하게 아물지 않음으로써 목재가치에 치명적인 손상을 주고 있다. 특히 더 많은 수액을 채취하기 위하여 한 나무 당 여러 개의 구멍을 뚫어 많은 상처를 남김으로써 장기적인 측면에서 자원을 해치고 있다. 또한 입지환경과 수액생산량과의 관계를 정확히 파악하지 못함으로써 조림을 통한 고로쇠나무 자원의 장기적 확대가 이루어지지 않고 있다.

또한 산림생태계가 건전하게 유지되면서 고로쇠나무의 우점도를 향상시키기 위한 천연림 무육과 인공림 조성을 위한 우량묘목 생산 기술 개발 및 생육 최적환경인자에 대한 연구개발이 미비하여 고로쇠나무 자원의 장기적인 확대를 위한 천연림 무육과 인공림 조성이 체계적으로 이루어지지 않고 있다. 한편, 본 연구와 관련된 연구로서 고로쇠나무의 분포와 임분 구조(박명규 등, 1984; 순천대, 1998), 고로쇠나무를 포함한 천연 활엽수종의 환경요인과 양묘(이돈구 등, 1998) 등에 대한 연구가 보고되었으나, 단일산지의 일부지역 또는 복합비료 단일 처리에 국한되어 있어서 실제적인 적용을 하기에는 미흡한 실정이다. 고로쇠나무의 우점도 향상을 위한 천연갱신 및 무육에 관한 연구 개발의 경우 관련 연구가 거의 이루어지지 않고 있다.

그 외에 고로쇠나무 수액채취사업이 주로 개별 농가중심으로 이루어지기 때문에 매우 영세한 것이 특징이며, 합리적 관리 및 경영체계가 자리를 잡지 못하고 있다. 그로 인해 수액채취사업에 대한 정확한 실태파악이 되지 못하고 있고, 생산경영관리에 대한 이해도 매우 부족한 실정으로 앞으로 체계적인 접근이 필요하다.

최근 천연건강음료와 산림휴양에 대한 관심이 높아짐에 따라 고로쇠나무 자원은 농산촌의 소득증대 및 산림의 보건휴양적 가치 창출이라는 측면에서 지역경제에 미치는 효과가 증대될 것으로 예상된다. 이에 따른 고로

쇠나무 자원의 장기적인 보호와 관리를 위하여 고로쇠나무 수액채취에 관한 연구는 시급히 이루어져야할 과제로 생각되며, 본 연구개발이 수행될 경우 농산촌의 소득증대, 자원의 보호관리체계의 정비 및 산림자원의 보건휴양적 기능을 확대하는데 기여할 것으로 기대된다.

설탕단풍나무 등 단풍나무류의 수액 생산을 위한 연구개발은 미국과 캐나다 등지에서 어느 정도 확립되어 있는 상태이나, 고로쇠나무 자원에 관한 연구는 외국에서 거의 이루어지지 않고 있다. 특히, 임목은 수종과 지역에 따라 생육 특성이 다르므로 외국의 기술을 도입 적용하는 것은 바람직하지 않으며 국내의 입지조건에 적합한 자체 기술개발이 필요하다. 또한 국내 1차산업의 특성으로 볼 수 있는 사업의 영세성에 기인하여 불합리한 고로쇠나무의 관리체계 및 수액채취 사업이 이루어지고 있으므로 이를 개선하여 기술 집약적이고 안정적 공급을 위한 합리적 관리체계로 전환할 수 있도록 유도하기 위한 지원연구개발이 필히 요구된다.

제2절 세부과제별 연구개발 목표와 내용

1. 제1세부과제: 고로쇠나무 수액생산 증진과 생산기술 개량 연구

구분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (1999년)	수액의 채취기술 개량	○ 기본 천공크기, 개수, 위치 구명
	고농도 설탕함유 개체선발	○ 설탕농도의 개체간 변이구명과 개체선발을 통한 고농도 설탕생산개체 육종재료 확보
	천공의 치유기술개발	○ 천공마개와 방부제 시험
	적정 채취량 산정	○ 적정 수액채취량 산정
	기상인자, 입지환경과 수액생산량과의 관계 규명	○ 온도, 광량, 강우량, 바람 등 기상인자 ○ 해발고, 방위, 경사도, 토양비옥도 등의 입지환경
	수액 보관정제 기술 개발	○ 여과 및 저온멸균에 의한 장기저장방법 개발
2차 년도 (2000년)	수액의 채취기술개량	○ 직경급별 천공 크기, 개수, 방향, 높이, 깊이 구명
	시비에 의한 수액성분변화 연구	○ 시비에 의한 생장촉진과 수액 중 미네랄 증진 효과 분석
	천공의 치유기술개발	○ 유합조직의 발달과정 조사 및 천공마개와 방부제 효과 규명
	기상인자, 입지환경과 수액생산량과의 관계 규명	○ 온도, 광량, 강우량, 바람 등 기상인자 ○ 해발고, 방위, 경사도, 토양수분 등의 입지환경과 수액생산량과의 관계 구명
	수액 보관정제기술 개발	○ 경제적, 기술적으로 현장 적용 가능한 연속여과공정의 설계

2 . 협동연구과제 - 고로쇠나무의 최적 생육환경인자, 천연갱신 및 양묘 기술 개발

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (1999)	최적 생육환경인자 구명	○기후, 지형, 토양조건과 생장특성의 관계 구명 ○최적 생육환경인자 파악
	천연갱신 기술 개발	○임분구조 및 동태 조사분석 ○하층 전벌 및 직파 시험지 조성
	우량묘목 생산 기술 개발	○종자 채취, 처리 및 저장
2차년도 (2000)	천연갱신 기술 개발	○임분구조 및 동태 조사분석 ○하층 전벌 및 직파 효과 구명 ○우점도 향상을 위한 천연갱신 기술 개발
	우량묘목 생산 기술 개발	○파종 및 피음, 시비 처리 ○종자 처리, 저장 효과 구명 ○피음, 시비 처리 효과 구명

3. 제2세부과제 - 산림소득 증진을 위한 고로쇠나무 경영관리모델의 개발

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (1999년)	DB 자료 구축	○연구대상지 고로쇠나무 생육인자 조사 ○연구대상지 고로쇠나무 수액채취량 조사 ○수액 채취자 관리 자료 수집
	DB응용 모듈 개발	○DB를 이용한 문서자료 구축 ○구축자료의 검토 및 보완 ○DB 설계 ○DB 응용 모듈 개발
2차년도 (2000년)	GIS 자료 구축	○연구대상지 고로쇠나무 지리 분포 조사 ○GIS 및 DB 체계 응용에 의한 정보흐름도 설계 ○GIS 및 DB 체계 응용 algorithm 개발 ○고로쇠나무 수액채취 여건 조사
	고로쇠나무 경영관리모델개발	○수액 생산량 예측 모듈 개발 ○수익성 분석 모듈 개발 ○입출력 및 편의프로그램 환경 설계 ○프로그래밍 ○모델의 범용성 검토 및 보완

제 3절 연구 예산 및 연구원 편성

1. 농림기술개발연구과제계획서상의 예산

<table>
<tr><td>과제접수번호</td><td>19990675</td><td colspan="3"></td><td>과제관리번호</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>① 사 업 구 분</td><td>현장애로</td><td>②과제구분</td><td colspan="2">현장애로</td><td>③연구개발분야</td><td colspan="2">임업</td></tr>
<tr><td>④ 과 제 명</td><td colspan="7">고로쇠나무 수액채취기술 및 조림경영관리체계 개선에 관한 연구</td></tr>
<tr><td>⑤ 주관연구기관</td><td colspan="2">서울대학교</td><td colspan="2">관리부서전화번호
(FAX)</td><td colspan="2">031-290-2005
(031-290-295-2282)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">⑥ 총괄연구책임자</td><td>소속및부서명</td><td>서울대학교
산림자원학과</td><td>직위</td><td>교 수</td><td>전화번호</td><td colspan="2">031-290-2326</td></tr>
<tr><td>성 명(한문)</td><td>이경준(李景俊)</td><td>전공</td><td>수목생리</td><td>FAX</td><td colspan="2">031-293-1797</td></tr>
<tr><td rowspan="2">⑦ 세부연구책임자</td><td colspan="2">소속 및 부서명</td><td colspan="2">직 위</td><td>성 명(한 문)</td><td colspan="2">전화번호</td></tr>
<tr><td colspan="2">서울대학교 산림자원학과</td><td colspan="2">부교수</td><td>정주상(鄭主相)</td><td colspan="2">031-290-2323</td></tr>
<tr><td rowspan="2">⑧ 협동연구기관
및 책 임 자</td><td>기관명</td><td>주 소</td><td colspan="3">협 동 연 구 책 임 자</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>순천대학교</td><td>전남 순천</td><td colspan="2">소속및부서명
산림자원학과</td><td>성명(한문)
박인협(朴仁協)</td><td colspan="2">전화번호(FAX)
061)750-3226</td></tr>
<tr><td rowspan="2">⑨ 위탁연구기관
및 책 임 자</td><td>기관명</td><td>주 소</td><td colspan="3">위 탁 연 구 책 임 자</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">소속및부서명</td><td>성명(한문)</td><td colspan="2">전화번호(FAX)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">⑩ 참여기업</td><td>기업체명</td><td>⑪기업유형</td><td colspan="2">주 소</td><td>연락책임자</td><td colspan="2">전화번호(FAX)</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>총 연 구 기 간</td><td colspan="2">1999.11. ~ 2001.11. (2년)</td><td colspan="2">당해년도 연구기간</td><td colspan="3">1999.11. ~ 2000.11(1년)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">⑫ 연 구
개 발 비</td><td></td><td>1년차</td><td>2년차</td><td>3년차</td><td>4년차</td><td>5년차</td><td>계(천원)</td></tr>
<tr><td>정부출연금</td><td>45,000</td><td>45,000</td><td></td><td></td><td></td><td>90,000</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계(천원)</td><td>45,000</td><td>45,000</td><td></td><td></td><td></td><td>90,000</td></tr>
</table>

관계규정과 제반 지시사항을 준수하면서 본 사업을 성실히 수행하고자 농림기술개발연구과제계획서를 제출합니다.

⑬ 첨부 : 농림기술개발연구과제계획서

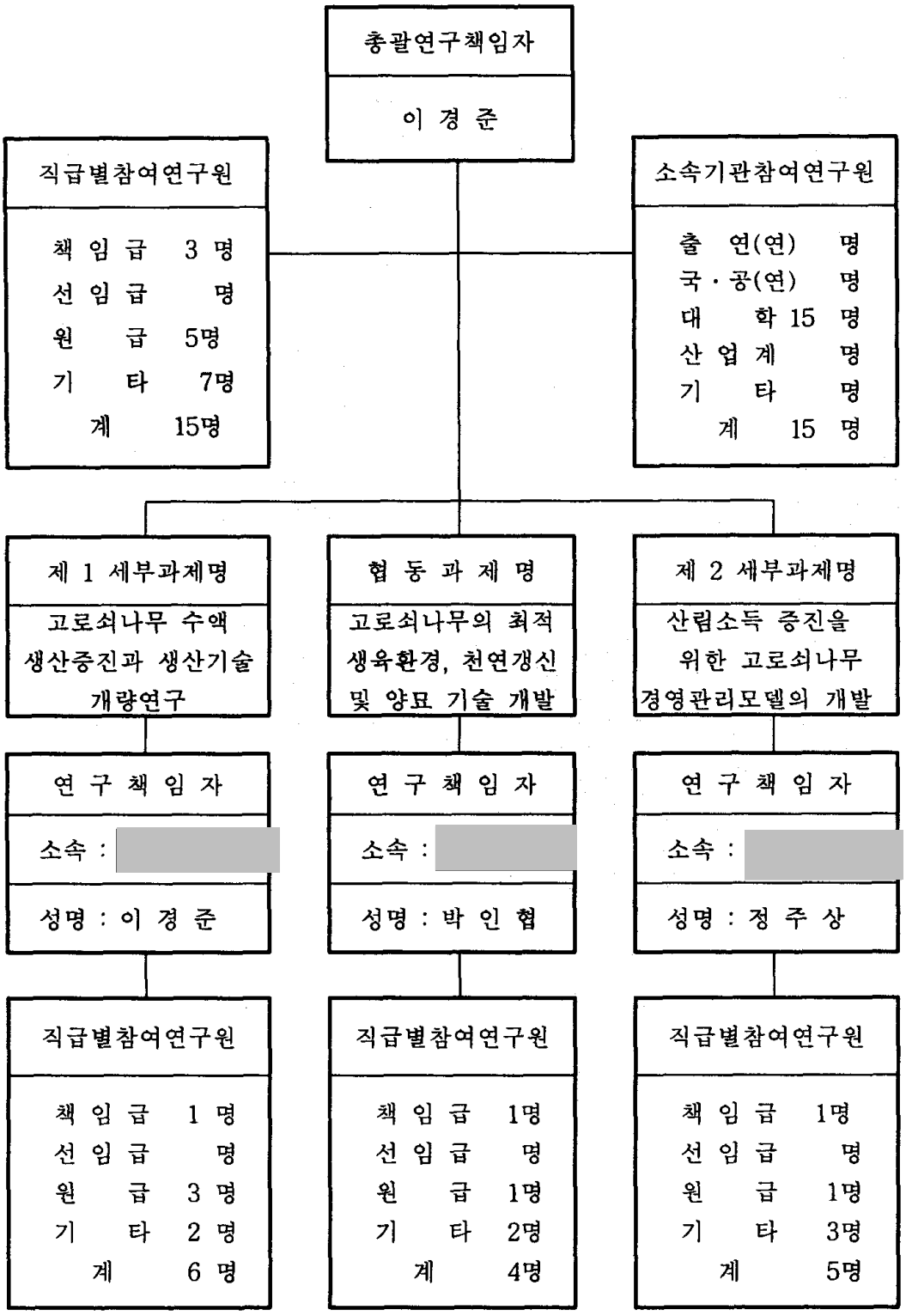
1999 년 11 월 일

총괄연구책임자 : 이 경 준 인

주관연구기관장 : 서울대학교총장 직인

농림부 장관 · 농림기술관리센터 소장 귀하

2. 연구원 편성표


총괄연구책임자
이 경 준
직급별참여연구원
책 임 급 3 명
선 임 급 명
원 급 5명
기 타 7명
계 15명
소속기관참여연구원
출 연(연) 명
국·공(연) 명
대 학 15 명
산 업 계 명
기 타 명
계 15 명
제 1 세부과제명
고로쇠나무 수액 생산증진과 생산기술 개량연구
협 동 과 제 명
고로쇠나무의 최적 생육환경, 천연갱신 및 양묘 기술 개발
제 2 세부과제명
산림소득 증진을 위한 고로쇠나무 경영관리모델의 개발
연 구 책 임 자
소속 :
성명 : 이 경 준
연 구 책 임 자
소속 :
성명 : 박 인 협
연 구 책 임 자
소속 :
성명 : 정 주 상
직급별참여연구원
책 임 급 1 명
선 임 급 명
원 급 3 명
기 타 2 명
계 6 명
직급별참여연구원
책 임 급 1명
선 임 급 명
원 급 1명
기 타 2명
계 4명
직급별참여연구원
책 임 급 1명
선 임 급 명
원 급 1명
기 타 3명
계 5명

제2장 고로쇠나무 수액생산 증진과 생산기술 개량 연구

요 약

제1세부과제는 고로쇠나무 수액 생산을 증진하는 방법과 채취 기술을 개량하는 것이 주목적이다. 수액 채취 기술 개량 연구에서는 천공방위가 남쪽일 때 가장 많은 유출량을 보였으며, 다음으로 동, 서, 북의 순이었다. 천공 높이는 지제부에서 30cm일 때 가장 유출량이 많았으며, 60과 100cm 높이에서는 유출량이 감소하였다. 수액채취로 인한 수목의 무기영양상태의 변화연구에서는 수액 채취로 인하여 잎의 N, P, K, Mg, Ca의 함량과 신초의 생장에 감소를 가져오지 않아서 수액채취가 나무의 영양상태를 나쁘게 하지 않는 것으로 판단되었다. Fe와 Ca 시비에 의한 수액내 미네랄 함량 증진 시험에서는 시험지의 토질이 큰 돌이 많은 경석지로서 무기질 토양이 거의 존재하지 않음으로서 시비효과가 나타나지 않았다.

진공펌프를 이용한 수액채취 촉진시험에서는 수액이 많이 나오는 맑은 날과 수액이 전혀 안 나오는 흐린 날의 경우 모두 대조구에 비하여 4배부터 8배까지 더 많은 수액을 채취하였다. 이 기술은 미국과 카나다에서도 이미 응용되고 있으며 수액이 나오지 않는 기상조건에서도 수액을 채취할 수 있는 새로운 기술이라고 할 수 있다.

고농도 설탕함유개체 선발시험에서는 1차년도의 경우 비선발목의 평균 설탕농도가 1.59%인 반면 2차년도에는 평균당도가 1.76%이었다. 2년에 걸친 고농도 개체선발에서 상위 3%의 개체만을 선발할 경우 선발목의 평균 당도는 2.7%이었으며 최고치는 3.2%이었다. 따라서 선발에 의하여 설탕농

도를 약 1%가량 높일 수 있었다. 동일개체내에서 1차년도와 2차년도 당도 간의 상관계수는 0.84로서 당도는 환경요인보다는 개체 고유의 유전적 성질로 판단된다.

기상 인자 혹은 입지 환경과 수액 유출량과의 관계 연구에서는 바람이 불거나 흐린 날에는 수액 유출이 거의 이루어지지 않았다. 입지 환경에 따른 일중 수액유출량 조사에서는 동사면과 남사면의 경우 낮 12시부터, 그리고 서사면의 경우 오후 2시부터 수액유출이 시작되었으며, 동사면은 오후 4시에 그리고 남사면과 서사면은 오후 6시에 수액유출이 중단되었다. 따라서 햇빛에 의하여 수간의 온도가 상승하는 정도에 따라 수액이 유출된다고 할 수 있으며, 남쪽 사면에서 가장 많은 유출량을 보였다.

천공의 치유 촉진 연구에서는 전체 천공중에서 11%가 2년내 유합조직을 완전히 생성하지 못하여 치유되지 않았다. 현재 사용하고 있는 12mm의 천공직경을 3-4mm 가량 더 축소한다면, 당년에 대부분의 천공이 치유될 것으로 판단된다. 현재 쓰고 있는 어뎁터(adaptor)를 생략하고 플라스틱호스를 직접 구멍에 연결시킨다면 천공직경을 9mm이하로 작게 하면서 효율적으로 수액을 채취할 수 있다고 판단된다.

고로쇠나무 목재부후균의 동정연구에서는 2과 5속 5종의 민주름버섯류를 채집하여 동정하였다. 이중에서 가장 흔한 버섯은 줄버섯과 메꽃버섯부치였다. 도끼와 천공이 목재부후에 미치는 영향에 관한 연구에서는 15년전까지 도끼로 만든 상처가 그대로 관찰되었으며 나무를 수평방향 혹은 종축방향으로 잘라서 부패여부를 확인하였는데, 도끼에 의한 상처는 심재와 변재부분에 종축방향으로 50cm이상의 부패부위를 만들었으며, 목재로서의 가치를 완전히 상실할 만큼 큰 상처와 부패, 변색을 가져왔다.

수액의 저장방법 개량시험에서는 membrane filter(pore size : 0.45㎛)와 자외선(UV)소독을 거친 후 저온저장(4℃)할 경우 저장기간을 대조구에 비

하여 1주일 이상 더 연장시킬 수 있었고, 미생물의 숫자가 1/10이하로 감소하였다. 저장기간중 발생하는 미생물은 *Bacillus*, *Enterobacter*, *Microbacterium*이 가장 흔하게 발견되는 세균이며, 총 14종의 세균을 동정하였는데 이들 세균은 일반적으로 음료수에서 발견되는 세균과 유사한 종류로 판정된다.

고농도 설탕함유 선발개체의 증식시험에서는 접목과 삽목을 모두 시도하였다. 녹지삽목의 경우 50-70년생의 노령목으로부터 삽수를 채취하였기 때문에 실패하였으며, 접목은 1년생 대목을 이용할 경우 33%의 활착률을 보였다.

ABSTRACT

The objectives of this study were to understand biological and environmental conditions to promote sap production from *Acer pictum* var. *mono* and improvement of tapping techniques.

Tapping holes made on the stems 30cm above ground in the south side produced more sap than those 60 or 100cm above ground in the east, west, or north side. Tapping did not decrease growth of new shoots or N, P, K, Ca, Mg contents in the leaves compared with trees without tapping. Fertilization with Ca and Fe in the previous summer failed to increase Ca or Fe contents in the sap the following spring.

Vacuum pump connected to tapping tubes increased sap production 4 to 8 times in a single day both in a sunny day of abundant sap production and in a cloudy day of no sap production. This technique may be applied to sap production during the cloudy or windy days when sap flow is not normally observed.

Sugar concentration in the sap averaged 1.59%. The high sugar -yielding individuals belonging to the top 3% group showed on average sugar concentration of 2.7%, with the highest concentration being 3.2%. Within a single tree the second year sugar concentration was highly correlated with the first year concentraion, with correlation coefficent being 0.84, indicating genetic control of sugar concentraion. In the future the top 3% individuals with high sugar concentraion can be vegetatively propagated for high sugar sap production.

Topography affected sap production. Trees growing on south slope

produced more sap than those on east, west, or north slope, mainly due to longer hours of being heated by the sun.

In an investigation on the healing of tapping holes, 11% of observed holes failed to close within 2 years, with a possibility of being attacked by fungi. It is sugested that the current tapping holes size of 12mm should be reduced to 8mm to promote natural closure within a year. Adaptors connecting to main tubing systems should be omitted to effecively reduce hole size to 8mm.

Five species of higher fungi were identified which grew on decaying woods of *Acer pictum*. The two most common species were *Microporus vernicipes* and *Bjerkander adusta*. Using axes which was commonly practiced until 15 years ago critically damaged the trunk. Cross and longitudinal sections of trunk of tapped trees showed severe decay and wood stain in both heartwood and sapwood. On the other hand, boring holes with 12mm diameter promoted natural closure of holes by callus tissue in most cases within a year.

In a study on the extension of storage period of fresh sap, membrane filtering(pore size 0.45㎛) followed by UV exposure significantly extended storage period by more than 7 days if stored in a refregerator. The most common bacteria found in the stored sap include *Bacillus, Enterobacter,* and *Microbacterium.*

For vegetative propagation of high sugar-yielding trees, grafting in spring was successful, while greenwood cutting in summer failed because of the old age(50-70years) of mother trees.

제1절 서 론

1. 연구의 필요성

고로쇠나무(*Acer pictum* Max.)는 한국, 일본, 그리고 만주에 천연적으로 분포하는 낙엽교목수종으로 분류학상 단풍나무과(Aceraceae)의 단풍나무속(*Acer*)에 속한다. 한국에는 현재 18종의 단풍나무(이창복, 1980)가 자라고 있으며 고로쇠나무는 전라남도의 백운산, 지리산, 조계산, 그리고 강원도 일대에 자생하고 있으며 해발 100-1800m 사이에서 발견된다. 고로쇠나무의 수액은 예전부터 위장병, 신경통, 고혈압, 여성 산후증에 약효가 있다고 알려져 왔으며(윤승락 등, 1992), 기록에 의하면 신라시대 화랑에 의하여 음용되었다고 한다. 고로쇠나무 수액의 약리학적 효과는 학술적으로 증명되었다고는 할 수 없으나, 여러 가지 미네랄과 비타민을 함유하고 있는 점으로 보아 건강음료로서의 가치가 충분히 있다고 지역 주민들이 굳건히 믿고 있으며(이경준 등, 1995), 최근에 고로쇠나무 수액의 수요가 점차 증가하고 있는 추세이다. 최근에는 전라남도와 경상남도, 강원도 등에서 일반인에 의하여 건강음료로 널리 애용되고 있고, 전남의 백운산과 지리산 지역에서는 해마다 경칩(3월 5일경)을 전후하여 고로쇠나무로부터 채취된 수액을 이용하고 있으며 산촌 주민에게 고수익을 가져다 주고 있다.

외국의 경우, 특히 캐나다와 미국은 설탕단풍나무(*Acer sacharum*)의 수액을 200년 이상 이용한 역사를 가지고 있으며 이 수액을 농축하여 maple syrup을 만들며 중요한 음식첨가제로 이용하고 있다(Kriebel, 1989). 수액채취와 농축, 및 가공산업은 동북부지방에서 중요한 위치를 차지하고 있다. Maple syrup은 미국과 캐나다의 전 국민이 애용하는 음식첨가물로서 waffle(한국의 빈대떡에 해당)에 꼭 첨가하는 향신료역할을 하고 있다. 미

국 오하이오주의 경우, 20여 년에 걸친 육종을 통하여 수액내의 설탕의 함량을 2%에서 4%로 증가시키는데 성공하였으며, 시비에 의해서 수액의 생산량을 증가시키고 있다(Leech. 1990). 일본의 경우, 북해도에서 자작나무 수액을 주로 이용하여 캔 음료로 개발하여 시판 중에 있다(Terazawa 등, 1984). 러시아의 경우도 자작나무 수액을 이용하고 있다.

국내에서 오래 전부터 이와 같은 고로쇠나무 수액이 산림부산물로서 산촌농가에 고부가가치의 소득원이 되고 있다. 그럼에도 불구하고 고로쇠나무의 수액채취 방법이나 수액의 생산기술개량에 관한 노력이 미진한 실정이다. 고로쇠나무의 수액에 관한 연구는 지금까지 산발적으로 지역주민, 혹은 소규모연구팀에 의하여 일부 수행되어왔다. 수액을 채취하기 위하여 주민들은 오래 전부터 도끼나 칼을 이용하여 나무 밑 등에 상처를 내고 비위생적인 방법으로 병을 매달아 채집하였다. 이러한 과정에서 수피에 큰 상처를 남기고 상처로 인한 피해가 오래도록 지속되어 나무에게 치명적인 줄기 썩음병을 가져오거나 목재로서의 가치가 거의 손실되는 경향이 있었다(이경준 등, 1995). 최근에 일부 주민들에 의하여 작은 천공을 뚫고 파이프를 서로 연결하여 수액을 채집하는 새로운 시도가 이루어지고 있다. 그러나 천공의 크기, 깊이, 개체당 개수, 천공의 폐쇄방법, 천공의 부후를 막는 처리법 등에 관한 학술적이고 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있다. 또한 기상인자와 수액생산량과의 관계, 입지환경과 수액생산량과의 관계, 혹은 수목의 생물학적 특성과 수액생산량과의 관계 등에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있어서 이에 대한 학술적인 접근이 필요하다고 생각된다.

최근 천연건강음료와 산림휴양에 대한 관심이 높아짐에 따라 고로쇠나무 자원은 농산촌의 소득증대 및 산림의 보건휴양적 가치 창출이라는 측면에서 지역경제에 미치는 효과가 증대될 것으로 예상된다. 이에 따른 고로쇠나무 자원의 장기적인 보호와 관리를 위하여 고로쇠나무 수액채취에 관

한 연구는 시급히 이루어져야할 과제로 생각되며, 본 연구개발이 수행될 경우 산림자원의 지속적 생산성을 높이게 되어 농산촌의 소득증대, 자원의 보호관리체계의 정비 및 보건휴양적 기능을 확대하는데 기여할 것으로 기대된다.

2. 연구목적

고로쇠나무 수액의 채취기술 개량과 적정 채취량 판정, 장기저장 방법 개발, 마지막으로 인공림 조성시 선결조건이 될 수 있는 최적 수액생산 조건 파악을 위하여 연구의 목적을 네가지로 크게 구분하였다.

가. 수액채취기술 및 수간보호기술 개량

효율적이고 지속가능한 수액채취 방법을 체계화하기 위하여 천공방법 개량과 임목 크기에 따른 적정채취량 산정, 채취후 천공으로 인한 상처의 소독과 치유 촉진 기술 개발을 목표로 한다.

1) 천공방법 개량 : 최근에 개발된 천공법에 의한 채취방법을 체계화하기 위하여 천공의 크기와 개수, 방향과 높이를 달리하여 채취량 증가 조건을 찾는다. 천공의 크기는 5개 수준 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0cm, 천공의 개수는 직경급에 따라 1개 또는 2~3개의 효과, 천공방향과 높이는 동서남북과 수간에서의 높이와 깊이에 따른 차이효과를 규명한다.

2) 적정채취량 산정 : 직경급별 적정채취량을 임목의 건강도와 관련지어 산정한다. 3개의 직경급 수준(20, 30, >30cm)에서 수액채취에 따른 건강도의 저하를 생육정지, 낙엽개시의 시기, 직경생장으로 측정하여 비교한다.

3) 천공 치유 촉진기술 개발은 천공상처의 부후를 방지하고 폐쇄를 촉진시키기 위하여 후천공 처리제의 사용을 단순마개(스치로폴,코르크), 단순

살균(EtOH, H_2O_2), 단순도포제(바세린), 방부도포(지오판)로 구분하여 효과를 시험하고, 1~2년에 걸쳐 각 처리별 유합조직의 발달과정을 규명함으로써 상처치유과정과 상처치유를 촉진시키는 방법을 찾는다.

4) 진공펌프를 이용한 수액채취기술

수액유출은 당일의 기상상태와 밀접한 관계가 있어서, 기상조건이 맞지 않을 경우 수간압이 형성되지 않아서 수액유출이 전혀 되지 않는다. 진공펌프를 이용하여 흐리거나 비가 오는 날 수액을 채취하기 위한 기술을 개발한다.

나. 수액의 보관 및 정제기술 개발

수액의 장기보관을 어렵게 하는 부유물에 의한 침전형성을 방지하고, 장기보관시 발생할 수 있는 병원성 미생물에 의한 오염을 방지하기 위하여 부유물 제거와 저온멸균 방법을 시험한다. 미세여과에 의한 부유물 제거를 위하여 여과막의 공극 크기 (5㎛, 1㎛, 0.2㎛ cellulose membrane filter, 1㎛ glass filter)를 달리하여 침전물 형성 정도를 측정함으로써 적정 여과막을 선정하고, 이 방법이 현장에 쉽게 적용될 수 있도록 경제적인 연속공정을 설계한다.

다. 수액의 품질증진 기술

수액 품질의 주 요인인 일,이당류와 아미노산, 미네랄의 함량을 증가시키기 위하여 시비에 의한 미네랄 함량 증진과 수액 중 설탕농도가 높은 우수 개체를 선발하여 이후 묘목생산과 육종 재료를 확보한다. 미네랄 함량 증진은 1차년도 여름과 가을에 복합비료와 Ca, Fe 미량원소를 복합처리하고, 2차년도 봄에 생산되는 수액의 미네랄 함량 증진효과를 시험한다. 고농도 설탕생산 개체 선발을 위하여는 수액생산기간 중 초기에 채취되는 수액

의 설탕농도가 2.5%이상인 우수개체를 선발한다.

라. 수액생산량 관여 환경인자 특성 규명

기상인자 중에서 온도의 일변화, 광량, 강우량, 바람, 운량과 수액생산량과의 관계를 명확히 밝힌다. 입지환경 중에서 해발고, 방위, 경사도, 토양수분과 수액생산량과의 관계를 구명한다.

3. 연구내용 및 체제

현지에서 행해지고 있는 고로쇠나무 수액채취의 효율성을 높이고, 임목보호 조치에 필요한 정보를 획득하며, 산업화에 기여하고, 마지막으로 인공림 조성시 선결조건이 될 수 있는 우량개체의 선발을 목적으로 전라남도 광양시 백운산의 서울대학교 남부연습림 고로쇠나무 분포지에서 서울대 연습림과 현지 주민의 협조를 얻어 크게 사면방위별로 분포한 4개의 조사지를 선정하고 고농도 설탕함유개체 선발과 천공 치유 기술 개발 및 영양상태 조사, 기상 환경 및 입지환경과 수액생산량과의 관계 규명, 천공의 높이와 방향에 따른 수액유출량 조사와 수액 보관정제기술 개발, 칼슘과 철분의 시비처리에 의한 수액성분변화를 시험한다.

제2절 연구방법

1. 수액 채취기술개량 연구

가. 천공방위와 천공높이의 결정

수액생산을 최대화할 수 있는 천공방위와 천공높이를 결정하기 위하여 직경이 18-48cm 범위의 비슷한 입지에 자라고 있는 고로쇠나무 개체를 각 7개체와 5개체씩 선정하였다. 천공방위 시험은 7개체에 동서남북 4방위를, 천공높이는 5개체에 지표로부터 30cm, 60cm, 100cm 높이에 천공을 처리하고, 수액유출이 있었던 3번의 기간 중에 각 2일, 1일, 1일씩을 선택하여 수액유출량을 조사하였다.

나. 수액 채취가 수목영양에 미치는 영향

수액 채취가 고로쇠 나무의 영양상태에 영향을 주는지를 확인하기 위하여 4개의 조사지와 1개의 미채취 집단으로부터 6월 중순에 잎을 채취하여, 잎의 N, P, K, Mg, Ca, Fe 함량과 신초의 길이를 비교하였다.

다. 시비에 의한 수액 미네랄 성분함량 변화 연구

Fe와 Ca시비에 의하여 수액성분 중 두 미네랄 함량의 증진가능성을 확인하기 위해서, 2000년 8월 10일에 전남 백운산 답곡에 위치한 동사면의 수리취골에 10개체의 고로쇠나무에 Fe sulphate와 Ca sulphate를 개체당 각 400g씩 시비하였다. 수리취골의 모든 개체는 고유번호를 부여하여 현장에 표시하였는데, 그 중 시비 처리된 개체는 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11번이다. 고로쇠나무 수액을 2001년 3월에 채취하여 고로쇠나무 수액의 미네랄

함량을 ICP(Inductively Coupled Plasma) Emission Spectrometer를 이용하여 비교하였다.

라. 진공펌프를 이용한 수액채취기술

기상조건이 맞지 않는 날에도 수액을 채취할 수 있는 기술을 개발하기 위하여 2001년 3월 16일부터 17일까지 전남 백운산 남부 연습림 답곡 사무소 내의 고로쇠나무를 대상으로 진공 펌프를 이용한 채취기술 실험을 실시하였다. 먼저 고로쇠나무 두 그루를 선정하였으며, #1 고로쇠나무의 직경은 22.2cm 이며, #2 고로쇠나무의 직경은 25.5cm 이었다. 한 그루는 초기 한 시간동안 진공펌프를 이용하여 수액을 채취하여 유출량을 측정한 후 다시 한 시간 동안은 진공펌프를 사용하지 않고 자연적으로 유출되는 수액 유출량을 측정하였다. 다른 한 그루는 반대로 초기 한시간 동안은 자연적으로 유출되는 수액 유출량을 측정하였고, 다음 한 시간 동안은 진공펌프를 사용하여 유출량을 측정하였다. 각 시간대별로 채취한 수액은 즉시 당도를 측정하였다. 진공 펌프의 압력은 58cmHg로 고정 사용하였다. 첫째날 (3월 16일)은 맑은 날로써 수액이 정상적으로 유출되는 기상조건이었으며, 둘째날 (3월 17일)은 흐린 날로써 수액이 전혀 나오지 않는 상태였다.

2. 고농도 설탕함유개체의 선발

가. 조사지 개황

2000년도에 4곳, 2001년도에 6곳의 조사지에서, 총 871개체의 고로쇠나무를 대상으로 수액중 설탕함량을 측정하였다. 2000년도에 실시된 조사 대상지는 서울대학교 남부연습림 백운산 답곡 지역으로, 해발고도 600-800미터에 위치하며, 사면방위가 각각 동서남북을 나타내는 수리취골(N 35° 0

1′ , E 127° 36′), 설통박골(N 35° 06′ , E 127° 36′), 후리목골(N 35° 06′ , E 127° 35′), 한재(N 35° 07′ , E 127° 36′) 등 4 곳이다. 2001년도에 실시된 조사대상지는 백운산 동쪽지역의 어치, 지계골, 지사골과 지리산 남쪽지역의 피아골, 45임반, 44임반 등 6곳이다. 각 조사지는 능선과 능선으로 구분된 계곡지형을 띄고 있다.

나. 수액 중 설탕농도 측정

조사지에 산재되어 있는 고로쇠나무 개체들의 천공에서 수액수집관(직경=0.8cm)을 빼내고 0.5ml 가량의 신선한 수액을 채취하여 굴절율을 측정하였다. 측정일시는 2000년의 경우, 2월 17일과 2월 29일, 3월 2일, 3월 11일이며, 수액 유출량이 적었던 2월 17일을 제외하고, 나머지 3일은 수액유출이 왕성한 기간이었고, 2001년의 경우는 3월 1일과 3월 2일, 3월 16일로서 수액유출이 왕성한 기간에 속하였다.

개체선발을 위해서는 가능한 한 많은 수의 개체를 탐색해야 하므로, 현장에서 신속하게 측정할 수 있는 0-10% 범위(정밀도 0.1%)의 휴대용 굴절계(Refractor Model : N-10E, ATAGO, Japan)를 사용하여 수액의 굴절율을 측정하였다. 굴절율은 온도변화에 민감하게 반응하므로, 수시로 증류수를 사용하여 영점보정을 실시하였다.

휴대용 굴절계에서 얻은 굴절율(Brix) 값에서 실제 설탕농도를 추정하기 위해서 HPLC로 설탕농도를 측정하여 추정함수를 작성하였다. 굴절율을 측정한 개체들 중에서 조사지별로 무작위로 선정한 총 72 개체의 수액(1 ㎖)을 채집하여 아이스박스에 저장하여 실험실로 옮기고, 수액 중 실제 설탕농도를 HPLC를 사용하여 측정하였다. HPLC 시스템은 TSP사의 P1000 펌프와 UV1000 자외선검출기, Waters사의 High-performance Carbohydrate Analysis 컬럼(3.9×250mm)으로 구성하였다. 실온에서 용매

는 80% Acetonitrile, 유속은 2㎖/min의 조건을 사용하였으며, 12,000×g에서 원심 분리한 수액 10㎕를 주입하여 UV 195nm에서 정량하였다. 설탕은 UV 흡광계수가 매우 낮기 때문에 일반적으로 굴절율검출기(RI)를 사용해야 하지만, UV cut-off가 낮은 용매를 사용하여 검출파장을 195nm까지 낮춤으로써 검출한계를 0.01%로 낮출 수 있었다. 이 값은 고로쇠나무 수액의 설탕농도 변이를 검출하기에 충분한 것이다. 현장에서 굴절계를 사용하여 측정한 굴절율을 HPLC에서 측정한 실제 농도에 직선회귀식으로 적합시킨 추정식을 작성하여 수액 중 설탕농도 추정에 사용하였다.

다. 생장특성, 지형적 위치와 수액 중 설탕농도와의 관계

해발고도 600-700미터의 동사면에 위치한 수리취골에서 전개체에 고유번호를 부여하고, 매목조사를 실시하였다. 조사항목은 수고, 흉고직경, 지형, 설탕농도이며, 지형은 계곡, 계곡사면(남,북), 능선사면(남,북)을 구분하여 기록하였다. 계곡사면과 능선사면의 구분은 계곡으로부터 능선까지의 거리 중 가까운 쪽을 택하였다. 생장특성과 설탕농도, 지형과 설탕농도의 관계는 상관분석과 일원분류분산분석으로 분석하였다.

라. 설탕농도에 의한 우수개체선발

추정식에 의해 구해진 설탕농도에 의해 백운산지역 고로쇠나무 집단의 설탕농도 분포를 결정하였다. 각 조사지별로 상위 10% 범위 안에 있는 고농도 설탕함유 개체들 중에서 생장상태가 양호한 개체들에 고유번호를 부여하여 현장에 표시하고, 최종적으로 설탕농도가 대략 상위 3%에 해당하는 개체들을 선발하였다.

마. 자료 분석 및 개체 선발

자료의 통계분석에 사용된 소프트웨어는 SAS(ver. 6.12, SAS Institute Inc.)와 Simstat(ver. 1.31, Provalis Research)이다. 농도추정식은 SAS의 PROC REG를 사용하여 단순회귀를 구하였고, 지형적 위치와 조사지에 따른 농도 비교는 SAS의 PROC GLM에서 일원분류모형을 REGWQ 다중검정과 함께 사용하였으며, 농도의 분포특성은 SIMSTAT의 FREQ 절차를 이용하여 구하였다.

3. 기상인자, 입지환경, 수액 생산량과의 관계 구명

환경인자와 수액생산량과의 상관관계는 채취기간 중의 수액유출 추이와 사면방위 및 지형별 유출속도를 조사하였다.

4. 수액채취 천공의 치유촉진 기술 개발

가. 천공치유상태

2000년 8월 9일과 10일에 동서남북 각 사면별로 선정된 네 곳의 조사지(동사면-수리취골, 서사면-설통박골, 남사면-후리목골, 북사면-한재)에서 각 24, 53, 73, 22개, 총 172개의 천공을 무작위로 선택하여 유합조직의 발달에 의해서 천공이 치유된 정도를 조사하였다. 이 지역의 천공크기는 12mm로 고정되어 있어서, 완전 미유합된 경우에는 12mm, 완전유합된 경우에는 0mm로 하고, 부분유합된 경우에는 미유합된 구멍의 직경을 mm단위로 측정하였다.

나. 천공을 통한 목재부후

천공을 통한 목재부후 경로를 탐색하고 부후균을 분리하기 위해 2000년 9월에 서울대학교 연습림의 허가를 얻어 5 주의 고로쇠나무를 벌채하였고, 벌채된 수간 중 천공부위 주변을 포함해서 50cm의 길이를 절단하여 보관하였다.

다. 고로쇠나무 천공치유경로와 고로쇠나무 목재 부후균 동정

전라남도 광양군 백운산지역과 구례군 지리산지역에서 2000. 6. 4. - 2001. 9. 28 동안 발생장소, 발생시기, 발생상태, 기주 등 버섯발생 환경조사를 실시하였다. 버섯을 수집한 즉시 육안적 특징을 기술하였으며, 썩거나 부패방지를 위하여 건조시켰고, 자실체의 미세구조는 현미경하에서 조사하였으며, 수집된 모든 종은 본 대학 연구실에 보존하고 있다.

갓의 크기, 모양, 표면상태, 색, 냄새, 유액, 자실층의 모양, 대에 부착상태, 밀도, 색, 주름살날 상태, 대의 크기, 모양, 표면상태, 색을 조사하며, 갓과 대표피층, 자실층구조, 시스티디아, 포자등을 현미경하에서 관찰하기 위하여 갓표피층, 주름살, 대표피의 절편을 면도날로 얇게 절단하여 시료를 채취하여 광학현미경으로 관찰하였다.

5. 고로쇠 나무 수액장기저장 방법 개발과 수액 감염 세균 동정

가. 고로쇠 나무 수액의 장기저장 방법개발

수액 장기저장 기술은 2차 년도에 채취한 수액을 UV를 이용하여 살균한 후 실시하였다. UV처리는 UV Combination Filter(membrane Filter, pore size 0.45㎛)를 구입하여 실시하였다. 실험설계는 저장 온도(냉장보관, 4℃ 실온보관)와 저장기간(2, 4, 8, 10, 12, 14일)으로 2처리에 5반복으로 설

계하였다. 실험방법은 UV Combination Filter를 이용하여 고로쇠나무 수액을 걸러낸 후 각각 실온과 냉장에서 보관한 후 10^3배로 살균수에 희석하고, 저장기간에 따라 NA 고체배지에 배양하여 세균 colony 수를 관찰하였다.

나. 고로쇠 나무 수액내 존재하는 세균의 동정

미생물의 분류, 동정에는 미디(MIDI) 분석을 이용하여 균체 지방산 조성의 분석을 토대로 하여 동정하였다. 미생물의 확실한 종까지의 동정이 되기 위해서는 여러 실험들을 통한 Data들이 필요하므로 여기서는 세균의 속까지만 동정하였다.

1) 세균 동정 방법

실험에 사용된 균주는 NA와 PDA 고체배지에서 1차적으로 배양된 후 TS 고체배지에서 24시간씩 두 번 계대배양하여 실험에 사용하였고 배양온도는 28℃로 하였다.

2) FAMEs(Fatty Acid Methyl Esters) 분석을 위한 시료의 준비

Gas Chromatography를 이용한 FAMEs 분석은 Miller의 방법(15)에 따랐다. MRS 고체배지에서 배양한 약 50mg(wet weight)의 cell을 Teflon-lined screw cap tube(Ø13*100mm, pyrex)에 옮긴 후, 50% methanol에 15% NaOH를 첨가한 용액 1ml을 넣고 100 °c에서 30분간 가열하여 실온에서 식힌다. 여기에 methanolic-HCl 2ml(6.0N HCl 325 ml 과 methanol 275ml 혼합용액)을 첨가하여 80 °c에서 10분간 가열한 뒤 급냉한 후 1.25ml의hexane/methy-tert-butyl ether(1:1 v/v)을 넣고 10분간 잘 섞어준다. 실온에 정치한 후 반응액이 2개의 층으로 분리되면 하등액만을 제거하고 3ml의 dilute NaOH (10.8g NaOH/900ml D.W)를 첨가하여 5분간

섞어주고 saturated NaCl을 몇 방울 떨어뜨린 다음 상등액의 2/3정도를 septum-capped sample vial(12*32mm, Alltech Associates , Inc ,IL ,USA)로 옮겨 capping 하여 시료로 사용하였다.

3) Gas Chromatography에 의한 Fatty Acid Methyl Ester (FAMEs분석)

FAMEs의 분석에는 Hewlett Packard series II Gas Chromatograph model 5890A(Microbial ID, Inc., Delaware, USA)가 이용되었으며 separation column은 25m×0.22mm×0.33m methyl phenyl silicone fused silica capillary column(HP 19091B-102)을 사용하였다. FAMEs profile은 Microbial Identification System Software(Microbial ID, Inc, Delaware ,USA)를 이용하였다. 본 연구에 사용된 Gas Chromatography의 조건은 다음과 같다. Carrier Gas, Hydrogen ; Column Head Pressure, 10psi ;Split Ratio, 100:1 ; Split Vent. 50ml/min ; Septum Purge , 5ml/min ; FID Hydrogen, 30ml/min ; Initial Temperature, 170 °c; Program Rate, 5 °c/min ; Final Temp, 270 °c; FID Temperature, 300 °c ;Injection Port, 250 °c; Injection volumn, 2㎕

6. 고농도 설탕 선발개체의 증식 기술 개발

고농도 개체로 선발된 고로쇠나무를 영양번식하기 위하여 접목과 삽목을 실시하였다. 접목은 1년생 고로쇠나무 실생 묘목을 대목으로 이용하고, 선발된 개체로부터 접수를 채취하여 2001년 3월에 할접을 실시하였다. 녹지 삽목은 6월 마지막 주에 실시하였다. 삽목상은 vermiculite, perlite, 모래를 1:1:1로 섞어서 20cm 깊이로 깔고, 플라스틱 매트에 10cm 간격으로 삽수를 꽂았다. 현지에서 채취한 삽수는 삽목발근제인 루톤처리를 하였다.. 삽목상은 야외에 설치하고 70% 차광막으로 덮어서 온도의 상승을 막았다.

제3절 결과 및 고찰

1. 수액 채취기술개량 연구

가. 천공방위와 천공높이의 결정

수액생산을 최대화할 수 있는 천공방위와 천공높이를 결정하기 위하여 직경이 18-48cm 범위의 비슷한 입지에 자라고 있는 고로쇠나무 개체를 각 7개체와 5개체씩 선정하였다. 천공방위 시험은 7개체에 동서남북 4방위를, 천공높이는 5개체에 지표로부터 30cm, 60cm, 100cm 높이에 천공을 처리하고, 수액유출이 있었던 3번의 기간 중에 각 2일, 1일, 1일씩을 선택하여 수액유출량을 조사하였다. 시험결과 천공방위는 남>동>서>북의 순으로, 천공높이는 30cm>60cm>100cm 순으로 수액생산량이 많았다(그림 2-1, 그림 2-2). 따라서 적절한 천공방위와 높이는 남과 동의 30-60cm 사이인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 아침에 해가 떠서 수간을 비춤으로써 수간의 온도가 올라가서 수간압을 높임으로써 수액이 더 잘 나온다는 기존의 연구결과 (윤승락 등, 1992)와 일치하는 결과이다. 현지에서 농민들이 구멍을 지제부로부터 60cm보다 더 높은 곳에도 마구 뚫고 있는데, 가장 바람직한 높이는 지제부에서 60cm 이내라고 할 수 있다.

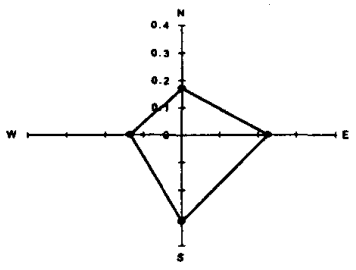


그림 2-1. 천공방위별 수액 유출량(kg/day)

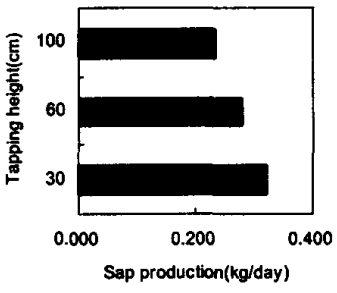


그림 2-2. 천공높이별 수액 유출량(kg/day)

나. 수액 채취가 수목영양에 미치는 영향

4개의 조사지와 1개의 미채취 집단 간, 잎의 N, P, K, Mg, Ca, Fe 함량과 신초길이를 비교하였으나 유의할 만한 차이를 발견하지 못하였으며, 질소농도의 경우 오히려 채취가 이루어지는 개체들에서 더 높은 수치를 나타내었다(표 2-1). 따라서, 수액을 채취하는 행위가 고로쇠나무의 무기영양상태에는 큰 영향을 주고 있지 않다는 것을 알 수 있다.

따라서, 수액채취가 고로쇠나무의 생리에 미치는 영향은 단기적인 무기영양상태가 아니라 목재부후 등의 장기적인 영향을 고려해야 할 것으로 판단된다.

표 2-1. 수액 채취집단과 미채취집단의 신초 길이와 잎의 질소농도

	신초길이(cm)		잎 질소농도(%)	
	평균(최소-최대)	SD(N)	평균(최소-최대)	SD(N)
미채취	7.21(4.5-10.5)	1.59(50)	1.97(0.53-2.33)	0.46(13)
채 취	7.19(3.8-10.0)	1.35(115)	2.21(1.76-2.71)	0.25(30)
합 계	7.20	(165)	2.14	(43)

다. 시비에 의한 수액 미네랄 성분함량 변화 연구

Fe와 Ca시비에 의한 수액성분 중 두 미네랄 함량의 증진가능성을 확인하기 위해서, 2000년 8월 10일에 전남 백운산 답곡에 위치한 동사면의 수리취골에 10개체의 고로쇠나무에 Fe sulphate와 Ca sulphate를 개체당 각 400g씩 시비하였다. 수리취골의 모든 개체는 고유번호를 부여하여 현장에 표시하였는데, 그 중 시비 처리된 개체는 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11번이다. 2001년 3월에 채취한 고로쇠나무 수액의 미네랄 함량을 비교한 결과 시비처리에 의한 효과는 없는 것으로 나타났다. 특히 Fe의 함량은 감지되지 않을 정도로 매우 미미한 것으로 나타났다(표 2-2).

표 2-2. 시비처리에 의한 고로쇠나무 수액의 미네랄 함량변화(단위 : ppm)

처리	Na	Mg	P	S	K	Ca	Fe
대조목	1.05±0.16[a]	6.46±1.43[a]	0.78±0.31[a]	0.72±0.07[a]	70.71±25.26[a]	69.05±13.12[a]	trace
시비목	1.57±0.98[a]	7.32±2.02[a]	0.48±0.15[a]	0.76±0.33[a]	73.75±18.61[a]	85.86±17.34[a]	trace

처리효과가 미비한 것으로 보아 시비 방법과 시비량이 부족한 것으로 추측되며 차후 시비시기와 횟수, 시비량에 대한 추가적인 실험이 필요한 것으로 판단된다.

이 지역의 토양은 암석이 많은 경석지로 되어 있어서, 광물질 토양이 극히 적은 토심이 낮은 곳이기 때문에, 시비로 인하여, 비료성분을 보유할 수 있는 능력이 낮은 것으로 판단된다. 따라서 본 실험은 민가 주변에 토심이 깊은 곳을 대상으로 시험을 실시하는 것이 바람직하다고 본다.

라. 진공펌프를 이용한 수액채취기술

진공펌프를 이용해 채취된 수액의 유출량은 자연 유출량과 비교해서 큰 차이를 보였다(표2-3). 측정 일에서 답곡 #2 고로쇠나무의 경우 진공 펌프를 이용해 채취한 수액은 시간당 최고 137ml까지 채취할 수 있었으며, 자연 유출량의 최고치인 34ml와 비교해서 4배 정도 많았다. 답곡 #1의 고로쇠나무의 경우는 진공 펌프를 이용해 채취한 최고 유출액은 47ml 이었으며, 자연 유출량의 최고치인 6ml 보다 8배 정도 많은 양이었다.

기상조건이 수액유출에 적당했던 첫 날의 경우 3시간 동안 채취한 수액의 양을 비교해 보면 그림 2-3에서와 같이 진공 펌프를 이용한 경우 391ml, 자연 유출량의 경우 74ml로 진공 펌프를 이용한 경우의 총량이 5배 정도 많았다. 또한 답곡 #2 고로쇠나무의 경우 오후 6시까지 진공 펌프를

이용하여 수액을 채취한 결과 수액의 유출량이 크게 감소하지 않고, 일몰 직전까지 계속해서 수액이 유출되었다.

2차 측정일에는 온도차가 거의 없는 흐린 날로 일반적으로 수액이 자연적으로 유출되지 않는 기상조건이었는데, 진공 펌프를 이용하여 채취한 경우 표 1에 보는 바와 같이 답곡 #2 고로쇠나무에서는 최고 57ml의 수액을 채취할 수 있었다. 그러나 답곡 #1 고로쇠나무에서는 진공펌프를 이용해서도 수액을 채취할 수 없었다. 현재 기상조건이 맞지 않을 때, 즉 흐리거나, 비가 오나, 바람이 심하게 불면, 수액이 나오지 않지만, 위와 같은 연구 결과는 진공pump를 이용한다면, 기상조건에 관계없이 수액을 채취할 수 있게 된다. 이와 같은 연구는 미국과 카나다에서도 응용되고 있다. 특히 이른 봄에 수간이 녹은 다음에 사용할 수 있는 방법으로 알려져 있다.

표 2-3. 자연상태와 진공펌프를 이용한 수액 유출량 및 당도의 비교

측정시간	1차 측정(2001. 3. 16)				2차 측정(2001. 3. 17)	
	답곡 #2		답곡 #1		답곡 #2	
	유출량(ml)	당도(%)	유출량(ml)	당도(%)	유출량(ml)	당도(%)
09:05-10:05					49^{p}	1.4
10:05-11:05	118^{p}	2.0	4		1	
11:05-12:05	32	1.5	32^{p}	1.1	41^{p}	1.5
12:05-13:05	137^{p}	0.9	6	2.0	0	
13:05-14:05	34	1.7	47^{p}	1.8	57^{p}	1.4
14:05-15:05	137^{p}	1.5	2			
15:05-16:05	8	1.5	22^{p}	1.3		
16:05-17:05	114^{p}	1.5				
17:05-18:05	115^{p}	1.5				

* p는 진공 펌프를 이용해 채취한 수액 유출량임

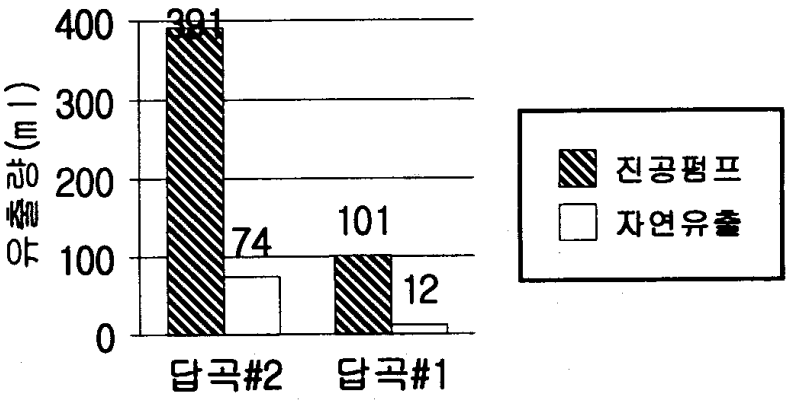


그림 2-3. 수액의 자연 유출량과 진공펌프를 이용해 3시간 동안 채취된 수액의 유출량

2. 고농도 설탕함유개체의 선발

가. 고농도 설탕함유 개체의 사면별 분포

휴대형 굴절계(refractometer)를 사용한 설탕함량의 추정은 HPLC를 이용해서 직접 정량한 값과 휴대형 굴절계의 Brix값으로부터 설탕함량추정식을 구해서 사용하였다. 현지에서 측정된 Brix와 실험실로 옮겨 HPLC로 측정한 설탕농도와의 관계를 구한 바, 두 변수간의 상관계수는 0.9457***로 매우 높아 Brix로 신빙성 있는 설탕농도를 추정할 수 있는 것으로 나타났다. Brix를 이용한 고로쇠 수액 중 설탕함량 추정식은 아래의 식 1과 같으며 회귀곡선을 그림 2-4, 5에 표시하였다.

$$\text{Sucrose (\%)} = 0.8758\ \text{Brix} - 0.2965 \qquad (R^2 = 0.894^{***}) \text{ (식 1)}$$

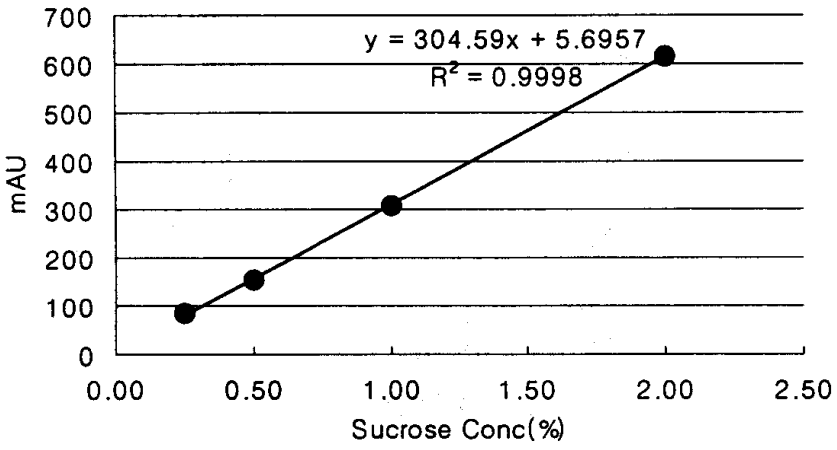


그림 2-4. Standard calibration curve for UV(195nm) determination of sucrose concentration.

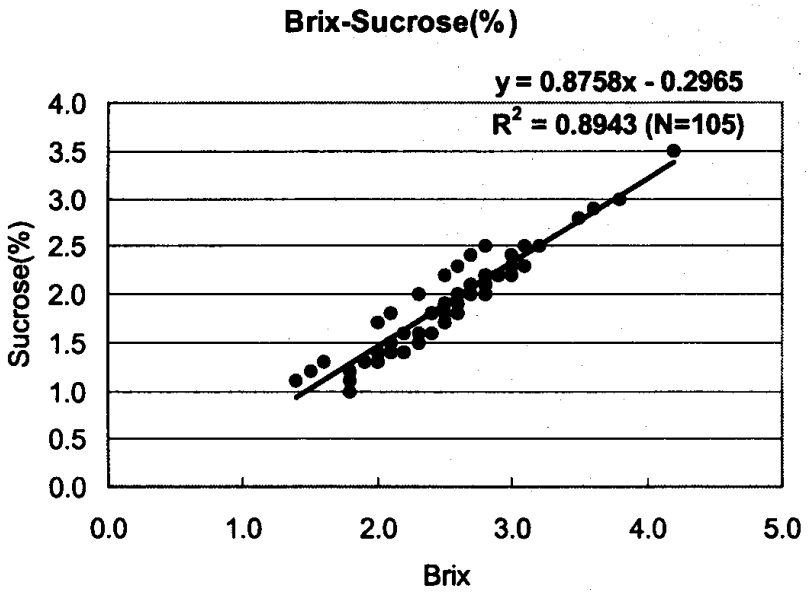


그림 2-5. Calibration curve for determination of sucrose contents(%) of *A. pictum* sap by Brix.

수액 중 설탕함량이 2% 이상인 고농도 설탕함유 개체(이하 고농도개체)를 선발하기 위해서 2000년도에 동서남북 4사면(수리취골, 설통박골, 후리목골, 한재골)에서 휴대형 굴절계를 사용해서 측정한 고로쇠나무와 당단풍 수액 중 설탕함량의 분포는 그림 2-6에, 2001년에 6곳의 조사지에서 측정된 수액 중 설탕함량의 분포는 그림 2-7에 나타내었는데, 전체적으로 1.7%의 평균값을 갖는 정규분포 형상을 나타내었다.

고로쇠나무 수액의 설탕함량은 0.67-3.20% 범위, 평균 1.7%로 조사되었다(표 2-4, 표 2-5). 1차년도인 2000년도의 경우(표 2-4) 평균 설탕농도는 1.59%인 반면, 2차년도인 2001년도의 경우(표 2-5) 1.76%으로 약간의 차이가 있었다. 2년간의 조사에서 조사지별로 고로쇠수액의 설탕함량이 큰 차이를 보였으며 통계적으로 지역간 차이를 1%수준에서 인정할 수 있었다. 이것은 집단내에 설탕함량의 개체변이보다는 지역간 변이가 더 큰 것으로 판단되며, 그 원인은 입지조건에 따라서 토양과 기상상태가 현저히 다르기 때문에 설탕함량과 유출량에서 동시에 차이가 있기 때문에 유출된 수액의 설탕함량은 커다란 변이를 보인다고 판단된다.

특이한 점은 조사지에 따라 설탕함량의 분포가 유의한 차이를 보였는데($p=0.0001$), 북사면과 서사면의 한재골과 설통박골이 동사면과 남사면의 수리취골과 후리목골에 비해 최고 24%까지 높은 값을 보였다. 서사면과 북사면이 동사면과 남사면에 비해 상대적으로 일조시간이 짧고 기온이 낮기 때문에 수액유출량이 적어서 회석이 적게 되었기 때문으로 생각된다. 따라서, 고농도개체의 선발은 사면방위별로 독립적으로 선발하는 것이 타당하기 때문에, 각 조사지마다 농도가 대략 상위 3% 내인 고농도개체 중에서 생육상태가 양호한 개체를 선발하고 현장에 표시하였으며 선발개체의 평균설탕농도는 2.7%이었다(표 2-7).

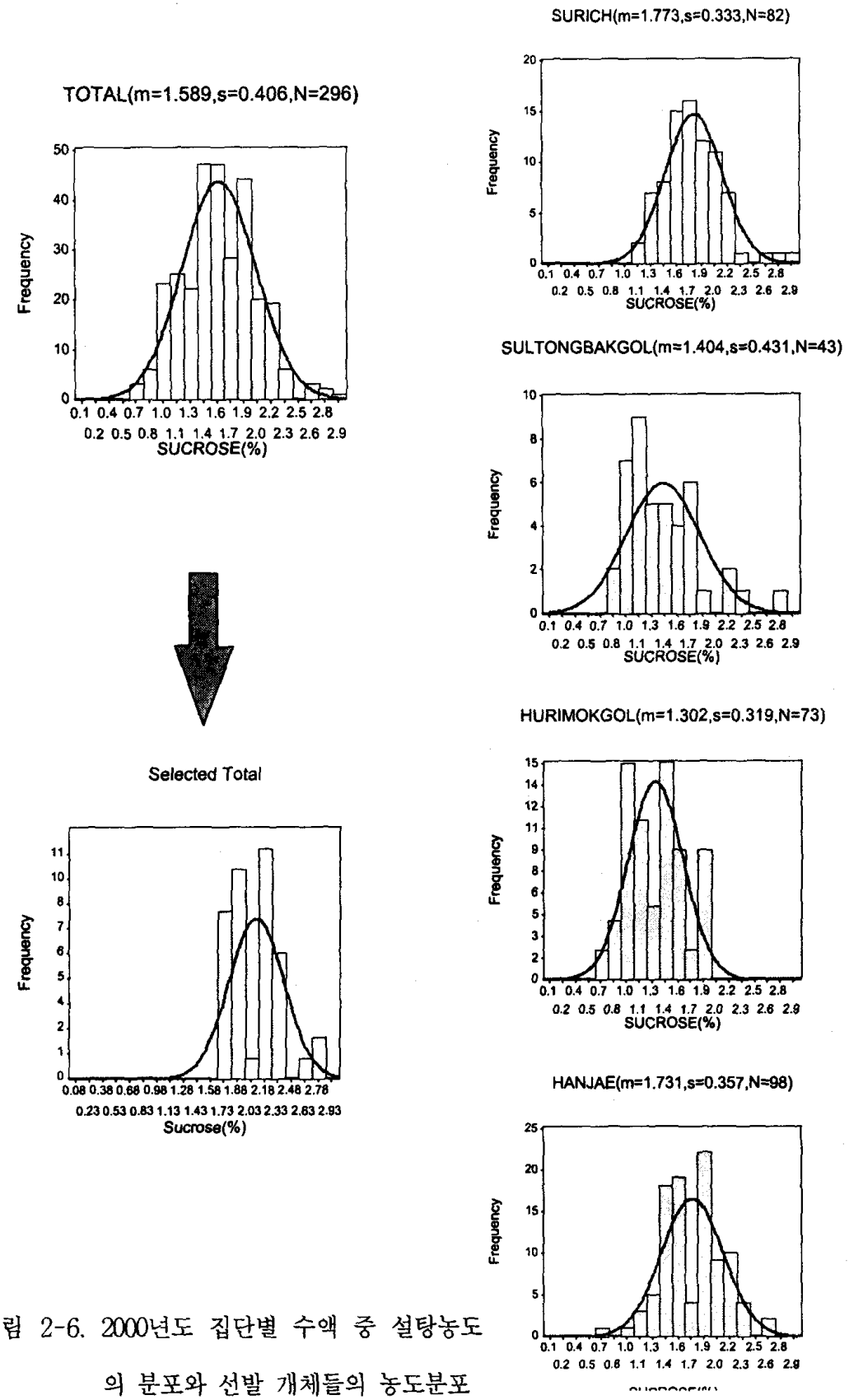
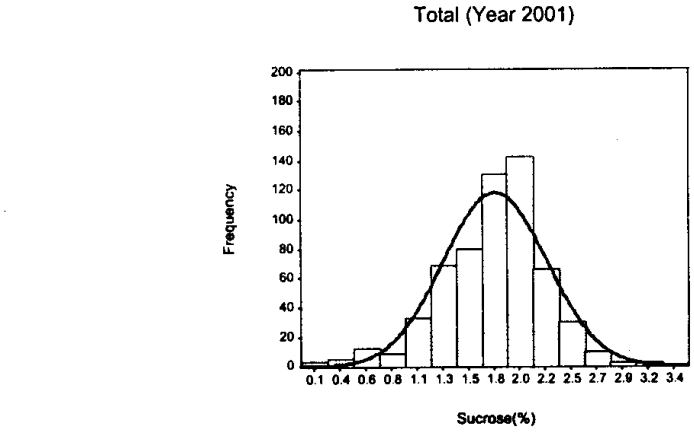
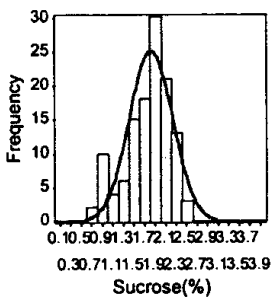


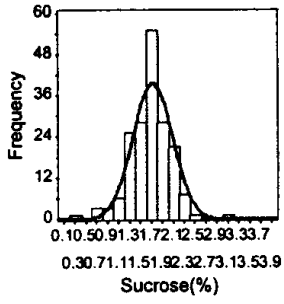
그림 2-6. 2000년도 집단별 수액 중 설탕농도의 분포와 선발 개체들의 농도분포



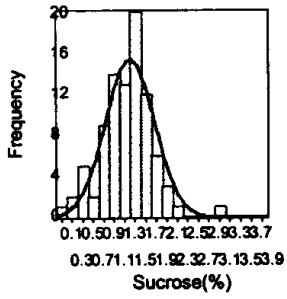
Total(m=1.8,sd=0.43,n=575)



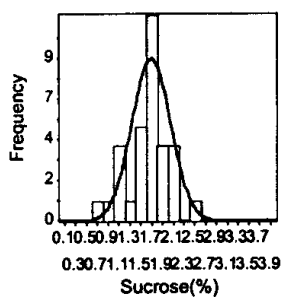
지게골(m=1.8,sd=0.41,n=129)



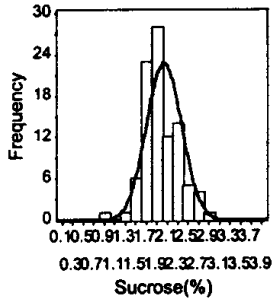
어치(m=1.7,sd=0.36,n=179)



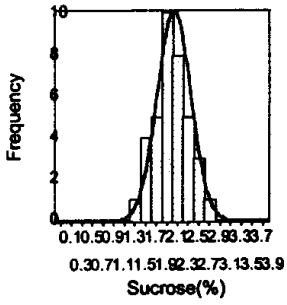
지사골(m=1.4,sd=0.47,n=90)



44임반(m=1.7,sd=0.36,n=39)



피아골(m=2.0,sd=0.33,n=95)



45임반(m=2.2,sd=0.32,n=40)

그림 2-7. 2001년도 설탕함량의 지역별 분포

기존 보고에서 백운산 지역 고로쇠나무 수액의 설탕농도는 1-1.5%의 범위로 알려져 있었다(이경준 등, 1995). 동사면의 수리취골에서도 평균 농도는 1.77±0.33%로 가장 높았고, 다음으로 북사면의 한재에서 1.73±0.36%였으며, 서사면의 설통박골과 남사면의 후리목골이 각각 1.40±0.43%와 1.30±0.32%였다. 전체 평균 농도는 1.59±0.41%로 기존 보고의 1-1.5%와 유사하거나 약간 높은 수치를 나타냈다.

본 조사에서 정의한 4 곳의 조사지는 능선과 능선 사이의 안쪽 사면과 계곡을 포함하는 집단(개체군)으로 간주할 수 있기 때문에 달리 말하면, 집단 간의 차이가 존재한다는 것은 선발 프로그램의 효율성을 높이기 위해서는 집단 내 대상 개체수의 증가보다 집단 수의 증가가 더 필요함을 의미한다. 따라서, 2차년도의 고농도 개체 탐색과 선발은 6개 집단, 575개체를 추가하여 총 10개 집단, 871개체로 대상을 확대하였다.

표 2-4. 2000년도 조사지별 고로쇠 수액 중 설탕농도의 분포(단위 : %)

SITE	반복수	MEAN	SD	MIN	MAX	GROUP*
백운산수리취골	82	1.8	0.33	0.75	2.68	A
백운산한재	98	1.7	0.36	0.84	2.77	A
백운산후리목골	73	1.3	0.32	0.67	1.89	B
백운산설통박골	43	1.4	0.43	0.71	2.22	B
TOTAL	296	1.6	0.41	0.67	2.77	

표 2-5. 2001년도 조사지별 고로쇠 수액 중 설탕농도의 분포(단위 : %)

SITE	반복수	MEAN	SD	MIN	MAX	GROUP*
지리산45임반	40	2.24	0.32	1.5	2.9	A
지리산피아골	95	2.0	0.33	1.0	3.0	AB
백운산지계골	129	1.83	0.41	0.7	2.5	B
백운산어치	179	1.71	0.36	0.4	3.2	BC
지리산44임반	39	1.69	0.36	0.7	2.5	BC
백운산지사골	90	1.32	0.47	0.5	3.2	DC
미분류	3	1.3	0.58	0.6	1.6	D
TOTAL	575	1.76	0.43	0.4	3.2	

* Group by REGWQ multiple range test

표 2-6. 조사지별 고로쇠 수액의 설탕함유량의 차이 ANOVA

2000년 조사지

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	3	12.51	4.17	35.48	0.0001
Error	292	34.33	0.11		
Corrected Total	295	46.85			

2001년 조사지

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	6	27.21	4.53	31.91	<.0001
Error	568	80.74	0.14		
Corrected Total	574	107.96			

나. 고농도 설탕함유개체선발

1차년도에 실시된 고농도 설탕함유 개체의 선발을 확대하기 위하여 2차년도에는 지리산 어치와 44임반, 45임반, 지게골, 지사골에서 총 575개체를 대상으로 선발하였다. 선발 결과는 표 2-6과 표 2-7에 나타내었다. 표 2-5와 같이 2차년도에 조사된 개체중에서 고로쇠나무의 수액 평균 당도는 1.76%이었으며, 그 중 고농도 설탕 개체로 선발된 개체는 28개체이었다(표 2-7). 선발된 고농도 설탕 개체는 GPS를 이용하여 위치를 표시하였다.

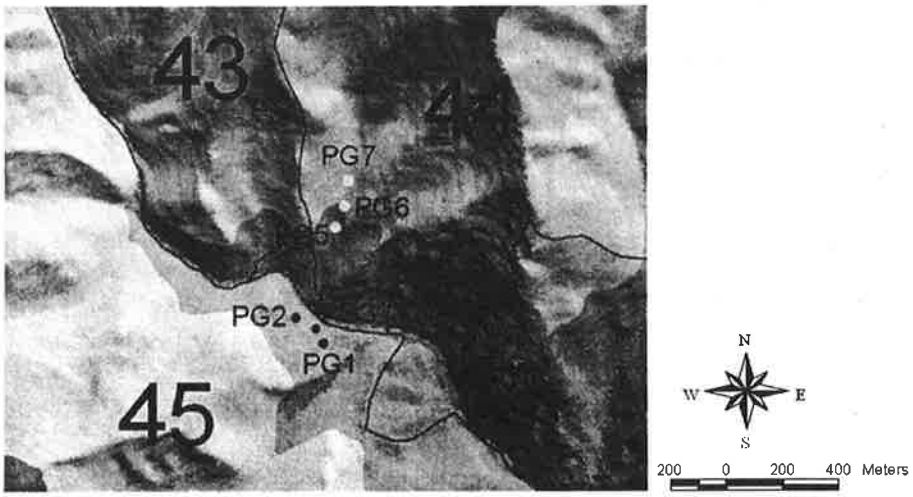


그림 2-7 A. 고농도 개체의 GPS 위치 표시도

표 2-7. 고농도 설탕함유개체 선발결과 (2000-2001년)

조사지	사면 방위	조사 년도	선발농도/ 평균농도(%)	선발개체수/ 총개체수	선발개체목 표시라벨
백운산수리취골	동사면	2000	2.2/1.8	4/82	SURI10, SURI11, SURI70, SURI78
백운산후리목골	남사면	2000	2.5/1.3	2/73	HURI01, HURI10
백운산설통박골	서사면	2000	3.1/1.4	4/43	SULT02, SULT03, SULT07, SULT21
백운산한재	북사면	2000	3.2/1.7	3/98	HANJ32, HANJ36, HANJ38
백운산지계골	동사면	2001	2.5/1.8	2/129	JSB1, JSB2
백운산지사골	동사면	2001	2.3/1.4	2/90	JSA5, JSA7
지리산피아골	남사면	2001	2.7/2.0	5/95	BC5, BC6, BC8, BC9, BC10
지리산44임반	남사면	2001	2.5/1.7	1/39	PG7
지리산45임반	북사면	2001	2.8/2.2	3/40	PG1, PG2, PG3
백운산어치	동사면	2001	2.8/1.7	2/179	AC9, AC14
합계:10개집단	4방위	2개년도	2.7/1.7 (59%↑)	28/871 (3.2%)	

3. 기상인자, 입지환경, 수액 생산량과의 관계 구명

2000년 2월 10일경부터 유출이 시작되어 3월 11일까지 수액이 생산되었는데, 약 1개월간의 채취기간 중 4-5회의 유출기간("run")이 나타났다(그림 2-8). 이 기간 중 수액유출 추이는 기온과 풍속에 의해서 결정되는 것으로 보인다.

환경인자 중 수액의 유출특성은 기온과 가장 밀접한 상관관계를 보이는 것으로 알려져 있다. 따라서 기온에 영향을 미칠 수 있는 요인 중 사면과 지형(계곡과 산복)에 따라 유출속도가 차이를 보일 것으로 의심되었기에, 동, 서, 남의 3사면에서 계곡과 산복의 개체를 각각 선정하여 시간별 유출속도를 측정하였다(그림 2-9). 측정일의 기온이 낮았기 때문에 총 유출량이 비교적 적었으며, 유출개시 시간도 늦게 나타났다. 유출시작과 최대유량에 이르는 시간은 동사면의 수리취골은 12:00경에 유출이 시작되어 14:00경에 최대에 이르고 일사량이 그늘에 가려지는 15:00이후에 급격히 감소하여 계곡부에서는 16:00경에, 사면부는 17:00경에 종료되었다. 남사면의 후리목골은 12:00경에 유출이 시작되어 15:00부터 18:00사이에 최대에 도달하고 18:00경까지 유출이 계속되었다. 서사면의 설통박골은 14:00경에 이르러서야 유출이 시작되어 측정이 불가능하게 된 18:00이후까지 유출이 계속되었다. 일일 유출량 합계를 고려하면 남사면에서 유출량이 가장 많았다.

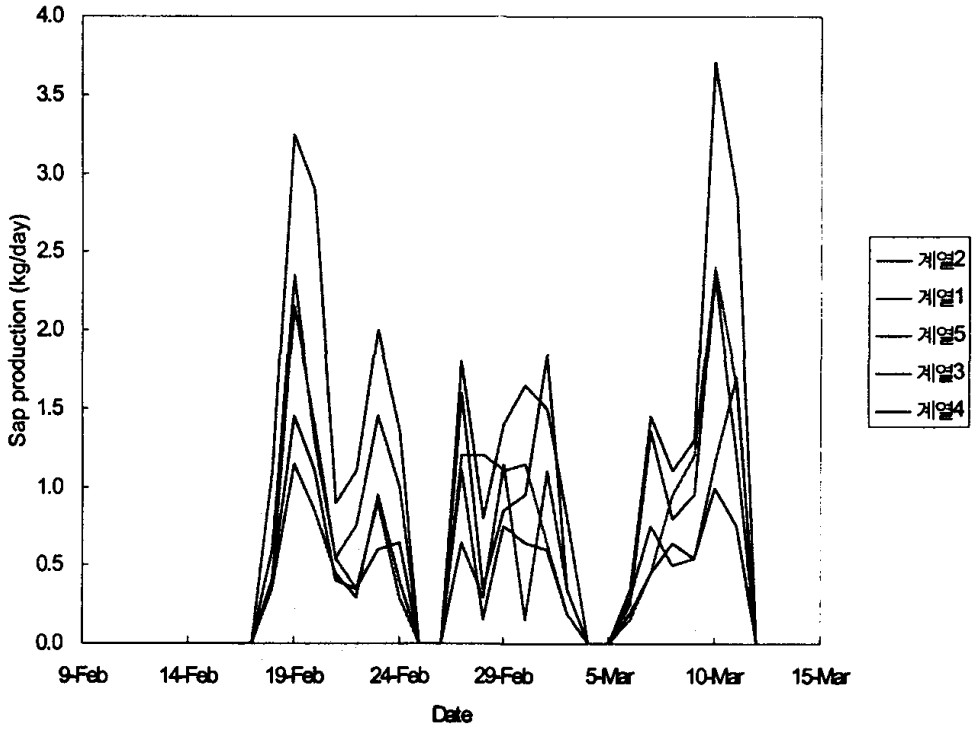


그림 2-8. 수액채취기간 중 일일수액유출량의 변화

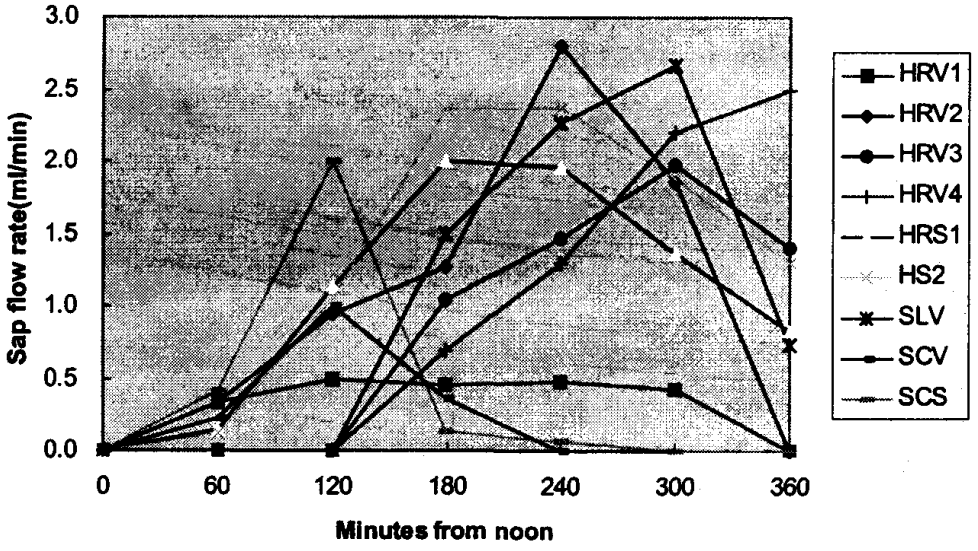


그림 2-9. 3개 조사지에서의 고로쇠나무 수액의 일중 유출속도 변화.
* HR, 후리목골(남향); SC, 수리취골(동향); SL, 설통박골(서향)
** S, 사면부; V, 계곡부

위 결과는 수액의 일중 수액의 유출변화가 기온의 변동과 밀접한 관계가 있음을 의미하는 것으로 해석되는데, 특히 사면방위에 따른 일조시간의 차이가 사면방위별로 일관적인 유출량 변화에 반영되고 있다. 따라서, 인공조림시에 가장 적합한 사면방위는 남사면인 것으로 생각할 수 있다.

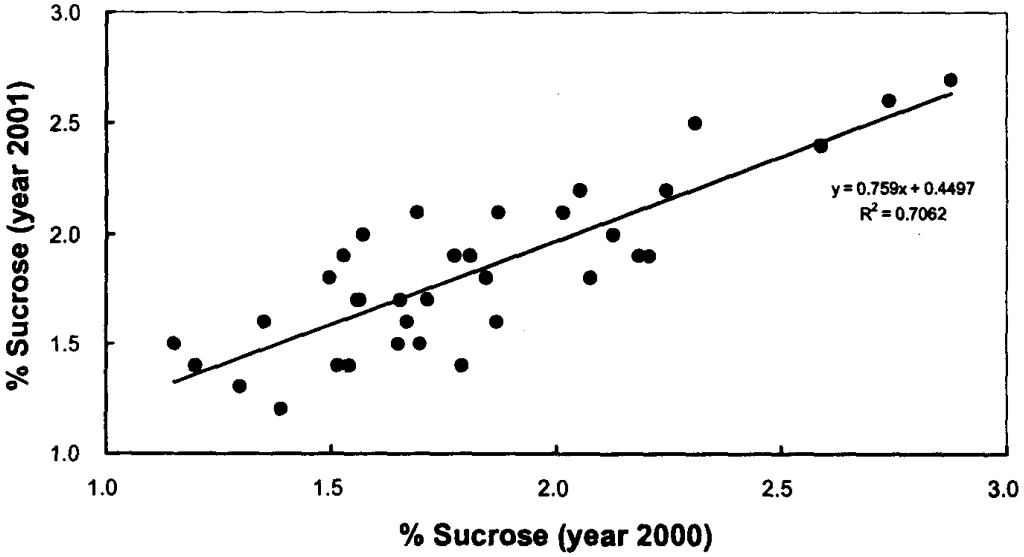


그림 2-10. 동일 개체내에서 2000년과 20001년 설탕농도간의 상관관계

그림 2-10은 2000과 2001년도에 개체별로 두 해에 걸친 설탕농도의 상관관계를 보여주고 있다. 개체별 1차년도와 2차년도의 설탕농도간의 상관계수(C.C.)는 0.8403으로서 매우 높은 수치를 보여줌으로서 설탕농도는 환경요인 보다는 유전적인 영향을 더 많이 받는 것을 알 수 있었다. 따라서 고농도의 설탕함량은 선발에 의하여 개량할 수 있으며 개량효과를 기대할 수 있다고 판단된다(Kriebel, 1989). 이는 설탕농도가 지형적인 영향을 적게 받으며, 지역간 변이 보다는 지역내 개체 변이가 더 크며, 조사지 사면 입지별로 변화의 양이 클 것으로 판단된다. 따라서 조사지별로 독립적으로 선발하는 것이 타당하다고 사료된다.

4. 수액채취 천공의 치유촉진 기술 개발

가. 천공치유상태

직경 12mm의 천공을 뚫었을 경우 전체 172개의 미유합 직경의 평균크기는 2.83±3.88mm로, 평균만으로 본다면 유합조직의 발달이 양호하게 이루어지고 있다고 할 수 있다. 그러나 표준편차를 평균에 대해 나눈 값인 변동계수(CV)가 136.78%로서 변이가 매우 큰 것으로 나타났다. 분포특성을 살펴보면(그림 2-13), 왜도가 1.43, 첨도가 0.86으로서 미유합천공의 직경크기 분포는 완전유합된 천공의 상대빈도가 46%에 달하는 등, 미유합 직경이 작은 쪽의 빈도가 높아서 대부분 유합조직이 발달되는 과정에 있었으나, 완전미유합 천공의 상대빈도가 11%로 적지 않았다. 이 결과는 천공에 의한 상처가 대부분은 유합조직이 발달하여 자연적으로 봉합이 되지만, 열에 하나는 어떤 요인에 의해서 유합과정이 전혀 이루어지지 않음을 의미한다.

사면별로 배치된 조사지 간에도 미유합직경의 크기가 유의한 차이를 보였다($Pr>F=0.0003$). 전체 변동 중에서 10%가량을 조사지 간의 차이로 설명할 수 있었으나($R^2=0.104$), 설명력이 낮기 때문에 조사지 간의 차이가 큰 요인으로 생각되지는 않으며, 천공의 위치와 천공방법, 시행자의 숙련도, 사후 약제처리, 수목의 생리적 상태 등이 이 과정에 영향을 줄 것으로 의심된다.

조사지별 미유합직경의 크기는 북사면의 한재와 남사면의 후리목골이 각 4.1mm±5.5와 3.8mm±3.6로서 동사면의 수리취골과 서사면의 설통박골의 각 0.75mm±1.5와 1.8mm±3.7에 비해 2-5배 이상 유합된 정도가 미비했다(표 2-8).

결론적으로, 현재 사용되고 있는 12mm의 천공직경을 3-4mm가량 감소시키면 당년에 완전유합될 가능성이 높아질 것으로 기대할 수 있다. 따라서,

천공크기를 줄이면서 수액 유출량을 유지시킬 수 있는 방법의 고안이 필요하다. 천공과 수액수집호스의 연결 방식을 개선함으로써 천공크기를 줄일 수 있을 것으로 생각되는데, 현재 사용되고 있는 연결방식은 천공과 수액수집호스의 연결부위에 실리콘 재질로 된 어댑터(adaptor)를 끼우는 방식이다. 실리콘 어댑터는 외경과 내경 사이의 두께가 크기 때문에 실제 필요이상으로 천공크기를 크게 하고있다. 따라서, 연질의 실리콘이 아니라 경질의 플라스틱 재질로 어댑터를 바꾸면 수액 유출량에 영향을 주게될 내경은 그대로 두면서 외경을 줄일 수 있을 것이다.

나. 약제처리효과

그림 2-11. 천공에의한 상처(좌)와 융합된 상처(우)

천공 후 살균과 상처치유 촉진의 목적으로 <지오판도포제>와 <톱신 페이스트>가 현지주민에 의해서 널리 사용되고 있었다(그림 2-11). 하지만 수액채취가 끝난 후 남아있는 천공에서, 두 종류의 약제와 무처리 간 유합 정도의 차이는 관찰할 수 없었다. 일반적으로 수목의 상처부위에 도포제형의 살균제가 다른 수종에서도 널리 사용되고 있으나, 상황에 따라 그 결과가 일관적이지 않으며, 일부 경우는 오히려 유합조직의 형성을 저해하는 효과도 있는 것으로 알려져 있으므로, 유합조직의 형성이 제대로 이루어지는 경우에는 필요성이 크지 않을 수도 있으나, 부후균의 침입에 대한 방제효과를 감안할 때 도포제를 처리하는 것이 안전할 것으로 생각된다. 그리고 천공의 유합이 비어있는

천공을 유합조직이 채워가는 방식으로 이루어지기 때문에 천공마개는 오히려 유합을 저해하는 것으로 판단되어 시험에서 제외되었다.

다. 천공을 통한 목재부후

그림 2-12. 도끼로 인한 수액채취 피해

고로쇠나무 수액채취법이 천공법으로 바뀌기 전엔 도끼나 칼로 상처를 내어 수액을 채취하였는데 이 과정에서 수피에 큰 상처를 남기고 상처로 인한 피해가 오래도록 지속되어 나무에게 치명적인 줄기 썩음병을 가져오거나 목재로서의 가치가 상실되는 것을 관찰 할 수 있었다. 그림 2-12에서 도끼로 인한 상처로 인해 심하게 부후되어 공동화가 이루어 졌으며 상처를 통해 침입한 부후균인 버섯이 발생된 것을 볼 수 있다.

천공을 통한 목재부후 경로를 탐색하고 부후균을 분리하기 위해 2000년 9월에 서울대학교 연습림의 허가를 얻어 5 주의 고로쇠나무를 벌채하였고, 벌채된 수간 중 천공부위 주변을 포함해서 50cm의 길이를 절단하여 보관하였다.

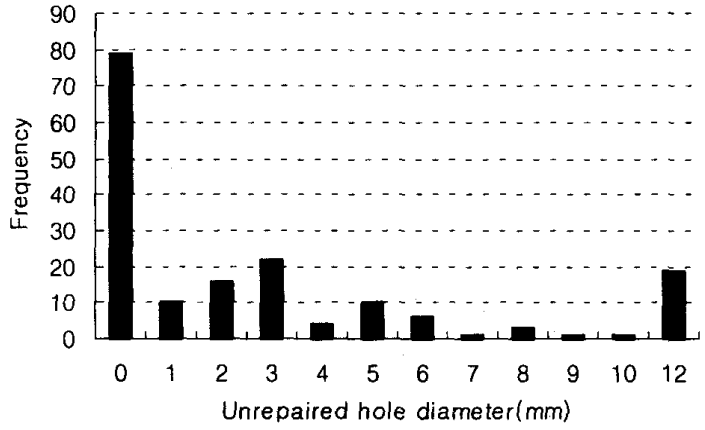


그림 2-13. 미유합 천공 직경의 분포

표 2-8. 수액채취후 미유합 천공의 직경(mm)

조사지(사면방향)	N	Mean	SD	CV	Min	Max
한 재 (북향)	22	4.1	5.5	132	0	12.0
후리목골 (남향)	73	3.8	3.6	92	0	12.0
설통박골 (서향)	53	1.8	3.7	200	0	12.0
수리취골 (동향)	24	0.8	1.5	205	0	5.0

라. 고로쇠나무 천공치유경로와 고로쇠나무 목재 부후균 동정

균류는 영양기관인 균사를 신장하여 기주에 닿아 효소를 분비하여 영양을 섭취하는 종속 영양생활을 하는데 사생, 기생, 공생 형태를 취한다. 민주름버섯류는 고등균류중 담자기를 형성하는 집단인 담자균류에 속하며 질긴 조직을 가지고 있으며 포자를 형성하여 유성생식을 한다. 이들 대부분은 목재에 서식하여 목재의 구성성분인 섬유소와 리그닌을 분해하여 영양분을 얻는 생태학적으로 분해자의 역할을 담당하며 물질순환에 기여한다.

또한 생약성분의 물질을 함유하고 있으므로 산업적으로 개발과 이용가

치가 높은 고부가가치산물이다. 고로쇠나무에 서식하는 목재부후균은 산촌 주민의 소득원이 되는 고로쇠나무에 심재와, 변재에 부후를 일으켜 고로쇠 나무의 樹勢를 약하게 하며 결과적으로 단명하게 만드는 역할을 한다.

국내 민주름버섯류는 전 세계적으로 알려진 1500여종 중 1/6이하의 수준으로 분류동정 수준이 매우 미약하여 차후 지속적인 연구가 필요하며 특정 기주를 중심으로 밝혀진 연구도 매우 부족하다. 따라서 고로쇠나무의 부생, 기생하는 고등균류를 탐색하여 이들의 분류와 생태를 파악하여 고로쇠나무 목재부후병의 방재에 이용하는 연구를 수행하여야 한다.

1) 긴송곳버섯 *Mycoacia copellandii* (Pat.) Aoshi. et Furu.

子實體는 완전배착성으로 初期에는 기부의 表面에 페인트칠한 것처럼 橢圓形인 白色의 斑點이 形成되며 점차 表面을 따라 퍼져 나가고 전면에 무수한 針狀의 突起가 밀생하고, 色은 白色-淡黃色이나 후에 담회색을 띤다. 針狀突起의 길이는 7-11mm이며, 組織의 두께는 1mm정도이고 白色이며 막질로 질기다.

胞子紋은 白色이며, 胞子의 크기는 5-6㎛이며, 모양은 求刑이고 表面은 평활하며, 비아밀로이드이다.

食用可能性 : 不可

發生時期 및 場所 : 죽은 참나무 수피, 상수리나무 낙지, 넘어진 고로쇠나무 가지, 죽은 물푸레나무 가지 등 闊葉樹 고목에 전배착성으로 발생하는 白色木材腐朽菌이다.

분포 : 한국, 일본, 필리핀

시험재료 : 전라남도 광양군 옥룡면 추산리

2) 구멍장이버섯과 줄버섯 *Bjerkandera adusta* (Willd. : Fr.) Karst.

子實體는 배착성, 반전성, 또는 간혹 좌생, 서로 合流하여 자란다. 갓은 흔히 좌우로 유착하거나 重疊하며 半圓型에서 조개형이며 크기는 4cm이다. 갓 표면은 絨毛像이나 성장하면 밋밋해지며 처음에는 黃褐色이나 나중에는 灰褐色이 된다. 갓 태두리는 白色이며 불분명한 동심환문이 나있다. 자실층 표면은 구멍상이며 구멍은 불규칙한 圓形이고 灰白色 또는 灰色이나 나중에 흑색으로 변하며 3-5개/mm이며 깊이는 1mm이다. 조직은 코르크 혁질이며 담황갈색이다. 관공층은 灰褐色이고 두께는 2mm이다. 균사는 第一菌絲型이며 薄膜에서 厚膜, 클램프 격막, 폭은 2-5㎛이다. 담자기는 장곤봉형이며 12-15×4-5㎛이고 胞子는 타원형에서 원통형으로 5-5.5×2.5-3㎛이다.

발생서식처 : 죽은 고로쇠나무 둥치, 서어나무 부러진 밑둥,
죽은 소나무 줄기

시험재료 : 전라남도 광양군 옥룡면 추산리

3) 푸른기정버섯 *Oligoporus caesius* (Schrad. ex Fr.) Gilbn. et Ryv.

子實體는 10-70mm로 半圓形-부채型이며, 기질에 부착한 부분은 좁고, 組織의 두께는 7-20mm고 두껍다. 갓은 黃土色-오렌지色이고, 끝 部位는 白色-옅은 灰色이나, 문지르면 靑變하며, 최종에는 푸른 色을 띤 옅은 褐色으로 되고, 表面에 放射狀의 微細한 纖維質의 털이 있다. 子實層은 管孔狀이고, 管孔의 길이는 4-5mm이며, 管孔口는 圓形-角形으로 2.5-5mm이며, 白色이나, 문지르면 灰靑色으로 변한다. 組織은 부드럽고 吸濕性이며 纖維質이고, 白色-옅은 黃白色이다. 胞子紋은 白色이며. 胞子의 크기는 3.5-4.5×1.5-2.5㎛로 소세지모양이며, 表面은 평활하고 멜저용액반응에서 아밀로이드이다. 菌絲組織은 第一菌絲型으로 一般菌絲에는 협구가 있다.

발생시기 및 장소 : 봄-여름, 가을에 枯木 또는 가지 위에 발생하는 褐色 木材腐朽菌이다.

시험재료 : 전라남도 광양군 옥룡면 추산리

4) 메꽃버섯부치 *Microporus vernicipes* (Berk.) Kuntze

子實體는 着生, 드물게 좌생, 군생, 갓은 부채꼴, 腎臟型 또는 半圓型으로서 좁고 짧은 줄기로 기질에 부착한다. 길이는 5cm, 두께는 2mm 이고, 갓 표면은 밋밋하고 비단 광택이 난다. 담황갈색에서 밤갈색, 불명료한 同心環門과 미세한 방사조선이 나있다. 갓테두리는 예리하며 자실층 표면은 구멍상이고 구멍은 소형, 圓形, 크림색, 간혹 淡黃褐色, 평균 6-8/mm, 관공은 깊이 1mm, 줄기는 거의 없거나 길이 1.5cm 혹은 5㎛, 황갈색에서 암갈색, 측심생 내지 偏心生, 조직육은 탄력있는 가벼운 혁질, 백색, 두께는 1mm이다.

균사는 제3균사형으로 생식균사는 박막, 클램프격막, 폭은 2-3㎛, 골격균사는 후막에서 폐색 후막, 무격막이 다량으로 분포하며 폭은 3-6㎛, 결합균사는 후막, 무격막, 꾸불꾸불하게 자주 분지, 소량분포한다. 폭은 2-4㎛이다. 포자는 원통형으로 5-6×2㎛이다.

발생서식처 : 쓰러진 참나무 줄기, 고로쇠나무 넘어진 둥치, 때죽나무 부러진 가지, 죽은 활엽수 둥치, 가지등

시험재료 : 전라남도 광양군 옥룡면 추산리

5) 송곳니구름버섯 *Coriolus brevis* (Berk.) Aoshi.

子實體는 반전성 또는 좌생, 갓은 半圓型에서 부채꼴, 갓 테두리는 얇고 건조하면 안으로 굽음, 크기는 2.5cm, 上下左右로 부착하여 다수 重疊한다. 갓 표면은 밋밋한 구조이며 비단 광택이 난다. 선명한 다갈색이나 적갈색,

불명료한 동심환문과 미세한 방사조직이 나있다. 자실층 表面은 치아상, 치아는 대적갈색, 길이는 2mm, 조직은 탄력있는 질긴 혁질로 건조하면 단단해진다. 대백색에서 대적색, 박막.

균사는 第三菌絲型으로 一般菌絲는 박막, 클램프 격막이 있고 골격균사는 후막, 무격막, 결합균사는 후막, 무격막, 자주 분지한다. 담자병은 곤봉형, 15-20×5㎛. 포자는 타원형으로 5-6×2-3㎛.

발생서식처 : 참나무 부러진 가지, 고로쇠나무 잘린 둥치 및 노출된 뿌리, 죽은 벚나무 둥치 및 작은 가지, 살아있는 활엽수 둥치 및 활엽수 낙지.

시험재료 : 전라남도 광양군 옥룡면 추산리

마. 천공치유기술 개발

1) 천공의 치유속도 조사

3월에 1년전에 만든 천공이 치유된 정도를 조사하였다. 천공의 완치율을 조사한 결과는 표 2-9와 같다. 총 240개의 구멍을 조사한 결과 그 중 172개가 1년 안에 완치된 것으로 나타나 완치율은 비교적 높은 71.7%를 나타내었으며, 완전 치유가 안 되는 것은 16개로 6.6%로 나타났다.

표 2-9. 천공 치유 상태

치유상태	완치	거의완치	중간	전혀안됨	계
갯수	172	31	21	16	240
비율(%)	71.7	12.9	8.8	6.6	100

치유가 되지 않는 원인을 구명하기 위하여 고로쇠나무의 천공을 중심으로 병원균의 침입 여부 및 진행 여부를 밝히기 위해 5그루를 벌채하여 단면을 잘라 조사하였다.

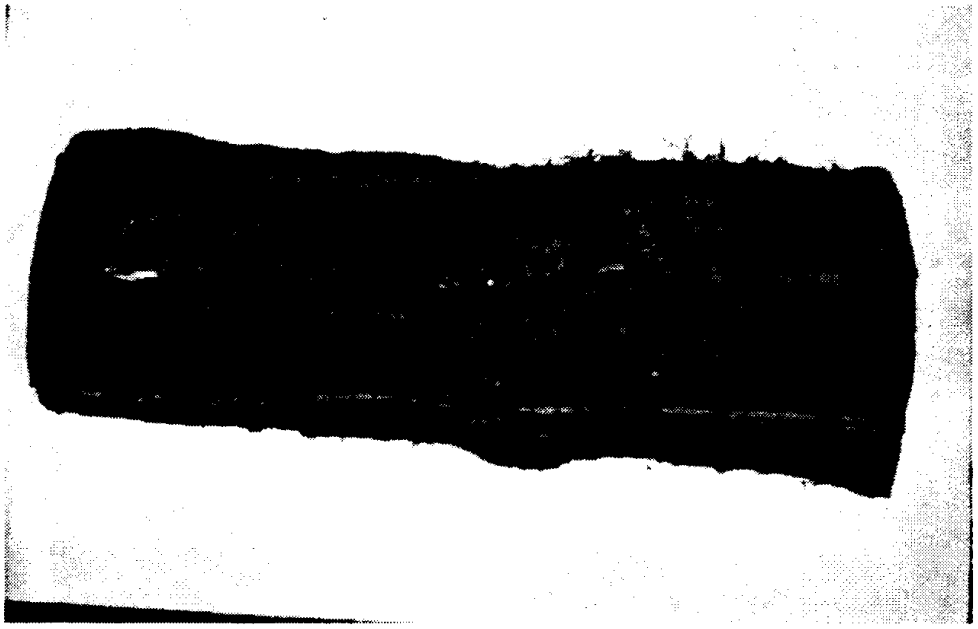


그림 2-14. 51년생 고로쇠나무의 절단전 모습. 오랜 동안 도끼자국이 아직도 남아있으며 완치되지 않은 천공구멍이 2개 있음.

그림 2-14는 51년생 고로쇠나무의 수피에 있는 천공 및 상처가 아문 표면 사진으로 천공은 아직 완전히 아물지 않았고 곤충에 의한 가해가 진행되고 있으며 상처가 치유된 부분은 최근에 상처가 생긴 것으로 보인다.

그림 2-15. 나무의 종단면. 수액을 채취한 도끼와 천공 흔적이 보인다. 심재부의 부후가 진행되고 있다.

그림 2-15는 상처부위의 종단면으로 수피 밖에서는 나타나지 않는 수액 채취 흔적이 나타났다. 구멍은(사진의 우측 끝) 직경 1.8cm, 깊이 2cm로 아직 아물지 않은 상태였으며 종축방향으로 길게 변색되었다. 구멍이 아문 뒤 약 10년 정도 경과되었지만 구멍은 완전히 충진이 되지 않았다.

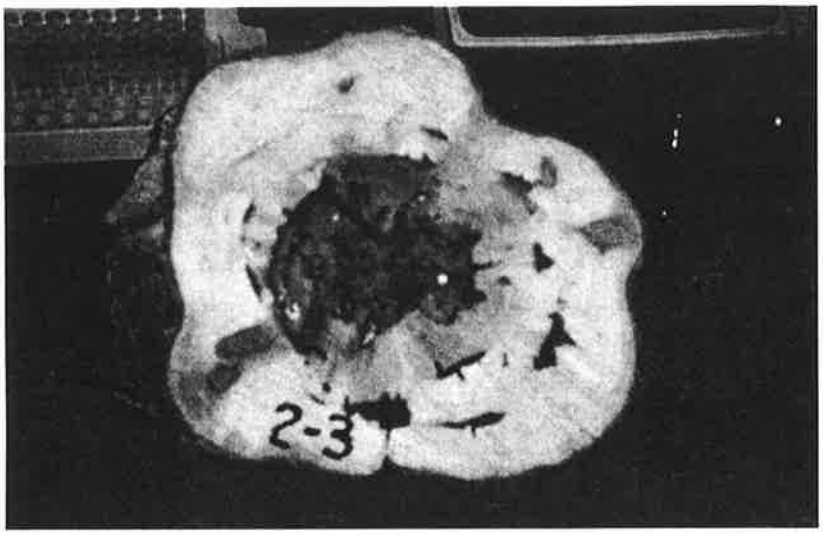


그림 2-16. 수령 70년생 고로쇠나무의 단면. 수목은 외관상 건전했으나 수액액을 채취한 상처로 균이 침입하여 심재가 심하게 부후되고 있었다. 13년전까지는 도끼로 큰 상처를 만들었기 때문에 그 흔적이이 여러 곳에 그대로 남아 있으며 그 이후는 직경 12mm의 천공공을 뚫기 시작하여 완치된 흔적이 4곳에 남아있다.

그림 2-16은 상처를 통해 침입한 곤충이 심재를 가해한 수목의 단면으로 수령은 심재가 심하게 손상되어 측정하기 곤란하지만 대략 70년 정도이며 근주직경은 30cm이다. 수피에는 최근에 만들어진 천공 및 도끼자국이 선명하게 존재했다. 심재부 중심에서 지름 10cm정도로 곤충에 의해 만들어진 터널이 여러 부위에 뚫려있고 심재부 중심은 완전히 비어있었다. 이 나무는 시간이 지나면 심재부위가 완전히 부패하여 속이 비어 쓰러질 것으로 추측된다. 수목의 단면에는 수많은 수액 채취 흔적이 남아있는데 천공에 의한 수액채취 상처가 세로 방향으로 길게 변색되어 있었다. 천공은 4-5년이상 경과하면 완전히 아무는 것으로 판단된다.

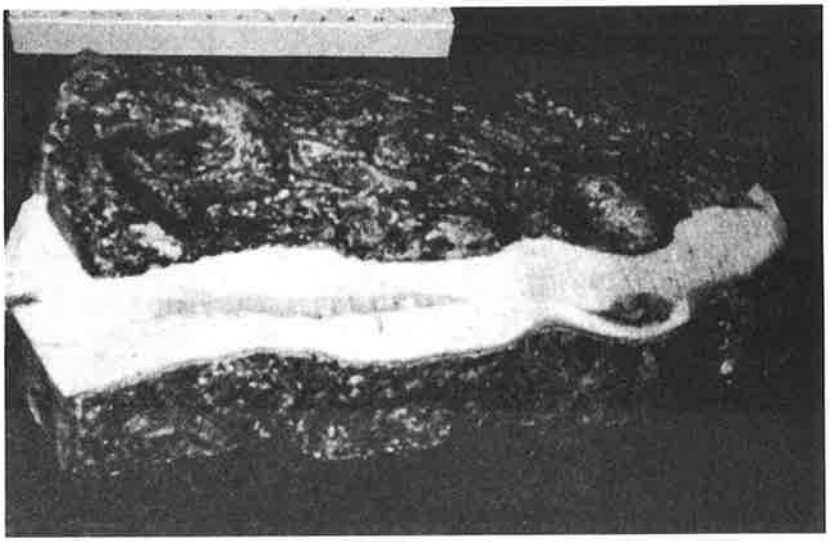


그림 2-17. 수령 56년 고로쇠나무의 수피와 수피하단부의 단면. 수피 오른쪽쪽에 천공이 융합된 흔적이 있으며 수피 표면은 혹과 같이 비대대하여 있음. 단단부에는 도끼자국이 커다란 혹으로 남아있음.

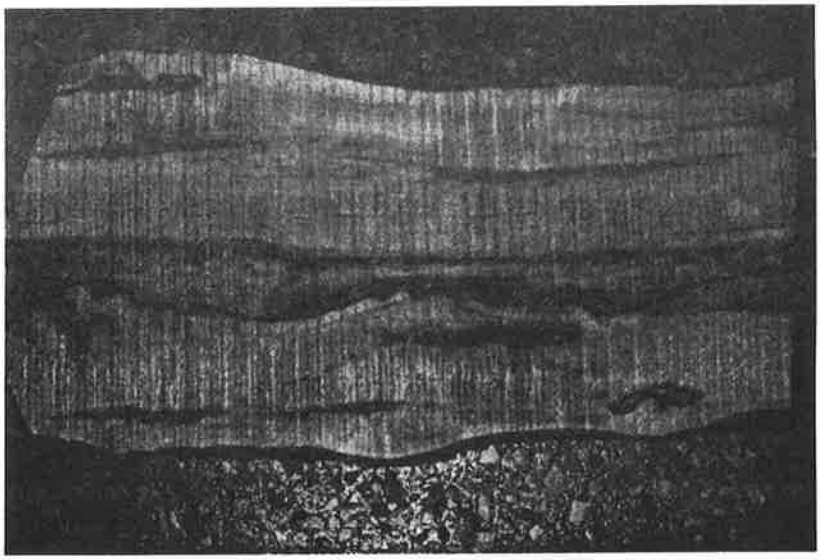


그림 2-18. 수령 56년생의 고로쇠나무의 종단면. 여러 곳에 도끼 흔적이 남아있으며, 중앙부위가 심하게 종축방향으로 부패되어있음.

그림 2-17과 2-18은 수피 외부에 혹처럼 튀어나온 개체 하단을 세로로 자른 사진으로 천공 및 도끼로 인한 상처가 있었음을 알 수 있다. 수령은 약 56년이고 수령 20년 이후부터 수액을 도끼로 채취한 흔적이 남아있으며 상처는 모두 치유되었지만 심재부위가 심하게 변색되었다. 최근 10년이내에 만들어진 상처는 완전히 아물지 않았다. 10년전에 도끼로 만들어진 상처는 길이 6-7cm, 폭 0.4-1.6cm로 길게 세로로 변색되어 있었으며 완전히 아물지 않았다. 이 나무는 20년전에 생긴 상처에서 부후가 시작될 것으로 판단된다.

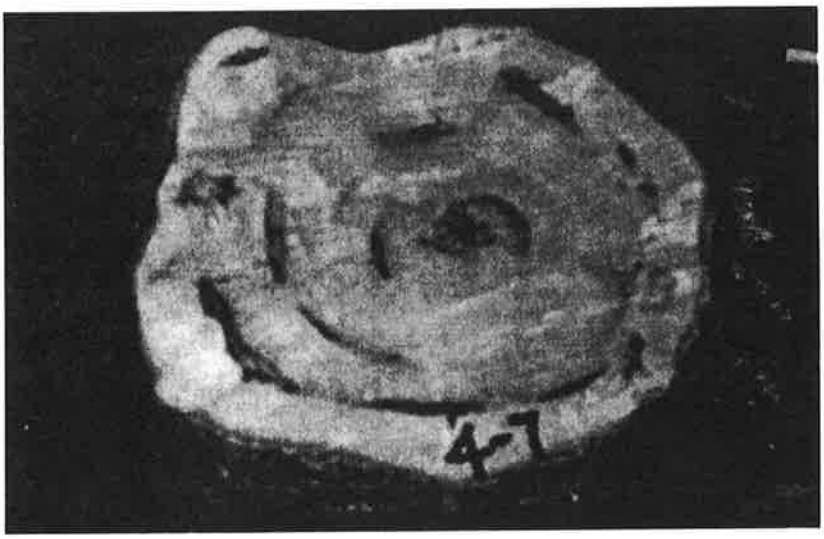


그림 2-19. 71년생 고로쇠나무의 횡단면상에 나타난 부패흔적. 15년전 부터 도끼를 이용하던 관행을 천공으로 바꿈으로서 부패정도가 감소한 것을 보여주고있음.

그림 2-19의 수목은 수령이 71년으로 심재부의 부후가 시작되고 있으며 도끼로 인한 수액채취흔적이 많이 존재하고 한다. 도끼로 인한 상처가 횡방향으로 진행된 것을 알 수 있으며 이는 종방향으로도 길게 진행되기 때문에 수목의 상처 치료에 시간이 더 걸릴 것으로 판단되며 이에 반해 천공에 의한 상처는 횡방향으로의 상처가 크지 않고 종방향으로 진행되므로 천공법이 도끼에 의한 수액채취보다 좋은 방법으로 사료된다.

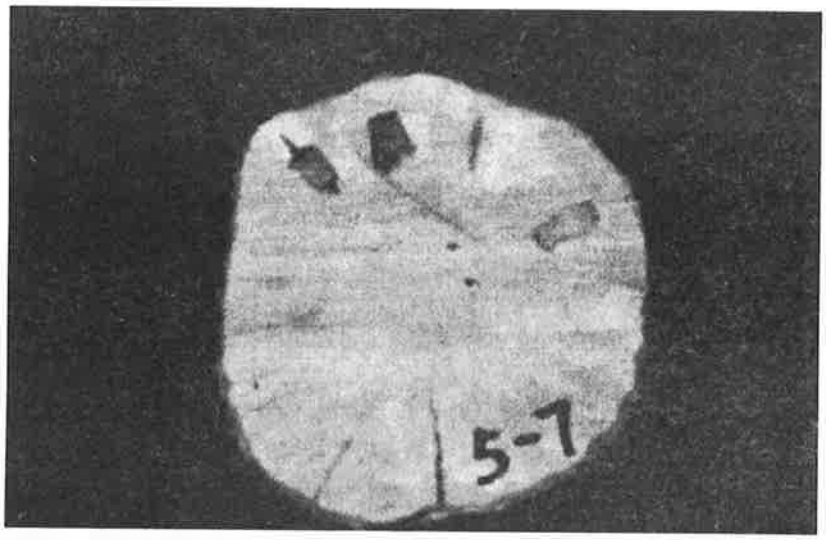


그림 2-20. 53년생 고로쇠나무의 횡단면. 비교적 도끼자국이 없는 개체로서 15년전부터 직경 18mm의 천공을 뚫었으며 비교적 상처가 잘 아물어 있음.

그림 2-20은 비교적 도끼자국이 없고 상처가 적은 개체로서 53년생 수목으로 천공에 의해 변색이 거의 없는 상태이다. 천공은 지름 1.8cm, 깊이 2.8cm로 만들어졌고 천공에 의한 상처의 치유는 약 5년 정도 경과후 모두 이루어졌다. 현재는 천공을 지름 1.2cm를 뚫고 있으므로, 상처가 더 작아지고 있다.

5. 고로쇠 나무 수액장기저장 방법 개발과 수액 감염 세균 동정

가 . 저장 기간에 따른 냉장보관과 실온보관의 세균수의 변화 비교

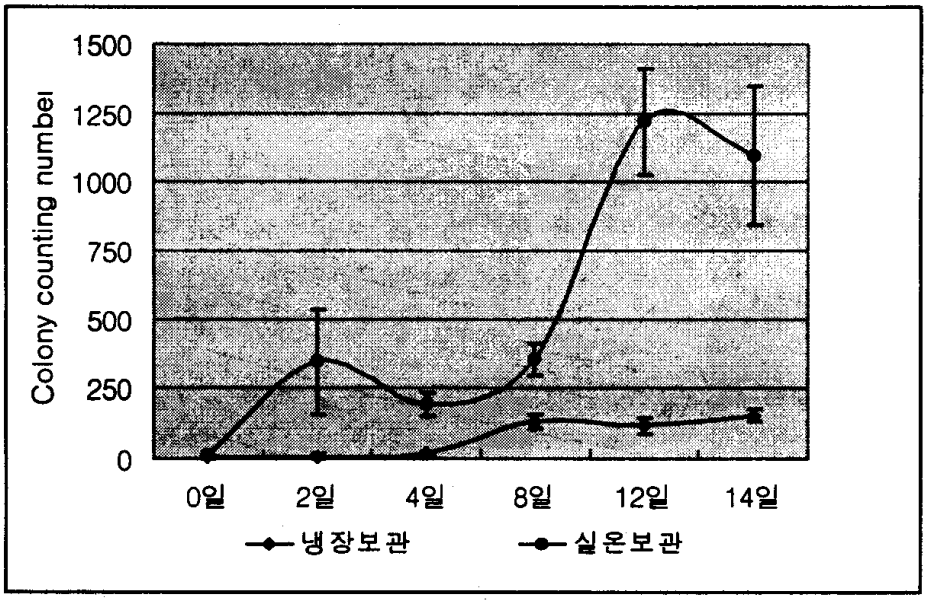


그림 2-21. 고로쇠나무 수액의 저장기간에 따른 세균 colony 수 비교

그림 2-21는 고로쇠나무 수액의 저장기간과 저장방법에 따라서 수액채취후 14일간 세균 콜로니 수의 변화를 비교한 것이다. 실험결과 냉장보관시 세균 콜로니 수에 비해 실온보관에서 세균 콜로니 수가 현저히 증가하였다. 특히 8일 이후부터는 실온보관에서 세균 콜로니가 급격히 증가하여 냉장보관보다 무려 10배 가까운 세균 감염을 보여졌다. 이는 고로쇠나무 수액 저장에는 실온보다 냉장보관이 세균 수를 감소시키는 방법으로 타당하다고 판단된다.

나. UV 처리에 따른 냉장보관과 실온보관의 평균 세균 증가량 비교

표 2-10과 그림 2-22는 각각 저장방법에 따른 UV처리와 무처리의 세균수의 분산분석과 히스토그램을 보여 주고 있다. 표 2-10에서 UV처리는 무처리구에 비해 Pr>F값이 0.0017로 고도로 유의함을 보여주었다. 이는 UV처리구가 무처리구와 비교할 때 세균 수가 약 36%정도 감소함을 보여준다.

표 2-10. 저장방법(냉장보관, 실온보관)과 UV처리에 따른 2 요인 분산분석

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
저장방법별	1	288.80	288.80	0.20	0.6628
UV처리별	1	20865.80	20865.80	14.26	0.0017
저장방법별 ×UV처리별	1	4440.20	4440.20	3.04	0.1007
오차	16	23406.00	1462.87		
전체	19	49000.80			

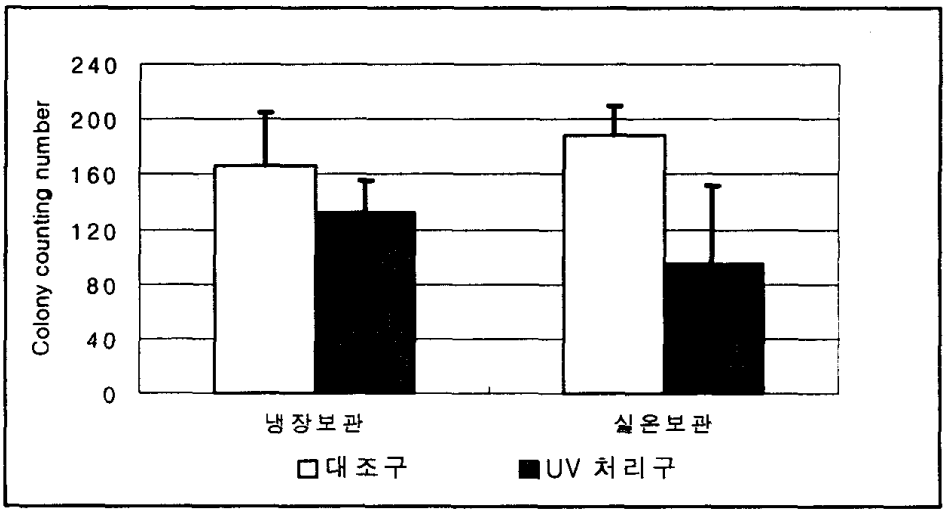


그림 2-22. 저장방법에 따른 UV처리별 세균의 콜로니 수 비교

따라서 고로쇠나무 수액의 장기저장은 그림2-22에서 볼 수 있듯이 냉장저장이 실온저장보다 세균 수를 감소하는데 타당한 방법이지만 이와 함께 UV 살균처리를 하면 세균억제효과를 극대화 할 수 있다고 판단된다.

다. 고로쇠나무 수액내 존재하는 세균의 동정 결과

모든 실험의 균주를 대상으로 FAMEs profile의 정량적 분석에 의한 dendrogram을 구한 후 99% 이상의 매우 높은 silmilarity 값을 갖는 유사 균주들을 살펴본 결과 다음과 같은 14종의 박테리아를 동정하였다. 이 중에서 *Bacillus*, *Enterobacter*, *Microbacterium*이 가장 흔하게 발견되는 세균이며, 이들 세균은 일반적으로 음료수에서 발견되는 세균과 유사한 종류로 판정된다.

Bacillus sp., *Enterobacter sp.*, *Microbacterium sp.* , *Stenotrophomonas maltophilia*, *Hafnia sp.*, *Rahnella sp.*, *Serratia sp.*, *Clavibacter sp.*, *Nesterenkonia sp.*, *Yersinia sp.* , *Pentoea sp.* , , *Cedcea sp. Serratia sp.*, *Burkholderia sp.*등이 동정되었다.

6. 고농도 설탕 선발개체의 증식 기술 개발

그림 2-23. 삽목상에 녹지 삽목한 고로쇠나무 삽수

고농도 설탕함유개체로 선발된 고로쇠나무를 클론증식하기 위하여 접목과 녹지 삽목을 실시하였다. 선발된 개체로부터 접수를 채취하여 2001년 3월에 할접을 실시한 결과 15개 개체중 5개체가 성공하여, 33%의 성공률을 나타냈으며, 여름에 실시한 녹지 삽목은 초기에 생존률이 높았으나(그림 2-23와 그림 2-24), 가을에 가서 모두 죽어서 성공하지 못했다(표 2-11). 이것은 삽수를 50-70년생 노령목에서 채취했기 때문이라고 판단된다. 따라서 선발목의 증식은 삽목 대신 접목을 이용해야 할 것이다.

표 2-11. 고로쇠나무 녹지삽목묘의 생장기간별 생존율 (단위%)

측정일 / 처리	7월 3일(%)	8월 6일(%)	9월 7일(%)
1년생 유묘	21	9	9
8번 개체	6	0	0
10번 개체	27	12	0
11번 개체	6	0	0
14번 개체	8	0	0

그림 2-24. 녹지 삽목한 고로쇠나무 삽수

제4절. 결 론

1. 수액 채취기술개량 연구

천공방위와 천공높이에 관한 시험결과 수액생산량은 천공의 방위 남>동>서>북의 순으로, 천공높이는 30cm>60cm>100cm 순으로 많이 나타나 적절한 천공방위와 높이는 남과 동의 30-60cm 사이인 것으로 나타났다. 수액을 채취하는 행위가 고로쇠나무의 무기영양상태에 미치는 영향을 조사하였는데, 4개의 조사지와 1개의 미채취 집단 간, 잎의 N, P, K, Mg, Ca, Fe 농도와 신초길이를 비교하였으나 유의할 만한 차이를 발견하지 못하였으며, 질소농도의 경우 오히려 채취가 이루어지는 개체들에서 더 높은 수치를 나타내었다(표 1-2). 따라서, 수액을 채취하는 행위가 고로쇠나무의 무기영양상태에는 큰 영향을 주고 있지 않다는 것을 알 수 있다. 따라서, 수액채취가 고로쇠나무의 생리에 미치는 영향은 단기적인 무기영양상태가 아니라 목재부후 등의 장기적인 영향을 고려해야 할 것으로 판단된다.

Fe와 Ca시비에 의한 수액성분 중 두 미네랄 함량의 증진가능성을 확인하기 위해서, 고로쇠나무에 Fe sulphate와 Ca sulphate를 개체당 각 400g씩 시비한 후 채취한 고로쇠나무 수액의 미네랄 함량을 비교한 결과 시비처리에 의한 효과는 없는 것으로 나타났다. 특히 Fe의 함량은 감지되지 않을 정도로 매우 미미한 것으로 나타났다. 처리효과가 미비한 결과로 보아 시비 방법과 시비량이 부족한 것으로 추측되며 차후 시비시기와 횟수, 시비량에 대한 추가적인 실험이 필요한 것으로 판단된다.

진공펌프를 이용해 채취된 수액의 유출량은 자연 유출량과 비교해서 큰 차이를 보였다. 맑은 날 1차 측정 일에서 유출량이 많은 고로쇠나무의 경우 진공 펌프를 이용해 채취한 수액은 자연 유출량과 비교해서 4배정도 많

았다. 유출량이 적은 고로쇠나무의 경우는 진공 펌프를 이용해 자연 유출량의 8배정도 많은 양이었다. 2차 측정일에는 온도차가 거의 없는 흐린 날로 일반적으로 수액이 자연적으로 유출되지 않는데 진공 펌프를 이용하여 채취한 경우 최고 57ml의 수액을 채취할 수 있었다.

이와 같이 진공 펌프를 이용한 수액의 채취는 단위 시간당 채취량을 늘릴 수 있는 것으로 보인다. 그러나 수액의 유출량은 개체에 따라서 큰 차이가 있는 것으로 판단된다. 또한 진공 압력, 진공 펌프 이용 시간 등에 따라서 유출량은 달라지기 때문에 이러한 방법을 현장에 적용하기 위해서는 기상상태에 따른 진공 펌프의 효과 분석, 개체목의 크기, 진공 압력, 천공 개수 등을 고려하여 집중적인 연구가 요구된다.

2. 고농도 설탕함유개체의 선발

1차년도에 전남 백운산 답곡지역의 고로쇠나무 천연임분을 대상으로 수액의 설탕함량이 높은 개체를 선발한 결과, 총 4개의 조사지(집단), 296개체의 평균 설탕농도는 1.59%였으며, 조사지별로 독립적으로 상위 10%의 건강한 개체를 선발한 결과 선발 개체들의 농도는 2.07%로서, 0.48%의 선발효과가 있었다. 1차년도에 실시된 고농도 설탕 함유 개체의 선발을 확대하기 위하여 2차 년도에는 총 575개체를 대상으로 고농도 설탕함유 개체를 선발하였다. 2차년도에 조사된 고로쇠나무의 수액 평균 당도는 1.76%이었으며, 그 중 고농도 설탕 개체로 선발된 개체는 151개체이었다. 고농도 설탕 개체의 평균 당도는 2.2%이었으며, 최소 2.0%에서 최고 2.9%까지의 분포를 나타내었다. 1차년도와 2차년도에서 선발된 개체들 중에서 집단별로 생장상태가 양호하고, 대략 상위 3%이내의 농도를 갖는 28개체를 최종적으로 선발하였다. 선발된 개체들은 집단별로 1-5개체씩 배치되어 있다. 선발된 개체들의 설탕농도 평균값은 2.7%로서, 전체평균 1.7%에 비해 59%의

선발효과가 있다.

한편 연도에 따른 설탕농도의 변화가 존재하는 것으로 파악되었으나, 2000년과 2001년에 걸쳐 동일 개체 35주에서 측정된 값 간에 높은 상관성이 있었다(R^2=0.71). 따라서 고농도 개체 선발은 연도에 관계없이 집단별로 상위개체를 선발할 수 있다고 판단된다.

조사지 간에 설탕농도가 유의한 차이를 보였으므로, 고농도 개체의 선발은 집단별로 독립적으로 이루어져야 하고, 집단 내의 대상 개체수보다 집단 수를 늘이는 것이 더 효과적일 것으로 추정된다.

3. 기상인자, 입지환경, 수액 생산량과의 관계 구명

2000년 2월 10일경부터 유출이 시작되어 3월 11일까지 수액이 생산되었는데, 약 1개월간의 채취기간 중 4-5회의 유출기간("run")이 나타났다. 1일 중 수액유출 패턴을 보면 낮 12시경 동쪽 사면과 남쪽 사면에 있는 나무로부터 수액이 유출되기 시작하였으며 서쪽 사면은 오후 2시부터 수액이 유출되었다. 동쪽 사면은 오후 4시 이전에 유출이 중단되고 서쪽 사면은 6시까지 유출이 계속되었다. 이와 같은 추세는 햇빛에 의하여 수간의 온도가 상승함으로서 수액이 유출된다고 할 수 있으며, 남쪽 사면에서 가장 많은 유출량을 보였다. 따라서, 인공조림시 수액생산에 가장 적합한 사면방위는 남사면인 것으로 생각할 수 있다.

1차년도 고농도선발개체와 2차년도 고농도선발개체의 설탕농도간의 상관관계 분석결과 1차년도와 2차년도 선발개체는 유사한 설탕농도를 보였다. 이는 설탕농도가 지형적인 영향을 적게 받으며, 지역간 변이보다는 지역내 개체 변이가 더 크며, 조사지 사면 입지별로 변화의 양이 클 것으로 판단된다. 따라서 조사지별로 독립적으로 선발하는 것이 타당하다고 사료된다.

4. 수액채취 천공의 치유촉진 기술 개발

천공에 의한 상처는 대부분 유합조직이 발달하여 자연적으로 봉합이 되지만, 11%는 어떤 요인에 의해서 유합과정이 전혀 이루어지지 않음을 알 수 있었다.

현재 사용되고 있는 12mm의 천공직경을 3-4mm가량 감소시키면 당년에 완전유합될 가능성이 높아질 것으로 기대할 수 있다. 천공과 수액수집호스의 연결 방식을 개선함으로써 천공크기를 줄일 수 있을 것으로 생각되는데, 현재 사용되고 있는 실리콘 어댑터는 외경과 내경 사이의 두께가 크기 때문에 실제 필요이상으로 천공크기를 크게 만들고 있으므로, 경질의 플라스틱 재질로 어댑터를 바꾸면 외경을 줄일 수 있을 것이다.

천공 후 살균과 상처치유 촉진의 목적으로 지오판도포제와 톱신페이스트가 현지주민에 의해서 널리 사용되고 있었으나, 부후균의 침입에 대한 방제효과를 감안할 때 도포제를 처리하는 것이 안전할 것으로 생각된다. 그리고 천공의 유합이 비어있는 천공을 유합조직이 채워가는 방식으로 이루어지기 때문에 천공마개는 오히려 유합을 저해하는 것으로 판단된다.

고로쇠나무를 부후시키는 고등균류를 탐색하여 총 20점을 채취하여 동정한 결과 2과 5속 5종으로 나타났다. 줄버섯과 메꽃버섯부치가 가장 흔한 버섯으로 나타났고 이들이 고로쇠나무에 주요 분해자로 조사되었다. 푸른기정버섯이 그 다음으로 흔히 관찰되었고 긴송곳버섯과 송곳니구름버섯은 발생빈도가 가장 적게 나타났다.

도끼와 천공이 목재부후에 미치는 영향에 관한 연구에서는 15년 전까지 도끼로 만든 상처가 그대로 관찰되었으며 나무를 수평방향 혹은 종축방향으로 잘라서 부패여부를 확인한 결과 도끼에 의한 상처는 심재와 변재부분에 종축방향으로 50cm이상의 부패부위를 만들었으며, 목재로서의 가치를 완전히 상실할 만큼 큰 상처와 부패, 변색을 가져왔다.

5. 고로쇠나무 수액장기저장 방법 개발과 수액 감염 세균 동정

고로쇠나무 수액의 저장방법에 따른 세균 콜로니 수의 비교 실험결과, 냉장보관이 실온보관보다 세균 콜로니 수가 현저히 감소하였다. 이와 함께 UV 살균처리를 하면 세균억제효과를 극대화 할 수 있다고 판단되며, 필터링, UV처리, 냉장보관을 병행하면 저장기간을 일주일 가량 연장시킬 수 있으리라고 본다.

저장기간 중 발생하는 세균의 종류를 구명하였는데, 총 14종의 박테리아를 동정하였다. 이 중에서 *Bacillus*, *Enterobacter*, *Microbacterium*이 가장 흔하게 발견되는 세균이며, 이들 세균은 일반적으로 음료수에서 발견되는 세균과 유사한 종류로 판정된다.

6. 클론 증식 기술 개발

고농도 개체로 선발된 고로쇠나무를 클론증식하기 위하여 접목과 녹지삽목을 실시하였다. 접목은 33%의 성공률을 보였으며, 녹지 삽목은 50-70년생 고농도 설탕 선발목에서 삽수를 채취했기 때문에 성공하지 못했다. 고농도 개체의 클론증식개발을 위해서는 녹지삽목보다 할접을 이용하는 것이 바람직하다.

본 연구 수행 결과는 지금까지 수행되어 왔던 고로쇠나무 수액 채취시 발생되는 문제점인 고로쇠나무 수액 채취 후의 천공 치유 문제, 고로쇠나무 수액의 지속적 채취 문제, 고로쇠나무 수액의 품질 문제 등을 해결할 수 있으며, 고농도 설탕을 가진 우수한 개체의 선발 및 채취기술 개발, 천공 치유 방법의 개발을 통하여 품질이 우수한 수액을 지속적으로 채취할 수 있도록 하며, 장기저장방법의 개발을 통해 수요와 공급을 분산시킴으로써 농산촌지역 주민의 소득 향상에 기여하며, 새로운 자원 개발을 위한 기술로 활용이 가능할 것이라 생각된다.

제 3 장 고로쇠나무의 최적생육환경인자, 천연갱신 및 양묘기술 개발

요 약

고로쇠나무의 최적 생육환경인자로서 기상조건은 온량지수 50~90℃, Holdridge지수 6~12℃인 냉온대림지역이었다. 지형조건은 산 높이의 30~70% 해발고대의 계곡부 계천변이었으며, 북향사면이 남향사면보다 성장이 양호하였다. 토양조건은 수분함량 67.4±16.4%, 토양산도 5.2±0.4, 유기물함량 17.0±5.2%, 전질소함량 0.80±0.27%, 양이온치환용량 17.22±3.00cmol/kg, 염기포화도 31.0±14.0%인 식양토, 양토 또는 사양토이었다. 이것은 고로쇠나무의 확대 조성을 위한 인공조림시 토양수분, 보비력, 비옥도 등이 높은 토양으로 적지가 제한된다는 것을 시사한다. 고로쇠나무 분포지내에서의 고로쇠나무 흉고단면적은 토양의 수분지수와 전질소함량이 높고 경사도와 Na^+함량이 낮을수록 증가하는 경향이었다.

천연갱신과 관련된 임분구조와 동태를 조사한 결과 고로쇠나무 교목층의 밀도는 전체 조사지에서 81~200본/ha이었으며, 백운산, 지리산, 조계산 지역의 순으로 높았다. 교목층의 고로쇠나무 상대우점치는 24.8~44.1%이었으며, 백운산, 지리산, 조계산의 순으로 높은 경향이었다. 백운산 지역에서는 서어나무, 물푸레나무, 지리산 지역에서는 서어나무, 들메나무, 조계산 지역에서는 서어나무, 졸참나무 등과 교목층에서 혼효하고 있었다. 앞으로 백운산지역과 지리산지역은 고로쇠나무 우점군집이 지속되며, 조계산지역의 경우 고로쇠나무와 서어나무가 종간경쟁을 할 것으로 판단되었다.

고로쇠나무 치수 발생량은 조릿대 피도와 유의적인 부의 상관관계가 있

었으며, 토양내 Ca^{++}과 Mg^{++}함량과 유의적인 정의 상관관계가 있었다. 따라서, 고로쇠나무의 치수발생 즉, 천연갱신을 도모하기 위하여 조릿대를 먹이로 하는 가축의 방목, 야생동물의 보호, 조릿대의 벌채이용 등의 방안이 필요하다고 할 수 있다. 천연갱신을 위한 조릿대의 제거효과는 본 연구가 2년간의 연구인 점을 고려할 때, 조성 후 1년차 효과로서 판단하기는 어려움이 있었으며 앞으로 장기적인 관측이 필요하다. 고로쇠나무 치수발생량과 유의적인 정의 상관을 보인 토양내 Ca^{++}의 영향을 파악하기 위하여 별도의 묘포시험을 한 결과 석회시비구는 무시비구에 비하여 고로쇠나무 종자의 발아율이 유의적으로 높았다. 이것은 토양내 Ca^{++}이 고로쇠나무 종자의 발아를 도모하는 효과가 있으며, 고로쇠나무의 천연갱신을 위하여 석회시비가 필요한 것을 시사하고 있다.

실중량은 162g/1000립, 1ℓ당 립수는 3,615립, 1kg당 립수는 7,033립, 발아율은 21%, 효율은 15%이었다. 종자 저장방법간 발아율은 유의적인 차이는 없었으나 냉습적저장 21.3%, 변온저장 19.0%, 상온저장 16.7%의 순으로 높았다. 시비처리 시험결과 묘목의 생육형질은 모두 시비처리간 유의적인 차이가 있었으며, 전체 건중량과 T/R율을 고려하면 석회+복합비료+요소처리구에서 우량한 묘목이 생산되는 것으로 나타났다. 생육밀도 시험결과 근원경을 제외한 모든 생육형질에서 유의적인 차이가 있었다. 잔존본수 90주/㎡ 처리구에서 전체 건중량과 뿌리의 건중량이 가장 높게 나타나서 우량묘목이 생산되는 것으로 판단된다. 비음처리 시험결과 비음처리를 하지 않은 대조구에서 묘고, 근원경, 주근장, 건중량 등이 가장 높았으며, T/R율이 가장 낮았다. 본 시험의 경우 지속적으로 관수를 하였던 점을 고려할 때, 충분한 관수가 이루어진다면 고로쇠나무 묘목의 비음처리는 필요하지 않은 것으로 판단된다.

ABSTRACT

The objectives of this study were to perform site characterization of Acer pictum, and to develop techniques for natural regeneration and nursery seedling production.

Acer pictum var. *mono* was distributed in a cool-temperate forest zone ranging from 50 ℃ to 90 ℃ of warmth index and from 6℃ to 12℃ of Holdridge Index. It was a local edaphic climax tree species near streamside of the valley in high mountains. The results of soil analysis indicated that the soil conditions for good growth of *Acer pictum* were 67.4±16.4 % of water content, 5.2±0.4 of pH, 17.0±5.2% of organic matter content, 0.80±0.27 % of total nitrogen content, 17.22±3.00 cmol/kg of CEC, and 31.0±14.0 % of base saturation.

Stand density of *Acer pictum* ranged from 81 to 200 trees/ha, and importance percentage ranged from 24.8 % to 44.1 %. *Acer pictum* was associated with *Carpinus laxiflora*, *Fraxinus rhynchophylla* and *Fraxinus mandshurica* in the canopy layer. Sapling density of *Acer pictum* was significantly and negatively correlated with coverage of *Sasa borealis*, a dwarf bamboo species, and positively correlated with contents of Ca^{++} and Mg^{++} in the soil. Germination percentage of *Acer pictum* seeds in the nursery with lime treatment was significantly higher than that of control. It suggests that lime may be used as a soil conditioner for enhancing density of *Acer pictum* saplings to promote natural regeneration. Basal area of *Acer pictum* was significantly and positively correlated with moisture and total nitrogen content in the soil and

negatively correlated with slope and soil Na^+ content.

Studies on the seed test and seedling production technique were carried out in the laboratory and nursery, respectively. Purity percent, one litter weight, 1,000 seed weight, germination percentage, and utilization value of *Acer pictum* seeds were 71 %, 526g/ℓ, 162g, 21 %, and 15 %, respectively. There was no significant difference in germination percentage among different storage treatments of seeds, but it was the highest at cold moist storage (21.3 %), and followed by warm and cold storage (19.0 %), and dry storage (16.7 %). *Acer pictum* seedlings in the nursery soil applied with lime, compound fertilizer, and urea were higher in dry weight and lower in T/R ratio, with the above treated seedlings being superior to the seedlings with other treatments. *Acer pictum* seedlings at the planting density of 90 seedlings/㎡ were the largest in total dry weight and root dry weight among four density treatmenrts. A study on the effects of shading on the seedling growth indicated that shading was not necessary, if grown under sufficient irrigation.

제1절 서 론

고로쇠나무 수액은 전라남도 백운산, 지리산, 조계산 등 일부 농산촌 지역의 중요한 소득자원이 되고 있다. 특히, 고로쇠나무 수액은 경칩 전후 약 1개월간 채취되기 때문에 농한기를 이용한 농산촌 주민의 단기적인 고소득 자원으로의 활용 가치가 높은 특성을 가지고 있으며, 최근 생활수준이 향상되고 천연 건강 음료에 대한 기호도가 높아짐에 따라 수요가 급증하는 추세이다. 고로쇠나무는 제주도 한라산에서 강원도 오대산에 이르는 넓은 분포대를 이루고 있으나, 비교적 집단적으로 자생하고 있는 지역은 전남 및 강원도 등 일부 산지의 계곡부에 제한되어 있다(임경빈, 1988). 이와 같이 수평적으로 불연속분포를 하는 것은 지형과 토양조건 등에 대한 요구도가 높으며, 종간경쟁이 비교적 심하기 때문이라고 할 수 있다. 따라서, 고로쇠나무 천연림의 효율적인 관리와 인공림 조성을 위해서는 기후, 지형, 토양 등의 생육 최적 환경인자를 구명하고, 임분 구조, 임분 동태, 천연갱신 양상을 파악하는 한편, 천연갱신과 양묘에 필요한 기술을 개발하는 것이 중요한 과제이다.

미국과 캐나다 등에서는 설탕단풍나무 등의 수액이 음료 및 감미자원으로 개발 산업화되어 있으며, 생육환경 및 조림관리 등에 관한 연구가 축적됨으로써 천연림의 무육관리 및 인공림 조성이 체계적으로 이루어지고 있다(Sharpe 등, 1992). 국내의 경우 고로쇠나무 수액은 오래 전부터 채취 이용되어 왔으나, 산림생태계가 건전하게 유지되면서 고로쇠나무의 우점도를 향상시키기 위한 천연림 무육과 인공림 조성을 위한 우량묘목 생산 기술 개발 및 생육 최적환경인자에 대한 연구개발이 미비하여 고로쇠나무 자원의 장기적인 확대를 위한 천연림 무육과 인공림 조성이 체계적으로 이루어

지지 않고 있다. 본 연구와 관련된 연구로서 고로쇠나무의 분포와 임분구조(박명규 등, 1984), 고로쇠나무의 성장특성(박인협, 1998), 고로쇠나무를 포함한 천연활엽수종의 환경요인과 양묘(이돈구 등, 1998) 등에 대한 연구가 보고되었으나, 단일산지의 일부지역 또는 복합비료 단일 처리에 국한되어 있어서 실제적인 적용을 하기에는 미흡한 실정이다.

본 연구는 이러한 관점에서 고로쇠나무가 비교적 집단적으로 분포하고 있는 전남 백운산, 지리산, 조계산 지역을 대상으로 고로쇠나무의 생육특성과 환경인자, 임분구조와 동태 및 천연갱신 양상을 조사하고, 우량묘목 생산을 위한 효율적인 종자저장방법, 시비, 생육밀도, 비음처리 등을 구명함으로서, 고로쇠나무의 최적 생육환경인자와 천연갱신 양상을 파악하고 천연갱신 및 양묘 기술을 개발하는데 목적이 있다.

제2절 재료 및 방법

1. 최적 생육환경인자

가. 조사구 설정

고로쇠나무의 최적 생육환경인자를 조사하기 위하여 고로쇠나무의 주 분포지역인 전라남도 백운산, 지리산, 조계산 등 3개 산지를 대상으로 사면 방향과 해발고 등을 고려하여 총 51개 조사구(3개산지×2개사면×7~11개 해발고)를 설정하였다. 각 조사구는 고로쇠나무가 비교적 집단적으로 분포하고 있는 지역에 설정하였으며 조사구의 면적은 300㎡로 하였다. 백운산 지역의 2개 사면은 남서사면인 농바위골과 북동사면인 삼밭골, 지리산지역은 남서사면인 도투막골과 북동사면인 양수정골, 조계산지역은 동사면인 선암사-굴목재 계곡, 서사면인 송광사-굴목재 계곡을 선정하였다.

나. 생육특성 및 환경인자

각 조사구내 매목조사를 한 후 고로쇠나무를 포함한 수목의 수고, 흉고직경, 밀도, 흉고단면적 등을 조사하고, 고로쇠나무 표본목을 선정하여 수고, 수관폭, 지하고, 목편채취에 의한 흉고직경 성장량 등을 조사하였다. 벌목이 가능한 백운산 지역의 경우 조사구별 평균목 1주씩 총 18주의 고로쇠나무를 벌목하여 수간석해와 물질생산 조사를 하였다.

환경인자로는 온량지수, 한냉지수(Yim, 1977), Holdridge지수(Holdridge, 1954) 등의 기상인자, 해발고, 경사도, 방위 등의 지형인자. 토양수분, 토성, 유기물, 전질소, 유효인산, 양이온치환용량, 염기포화도, K^{+}, Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} 함량 등의 토양인자 등을 조사분석하였다. 온량지수, 한냉지수,

Holdridge지수 등의 기상인자는 조사지에 가장 인접한 측후소의 최근 10년간 기상자료와 해발고가 100m 증가함에 따라 기온이 0.55℃ 감소한다는 이론(Yim, 1977)에 의하여 조사구별로 산정하였다.

온량지수(warmth index, WI) = Σ(5℃ 이상 월평균 기온 - 5℃)

Holdridge지수 = 0℃ 이상인 월평균 기온의 합 / 12(개월)

토양인자는 각 조사구 대각선상의 상, 중, 하부에서 유기물층을 걷어낸 후 0~50cm 깊이의 토양을 취하여 비닐주머니에 넣어 실험실로 운반하여 분석하였다. 이상의 고로쇠나무 생육특성과 환경인자 조사자료를 종합분석하여 최적 생육환경인자를 구명하였다.

2. 천연갱신

가. 임분 구조 및 동태

천연갱신과 관련된 임분 구조 및 동태 조사를 위하여 최적 생육환경 조사시 설정한 51개 조사구내의 고로쇠나무를 포함한 수목 및 조릿대 등을 대상으로 교목층, 아교목층, 관목층, 1~2년생 치수 등의 식생층으로 구분하여 수종, 수고, 흉고직경, 피도 등의 식생조사를 하였다. 식생층의 구분은 Monk(1969) 등의 방법을 참조하여 상층임관을 이루는 수목군을 교목층, 상층임관하의 수목군 중 수고 2m 이상을 아교목층, 수고 2m 이하의 수목군을 관목층으로 하였다. 식생조사 결과 얻어진 자료에 의하여 상대우점치(importance percentage), 종다양도, 직경분포 등을 분석하였다(Brower와 Zar, 1977).

나. 갱신시험지

고로쇠나무의 분포 밀도가 높고 시업 가능한 전남 백운산지역 서울대학교 연습림내의 남서사면인 농바위골과 북동사면인 삼밭골 등 2개 장소에 고로쇠나무 갱신시험지를 조성하였다. 실험설계는 2개 장소별 대조구, 조릿대를 포함한 하층식생 제거구, 조릿대를 포함한 하층식생 제거 후 직파구, 조릿대를 포함한 하층식생 제거 후 1-0묘 식재구, 조릿대를 포함한 하층식생 제거 후 1-1묘 식재구 등 5처리 난괴법 3반복으로 하였다. 반복당 시험구의 면적은 천연 하종을 전제로 하는 대조구와 조릿대를 포함한 하층식생 제거구는 각각 5m×5m로 하였다. 인공갱신을 전제로 하는 직파구는 5m×1m, 1-0묘와 1-1묘 식재구는 각각 5m×2m로 하였다. 직파구는 냉습적 저장된 고로쇠나무 종자를 반복별 500립씩 총 3000립(2장소×3반복×500립)을 점파하였다. 1-0묘 식재구는 50cm 간격의 정방형으로 반복별 27주씩 총 162주(2장소×3반복×27주)를 식재하였다. 1-1묘 식재구는 70cm 간격의 정방형으로 반복별 12주씩 총 72주(2장소×3반복×12주)를 식재하였다. 시험지 조성시기는 2001년 4월 7~9일이었고, 조성 후 약 50일 간격으로 치수발생량, 발아율, 활착율 등을 조사하였다.

한편, 1차년도 조사 결과 산지에서의 고로쇠나무 1~2년생 치수 발생량이 토양 Ca^{++} 함량과 유의적인 정의 상관관계가 있었던 점을 고려해 석회 등의 시비가 발아율에 미치는 영향을 조사하기 위한 별도의 시험 묘포를 순천대학교 묘포장에 조성하였다. 실험설계는 난괴법 3반복의 2×3요인실험으로 하였다. 1차 요인은 석회(패각석회 분말)시비구와 석회무시비구로 하였으며, 2차요인은 각각 대조구, 복합비료 시비구, 복합비료+요소시비구로 하였다. 처리별, 반복별 시험구의 면적은 1m×1m로 하였으며, 각 시험구당 100립의 냉습적 저장 종자를 점파하였다. 파종시기는 2001년 4월 2일이었으며, 파종 후 최종 발아일 까지 7일 간격으로 발아율을 조사하였다.

3. 양묘기술

가. 종자품질검사

연구 1차년도인 2000년 가을에 수집한 고로쇠나무 종자를 대상으로 순량율, 용적중, 실중량, 1ℓ당 립수, 1kg당 립수, 발아율, 효율 등을 검사하였다(임경빈 등, 1995). 순량율은 4반복으로 소정의 시료종자를 취하여 무게를 측정하고 쭉정이, 시편, 이물질 등을 제거한 순정종자의 무게를 측정한 후 순정종자 대 시료종자의 중량 백분율로 하였다. 용적중은 4반복으로 100mℓ의 순정종자를 취하여 무게를 측정한 후 1ℓ당 무게(g)로 환산하였다. 실중량은 4반복으로 500립의 순정종자를 취하여 무게를 측정한 후 1,000립당 무게로 환산하였다. 1ℓ당 립수와 1kg당 립수는 각각 100mℓ와 100g 당 립수를 조사한 후 각각 1ℓ와 1kg 당 립수로 환산하였다. 발아율은 종자저장방법에 따른 발아율 시험에서 발아율이 가장 높게 나타난 냉습적저장 3반복의 평균 발아율을 적용하였으며, 효율은 순량율×발아율/100으로 하였다.

나. 종자저장

연구 1차년도인 2000년 가을에 수집한 종자의 저장은 상온저장, 냉습적저장, 변온저장 등 3개 방법으로 하였다. 상온저장은 수집한 종자를 실험실의 상온에서 보관하였다. 냉습적저장은 젖은 모래와 종자를 섞어서 4℃의 냉장고에 3개월간 저장하였다. 변온저장은 젖은 모래와 종자를 섞어서 4℃ 12시간, 18℃ 12시간으로 교체되도록 하여 3개월간 변온기에 저장하였다(Forest Service, USDA, 1974).

종자저장 방법에 따른 발아율을 조사하기 위하여, 순천대학교 묘포장에 상온저장, 냉습적저장, 변온저장 등 3처리 난괴법 3반복으로 시험구를 배치

하였다. 처리별, 반복별 시험구의 면적은 1m×1m로 하였으며, 각 시험구당 해당처리 종자를 10cm 간격의 정방형으로 100립씩 총 900립(3처리×3반복×100립)을 점파하였다. 종자소독, 파종상의 작상, 관수 등은 일반적인 양묘방법(임경빈 등, 1995)을 적용하였다. 파종시기는 2001년 4월 2일이었으며, 파종 후 최종발아일 까지 7일 간격으로 발아율을 조사하였다.

다. 시비

시비가 고로쇠나무의 묘목생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 순천대학교 묘포장에 무시비구, 석회시비구, 석회+복합비료 시비구, 석회+복합비료+요소 시비구 등 4처리 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 처리별, 반복별 시험구의 면적은 1m×2m로 하였으며, 각 시험구당 200립의 냉습적저장 종자를 점파하였다. 석회(패각석회 분말)는 기비로서 400g/㎡을 해당 시험구에 시비하였으며, 복합비료(질소 21 : 인산 17 : 가리 17)와 요소(질소 46%)는 발아 20일 후와 5, 6, 7월에 각각 35g/㎡씩 해당 시험구에 시비하였다. 모든 시험구에는 기비로서 성숙계분퇴비를 1kg/㎡ 시용하였다. 파종시기는 3월 30~31일이었으며, 파종 후 약 3개월 간격으로 7월 3일과 당년 생장이 완료되는 10월 6일에 처리별, 반복별 10주씩의 묘목을 무작위로 선정 굴취하여 묘고, 근원경, 주근장, 부위별 건중량 등을 조사하였다.

라. 생육밀도

적정 생육밀도를 파악하기 위하여, 생육밀도 30, 60, 90, 120 주/㎡ 등 4처리 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 처리별, 반복별 시험구의 면적은 1m×1m로 하였다. 각 시험구당 600립의 냉습적저장 종자를 3월 30~31일 산파하였으며, 최종 발아시기인 5월 말에 처리별 해당 생육밀도가 되도록 고르게 솎음질하였다. 당년생장이 끝나는 10월 초에 처리별, 반복별

10주씩의 묘목을 무작위로 선정 굴취하여 묘고, 근원경, 주근장, 부위별 건중량 등을 조사하였다.

마. 비음 및 광합성량

비음처리가 고로쇠나무의 묘목생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 0, 35, 55, 75 % 비음처리 등 4처리 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 처리별, 반복별 시험구의 면적은 1m×1m로 하였으며, 각 시험구당 200립의 냉습적저장 종자를 점파하였다. 비음처리는 종자가 발아한 직후 짚을 걷어내고 인위적인 비음망을 해당 시험구별로 설치하였다. 파종시기는 3월 30~31일이었으며, 7월 3일과 10월 6일에 처리별, 반복별 10주씩의 묘목을 무작위로 선정 굴취하여 묘고, 근원경, 주근장, 부위별 건중량 등을 조사하였다.

한편, 고로쇠나무 묘목의 최적 광량을 조사하기 위하여 순천대학교 공동기기실의 광합성측정기를 이용하여 온도별, 광량별 순광합성량을 측정하였다. 공시 묘목은 1-0묘로서 온도별, 광량별 3반복으로 측정하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 최적 생육환경인자

백운산, 지리산, 조계산 등 3개 산지를 대상으로 사면방향을 고려하여 선정한 산지별 2개 계곡부에서 고로쇠나무의 출현 빈도가 비교적 높은 지점에 설정한 조사구의 수 및 해발고와 기상인자는 표 3-1과 같다. 고로쇠나무는 백운산지역 해발 520~900m, 지리산지역 해발 520~1,100m, 조계산지역 해발 200~610m의 계곡부에서 비교적 높은 빈도로 출현하였으며, 조계산은 백운산과 지리산에 비하여 비교적 낮은 해발고대에 분포하고 있었다. 이것은 산정부의 해발고가 백운산 1,218m, 지리산 1,915m, 조계산 884m인 점을 고려할 때, 고로쇠나무는 대체로 산 높이의 30~70%의 해발고대의 계곡부에 분포하는 것을 시사한다. 조사구 전체의 온량지수는 55.1~92.3℃이었으며, Holdridge지수는 7.7~11.6℃이었다. Holdridge(1954)는 세계의 식생대를 Holdridge지수와 강수량에 의하여 31개로 구분하였으며, Holdridge지수 6~12℃, 연간 강수량 1,000~2,000mm인 지역은 냉온대습윤림에 속한다고 하였다. Yim(1977)은 우리나라의 식생대를 온량지수에 따른 식생연속변화에 의하여 구분할 때, 냉온대림의 경우 온량지수의 범위는 50~90℃라고 하였다. 따라서, 고로쇠나무가 비교적 집단을 이루고 있는 본 조사지는 냉온대림에 속하며, 고로쇠나무의 분포대는 냉온대림인 것을 알 수 있다.

표 3-1. 산지별, 사면별 조사구의 수 및 해발고와 기상인자

산 지	사 면	조사 구수	해발고 (m)	온량지수 (℃)	한냉지수 (℃)	Holdridge 지수(℃)
백운산	남서사면(SW)	11	520~900	62.6~78.5	-19.3~-28.8	8.5~10.2
	북동사면(NE)	7	620~880	63.5~74.1	-21.5~-28.1	8.6~9.7
지리산	남서사면(SW)	10	520~980	59.7~78.3	-19.4~-30.9	8.2~10.1
	북동사면(NE)	8	750~1,100	55.1~68.5	-24.5~-34.2	7.7~9.2
조계산	동사면(E)	7	200~470	80.5~92.3	-12.4~-18.3	10.4~11.6
	서사면(W)	8	370~610	74.3~85.1	-21.4~-16.0	9.7~10.8
전 체		51	200~1,100	55.1~92.3	-12.4~-30.9	7.7~11.6

표 3-2에서는 산지별, 사면별 조사구 토양의 물리화학적 특성의 평균치와 표준편차를 나타냈다. 3개 산지 전체의 평균과 표준편차에 의하면, 고로쇠나무는 토양수분함량 67.4±16.4%, 토양산도 5.2±0.4, 유기물함량 17.0±5.2%, 전질소함량 0.80±0.27%, 양이온치환용량 17.22±3.00cmol/kg, 염기포화도 31.0±14.0%인 식양토, 양토 또는 사양토에 분포하고 있었다. 백운산과 지리산의 노각나무 분포지(이상철, 1990)와 비교하면, 고로쇠나무는 토양수분함량, 유기물함량, 전질소함량, 양이온치환용량, 염기포화도 등이 높은 토양에 분포하고 있었다. 이러한 결과는 고로쇠나무가 계곡부 계천변의 국소적인 지형극상 수종(박인협, 1986)이라는 점을 고려할 때, 고로쇠나무의 확대를 위한 인공조림시 토양수분, 보비력, 비옥도 등이 높은 토양으로 적지가 제한된다는 것을 시사하고 있다.

산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무의 평균흉고직경, 평균수고, 밀도의 변화는 그림 3-1, 2와 같다. 백운산지역은 남서사면과 북동사면 모두 대체로 해발 750m에서 고로쇠나무의 평균흉고직경과 평균수고가 최대치를 보였으며 밀도는 해발 700m에서 최대치를 보였다. 지리산 지역과 조

계산지역의 고로쇠나무 밀도는 각각 해발 850, 450m에서 최대치를 보였다.

표 3-2. 산지별, 사면별 조사구 토양의 물리화학적 특성 평균치와 표준편차

	백운산		지리산		조계산		Total
	SW	NE	SW	NE	E	W	
Water content(%)	77.9±12.7	65.6±9.9	74.8±9.3	76.0±19.0	46.4±4.5	55.8±12.9	67.4±16.4
Moisture factor	1.07±0.01	1.06±0.02	1.07±0.01	1.06±0.02	1.04±0.01	1.05±0.01	1.06±0.02
Sand(%)	56±6	60±7	56±6	66±7	65±5	69±4	61±8
Silt(%)	31±4	29±5	31±4	26±5	25±3	24±4	28±5
Clay(%)	13±2	11±2	13±2	8±2	10±2	7±1	11±3
Soil texture	CL	L	CL	L	L	SL	L
pH(1:5)	4.9±0.4	5.0±0.3	5.2±0.3	5.4±0.4	5.2±0.3	5.5±0.4	5.2±0.4
O.M.(%)	21.6±4.6	15.1±2.2	19.7±3.4	18.2±4.9	10.0±1.3	14.0±3.0	17.0±5.2
Total N (%)	1.06±0.26	0.86±0.15	0.76±0.25	0.81±0.34	0.59±0.10	0.63±0.14	0.80±0.27
Av.P_2O_5 (mg/kg)	48.8±11.5	37.9±7.0	39.7±9.0	44.1±21.2	28.8±12.3	30.9±8.3	39.2±13.7
CEC (cmol/kg)	18.48±3.00	16.18±1.92	17.15±1.75	19.03±3.40	14.55±2.29	17.02±3.72	17.22±3.00
K^+	0.39±0.11	0.35±0.08	0.34±0.09	0.43±0.13	0.37±0.14	0.43±0.15	0.38±0.12
Ca^{++}	3.89±2.34	3.60±1.75	2.53±1.37	5.87±3.15	3.44±2.26	6.00±3.42	4.17±2.67
Mg^{++}	0.79±0.43	0.88±0.53	0.64±0.28	1.14±0.32	0.75±0.39	1.03±0.49	0.86±0.42
Na^+	0.23±0.04	0.18±0.02	0.15±0.04	0.18±0.04	0.22±0.08	0.15±0.05	0.18±0.06
Total base (cmol/kg)	5.3±2.9	5.0±2.3	3.6±1.7	7.6±3.5	4.8±2.8	7.6±4.0	5.6±3.2
Base saturation (%)	27.4±12.0	30.3±11.4	20.7±7.4	38.7±11.9	31.0±14.6	41.5±18.0	31.0±14.0

※ Water content(수분함량) = (채취토양무게 - 105℃ 건조토양무게) / 105℃ 건조토양무게 × 100%

Moisture factor(수분지수) = 풍건토양무게 / 105℃ 건조토양무게

Soil texture(토성) : CL(Clay loam) 식양토, L(Loam) 양토, SL(Sandy loam) 사양토

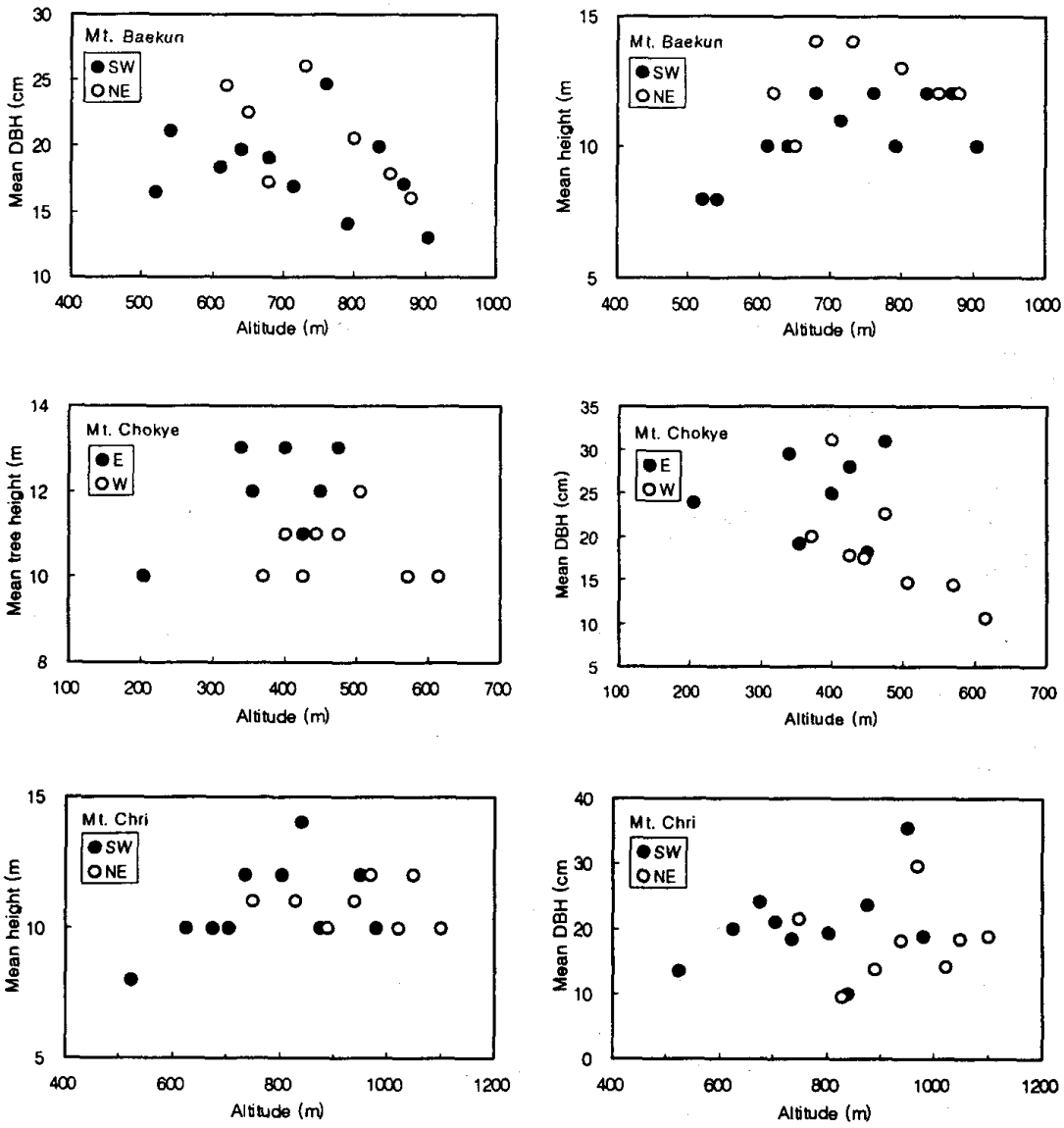


그림 3-1. 산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무의 교목층과 아교목층의 평균흉고직경과 교목층의 평균수고
(SW: 남서사면, NE: 북동사면, E: 동사면, W: 서사면)

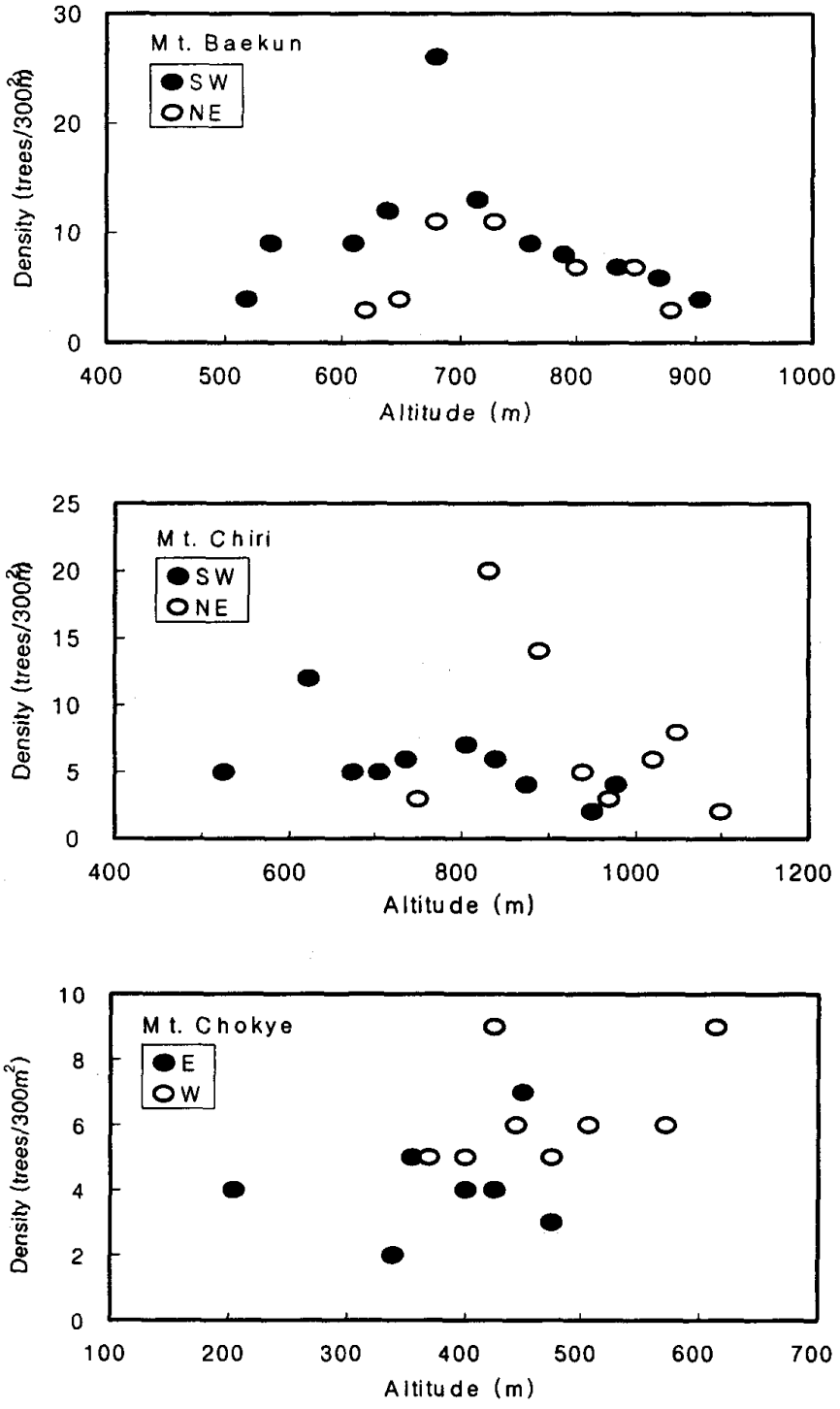


그림 3-2. 산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무 교목층과 아교목층의 밀도
(SW: 남서사면, NE: 북동사면, E: 동사면, W: 서사면)

각 조사구당 1주씩 총 51주의 고로쇠나무 평균목에서 채취한 목편의 측정치에 의한 산지별, 사면별, 수령별 수피내 흉고직경의 평균과 표준편차 및 분산분석 결과는 표 3-3과 같다. 동일 수령에서의 수피내 흉고직경은 유의적인 차이는 없었으나 조계산 지역 서사면, 백운산지역 북동사면, 조계산지역 동사면, 지리산지역 북동사면, 백운산지역 남서사면, 지리산지역 남서사면의 순으로 큰 경향이었다. 동일 산지내 사면간에는 백운산과 지리산 모두 북동사면이 남서사면 보다 직경 성장이 양호한 경향이었다.

표 3-3. 조사구별 고로쇠나무 평균목의 산지별, 사면별 수피내 흉고직경 성장 (평균±표준편차)

수령	백운산		지리산		조계산		F-test
	SW	NE	SW	NE	E	W	
20	2.5±1.6	2.3±1.4	2.5±0.5	2.9±1.0	2.0±0.6	3.1±1.2	ns
30	5.5±2.5	5.4±1.0	4.9±0.8	5.7±2.0	4.4±1.4	6.3±2.2	ns
40	8.7±3.3	8.6±1.3	7.5±1.1	8.8±3.5	7.6±2.2	10.0±4.2	ns
50	10.6±2.8	11.7±2.0	9.8±1.3	12.0±4.8	10.6±2.7	13.4±5.3	ns
60	12.6±1.9	14.7±2.9	12.1±1.7	14.6±5.6	13.5±3.0	15.7±5.3	ns
70	15.8±2.4	16.8±3.7	14.8±1.3	15.8±5.5	16.2±1.0	17.3±2.9	ns
80	17.1±4.1	19.3±5.6	17.4±1.7	18.0±5.8	19.3±5.3		ns
90	21.1	24.0±7.3	19.1±2.7	20.7±6.2			ns

ns : 5%수준 유의성없음

벌목이 가능한 지역인 백운산의 고로쇠나무 평균목 18주의 수간석해에 의한 사면별 평균 수피내흉고직경, 수고와 재적 성장은 각각 그림 3-3, 4, 5와 같다. 수령 30년 이후의 동일 수령일 때의 흉고직경, 수고, 재적은 모두 북동사면이 남서사면 보다 많았다. 재적의 경우 최대 수령급인 90년일

때 북동사면은 0.323㎡, 남서사면은 0.172㎡로서 북동사면이 남서사면 보다 1.9배 정도 많았다. 수령 30년일 때 수피내 흉고직경과 수고는 남서사면에서 각각 5.5cm, 5.8m, 북동사면에서 각각 5.4cm, 5.4m이었으며, 수령 60년일 때는 남서사면에서 각각 12.7cm, 9.9m, 북동사면에서 각각 14.7cm, 11.6m, 최대 수령급인 수령 90년일 때는 남서사면에서 각각 21.1cm, 11.6m, 북동사면에서 각각 24.0cm, 14.4m로서 2개 사면 모두 직경 성장 속도가 느린 편이었다. 그러나, 본 조사지의 최대 수령급인 90년까지 수피내 흉고직경이 직선적으로 증가하는 경향을 보임으로서, 완만하게 지속적으로 성장하는 극상 수종의 전형적인 특성을 보이고 있다. 수고의 경우 북동사면은 최대 수령급인 90년까지 정체되지 않았으나, 남서사면은 70년 이후 정체되는 경향이었다.

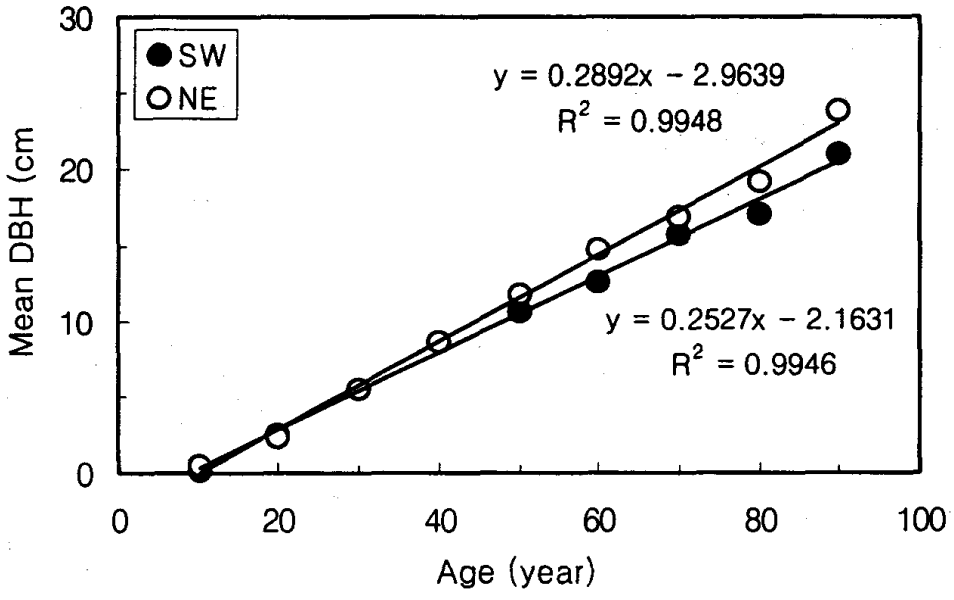


그림 3-3. 백운산 지역 평균목 18주의 수간석해에 의한 사면별 평균 수피내 흉고직경 성장 (SW: 남서사면, NE: 북동사면)

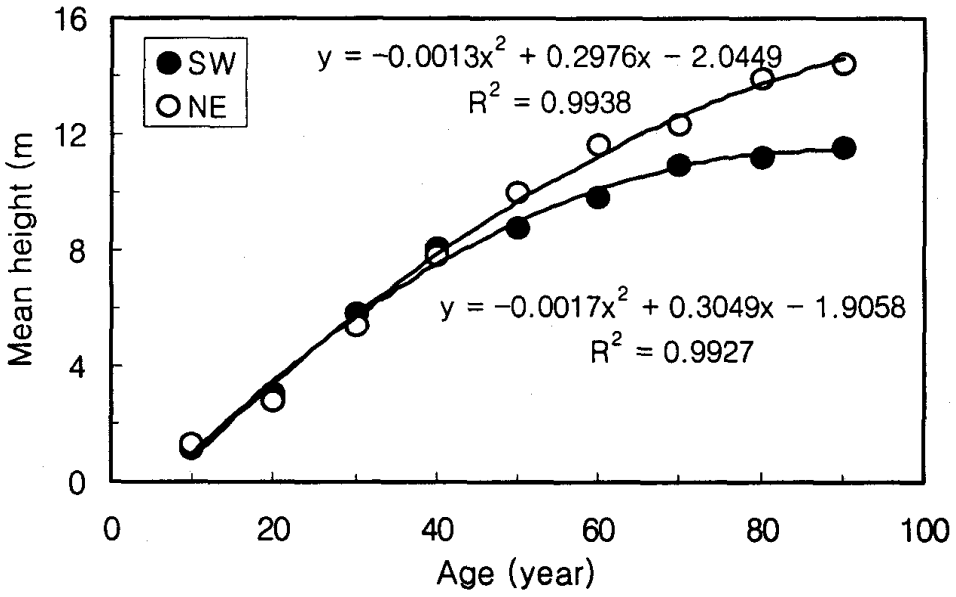


그림 3-4. 백운산 지역 평균목 18주의 수간석해에 의한 사면별 평균 수고 성장 (SW: 남서사면, NE: 북동사면)

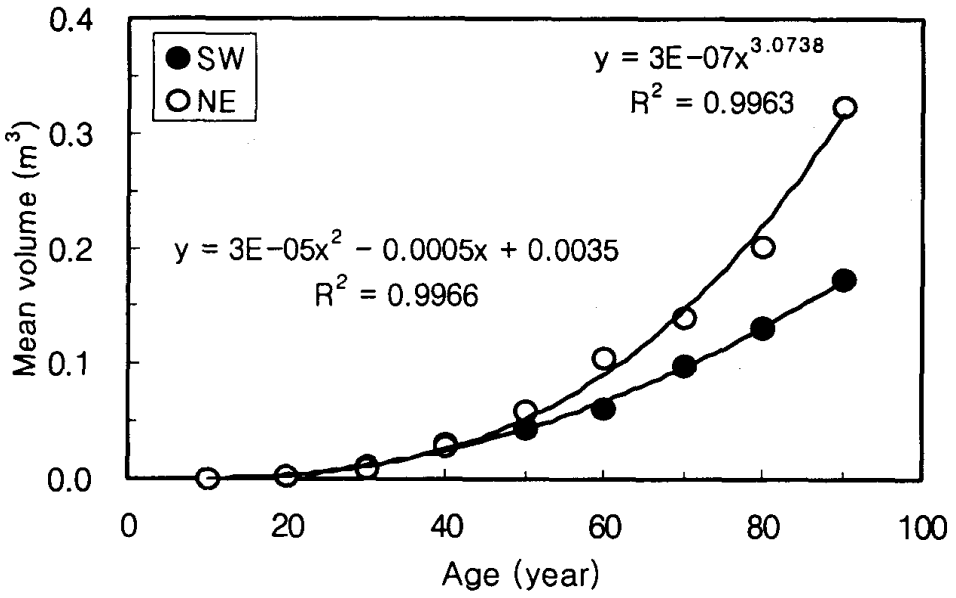


그림 3-5. 백운산 지역 평균목 18주의 수간석해에 의한 사면별 평균 재적 성장 (SW: 남서사면, NE: 북동사면)

표 3-4, 5, 6에서는 각 조사구별 지황 3개 인자, 토양특성 13개 인자 등 16개 주요 환경인자 중 독립변수 5개 까지 결정계수가 가장 높은 산지별 고로쇠나무 흉고단면적의 회귀식을 나타냈다. 흉고단면적을 종속변수로 한 것은 흉고단면적이 흉고직경과 밀도의 종합적인 표현이라는 점을 고려하였다. 한편, 전체 산지를 대상으로 한 회귀식의 경우 표에서는 제시하지 않았으나 결정계수가 0.3 이하로 적합도가 낮았던 점을 고려하여, 산지별 회귀식을 유도하였다. 백운산지역은 경사도, 수분지수(moisture factor), 점토함량, 유효인산함량, 양이온치환용량(CEC) 등이 중요한 환경인자이었으며, 지리산지역은 수분지수, 유기물 함량, 암반나출도, 해발고, 양이온치환용량 등이 중요한 환경인자이었다. 조계산지역의 경우 Na^+ 함량, 전질소함량, 유기물함량, 토양산도, 해발고 등이 중요한 환경인자이었다.

표 3-4. 백운산지역의 환경인자에 의한 고로쇠나무 흉고단면적(㎡/300㎡)의 회귀식과 결정계수

독립변수수	독립변수	결정계수 (R^2)	회귀식($Y=a+bX_1+cX_2+dX_3+eX_4+fX_5$)					
			a	b	c	d	e	f
1	점토(X)	0.229	0.833	-0.043				
2	점토(X_1), 경사도(°, X_2)	0.358	0.967	-0.045	-0.010			
3	점토(X_1), 경사도(X_2), 수분지수(X_3)	0.477	-3.856	-0.059	-0.011	4.699		
4	경사도(X_1), 수분지수(X_2), 모래(X_3), 유기물(X_4)	0.621	-13.944	-0.022	13.001	0.022	-0.032	
5	경사도(X_1), 수분지수(X_2), 점토(X_3),유효인산(X_4), CEC(X_5)	0.749	-15.616	-0.026	17.474	-0.072	-0.014	-0.051

※ 독립변수: 주요 환경인자(지황 3개 인자, 토양특성 13개 인자) 중 독립변수 5개까지 결정계수가 가장 높은 조합. 토양특성의 단위는 표 3-2와 동일.

표 3-5. 지리산지역의 환경인자에 의한 고로쇠나무 흉고단면적(㎡/300㎡)의 회귀식과 결정계수

독립변수수	독립변수	결정계수 (R^2)	회귀식($Y=a+bX_1+cX_2+dX_3+eX_4+fX_5$)					
			a	b	c	d	e	f
1	수분지수(X_1)	0.108	-2.472	2.500				
2	수분지수(X_1), 유기물(X_2)	0.234	-5.350	5.419	-0.012			
3	수분지수(X_1), 유기물(X_2), 암반나출도(%, X3)	0.416	-6.426	6.393	-0.017	0.002		
4	수분지수(X_1), 유기물(X_2), 암반나출도(X_3), 해발고(m, X_4)	0.514	-5.636	5.742	-0.014	0.002	-0.0002	
5	수분지수(X_1), 유기물(X_2), 암반나출도(X_3) ,해발고(X_4), CEC(X_5)	0.577	-4.038	4.071	-0.014	0.002	-0.0002	0.012

※ 독립변수: 표 3-4와 동일.

표 3-6. 조계산지역의 환경인자에 의한 고로쇠나무 흉고단면적(㎡/300㎡)의 회귀 식과 결정계수

독립변수수	독립변수	결정계수 (R^2)	회귀식($Y=a+bX_1+cX_2+dX_3+eX_4+fX_5$)					
			a	b	c	d	e	f
1	Na^+(X_1)	0.154	0.292	-0.422				
2	Na^+(X_1), 해발고(X_2)	0.330	0.475	-0.570	-0.0003			
3	Na^+(X_1), 전질소(X_2), 유기물(X3)	0.682	0.283	-0.550	0.512	-0.023		
4	Na^+(X_1), 전질소(X_2), 유기물(X_3), 해발고(X_4)	0.800	0.365	-0.639	0.553	-0.018	-0.0004	
5	Na^+(X_1), 전질소(X_2), 유기물(X_3), pH(X_4), 해발고(X_5)	0.845	-0.037	-0.613	0.358	-0.019	0.107	-0.0005

※ 독립변수: 표 3-4와 동일.

전반적으로 볼 때, 고로쇠나무의 흉고단면적은 토양의 수분지수와 전질소함량이 높고 경사도와 Na^{+}함량이 낮을수록 증가하는 경향이었다. 한편, 유기물 함량의 경우 고로쇠나무 흉고단면적과 부의 관계를 보였다. 이것은 비교적 토양수분 함량이 높은 고로쇠나무 분포지의 경우 유기물 분해속도가 느리기 때문에 유기물함량이 높다는 것은 상대적으로 무기양료의 양이 적다는 것을 의미하기 때문이라고 판단된다.

2. 천연갱신

가. 임분 구조

고로쇠나무 교목층의 밀도는 전체 조사지에서 81~200본/ha이었으며, 산지별로 볼 때 백운산, 지리산, 조계산의 순으로 높았다(표 3-7). 고로쇠나무 아교목층의 밀도는 전체 조사지에서 57~150본/ha이었으며, 산지별 밀도는교목층과 동일하게 백운산, 지리산, 조계산의 순으로 높았다. 고로쇠나무 교목층의 평균 흉고직경은 23.4~31.7cm이었으며, 고로쇠나무를 포함한 전체 수종의 교목층 평균 수고는 10.6~12.4m이었으며, 백운산지역 북동사면과 조계산지역 동사면의 경우 비교적 평균 흉고직경과 수고가 높았다. 흉고직경과 밀도의 종합적인 표현이라고 할 수 있는 고로쇠나무 교목층 흉고단면적은 백운산, 조계산 지리산의 순으로 높았다.

산지별, 사면별, 수관층별 주요 수종의 상대우점치는 표 3-8과 같다. 교목층의 고로쇠나무 상대우점치는 24.8~44.1%이었으며, 백운산, 지리산, 조계산의 순으로 높은 경향이었다. 지리산 북동사면을 제외한 지역은 모두 교목층에서 고로쇠나무가 우점종이었다. 지리산 북동사면의 경우 들메나무가 우점종이었으며 고로쇠나무는 준우점종이었다. 백운산 지역에서는 서어나무, 물푸레나무 등, 지리산 지역에서는 서어나무, 들메나무 등, 조계산 지

역에서는 서어나무, 졸참나무 등과 교목층에서 혼효하고 있었다. 아교목층에 서는 비목나무, 사람주나무, 당단풍나무, 나도밤나무 등과 혼효하고 있었다. 관목층의 경우 바위말발도리, 생강나무, 박쥐나무 등이 우점종을 이루고 있으며 고로쇠나무의 상대우점치는 0.1~3.4%이었다.

표 3-7. 산지별, 사면별, 수관층별 산림개황

	백운산		지리산		조계산	
	SW	NE	SW	NE	E	W
교목층						
밀도(본/ha)	461 (200)	376 (119)	413 (127)	367 (104)	381 (81)	471 (125)
평균 DBH(cm)	23.4 (24.3)	27.3 (28.7)	22.9 (24.0)	24.3 (23.4)	27.1 (31.7)	22.4 (23.7)
평균수고(m)	10.5	12.4	10.6	10.9	12.0	11.0
흉고단면적(m^2/ha)	22.3 (10.0)	24.8 (8.2)	19.9 (6.2)	19.7 (4.9)	24.6 (7.0)	20.8 (6.0)
아교목층						
밀도(본/ha)	979 (124)	810 (100)	727 (60)	775 (150)	724 (57)	888 (88)
평균 DBH(cm)	9.0 (9.7)	7.8 (11.3)	7.2 (9.2)	7.6 (8.8)	7.9 (11.8)	7.6 (9.2)
평균수고(m)	6.9	8.4	6.7	7.1	7.6	7.1
흉고단면적(m^2/ha)	8.5 (1.1)	5.5 (1.3)	4.1 (0.5)	4.9 (1.2)	5.0 (0.7)	5.0 (0.8)
관목층						
밀도(본/ha)	2067 (67)	2667 (19)	1697 (0)	2538 (67)	2252 (33)	1233 (13)
평균수고(m)	1.2	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1

※( )안의 수치는 고로쇠나무

표 3-8. 산지별, 사면별, 수관층별 주요 수종의 상대우점치(%)

	백운산		지리산		조계산	
	SW	NE	SW	NE	E	W
교목층						
고로쇠나무	44.1	33.2	30.9	26.6	24.8	27.6
서어나무	12.8	20.1	11.2	2.8	19.4	17.4
졸참나무	3.2	0.9	4.7	2.2	10.0	11.7
물푸레나무	11.2	10.8	-	3.1	1.7	5.1
들메나무	2.4	3.8	19.1	41.4	-	-
굴참나무	-	-	-	-	10.4	-
아교목층						
고로쇠나무	12.6	16.1	10.0	21.5	11.4	12.6
비목나무	9.5	11.0	11.2	0.6	3.7	2.9
사람주나무	11.0	3.3	7.8	-	11.7	13.8
당단풍나무	7.3	7.5	3.2	10.1	6.9	8.8
나도밤나무	3.3	10.9	0.6	-	15.4	9.1
까치박달	12.0	15.2	1.5	8.5	-	12.8
생강나무	3.9	5.0	14.2	3.3	0.3	-
함박꽃나무	3.7	1.2	9.5	15.6	-	-
관목층						
고로쇠나무	2.2	0.6	1.0	3.4	1.6	0.7
바위말발도리	34.7	8.6	34.7	22.8	12.9	25.5
개비자나무	10.3	13.7	1.5	0.8	0.7	4.7
박쥐나무	15.9	3.3	4.6	4.6	1.0	2.1
국수나무	3.3	14.0	14.7	3.4	-	-
생강나무	7.5	9.6	18.3	5.2	2.9	1.4
고추나무	1.0	10.7	0.6	0.8	3.4	5.7
산가막살나무	0.2	-	0.7	0.0	14.1	8.0
나래회나무	-	-	-	14.2	1.9	-
회잎나무	-	-	-	0.1	4.6	10.9

산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무의 상대우점치는 그림 3-6과 같다. 전반적으로 볼 때, 고로쇠나무 상대우점치가 최대치를 보이는 해발고는 백운산 지역은 700m, 지리산 지역은 900m, 조계산 지역은 400m이었다. 이것은 산정부의 해발고가 백운산 1,218m, 지리산 1,915m, 조계산 884m인 점을 고려할 때, 3개 산지 모두 산 높이의 50% 정도 해발고대이었다.

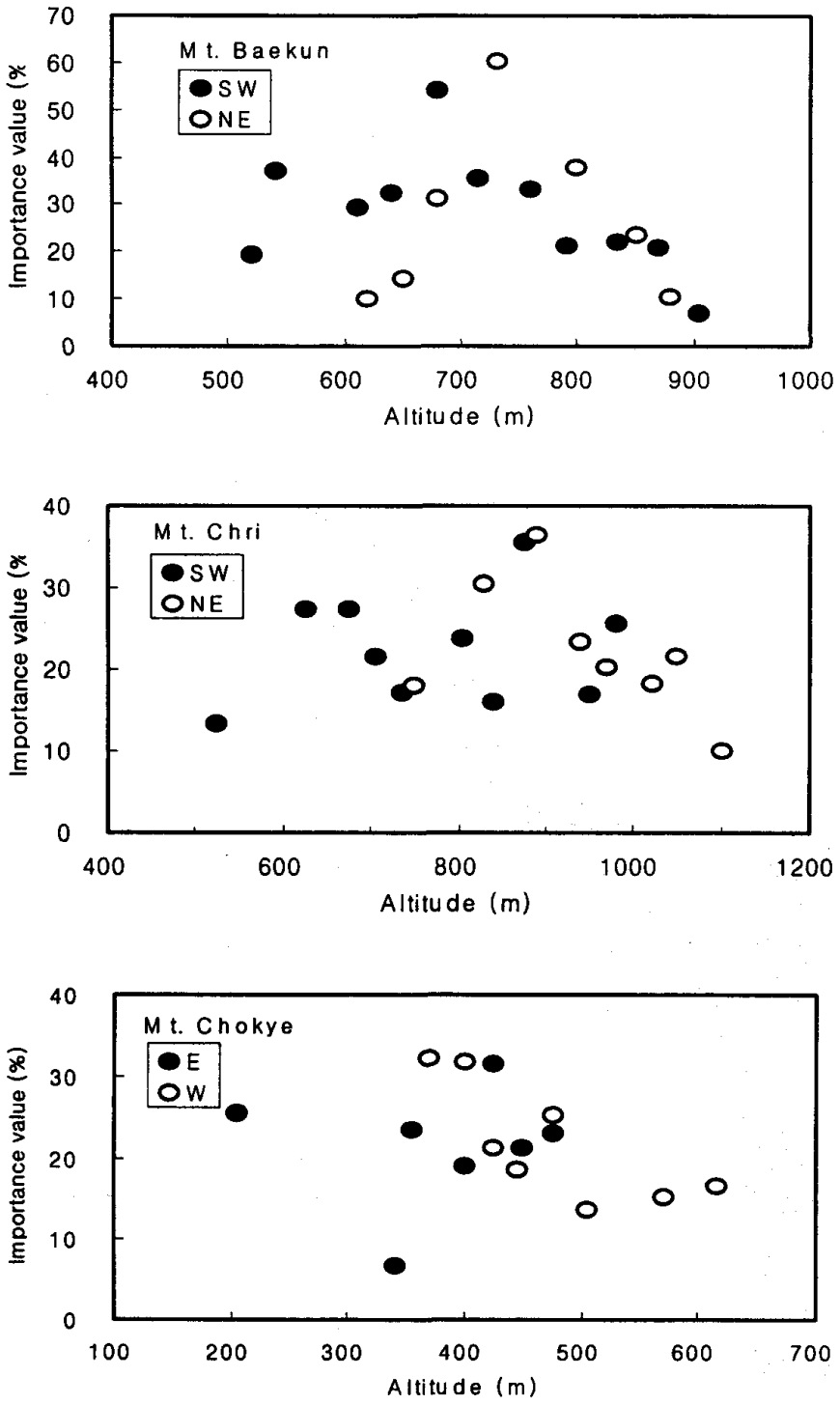


그림 3-6. 산지별, 사면별 해발고에 따른 고로쇠나무 교목층과 아교목층 전체의 상대우점치
(SW: 남서사면, NE: 북동사면, E: 동사면, W: 서사면)

표 3-9에서는 산지별, 사면별, 수관층별 종수, 종다양도, 균재도에 의한 종다양성을 나타냈다. 교목층의 출현종수, 종다양도, 균재도는 각각 14~20, 0.829~1.028, 0.683~0.854이었다. 교목층의 종다양도가 비교적 높은 산지는 조계산지역이었으며, 그러한 이유는 출현종수 보다는 균재도가 높기 때문이었다. 교목층에서의 출현종수가 가장 많은 백운산지역 남서사면의 경우 균재도가 낮기 때문에 즉, 고로쇠나무의 우점도가 높기 때문에 종다양도가 비교적 낮았다. 아교목층의 출현종수, 종다양도, 균재도는 각각 24~30, 1.199~1.254, 0.801~0.858이었으며, 관목층의 출현종수는 29~30 종이었다. 한편, 동일 산지인 백운산과 지리산의 노각나무 분포지(이상철, 1990)와 비교하면 본 조사지인 고로쇠나무 분포지는 노각나무분포지에 비하여 종수, 종다양도, 균재도가 전반적으로 높은 경향이었다. 이것은 고로쇠나무가 노각나무에 비하여 집단화도가 낮은 것을 시사하고 있다.

표 3-9. 산지별, 사면별 종다양성

	백운산		지리산		조계산	
	SW	NE	SW	NE	E	W
교목층						
종수	20	17	16	14	15	16
종다양도(H′)	0.889	0.985	0.917	0.829	0.993	1.028
균재도(J′)	0.683	0.801	0.761	0.724	0.844	0.854
아교목층						
종수	29	29	29	30	26	24
종다양도(H′)	1.225	1.254	1.230	1.183	1.199	1.149
균재도(J′)	0.838	0.858	0.841	0.801	0.847	0.832
관목층						
종수	31	29	30	30	37	30
종다양도(H′)	1.009	1.016	0.988	1.232	1.369	1.215
균재도(J′)	0.677	0.695	0.669	0.834	0.873	0.823

나. 임분동태 및 천연갱신

표 3-10, 11, 12에서는 지리산, 백운산, 조계산지역 교목류 수종의 1~2년생 치수와 관목층을 포함한 사면별 흉고직경급 분포를 나타냈다.

표 3-10. 지리산지역 교목류의 사면별 1~2년생 치수, 관목층 및 흉고 직경급별 밀도(본/ha)

사면 방향	수종	치수	관목층	흉고직경급(cm)					
				<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
SW	고로쇠나무	3	-	30	70	63	20	3	-
	비목나무	-	90	23	47	3	3	-	-
	사람주나무	-	17	33	17	-	-	-	-
	때죽나무	-	-	23	10	-	-	-	-
	나도밤나무	-	-	-	3	-	-	-	-
	서어나무	-	17	7	23	20	7	-	-
	당단풍	-	10	10	13	-	-	-	-
	졸참나무	-	10	7	3	7	-	-	3
	물푸레나무	-	3	-	-	-	-	-	-
	합다리나무	-	-	7	3	-	-	-	-
	까치박달	-	-	13	-	-	-	-	-
	들메나무	-	3	37	53	20	20	-	-
NE	고로쇠나무	38	67	96	92	54	8	4	-
	비목나무	471	125	-	4	-	-	-	-
	서어나무	-	-	-	8	4	-	-	-
	당단풍	179	92	46	17	4	-	-	-
	졸참나무	-	-	4	-	8	-	-	-
	물푸레나무	-	21	4	8	-	4	-	-
	까치박달	-	4	29	21	-	4	-	-
	들메나무	54	125	42	42	71	17	8	8

표 3-11. 백운산지역 교목류의 사면별 1~2년생 치수, 관목층 및 흉고 직경급별 밀도(본/ha)

사면 방향	수종	치수	관목층	흉고직경급(cm)					
				<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
SW	고로쇠나무	48	67	79	100	112	27	6	-
	비목나무	282	227	36	67	9	3	-	-
	사람주나무	88	148	82	36	6	-	-	-
	때죽나무	-	-	42	18	12	-	-	-
	나도밤나무	-	3	15	3	6	-	-	-
	서어나무	-	-	15	30	30	-	6	-
	당단풍	-	15	36	24	6	-	-	-
	졸참나무	-	6	6	-	9	3	-	-
	물푸레나무	-	3	45	42	15	9	-	3
	합다리나무	-	-	-	6	-	-	-	-
	까치박달	-	-	24	45	6	3	-	-
	들메나무	-	3	3	9	6	-	-	-
NE	고로쇠나무	10	19	38	67	71	33	10	-
	비목나무	57	181	62	52	14	-	-	-
	사람주나무	90	48	29	10	-	-	-	-
	때죽나무	-	-	19	19	-	-	-	-
	나도밤나무	-	-	43	29	10	-	-	-
	서어나무	-	-	10	5	19	19	10	5
	당단풍	5	38	62	14	-	-	-	-
	졸참나무	24	10	14	5	-	-	-	-
	물푸레나무	-	71	-	24	5	19	-	-
	합다리나무	-	5	5	-	24	-	-	-
	말채나무	-	-	-	-	-	5	-	-
	까치박달	-	-	29	48	10	-	-	-
	들메나무	-	5	14	10	10	5	-	5

표 3-12. 조계산지역 교목류의 사면별 1~2년생 치수, 관목층 및 흉고 직경급별 밀도(본/ha)

사면 방향	수종	치수	관목층	흉고직경급(cm)					
				<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
E	고로쇠나무	110	33	29	29	43	24	5	10
	비목나무	324	52	10	14	-	-	-	-
	사람주나무	14	57	86	24	-	-	-	-
	때죽나무	-	57	29	10	5	-	-	-
	나도밤나무	-	43	48	48	-	-	-	-
	서어나무	176	48	48	57	33	19	-	-
	당단풍	38	95	29	19	-	-	-	-
	졸참나무	10	10	10	10	14	10	5	-
	물푸레나무	38	19	10	5	5	-	-	-
	합다리나무	-	10	24	24	5	-	-	-
W	고로쇠나무	117	13	58	58	83	8	4	-
	비목나무	200	33	8	17	13	-	-	-
	사람주나무	108	29	129	17	-	-	-	-
	때죽나무	13	63	21	29	4	-	-	-
	나도밤나무	-	33	63	17	4	4	-	-
	서어나무	100	33	13	25	29	13	8	-
	당단풍	33	29	79	13	-	-	-	-
	졸참나무	-	-	-	4	17	13	8	-
	물푸레나무	-	-	8	17	8	4	-	-
	합다리나무	-	8	8	29	4	-	-	-
	까치박달	-	17	54	50	4	-	-	-

조계산지역은 고로쇠나무의 치수 발생량은 많은 반면 관목층내 밀도는 비교적 낮은 경향이었다. 치수 발생량과 관목층 밀도가 가장 낮은 지역은 지리산 남서사면 이었다. 1~2년생 치수를 제외할 때, 관목층을 포함한 직경분포형은 정규분포에 가까운 종형의 분포형이었다. 이것은 상층수관이 밀폐된 계곡부산림군집의 경우 하부의 광조건이 나쁘기 때문에 소경목의 고사율이 높다는 박인협(1986), Nakashizuka(1984) 등의 보고에 의하여 설명할 수 있다. 3개 산지를 전반적으로 볼 때 치수와 관목층 및 소경목의

밀도가 비교적 높은 수종은 비목나무, 사람주나무, 당단풍이었다. 당단풍은 표에서는 제시하지 않았으나 식생조사 결과 분기가 잘 되는 것을 알 수 있었는데, 이것은 교목하층의 적응된 형태라고 판단된다.

비목나무, 사람주나무는 직경급이 증가함에 따라 밀도의 감소 정도가 비교적 급한 것으로 나타났다. 이것은 치수발생율은 높은 반면 교목하층의 낮은 광조건에 대한 적응도가 낮아서 고사율이 높기 때문이라고 추정된다. 일반적인 극상수종인 서어나무(박인협, 1986)의 경우 백운산과 지리산지역에서는 치수와 관목층 밀도가 극히 낮았으나, 조계산지역의 경우에는 높게 나타남으로써 고로쇠나무와 경쟁상태에 있었다. 이상을 종합하면, 백운산지역과 지리산지역은 고로쇠나무 우점군집이 지속되며, 조계산지역의 경우 고로쇠나무와 서어나무가 종간경쟁을 할 것으로 판단된다.

표 3-13에서는 51개 조사구 전체의 고로쇠나무 1~2년생 치수, 관목층 밀도와 임황, 지황, 토양특성 등 주요 인자간의 상관관계를 나타냈다.

표 3-13. 고로쇠나무의 1~2년생 치수, 관목층 밀도와 임황, 지황, 토양특성간의 상관계수

	해발고	경사도	암반 나출도	상층 울폐도	흉고 단면적[a]	조릿대 피도	수분 지수
치수밀도	-0.19	-0.15^{ns}	-0.24^{ns}	0.02^{ns}	0.06^{ns}	-0.27^{*}	-0.19^{ns}
관목층밀도	0.11^{ns}	0.06^{ns}	0.18^{ns}	0.25^{ns}	0.40^{**}	-0.18^{ns}	0.16^{ns}
	모래	미사	점토	pH	유기물	전질소	유효 인산
치수밀도	-0.23^{ns}	-0.23^{ns}	-0.20^{ns}	0.17^{ns}	-0.17^{ns}	-0.16^{ns}	-0.19^{ns}
관목층밀도	-0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.03^{ns}	0.13^{ns}	0.25^{ns}	0.16^{ns}
	CEC		K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}		Na^{+}
치수밀도	0.09^{ns}		0.21^{ns}	0.30^{*}	0.27^{*}		-0.16^{ns}
관목층밀도	0.21^{ns}		0.25ns	0.21^{ns}	0.11ns		0.10^{ns}

[a] 고로쇠나무 흉고단면적, * 5% 수준 유의성, ** 1% 수준 유의성, ns 유의성 없음

고로쇠나무 관목층 밀도는 상층의 고로쇠나무 흉고단면적이 많을수록 유의적으로 높았으나, 고로쇠나무 치수 발생량은 상층의 고로쇠나무 흉고단면적과는 유의적인 상관관계가 없었다. 고로쇠나무 치수 발생량은 조릿대 피도와 유의적인 부의 상관관계가 있었으며, 토양내 Ca^{++}과 Mg^{++}함량과 유의적인 정의 상관관계가 있었다. 이것은 고로쇠나무 종자는 시편을 갖는 종자로서 바람에 의하여 비교적 폭 넓게 산포된다는 점을 고려할 때, 조릿대와 토양 내 Ca^{++}과 Mg^{++} 등의 양료가 치수 발생량에 영향한다는 것을 시사한다.

Nakashizuka와 Numata(1982a, 1982b)는 산죽류가 임상을 피복하고 있을 경우 치수발생을 억제하기 때문에 천연갱신이 어렵고, 목본류 밀도 감소의원인이 되며, 적정밀도의 가축을 방목함으로써 어느 정도 치수의 발생을 도모할 수 있다고 하였다. 본 조사결과 고로쇠나무 치수 발생량이 조릿대 피도와 유의적인 부의 상관관계가 있는 점을 고려할 때, 고로쇠나무의 치수발생 즉, 천연갱신을 도모하기 위하여 조릿대를 먹이로 하는 가축의 방목, 야생동물 보호, 조릿대 벌채이용 등의 방안이 필요하다고 판단된다.

고로쇠나무 치수발생량과 유의적인 정의 상관을 보인 토양내 Ca^{++}의 영향을 파악하기 위하여 별도의 묘포시험을 한 결과 석회 시비구는 무시비구에 비하여 고로쇠나무 종자의 발아율이 파종 28일 후부터 유의적으로 높았다(그림 3-7, 표 3-14). 복합비료와 요소의 경우 유의적인 차이가 없었다. 이것은 토양내 Ca^{++}이 고로쇠나무 종자의 발아를 도모하는 효과가 있으며, 고로쇠나무의 천연갱신을 위하여 석회시비가 필요한 것을 시사하고 있다.

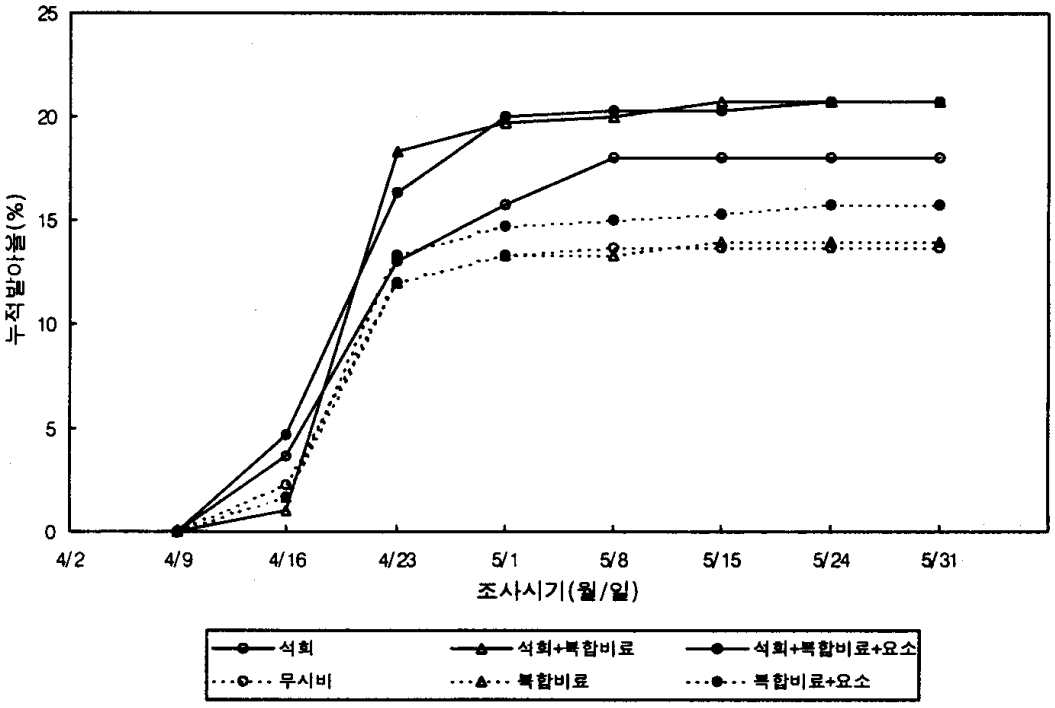


그림 3-7. 묘포에서의 시비처리 2×3요인실험 고로쇠나무 발아율

표 3-14. 묘포에서의 시비처리 2×3 요인실험 고로쇠나무 발아율 분산분석

	d.f.	조사시기(월/일)						
		4/16	4/23	5/1	5/8	5/15	5/24	5/31
		Mean square						
석회(A)	1	6.7^{ns}	53.4^{ns}	98.0^{*}	133.4^{**}	128.0^{**}	128.0^{**}	128.0^{**}
복합비료,요소(B)	2	6.2^{ns}	12.7^{ns}	12.7^{ns}	5.1^{ns}	6.5^{ns}	8.4^{ns}	8.4^{ns}
A×B	2	5.1^{ns}	10.9^{ns}	6.5^{ns}	2.1^{ns}	2.2^{ns}	2.2^{ns}	2.2^{ns}
Error	12	5.3	17.8	14.9	14.2	12.4	13.1	13.1

A : 2처리 (석회시비, 석회무시비)

B : 3처리 (대조구, 복합비료, 복합비료+요소)

표 3-15에서는 백운산지역 고로쇠나무 평균목 18주의 수령, 흉고직경, 수고와 부위별 현존량을 나타냈다. 고로쇠나무는 가지와 잎의 현존량 구성비의 개체간 변이가 비교적 심한 것으로 나타났다. 이것은 고로쇠나무 수

액량은 근계와 관련된 형질인 수관과 유의적인 상관관계가 있다는 박인협(1988)의 보고를 고려할 때, 줄기의 현존량 구성비의 개체간 변이가 심한 것이 고로쇠나무 수액의 개체간 변이가 심한 이유 중의 하나임을 시사하고 있다. 따라서, 고로쇠나무의 수액량을 증대시키기 위해서는 주변 타수종의 간벌 등을 통한 고로쇠나무 가지의 구성비를 높이는 천연림 무육이 필요하다고 할 수 있다.

표 3-15. 백운산지역 고로쇠나무 평균목의 성장 특성 및 단목현존량

사면	평균목 No.	해발고 (m)	수령 (yr)	DBH (cm)	수고 (m)	건중량 (kg/tree) 줄기	가지	잎	Total
SW	1	520	46	16.7	9.8	88.0 (72.1)	29.1 (23.9)	4.8 (4.0)	121.9 (100%)
	2	540	77	19.6	11.5	146.3 (82.2)	28.4 (16.0)	3.3 (1.8)	178.0 (100%)
	3	610	81	21.6	11.8	144.9 (81.9)	27.7 (15.7)	4.3 (2.4)	176.9 (100%)
	4	640	51	19.0	12.8	138.8 (91.7)	10.6 (7.0)	1.9 (1.3)	151.3 (100%)
	5	680	79	20.6	11.8	150.0 (86.3)	21.1 (12.2)	2.7 (1.5)	173.8 (100%)
	6	715	84	14.3	9.8	96.0 (80.9)	20.3 (17.1)	2.4 (2.0)	118.7 (100%)
	7	760	46	15.8	13.5	107.2 (86.3)	15.7 (12.6)	1.3 (1.1)	124.2 (100%)
	8	790	91	22.5	11.7	175.3 (80.3)	38.4 (17.6)	4.5 (2.1)	218.2 (100%)
	9	835	70	18.4	15.9	186.1 (86.0)	26.4 (12.2)	3.8 (1.8)	216.3 (100%)
	10	870	47	10.7	11.8	50.3 (91.0)	4.3 (7.8)	0.7 (1.2)	55.3 (100%)
	11	905	73	17.1	11.0	121.2 (84.2)	19.9 (13.9)	2.8 (1.9)	143.9 (100%)
NE	1	620	67	21.7	13.6	339.4 (89.3)	33.0 (8.7)	7.4 (2.0)	379.8 (100%)
	2	650	72	19.5	12.5	140.9 (77.6)	34.6 (19.1)	5.9 (3.3)	181.4 (100%)
	3	680	91	30.1	19.7	480.3 (90.1)	46.1 (8.7)	6.2 (1.2)	532.6 (100%)
	4	730	100	20.8	15.8	185.4 (87.1)	25.6 (12.0)	1.8 (0.9)	212.8 (100%)
	5	800	82	22.5	11.2	256.7 (94.2)	13.6 (5.0)	2.3 (0.8)	272.6 (100%)
	6	850	88	14.9	11.8	92.4 (80.1)	20.0 (17.3)	3.0 (2.6)	115.4 (100%)
	7	880	77	17.4	9.7	146.5 (87.2)	21.1 (12.5)	0.5 (0.3)	168.1 (100%)

표 3-16에서는 백운산지역 2개 사면에 조성한 갱신시험지의 처리 1년차 효과를 나타냈다. 천연갱신을 전제로 조릿대를 포함한 하층식생을 제거한 처리구와 대조구에서 고로쇠나무 치수는 2개 사면 모두 발생하지 않았다. 인공갱신을 전제로 조릿대를 포함한 하층식생을 제거한 후 고로쇠나무 종자를 직파한 처리구의 경우 발아율이 1% 정도로 극히 낮았다. 조릿대를 포함한 하층식생을 제거한 후 1-0묘를 식재구의 당년도 활착율은 64%이었으며, 1-1묘 식재구의 경우 55~69%이었다. 이것은 고로쇠나무 밀도 향상을 위한 인공갱신시 직파를 하는 것은 비효율적이며, 묘목을 식재하는 것이 바람직하다는 것을 시사한다. 천연갱신을 위한 조릿대의 제거 효과는 본 연구가 2년간의 연구인 점을 고려할 때, 조성 후 1년차 효과로서 판단하기는 어려움이 있으며 앞으로 장기적인 관측이 필요하다고 할 수 있다.

표 3-16. 백운산지역 고로쇠나무 갱신시험지별 처리 1년차 효과

처 리	농바위골 (SW)		삼밭골 (NE)	
	5/21	7/5	5/21	7/5
대조구 치수발생량	-	-	-	-
하층식생(조릿대) 제거구 치수발생량	-	-	-	-
하층식생(조릿대) 제거 후 직파구 발아율(%)	1.3	1.3	1.0	1.2
하층식생(조릿대) 제거 후 1-0묘 식재구 활착율(%)	85.2	64.2	93.8	64.2
하층식생(조릿대) 제거 후 1-1묘 식재구 활착율(%)	94.4	69.4	94.4	55.6

※ 직파 및 식재 시기 : 2001년 4월 7, 8일

3. 양묘기술

가. 종자품질검사

표 3-17에서는 고로쇠나무 종자의 품질검사결과를 나타냈다. 발아율은 냉습적저장 종자의 묘포발아율(표 3-18)이었다. 고로쇠나무의 종자의 순량율은 71%, 용적중은 526g/ℓ, 실중량은 162g/1000립, 1ℓ당 립수는 3,615, 1kg 당 립수는 7,033립이었다. 발아율과 효율은 각각 21, 15%이었다.

표 3-17. 고로쇠나무 종자 품질검사

	1반복	2반복	3반복	4반복	평균
순량율(%)	70	71	72	69	71
용적중(g/ℓ)	500	544	532	528	526
실중량(g/1000립)	160	162	166	159	162
1ℓ당 립수(립)	3440	3740	3680	3600	3615
1kg당 립수(립)	7010	7110	6960	7050	7033
발아율(%)	27	20	17		21
효율(%)					15

※ 발아율 : 냉습적저장 종자 묘포 발아율

나. 종자저장

고로쇠나무 종자의 저장처리별 평균 누적발아율과 Duncan의 다중검정 결과는 표 3-18과 같다. 파종 2주 후인 4월 16일에는 저장처리간 유의적인 차이가 있었다. 최종발아율은 저장처리간 유의적인 차이는 없었으나 냉습

표 3-18. 고로쇠나무 종자의 저장처리별 평균 누적발아율과 Duncan 다중검정

처리	조사시기(월/일)							최종발아율
	4/9	4/16	4/23	5/1	5/8	5/15	5/24	
상온저장	0	0.7b	12.7	15.3	15.7	16.0	16.7	16.7
냉습적저장	0	4.7a	18.3	20.0	20.0	21.0	21.3	21.3
변온저장	0	2.7ab	18.0	18.3	18.3	19.0	19.0	19.0
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

+ : 파종시기 4월 2일

++ : *(5% 수준 유의성), ns(유의성 없음)

+++ : a, b (5% 유의수준 Duncan 다중검정 ; 동일문자간 유의성 없음, 서로 다른 문자간 유의성 있음)

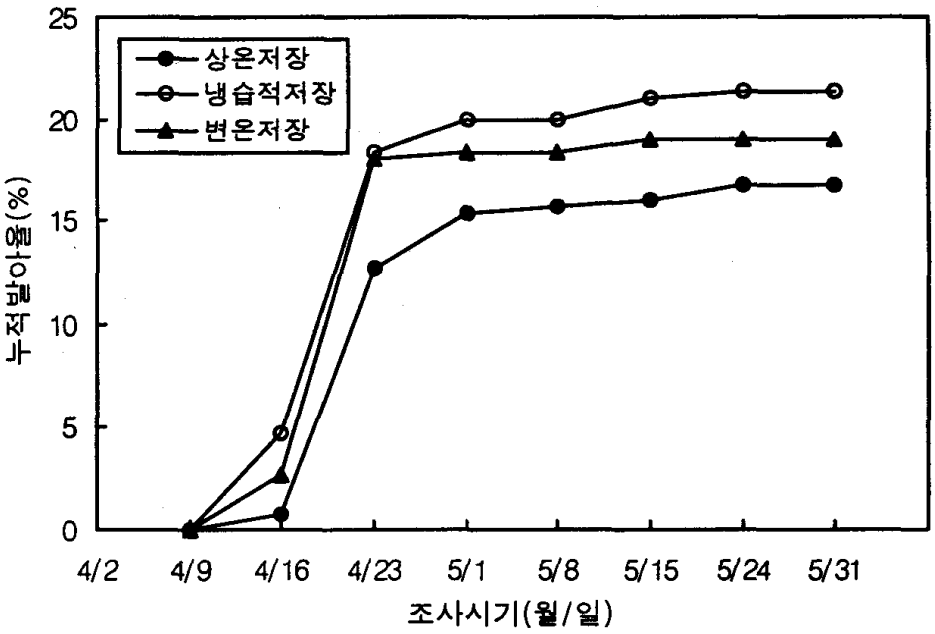


그림 3-8. 저장방법에 따른 고로쇠나무 종자의 누적발아율 변화

적저장 21.3%, 변온저장 19.0%, 상온저장 16.7%의 순으로 높았다. 한편, 3개 저장처리 모두 파종 후 3주 정도가 경과하면 발아율이 거의 극대치에 도달하였다(그림 3-8).

다. 시비

고로쇠나무 묘목의 시비처리별 평균 생육형질과 Duncan의 다중검정 결과는 표 3-19와 같다. 파종 약 3개월 후인 조사시기 7월 3일에는 묘목의 주근장과 뿌리 건중량에서 시비처리간 유의적인 차이가 있었으며, 2개 형질 모두 석회+복합비료, 석회비료, 석회+복합비료+요소, 대조구의 순으로 높았다. 당년생장이 완료되는 조사시기 10월 6일에는 묘목의 생육형질 모두 시비처리간 유의적인 차이가 있었다. 묘목 생육의 종합적인 척도라고 할 수 있는 전체 건중량과 T/R율을 고려하면, 석회+복합비료+요소 처리구에서 우량한 묘목이 생산되는 것으로 나타났다.

표 3-19. 고로쇠나무 묘목의 시비처리별 평균 생육형질과 Duncan 다중검정

조사시기	처 리	묘고 (cm)	근원경 (mm)	주근장 (cm)	건중량(g)				T/R율
					잎	줄기	뿌리	전체	
7월 3일	대조구	20.5	3.3	19.6ab	1.08	0.27	0.54b	1.89	2.87
	석회	21.7	3.6	22.2a	1.40	0.32	0.78a	2.50	2.40
	석회+복합비료	23.9	3.6	22.5a	1.54	0.38	0.85a	2.76	2.51
	석회+복합비료+요소	21.8	3.7	18.8b	1.55	0.33	0.73ab	2.60	2.96
	F-test	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
10월 6일	대조구	36.3b	6.9b	26.8b	3.4b	2.5b	6.6b	12.5b	0.91b
	석회	72.1a	9.9ab	37.7a	10.4a	10.0a	14.8a	35.2a	1.33a
	석회+복합비료	78.2a	11.8a	38.6a	12.5a	14.0a	17.8a	44.3a	1.45a
	석회+복합비료+요소	73.0a	10.0ab	37.5a	11.6a	13.4a	17.5a	42.5a	1.35a
	F-test	**	*	**	**	**	**	**	**

라. 생육밀도

고로쇠나무 묘목의 생육밀도 처리별 평균 생육형질과 Duncan의 다중검정 결과는 표 3-20과 같다. 근원경을 제외한 모든 생육형질에서 유의적

인 차이가 있었으며, 잔존본수 90주/㎡ 처리구에서 전체건중량과 뿌리의 건중량이 가장 높게 나타남으로서 우량묘목이 생산되는 것으로 나타났다.

표 3-20. 고로쇠나무 묘목의 생육밀도 처리별 평균 생육형질과 Duncan 다중검정

잔존본수 (주/m^2)	묘고 (cm)	근원경 (mm)	주근장 (cm)	건중량(g)				T/R율
				잎	줄기	뿌리	전체	
30주	64.6b	9.0	31.3b	6.3a	6.9a	8.7a	21.9a	1.44b
60주	60.2b	8.5	30.5b	5.1b	5.2b	7.4ab	17.7b	1.32c
90주	70.7a	9.1	34.5a	6.7a	6.8a	8.9a	22.5a	1.56a
120주	60.9b	8.2	30.8b	5.1b	4.6b	6.7b	16.3b	1.43bc
F-test	**	ns	**	**	**	*	**	**

마. 비음 및 광합성량

고로쇠나무 묘목의 비음처리별 평균 생육형질과 Duncan의 다중검정 결과는 표 3-21과 같다. 당년생장이 완료되는 조사시기 10월 6일에는 T/R율을 제외한 모든 생육형질에서 유의적인 차이가 있었다. 비음처리를 하지 않은 대조구에서 묘고, 근원경, 주근장, 건중량 등이 가장 높았으며, T/R율이 가장 낮았다. 본 시험의 경우 지속적으로 관수를 하였던 점을 고려할 때, 충분한 관수가 이루어진다면 고로쇠나무 묘목의 비음처리는 필요하지 않은 것으로 나타났다. 한편, 실험실내의 광합성측정장치에 의하여 온도별, 광도별 고로쇠나무 묘목의 순광합성량을 측정한 결과 20, 25, 30℃ 모두 PPFD 600 μmol m^{-2} s^{-1}에서 최대치를 보였다(그림 3-9). 동일 광도에서는 25℃가 20, 30℃ 보다 순광합성량이 많았다.

표 3-21. 고로쇠나무 묘목의 비음처리별 평균 생육형질과 Duncan 다중검정

조사 시기	처리	묘고 (cm)	근원경 (mm)	주근장 (cm)	건중량(g)				T/R율
					잎	줄기	뿌리	전체	
7월 3일	대조구	24.2	3.7a	19.6	1.29a	0.30a	0.58a	2.17a	3.19
	35%	23.5	3.4ab	20.4	0.94b	0.22ab	0.43ab	1.58b	3.23
	55%	24.6	3.2bc	20.9	0.85b	0.24ab	0.37b	1.45b	3.64
	75%	24.3	3.0c	18.1	0.77b	0.18b	0.38b	1.33b	3.50
	F-test	ns	**	ns	**	*	*	**	ns
10월 6일	대조구	66.7a	9.5a	37.0a	9.1a	8.9a	12.6a	30.7a	1.62
	35%	61.4a	7.3b	30.8b	6.2b	6.3b	7.8b	20.2b	1.70
	55%	57.0ab	6.4bc	29.1b	3.3c	3.5c	4.2c	11.0c	1.75
	75%	51.0b	5.6c	29.5b	2.2c	2.6c	3.1c	7.9c	1.84
	F-test	*	**	**	**	**	**	**	ns

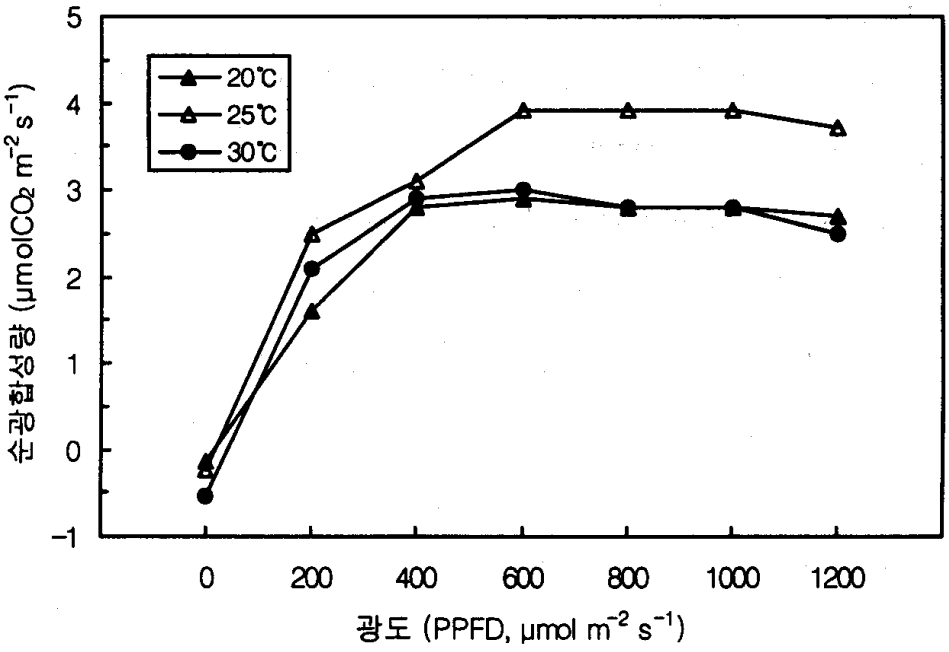


그림 3-9. 광도에 따른 고로쇠나무 묘목의 온도별 순광합성량

제4절 결 론

1. 최적생육환경 인자

고로쇠나무의 최적 생육환경인자로서 기상조건은 온량지수 50~90℃, Holdridge지수 6~12℃인 냉온대림지역이었다. 지형조건은 산 높이의 30~70% 해발고대의 계곡부 계천변이었으며, 북향사면이 남향사면보다 성장이 양호하였다. 토양조건은 수분함량 67.4±16.4%, 토양산도 5.2±0.4, 유기물함량 17.0±5.2%, 전질소함량 0.80±0.27%, 양이온치환용량 17.22±3.00cmol/kg, 염기포화도 31.0±14.0%인 식양토, 양토 또는 사양토이었다. 이것은 고로쇠나무의 확대 조성을 위한 인공조림시 토양수분, 보비력, 비옥도 등이 높은 토양으로 적지가 제한된다는 것을 시사하고 있다. 고로쇠나무 분포지내에서의 고로쇠나무 흉고단면적은 토양의 수분지수와 전질소함량이 높고 경사도와 Na^+함량이 낮을수록 증가하는 경향이었다.

2. 천연갱신

천연갱신과 관련된 임분구조와 동태를 조사한 결과 고로쇠나무 교목층의 밀도는 전체 조사지에서 81~200본/ha이었으며, 백운산, 지리산, 조계산 지역의 순으로 높았다. 교목층의 고로쇠나무 상대우점치는 24.8~44.1%이었으며, 백운산, 지리산, 조계산의 순으로 높은 경향이었다. 백운산 지역에서는 서어나무, 물푸레나무 등이, 지리산 지역에서는 서어나무, 들메나무 등이, 조계산 지역에서는 서어나무, 졸참나무 등과 교목층에서 혼효하고 있었다. 앞으로 백운산지역과 지리산지역은 고로쇠나무 우점군집이 지속되며, 조계산지역의 경우 고로쇠나무와 서어나무가 종간경쟁을 할 것으로 판단되었다.

고로쇠나무 치수 발생량은 조릿대 피도와 유의적인 부의 상관관계가 있었으며, 토양내 Ca^{++}과 Mg^{++}함량과 유의적인 정의 상관관계가 있었다. 따라서, 고로쇠나무의 치수발생 즉, 천연갱신을 도모하기 위하여 조릿대를 먹이로 하는 가축의 방목, 야생동물의 보호, 조릿대의 벌채이용 등의 방안이 필요하다고 할 수 있다. 천연갱신을 위한 조릿대의 제거 효과는 본 연구가 2년간의 연구인 점을 고려할 때, 조성 후 1년차 효과로서 판단하기는 어려움이 있었으며 앞으로 장기적인 관측이 필요하다고 할 수 있다. 고로쇠나무 치수발생량과 유의적인 정의 상관을 보인 토양내 Ca^{++}의 영향을 파악하기 위하여 별도의 묘포시험을 한 결과 석회시비구는 무시비구에 비하여 고로쇠나무 종자의 발아율이 유의적으로 높았다. 이것은 토양내 Ca^{++}이 고로쇠나무 종자의 발아를 도모하는 효과가 있으며, 고로쇠나무의 천연갱신을 위하여 석회시비가 필요한 것을 시사하고 있다.

3. 양묘기술

종자품질검사 결과 고로쇠나무의 종자의 순량율은 71%, 용적중은 526g/ℓ, 실중량은 162g/1000립, 1ℓ 당 립수는 3,615립, 1kg 당 립수는 7,033립, 발아율은 21%, 효율은 15%이었다. 종자 저장방법간 발아율은 유의적인 차이는 없었으나 냉습적저장 21.3%, 변온저장 19.0%, 상온저장 16.7%의 순으로 높았다. 시비처리 시험 결과 묘목의 생육형질은 모두 시비처리간 유의적인 차이가 있었으며, 전체 건중량과 T/R율을 고려하면, 석회+복합비료+요소 처리구에서 우량한 묘목이 생산되는 것으로 나타났다. 생육밀도 시험 결과 근원경을 제외한 모든 생육형질에서 유의적인 차이가 있었으며, 잔존본수 90주/㎡ 처리구에서 전체 건중량과 뿌리의 건중량이 가장 높게 나타남으로서 우량묘목이 생산되는 것으로 나타났다. 비음처리 시험 결과 모든 생육형질에서 유의적인 차이가 있었으며, 비음처리를 하지

않은 대조구에서 묘고, 근원경, 주근장, 건중량 등이 가장 높았으며, T/R율이 가장 낮았다. 본 시험의 경우 지속적으로 관수를 하였던 점을 고려할 때, 충분한 관수가 이루어진다면 고로쇠나무 묘목의 비음처리는 필요하지 않은 것으로 나타났다. 한편, 실험실내의 광합성측정장치에 의하여 온도별, 광도별 고로쇠나무 묘목의 순광합성량을 측정한 결과 20, 25, 30℃ 모두 PPFD 600 μmol m^{-2} s^{-1}에서 최대치를 보였다. 동일 광도에서는 25℃가 20℃, 30℃ 보다 순광합성량이 많았다.

제 4장. 산림소득 증진을 위한 고로쇠나무 경영관리시스템의 개발

요 약

이 연구는 고로쇠나무 수액채취관련 임업경영을 지원하기 위한 컴퓨터 software를 개발하기 위해 수행되었으며, software군은 데이터베이스 관리용 및 공간분석용 2가지로 구성된다. 이 중 데이터베이스 관리용은 고로쇠 수액을 생산하는 농가들에 관한 자료를 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스 관리체계로 개발되었다. 그 외에도 수액채취와 관련된 비용/수익 분석 기능과 고로쇠나무 inventory 관리 및 수액 생산정보를 관리하기 위한 모듈들이 내장되어 있다.

공간분석용 software는 생물·비생물학적 산림환경 입지분석과 수액채취자의 작업여건 등을 분석함으로써 산림의 고로쇠 수액생산 적합도를 평가한다. 적합도 판정에 영향을 미칠 수 있는 인자들로 수계로부터의 거리, 해발 고도, 토양 수분, 사면경사향, 음영조건 등의 비생물학적 인자와 임상조건, 영급 및 경급 등의 생물학적 인자를 선정하여 분석하였다. 또한 경영적 관점에서 고로쇠나무 임분에서 도로까지의 거리로 표현되는 접근성과 경사도에 따른 작업여건을 평가하였다.

데이터베이스 기반 및 GIS 기반의 software군은 통합환경에서 운용될 수 있다. 즉, 수액채취자에 관한 정보, 고로쇠나무 inventory 및 분배에 관한 정보 등을 상호 공유할 수 있다. 이러한 환경은 수액채취에 대한 대금징수의 결정, 고로쇠나무 inventory 및 수액생산 연혁 관리, 수액채취 감시 등 임업경영에 필요한 효율적인 정보관리도구로 활용이 가능하다.

SUMMARY

The objective of this study was to develop a computer software package to support forest managers working for *Acer pictum* var. *mono* sap production. The software package consists of two separate softwares; one for database management and the other for spatial analysis. The first one is a database management system (DBMS) to manage database of farmers producing sap. Also the software provides functions to analyze cost/profit of sap production and to manage the inventory of *Acer pictum* trees and sap production data over time.

The second one is a spatial analysis model to assess a sap production potential of forest stands as a function of abiotic and biotic environmental factors as well as working environments for field workers. In developing the model, considered items to influence sap production of *Acer pictum* were the environmental factors including the distance of stands from stream, elevation, soil moisture, slope, aspect and shade condition as abiotic factors and forest stand type, stand age class and stand diameter class as biotic factors. The distance of stands from forest road and the slope gradients were also considered as other major environmental factor affecting productivity of sap production.

The software package of the database-based and GIS-based softwares was developed to run in an integrated environment, in which the softwares run mutually interactive to exchange information on sap producers, tree allocation and tree inventory. With this running environment, the software package can be used as an efficient management information tool for forest managers to assess sap production fee, to manage inventory and sap production history, to monitor sap production over time, etc.

제1절 서 론

1. 연구배경 및 필요성

오래 전부터 산림부산물로서 고로쇠나무 수액이 산촌농가의 고부가가치 소득원이 되어 왔다. 특히 최근에는 고로쇠 수액의 장기저장 기술 개발 등에 의해 캔 음료 개발이 시도되는 등 일부 제품개발에 성공한 바 있어 고로쇠 수액생산량이 증가함에 따라 시장개척과 제품개발은 쉽게 이루어질 것으로 판단된다. 따라서 고로쇠 수액채취에 따른 경제 산업적 파급효과가 상당히 클 수 있는 것으로 기대된다.

반면 고로쇠 수액채취사업이 주로 개별 농가중심으로 이루어지기 때문에 매우 영세한 것이 특징이며, 합리적 경영·관리체계가 자리를 잡지 못하고 있다. 그로 인해 수액채취사업에 대한 정확한 실태파악이 되지 못하고 있고, 생산경영관리에 대한 이해도 매우 부족한 실정으로 앞으로 체계적인 접근이 필요하다

한편 고소득 자원으로서의 고로쇠나무 혹은 임분에 대해서는 일반적인 목재생산 위주의 임목관리보다 집약적인 보호·관리체계가 요구된다. 그러나 일반적으로 비교적 해발고가 높은 천연림 임분에서 생육하는 고로쇠나무의 특성으로 인해 임목관리나 수액채취에 많은 어려움이 따른다. 즉, 대개의 고로쇠나무는 작업이 힘든 산악지에 분포하고 있고 자연군락을 이루어 분포하기보다는 넓은 천연활엽수림에 낮은 밀도로 분포하기 때문에 접근성이 불리하여 관리가 어렵고 경영적 관점에서 많은 비용을 수반하는 것이 일반적이다.

따라서 이러한 분포특성을 지닌 고로쇠나무의 생태적, 경영적 입지특성은 물론 위치나 수액생산량 등에 대한 이해는 물론 수액채취 방법의 개선

등을 통해 지속적으로 생산성을 높이기 위한 노력이 요구된다. 또한 수액 채취를 위한 고로쇠나무의 경우 효율적 관리체계가 요구되며 향후의 단지 개념의 조림사업 등을 통해 장기적 관점에서 생산체계의 도입이 필요하다. 또한 고로쇠 수액채취 산업의 활성화를 위한 inventory 관리 및 투자효율을 평가하고 의사결정을 지원하기 위한 효율적 도구로 경영관리모델을 개발하여 보급할 필요가 있다.

문헌고찰에 의하면 고로쇠나무 혹은 고로쇠 수액 채취에 관한 연구가 최근 들어 비교적 다양하게 이루어지고 있다. 즉, 박인협(1986), 이경준 등(1995), 이돈구 등(1998)이 고로쇠나무 분포나 입지특성 등 조림·생리·생태적 관점의 연구를 수행한 바 있고, 김준선, 박인협, 장석모(1998), 안종만, 강학모, 김준선(1998), 안종만, 강학모(1998) 등이 고로쇠 수액생산량 예측 및 생산기술 개발, 효율적 유통구조나 판매 전략 등에 관한 연구를 수행하였다.

반면 고로쇠나무 수액생산경영을 지원하기 위한 연구는 거의 이루어지지 못한 실정으로 앞으로 데이터베이스, GIS, simulation기법 등의 전산정보기술 도입을 통한 효과적인 지원체계의 개발이 필요하다. 이러한 지원체계의 개발은 고로쇠나무 수액채취 산업을 효율적으로 지원하기 위한 방안이 될 수 있다. 즉, 고로쇠나무의 생육입지에 대한 분석과 이를 통한 수액생산량 추정은 물론 넓은 면적의 산지에 흩어진 고로쇠 수액채취권 관리 등의 목적으로 개발된 전산모델이 고로쇠 수액채취 산업의 효율적 경영·관리체계로 활용될 수 있는 것이다.

따라서 본 연구에서는 서울대학교 남부연습림 지역의 고로쇠 수액채취 지역을 연구대상으로 데이터베이스 및 GIS체계를 도입하여 현장에서 실무적으로 활용할 수 있는 고로쇠나무 경영관리 및 수액생산관리를 위한 지원시스템을 개발하고자 하였다.

2. 연구목적

이 연구의 목적은 고로쇠나무 및 수액채취 경영관리시스템을 개발하는 데 있으며, 연구목적을 성취하기 위한 세부적인 연구내용은 다음과 같다.

○ 고로쇠 수액채취 농가관리 데이터베이스 체계 모듈개발

○ 고로쇠 수액채취 비용분석 및 수익분석 모듈 개발

○ 고로쇠나무 생육입지환경 및 작업난이도에 따른 수액채취 경영여건 평가모듈 개발

○ 통합환경 구축을 위한 사용자 인터페이스와 편의 프로그램 개발

○ 개발된 고로쇠나무 경영관리시스템을 적용한 연구대상지 사례연구

3. 연구진행체계 및 전산시스템 개발 환경

가. 연구 접근체계

전산시스템은 계획, 분석, 설계 및 구현과 같은 일련의 진행과정을 거쳐서 개발될 수 있다. 고로쇠나무 경영관리를 위한 전산시스템 개발을 위한 본 연구의 진행도가 그림 4-1에 제시되어 있다.

전산시스템 개발을 위해서는 우선 전반적인 고로쇠 수액생산 경영·관리체계에 대한 이해가 요구된다. 따라서 연구대상지 현장 방문조사 및 문헌고찰을 통해 고로쇠 수액생산과 관련된 경영·관리 여건 및 생산체계에 관한 자료를 수집하고, 실무지원을 위한 시스템 개발 방향을 설정하였다.

이러한 개발 방향이 설정되면 고로쇠 수액생산을 위한 경영·관리 여건 및 실무체계를 분석하여 그 결과를 바탕으로 개발될 모델의 기본 기능 및 적용범위 등을 파악해야 한다. 즉, 현장 실무를 지원하기 위한 전산시스템이 inventory 관리, 수액채취 농가 관리, 경영분석 자료관리, 수액생산과 관

련된 입지환경 분석 및 평가와 같은 기능을 지닐 수 있도록 시스템의 기본 기능과 활용범위를 결정하고, 시스템 세부설계에 요구되는 정보 영역들의 상호 관련성 등 세부 모듈 설계를 위한 자료 분석을 수행해야 한다.

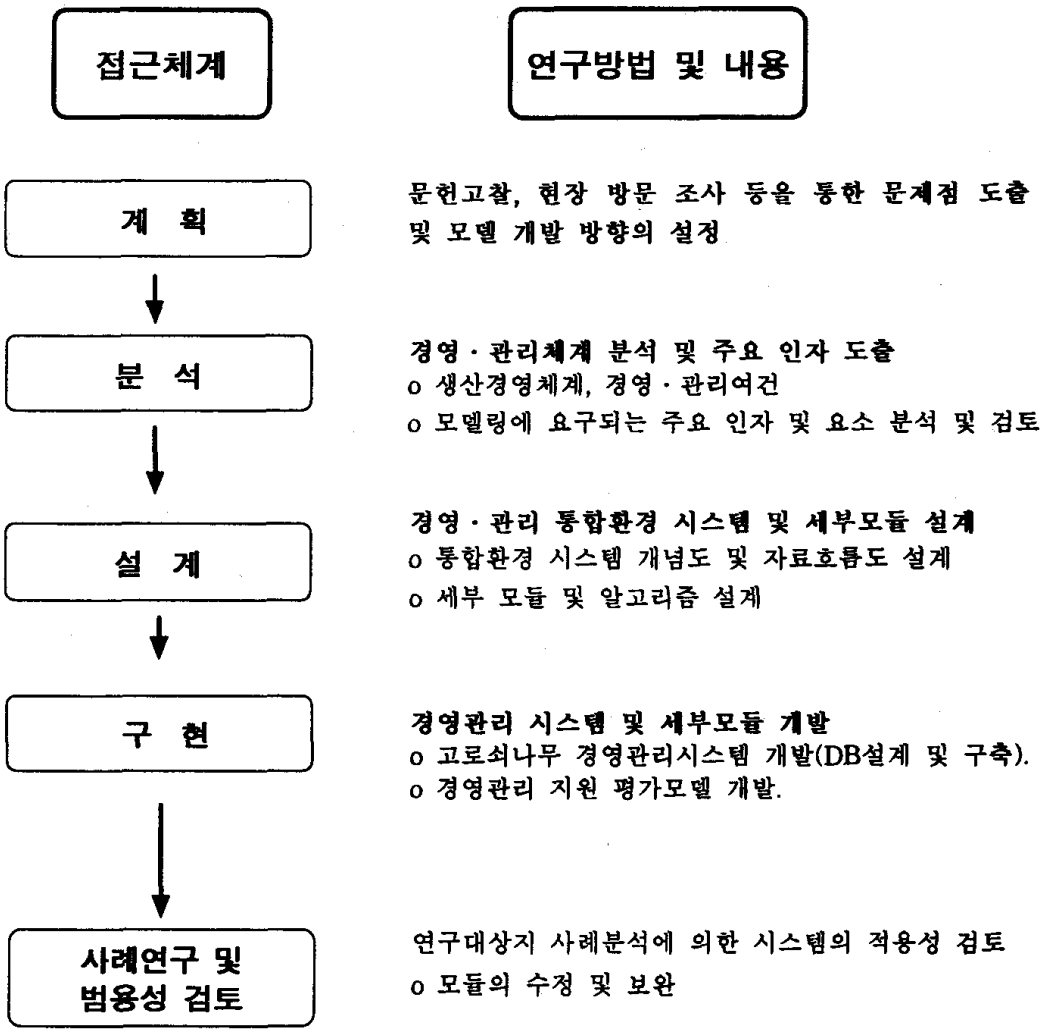


그림 4-1. 연구 진행도

이와 같은 분석 결과를 바탕으로 시스템의 전체적인 구조를 설계하고, 입출력 자료의 종류, 상하위 모듈간의 자료 공유체계, 모듈내 혹은 모듈간 자료 흐름 등을 정의해야 한다. 이러한 과정을 통해 여러 개의 모듈로 구

성되는 전체 시스템을 보다 효율적으로 운용할 수 있는 통합환경 구조의 설계가 가능하다.

구현단계에서는 전술한 통합환경시스템 설계를 토대로 개별 모듈의 개발에 요구되는 데이터베이스 및 GIS 등 개발 도구를 선정하고, 알고리즘 설계와 프로그래밍을 수행한다. 개별 모듈이 완성되면 통합환경 구축을 위한 인터페이스 및 제반 사용자 프로그램을 완성한다.

마지막으로 개발된 시스템에 대한 적용성 및 범용성에 대한 검토를 위해 사례분석을 수행하고, 이 과정을 통해 각 모듈에 대한 수정 및 보완을 통해 시스템을 완성한다.

나. 시스템 개발 환경

다양한 기능을 지니는 정보시스템 개발을 위해 데이터베이스 및 GIS 엔진을 선정하였다. 데이터베이스는 주로 현장 활용을 위한 자료관리의 효율성과 경영분야의 다양한 응용프로그램에 대한 지원 가능성을 고려하여 Microsoft사의 Access를 채택하였다.

연구대상지에 대한 공간분석은 ESRI(Environmental Systems Research Institute)사 제품군인 ArcView 3.1, Spatial Analyst 및 3D Analyst를 사용하여 고로쇠나무 경영관리 및 수액채취 경영관리에 요구되는 제반 인자들에 대한 분석을 수행하였고, 이를 통해 각종 주제도를 생성하였다. 생성된 주제도 검색과 관리를 위하여 MapObject를 엔진으로 장착, 공간분석 정보를 효율적으로 이용할 수 있도록 하였다.

그 외에 Microsoft Visual Basic 6.0을 이용하여 알고리즘의 구현이나 세부 모듈개발에 필요한 프로그래밍을 수행하였고, 편의 프로그램과 통합환경 인터페이스 모듈을 개발하였다.

제2절 고로쇠나무 경영관리 시스템의 개발

전술한 바와 같이 고로쇠나무는 천연활엽수림에 넓게 분포하여 위치 파악이 어렵고 수액 채취여건이 불리하므로 대개 접근성 등을 고려하여 산주가 고로쇠 수액채취권을 주민들에게 양도하는 형태로 운영된다. 대부분의 국유림이나 면적이 넓은 사유림의 경우에도 같은 방식으로 고로쇠 수액을 채취하고 있으며 본 연구의 대상지인 서울대학교 남부연습림도 계곡과 능선을 중심으로 채취구역을 분할하여 주민들에게 할당하고, 채취수수료를 징수하는 체계로 운영되고 있다.

이러한 현실에서 고로쇠나무 수액 자원을 합리적이고 효율적으로 관리하기 위해서는 고로쇠 수액을 채취할 수 있는 후보지역에 대한 수액생산성과 작업난이도를 파악하여 채취구역에 대한 등급평가가 이루어진 다음, 현지 주민에 대한 고로쇠나무 수액채취권 부여와 고로쇠나무 할당에 기초자료로 이용될 수 있어야 한다. 또한, 고로쇠 수액 경영을 위해서는 채취된 수액에 대하여 비용/수익 분석이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 고로쇠나무 경영관리시스템을 그림 4-2에서처럼 크게 수액 채취관리, 비용/수익 분석, 수액채취 구역평가 기능을 구현할 수 있도록 지리정보시스템과 DBMS를 이용하여 개발하였다.

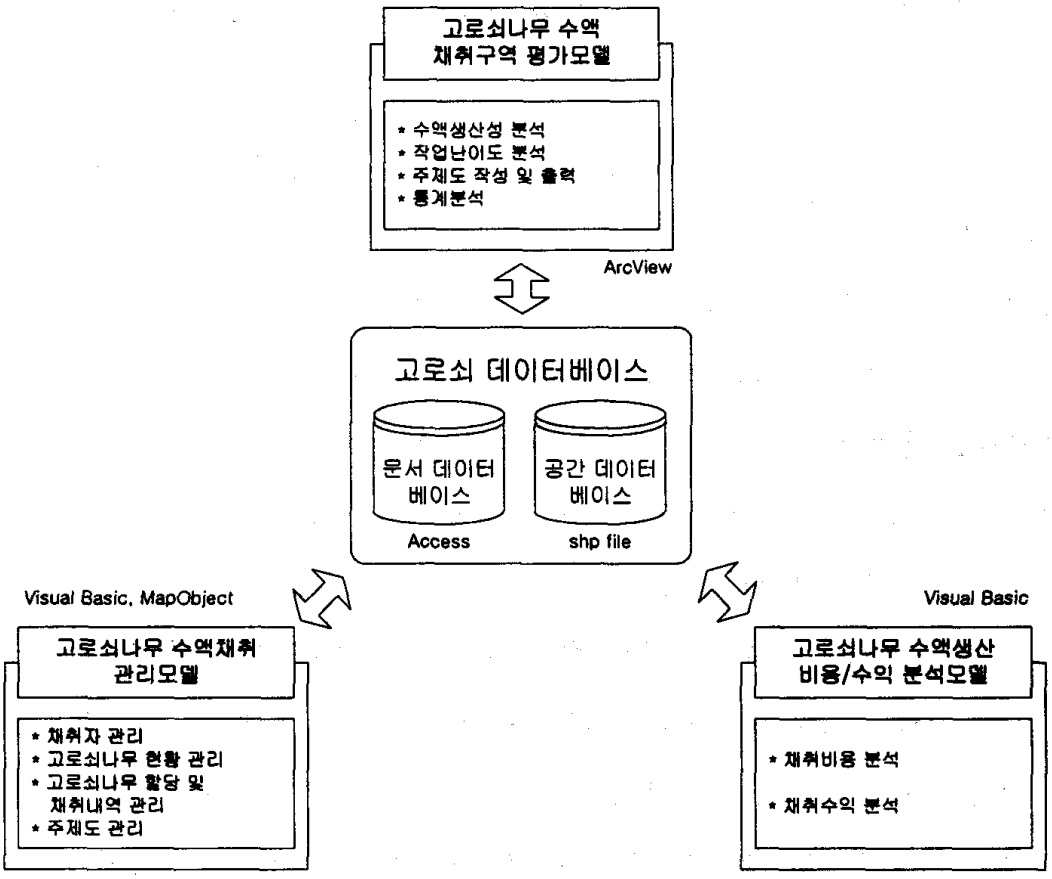


그림 4-2. 고로쇠나무 경영관리 시스템 개념도

첫 번째로 수액 채취관리 모델은 수액채취자 관리, 고로쇠나무 임분 관리 및 각종 공간분석 주제도를 관리하기 위한 모델로서, 문서자료 관리모듈과 공간자료 관리모듈로 구성된다. 문서자료 관리모듈은 채취자와 할당된 고로쇠나무에 대한 정보를 처리하며, 공간자료 관리모듈은 고로쇠나무 분포 등 각종 주제도를 쉽게 검색하고 관리할 수 있는 기능을 제공한다.

두 번째로, 비용/수익 분석모델은 고로쇠 수액채취와 판매에 따른 제반 재무분석을 수행하는 모델이다. 이 모델은 채취과정에 투입된 인적·물적 자원에 대한 대금인자를 산출하여 채취비용을 분석하기 위한 모듈과 채취수익을 분석하는 모듈로 구성되어 있다. 비용/수익 분석모델은 고로쇠 수액 채취비용과 수익분석을 위해 현재 이용되고 있는 임산물 대금사정표와

대금사정인자 조사서를 기반으로 구성하여 사용자와의 친밀감을 높였다.

세 번째로, 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델은 고로쇠 수액 생산성에 영향을 미치는 생물인자 및 입지환경인자를 이용하여 채취구역별로 고로쇠 수액생산성에 대한 분석을 수행할 수 있는 수액생산성 분석 모듈과 지형조건 및 접근성을 이용하여 작업난이도를 분석할 수 있는 작업난이도 분석 모듈로 되어 있다. 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델은 지리정보시스템의 공간분석기능을 이용하여 사용자가 입력한 인자별 가중치에 따라 고로쇠나무 수액채취구역 등급평가도를 작성하여 고로쇠 수액 채취구역 선정 및 관리에 기초자료로 활용될 수 있다.

1. 고로쇠나무 수액채취 관리모델

가. 모델의 기능과 구조

고로쇠나무 경영관리 시스템의 첫 번째 모델로써 고로쇠나무 수액채취 관리모델은 그림 4-3에서 제시하고 있는 바와 같이 문서정보를 관리하기 위한 문서자료 관리모듈과 공간정보의 검색 및 관리를 위한 지리정보시스템 기반의 공간자료 관리모듈로 구성되어 있다.

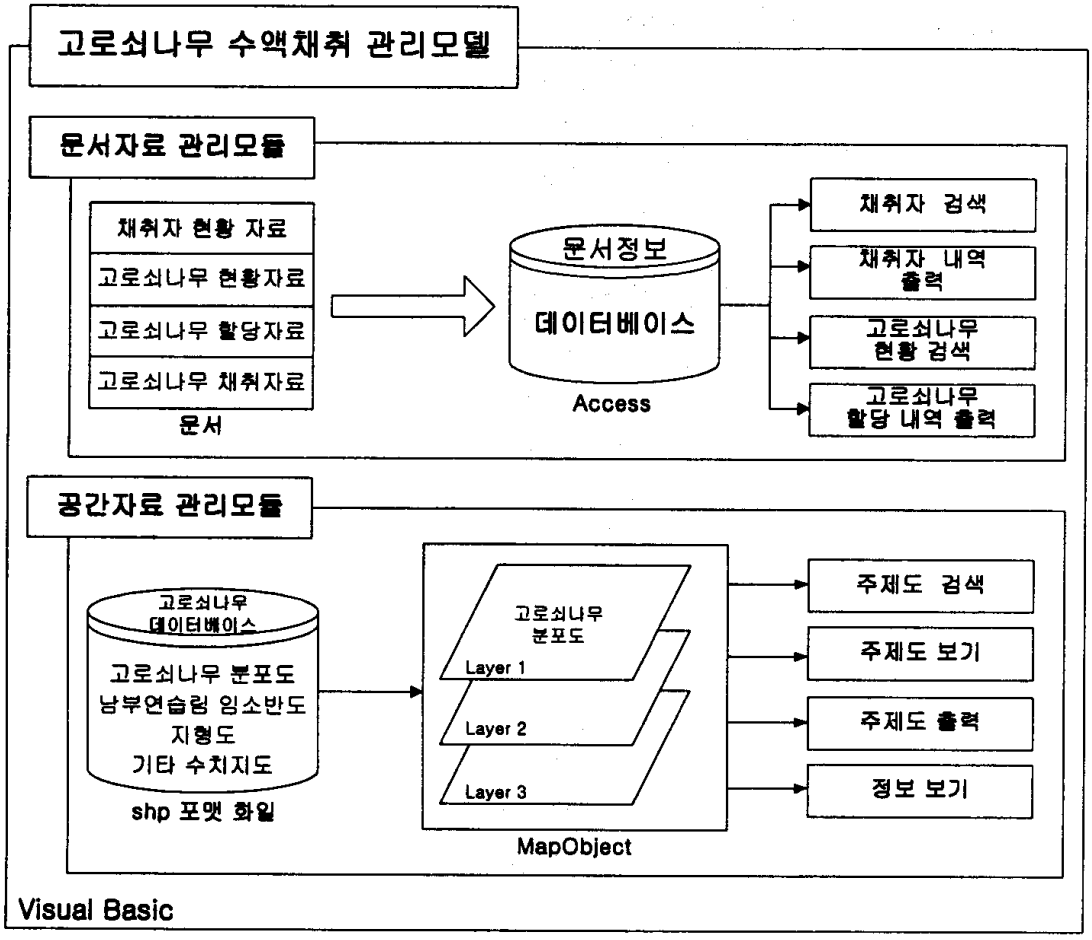


그림 4-3. 고로쇠나무 수액채취 관리모델의 개념도

문서자료 관리모듈은 채취자 관리, 고로쇠나무 현황, 고로쇠나무 할당 현황 및 채취 현황을 관리하기 위한 것으로 Microsoft Access를 기본 엔진으로 이용하였다. 공간자료 관리모듈은 고로쇠나무 분포도, 지형도, 임소반도 및 기타 고로쇠나무 관리에 요구되는 수치도면자료를 관리하는 기능을 지니며, MapObject를 기본 엔진으로 개발되었다.

이렇듯, 고로쇠나무 수액채취 관리모델은 문서자료 관리모듈과 공간자료 관리모듈로 분리되어 개발되었기 때문에 통합된 자료 관리를 위해서는 유기적인 연결고리가 필요하다. 따라서 그림 4-3에서와 같이 문서정보 데이터베이스와 지리정보 데이터베이스가 지역코드를 기반으로 생성한 key 코드에 의해 연결될 수 있도록 하였다.

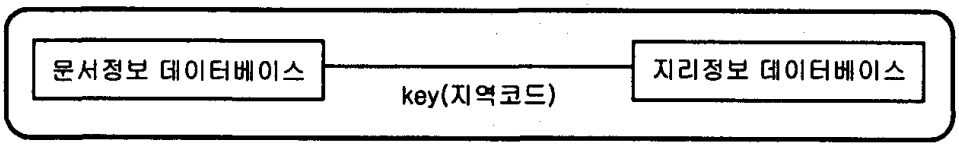


그림 4-4. key 코드에 의한 문서정보모듈과 지리정보모듈의 연결

한편 2가지 모듈 중 문서정보 관리모듈은 Microsoft사의 Acess를 이용하여 표 4-1에 제시되어 있는 수액채취자의 인적사항, 채취구역 및 채취신청에 관한 정보들과 고로쇠나무 inventory 정보의 입출력, 검색 등 문서자료들을 종합적으로 관리하는 기능을 지닌다. 그 외에 통합환경시스템의 운용 중 생성되는 자료들을 통합 관리하며, 지정된 출력 양식에 따라 정보를 출력하는 기능을 지닌다.

표 4-1. 문서정보 관리내역

구 분	정보 관리 내역
수액채취자 관리	채취자 인적사항 채취구역할당 내역 채취신청
고로쇠나무 현황 관리	임반별 고로쇠 본수 조사 임반별 고로쇠 분포지 코드 부여
채취구역 임목할당 관리기능	채취자별 채취구역 고로쇠나무 관리
수액채취현황 관리기능	고로쇠 수액 채취량 기록

공간자료 관리모듈은 MapObject를 엔진으로 사용하여 지리정보자료를 관리한다. 표 4-2에서 보이는 것처럼 고로쇠나무 분포 정보를 비롯한 고로쇠 수액채취 관리와 관계되는 제반 공간분석 주제도의 입출력 및 검색이 주 기능이다.

이 시스템에서 사용되는 주요 지리정보 자료에는 지형도, 임상도, 임소반도, 입지도, 지질도, 임도망도 등의 수치도면들이 포함되며, ArcView, Spatial Analyst 및 3D Analyst 등을 활용하여 생성한 다양한 주제도들이 이 모델의 엔진인 MapObject에 의해 관리될 수 있다.

본 연구에서 고로쇠나무 관리 및 수액채취 관련 분석에 활용한 산림환경입지 분포도면의 정보내역이 표 4-2에 제시되어 있다. 각종 주제도들이 내포하고 있는 정보들은 산림환경입지에 의한 수액생산량의 분석이나 작업난이도 평가 등에 의한 수액채취구역의 경영여건 분석 등에 필요한 입력자료로 활용될 수 있도록 하였다.

표 4-2. 공간분석 자료의 종류와 획득가능 정보

	종 류	획득가능 정보
공간 자료	지 형 도	경사, 고도, 향, 음영
	임 상 도	임상, 영급, 경급
	고로쇠 분포도	고로쇠 분포 위치, 수고, 영급,경급
	임소반도	임소반의 위치와 면적, 대표수종별 평균수고
	입 지 도	토양형
	지 질 도	모암 등 지질에 관한 정보
속성 자료	산림조사부	임소반별 지황, 임황 정보
	고로쇠 관리대장	임소반별, 채취구역별 고로쇠나무 본수

나. 모델의 설계 및 개발

고로쇠나무 수액채취 관리모델을 설계하기 위하여 우선 수액채취 관리체계에 대한 자료 흐름도를 작성하여 모델이 운영되는 모습을 검토하였다. 이것을 토대로 데이터 베이스를 설계하였다.

1) 수액채취 관리체계의 자료흐름도(Data Flow Diagram; DFD)

그림 4-5는 수액채취 관리체계의 자료흐름도를 보여주고 있다. 이 그림에 의하면 고로쇠나무 수액채취 관리체계를 채취자와 관리자로 구성되는 2개의 단말(External Entity), 채취권 신청, 고로쇠나무 현황 작성, 고로쇠나무 할당, 채취량 기록, 주제도 보기와 같은 5개의 처리(Process), 채취권 현황, 고로쇠나무 현황, 고로쇠나무 연혁, 고로쇠나무 채취현황, 고로쇠나무 할당현황 및 주제도 파일과 같은 6개의 자료저장소(Data Storage)로 구성할 수 있다.

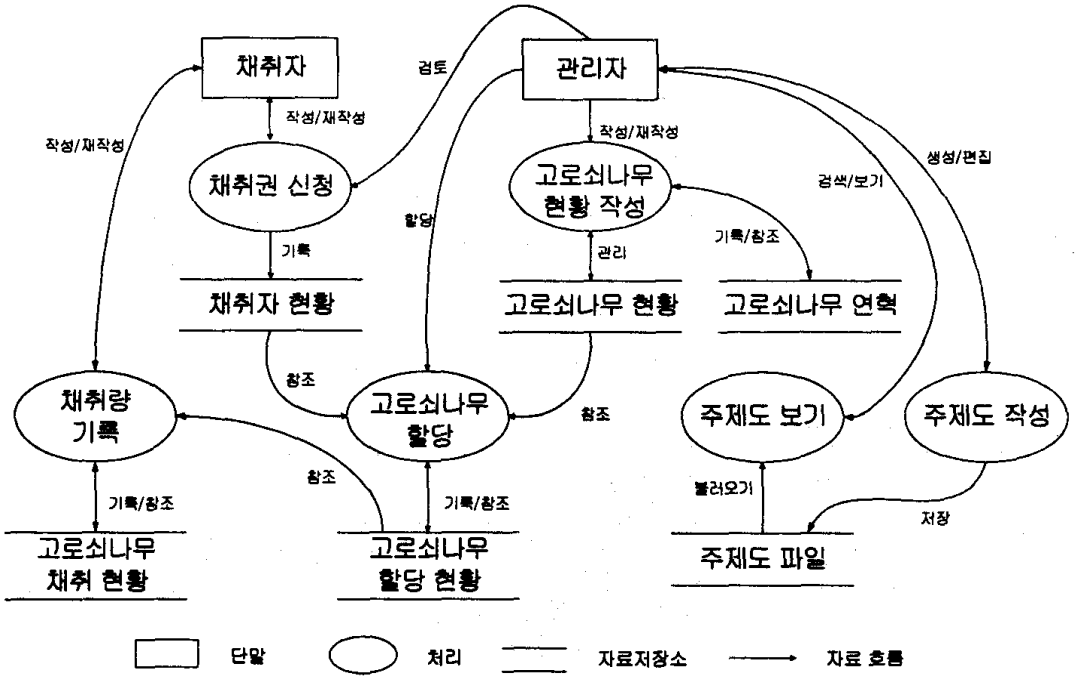


그림 4-5. 고로쇠나무 수액채취 관리체계의 자료흐름도

가) 단말(External Entity)

단말은 자료를 발생하거나 처리된 자료를 이용하는 사람 또는 조직으로서 시스템의 범주 밖에 존재한다. 그림 4-5는 연구대상지인 서울대학교 연습림의 고로쇠 수액채취 관리체계를 대상으로 작성된 것으로 개념상 단말을 채취자와 관리자의 두 주체로 구분하였다. 그러나 실제에 있어서는 채취자가 관리자에게 업무를 대행하도록 하는 경우 관리자와 채취자가 동일한 역할을 대신할 수도 있다.

나) 처리(Processing)

처리는 입력되는 자료가 최종 출력자료로 변환할 때까지의 자료처리과정을 의미한다. 즉, 채취자가 채취권을 신청하면 관리자는 신청서를 검토하여 타당할 경우 채취자 현황을 작성하고, 작성된 내용을 참조하여 고로쇠

나무를 할당한다. 이 과정에 관리자는 고로쇠나무에 대한 현황을 파악하여 고로쇠나무 현황과 고로쇠나무 현황 연혁을 기록하며, 할당 결과를 고로쇠나무 할당 현황에 기록한다. 그리고 채취자는 일정 기간마다 고로쇠 수액 채취량을 관리자에게 보고해야 하며, 관리자는 채취량 현황을 기록한다.

주제도 보기는 관리자가 .shp 포맷의 파일로 저장된 고로쇠 분포도나 임소반도 등을 검색하여 참조할 경우에 이루어진다. 주제도는 본 모델이 아닌 Arcview, Arc/Info 등의 외부 GIS(Geographic Infomation Systems) 엔진으로 생성된다.

이러한 고로쇠 수액채취 관리를 위한 6개의 자료전산처리 내용이 표 4-3에 나타나 있다. 6개의 자료전산처리 내용 중 주제도 작성은 외부에서 생성되어 입력되는 부분이므로 실제 본 모델의 자료처리과정은 모두 5개가 된다.

표 4-3. 처리과정별 처리 내용

처리명	처리내용
채취권 신청	· 채취자의 인적사항과 등록사항에 대한 자료들이 처리된다. 신규 채취자의 경우에는 인적사항과 등록사항이 새로 작성되고, 기존 채취자의 경우에는 등록사항이 갱신된다. · 처리된 내용은 채취자 현황에 저장한다.
고로쇠나무 현황 작성	· 산림 조사를 통해서 얻어진 고로쇠나무의 본수를 임반별, 지역별, 경급별로 기록한다. · 고로쇠나무 현황에 저장한다.
고로쇠나무 할당	· 채취자 현황과 고로쇠나무 현황에 저장된 내용을 토대로 고로쇠나무 채취자에게 할당한다. · 고로쇠나무 할당 현황에 저장한다.
채취량 기록	· 할당된 지역별로 채취된 고로쇠 수액의 양을 기록한다. · 고로쇠나무 채취 현황에 저장한다.
주제도 보기	· 주제도 파일에 저장된 주제도 내용을 불러와서 볼 수 있다.
주제도 작성	· 주제도를 생성하고 편집하는 처리로 본 모델이 아닌 외부 시스템에서 이루어진다. · 주제도 파일에 저장한다.

다) 자료저장소(Data Storage)

자료저장소는 디스크, 데이터베이스 등의 시스템에 머물고 있는 자료군의 집합으로 표 4-4에 자료저장소와 각 자료저장소의 저장내용이 나타나 있다. 그러나 이 표에서 제시된 내용은 포괄적인 것으로 구체적인 내용은 뒤에 설명되는 테이터 사전 및 테이블 구조에서 자세하게 설명한다.

본 모델에서는 전술한 자료전산 처리과정을 거치면서 생성된 결과들이 자료저장소에 저장되는데 문서자료는 Microsoft사의 Access에 의해 mdb file format으로 관리되고, 지리정보자료는 MapObject에서 지원하는 파일형태인 shp file format으로 관리된다.

표 4-4. 자료저장소별 자료 저장 내용

자료저장소명	저장 내용
채취권 현황	· 채취자 신청 처리에서 발생한 채취자의 인적사항과 등록사항에 대한 자료들이 저장된다. · 데이터베이스의 인적사항 테이블과 등록사항 테이블에 기록된다.
고로쇠나무 현황	· 고로쇠나무 현황작성 처리에서 생성된 임반별, 지역별, 경급별 현재의 고로쇠나무 본수가 저장된다. · 고로쇠나무현황 테이블과 고로쇠나무본수 테이블에 기록된다.
고로쇠나무 연혁	· 고로쇠나무 현황작성 처리에서 생성된 내용이 일자별로 저장된다. 고로쇠나무 현황의 경우에는 가장 최근의 자료가 기록되는 반면 고로쇠나무 연혁에는 기존의 내용도 저장된다. · 고로쇠나무연혁 테이블에 기록된다.
고로쇠나무 채취 현황	· 채취량 기록 처리에서 작성된 채취자별, 지역별 채취량이 저장된다. · 고로쇠나무채취현황 테이블에 기록된다.
고로쇠나무 할당 현황	· 고로쇠나무 할당 처리에서 채취자별로 할당된 내용이 저장된다. · 고로쇠나무할당현황 테이블에 기록된다.
주제도 파일	· 외부 시스템에서 생성되고 편집된 주제도가 저장된다. · 파일타입은 shape 이다.

2) 데이터 사전 및 테이블 구조

앞서 살펴 본 자료흐름도를 토대로 데이터베이스를 설계하였다. 구체적인 테이블 구조설계 이전에 데이터 사전을 작성, 데이터 개체를 정의하고 세부 구현항목을 결정함으로써 데이터베이스 설계의 바탕을 마련하였다.

가) 데이터 사전(Data Dictionary)

데이터 개체는 데이터 베이스에서 표현하려고 하는 정보의 대상을 의미하며, 파일 구성 측면에서는 하나의 레코드(record)로 표현되어 자료저장소에 보관 혹은 관리된다. 고로쇠나무 수액채취 관리체계에서 이용되는 자료는 각 자료의 개체들에 대한 속성들에 의해 파일구조가 결정되므로, 데이터베이스 설계를 위해 각 자료 개체에 대한 데이터 사전이 필요하다.

표 4-5는 본 모델 설계에서 이용된 데이터 사전을 제시하고 있다. 이 표에서 이름은 데이터베이스 구조의 테이블을 의미하고, 자료 항목은 각 테이블을 구성하는 필드가 된다.

표 4-5. 데이터 사전

이 름	자 료 항 목
인적사항	=번호+성명+주민등록번호+전화번호+핸드폰+우편번호+특별광역시도+시군구+읍면동+리+기타주소+지속여부
등록사항	=번호+등록일+등록마감일+비고
고로쇠나무 현황	=임반+지역코드+속칭지명+총주수+조사일
고로쇠나무 본수	=지역코드+경급+주수+남은주수
고로쇠나무 연혁	=임반+지역코드+경급+주수+조사일
고로쇠나무 할당현황	=번호+지역코드+할당일+경급+주수
고로쇠나무 채취현황	=번호+지역코드+실채취량+채취량기록일

나) 테이블(Table) 구조

데이터 베이스가 갖는 주요한 기능 중의 하나는 불필요한 중복을 없애고 논리적 구조를 통해 관련된 자료를 연결시켜 주는 것이다. 데이터베이스 시스템에서 흔히 사용되는 논리적 구조에는 계층구조(hierarchical structure), 네트워크 구조(network structure), 관계형 구조(relationship structure) 등이 있으나, 본 연구에서는 일반적으로 가장 많이 사용되는 관계형 구조를 채택하였다. 관계형 데이터 구조는 상대적으로 단순하여 이해가 쉽고 구현이 간단할 뿐만 아니라 레코드들간의 관계를 동태적으로 설정할 수 있어 자료의 확장에 유리하다(소영일과 이종민, 1994).

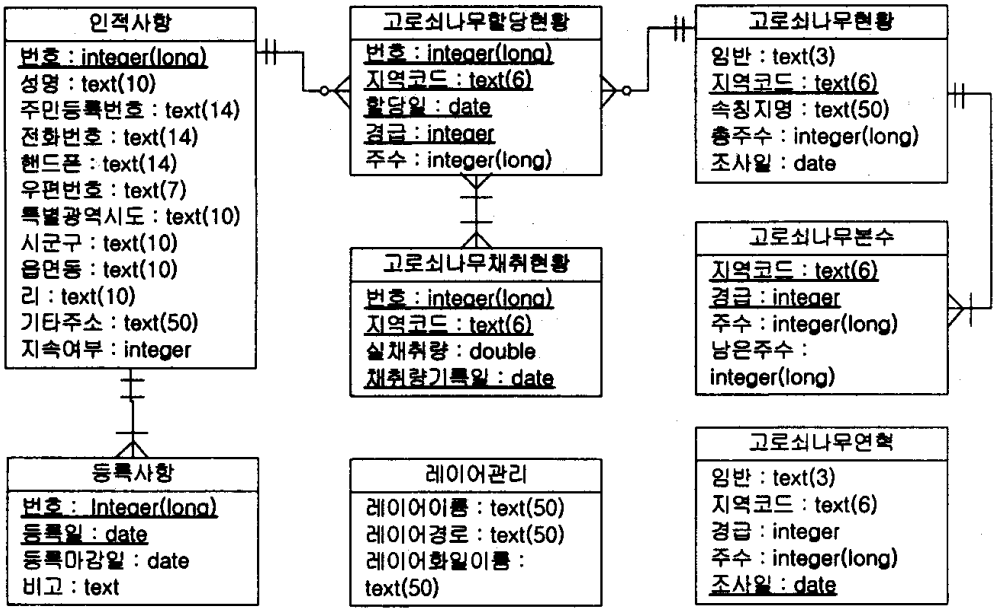


그림 4-6. 고로쇠나무 수액채취 관리체계의 ERD

고로쇠나무 수액채취 관리체계에 대한 관계형 데이터 구조를 설계한 결과가 그림 4-6의 개체-관계 모델 다이어그램(Entity-Relationship Model Diagram; ERD)으로 제시되어 있다. 이 그림에서 각 박스의 상단에는 해당하는 테이블 이름을 보여주고 있고, 하단에는 필드 내역이 기술되어 있다.

각 필드내역에서 콜론(:)의 왼쪽에 테이블의 필드(field)명이 그리고 오른쪽에는 데이터 형식과 크기가 나타나 있다. 각 테이블의 의미 및 역할은 표 4-4, 5에 제시한 바와 같다.

ERD에서 주목해야 할 테이블은 고로쇠나무 할당현황 테이블, 고로쇠나무 채취현황 테이블, 고로쇠나무 연혁 테이블, 레이어 관리 테이블 등이다. 고로쇠나무 할당현황 테이블과 고로쇠나무 채취현황 테이블은 할당일과 채취량을 기록한 날짜에 대한 기록을 포함하게 함으로써 연혁정보 추출을 자동화할 수 있는 체계로 개발되었다.

고로쇠나무 임분에 관한 연혁 테이블(고로쇠나무 연혁테이블)은 산림조사 자료에 속하는 것으로 다른 테이블과 참조관계가 없는 독립적인 테이블이기 때문에 관계를 설정할 필요가 없다. 또한 레이어 관리 테이블은 시스템에서 주제도 파일을 불러왔을 때 주제도 파일의 이름과 경로 그리고 시스템에서 부여한 이름들을 기록하기 위한 것이다. 이 테이블은 시스템이 시작되었을 때 이전에 열었던 주제도를 자동으로 불러오는 기능을 지니고 있어 매번 주제도를 불러와야 하는 번거로움을 없애기 위한 것이다.

2. 고로쇠나무 수액생산 비용/수익 분석모델

가. 비용/수익 분석 방법

고로쇠나무 수액채취에 대한 비용/수익 분석은 고로쇠나무 수액채취 경영관리에 있어서 매우 중요한 부분이다. 이러한 비용/수익 산출 과정이 그림 4-7에 제시되어 있다.

이 그림에서 보이는 것처럼 고로쇠나무 수액채취의 비용/수익 분석 혹은 대금사정의 과정은 크게 3단계로 구분할 수 있다. 즉, 기초자료 입력에 의한 기초 사항의 계산, 작업비용 및 물품구입 비용산출을 위한 대금사정

인자에 대한 비용계산 그리고 산원당 대금 및 수익을 산출하는 대금사정으로 구분된다.

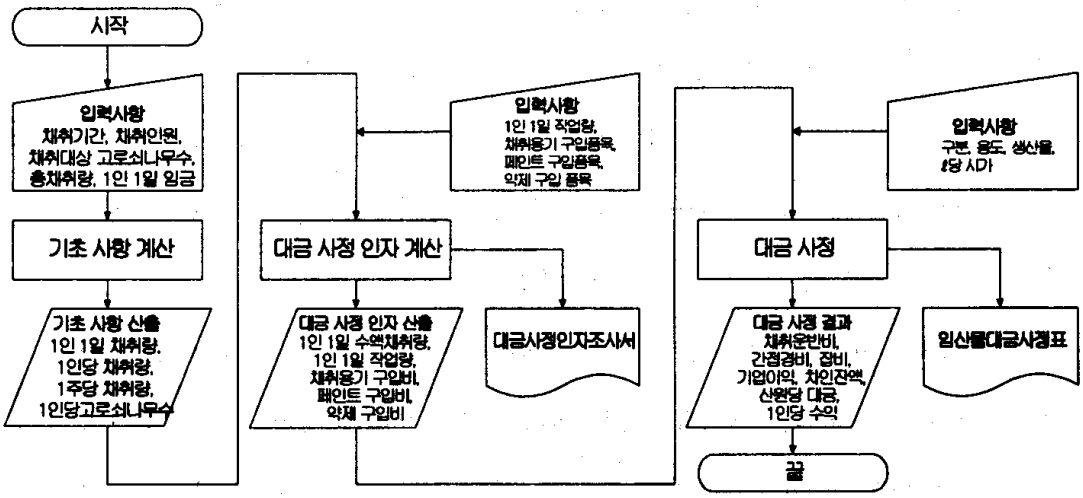


그림 4-7. 고로쇠나무 수액생산 비용/수익 분석모델의 전체 흐름도

1) 기초 사항 계산식

이러한 분석을 위해서는 우선 수액채취에 관한 일반정보를 취득한 후, 수액 단위채취량(1ℓ)에 소요되는 물품구입 비용을 산출하고, 단위 채취량당 운반비용, 간접경비 및 장비비용을 더해 주면 단위 채취량당 채취비용이 산출된다. 단위 채취량당 채취비용에 생산량을 곱해주면 총비용(원/ℓ)이 산출되며, 단위 수액량당 시가와 산주(기업)이익을 산출하여 정산하면 산원당 대금 및 1인당 수익이 산출된다.

이러한 분석을 위한 계산식들이 표 4-6, 7, 8에 나타나 있으며, 표 4-6은 수액채취 기초조사 과정에 이용되는 채취량 및 채취 본수에 관한 계산식들을 정리한 것이다.

표 4-6. 기초 조사 항목 계산식

항 목	계 산 식
1인당 채취량 (ℓ/ 인)	$\frac{\text{총채취량}}{\text{채취인원}}$
1주당 채취량 (ℓ/ 주)	$\frac{\text{총채취량}}{\text{채취대상고로쇠나무수}}$
1인 1일 채취량 (ℓ/ 인 / 일)	$\frac{\text{총채취량}}{\text{채취기간}\times\text{채취인원}}$
1인당 고로쇠나무수(본 / 인)	$\frac{\text{채취대상고로쇠나무수}}{\text{채취인원}}$

2) 작업비용 및 물품비용 계산식

비용사정 인자는 비용 사정에 적용되는 인자들을 조사하여 정리한 것으로 수액채취 대금 사정의 기초가 된다. 수액채취에 필요한 기본적인 작업으로 수액채취 작업, 용기설치 작업, 용기제거 작업, 페인트 도색작업, 상처유합제 도포작업 등이 있다. 사정 인자 조사 단계에서는 이러한 작업에 소요되는 작업비용과 채취용기, 페인트, 약제(상처유합제) 등 소요되는 물품취득 비용을 표 4-7에 제시된 식에 의해 산출하여 ℓ당 수액채취에 소요되는 비용을 계산하게 된다.

표 4-7. 대금 사정 인자

항목(인자)	계산식
수액채취	1인 1일 채취량
용기설치, 용기제거, 페인트 도색, 상처유합제도포	1인 1일 작업량(입력)
채취용기구입비	$\sum(\frac{\text{세부품목별단가}\times\text{수량}}{\text{1인당채취량}})$
페인트 구입비	$\sum(\frac{\text{세부품목별단가}\times\text{수량}}{\text{1인당채취량}})$
약제 구입비	$\sum(\frac{\text{세부품목별단가}\times\text{수량}}{\text{1인당채취량}})$

3) 산원당 비용 및 수익 사정식

대금 사정은 사정 인자 조사에서 조사된 인자들을 적용하여 고로쇠나무 수액채취에 쓰인 ℓ당 총 비용을 구하고 ℓ당 시가에서 그 값을 제한 산원당 대금을 구하는 과정이다. 구해진 산원당 대금에 1인당 채취량을 곱하면 1인당 수익이 산출된다. 대금 사정 인자 조사과정에서 보였던 비용인자들에 대해 수액 ℓ당 비용을 계산한 값들의 합계를 구하면 된다. 표 4-8에 대금 사정 시 이용된 계산식들이 제시되어 있다.

표 4-8. 대금 사정 항목

항목(인자)	계산식
채취운반비	$\frac{1인1일임금}{수액채취} + 채취용기구입비$
용기설치비 용기제거비 페인트도색비 약제도포비	$\frac{1인1일임금}{1인1일작업량 \times 1인당고로쇠나무수}$
간접경비	용기설치비+용기제거비+페인트도색비+약제도포비
잡비	페인트 구입비+약제 구입비
기업이익* (손실처리율 5%)	$ℓ$ 당시가(입력)$\times \frac{손실처리율}{1+손실처리율}$
차인잔액	ℓ 당시가(입력)-(채취운반비+간접경비+잡비+기업이익)
산원당 대금	차인잔액
1인 당 수익	1인당 채취량 × 산원당 대금

* 기업이익 : 토자된 자본금은 채취와 동시에 회수되므로 금리는 계산하지 않고 채취자가 직접 노력한 대가가 수입이 되므로 별도의 기업이익은 적용하지 않았음.

** 손실처리율 : 채취 및 운반과정에서 손실되는 수액의 비율

나. 모델 설계 및 개발

1) 기초 사항 산출 모듈

대금 사정 계산에 필요한 기초 사항을 산출하기 위한 알고리즘은 그림 4-8과 같다. 흐름도의 마지막에 보이는 둥근 것은 다른 모듈과 연결되는 연결단자이다. 이 그림에 나타난 입력 사항을 직접 입력하면 수액채취와 관련된 기초 사항들이 표 4-6에서 나타난 계산식들에 의해 산출되어, 이 값들은 다음 단계의 대금 사정 인자 산출모듈의 입력자료로 활용된다.

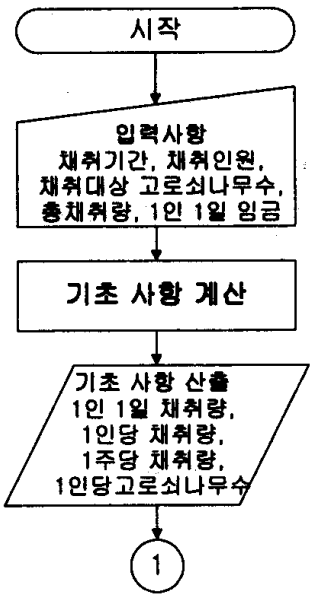


그림 4-8. 기초사항조사 흐름도

2) 대금 사정 인자 비용산출 모듈

그림 4-9는 대금 사정 인자 조사 모듈의 알고리즘을 보여준다. 대금 사정 인자들에 대한 비용을 계산하기 위하여 앞서 산출되었던 기초 사항 값과 관리자가 직접 입력한 1인 1일 작업량 등의 입력정보에 의해 표 4-7의 항목 계산식에 근거하여 1인 1일 수액채취량, 1인 1일 작업량, 채취용기 구입비, 페인트 구입비, 약제 구입비를 계산한다.

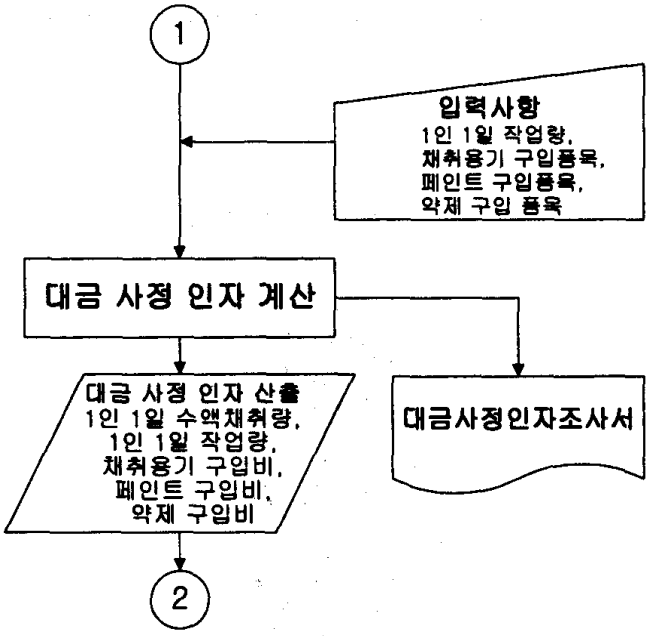


그림 4-9. 대금 사정 인자 조사 흐름도

3) 산원대금 및 수익산출 모듈

마지막 단계로 대금 사정을 수행한다. 모듈에서 요구하는 서식에 따라 구분, 용도, 생산율, ℓ당 시가를 직접 입력하면, 이 모듈은 앞서 산출한 대금 사정 비용과 새로 입력한 자료들로부터 표 4-8에 제시된 계산식에 의해 채취운반비, 간접경비, 잡비, 기업이익, 차인잔액, 산원당 대금, 1인당 수익을 계산한다. 계산 결과는 임산물 대금사정표로 자동 출력이 가능하다.

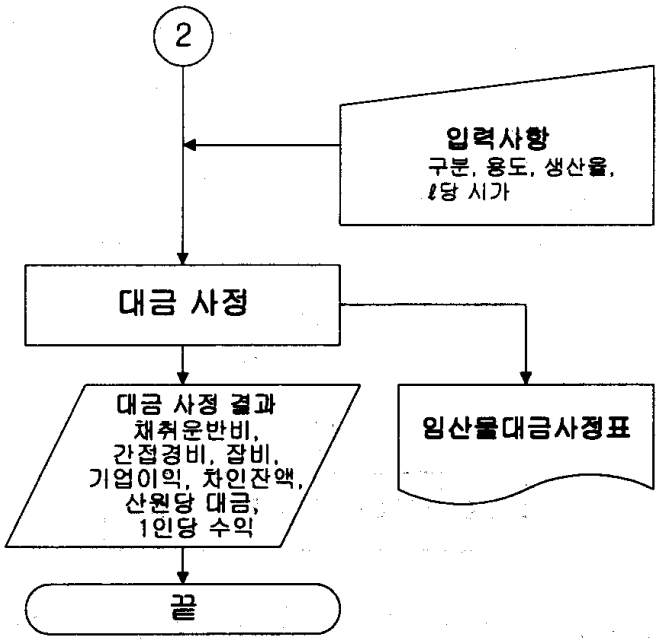


그림 4-10. 대금 사정 흐름도

3. 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델

가. 수액채취구역의 적합도 판정

고로쇠수액채취구역 평가모델은 수액생산 경영여건에 따른 등급을 상, 중, 하로 판정하기 위한 모델이다. 이 모델은 그림 4-11에 나타난 바와 같이 생물학적·입지환경적 요인에 의해 수액의 생산성을 평가하는 모듈과 접근성이나 지형적 요인에 의해 수액 채취 작업의 난이도에 따른 입지여건을 평가하는 모듈로 구성되어 있다. 이 모델은 이상의 두 개 평가모듈에서 제시되는 [0 ~ 1]의 생산성 판정결과를 토대로 가중치 부여에 의한 지도대수 분석을 통해 해당 구역의 수액생산 적합도를 상, 중, 하의 3단계로 분류한다.

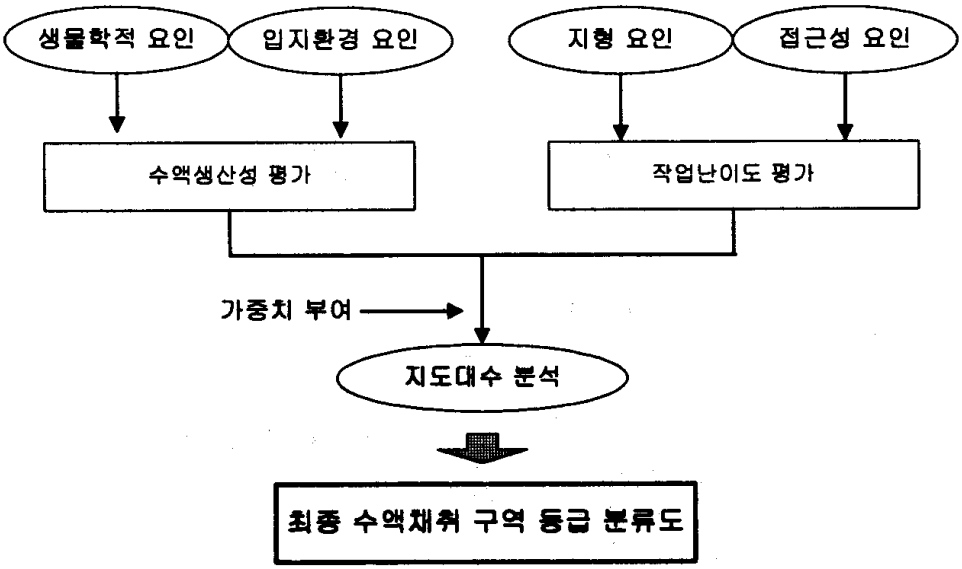


그림 4-11. 고로쇠나무 수액채취구역 등급 평가 과정

나. 수액 생산성 평가모듈의 설계 및 개발

1) 생물학적 요인에 의한 수액 생산성 평가

고로쇠나무의 수액생산이 임상, 영급, 수고 및 경급과 같은 생물학적 인자들에 의해 영향을 받는다는 가정 하에 고로쇠가 자라는 임분의 수액생산 적합도를 판정하고자 하였다. 그러나 문헌고찰에 의하면 고로쇠나무의 수액생산이 이러한 인자들에 의해 어느 정도의 영향을 받을 수 있는지에 대한 정량적 연구결과가 구체적으로 제시된 바는 없다. 다만, 박인협(1998)은 수액생산량과 수관폭의 상관계수(r)가 0.7036, 수액생산량과 흉고직경과의 상관계수 0.4944로써 고로쇠나무 수액생산량과 수관폭이 밀접하게 관련이 있는 것으로 보고하고 있다.

현실적으로 고로쇠나무 개개에 대해서 수관폭을 조사하기 어렵고, GIS 분석에 이용될 수 있는 산림조사부나 임상도, 입지도의 데이터 목록에는 수관폭에 대한 내용은 없다. 반면 현재 사용되고 있는 임상도 및 입지도에

는 대표수종별 평균임령과 경급(치수: 6cm 이하, 소경목: 16 ~ 32cm, 중경목: 32 ~ 52cm , 대경목: 52cm 이하), 평균수고에 대한 정보를 제공하고 있다.

따라서 생물학적 요인의 평가인자로서 임상, 영급, 경급을 선정하였으며 박인협(1998)의 연구결과를 토대로 인자들을 재분류하여 평가인자로 활용하였다. 그 결과 사용한 수목의 생물학적 요인에 의한 고로쇠나무 수액생산성 평가모델은 표 4-9와 같다.

이 표에 의하면 모든 평가인자는 최고 1, 최저 0값인 [0~1]사이로 평가되었다. 고로쇠 수액채취는 현재 천연림에서만 채취되고 있으므로 인공림의 경우 고로쇠 수액생산이 없는 것으로 가정하는 한편 천연활엽수림만 고로쇠 수액채취 적지로 가정하였다.

표 4-9. 생물인자 요인별 적합도 평가기준

평가인자	Value				
	0	0.25	0.5	0.75	1
임 상	인공림	—	—	—	천연혼효림
영 급	Ⅰ, Ⅱ	Ⅲ, Ⅳ	Ⅴ, Ⅵ	Ⅶ, Ⅷ	>= Ⅸ
경 급	< 6cm	$\mu = \sin^2(\frac{x-6}{44} \times \frac{\pi}{2})$			> 50cm

영급은 흉고직경과 수령과의 관계(박인협, 1998)를 기준으로 영급이 높을수록 등급이 높은 것으로 판정하였다. 즉, Ⅰ, Ⅱ 영급의 어린 임분에서는 고로쇠 수액채취가 없는 것으로 하여 0점을 부여하였고, Ⅲ, Ⅳ 영급은 비교적 생산량이 적어 상대적으로 낮은 점수인 0.25를 주었으며, Ⅴ, Ⅵ 영급은 0.5를, 우리나라 최대자생지인 전라남도 일대의 고로쇠나무 분포지역의 평균수령인 36 ~ 44년임을 토대로 Ⅶ, Ⅷ 영급에 0.75의 값을 부여하

고, Ⅸ 영급 이상에 대해서는 최적조건이라는 가정하에 1점을 부여하였다.

경급에 대한 점수부여는 임상도를 이용하여 6cm 이하의 소경목은 수액생산 능력이 없다고 보았으며, 50cm 이상의 큰 나무를 최적 조건으로 가정하여 1점을 부여하였다. 그리고 6 ~ 50 cm 사이의 값은 표 4-9에 나타난 단조증가 퍼지함수를 이용하여 적합도 값을 부여하였다.

표 4-9의 생물학적 요인에 따른 수액생산 적합도 판정 기준을 적용하여 등급판정을 하기 위한 GIS 분석과정이 그림 4-12에 나타나 있다. 이 그림에 의하면 고로쇠나무 분포도와 임소반도, 임상도 등의 수치지도를 이용하여 수종, 영급, 경급분포도를 추출하고, 가중치 부여 및 지도대수 분석에 의해 생물학적 요인 평가도가 생성된다.

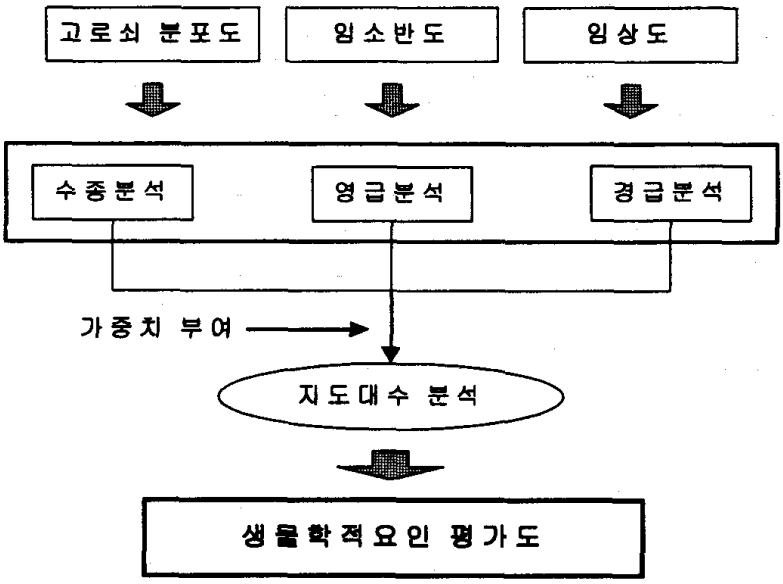


그림 4-12. 생물학적 요인에 따라 수액생산성 평가를 하기 위한 GIS 분석과정

2) 입지환경적 요인에 의한 수액생산성 평가

입지의 수분함유능력은 고로쇠나무 수액생산력에 중요한 입지환경적 요인이 될 수 있다. 이경준(1995)의 연구결과는 사면에 따라 수액생산량이 달라짐을 보여주고 있다. 이는 비교적 강우량이 적은 시기에 증발량의 차이로 수분함유량에 차이를 보이기 때문이라고 판단되어진다. 따라서 본 연구에서는 표 4-10에 나타나 바와 같이 산림환경입지인자로 수분함유에 영향을 미칠 수 있는 수계로부터의 거리, 해발고도, 토양수분, 사면방위 및 음영기복과 같은 총 5개의 인자를 선정하였다.

전술한 바와 같이 입지의 수분함유 능력에 따라 수액생산량에 많은 차이를 보이므로, 수계로부터의 거리가 50m 이내의 지역은 1점을 부여하였으며, 1,000m 이상 떨어진 지역은 0점으로 부여하였다. 50 ~ 1000 사이의 지역은 Cosine 퍼지함수를 이용하여 단조 감소하도록 하였다.

표 4-10. 입지인자별 적합도 평가기준

평가인자	Value				
	0	0.25	0.5	0.75	1
수계거리	> 1000m	$\mu = \cos^2(\frac{x-50}{950} \times \frac{\pi}{2})$			< 50m
해발고도	<100, >1,100	100~400	400~600, 1,000~1,100	600~800	800~1,000
토양수분	건조	약건	습	약습	적윤
사면방위	—	N	W	E	S
SHADE			Low	Medium	High

토양수분은 건조, 약건, 습, 약습, 적윤의 5단계로 구분하여 습할수록 고로쇠 수액생산에 유리한 것으로 하여 점수를 부여하였다.

박인협(1998)은 우리 나라 고로쇠나무 최대자생지인 전라남도 일대의 고로쇠나무 분포지역이 해발고도가 400m~1,100m로 나타나며 일일기온차가 클수록 생산량이 큰 것으로 보고하고 있다. 이러한 결과를 바탕으로 100m 이하에서는 수액채취가 전혀 없는 것으로, 그리고 점차 해발고도가 높아질 수록 생산량이 증가하는 것으로 가정하였다. 다만, 표고가 1,000m 이상이 되면 수액생산량은 감소하되 1,100m 이상에서는 수액생산이 되지 않는 것으로 가정하였다. 따라서 이러한 100m~400m의 해발고도에서의 적합도는 0.25, 그리고 400m~1,000m 사이는 0.5 ~ 1.0의 값을 부여하고, 1,000m~1,100m에서는 0.5, 1,100m 이상의 고도에는 0점을 부여하였다.

제 1세부과제의 연구결과를 보면 일중 태양의 위치변화(동쪽에서 서쪽)에 따라 동향 - 남향 - 서향의 순으로 생산량이 달라지는 것을 알 수 있다. 이와 같은 사면에 따른 고로쇠나무 수액생산량의 변화는 태양위치변화에 따른 일사량의 영향에 의한 것으로 추정되므로, 사면의 방향과 입지의 음영도 수액생산량에 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 GIS 분석에 의해 사면방향과 입지의 음영정도를 추출하여 수액생산량 등급판정에 사용하고자 하였다.

이를 위해 사면방위의 경우 GIS분석을 통해 8개 사면을 구분하여 적합도 판정에 사용하였다. 표 4-10에서는 북, 서, 동, 남향의 순서로 각각 0.25, 0.5, 0.75 및 1.0의 점수를 부여하고 있으나, 북서, 동남 등 4개 방위의 중간부분에 해당하는 방위에 대해서도 그 중간값을 적용하였다.

한편 지형과 절기에 따른 태양의 각도를 고려하여 산지사면 입지의 음영을 고려하였다. 즉, 그림 4-13에 나타난 절기에 따른 태양의 남중고도 도표에서 수액생산량이 절정에 달하는 입춘과 춘분사이 경칩전후가 되는 3월 5일의 태양고도각을 선택(임경택, 1992)하여 GIS 분석에 의해 산지사면의 음영을 산출하였다.

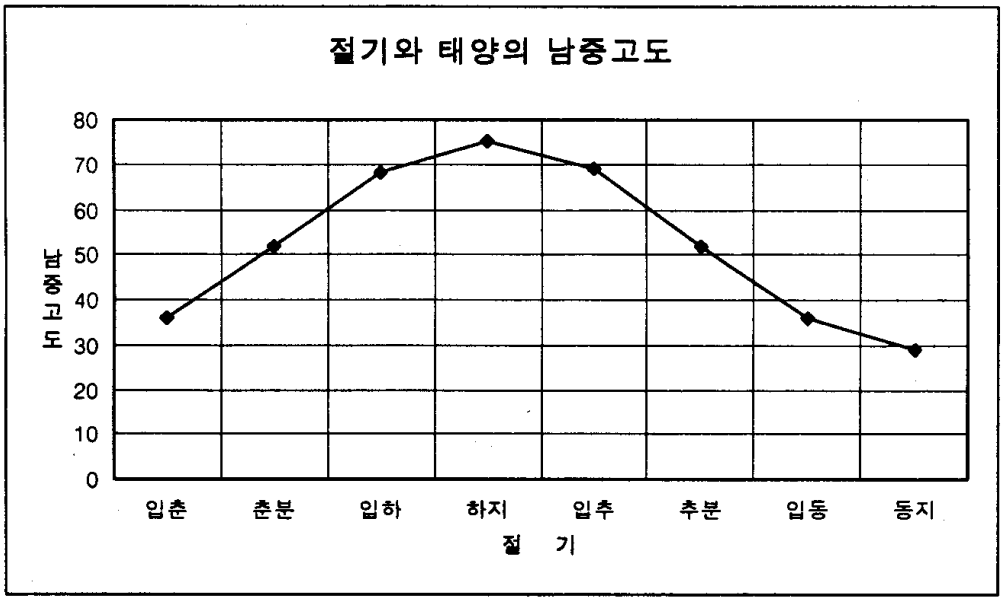


그림 4-13. 절기·월일별 남중고도

이러한 입지환경적 요인에 따라 달라질 수 있는 고로쇠 수액생산량을 평가하기 위한 GIS 분석과정이 그림 4-14에 제시되어 있다.

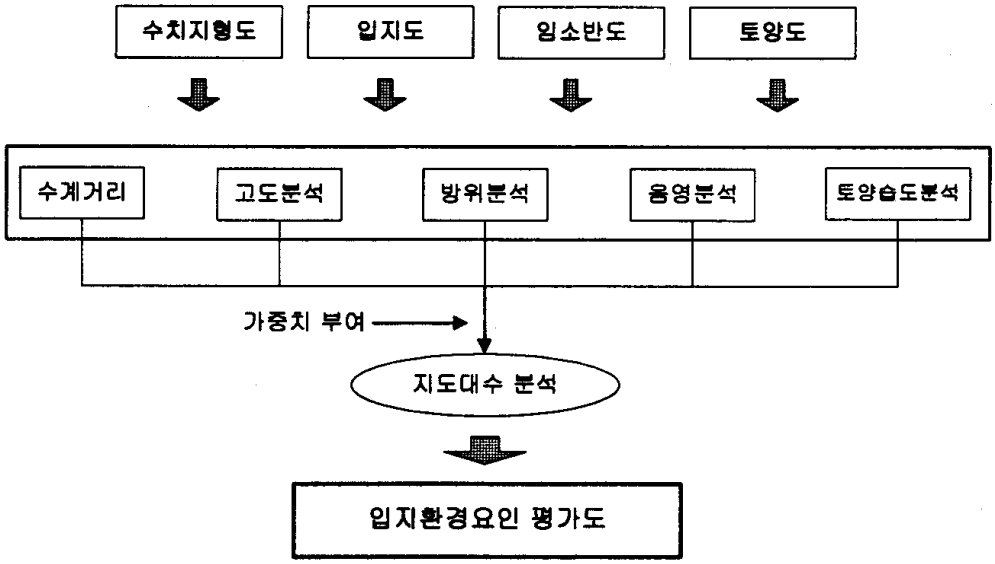


그림 4-14. 입지환경 요인에 따른 수액생산 적합도 평가를 위한 GIS 분석체계

입력자료는 지형도, 입지도, 임소반도, 토양도 등의 수치지도를 이용하여 5개의 입지환경인자를 평가기준에 따라 [0~1]의 척도로 분석한 다음, 가중치를 부여하고 지도대수분석에 의해 입지환경요인에 따른 적합도면을 생성하는 과정을 보여준다.

3) 고로쇠나무 수액채취 작업난이도 평가모듈

고로쇠 수액채취는 도로접근성이나 경사도와 같은 경영여건에 따라 작업생산성 혹은 생산비용이 크게 영향을 받을 수 있으므로 수액채취에 관련하여 중요한 고려 인자가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 경영여건에 영향을 미치는 인자들도 고로쇠 수액채취 적합도 판정을 위한 등급구분에 포함시켰다.

표 4-11. 작업난이도 평가 인자 및 각 인자별 평가기준

평가인자	Value				
	0	0.25	0.5	0.75	1
도로 접근성	> 800 m	$\mu = \cos^2(\frac{x-50}{450} \times \frac{\pi}{2})$			< 50 m
경 사 도	> 40°	$\mu = \cos^2(\frac{x}{40} \times \frac{\pi}{2})$			< 0°

도로접근성의 경우는 표 4-11에 나타난 것과 같이 임도와 기존 도로로부터 채취 구역이 50m 이내에 위치하면 접근성이 매우 양호한 것으로 판정하여 1점을 부여하였으며, 800m 이상인 경우에는 실제 고로쇠 수액을 생산하기 어려운 것으로 판정하여 0점을 부여하였다. 50 ~ 800m 사이의 구역은 퍼지함수를 이용하여 점수를 부여하였다.

경사도 점수는 40 °를 기준으로 하여 사면경사가 이보다 급한 경우에는 접근이 불가능한 것으로 판정하여 0점을 부여하고, 사면경사가 0 °인 경우

1.0을 부여하였다. 0 °부터 40 °사이의 경사에 대해서는 마찬가지로 퍼지함수를 적용하여 점수를 부여하였다.

이러한 요인에 의한 GIS 분석체계는 그림 4-15에 나타난 바와 같이 주로 지형도와 임도도를 이용하여 가중치 부여 및 지도대수분석을 통해 작업난이도에 따른 수액채취 적합도를 평가한다.

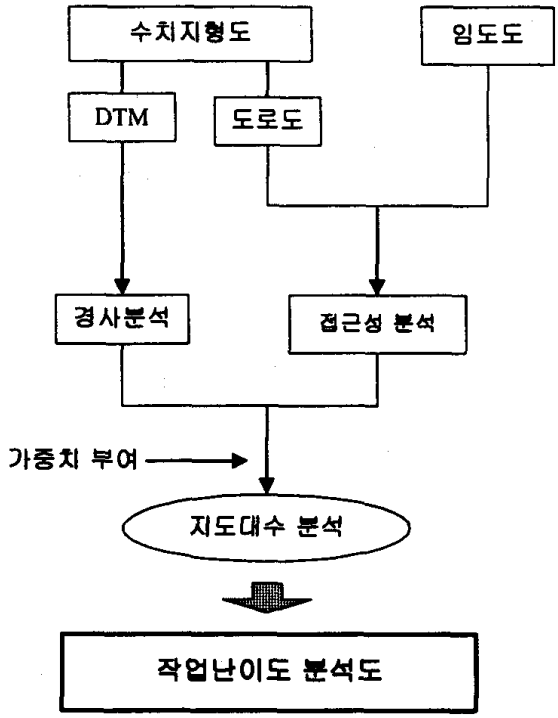


그림 4-15. GIS 응용에 의한 작업난이도 평가체계

제3절 고로쇠나무 경영관리 시스템의 적용성 검토

1. 연구대상지

본 연구의 사례연구지역은 전라남도에서 가장 큰 고로쇠나무 수액생산지에 속하는 서울대학교 남부연습림 백운산지역을 선정하였다. 이 지역은 전라남도의 광양군과 구례군에 걸쳐 있으며, 면적은 약 10,000ha에 달한다. 이 지역은 표고가 낮으며, 남서 방향으로 경사가 비교적 완만한 편이고, 섬진강 지역으로는 경사가 급한 편이다. 이 지역의 기후는 년 평균 14.7℃로 따뜻한 편이며, 연간 강수량은 1,500 ~ 1,820mm이다.

2. 자료의 구축

본 연구에서 개발된 고로쇠나무 경영·관리시스템의 적용성 검토를 위해 구축된 자료가 표 4-12에 나타나 있다.

표 4-12. 사례지역분석에 사용된 자료목록

자료형태	자 료 명	축 적	출 처
공간자료	수치지형도	1 : 25,000	국립지리원
	수치임상도	1 : 25,000	산 림 청
	입지도	1 : 25,000	임업연구원
	임소반도	1 : 25,000	서울대 남부연습림
	고로쇠 분포도	1 : 25,000	서울대 남부연습림
문서자료	수액채취관련자료	-	서울대 남부연습림
	고로쇠수액 관리대장	-	서울대 남부연습림
	산림조사부	-	서울대 남부연습림

지형도는 국립지리원에서 구축한 1: 25,000 수치지도를 사용하였으며, 임상도와 입지도는 산림청에서 구축한 FGIS 수치도면을 이용하였으며, 임소반도와 고로쇠나무 분포도는 직접 입력하여 사용하였다.

그 외에 고로쇠나무 수액관리를 위한 문서대장과 수액채취관련자료 및 산림조사부 등은 서울대학교 남부연습림에서 관리하고 있는 자료를 별도 입력하여 데이터베이스로 구축하였다.

3. 모델 적용 결과 및 고찰

가. 고로쇠나무 수액채취 관리

1) 채취자 관리

가) 채취자 등록 및 수정

그림 4-16은 채취자를 등록하는 화면이다. 이미 등록된 채취자가 있기 때문에 번호(등록번호)는 9번이 주어졌다. 왼쪽에 채취자의 인적사항을 기록하고 오른편에는 채취자의 등록사항을 기록한다. 그러나 처음으로 등록할 경우에는 테이블 형태가 아닌 텍스트 형태의 기입창이 뜬다.

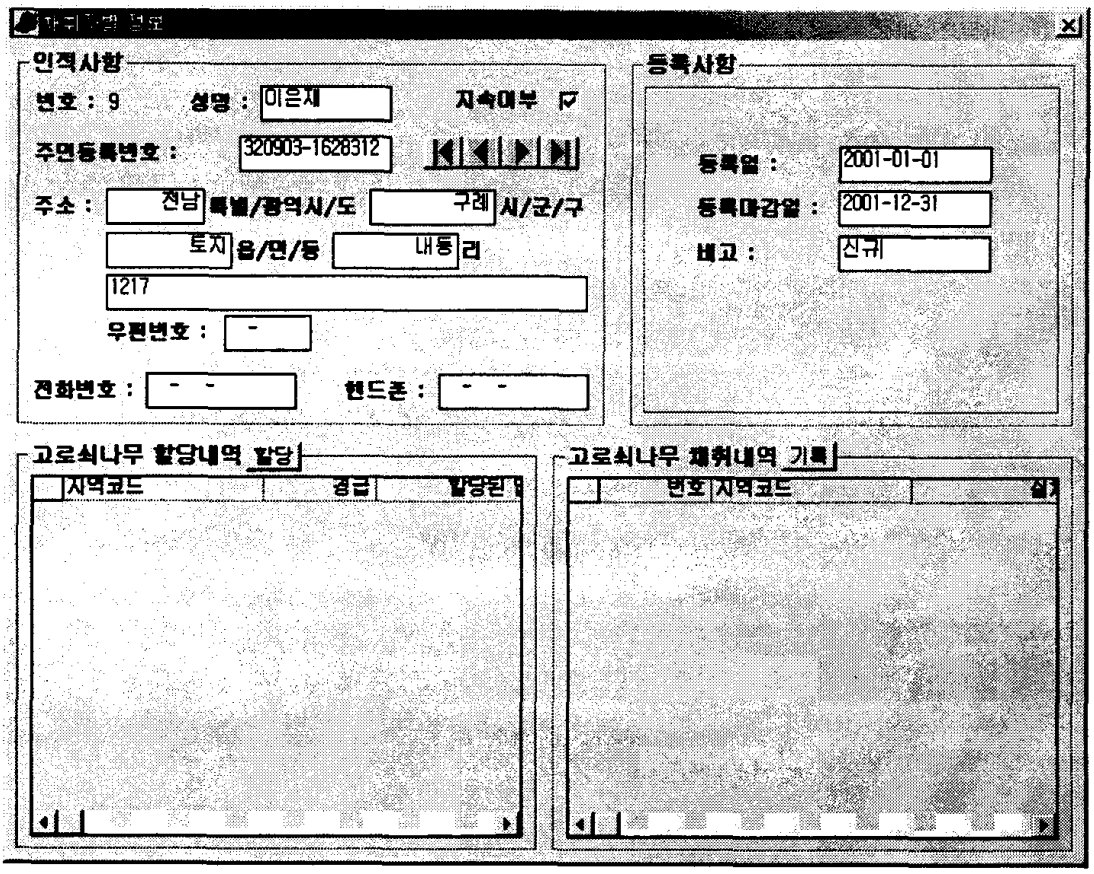


그림 4-16. 채취자별 정보창

기록할 채취자 정보는 성명, 주민등록번호, 주소, 전화번호 및 핸드폰 번호와 같은 인적사항과 등록일, 등록마감일, 비고 등이 포함된다. 그리고 지속여부를 표시함으로써 채취자가 계속적으로 고로쇠나무 수액을 채취하는지 여부를 데이터베이스에 기록할 수 있다.

현재 고로쇠나무 수액채취 기간이 한정되어 있음을 감안하여 등록신청서를 다시 접수하는 경우 등록사항을 갱신함으로써 이미 구축되어 있는 자료를 자동으로 활용할 수 있도록 하였다. 그림 4-16의 등록버튼을 누르면 등록사항 창(그림 4-17)이 나타난다. 필요한 사항을 기입한 후 확인 버튼을 누르면 그림 4-18에서 보는 바와 같이 등록사항이 기록된다. 등록사항의 수정이나 삭제가 필요할 경우 직접 테이블에서 작업을 할 수 있다.

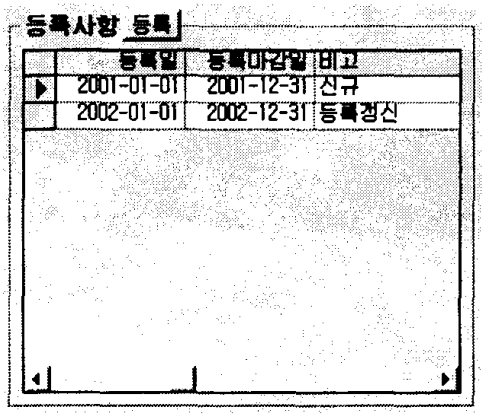


그림 4-17. 등록사항

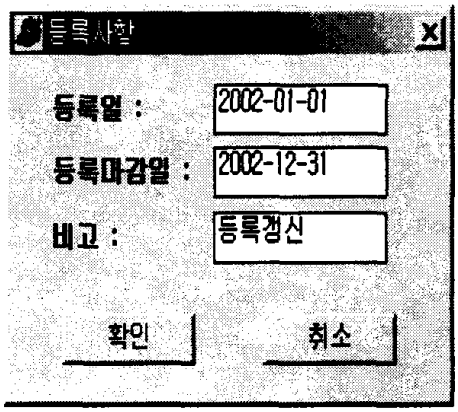


그림 4-18. 등록사항 입력창

한 번 데이터 베이스에 기록된 채취자는 삭제되지 않고 계속 남아있도록 하였다. 이것은 다른 지역으로 전출한 후 재전입을 한 채취자나 채취지역을 바꾸어서 일정 기간동안 수액채취를 못하는 채취자의 경우 데이터 베이스 상에 기록이 저장되어 있으면 다시 신규 등록을 하는 번거로움을 피할 수 있도록 하기 위한 것이다. 또한 채취자들의 연혁을 관리하는 기능도 있으므로 현재 수액채취 등록을 하지 않고 있는 과거의 채취자 정보조회도 쉽게 할 수 있다.

또한 과거 혹은 현재의 모든 채취자 중 현재 채취권을 가지고 수액을 채취하고 있는 채취자를 구별하기 위하여 아래 그림4-19 에서 보듯이 지속여부를 표시하도록 하였다.

그림 4-19.
지속여부

나) 채취자 검색

채취자 검색은 성명과 주민등록번호를 이용한다. 전체 성명을 이용하여 검색 대상을 찾을 수 있을 뿐만 아니라 성명의 어느 한 글자만을 가지고도 검색이 가능하다. 주민등록번호를 아는 경우 주민등록번호만으로 검색이 가능하다.

일례로, 그림 4-20은 성이 '강'씨 이면서 주민등록번호가 '660127 - 1628210'인 사람들을 검색하는 창이다. 검색결과는 '강도현'씨로 아래에 테이블이 나타나면서 보여진다. 결과를 더블 클릭하면 그림 4-21에서와 같이 채취자별 정보 창에 '강도현'에 관한 인적사항과 등록사항, 고로쇠나무 할당현황 및 채취현황이 나타나도록 되어 있다.

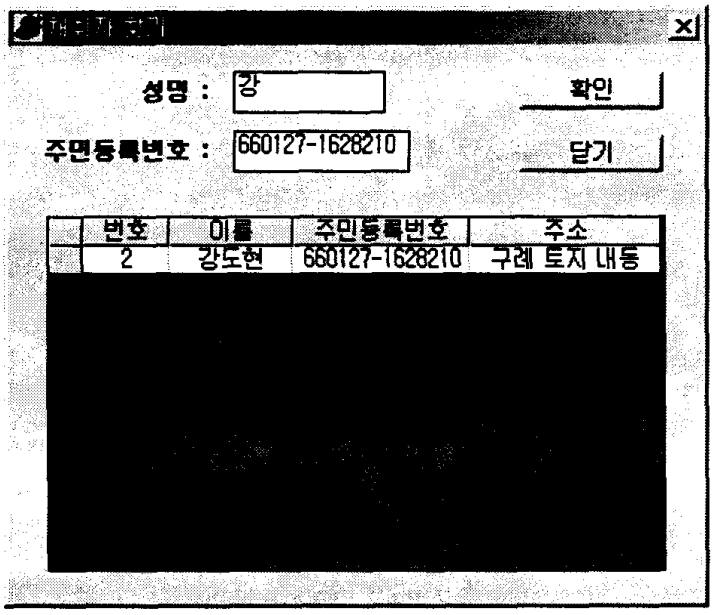


그림 4-20. 채취자 찾기 창

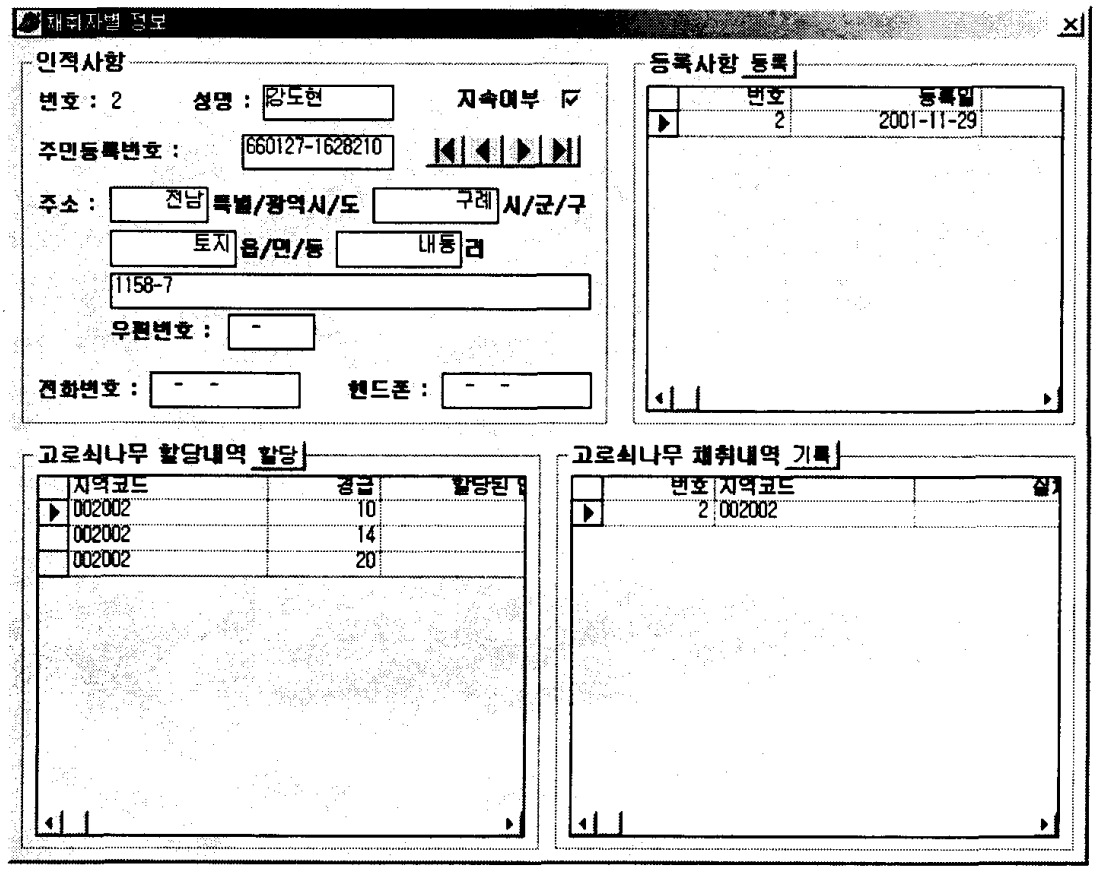
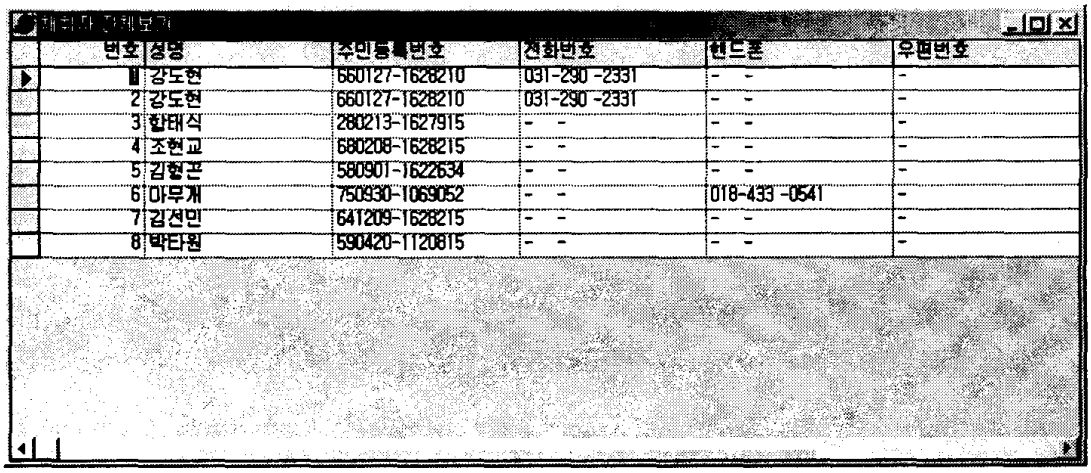


그림 4-21. 채취자 찾기 검색 결과

다) 채취자 모두 보기

현재 등록된 모든 채취자의 인적 사항을 파악하고자 할 때 채취자 모두 보기 메뉴나 채취자 전체보기 버튼을 클릭하면 그림 4-22에서처럼 전체 채취자의 인적사항을 볼 수 있다. 그 결과 '강도현'씨의 경우 중복 기입되었음을 알 수 있으며, 이런 경우 중복된 내용을 테이블에서 직접 삭제하거나 수정할 수 있다. 그림 4-22는 수정을 하기 위해 테이블을 활성화시킨 모습이다.



번호	성명	주민등록번호	전화번호	핸드폰	우편번호
1	강도현	660127-1628210	031-290 -2331	- -	-
2	강도현	660127-1628210	031-290 -2331	- -	-
3	함태식	280213-1627915	- -	- -	-
4	조현교	680208-1628215	- -	- -	-
5	김형곤	580901-1622634	- -	- -	-
6	아무개	750930-1069052	- -	018-433 -0541	-
7	김선민	641209-1628215	- -	- -	-
8	박타원	590420-1120815	- -	- -	-

그림 4-22. 채취자 모두 보기 창

2) 고로쇠나무 inventory 관리

가) 고로쇠나무 현황 작성 및 보기

관리자는 고로쇠나무를 할당하기 위해 채취자 현황뿐만 아니라 고로쇠나무의 현황도 같이 고려해야 하므로 고로쇠나무의 현황을 파악하는 것이 선행되어야 한다. 본 시스템에서는 이러한 목적으로 고로쇠나무 현황작성 창을 두어 임반별, 지역별, 경급별로 조사한 고로쇠나무의 본수를 기록하도록 하고 있다.

일례로, 그림 4-23은 2임반 '002002'지역의 속칭지명 '초막정이골'과 경급별 입목수와 할당 후 남은 입목수를 기입한 결과이다. 총 입목수는 해당 지역의 경급별 입목수를 입력하면 자동으로 계산되고, 할당 후 남은 입목수는 고로쇠나무 할당과정을 거치면서 자동 계산된다. 조사일은 현재 입력된 자료가 현장에서 조사된 날짜를 말하며, 조사일에 따른 고로쇠나무 연혁이 기록되어 아래 테이블에 나타난다. 여기에서 연혁을 확인하면 그 동안 고로쇠나무 본수가 어떻게 변화하였는지를 파악할 수 있다.

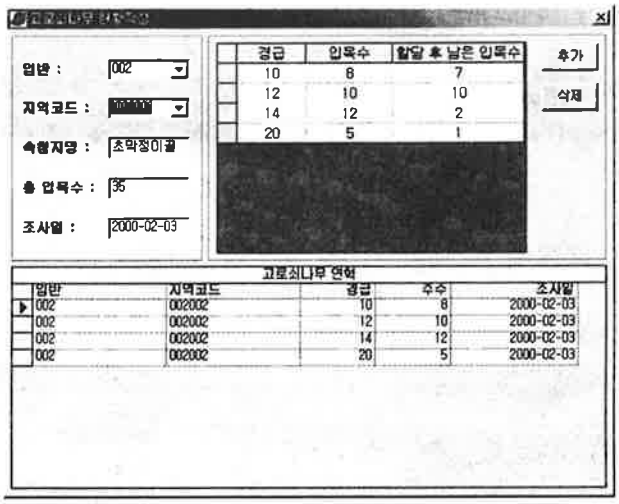


그림 4-23. 고로쇠나무 현황 작성 및 보기 창

나) 고로쇠나무 채취구역 현황

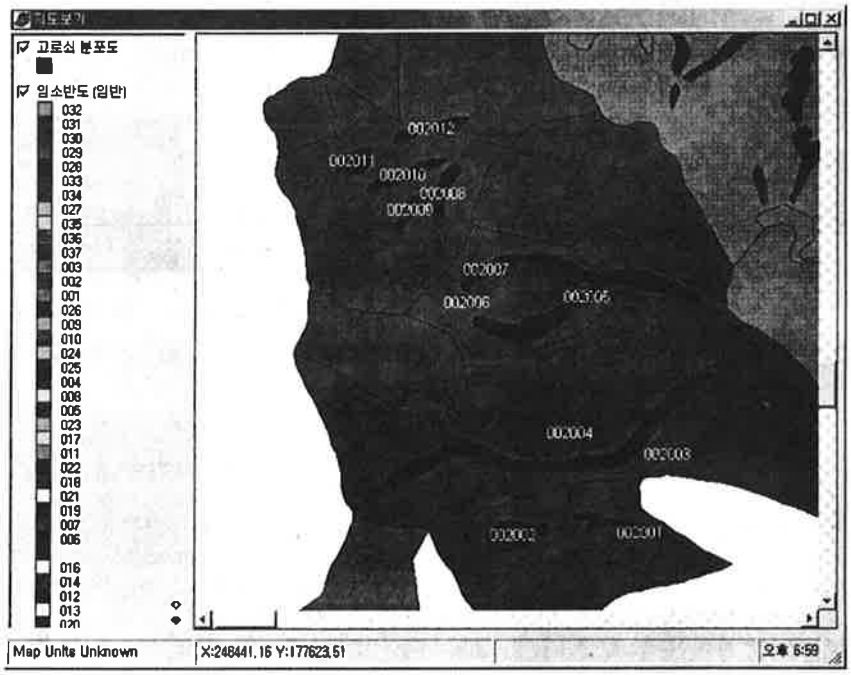


그림 4-24. 지도 보기 창

관리자는 고로쇠나무를 할당할거나 현장에서 조사된 고로쇠나무 현황을 기록할 때 그 위치를 참고할 필요가 있다. 이 때 그림 4-24의 지도보기 창을 통해 고로쇠나무 분포도나 임소반도, 지형도 등을 직접 화면 상에서 볼 수 있다. 이 그림은 2임반의 고로쇠나무 분포도에 라벨을 붙여서 그 지역의 코드를 보여준다.

그림 4-25. 주제도 찾기 창

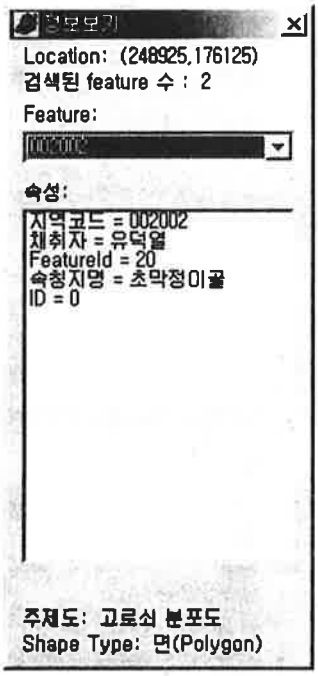


그림 4-26. 주제도 정보 보기 창

'강도현'씨에게 2임반의 '002002' 지역에 있는 고로쇠나무를 할당하기 위하여 '002002' 지역을 검색하는 과정이 그림 4-25에서 그림 4-27까지 제시되어 있다. 즉, 찾기 창(그림 4-25)을 열어서 검색할 단어인 '002002'를 입력하고 찾기버튼을 누르면 아래의 테이블에 검색한 결과가 나타난다. 그

중 원하는 결과를 클릭하고 하이라이트, 핀 삽입, Pan, 대상확대 등을 실행하면 대상이 지도에 표시된다. 그림 4-27은 핀 삽입을 한 모습을 보여주고 있다. 여기에서 그림 4-26은 대상을 선택하여 정보보기를 하였을 때의 모습이다. 이 창에서 보이는 정보는 shp 파일에 기록된 데이터로 주제도가 만들어질 때 '유덕열'이라는 사람이 할당받았음을 나타내고 있다.

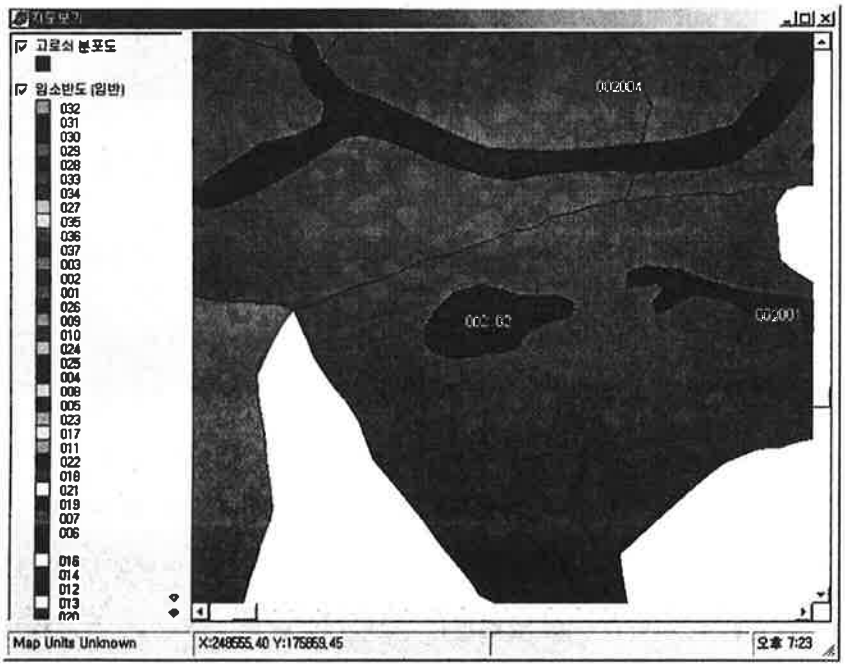


그림 4-27. 지도 보기 - 검색결과

3) 고로쇠나무 할당 관리

관리자는 고로쇠나무를 개인별로 할당하도록 되어 있다. 그림 4-28은 '강도현'씨에게 고로쇠나무를 할당하기 위하여 할당버튼을 눌렀을 때 나타나는 고로쇠나무 할당 창이다.

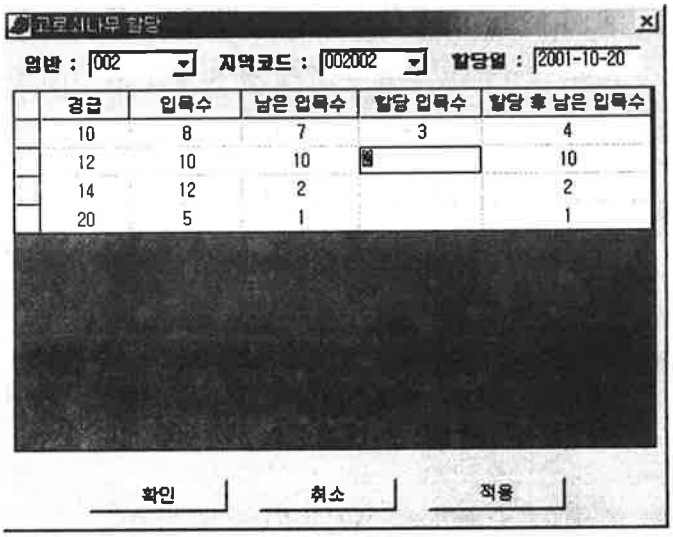


그림 4-28. 고로쇠나무 할당 창

이 창에서 임반을 '002'로, 지역코드를 '002002'로 선택하면 이미 작성된 그 지역의 고로쇠나무 현황이 테이블에 보여진다. 경급별 분포를 보면, 직경 10, 12, 14, 20cm 의 고로쇠나무들이 분포하고 있었다. 경급 10cm 인 고로쇠나무를 3본과 12cm인 고로쇠나무를 2본 할당하였다. 할당 후 남은 입목수는 각각 4본과 8본이다. 할당이 끝나고 적용버튼을 누르면 할당 입목수는 고로쇠나무 할당현황 테이블에, 할당 후 남은 입목수는 고로쇠나무 현황과 고로쇠나무 본수 테이블에 자동으로 저장된다. 이러한 작업결과 나타나는 그림 4-29의 고로쇠나무 할당 내역창은 '강도현'씨에게 '002002' 지역에 경급 10cm과 12cm의 고로쇠나무가 각각 3본과 2본 할당되었음을 보여주고 있다.

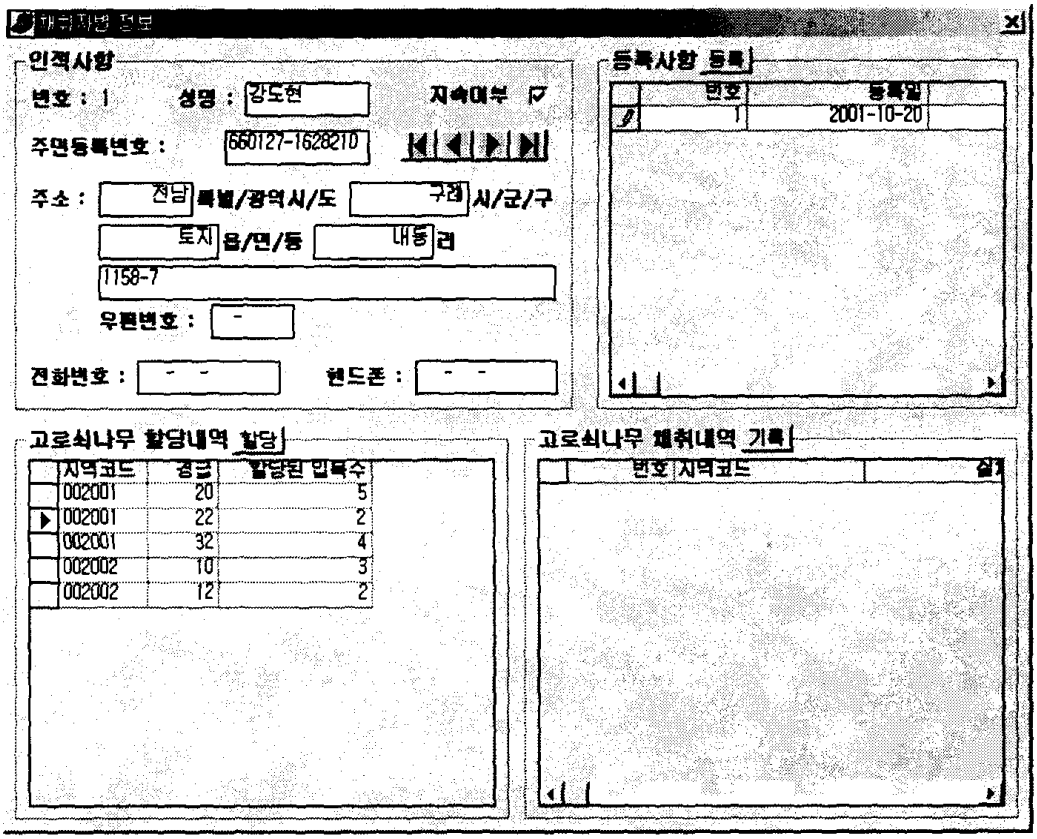


그림 4-29. 고로쇠나무 할당 내역 갱신

4) 수액채취량 현황 관리

고로쇠나무에서 수액을 채취한 후 채취자는 채취량을 보고하도록 되어 있다. 관리자는 보고된 내용을 토대로 채취량을 입력해야 하므로 이를 위해 채취자별 정보 창(그림 4-16)에서 기록버튼을 누르면 그림 4-30과 같은 고로쇠나무 채취현황 창이 나타난다.

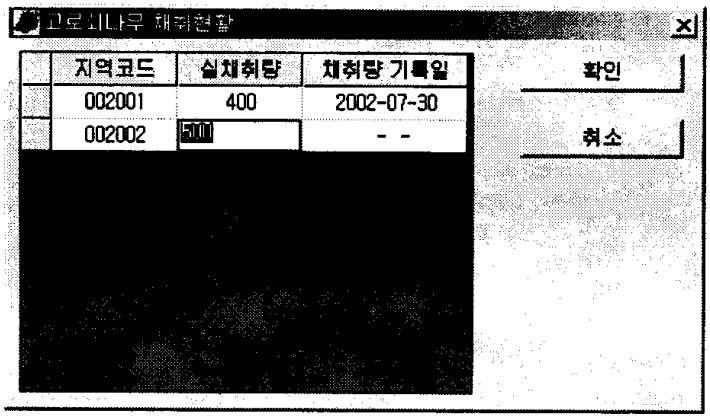


그림 4-30. 고로쇠나무 채취 현황 창

이 그림에 의하면 '강도현'씨의 경우 할당된 초막정이골의 '002001', '002002' 지역이 나타나 있다. 일례로, 채취량을 400ℓ와 500ℓ로 각각 입력하고, 채취량 기록일까지 입력하고 확인버튼을 누르면 그림 4-30과 같이 '강도현'씨의 고로쇠 채취량이 기록된다.

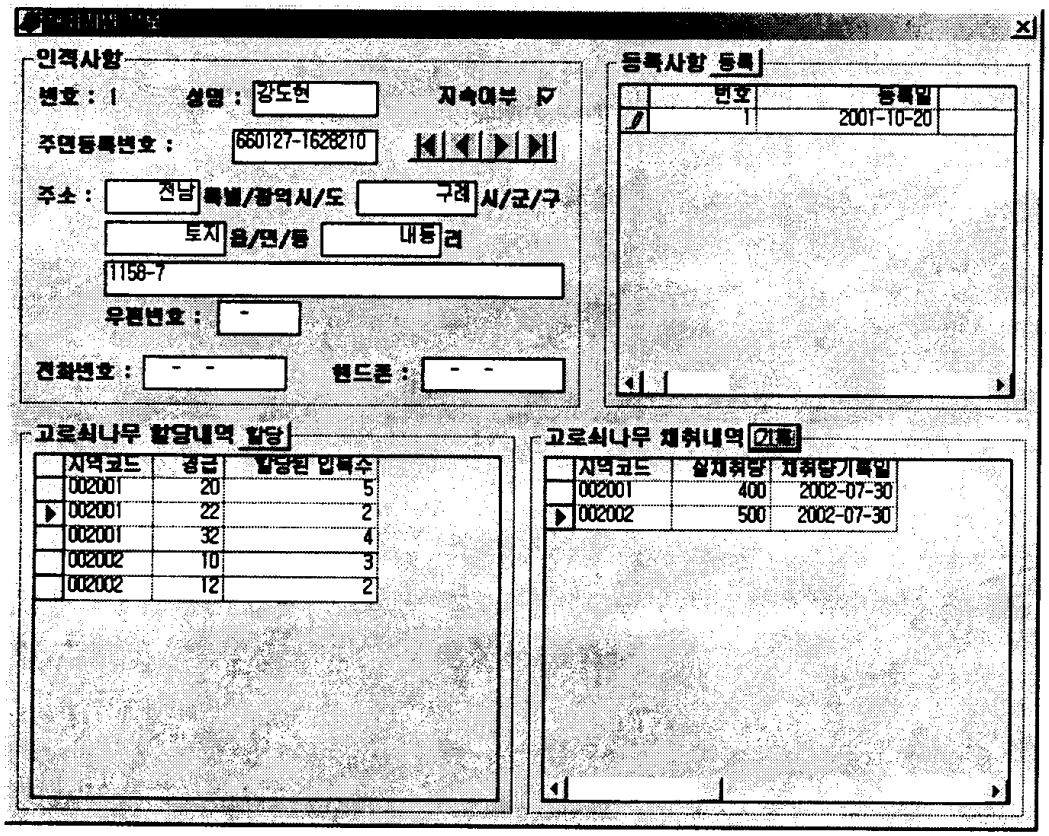


그림 4-31. 고로쇠나무 채취 현황 갱신

나. 고로쇠나무 수액생산 비용/수익 분석

1) 기초 사항 조사

고로쇠나무 수액생산 비용/수익 분석 모델의 정확성을 알아보기 위하여 서울대학교 남부연스림에서 수집한 실제 자료중 일부를 발췌하여 계산과정의 정확도를 검증하였다.

우선 계산에 요구되는 채취기간, 채취인원, 수액채취대상 고로쇠나무, 총채취량, 1인 1일 임금에 관한 자료를 입력하고, 채취인원은 457명, 수액채취대상 고로쇠나무 55,734주, 총 채취량 312,110ℓ, 1인 1일 임금 37,000원을 입력하였다. 채취일자는 2001년 1월 1일부터 2001년 1월 30일까지 25일간으로 가정하였다.

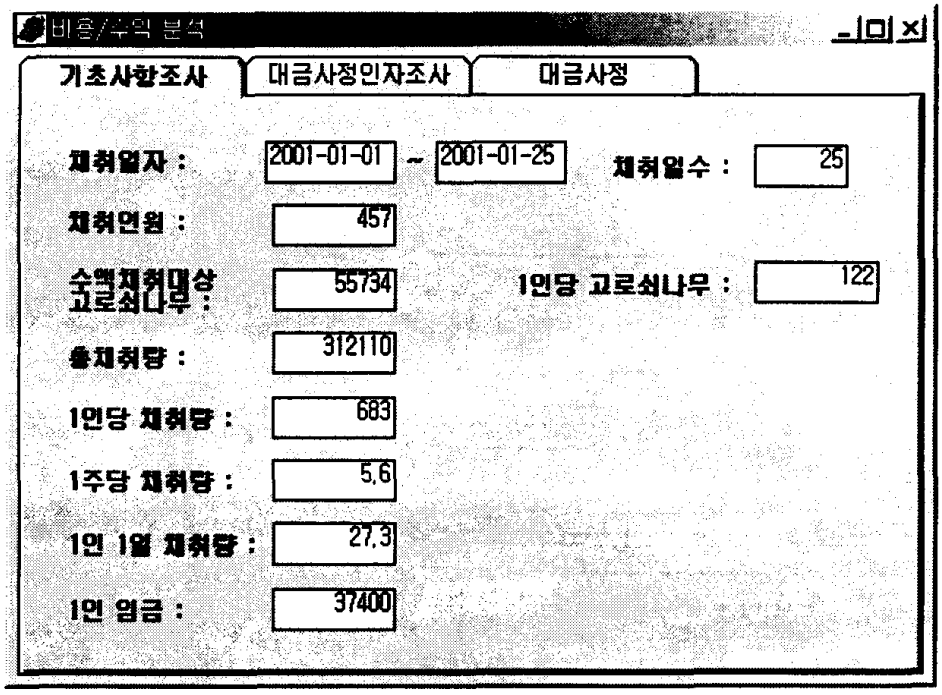


그림 4-32. 비용수익분석 창 - 기초사항조사

그 결과 1인당 고로쇠나무 본수는 122주, 1인당 채취량은 683ℓ, 1주당 채취량은 5.6ℓ, 1인 1일 임금은 37,000원으로 계산되었고, 대금 사정 인자 조사의 주당 1일 채취량 0.224ℓ, 1일 채취주수 122본, 1인 1일 채취량 27.3ℓ, 평균작업량 122본이 자동으로 입력되었다. 이 결과는 원자료의 계산결과와 일치하는 것이다.

2) 대금 사정 인자 조사

기초사항조사 | 대금사정인자조사 | 대금사정

대금사정인자조사서

계소			
조사일자		조사자 직/성명	

1. 수액채취비

구분	주당 1일 채취량(ℓ)	1일 채취주수	1인 1일 채취량(ℓ)	비고
	0.224	122	27.3	55734본/457명

2. 용기 설치

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	61	

3. 용기 제거

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	122	

4. 페인트 도색

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	122	

5. 상처유합제 도포

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	122	

6. 채취용기

명칭	규격	단가(원)	수량	금액(원)	ℓ당 소요대금	적요
채취용 클크	고무	70	268	18760	27	사용기간 1년
호스	롤(90m)	8500	5	42500	62	
채취용기	9.0ℓ 용	1100	122	134200	196	
운반용기	18.0ℓ 용	1500	10	15000	22	
드릴날	12mm	8000	4	32000	47	
계					354	

7. 페인트 구입

명칭	규격	단가(원)	수량	금액(원)	ℓ당 소요대금	적요
도색용페인트	수성백색	4500	8	36000	53	

8. 약제(상처유합제) 구입

명칭	규격	단가(원)	수량	금액(원)	ℓ당 소요대금	적요
톱신페스트	상처유합제	22500	1	22500	33	

그림 4-33. 비용수익분석 창 - 대금사정인자조사

대금 사정의 기초로 쓰이는 8개 항목에 대한 정보는 그림 4-33에서와 같이 1인 1일 작업량과 항목 6 채취용기의 세부항목, 항목 7 페인트 구입의 세부항목, 항목 8 약제(상처유합제) 구입의 세부항목을 입력하였다.

그 결과 ℓ당 채취용기 구입비 354원, 페인트 구입비 53원, 약제(상처유합제) 구입비 33원이 자동으로 계산되었고, 실제 문서와 비교한 결과 완전하게 일치하였다. 값들이 계산되면 대금 사정에 이용되는 채취운반비, 간접경비, 잡비가 자동으로 산출된다.

3) 대금사정

대금 사정을 위해 필요한 입력값은 ℓ당 시가 이다. 그림 4-34에서와 같이 ℓ당 시가를 2,417원으로 입력하니 기업이익 115원과 차인차액 218원, 산원당 대금 218원이 계산되고, 더불어 산원당 대금 218원에 1인당 채취량인 683ℓ를 곱한 148,894원이 계산되어 적요란에 채워짐으로써 정확한 계산이 이루어 졌다.

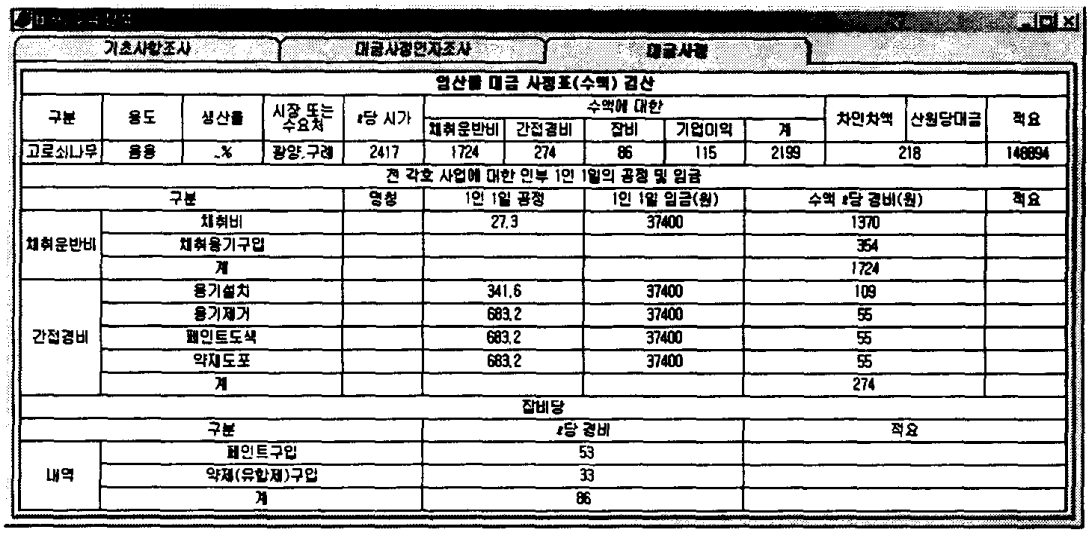


그림 4-34. 비용수익분석 창 - 대금사정

다. 고로쇠나무 수액채취구역 등급 평가

서울대학교 남부연습림 백운산 고로쇠 수액 채취구역을 대상으로 등급평가를 실시하였다. 이를 위해 전술한 3가지, 즉, 생물학적 요인, 입지환경적 요인 및 작업의 난이도를 결정하는 경영요인 각각에 대한 수액채취구역 등급평가를 수행하고, 이를 토대로 종합적 등급평가를 수행하였다.

1) 연구대상지 수치도면 자료 및 개황

수액채취구역 등급평가를 수행하기 위해 우선 구축된 수치지도를 고로쇠 수액채취구역 평가 모델에 등록하였다. 등록결과 나타난 수치도면이 그림 4-35, 36 및 37에 제시되어 있다.

이 중 그림 4-35는 국립지리원 발행 수치지형도를 이용하여 남부연습림 백운산지역의 등고선 및 도로 레이어를 추출한 것이다.

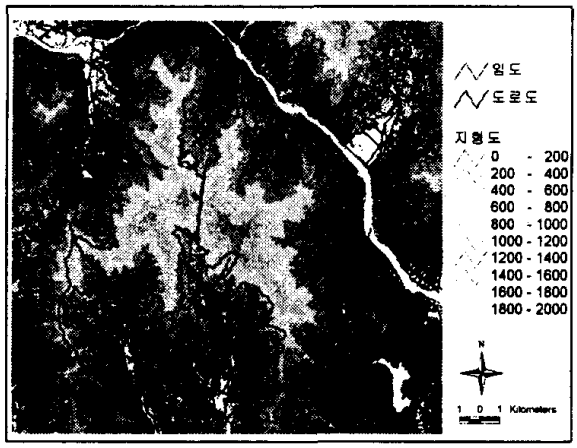


그림 4-35. 분석대상지 개황

그 외에 그림 4-36와 37은 각각 임소반도와 임상분포도를 보여주고 있는 바, 연구대상지는 총 37개의 임반으로 구성되어 있으며, 주로 활엽수 임분으로 구성되어 있다는 것을 알 수 있다.

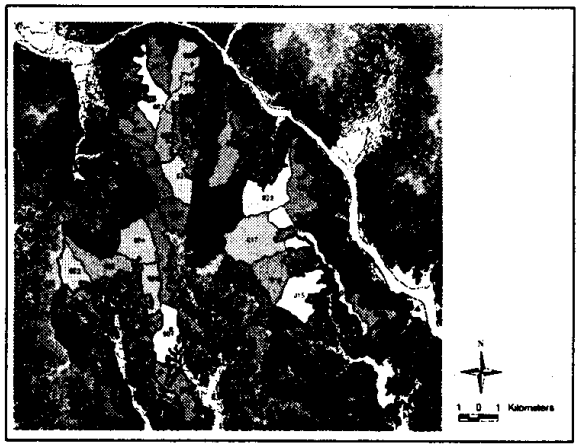


그림 4-36. 임소반도

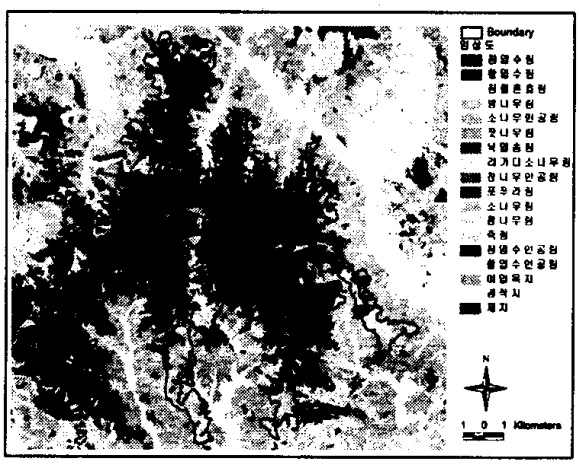


그림 4-37. 임상분포도

2) 평가요인별 고로쇠나무 수액생산성 등급 판정

가) 생물학적 요인에 따른 등급 판정

고로쇠 수액생산성 평가에 있어서 생물학적 요인은 임소반도와 산림조사부, 임상도를 이용하여, 임상, 영급, 경급분포도를 추출하여 3개 항목에 의한 고로쇠 수액 생산성 등급평가를 하였다. 등급평가의 기준은 이미 표 4-9에 제시되어 있어 이 기준에 따라 각 항목들에 대한 평가를 수행함으로

써 임상기준에 의한 결과가 그림 4-38에, 영급기준에 의한 결과가 그림 4-39에, 그리고 경급기준에 의한 결과가 그림 4-40에 나타나 있다. 이 그림들은 [0,1]의 범위로 고로쇠 수액 생산성 등급이 부여되어 있다.

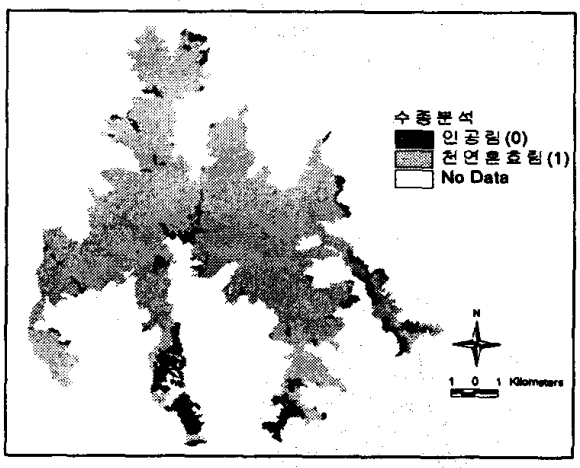


그림 4-38. 임상에 따른 평가결과 분포

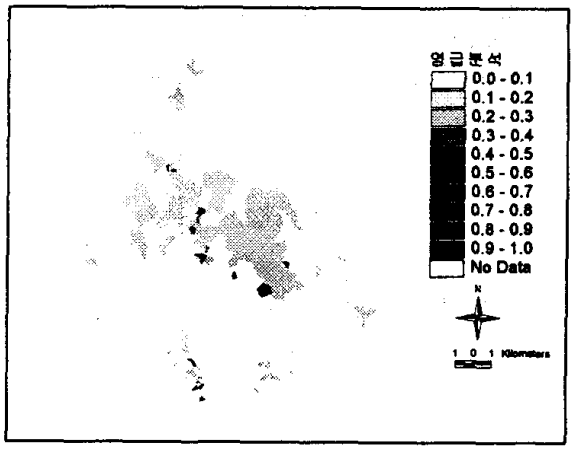


그림 4-39. 영급에 따른 평가결과 분포

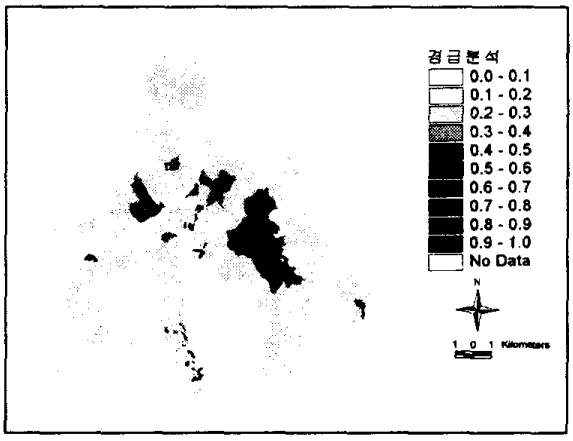


그림 4-40. 경급에 따른 평가결과 분포

이상의 결과(그림 4-38, 39 및 40)를 토대로 가중치 설정에 의한 지도대수분석을 통해 최종등급판정이 가능하다. 즉, 전술한 3가지 평가항목들이 수액채취 적합도에 미치는 영향의 상대적 중요도를 고려하는 가중치를 설정하고, 이러한 상대적 중요도에 따른 차이를 GIS 응용 지도대수분석을 통해 판별함으로써 생물학적 요인에 의한 등급판정이 가능한 것이다.

그러나 각 항목별 가중치의 설정은 전산처리 자동화 모델 개발에 중점을 두고 있는 본 연구의 범위를 벗어난다. 따라서 본 연구에서는 사례분석에 의해 개발된 모델의 적용성을 검토할 목적으로 일단 3가지 평가항목의 상대적 중요도가 동일하다는 가정 하에 지도대수분석을 수행하였다. 지도대수 분석을 통한 최종 등급판정 결과가 그림 4-41에 제시되어 있다.

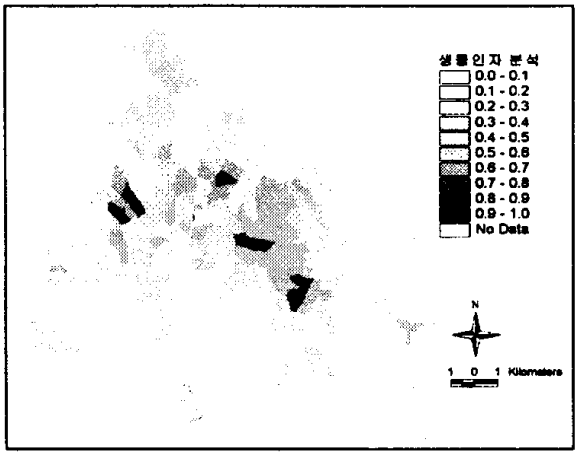


그림 4-41. 생물학적 요인에 따른 고로쇠 수액 생산성 등급평가

나) 입지환경적 요인에 따른 등급 판정

입지환경적 요인에 따른 고로쇠 수액 생산 적합도 평가는 표 4-10에 나타난 수계로부터의 거리, 해발고도, 토양수분, 방위, 음영 등 총 5개 항목을 대상으로 수행된다. 그러나 본 사례연구에서는 연구대상지의 모암에 관한 지질도면자료나 추정을 위한 정보가 미진하여 이 항목에 대한 평가는 제외하였다. 다만 산림청에서 현재 구축중인 입지도에 모암에 관한 정보가 들어 있으므로 앞으로 본 연구에서 제시하는 모델을 실무적으로 사용하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

수계로부터의 거리 분석을 위해 수치지형도의 하천레이어를 추출하였다. 수치지형도에는 큰 하천만이 표시되어 있기 때문에 등고선 레이어를 이용하여 TIN을 생성한 다음 집수량 분석을 수행하여 수계를 따로 추출하였다. 추출된 수계에 대한 거리, 즉, 표 4-10에 제시된 category별 구역을 추출한 결과가 그림 4-42에 나타나 있다.

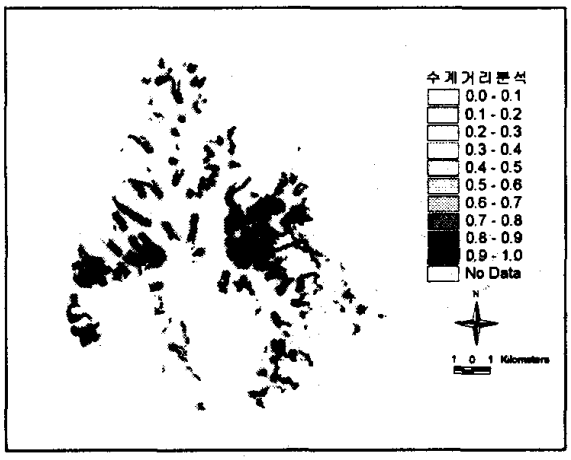


그림 4-42. 수계로부터의 거리에 의한
평가결과 분포도

고도와 방위에 대한 분석은 1:25,000으로 생성된 TIN에서, 표면분석을 통하여 분석된 결과를 재분류하여 표 4-10의 평가기준에 따라 [0,1]의 범위에서 점수가 부여되었으며, 그 결과가 그림 4-43 및 44에 나타나 있다.

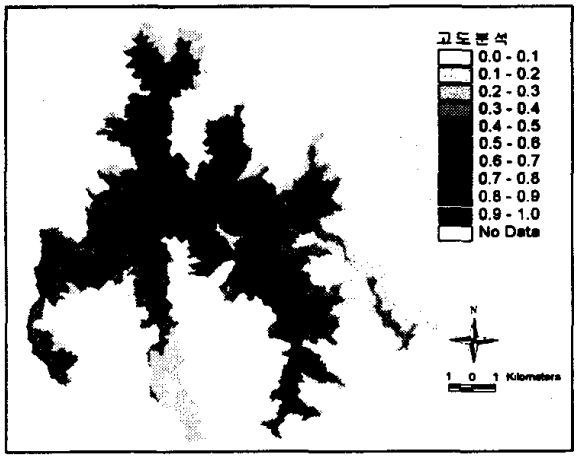


그림 4-43. 고도에 따른 평가결과 분포

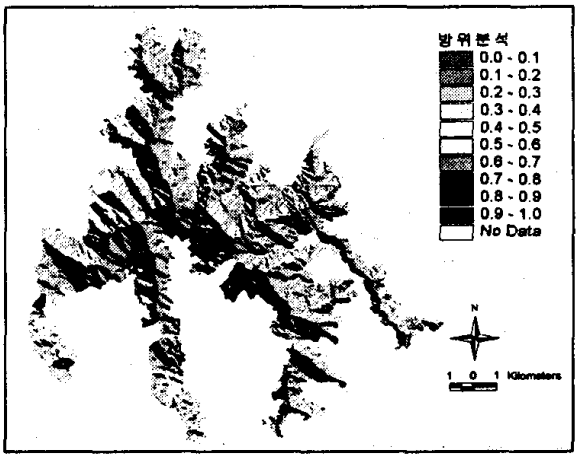


그림 4-44. 방위에 따른 평가결과 분포

그 외에 광에 대한 노출도를 의미하는 음영기복에 대한 분석은 고로쇠 수액 채취가 집중되어 있는 경칩전후의 태양고도인 45 °를 이용하였으며, 태양의 위치는 정남쪽으로 가정을 하였다. 이러한 과정을 거쳐 분석된 음영분석도가 그림 4-45에 제시되어 있다. 토양수분에 대한 평가는 산림조사부의 내용을 토대로 건조에서 적윤까지 5등급 구분에 의한 분석을 수행하였는데, 그 결과가 그림 4-46에 나타나 있다.

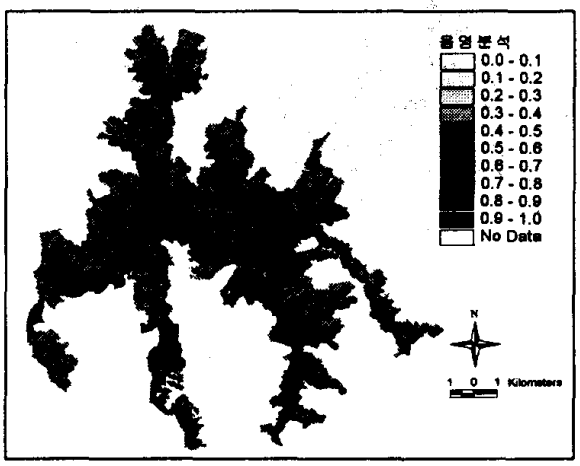


그림 4-45. 음영에 따른 평가결과 분포

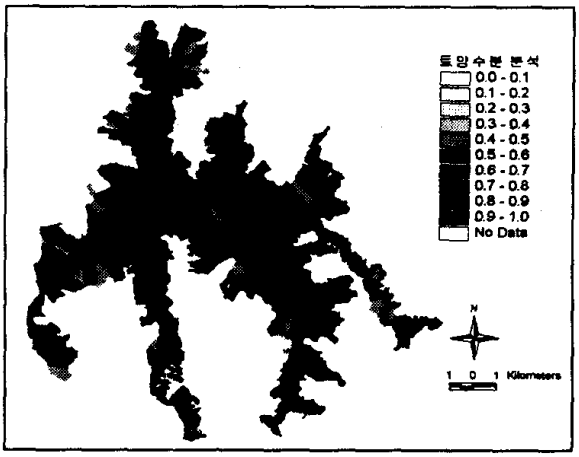


그림 4-46. 토양수분에 따른 평가결과 분포

모암을 제외한 이상의 5가지 산지입지환경 인자들에 대한 분석결과(그림 4-42, 43, 44, 45 및 46)를 토대로 가중치 설정에 의한 지도대수분석을 통해 최종 등급을 판정한 결과가 그림 4-47에 나타나 있다. 이 그림의 등급판정 결과도 각 평가항목별 상대적 중요도를 의미하는 가중치가 모두 동일하다는 가정 하에 생성된 것이다.

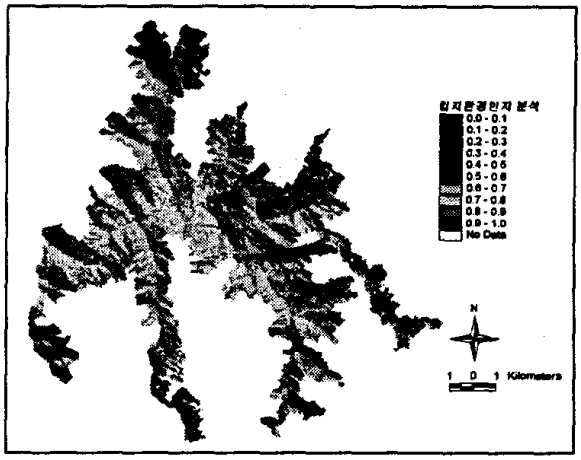


그림 4-47. 입지환경인자에 따른 고로쇠나무 수액 생산성 등급평가

한편 위에서 구해진 생물학적 요인 및 입지환경 요인에 따른 분석결과들을 토대로 각 레이어에 대한 가중치가 동일하다는 가정 하에 고로쇠 수액 생산성 등급을 10단계로 판정한 결과가 그림 4-48에 나타나 있다. 그림 4-49은 그림 4-48의 평가결과를 0.1 구간크기로 나누어 면적을 산출한 결과이다. 수액생산량 평가에 있어서 0.3~0.5 점수 구간의 면적이 8,369ha로써, 전체 면적의 약 78%를 차지하고 있다.

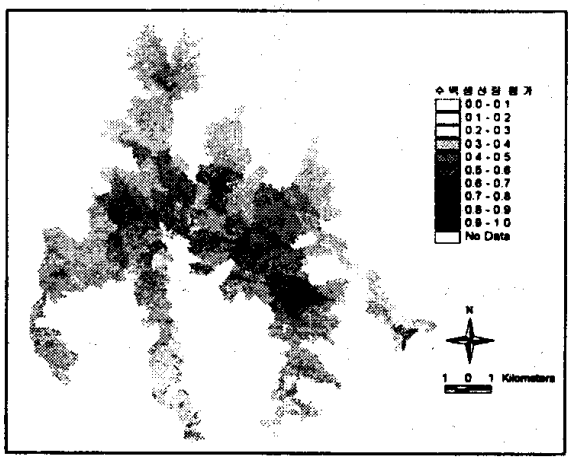


그림 4-48. 생물적 요인 및 입지환경 요인에 따른 고로쇠나무 수액 생산성 등급평가

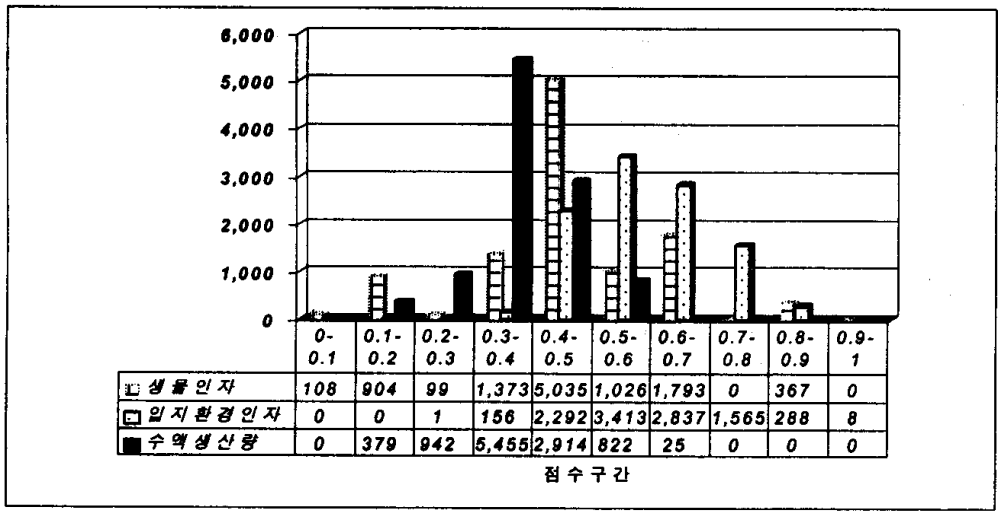


그림 4-49. 수액생산량 인자별 점수와 면적 분포

다) 수액채취난이도에 의한 등급 판정

고로쇠 수액채취업을 위한 접근성이나 작업여건에 따른 등급판정도 경영적 관점에서 매우 중요한 고려사항이다. 이것은 접근성 혹은 작업여건이 불리한 경우 생산성이 저하됨은 물론 비용이 증가하는 원인이 될 수 있기 때문이다.

수액채취 난이도에 의한 등급의 판정은 고로쇠 수액채취 장소가 임도나 국도로부터 얼마나 떨어져있는가 혹은 지형적 요인으로 산지사면의 경사가 얼마나 심한가에 의해 좌우된다. 이러한 관점에서 두 가지 평가항목에 의한 판정기준은 이미 표 4-11에 제시된 바 있다.

본 연구에서 접근성의 평가는 임도도와 수치지형도에서 추출한 도로도를 중첩한 후, 거리분석(Distance Analysis)으로 도로까지의 거리를 산출한 결과가 그림 4-50에 제시되어 있다. 이 그림에 표 4-11의 판정기준을 적용하여 [0~1]척도로 재분류함으로써 접근성 판정레이어를 그림 4-51과 같이 생성하였다.

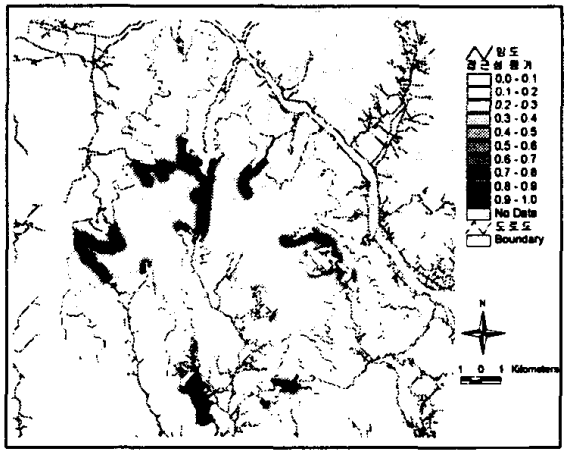


그림 4-50. 도로까지의 거리분포도

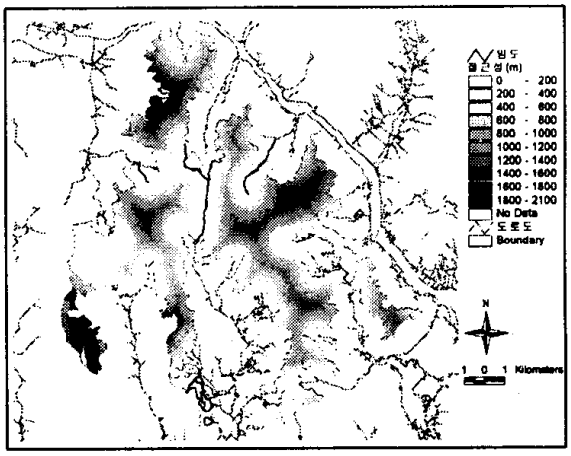


그림 4-51. 도로까지 거리에 따른 평가 결과 분포

작업여건을 나타내는 지형요인은 사면의 경사를 선정하여 분석하였다. 사면 경사는 DEM에서 추출된 경사분석 레이어를 [0~1] 척도로 다시 재분류하여 사면경사 평가레이어를 그림 4-52와 같이 생성하였다.

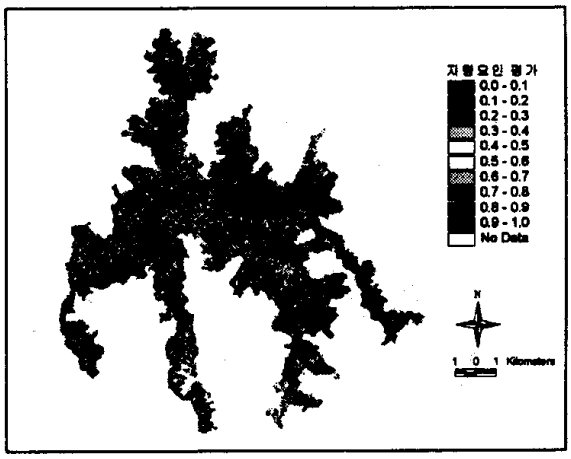


그림 4-52. 사면경사에 따른 평가결과 분포

이상의 접근성 및 사면경사에 따른 평가결과를 바탕으로 각각 동일한 가중치를 가진다는 가정 하에 지도대수분석에 의해 최종적으로 생성된 작

업난이도 분석 결과가 그림 4-53에 제시되어 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 도로와 임도가 설치되어 있는 부분은 상대적으로 경사도가 낮고, 접근성 부분에서도 높은 점수가 부여되었기 때문에 한재를 중심으로 임도가 관통하는 지역에 높은 점수가 부여된 것을 알 수 있다.

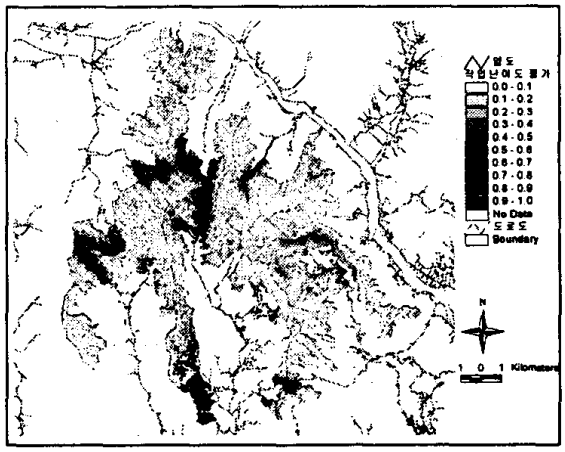


그림 4-53. 작업난이도 평가결과

그림 4-54에는 그림 4-53의 최종 작업난이도 분석결과를 0.1구간으로 나누어 면적으로 산출한 결과가 제시되어 있다.

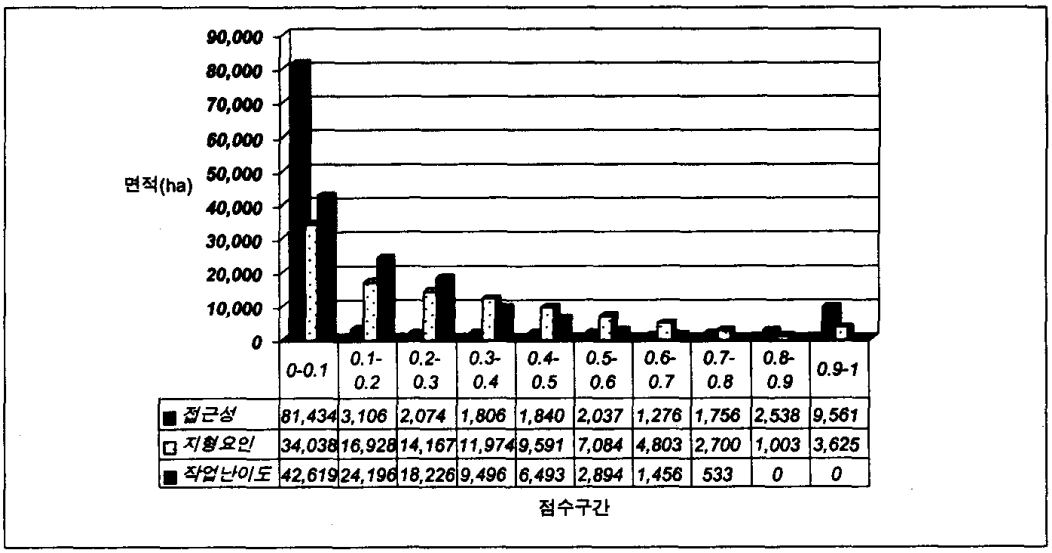


그림 4-54. 작업난이도 인자별 점수와 면적 분포

이 결과에 의하면 백운산 지역의 대부분이 수액생산성이 대체로 낮은 점수대에 분포하고 있다. 이것은 대부분의 백운산 지역이 험한 산악지형으로써 임도밀도가 낮아 접근성이 떨어지고, 경사가 급한 지역이 많은 것에 기인한다.

3) 고로쇠 수액채취구역 등급의 종합 평가

이상의 제 평가항목별 등급판정을 위한 자료들을 토대로 고로쇠 수액채취구역 등급을 평가한 결과가 그림 4-55에 나타나 있다.

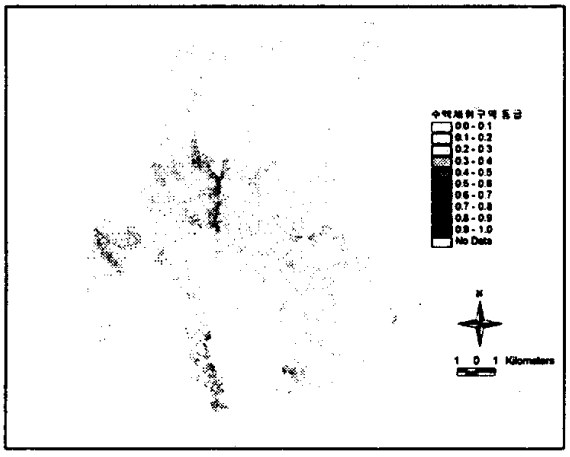


그림 4-55. 0.1 구간의 10단계 분류

그림 4-56은 [0~1] 척도의 점수를 0.33의 구간으로 구분하여 상, 중, 하의 3등급으로 재분류한 결과를 보여준다. 그림 4-57에서 보듯이 전체 면적 10,538 ha 중 상급지로 등급판정이 된 면적은 총면적의 7%에 해당하는 731ha, 중급지가 34%로 3,548ha 그리고 하급지가 59%에 해당하는 6,260ha로 구분되었다.

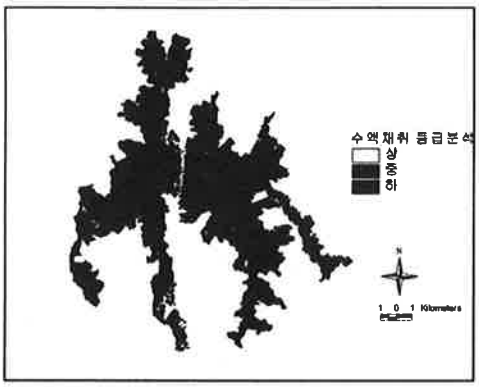


그림 4-56. 3단계 등급 분류

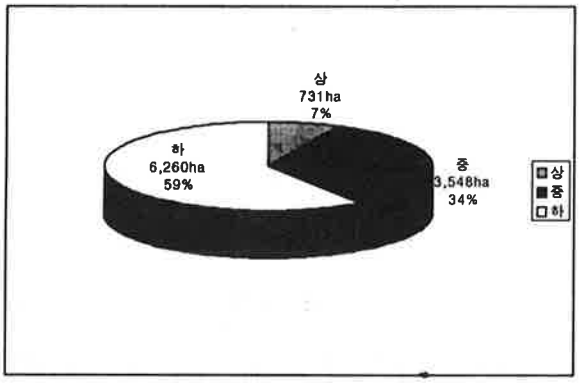


그림 4-57. 평가 등급별 면적

제4절 결 론

본 연구에서는 현행 고로쇠나무 관리 및 수액채취 운영체계의 문제점을 검토하고 이를 바탕으로 데이터베이스 및 GIS 체계를 도입하여 현장에서 실무적으로 활용할 수 있는 전산시스템을 개발하였다.

본 연구에서 제시된 고로쇠나무 경영관리시스템은 기능적 측면에서 고로쇠 수액채취 농가관리 데이터베이스체계와 비용/수익 분석을 위한 데이터베이스체계 그리고 산림생물, 환경입지 및 경영여건에 따른 고로쇠 수액생산 잠재력을 평가하기 위한 GIS 응용체계의 3가지로 구분된다. 이러한 기능들은 개별적으로 운용될 수 있는 독립된 전산체계로 개발되었지만, 사용자 편의프로그램 및 인터페이스 개발에 의해 통합환경에서 효율적으로 운용될 수 있는 체계를 지니고 있어 실무 적용이 용이할 것으로 판단된다.

특히 이 시스템은 서울대학교 연습림과 같은 대면적의 국유림 경영관리체계에 적합한 체계로 개발되었으며, 이것은 전술한 수액채취 농가에 대한 관리 및 비용/수익 분석을 위한 데이터베이스 모델은 일반 국유림 관리체계를 대상으로 설계된 것에 기인한다. 또한 고로쇠 수액생산 적지 판정 등에 사용될 수 있는 GIS 응용체계는 대면적의 국유림 관리에 적합한 것으로 고로쇠나무 관리 및 지역주민과의 수액채취 계약 등에 요구되는 경영정보를 제공할 수 있을 것이다. 따라서 이 고로쇠나무 경영관리 지원시스템은 소규모의 영세한 고로쇠 수액채취 농가보다는 대면적의 사유림이나 국유림 경영관리에 적합한 전산시스템으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

다만 본 연구에서 제시된 전산시스템의 세부 모델 중 고로쇠나무 수액생산 적합도를 판정하는 부분에 있어서 다소 미진한 부분이 있는 것으로 판단된다. 이것은 모델의 알고리즘을 개발하는데 있어서 기존의 문헌고찰

을 토대로 고로쇠 수액생산에 영향을 미칠 수 있는 제반 생물학적 요인이나 산림환경입지 요인들을 선정하고자 하였으나 실제 모델개발에 활용할 수 있는 국내 자료가 매우 제한적이었던 것에 기인한다. 향후 고로쇠나무 및 수액 생산에 관한 연구가 진전되면 이러한 문제가 해결될 수 있을 것으로 판단하며, 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 새로운 요인들에 대한 분석을 추가할 수 있는 모델로 개발하고자 하였다.

인 용 문 헌

1. 과학기술처. 1993. 지리정보시스템활용방안. 9-13pp.
2. 김대종. 1995. 퍼지집합(Fussy sets)을 이용한 적지분석 의사결정에 관한 연구. 서울대 석사논문. 22-42pp.
3. 김준선, 박인협, 장석모. 1998. 고로쇠나무 수액의 생산량 예측 및 생산성 향상 기술 개발. 순천대학교 固有農水産 品目 硏究調査 최종보고서 : 7-39pp.
4. 박명규, 박태식, 박인협. 1984. 백운산지역 고로쇠나무의 분포에 관한 연구. 서울대연습림연구보고 20 : 1-20pp.
5. 박인협. 1986. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위논문. 5-48pp.
6. 박인협. 1998. 고로쇠나무의 성장특성, 수액량 영향인자 및 수액량 추정모델. 전남도청연구보고서. 20-35pp.
7. 산림청. 1998. 산림입지조사요령.
8. 안종만, 강학모, 김준선. 1998. 고로쇠나무 樹液의 採取와 流通構造에 關한 硏究. 한국임학회지 87(3) : 391-403pp.
9. 안종만, 강학모. 1998. 고로쇠나무 수액의 경제성을 고려한 효율적 유통과 판매전략 개발. 순천대학교 固有農水産 品目 硏究調査 최종보고서 : 104-166pp.
10. 오해석. 1995. 데이터 베이스. 정익사.
11. 윤승락, 조종수, 김태옥. 1992. 자작나무와 단풍나무류의 수액채취 및 이용. 목재공학 20 : 15-20pp.
12. 이경준, 차윤정, 박종영, 박정호. 1995a. 고로쇠나무 자생지의 기상, 입

지환경, 나무크기, 천공방법이 수액 유출에 미치는 영향. 서울대학교 농업생명과학대학 연습림연구보고 31 : 1-16pp.

13. 이경준, 박종영, 박관화, 박훈. 1995b. 고로쇠나무 수액의 화학적 성분, 영양가치와 사포닌 함유여부에 관한 연구. 한국임학회지 84 : 415-423pp.
14. 이돈구 등. 1998. 국유림 경영 현대화 산학협동 실연연구보고서(Ⅸ). 산림청보고서. 427p.
15. 이상철. 1990. 노각나무의 생태와 형태적 특성에 관한 연구. 원광대 박사 학위논문. 68p.
16. 이정숙, 정민철, 김우식, 이근철, 김홍중, 박찬선, 이현주, 주윤정, 이근종, 인종석, 박완, 박용하, 민태익. 1996. 김치유래 젖산균의 균체지방산 분석을 이용한 분류학적 연구. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol 24 : 234-241pp.
17. 이진등. 1989. 산림의 기능분류 및 평가방법연구, 임업연구원 시험연구보고서(4-Ⅳ) : 21-54pp.
18. 임경빈. 1988. 나무백과. 일지사. 445p.
19. 임경빈 등. 1995. 조림학본론. 향문사. 347p.
20. 임경택. 1992. 기상학개론. 동화. 109-114pp.
21. 장진원. 1998. AHP의 User Interface 개선에 관한 연구. 1-3pp.
22. 정주상, 김성일. 1995. 산림환경정보시스템 구축을 위한 응용전산모델의 개발. 산림청.
23. 정주상, 박은식, 오동하. 1998. 지리정보시스템을 이용한 실무형 산림경영전산 모델의 개발. 한국임학회지 87(2) : 300-307pp.
24. 한국데이터베이스진흥센터. 1998. '98 데이터베이스 백서.
25. Bernhardsen, T. 1992. Geographic Information System. VIAK IT.

8-10pp.

26. Blum, B.M. 1972. Relationships between tree characterisitics and maple sugar yields. National Maple Syrup Digest. 11 : 15-17pp.
27. Blum, B.M. 1973. Relation of sap and sugar yield to physical characteristics of sugar maple tree. For. Sci. 19 : 175-179pp.
28. Borrough, P,A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press, New York. 50p.
29. Eastman, J. R. 1997. Student Manual : System Basics.
30. ESRI. 1996. Working with the ArcView Spatial Analyst.
31. Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, Iowa. 194pp.
32. Forest Service, USDA. 1974. Seeds of Woody Plants in the United States. Agriculture Handbook No. 450. 883pp.
33. Gabriel, W. J. and D. W. Seegrist. 1977. Differences in sugar content of sugar maple sap in northeastern United States. Natioal Maple Syrup Digest 16(3) : 8-9pp.
34. Holdridge, L.R. 1954. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105 : 367-368pp.
35. Kim, Y. T. and R. H. Leech. 1985. Effets of climatic conditions on sap flow in sugar maple. Forestry Chronicle 61 : 303-307pp
36. Kriebel, H. B. 1989. Genetic improvement of sugar maple for high sugar content I. Clone selection and seed orchard development. Can. J. For. Res. 19 : 917-923pp.
37. Lee, K.J., Kim N.B., and Park, J.Y. 1997. Management of *Acer mono*

forests for maple sap production in Seoul National University Research Forests. 48-60pp. Second University Forest Symposium/Workshop of Seoul National University and University of Tokyo. 118p. Aug. 27-Aug. 30. 1997. Kawangyang, Korea.

38. Leech, R. H. and Y. T. Kim. 1990. Methods to investigate fertilization as a means to improve growth and sugar yield of sugar maple. Communic. in Soil Sci. and Plant Analysis 21 : 2029-2051pp.

39. Marvin, J. W and F. M. Laing. 1967. A correlation between sugar concentration and volume yields in sugar maple - An 18-year Study. For. Sci. 13(4) : 346-351pp.

40. Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson. 1969. Species diversity of stratified oak-hickory community. Ecology 50(3) : 468-470pp.

41. Nakashizuka, T. 1984. Regeneration process of climax beech forests Ⅳ. Gap formation. Jap. J. Ecol. 34 : 75-85pp.

42. Nakashizuka, T. and M. Numata. 1982a. Regeneration process of climax beech forests Ⅰ. Structure of a beech forest with the under-growth of *Sasa*. Jap. J. Ecol. 32 : 57-67pp.

43. Nakashizuka, T. and M. Numata. 1982b. Regeneration process of climax beech forests Ⅱ. Structure of a forest under the influences of grazing. Jap. J. Ecol. 32 : 473-482pp.

44. Sharpe, G.W., C.W. Hendee, W.F. Sharpe and J.C. Hendee. 1992. Introduction to forest and renewable resources. McGraw-Hill, Inc., New York. 664pp.

45. Tayor, F. H. 1956. Variation in sugar content of maple sap. Vt.

Agric. Expt. Sta. Bull. 587. U.S.A.

46. Terazawa, M., H. Okuyama, and M. Miyake. 1984. Phenolic compound in living tissue of woods Ⅰ. Phenolic β-glucosides of 4-hydroxycinnamyl alcohol derivatives in the cambial sap of woods. J. Jap. Wood Res. Soc. 30 : 322-328pp.

47. Thomas, B. 1998. Genetic markers for sap sweetness in sugar maples. Annual Report of University of Vermont Extension and Vermont Agricultural Experiment Station.
http://ctr.uvm.edu/annualreport/1998/lsproj.htm

48. Yim, Y.J. 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. Ph. D. Thesis. Osaka City University, Japan. 126p.

49. 국가지리정보체계 표준화 분과 공식 홈페이지
http://standard.nca.or.kr/NGIS/

50. Fuzzy Systems : Theory and Technique
http://sirius.cie.cau.ac.kr/fuzzy/

51. SmartForest - An interactive forest visualizer
http://www.innovativegis.com/products/vforest/contents/vfoverpaper.htm

부 록

고로쇠나무 경영관리시스템

사용자 설명서

I. 고로쇠나무 수액채취 관리모델

채취자관리	채취자 관리 시작
	채취자 새로 등록
	채취자 검색
	채취자 모두 보기
	인쇄: 고로쇠 수액 채취자 명단 고로쇠나무 할당 및 채취현황
고로쇠나무 현황	작성 및 보기
주제도	주제도 창 열기
	주제도 불러오기
	주제도 닫기
	주제도 모두 닫기
	그래픽 지우기
비용/수익 분석	대금 사정
	인쇄: 대금사정인자조사서 임산물대금사정표
고로쇠경영지원시스템	연결

1. 고로쇠나무 수액채취 관리모델의 시작

고로쇠나무 수액채취 관리모델을 시작하면 그림 1과 같은 화면이 나타났다 사라지면서 그림 2와 같은 실행창이 뜬다.

그림 1. 고로쇠나무 수액채취 관리모델 시작

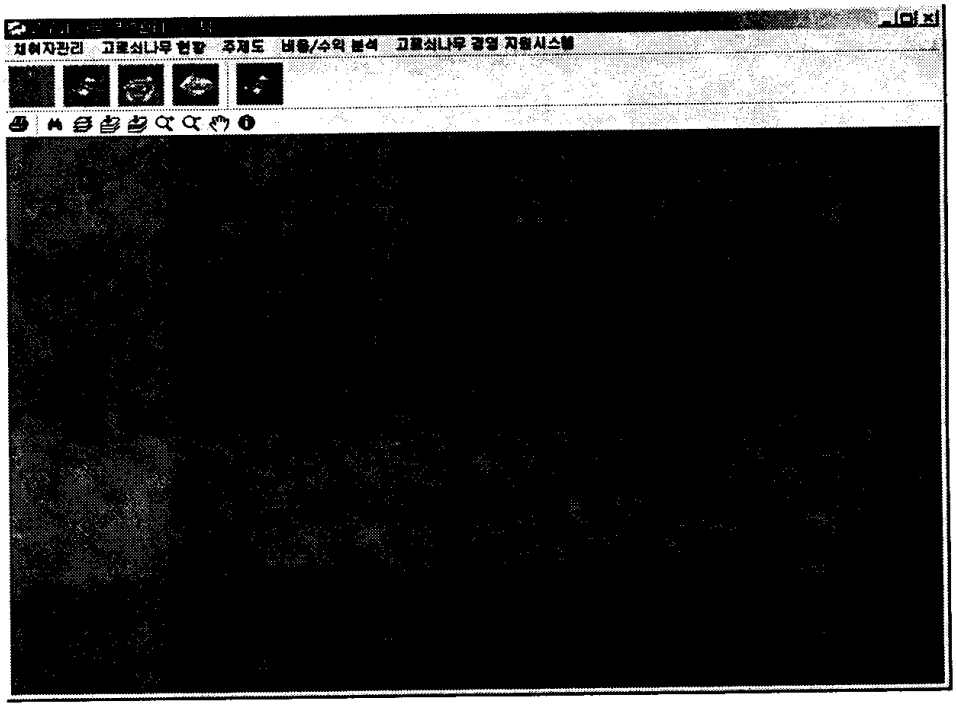


그림 2. 메인 폼

2. 툴바(ToolBar)에 대한 설명

고로쇠나무 수액채취 관리모델은 메뉴에서 원하는 작업을 선택하고 세부적인 작업은 툴바를 통해서 구현되도록 하였다.

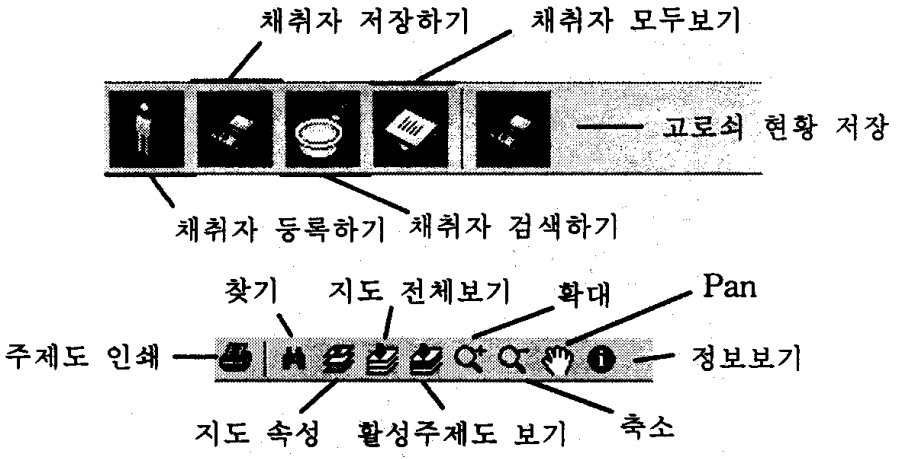


그림 3. 툴바

그림 3은 툴바에 대한 설명이다. 이 설명은 툴바에 마우스를 올려놓았을 때 풍선도움말로 보여지는 내용들이다.

3. 채취자 관리

채취자 관리는 채취자 관리 메뉴의 채취자 관리 시작이라는 메뉴(그림 4)를 선택하여 채취자별 정보 창(그림 5)을 띄우면서 시작된다.

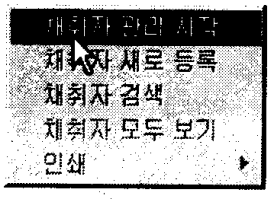


그림 4. 채취자
관리시작 메뉴

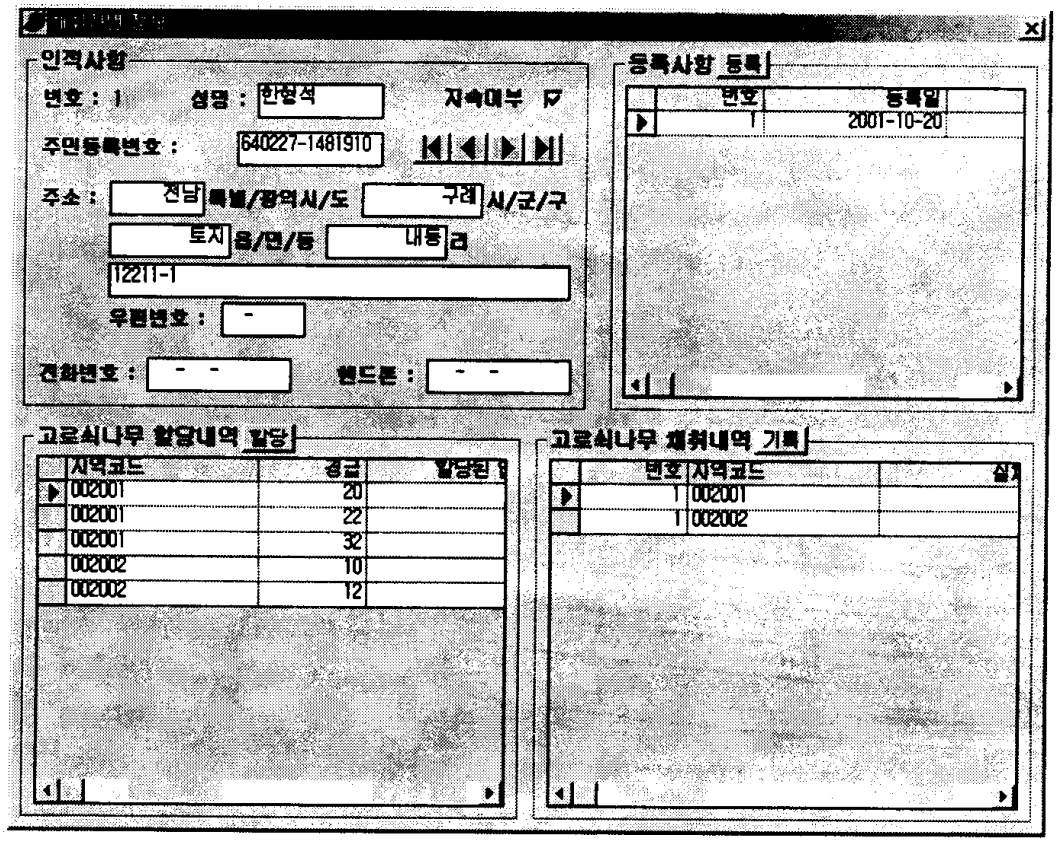


그림 5. 채취자별 정보 창

가. 채취자 새로 등록

채취자를 새로 등록하기 위해서 채취자 새로 등록 메뉴(그림 6)나 채취자 등록하기 툴바 를 선택하면 채취자별 정보창에 자동으로 번호가 매겨지면서 새로운 채취자를 등록할 상태(그림 7)가 된다.

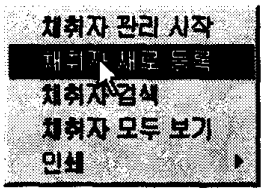


그림 6. 채취자
새로 등록 메뉴

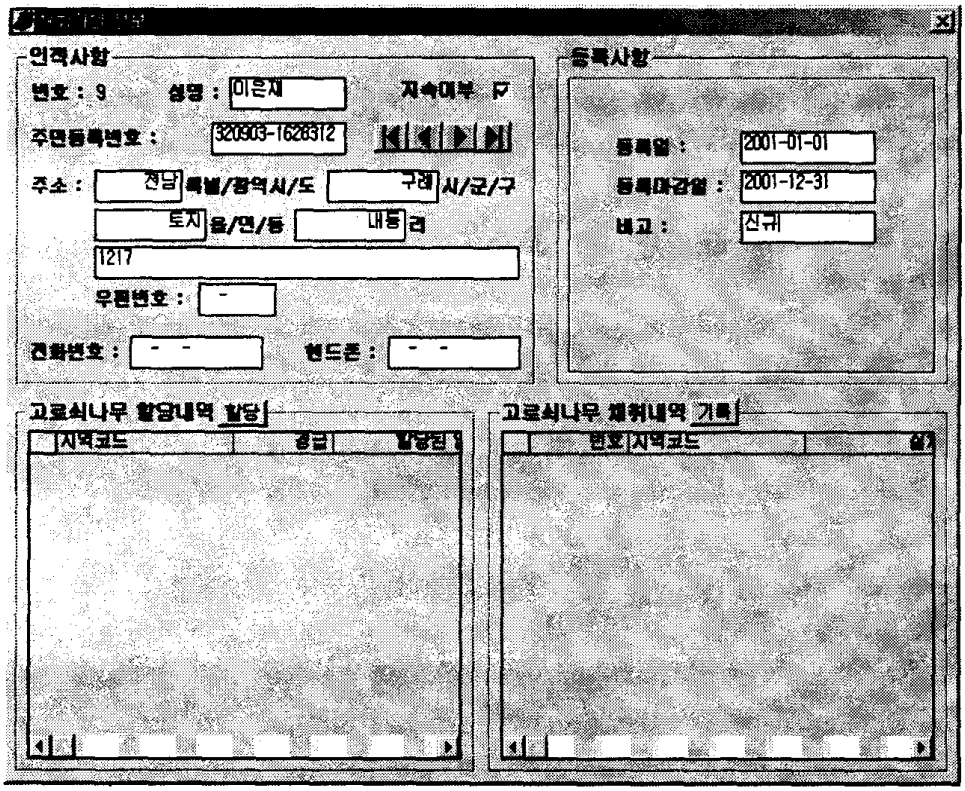


그림 7. 채취자 새로 등록 상태

그림 7에서 보듯이 채취자의 인적사항과 등록사항 등을 입력하고 툴바에 있는 채취자 저장하기 를 클릭하여 입력한 사항을 데이터 베이스에 저장한다.

나. 채취자 재 등록

기존의 채취자가 다시 등록하는 경우에는 등록사항(그림 8) 옆에 있는 등록버튼 등록 을 클릭하여 등록사항 창(그림 9)을 띄운다.

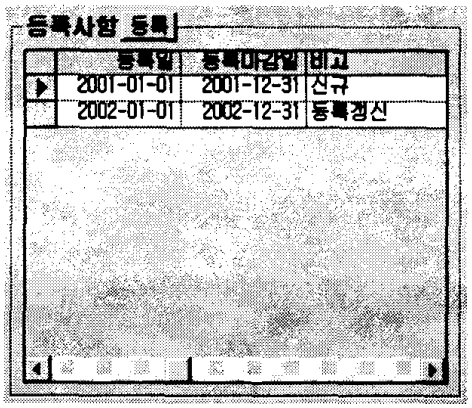


그림 8. 등록 사항 갱신

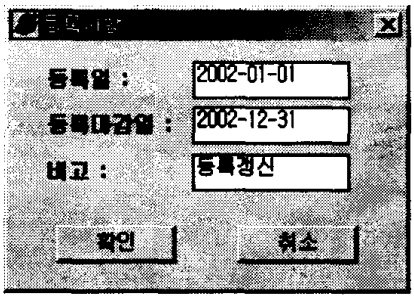


그림 9. 등록사항 창

새로운 등록사항을 추가하려면 확인버튼을 클릭하고 취소하려면 취소버튼을 클릭하면 된다.

다. 채취자 검색

찾고자 하는 채취자가 있을 때, 이를 검색하기 위해서 채취자 검색 메뉴(그림 10)나 툴바에 있는 채취자 검색하기 를 클릭하여 채취자 찾기 창을 띄운다(그림 11).

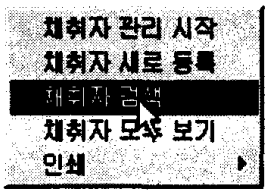


그림 10. 채취자
검색 메뉴

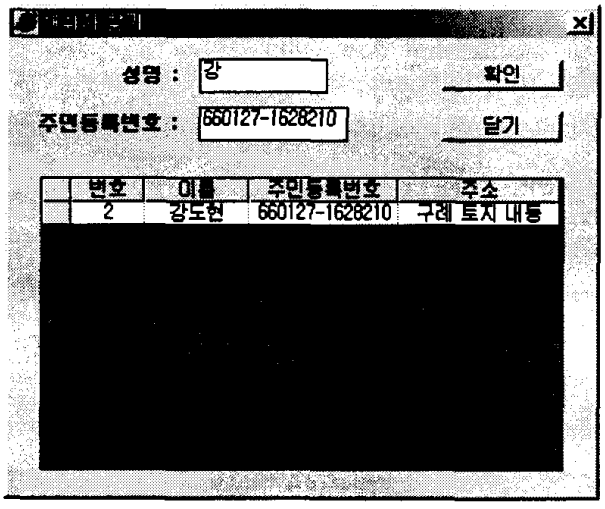


그림 11. 채취자 찾기 창

채취자 찾기 창에서 성명이나 주민등록버호로 찾고자 하는 채취자를 검색하여 해당 사항이 있으면 아래 테이블에 결과가 나온다. 이를 더블클

릭하면 채취자별 정보 창에 해당 채취자의 정보가 나온다(그림 12).

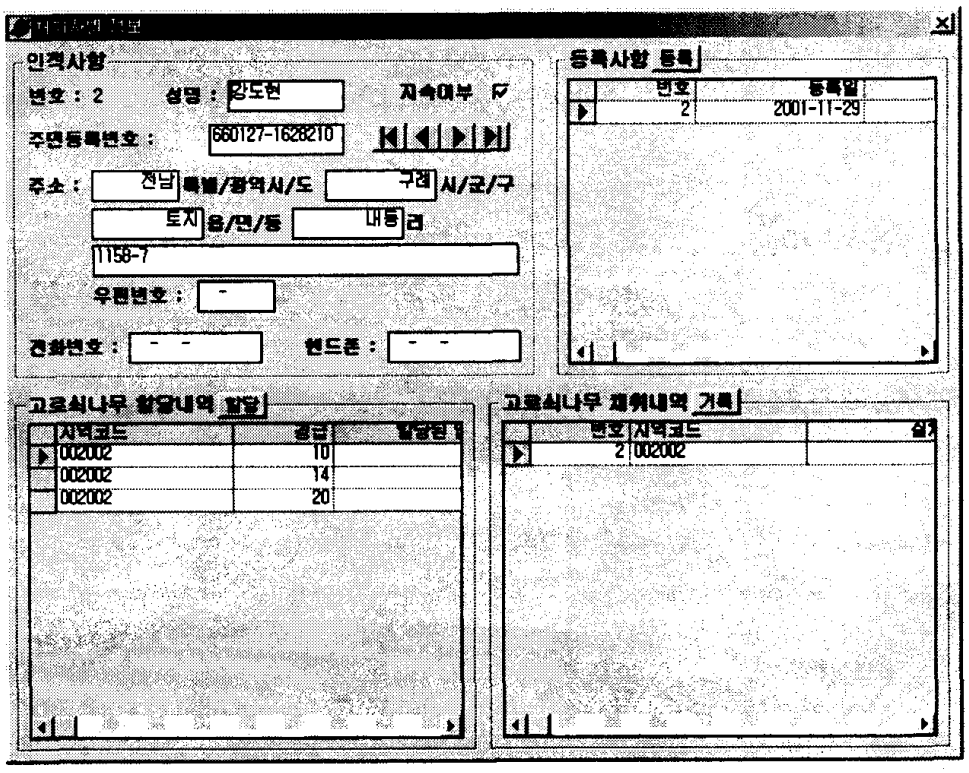


그림 12. 채취자 검색 결과

라. 채취자 모두 보기

데이터 베이스 상에 있는 모든 채취자의 인적사항을 보고자 할 때 채취자 모두 보기 메뉴(그림 13)나 툴바의 채취자 전체보기 를 선택한다.

그림 13. 채취자
모두 보기 메뉴

그림 14는 채취자 전체 보기의 결과이다.

번호	성명	주민등록번호	전화번호	핸드폰	우편번호
1	강도현	660127-1628210	031-290 -2331	- -	-
2	강도현	660127-1628210	031-290 -2331	- -	-
3	함태식	280213-1627915	- -	- -	-
4	조현교	680208-1628215	- -	- -	-
5	김형곤	580901-1622634	- -	- -	-
6	아무개	750930-1069052	- -	018-433 -0541	-
7	김선민	641209-1628215	- -	- -	-
8	박타원	590420-1120815	- -	- -	-

그림 14. 채취자 모두 보기 결과

마. 고로쇠나무 할당

고로쇠나무를 할당하려면 고로쇠나무 할당내역(그림 15) 옆에 있는 할당 버튼 할당 을 클릭한다.

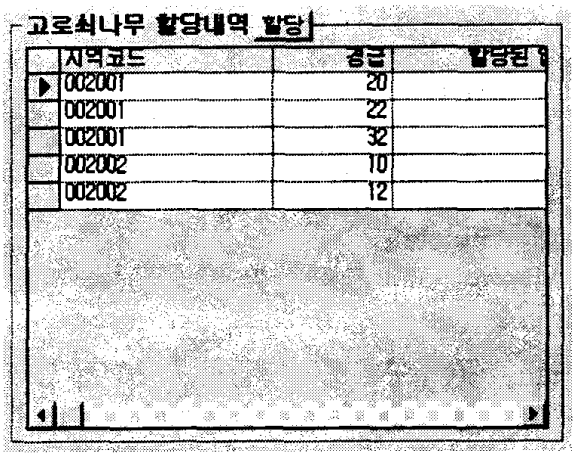


그림 15. 고로쇠나무 할당내역

그 결과 그림 16과 같은 고로쇠나무 할당창이 나타난다. 임반과 지역코드를 선택한 후에 테이블에 나타나는 정보를 참조하여 할당할 입목수를 결정, 할당 입목수란에 입력한다.

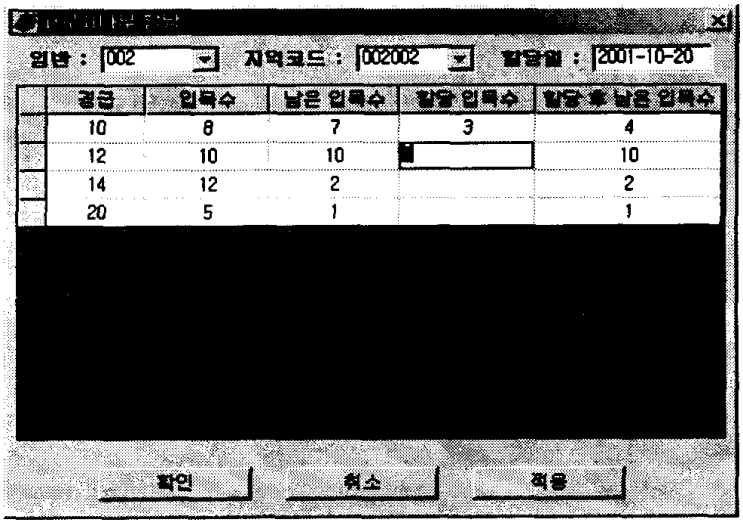


그림 16. 고로쇠나무 할당창

바. 고로쇠나무 채취현황 기록

할당받은 고로쇠나무에서 수액을 채취한 뒤 채취량을 기록하려면 고로쇠나무 채취내역(그림 17) 옆에 있는 기록버튼 기록 을 클릭한다.

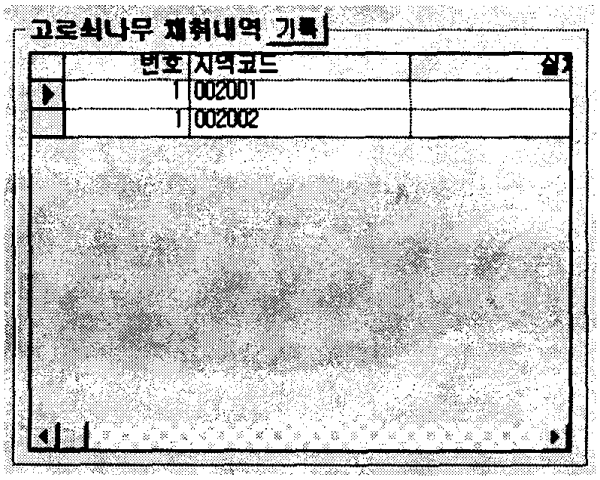


그림 17. 고로쇠나무 채취 내역

그림 18과 같은 고로쇠나무 채취현황 창이 뜬다. 해당 채취자에게 할당된 지역의 코드가 기록되어 있는 상태로 실채취량과 채취량기록일을 입력한 후 확인 버튼을 클릭하면 데이터베이스에 저장된다.

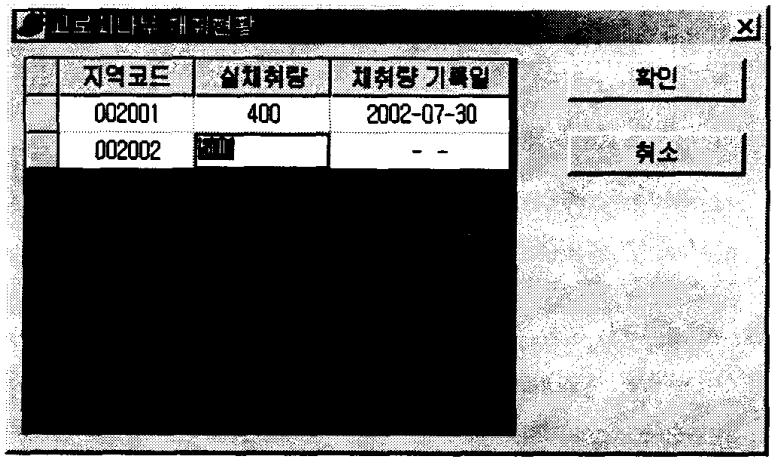


그림 18. 고로쇠나무 채취현황 창

4. 고로쇠나무 현황 작성 및 보기

고로쇠나무의 현황을 작성하고 보려면 고로쇠나무 현황의 작성 및 보기 메뉴(그림 19)를 선택한다.

그림 19. 작성
및 보기 메뉴

메뉴를 선택하면 그림 20과 같은 고로쇠나무 현황 작성 창이 뜬다. 임반과 선택한다. 지역코드가 없는 경우에는 새로 부여한다. 속칭지명과 조사일을 입력한 후에 경급별 입목수와 할당 후 남은 입목수를 계산하여 입력한다. 레코드를 추가할 경우 즉 경급을 추가할 경우에는 추가버튼을, 삭제할 경우에는 삭제버튼을 클릭한다.

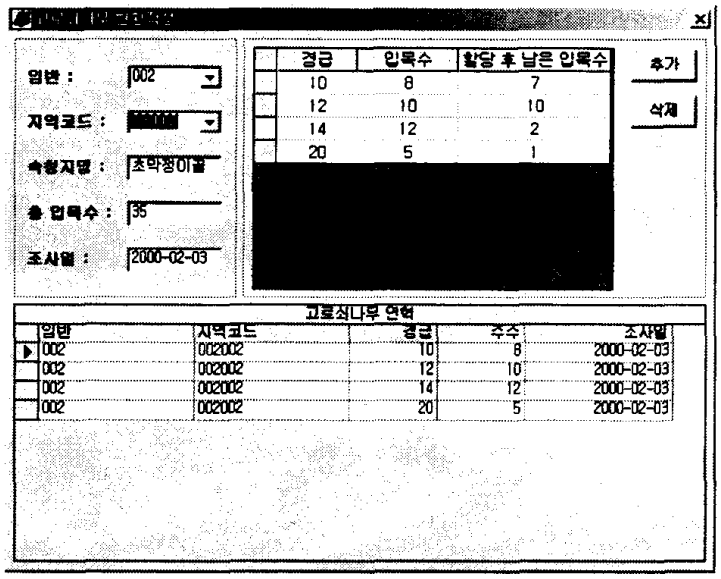


그림 20. 고로쇠나무 현황 작성 창

모든 내용을 다 입력한 뒤에 툴바에 있는 고로쇠 현황 저장 버튼 을 클릭해서 데이터베이스에 변화된 내용을 저장한다. 고로쇠나무 연혁을 직접 수정·삭제하는 것이 가능하다.

5. 주제도 이용하기

주제도 이용에 관련된 메뉴는 주제도 메뉴이다. 메뉴에서 지원하는 것은 주제도 창 열기, 주제도 불러오기, 닫기, 모두 닫기, 그래픽 지우기 이다. 열린 주제도를 가지고 인쇄, 검색, 속성 설정, 주제도 부분/전체 보기, 확대, 축소, 정보보기 등을 가능하게 하는 것은 툴바의 몫이다. 본 설명서에서는 이 중에서 꼭 알아야 될 부분만을 기술하였다. 인쇄, 속성 설정, 전체/부분 보기, 확대/축소, Pan은 별다른 이해 없이 주제도 위에서 쉽게 구현이 되므로 특별한 설명은 배제하였다.

가. 주제도 창 열기

주제도를 이용하려면 먼저 주제도 창을 열어야 한다. 주제도 창은 주제도 창 열기 메뉴(그림 21)를 선택하면 실행 가능하다. 주제도 창은 지도보기라는 이름을 가지고 있으며 이전에 열어보았던 주제도가 같이 열린다.

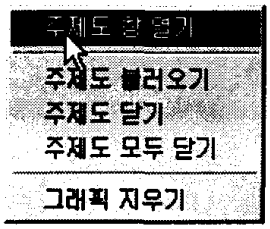


그림 21. 주제도
창 열기 메뉴

나. 주제도 불러오기

주제도 창을 연 후에는 주제도를 불러온다. 주제도 불러오기 메뉴를 선택하면 열린 지도보기 창에 주제도가 뜬다.

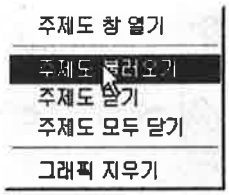


그림 22. 주제도
불러오기 메뉴

그림 23은 열려진 주제도들의 모습이다.

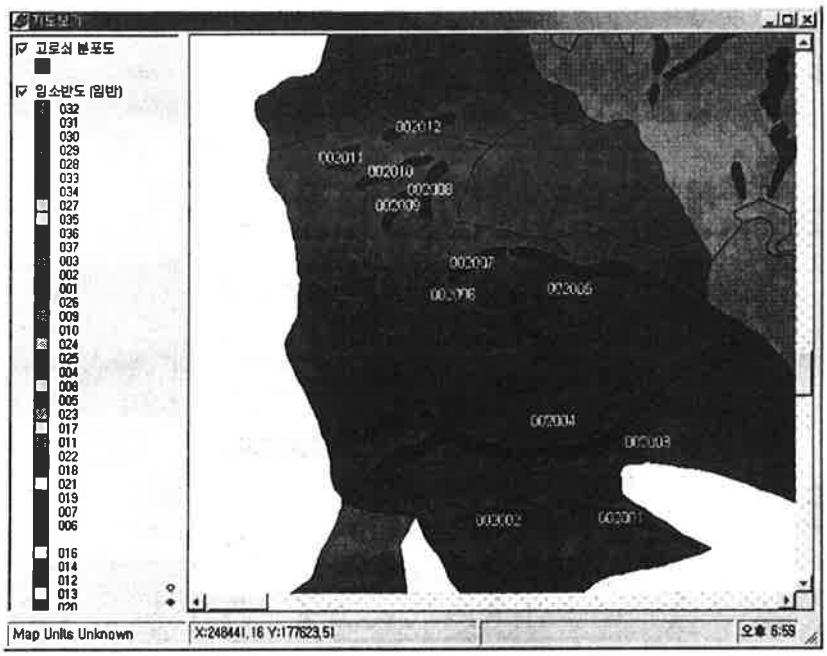


그림 23. 열려진 주제도의 모습

다. 주제도 닫기/모두 닫기

주제도 닫기 메뉴를 선택하면 선택된 주제도만 닫히고 모두 닫기를 선택하면 열려있던 모든 주제도가 닫힌다.

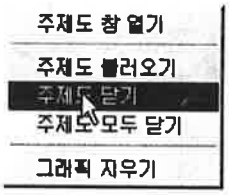


그림 24. 주제도 닫기 메뉴

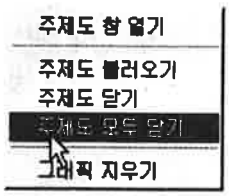


그림 25. 주제도 모두 닫기 메뉴

라. 주제도 찾기

툴바의 찾기버튼을 클릭하면 그림 26과 같은 창이 뜬다. 테이블에서 레코드를 선택하면 대상이 선택된다.

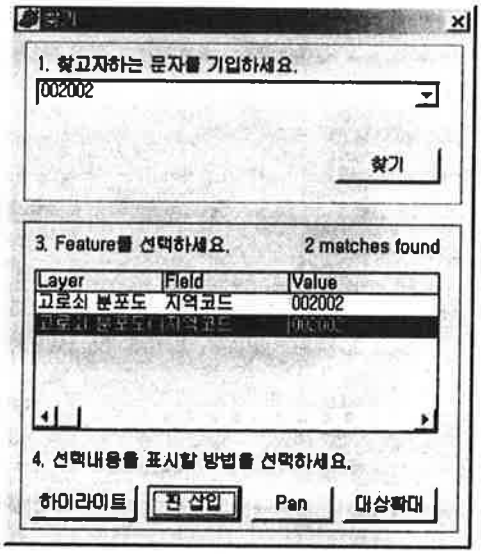


그림 26. 주제도 찾기 창

그림 27은 대상을 확대하고 핀을 삽입한 결과이다. 대상을 선택한 후에 하이라이트를 시키거나 핀을 삽입하거나 대상을 확대 해서 대상의 위치를 파악할 수 있다.

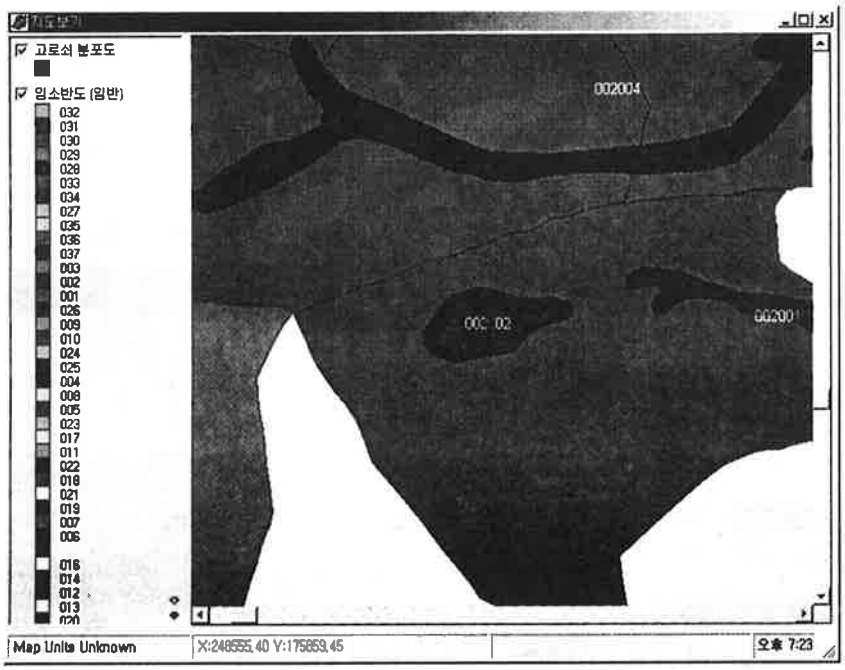


그림 27. 지도 보기 - 검색결과

마. 그래픽 지우기

주제도 검색을 해서 검색된 대상에 핀을 삽입한 경우 핀을 지우려면 그래픽 지우기 메뉴를 클릭하면 된다.

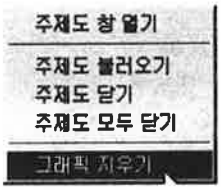


그림 28. 그래픽 지우기 메뉴

바. 정보보기

그림 29. 정보보기 창

툴바에서 정보보기를 클릭하고 마우스로 지도보기 창에 열려있는 주제도를 클릭하면 그림 29의 창에 나타난다.

이 정보는 shp 포맷에서 지원하는 데이터베이스인 dbf에 기록된 내용으로 주제도가 작성되거나 수정될 때 입력된 내용이다.

5. 비용/수익 분석

비용/수익 분석에서는 대금산정 메뉴(그림 30)를 선택하면 그림 31과 같은 기초 사항 조사 창이 뜬다.

그림 30.
대금 산정

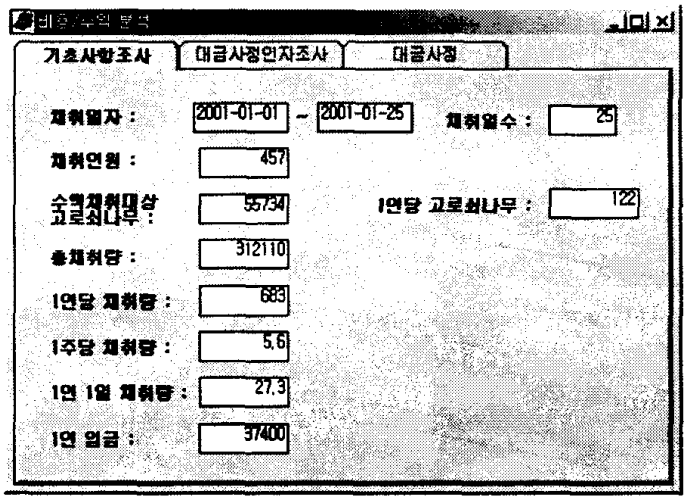
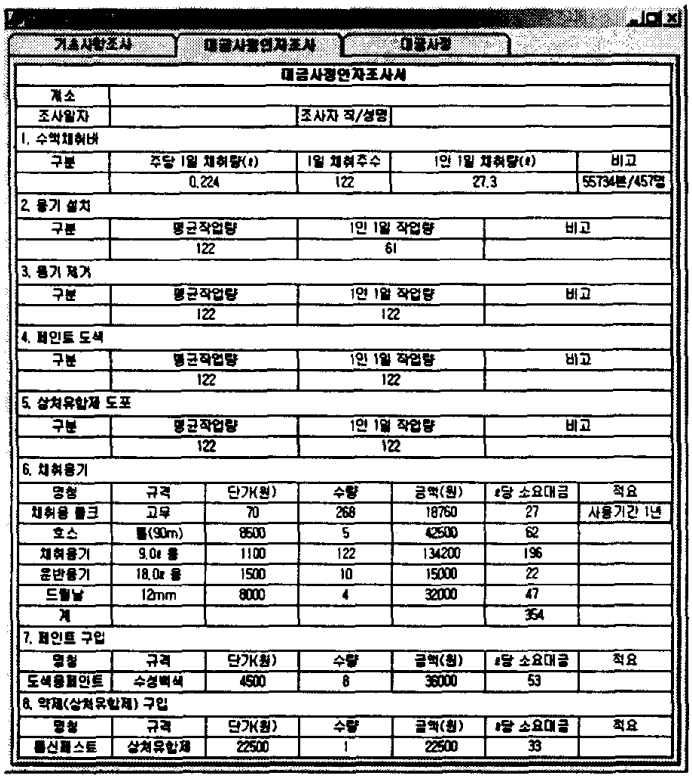


그림 31. 기초 사항 조사

채취일자, 채취인원, 수액채취대상 고로쇠나무, 총채취량, 1인 임금 등의 내용을 입력하면 나머지 부분은 자동으로 계산되어 채워진다. 이 계산이 끝나면 대금사정인자조사 탭을 클릭하여 그림 32와 같이 되도록 한다.



기초사항조사 | 대금사정인자조사 | 대금사정

대금사정인자조사서

계소					
조사일자		조사자 직/성명			

1. 수액채취버

구분	주당 1일 채취량(ℓ)	1일 채취주수	1인 1일 채취량(ℓ)	비고
	0.224	122	27.3	55734본/457업

2. 용기 설치

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	61	

3. 용기 제거

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	122	

4. 페인트 도색

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	122	

5. 삼처유합제 도포

구분	평균작업량	1인 1일 작업량	비고
	122	122	

6. 채취용기

명칭	규격	단가(원)	수량	금액(원)	#당 소요대금	적요
채취용 클크	고무	70	268	18760	27	사용기간 1년
호스	롤(90m)	8500	5	42500	62	
채취용기	9.0ℓ 용	1100	122	134200	196	
운반용기	18.0ℓ 용	1500	10	15000	22	
드릴날	12mm	8000	4	32000	47	
계					354	

7. 페인트 구입

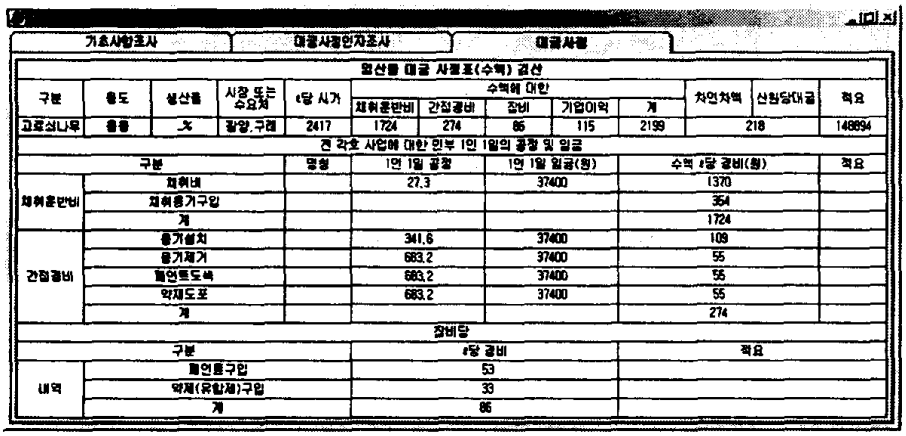
명칭	규격	단가(원)	수량	금액(원)	#당 소요대금	적요
도색용페인트	수성백색	4500	8	36000	53	

8. 약제(삼처유합제) 구입

명칭	규격	단가(원)	수량	금액(원)	#당 소요대금	적요
톱신페스트	삼처유합제	22500	1	22500	33	

그림 32. 대금사정인자조사

1일 작업량과 채취용기구입, 페인트구입, 약제구입 란에 필요한 내용을 입력하면 자동으로 계산이 되어 합계란이 채워진다. 필요한 내용들까지 다 채우면 대금 사정 탭을 클릭한다.



기초사항조사 | 대금사정인자조사 | 대금사정

임산물 대금 사정표(수액) 검산

구분	품도	생산물	시장 또는 수요처	#당 시가	수액에 대한					차인차액	산림당대금	적요
					채취운반비	간접경비	잡비	기업이익	계			
고로성나무	중등	수	장양,구례	2417	1724	274	86	115	2199	218		148894

전 작호 사업에 대한 인부 1인 1일의 공정 및 임금

구분		명칭	1인 1일 공정	1인 1일 임금(원)	수액 #당 경비(원)	적요
채취운반비	채취내		27.3	37400	1370	
	채취용기구입				354	
	계				1724	
간접경비	용기설치		341.6	37400	109	
	용기제거		683.2	37400	55	
	페인트도색		683.2	37400	55	
	약제도포		683.2	37400	55	
	계				274	

잡비당

구분		#당 경비	적요
내역	페인트구입	53	
	약제(유합제)구입	33	
	계	86	

그림 33. 대금 사정

앞서 계산된 내용들이 채워져 있고, 구분, 용도, 생산율, ℓ당 시가 등을 채우면 자동으로 계산이 되어 기업이익과 비용합계, 차인차액, 산원당 대금이 계산되고 1인당 수익이 계산되어 적요란에 기입된다.

6. 인쇄

채취자 관리 메뉴와 비용/수익 분석의 하부메뉴에는 인쇄메뉴가 있다. 이 메뉴를 클릭하면 그림 34와 같은 창이 뜬다. 파일이름과 경로를 지정하여 인쇄버튼을 누르면 html 형식의 파일 생성과 함께 인쇄가 가능해 진다.

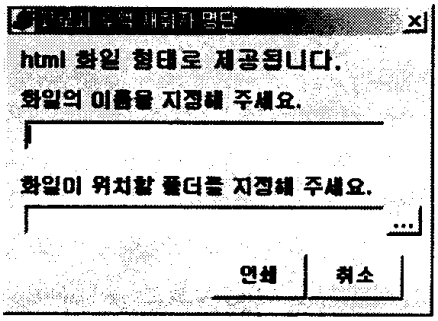


그림 34. 인쇄

II. 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델

파일	불러오기
	저장하기
	새이름으로 저정하기
	출력하기
	프린터 설정
	끝내기
편집	잘라내기
	복사하기
	삭제하기
	선택하기
자료입력	수지지형도
	고로쇠분포도
	임도도
	토양도
	임소반도
	입지도
수액생산성 평가	입지환경인자 평가
	생물인자 평가
	최종 수액생산성 평가
작업난이도 평가	접근성 평가
	지형요인 평가
	최종작업난이도 평가
수액채취구역 평가	수액채취구역 평가도 작성하기
도움말	도움말

1. 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델의 시작

고로쇠나무 수액채취구역 평가모델을 시작하면 그림 35과 같은 화면이 나타난다. 화면 하단에 위치하고 있는 OK(확인) 버튼을 클릭하면 채취구역 평가모델을 수행하기 위한 초기 환경설정 창이 나타나게 된다(그림 36).

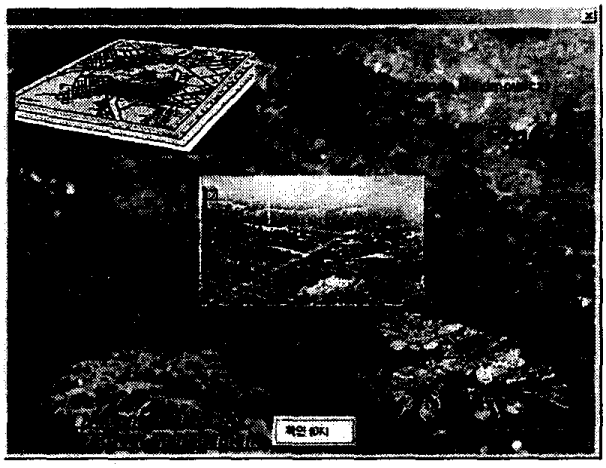


그림 35. 고로쇠나무 수액채취구역
평가모델의 시작화면

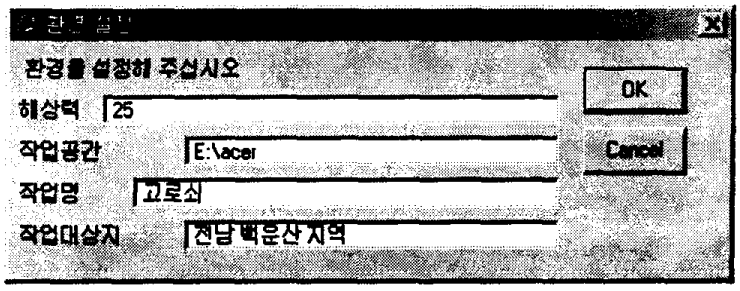


그림 36. 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델의
초기 환경설정

2. 자료 입력

고로쇠나무 수액채취구역 평가모델을 이용하여 생산성 예측이나 작업 난이도를 분석하기 위해서는 기본자료가 되는 수치지도가 필요하다. 필요한 수치지도로는 고로쇠나무 분포도, 임소반도, 임상도, 입지도, 토양도, 지질도 등이 있으며, 자료 입력 메뉴에서는 사용자가 이러한 수치지도를 프로그램에 입력시켜 주는 작업을 수행할 수 있다.

자료 입력의 하위메뉴는 수치지형도입력, 고로쇠분포도 입력, 임도도 입력, 토양도 입력, 임소반도 입력, 입지도 입력으로 구성되어 있으며, 수치지도를 등록하고자 할 때에는 원하는 수치지도 메뉴를 클릭한 다음 지도창에서 수치지도를 선택하면 된다.

▣ 활용 예) - 수치지형도 등록하기

① 자료입력 메뉴에서 수치지형도 입력 메뉴를 클릭한다. 수치지형도를 등록한다는 메시지창이 나온다.

② 지도 선택창(그림 38)에서 수치지형도를 선택한다.

③ 수치지형도를 선택한 다음 OK 버튼을 클릭하면 (그림 39)과 같이 수치지형도가 등록된 것을 확인할 수 있다.

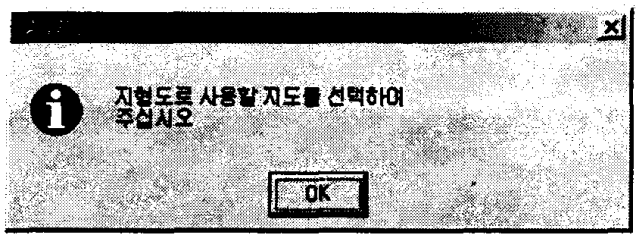


그림 37. 수치지형도 입력 메시지 창

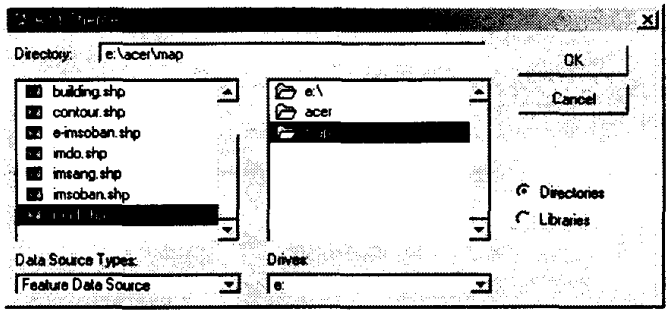


그림 38. 수치지형도 선택 창

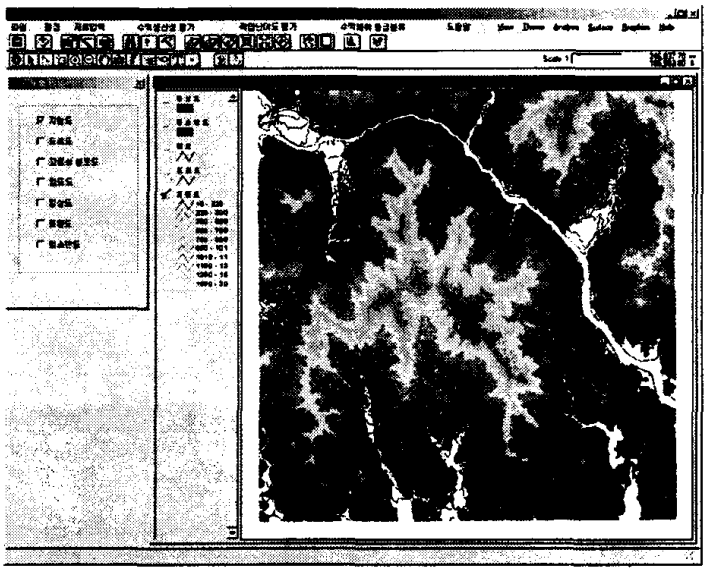


그림 39. 수치지형도 등록 결과

3. 수액생산성 평가

수액생산성 평가 메뉴는 입지환경요인 평가, 생물요인 평가, 최종수액생산성 평가 등 세 개의 하위 메뉴 시스템을 가지고 있다.

가. 입지환경요인 평가

입지환경요인 메뉴를 클릭하면 자료 입력 메뉴에서 등록된 수치지형도를 이용하여 제일 먼저 TIN을 생성한 다음 경사, 고도, 방위 인자를 분석하게 된다.

그림 40과 그림 41은 각각 경사분석과 고도분석의 결과를 보여주고 있다. 입지환경 요인의 하나인 음영분석을 위해서는 태양의 고도와 위치를 입력해야 하므로 그림 42와 같은 태양고도와 위치 입력창에서 고도는 0 ~ 90 °, 위치는 0 ~ 360 ° 사이의 값을 입력한다.

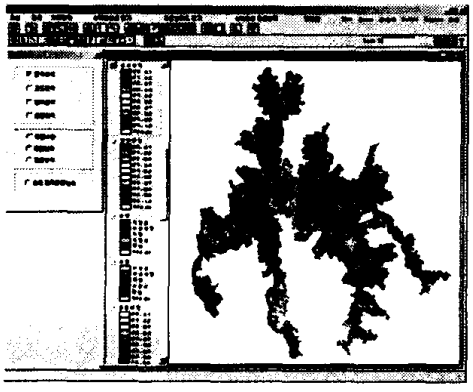


그림 40. 경사분석결과

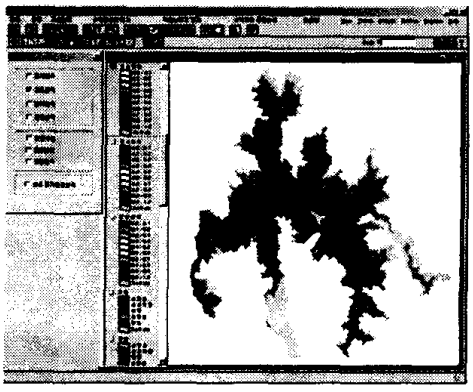


그림 41. 고도분석결과

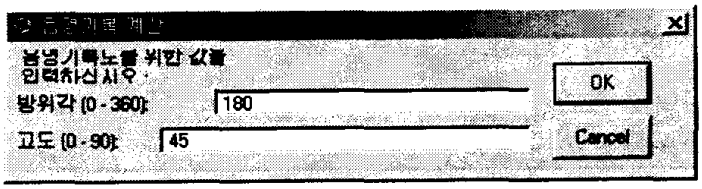


그림 42. 음영분석을 위한 태양고도, 위치 입력

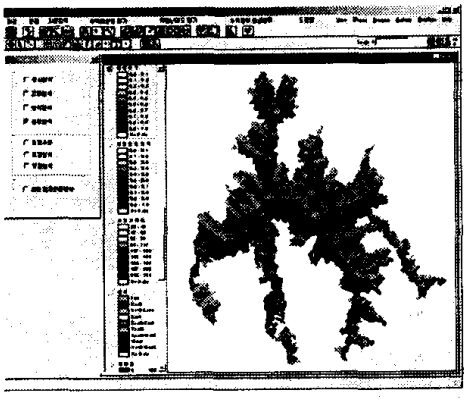


그림 43. 음영분석결과

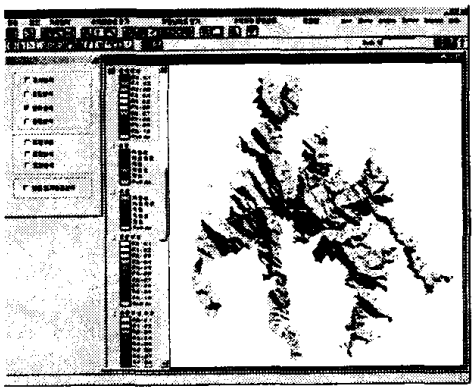


그림 44. 방위분석결과

경사, 고도, 음영, 방위에 대한 분석이 이루어진 다음, 프로그램은 자동으로 토양수분에 대한 분석을 수행하고자 한다. 토양수분 분석은 토양수분에 대한 정보가 토양도, 입지도, 임소반도 등 다양한 출처에서 올 수 있으므로, 맨 처음 그림 45와 같이 토양정보가 들어 있는 수치지도를 선택해야 한다.

수치지도가 선택되면, 다시 한번 수치지도 내에서 토양수분 정보가 들어있는 필드를 선택해야 한다. 이러한 절차를 거치게 되면 그림 46처럼 최종적으로 토양수분분석이 완료된다.

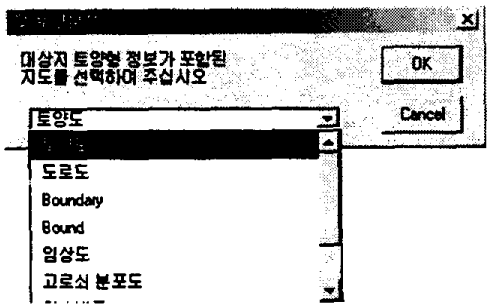


그림 45. 토양수분 정보가 포함된 수치지도 선택

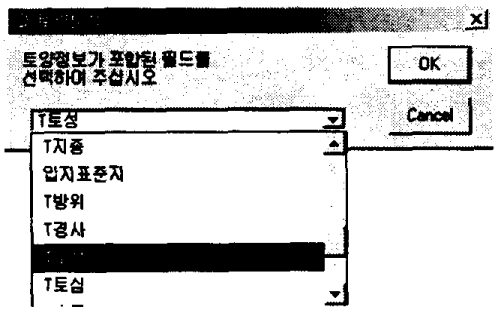


그림 46. 토양수분 정보가 포함된 필드 선택

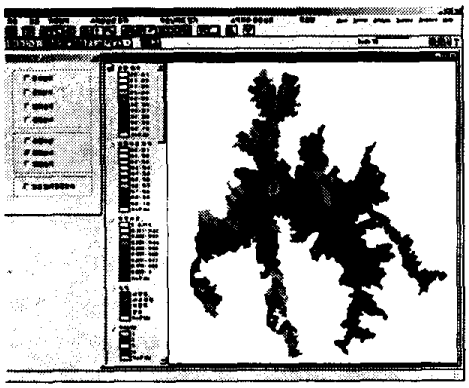


그림 47. 토양수분 분석 결과

5개 인자에 대한 분석이 완료되면 마지막으로 가중치를 부여한 최종적인 입지환경요인 분석 지도가 만들어진다. 가중치는 그림 48처럼 사용자가 직접 입력할 수 있다. 가중치는 합이 1을 넘어서는 안된다. 가중치 입력이 완료되고 난 다음 OK 버튼을 클릭하면 그림 49와 같이 최종적으로 분석된 입지환경인자 평가 결과가 나타나게 된다.

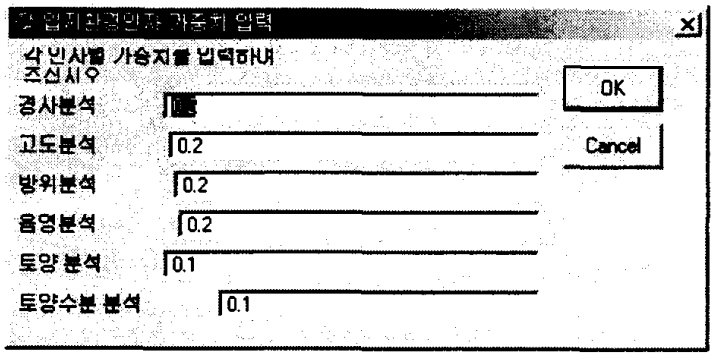


그림 48. 입지환경요인 가중치 입력창

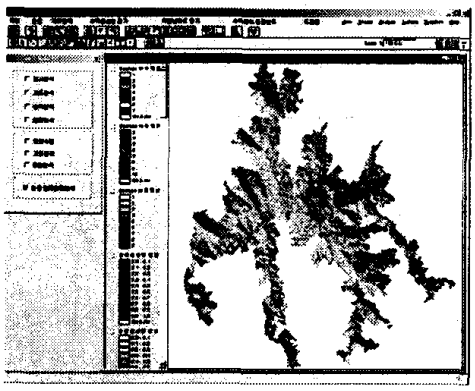


그림 49. 환경인자 평가결과

▣ 분석된 지도 살펴보기

분석이 끝난 지도를 보는 방법은 두 가지가 존재한다. 첫 번째는 지도창에서 직접 지도를 클릭하는 방법이며, 두 번째는 그림 50과 같은 입지환경인자 지도보기 창에서 보고자 하는 지도를 클릭하는 방법이다.

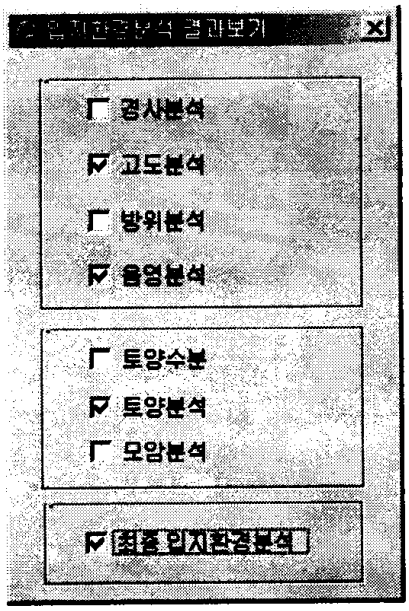


그림 50. 분석된
입지환경인자 지도 보기창

나. 생물요인 평가

생물요인 평가는 수종, 영급, 경급에 대한 3가지 인자에 대해서 분석이 수행된다. 생물인자 분석을 위해 생물요인 평가 메뉴를 클릭하게 되면 입지환경요인의 토양분석과 마찬가지로 분석하고자 하는 정보가 포함된 수치지도와 필드를 선택해야 한다.

▣ 활용 예) - 영급 분석하기

① 영급정보가 포함된 수치지도를 선택한다(그림 51).

② 영급정보가 포함된 필드를 선택한다(그림 52).

③ [0 ~ 1] 점수를 갖는 영급분석 결과가 출력된다(그림 53).

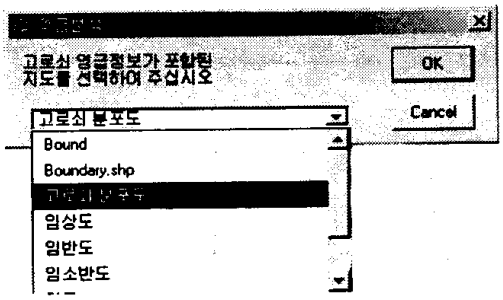


그림 51. 영급정보가 포함된 수치지도 선택창

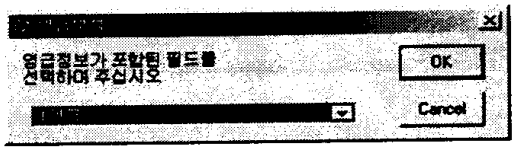


그림 52. 영급정보가 포함된 필드 선택창

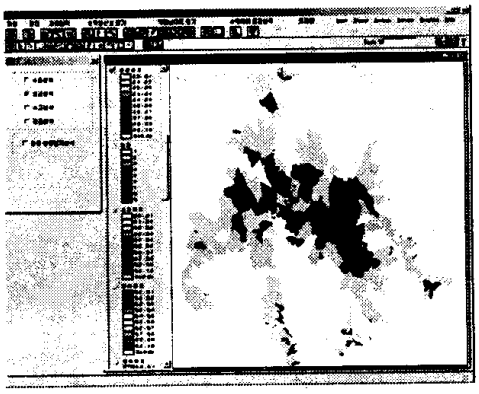


그림 53. 영급분석결과

나머지 수종, 경급에 대한 분석 절차도 위와 같다.

3개 인자에 대한 분석이 완료되면 마지막으로 가중치를 부여한 최종적인 생물인자 분석 지도가 만들어진다. 가중치는 그림 54처럼 사용자가 직접 입력할 수 있다. 가중치 입력이 완료되고 난 다음 OK 버튼을 클릭하면 그림 55과 같이 최종적으로 분석된 생물인자 평가 결과가 나타나게 된다.

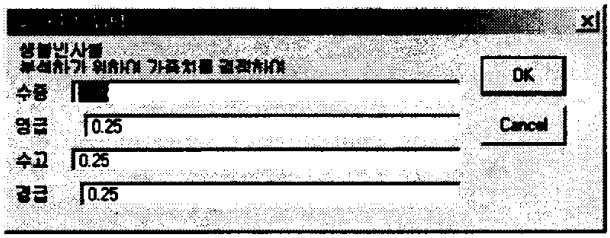


그림 54. 생물인자 가중치 입력창

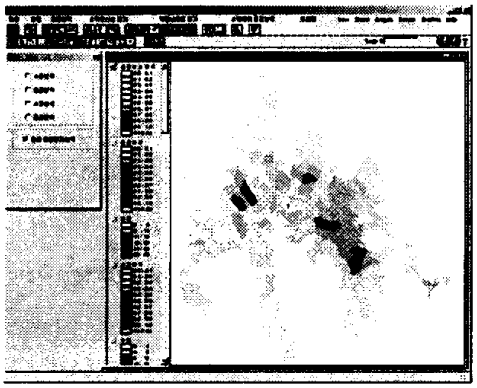


그림 55. 수액생산량 -
생물인자 평가결과

▣ 분석된 지도 살펴보기

생물인자와 관련된 지도를 보는 방법은 입지환경요인과 마찬가지로 두 가지가 존재한다. 첫 번째는 지도창에서 직접 지도를 클릭하는 방법이며, 두 번째는 그림 56과 같은 생물인자 지도보기 창에서 보고자 하는 지도를 클릭하는 방법이다.

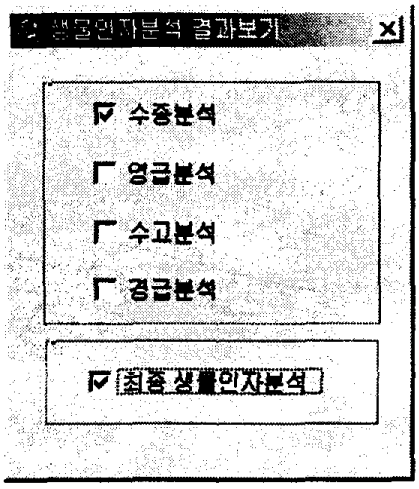


그림 56. 분석된 생물인자
지도보기 창

다. 최종수액생산성 평가

입지환경인자 분석과 생물인자 분석이 완료되면 수액생산량을 평가할 수 있다. 수액생산성 평가 메뉴의 하위메뉴인 최종수액생산성 평가 메뉴를 클릭하게 되면, 그림 57과 같이 두 장의 분석된 결과에 가중치를 입력할 수 있는 창이 뜨게 된다.

이 창에서 가중치를 입력한 다음 OK 버튼을 클릭하면 그림 58과 같은 수액생산량 평가 지도가 출력된다.

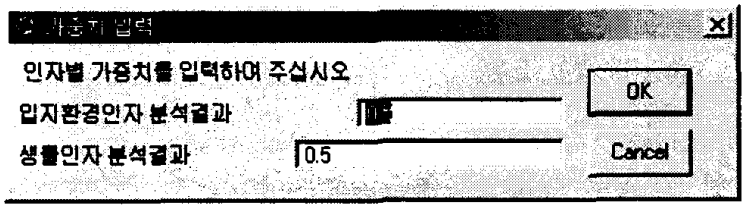


그림 57. 최종 수액생산성 평가 가중치 입력창

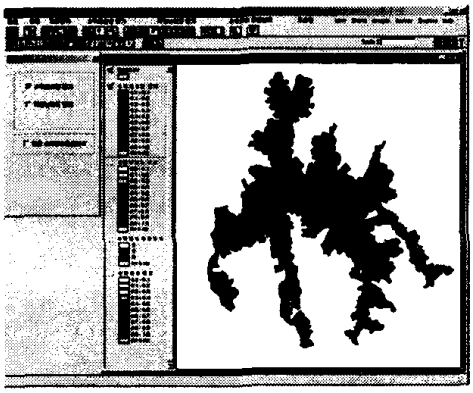


그림 58. 수액생산량 평가 결과

4. 작업난이도 평가

▣ 접근성 평가

작업난이도 분석은 접근성 평가와 지형요인 평가로 이루어진다. 맨 처음 접근성 평가를 위해서는 작업난이도 평가 메뉴의 하위 메뉴인 접근성 평가 메뉴를 클릭한다. 메뉴를 클릭하게 되면, 수치지형도 상의 도로와 등록된 임도도가 지도위에 추가되면서 그림 59와 같이 거리 분석이 이루어진다. 거리분석이 이루어진 다음, [0~1] 척도의 접근성 평가결과는 그림 60과 같다.

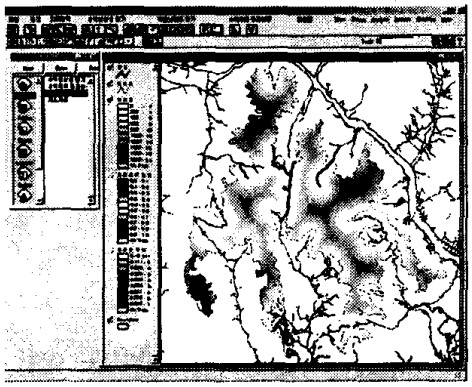


그림 59. 접근성 평가를 위한 거리분석

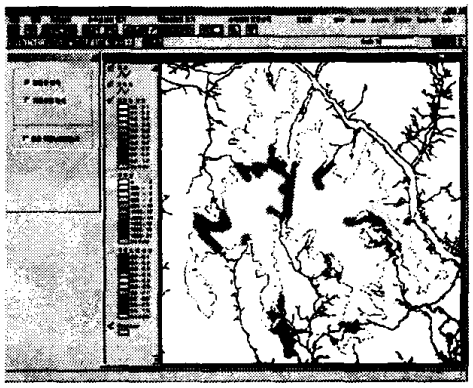


그림 60. 접근성 평가결과

▣ 지형요인 평가

작업난이도 평가 메뉴의 하위 메뉴인 지형요인 평가 메뉴를 클릭한다. 프로그램 내에서 자동으로 분석이 이루어지면서 그림 61과 같은 분석결과가 출력된다.

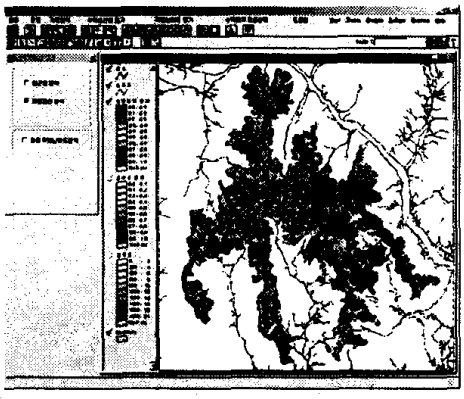


그림 61. 지형요인 평가결과

▣ 최종 작업난이도 평가

작업난이도 평가 메뉴의 최종 작업난이도 메뉴를 클릭하면, 그림 62와 같이 가중치 입력창이 나오게 된다. 각각의 지도에 대한 가중치를 입력한 다음 OK 버튼을 클릭하면 그림 63과 같은 결과물이 출력된다.

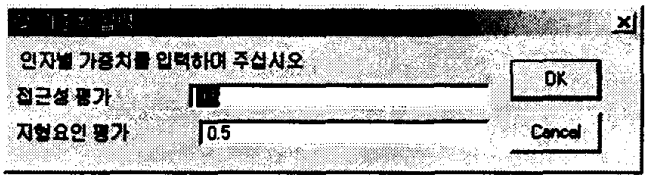


그림 62. 최종작업난이도 가중치 입력창

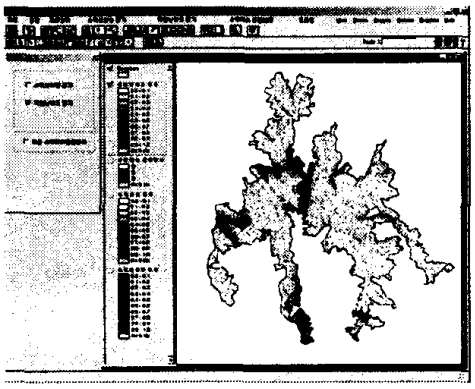


그림 63. 작업난이도 분석결과

▣ 분석된 지도 살펴보기

작업난이도와 관련된 지도를 보는 방법은 두 가지가 존재한다. 첫 번째는 지도창에서 직접 지도를 클릭하는 방법이며, 두 번째는 그림 64와과 같은 작업난이도 지도보기 창에서 보고자 하는 지도를 클릭하는 방법이다.

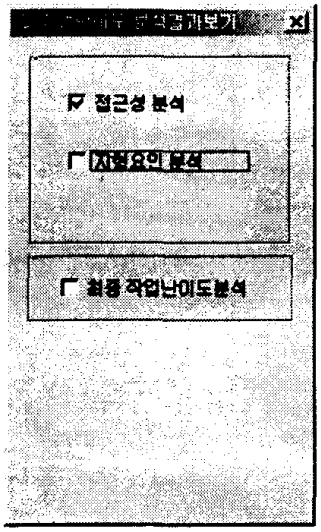


그림 64. 분석된
작업난이도 보기창

5. 최종 수액채취구역 평가

▣ 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델의 마지막 과정으로써, 수액채취구역 평가는 수액채취구역평가 메뉴의 하위메뉴인 수액채취구역평가 메뉴를 클릭함으로써 실행된다.

최종적인 수액채취구역 평가는 수액생산량과 작업난이도를 바탕으로 분석이 이루어지므로 이 두 지도에 대한 가중치를 입력해야 한다(그림 65). 가중치를 입력하게 되면 그림과 같이 [0~1] 척도의 분석된 채취구역평가도가 작성되게 되며, 이를 다시 3등분하여 상, 중, 하로 재분류된 지도가 그림 67과 같이 출력되게 된다.

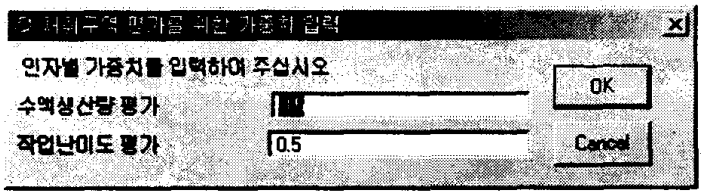


그림 65. 수액채취구역 평가를 위한 가중치 입력

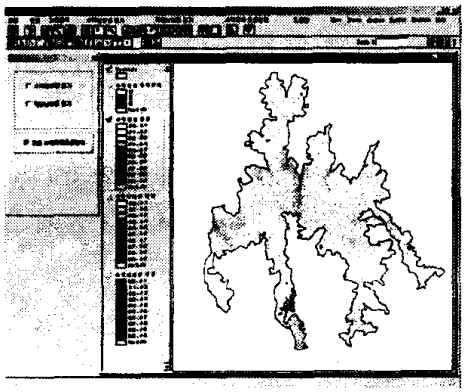


그림 66. 수액채취구역 평가결과

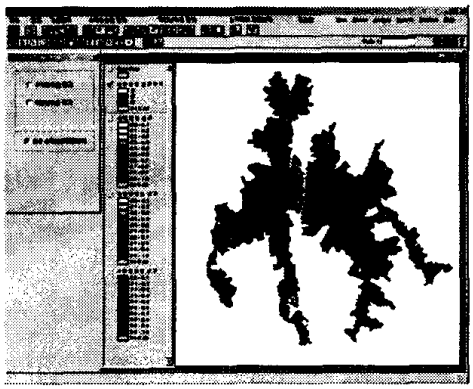


그림 67. 수액채취구역 등급분류결과

6. 도움말

고로쇠나무 수액채취구역 평가모델에 대한 개요를 보기위해서는 도움말 메뉴의 고로쇠나무 수액채취구역 평가모델이란? 의 하위메뉴를 클릭하며, 색인으로 찾아보기를 원하면 도움말 찾기를 클릭한다.