최 종
연구보고서

옻나무 자원화를 위한 옻칠의 종합적 이용개발에 관한 연구

The study on the Utilization of Lacquer Resources in Korea

서 울 대 학 교

농 림 부

최 종 보 고 서

1998년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 옻나무 자원화를 위한 옻칠의 종합적 이용개발에 관한 연구 에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨 부 : 1. 최종보고서 8부

2. 최종보고서 디스켓 1매

1998 . 12 . 29 .

주관 연구 기관 : 서울대 농업생명과학대학

총괄연구책임자 : 현 정 오 (인)

주관연구기관장 : 서울대학교 총장 (직인)

농 림 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "옻나무 자원화를 위한 옻칠의 종합적 이용개발에 관한 연구"의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 12. 29.

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 현 정 오

연 구 원 : 유 영 제

연 구 원 : 김 갑 태

연 구 원 : 장 석 소

연 구 원 : 강 범 용

연 구 원 : 박 재 연

협동연구기관명 : 산림청 임업연구원

협동연구책임자 : 나 천 수

연 구 원 : 김 만 조

요 약 문

Ⅰ. 제 목

옻나무 자원화를 위한 옻칠의 종합적 이용개발에 관한 연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

옻칠은 동양특산의 천연도료로 다른 塗料와는 특이하게 효소반응에 의해 3차원 구조의 고분자인 견고한 塗膜을 형성하는데 외관이 미려하고 내구성이 뛰어나 약 4,000년전부터 한국, 중국 및 일본 등지에서 널리 사용되어 왔다. 옻塗膜의 우수한 物性때문에 옻칠은 각종 공예품, 생활용품외에 無公害性 산업용 塗料로 이용범위가 확대 적용될 수 있으며, 또한 옻은 항암, 항산화, 어혈제거 및 위장병 치료 등 藥用으로도 효과가 있는 것으로 보고되고 있어 다양한 용도로 사용될 수 있는 가능성을 가지고 있다. 따라서 이와같은 옻칠의 중요성을 감안할 때 漆液의 생산증대 및 이용 개발의 확대를 위한 종합적인 연구가 시급이 요구되고 있다.

우리나라에는 漆液의 生産, 採取, 精製, 利用開發 등 옻칠에 대한 일련의 체계적인 연구가 미흡하여 생산기반기술 및 채취이용기술 등이 일본이나 중국에 비해 많이 뒤져 있는 것이 현실이다. 이러한 이유는 여러 측면에서 그 원인을 찾아 볼 수가 있으며, 해방 및 한국전쟁 이후 사회적 혼란과 경제적으로 어려운 시기를 겪으면서 우리나라 전통옻칠에 대한 관심부족과 옻칠의 대용품인 값싼 카슈칠

의 대량보급으로 옻칠의 생산, 이용기반이 많이 위축된 것에 기인한다고 볼 수 있다.

현재 우리나라의 칠액 주산지는 강원 원주지역으로 재배되고 있는 옻나무는 재래종, 1920-30년대에 도입된 일본도입종, 이들간의 잡종이 마구 섞여있는 상태로 품종이 확립되어 있지 않고 재배기술이 낙후되어 보속적이고 안정적인 칠액생산을 위해서는 우수한 품종의 육성 및 체계적인 무육재배관리기술이 확립되어야 한다.

또한 채칠방법도 우리나라의 전통적인 火漆法은 약용으로 사용하기 위해 소규모로 사용되고 있을 뿐 옻주산지인 원주지역에서는 일본식 채칠방법인 살소법으로 漆液을 채취하고 있다. 살소법 채칠방식은 노동력이 많이 들고 작업기간이 6-9월로 일년 중 가장 더운 계절에 이루어지므로 작업이 힘들며 채취량이 적어 생산성이 떨어진다. 漆液을 전문으로 채취하는 採漆인력이 1989년에만 해도 40여명에 이르렀으나 1997년에는 7-8명에 불과할 정도로 감소추세에 있고, 그나마 힘든 일을 기피하는 현상으로 인해 후계자가 전무한 실정이라 기존의 採漆法을 개선하여 생산성을 향상시키는 새로운 형태의 漆液채취방법의 개발이 시급히 요구되고 있다.

옻칠은 수천년간 동양에서 이용되어온 우수성이 입증된 무공해 天然塗料로써 이제까지 개발된 어떠한 합성수지도 따라오지 못하는 훌륭한 물성을 지니고 있다. 옻칠의 산업적 이용개발 측면에서 전술한 바와 같이 耐久性이 뛰어난 옻칠을 공업용으로 이용시 도장성 및 작업성만 개선한다면 공업용 옻塗料로의 개발가능성이 충분하다. 날로 악화되고 있는 지구환경문제가 심각하게 대두되면서 塗料산업계에서는 기존의 유해한 공업용 塗料대신에 저공해성이거나 무공해 塗料의 개발에 심혈을 기울이고 있다. 특히 선박防汚用 塗料와 같이

과거에는 방오성능만을 중시하여 고독성, 난분해성 화합물이 흔히 사용되었으나 심한 해양오염 문제로 최근에는 사용에 대한 규제가 날로 강화되고 있는 실정이다. 그러므로 耐久性 및 방균, 방청효과가 뛰어난 옻을 주재료로한 금속방청용, 선박防汚用 공업용 옻塗料가 개발된다면 기존의 저공해성 耐久性 塗料보다 가격은 조금 비쌀지 모르나 내구기한이 길기 때문에 가격상의 불리점을 충분히 극복할 수 있어 경제성이 있다고 생각된다.

최근 크게 문제시되고 있는 환경호르몬 등 화학합성물질의 폐해가 점증하고 있는 현실에 비추어 볼 때 무공해 천연도료인 옻칠의 생산구조와 이용형태의 개선 및 새로운 용도개발을 위하여 본 연구가 수행되어 그 결과로 새로운 부가가치를 창출할 수 있다면 UR 타결 이후 수익성이 보장되는 마땅한 代替作目의 부족으로 심각한 경제적 위기상황에 처해있는 농산촌의 경제에 도움을 줄 것으로 사료된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 우리나라 옻나무 자원의 효율적 이용개발을 위하여 옻나무 재배, 채칠, 우량품종 육성 및 공업적 이용에 대해 다음과 같은 내용으로 연구를 진행하였다.

▶ 옻나무 영속안정재배 및 보속적 칠액생산을 위한 무육기술개발
- 옻나무 재배적지 구명
- 재배관리기술 개발

▶ 채칠법 개량 및 기계화
- 에칠렌 처리를 통한 칠액분비촉진

- 화칠법 개량
- 칠액채취의 개량화 및 기계화
- 공업용 칠액채취

▶ 옻나무 우량품종 육성 및 유전자원 보존
- 무성번식법 구명 및 우량클론 증식
- 우량품종 육성을 위한 육종기준 확립
- 개화생리구명을 통한 우량종자 대량생산
- 옻나무 유전자원 수집 및 보존기법 개발

▶ 공업용 옻도료 개발
- 칠액의 물리화학적 특성 구명
- 칠액의 장기저장기술 확립
- 옻칠 및 합성수지 옻도료의 물리적 특성 및 내구성 시험
- 공업용 기능성 옻도료 개발

Ⅳ. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 주요연구결과

▶ 옻나무 영속안정재배 및 보속적 칠액생산을 위한 무육기술 개발

옻나무 채칠시 기상요인 중 산칠량에 영향을 미치는 주요한 요인은 채취전날 최저온도, 채취당일 최저습도순으로 나타났으며, 채취전날의 최저온도가 높을수록, 채취당일의 온•습도차가 적은 흐린 날일수록 산칠량이 많았다. 따라서 이같은 결과를 종합해 볼 때 옻나무 재배적지는 평야지대보다는 공중습도가 높고 바람을 피할 수 있는 산간분지형 지형이 칠액생산에 유리하였다.

산칠량을 증대시키기 위해서는 건전한 생장을 위해 초기 식재간격이 2m x 2m 이상 확보되어야 하며 채칠당년에 2회 시비할 경우

약 2배 가량의 칠액증수효과를 얻었다.

▶ 채칠법 개량 및 기계화

에칠렌 처리시 옻나무의 수피가 두꺼워지고 칠액의 분비량이 증가되어 칠액채취 과정에 있어서 초기부터 다량의 칠액채취가 가능하므로 기존의 방법에 비해 채칠기간 단축 및 노동력 절감측면에서 3배 이상의 생산성 증대효과를 가져올 수 있었다. 또한 기존의 화칠법 원리를 응용, LPG식 이동형 화칠기계를 제작한 결과 현지에서 화칠을 채취할 수 있어 작업의 효율성이 높고 채취방식이 간단하며 연중 칠액채취가 가능하였다.

▶ 옻나무 우량품종 육성 및 유전자원 보존

옻나무 근삽에 의한 무성번식에 있어 모수의 수령이 어릴수록 맹아발생이 유리하였으며 부정아에서 유래된 shoot를 배양토에 삽목한 결과 6-8주내에 발근되었다.

옻나무 육종을 위하여 수피형질 중 내피두께와 칠액구수가 산칠량이 많은 옻나무 선발의 간접기준이 될 수 있었으며, 칠액의 주성분이며 옻도막을 형성하는 옻산의 구성성분 중 triene함량이 칠액의 질적육종기준으로 적용이 가능하였다.

옻나무 개화특성 중 암·수나무의 성비는 암나무가 20%내외로 수나무의 비율이 높았으며 개화량은 수나무가 많았다. 종자결실량에 있어서 개체간에 큰 변이를 보였으며 화경당 약 36개의 충실종자가 얻어짐을 유추할 수 있었다.

옻나무 유전자원 보존을 위하여 산칠량이 많은 우량클론 64클론, 수피특성이 이피인 4클론, 우리나라 재래종 20클론 그리고 중국

및 일본 도입품종 8클론 등 도합 96클론을 수집하여 분근으로 증식하여 유전자보존원을 조성중에 있다. 또한 RAPD PCR을 이용하여 클론간 유연관계를 조사한 결과 국내 클론은 일본 및 중국의 클론과는 다른 분지군을 형성하는 것으로 나타났으며, 주성분분석결과 중국산 클론은 국내 및 일본산 클론과는 확연하게 구별되었으며 일본산 클론은 국내 클론과 유연관계가 가까운 것으로 나타났다.

▶ 공업용 옻도료 개발

칠액의 물리화학적 특성으로 칠액구성성분의 함량 및 칠액 중 옻도막의 주성분인 옻산구성성분의 조성은 채취시기에 따라 다르게 나타났으며, 채취지역간에는 물론 개체간에도 변이가 심하였다.

칠액장기보존을 위하여 적합한 용기의 재질은 Fluorinated ethylene propylene(FEP)이 적합하였으며 용기의 형태는 일반적으로 paste를 담는 용기형태인 laminated tube 형태가 적합한 것으로 사료되었다.

옻칠을 선박도료로 활용하기 위해 방오시험한 결과 microfouling 및 macrofouling과정을 지연시키거나 억제하여 방오효과가 우수한 것으로 나타났으며, 합성수지 옻도료로 urushiol·formaldehyde 고온축합형 옻도료를 제조하여 물성을 조사한 결과 고온경화시 30분내에 표면경화가 되며 도막이 견고하고 평면일 경우 1회 도장으로 1㎜정도의 두께로도 도장이 가능하였으며 분무도장도 가능하였다.

2. 활용에 대한 건의

고대로부터 널리 사용되어 왔으며 현재 세계적으로 잘 알려진

대표적인 천연도료로는 동북아시아의 옻칠 및 황칠, 인도대륙의 일종의 곤충분비물인 shellac, 북아프리카 및 지중해 연안의 용혈수 수지 등 해당지역의 기후여건 및 사용하는 사람들의 문화적 특성 등에 따라 다양한 측면에서 이용되어 왔다. 이러한 천연도료는 20세기에 들어와 화학공업의 눈부신 발달로 저렴하면서도 도장성 및 기능성이 뛰어난 화학합성도료가 개발되면서 크게 위축되어 전통적인 명맥만 겨우 이어지고 있는 실정이나 최근에 합성고분자 물질에서 용출되는 각종 환경호르몬의 폐해가 크게 부각되면서 환경친화성 무공해 천연도료에 대한 관심은 점차 높아지고 있는 추세이다. 특히 옻칠은 동양의 특산물로써 오랜 역사를 지닌 耐久性이 뛰어난 天然塗料로 현재까지 개발된 어떠한 합성수지塗料에 비할 바가 못되는 뛰어난 물성을 지니고 있음에도 불구하고 고가인 까닭에 용도가 제한되어 왔다.

옻칠은 소위 첨단과학으로 개발해 내는 여러가지 신물질들과 비교해 보아도 그 효용성이나 개발가능성이 결코 뒤떨어지지 않는다고 생각되며 특히 서양사람들은 동양사람에 비하여 옻을 심하게 타는 속성때문에 액체상태의 옻액이나 옻나무 종류를 매우 기피한다(그러나 일단 굳고 나면 옻을 타지 않음). 따라서 옻칠을 이용한 다양한 고부가가치 상품이 개발될 경우 서방국가의 유사상품개발에 따른 경쟁력 저하 등을 염려하지 않아도 될 것이다.

본 과제수행을 통하여 얻어진 결과의 활용에 대한 건의사항은 다음과 같다.

▶ 칠액의 보속안정적 생산을 위한 옻나무 재배관리기술

본 연구결과에서 재배지 선정 및 식재간격, 무육관리가 칠액생산에 지대한 영향을 미치므로 옻나무 재배 및 관리 등 행정을 담당하는 해당 시군의 유관기관이 주관이 되어 옻나무 재배 희망자 및 기존 재배자를 대상으로 본 연구결과를 적용, 시행할 수 있는 방책이 마련되어야 할 것이다.

▶ 칠액분비채칠기술의 개선 및 채칠법 개량

본 연구결과에서 나타났듯이 에칠렌 처리시 칠액의 분비량이 증가되고 칠액채취 과정에 있어 초기부터 다량의 칠액채취가 가능하므로 채칠기간 단축 및 노동력 절감측면에서 3배 이상의 생산성 증대효과를 기대할 수 있다. 따라서 원주일원의 전문 채칠자를 대상으로 현지지도를 통하여 개발된 기술을 보급해야 할 것이다.

▶ 공업용 옻도료 개발

옻칠은 내구성이 강하고 각종 화학약품에도 잘 견디며 그자체로도 도료로서 우수한 물성을 가지고 있지만 선박용 도료, 외장용 도료 및 기타 특수용도로 활용하기 위해서는 옻도막의 강도나 내구성에는 큰 영향을 미치지 않으면서 옻도료의 기능성을 향상시킬 수 있는 보조제의 개발이 필수적이다. 따라서 현재까지 밝혀진 연구결과에서 방오효과 및 자외선 등에 대한 공업용 옻도료의 가능성을 확인한 바, 앞으로 그 활용가치에 대한 전망은 밝다고 할 수 있다. 비록 원료옻칠의 가격이 타 화학도료에 비하여 고가이지만 무공해 도료이고 내구성이 강하므로 관련도료업계가 연구결과에 관심을 표명하여 후속연구를 진행시킨다면 옻칠의 산업화를 통한 이용확대에 기여할 수 있을 것이다.

SUMMARY

Oriental lacquers are made from the sap of lacquer tree(*Rhus vernicifera*), and have been used for more than 4,000 years. The cured lacquer film is a highly durable, esthetic coating of biodegradable material. Oriental lacquer is indeed an ideal coating material. However, there are some drawbacks to extending the use of oriental lacquers more widely such as: (i) low yield or low productivity of sap from lacquer trees;(ii) sap collection is heavy labor work; (iii) drying rate is low, because the drying rate is controlled by an oxygen or laccase(a macromolecule) diffusion control process, and laccase prevents use of a high temperature drying; (iv) people suffer from allergy contact with the lacquer.

This study was conducted for extending the usage of oriental lacquer. It has unique qualities that can not be reproduced by any artificial chemicals and polymeric materials. Possible usage include affordable lacquer to industrial finishes and coatings. There are problems to overcome for general and wide spread usage and this study has tackled many of these problems with success.

Sap production of lactree is closely dependent on climatic

conditions and in particular on precipitation, temperature, duration of sunshine. The climatic factors effecting yield and quality of lactree sap were investigated. From simple correlation and multiple regression analysis, the minimum temperature of one day before sap collection and the minimum humidity of the day of sap collection, were found to be the important factors for increasing the sap yield.

In the lactree treated with CEPA, the sap yield productivity was about 3 times better than the conventional tapping method in the aspects of collection time and labor. This was due to the improved urushiol content and significantly increased bark thickness in the lactree treated with CEPA. A novel lacquer collecting machine which used traditional Korean technique(fire-applied lacquer sap collecting method) was developed. This machine was supplied with LPG gas and had an added advantage of easy transportability. It enabled efficient and simple sap collection for the collectors in the field.

In the root cutting for asexual propagation, rooting was more effective in the juvenile tree than mature tree. After 6 weeks, roots were developed from adventitious shoot.

In lactree breeding program, bark thickness and secretory canal density appeared to useful indirect indicators for increased lacquer yield based on urushiol content within bark. The selected trees had thick bark, high density of secretory canal, well developing secretory canals in comparison to randomly selected lactrees.

The high sap yield of lactree by Japanese tapping method was recorded during mid-July and early August. Seasonal variation was observed in lactree sap constituents and the composition of urushiol components. The 3-C15 triene, major component of lactree urushiol, was approximately 70% of total urushiol composition indicating the major component of urushiol. Variation within and between families for five urushiol components was observed. It indicates that lacquer quality was under a significant genetic control resulting in effective as selection criteria for lacquer quality breeding. The composition of four urushiol components besides 3-C15 monoene showed plantational variation, and variations in urushiol composition among individual trees within the same plantation were also observed.

In the flowering characters of lactree, sex ratio of lactree is that male tree is larger than female tree, and so is the amount of flowering. The variation of seed production ability was observed among trees, and 36 sound seeds per peduncle were obtained.

For the conservation of genetic resource of lactree, 96 clones which consist of indigenous and introduced clones from Japan and China were collected and propagated asexually. RAPD-PCR was conducted to analyse for discrimination of these clones. The genetic analysis yielded similarity between

Japanese and Chinese lactree. However, the Korean lactree was included in different clustering group. PCA(principle component analysis) was also conducted and Chinese lactree was most distant from the others. According to this analysis, Japanese and Korean lactree were shown to have very close relationship.

The physical and chemical property of urushiol sap differed greatly depending on the tapping time and location of the collection. The variation in constitution of the sap was the reason for the discrepancy and this was also evident between the individuals.

The vessel material best suited for extended preservation of urushiol sap was found to be fluorinated etheylene propylene (FEP). The ideal shape of the vessel was laminated tube, which is the general vessel type for paste.

Antifouling test was conducted for urushi film for the usage in maritime specialty painting. It was found that both micro- and macro-fouling was greatly suppressed. Also, urushi-formaldehyde, which is a high temperature condensation polymer was prepared and analyzed. The curing time was only 30 minutes and the 1mm thick film formation was possible with only one coating. It has an added advantage of being used in spray painting.

For the possible usage of urushi film under sunlight, UV stability was considered. Different additives were considered for heightened stability. Benzophenone and benzotriazol based

UV absorbers and amine based radical scavengers were tested. Less the 1% addition resulted in enhanced the stability.

Key words : *Rhus verniciflua* Stokes, climatic factor, CEPA, breeding, sap yield, lacquer quality, RAPD-PCR, urushiol, antifouling, UV stability

CONTENTS

목　　　차

제 1 장 서 론

제1절 연구개발의 목적 및 중요성

옻나무에서 채취되는 樹液인 漆液은 다른 塗料와는 특이하게 효소반응에 의해 공기와 접촉하여 견고하게 굳어지면서 3차원 구조의 고분자인 훌륭한 塗膜을 형성하는데 광택이 나고 오랫동안 사용하여도 변하지 않아 유사이전부터 한국, 중국, 일본 등지에서 널리 사용되어 왔다. 옻칠은 각종 酸과 알카리에도 부식되지 않으며 耐鹽性, 耐熱性 및 防水, 防腐, 防蟲, 絶緣의 효과가 뛰어난 耐久性 물질로 가구, 칠기, 공예품 등에 널리 사용되고 있는데 옻塗膜의 우수한 物性때문에 海底 케이블선, 선박, 비행기, 각종 기기 등 無公害性 산업용 塗料로 이용범위가 확대 적용될 수 있다. 또한 옻은 藥用으로도 널리 사용되고 있는데 漢方에서는 乾漆이 瘀血을 없애고 혈액순환을 촉진시키며 구충, 위산과다, 진핵제거 등에 효과가 있다고 하며 최근에는 항암효과가 보고된 바 있다. 이와같은 다양한 용도를 지닌 옻칠의 중요성을 감안할 때 漆液 생산증대 및 이용 개발의 확대를 위한 종합적인 연구가 필요하다고 할 수 있다.

우리나라에는 漆液의 生産, 採取, 精製, 利用開發 등 옻칠에 대한 일련의 체계적인 연구가 미흡하여 생산기반기술 및 채취이용기술 등이 일본이나 중국에 비해 많이 뒤져 있는 것이 현실이다. 이러한 이유는 여러 측면에서 그 원인을 찾아 볼 수가 있으며, 해방 및 한국전쟁 이후 사회적 혼란과 경제적으로 어려운 시기를 겪으면서 우리나라 전통옻칠에 대한 관심부족과 옻칠의 대용품인 값싼 카슈칠의 대량보급으로 옻칠의 생산, 이용기반이 많이 위축된 것에 기인한

다고 볼 수 있다.

현재 우리나라의 옻나무 재배현황을 보면 지리산 일대의 남원, 마천, 함양 등지에서도 漆液이 소량생산되나 강원도 원주지역이 漆液 주산지이며 재배되고 있는 옻나무는 재래종, 1920-30년대에 도입된 일본도입종, 이들간의 잡종이 마구 섞여있는 상태로 품종이 확립되어 있지 않고 재배기술이 낙후되어 있는 실정이다. 따라서 보속적이고 안정적인 칠액생산을 위해서는 우수한 품종의 육성 및 체계적인 무육재배관리기술이 확립되어야 한다.

우리나라의 전통적인 옻採漆방법은 火漆法이라 하여 옻나무 가지를 잘라 열을 가한 후 가지에 흠집을 내어 채취하였으나 일제강점기 후 일본식 채취법인 殺消法이 보급됨에 따라 지금은 남원, 마천 등 지리산 일부지역에서만 약용으로 사용하기 위해 화칠법으로 漆液을 소량 채취하고 있을 뿐, 옻주산지인 원주지역에서는 살소법으로 漆液을 채취하고 있다. 살소법 채칠방식은 노동력이 많이 들고 작업기간이 6-9월로 일년 중 가장 더운 계절에 이루어지므로 작업이 힘들며 채취량이 적어 생산성이 떨어진다. 漆液을 전문으로 채취하는 採漆인력이 1989년에만 해도 40여명에 이르렀으나 1997년에는 7-8명에 불과할 정도로 감소추세에 있고, 그나마 힘든 일을 기피하는 현상으로 인해 후계자가 전무한 실정이라 기존의 採漆法을 개선하여 생산성을 향상시키는 새로운 형태의 漆液채취방법의 개발이 시급히 요구되고 있다.

옻칠의 산업적 이용개발 측면에서 전술한 바와 같이 耐久性이 뛰어난 옻칠을 공업용으로 이용시 도장성 및 작업성만 개선한다면 공업용 옻塗料로의 개발가능성이 충분하다. 날로 악화되고 있는 지구환경문제가 심각하게 대두되면서 塗料산업계에서는 기존의 유해한

공업용 塗料대신에 저공해성이거나 무공해 塗料의 개발에 심혈을 기울이고 있다. 특히 선박防汚用 塗料의 경우 과거에는 방오성능만을 중시하여 수은, 비소 등 고독성 화합물이 흔히 사용되었으나 심한 해양오염 문제로 최근에는 유기주석계 수지를 이용한 가수분해형 방오塗料(TBT 공중합체)로 代替되고 있지만 이 또한 저분해성, 환경축적성으로 인하여 지중해와 같이 폐쇄된 해역에서는 1990년 이후 사용이 규제됨에 따라 현재에는 저공해성 비주석계 방오塗料가 개발되고 있으나 방오성능이 완전히 검증되지 않고 있다.

따라서 耐久性 및 방균, 방청효과가 뛰어난 옻을 주재료로한 금속방청용, 선박防汚用 공업용 옻塗料가 개발된다면 최근에 ‘듀폰사’에서 개발된 저공해성 耐久性 塗料보다 가격은 조금 비쌀지 모르나 내구기한이 길기 때문에 가격상의 불리점을 충분히 극복할 수 있어 경제성이 있다고 생각된다.

옻칠은 수천년간 동양에서 이용되어온 우수성이 입증된 무공해 天然塗料로써 이제까지 개발된 어떠한 합성수지도 따라오지 못하는 훌륭한 물성을 지니고 있다. 최근 크게 문제시되고 있는 환경호르몬 등 화학합성물질의 폐해가 점증하고 있는 현실에 비추어 볼 때 무공해 천연도료인 옻칠에 대한 미래는 밝다고 생각된다. 그러므로 우리나라에 현존하는 불합리한 옻 생산구조와 이용형태의 개선 및 옻칠의 새로운 용도개발을 위하여 본 연구가 수행되어 그 결과로 새로운 부가가치를 창출할 수 있다면 UR 타결 이후 수익성이 보장되는 마땅한 代替作目의 부족으로 심각한 경제적 위기상황에 처해있는 농산촌의 경제에 도움을 줄 것으로 사료된다. 즉 옻나무 재배가 증가추세에 있는 한계농지 및 폐경지를 이용한 경제성이 있는 作目으로 추천될 수 있을 것이다.

제2절 국내외 관련기술의 현황과 문제점

우리나라에서의 옻칠에 대한 연구기간은 지난 20년 정도라 할 수 있다. 그나마 약 4년에 한번 정도로, 옻나무의 분포, 품종개발등의 주로 육종학적 측면의 연구이었고, 1990년에 들어와서 옻칠의 주성분인 우루시올의 약 10여가지의 성분을 분리하려는 과학적인 연구가 시작되었다. 현재 우리나라에서 발표된 옻칠에 대한 연구논문은 10여편에 불과하나 일본에서는 100여년 전부터 옻칠에 대한 성분분석 및 개질(property improvement)에 대하여 꾸준히 연구되어 많은 연구논문이 보고되어 있다. 하지만 그들의 연구결과도 우리가 입수할 수 있는 것이 많지 않으며, 대부분 단편적으로 알려져 있을 뿐이다. 우리나라에서도 최근에 들어 여러분야의 학자들이 옻칠분야에 관심을 갖고 아직도 충분히 밝혀지지 않은 옻칠분야의 이론적인 연구와 함께 옻칠의 분석, 성분분리, 정제, 경화 및 구조-물성의 관계 등의 실용적인 연구로 차세대형 도료로서 개발하려는 의지가 있다.

1. 국내 관련 기술의 현황

가. 칠액의 품질분석

옻칠의 품질은 견뇌도, 투명도, 광택도, 점도 및 건조성의 정도에 따라 결정된다. 이는 산지 및 채취시기, 정제의 방법에 영향을 받지만 건조도를 제외한 특히 견뇌도와 광택도는 우루시올의 품질과 양에 비례한다고 알려져 있어, 우리나라에서는 빛깔, 늘여뜨려보기, 맛보기, 냄새, 태워보기 등 오감을 이용하여 생옻칠의 품질을 다년간의 경험에 의존하여 식별하고 있으나, 정제옻칠의 품질은 더욱 어려워 화학적인 분석을 이용하여 정량적인 분석방법의 확립이 절실히 필요하다.

일본 및 중국에서는 국가에서 지정하여 고시한 칠액품질기준이 확립되어 있어 생칠거래시 증량을 목적으로 이물질을 섞는 행위가 비교적 적으나 국내에서는 이에대한 감별 및 생칠의 품질을 과학적으로 정확히 분석할 수 있는 방법이 확립되어 있지 않다. 따라서 현재 시중에서 유통되고 있는 생칠에는 기름이나 물, 우유, 수지 등 이물질을 섞어서 거래되는 경우가 흔하여 칠액의 질을 떨어뜨려 정제가공시 큰 문제가 되고 있으며 고품질의 정제칠의 생산이 불가능한 실정이다.

나.칠액정제기술

1980년대 후반까지는 일본식 정제법을 사용하는 몇몇 家內手工業 규모의 공예용 칠액정제가 국내에서 이루어진 바가 있으나 漆液精製기술의 낙후로 대부분 원료생칠을 일본으로 수출하고 있다. 최근에 국내에서 개발된 精製기술은 일본의 교반식 정제기법을 모방한 것으로 광택제, 건조제 등 보조제를 사용한 중급용 精製漆 수준이며 고투명 정제칠 및 문화재 보수 등을 위한 고품질 다기능 정제기술개발은 이루어지지 않았고 상품화에도 미치지 못하고 있다.

1990년에 본 연구진은 실험실 수준에서 漆液精製 기초기반기술을 개발하여 고품질의 精製漆 가공이 가능한 상태까지 와 있으나 상업적 精製漆생산이 가능하기 위해서는 보다 더 기술적, 공정적 측면에서 개선이 이루어져야 할 것이다.

다.공업용 옻칠도료개발

현재 국내에는 工業用으로 쓰이고 있는 옻칠도료가 개발되지 않아 공업용 칠액정제가 이루어지지 않음은 물론, 옻 성분을 주재료

로 하는 공업용 塗料의 상품화를 위한 연구는 전혀 수행되지 않고 있다. 칠액에 포함되어 있는 옻산성분(urushiol)은 불포화 측쇄를 가진 多價 페놀 유도체들로 구성되어 있으며 이들의 중합에 의해 형성되는 도막은 防腐, 防蟲, 防水, 防汚, 防靑 등 매우 우수한 물성을 가지고 있다. 칠액은 효소작용에 의한 상온경화와 고온에 의한 열중합, 주석화합물 등의 첨가에 의한 화학적 중합방법 등 다양한 방식으로 중합시킬 수 있어 다양한 용도의 기능을 가지는 새로운 도료자원으로 개발이 가능하다. 그러나 현재까지는 제한된 원자재 수급 등의 이유로 옻을 이용하여 신기능성 도료를 개발하고자 하는 시도는 전무한 실정이다.

1) 내후성 기술

현재 옻칠도료의 광안정성에 대한 기술현황을 살펴보면 옻칠연구에 첨단코팅기술을 접목시킨 경우가 전혀 없으며, 일반적인 첨가제 및 금속산화물의 도입을 통하여 기존의 옻칠도료와 기계적 물성을 비교해본 수준이다. 이는 시행착오적인 배합-물성의 1차원적인 접근이며, 옻칠구조에 맞는 안정제 개발보다는 일반적인 첨가방법이라 할 수 있다. 옻칠이 다른 도료와는 달리 겹칠에 의한 도장이라는 점을 인식하여 계면 및 다층구조에 따는 박막코팅에 대한 연구가 시급하며, 옻칠의 기본적인 성질을 이용하여 Interpenetrating Network (IPN)과 같은 첨단 코팅구조물을 도입하여야한다.

2) 고속경화제

국내에서는 옻칠의 고속 경화를 위한 연구가 수행된 바 없으나 일본에서는 고속경화의 필요성이 이미 인식되어 몇가지 보고된 연구

결과가 있다. 그러나 이들의 연구 결과도 불과 몇가지에 불과하다. 예를 들어 *Alternaria tenuis*로부터 추출된 polyphenol oxydase를 첨가한 경우와 여러 가지 무기물을 사용하여 고속경화를 시도하였다. 그 결과 경화속도가 단축되는 경향이 있기는 하였으나 이들을 사용하지 않는 경우에 비하여 현저한 변화를 보이지는 않았다. 보고된 바에 의하면 이러한 첨가제에 의하여 단축된 시간은 대략 10-20% 정도이다. 약간의 경화시간이 단축된 혼합물을 spray로 제조하는 기술이 개발되기도 한 것으로 알려져 있다. 이들은 상품화되어 있다고 하지만 실제 제품에 대한 정보는 가지고 있지 않다. Spray제조와 관련된 일본의 특허에 의하면 그러한 spray에는 cashew nutshell oil, cellulose derivatives와 옻칠이 주된 성분으로 함유되어 있으며 섭씨 200도에서 사전처리를 하는 등의 과정을 거치어 제조된 것으로 밝혀져 있다. 또한 이러한 방법을 사용할 경우 얻어지는 경화시간의 단축도 대략 30-40% 정도이다 (5시간 대 3시간).

2. 국외 관련기술 현황

가.칠액(생옻)의 품질분석

현재 일본에서는 옻칠의 품질을 옻칠중의 우루시올의 함량에 의해 결정하고 있는데 수산화바륨적정법을 일본규격(JIS-K5950)으로 사용하고 있다. 그러나 이 습식분석법은 많은 용매의 소비로 인한 환경오염문제와 함께 여러단계의 과정을 거쳐야 하며 많은 시간을 필요로 한다. 따라서, 우루시올의 함량을 보다 신속하고 간편하게 정량할 수 있는 분석법이 시급히 요구되고 있는데 최근에 일본과 중국에서는 기존의 습식분석법의 단점을 보완하는 UV spectro photometer를 이용한 분석법의 개발이 진행중에 있다.

나.칠액정제기술

국외의 공예용 漆液精製기술은 일본이 가장 앞서 있는데 가업으로 이어져 내려오던 精製기술을 계승발전시켜 오늘에 이르고 있고 품질별로 차등화되어 판매되고 있는데, 채칠자 또는 칠기제조업자들이 제품생산에 사용할 생옻을 직접 정제하여 사용하였으므로 각 정제인에 의해 개발된 다양한 방법의 공예용 칠액정제방법이 발달하였다.

정제방법은 대부분 적절한 온도에서 장시간 교반하여 생옻에 포함되어 있는 과량의 수분을 휘발시키고 옻산(urushiol)을 중합시키는 한편, 거칠은 emulsion 상태의 생옻을 균질화시키고 최종 사용목적에 적합하도록 각종 첨가제, 안료 및 증량제를 첨가하는 과정으로 이루어 진다. 이러한 전통적인 일본식 정제기술을 살펴보면 顔料의 發色을 좋게하고 양을 늘리기 위하여 옻자체가 지닌 짙은 갈색을 자황(Gamboge)과 같이 색깔이 없거나 연하며 투명한 식물성 수지나 유동기름 등 식물성 유지를 첨가하여 색도를 낮추는 한편, 최종 생산품의 증량을 꾀하는 방법이 주요과정으로 되어 있음을 알 수 있다.

최근에는 도막의 건조를 빨리하기 위한 정제기술의 개발에 중점을 두고 있으며 염화코발트[CoCl2(NH3)4] 등의 可塑劑를 첨가하여 laccase효소의 경화속도를 촉진시키거나 요소, 포름알데하이드 등 다양한 종류의 화학적 중합촉진제를 대량투입하여 효소의 작용없이 일종의 요소수지 또는 페놀수지 도막을 형성케하는 방법까지도 개발되어 있다. 이러한 개량정제방법 중에는 첨가제의 함량이 70%에 달하는 경우도 있어서 엄밀한 의미로 옻제품 생산을 위한 정제방법이라고 보기가 어렵다.

중국의 칠액정제방법에 대해서는 일본에 비하여 잘 알려져 있지는 않으나 증량 및 광택을 높이기 위하여 유동 또는 동백기름을 첨가하는 방법이 알려져 있으며, 오랜 사회주의 국가시절동안 시장경제가 형성되지 않았으므로 상업적 칠액정제가 거의 이루어지지 않았을 것으로 사료된다. 年間 생칠 생산량의 반정도가 해외로 수출되고 있는데 거의 대부분이 정제되지 않은 상태로 일본 등지에 수출되고 있다.

다.공업용 옻칠도료개발

일본의 경우 태평양 전쟁당시 한국, 중국, 대만 및 안남지방으로 부터 공출된 옻을 전함, 비행기, 잠수함, 기차, 총기류와 탄약상자 및 심지어 탄피에도 칠하였다는 기록이 남아 있어 옻칠이 공업용 및 군사용으로 널리 이용되었음을 알 수 있다. 전쟁후 공업용 옻도료의 이용에 대해서는 자세히 알려진 바가 없으나 근년에 와서 옻을 원료로 하는 상업적 도료생산 기술개발에 대한 사례가 몇몇 보고되어 있다.

1980년 중반 미쓰비시 그룹에서는 연구실 수준의 옻을 이용한 기능성 塗料개발에 관한 보고가 있으며, 최근에(1994년) 일본의 벤처기업인 '전문사'라는 상사에서 옻을 일부 포함하는 무공해 선박용 도료를 개발하여 시판하고 있다. 이 도료는 칠액의 주성분인 옻산의 防腐, 防菌效果를 이용하여 해양생물의 부착을 방지하고 있으며 기존도료의 1/2의 도막두께로 2년간 防汚效果가 지속되어 가격은 비싼 편이나(1kg당 5만원 수준), 기존도료보다 경제성이 뛰어나다고 한다.

중국의 경우 화학공업에 의존하는 도료의 생산기술이 낮아 옻

칠과 같은 天然塗料의 활용방안에 대해 일찍이 관심을 두어 왔다. 西安生漆硏究所 등의 전문적인 옻연구를 위한 기관의 발족과 1982년에 창간된 옻전문학술지(Journal of Chinese lacquer)의 발간과 함께 옻에 대하여 각분야별로 체계적인 연구가 수행되고 있으며 아울러 다양한 상업용 칠가공기술의 개발을 시도하고 있다. 최근 성공적 개발사례로는 1992년 西安생칠연구소에서 옻산, formaldehyde, polyisocyanate를 중합시켜 투명하고 방청성, 耐藥品性, 高硬度, 柔軟性이 뛰어난 'QF-52-02'라고 명명된 공업용 도료를 개발하였는데 이 도료는 중국의 막대한 옻생산량을 高附加價値의 상품으로 전환시키는데 일조를 할 것으로 생각된다.

3. 현 기술상태의 취약성

동양 3국 전체를 볼때 漆液의 채취는 대표적인 3D 작업으로 인건비가 낮은 중국에서만 상업적인 大量採漆이 이루어지고 있다고 해도 과언이 아니다. 따라서 天然塗料로서의 뛰어난 물성을 가지고 있는 옻칠의 잠재적 수요창출을 위해 漆液대량생산의 효율성을 높이기 위한 채취작업의 성력화, 기계화 기술이 시급히 개발되어야 한다.

공예용 漆液精製기술은 일본이 가장 앞서 있는데 가업으로 이어져 내려오던 精製기술을 계승발전시켜 오늘에 이르고 있고 품질별로 차등화되어 판매되고 있는데 우리나라에서도 일본精製漆을 수입하여 사용하고 있다. 우리나라의 漆液精製기술은 낙후되어 대부분 원료생칠을 일본으로 수출하고 있다. 최근에 국내에서 개발된 精製기술은 일본의 교반식 정제기법을 모방한 것으로 광택제, 건조제 등 보조제를 사용한 중급용 精製漆 수준이며 고투명 정제칠 및 문화재 보수 등을 위한 고품질 다기능 정제기술개발은 이루어지지 않았으며

상품화에도 미치지 못하고 있다. 1990년에 본 연구진은 漆液精製 기초기반기술을 개발하여 고품질의 精製漆 가공이 가능한 상태까지 와 있으나 상업적 精製漆생산이 가능한 기술확립을 위해서는 보다 더 기술개선이 이루어져야 할 것이다.

중국 및 일본의 옻을 이용한 기능성 塗料 개발작업도 이제 시발단계에 불과하므로 국내에서도 보다 치밀한 연구개발이 시급히 추진되어야 할 것이다. 아울러 고부가가치 창출을 위한 신기능성 산업용 옻塗料의 개발과 병행하여 충분한 원자재 확보를 위한 우수한 옻나무 자원의 조성 및 체계적인 재배무육기술의 개발, 그리고 採漆작업의 자동화 기술이 동시에 추진되어야 할 것이다.

제3절 앞으로의 전망

옻칠은 동양의 특산물로써 오랜 역사를 지닌 耐久性이 뛰어난 天然塗料로 현재까지 개발된 어떠한 합성수지塗料에 비할 바가 못되는 뛰어난 물성을 가지고 있다. 동양에서는 이러한 옻의 특성을 이용하여 약 4천년 전부터 칠기문화가 발전하게 되었고 예술공예품 및 생활용품의 제작에 널리 사용하여 왔다. 우리나라의 옻칠에 관한 기록은 약 2,000년전인 낙랑시대의 古墳에서 칠기가 발굴된 이래 신라시대부터 兵器, 棺, 家具 등에 칠을 사용하였다는 기록이 남아있으며, 삼국시대 이후 각 왕조는 칠기제작을 전담하는 官職을 둘 정도로 옻나무의 재배 및 옻칠의 이용에 각별한 관심을 두어왔다. 그러나 朝鮮後期에 접어들면서 사회적 혼란으로 말미암아 관리소홀과 濫伐로 옻나무자원이 많이 소실되었고 해방이후론 옻칠에 대한 관심부족 및 옻칠의 代用品인 값이 싼 카슈合成漆의 대량보급으로 생산기반이 크게 위축되어 겨우 명맥만 이어져 내려오고 있는 실정이다.

근래에 와서 생활 및 정신문화수준이 향상되고 전통공예를 보호육성하려는 움직임과 전통칠기의 예술성으로 인해 천연옻칠에 대한 관심이 대두되고 있는데, 최근에 정부는 옻칠을 민족전통문화를 계승, 복원하려는 사업에 포함시켜 국내 옻연구의 활성화를 위한 계기를 조성하였다.

옻칠은 소위 첨단과학으로 개발해 내는 여러가지 신물질들과 비교해 보아도 그 효용성이나 개발가능성이 결코 뒤떨어지지 않으며, 게다가 서양사람들은 동양사람에 비하여 옻을 심하게 타기 때문에 액체상태의 옻액이나 옻나무 종류를 매우 기피한다(그러나 일단 굳고 나면 옻을 타지 않음). 따라서 옻칠을 이용한 다양한 고부가가치 상품이 개발될 경우 서방국가의 유사상품개발에 따른 경쟁력 저하 등을 염려하지 않아도 될 것이며 조선산업이나 선박수리와 같이 국제적으로 경쟁력을 갖춘 국내산업계에서 선박防汚塗料로써 수입상품이 아닌 국내산 옻塗料를 채택한다면 부가가치가 배가됨은 물론 새로운 옻수요의 창출에 크게 이바지 할 수 있을 것이다. 중국의 경우 1992년 漆液 主산지인 섬서성의 생옻 생산량이 645톤으로 이중 중하급품의 절반 정도가 일본으로 수출되고 나머지 품질이 좋은 생옻은 자국내에서 소비되는데 공예용외에 파이프라인, 선박防汚塗料 등 공업용으로 대량소비되고 있다고 한다.

현재 국내에서 採漆된 생옻은 대부분 精製기술의 부족으로 일본으로 수출되고 반면에 저급의 중국칠을 다른 화학수지와 혼합하여 가공, 精製된 옻 類似漆이 高價로 국내에 역수입되어 칠기업체에 천연옻칠로 잘못 인식되어 사용되고 있는 형편이기 때문에 새로운 漆液精製기술의 개발이 시급한 과제로 떠오르고 있다. 또한 前述한 바와 같이 여러가지 우수한 物性을 지닌 옻칠의 특성을 이용할 수 있

는 다양한 수요처 개발의 일환으로 공업용 塗料 등 塗裝 目的 및 塗裝材料에 따라 다양한 기능성 옻塗料의 개발이 병행되어 수요처가 확대된다면 국내 옻나무 재배가 활성화 되어 UR 타결 이후 마땅한 代替作目을 찾지 못하고 있는 農家에 새로운 소득원이 될 수 있을 것이다.

제4절 기술도입의 타당성

공예용 漆液精製기술은 옻을 塗料로 사용하는 동양 3국 중 일본이 가장 앞서 있다고 할 수 있으나 일본식 精製기술의 요체는 칠기류의 대중화를 위하여 중급용 옻대용칠 기술개발에 중점을 둬 증량과 투명도 증가에 집중되어 있어 일본식 精製기술의 국내도입은 불필요한 것으로 사료되는 바이다.

그러나 칠액 대량소비를 위한 産業用 옻塗料 加工技術의 경우 신속한 산업화를 위하여 공예용 칠 精製기술과는 달리 선진화된 일본의 기술을 참조하여야 할 필요성이 인정되기는 하나 일본 역시 최근 들어서 연구개발을 시작하였으므로 韓日間의 기술수준 차이는 크지 않을 것으로 추정된다. 따라서 현 시점에서의 산업용 옻塗料 생산을 위한 기술도입검토는 추후의 상황여부에 따라서 결정되어야 할 것이다.

제 2 장 옻나무 영속안정재배 및 보속적 칠액생산을 위한 무육기술개발

제1절 서 설

옻나무 재배는 칠액생산이 주목적인데 채칠량을 증대시키기 위해서는 우량묘목의 선정과 함께 옻나무를 건전하게 생육시킬 수 있는 관리체계가 이루어져야 한다. 현재 칠액생산의 주산지인 강원도 원주 및 횡성일대의 옻나무림의 경우 대부분 채칠후 맹아갱신에 의해 형성된 근주의 수령이 30년이 경과한 옻나무가 많으며 옻나무 재배의 수익성이 떨어짐에 따라 관리가 제대로 되지 않아 거의 방치된 상태이다. 최근 식재된 옻나무림의 경우도 식재간격이 1mx1m로 밀색된 곳이 많으며 식재후 적절한 가지치기 등 후속관리가 전혀 이루어지지 않기 때문에 채칠수령에 도달하여도 정상적인 산칠량을 기대하기 어려운 측면이 많다.

따라서 본장에서는 옻나무 재배적지 및 보속적이고 안정적인 칠액생산을 위해 요구되는 무육체계에 대해 고찰하였다.

제2절 옻나무 재배적지 구명

옻나무 재배적지를 구명하기 위한 일환으로 기상요인이 산칠량에 미치는 영향을 조사하였다.

표 1은 살소법으로 채칠중인 262주에 대해 수고, 흉고직경 및 수관폭을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 살소법은 일제시대에 일본인들에 의해 전수된 방법으로 나무전체에 수평으로 상처를 내어 칠

액을 채취하고 채칠이 끝나면 나무를 벌채하는 방법으로 우리나라의 원주지역에서 널리 사용되고 있다. 살소법에 의한 칠액채취는 6월중순부터 9월말까지로 나무의 크기는 흉고직경이 8-12㎝내외가 적당한데 본시험의 대상목은 약 7㎝로 작은 편에 속한다. 전문채칠자가 1년에 채취할 수 있는 본수는 채칠대상 나무의 크기와 입지여건에 따라 달라질 수 있으나 일반적으로 약 600본 정도로 채취할 나무를 4등분하여 하루에 150본씩 돌아가면서 칠액을 채취하며 5일째에 동일한 나무를 채칠하게 되는데 본시험에서는 채칠본수가 적어 전체 262주를 1일 작업량에 따라 3구획[sector I(97주), sector II(76주), sector III(89주)]으로 나누어 채칠하여 산칠량을 조사하였다.

Table 1. The mean and standard errors of investigated growth characteristics for the tapping lactrees.

Tapping Sectors	No. of tapping trees	Height(m) (Mean±SE)	DBH(cm) (Mean±SE)	Crown width(m) (Mean±SE)
I	97	5.45±0.60	7.19±0.93	3.34±0.50
II	76	5.52±0.61	6.83±0.82	3.56±0.42
III	89	5.57±0.51	6.95±0.79	3.48±0.45
Total	262	5.51±0.57	6.99±0.85	3.46±0.46

그림 1,2,3은 채취당일 및 전날의 온도와 습도조건이 산칠량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 구획마다 채칠량을 30본에 대한 채칠량으로 환산하여 나타낸 것이다. 그림 1의 7월달 기상상태 및 산칠량을 보면 7월 10일까지는 기상자료를 측정하지 못하여 직접적인 비교는 어려우나 7월 12일까지의 산칠량을 보면 150g대를 유지하

였으나 그 후로 기온과 습도가 높아지면서 산칠량이 점차 증가하는 추세를 보였다. 산칠량이 가장 많은 7월 17일(209g) 및 28일(208g)은 온도와 습도가 높으며 특히 채칠시간대에 습도차가 적은 흐린 날씨였다. 그림 2의 8월자료를 보면 10일경까지는 7월 중•하순과 비슷하게 비교적 높은 산칠량을 보였으나 중순이후로는 점차 감소하는 경향을 보였다. 9월의 자료에서는 기온이 낮아지고 온•습도차가 심해지면서 산칠량이 감소하였는데 특히 중순이후로는 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

그림 1,2,3의 결과를 토대로 하여 산칠량에 영향을 미치는 기상요인을 대상으로 산칠량과의 상관분석을 한 결과 채취전날의 최저온도와는 1%수준, 채취당일 최저습도와는 5%수준의 正의 상관관계를 보였으며 채취당일 온도차와 습도차와는 5%수준의 負의 상관관계를 나타내었다(표 2). 따라서 채취전날의 최저온도가 높을수록, 채취당일의 온•습도차가 적은 흐린 날일수록 산칠량이 증가함을 알 수 있었는데 이는 전문채칠자의 오랜 경험과 일치한다.

살소법에 의한 칠액채취는 주로 동트기전 새벽 5시경에 시작하여 오후 2-3시경에 끝나며 새벽에 채칠량이 가장 많고 해가 뜬 후에는 점차 감소하는 추세를 보이는데 이는 옻나무가 광합성작용으로 증산량이 증가하면서 세포내 팽압이 감소하여 산칠량(産漆量)이 줄어드는데 기인한다. 일반적으로 채칠량은 일교차, 공중습도, 바람 등의 기상요인과 토양내 수분함량 등 외부환경인자에 크게 영향을 받는데 온도가 높고 흐리며 바람이 적고 공중습도가 높은 날에 채칠량이 많다고 알려져 있어 본 연구결과와 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

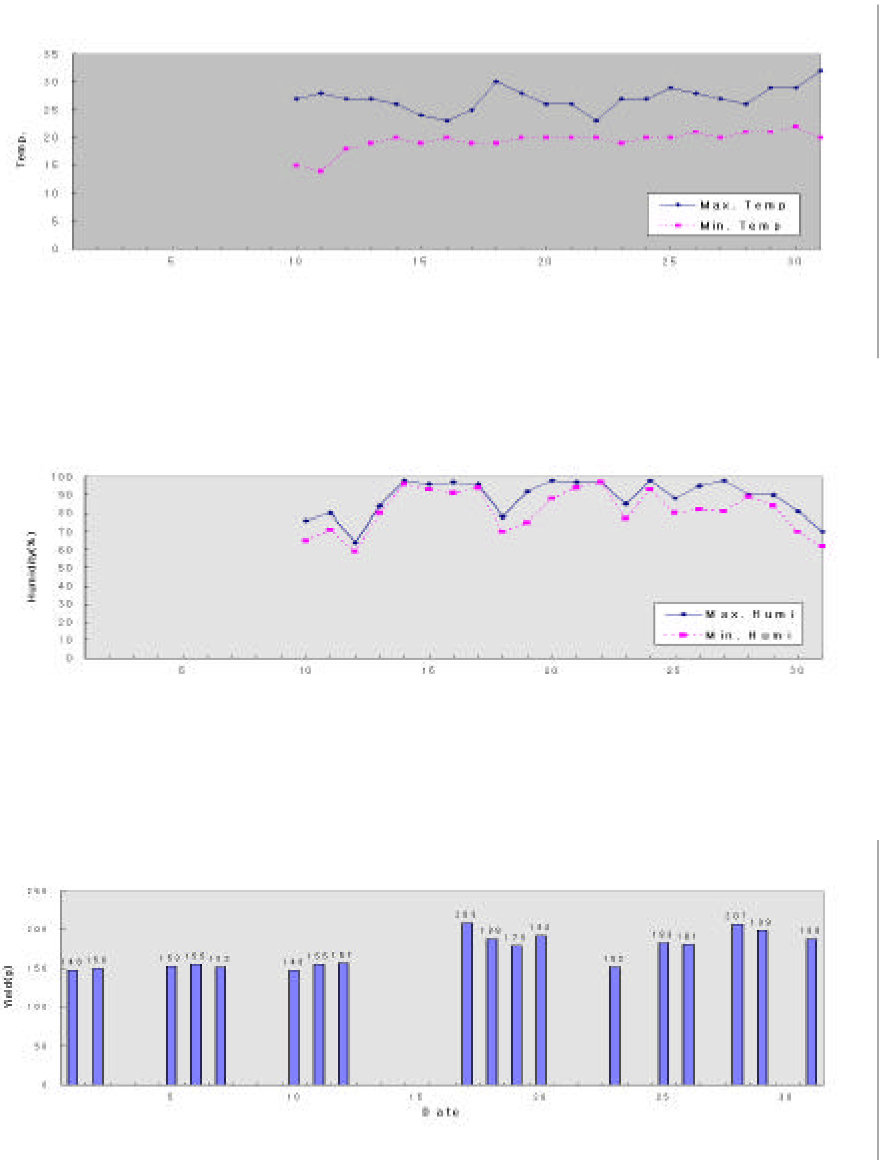


Figure 1. Lactree sap yield and weather conditions for July, 1996.

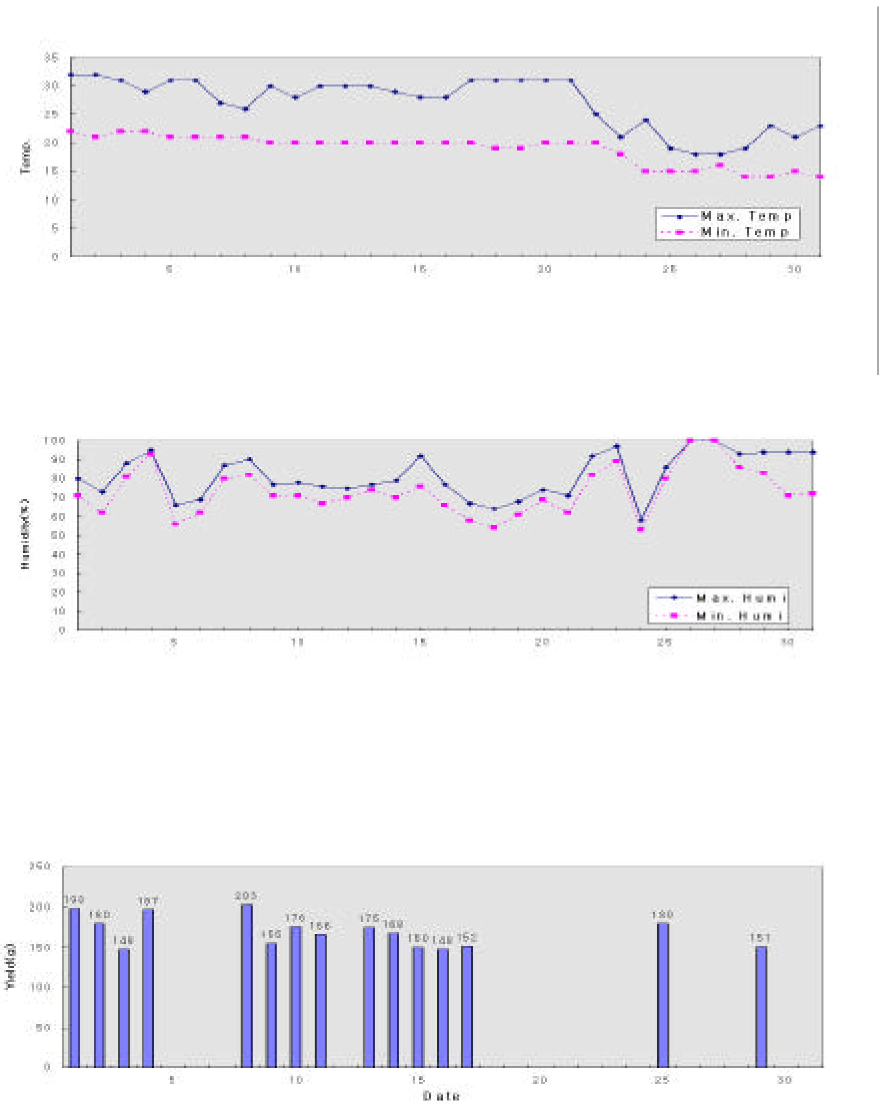


Figure 2. Lactree sap yield and weather conditions
for August, 1996.

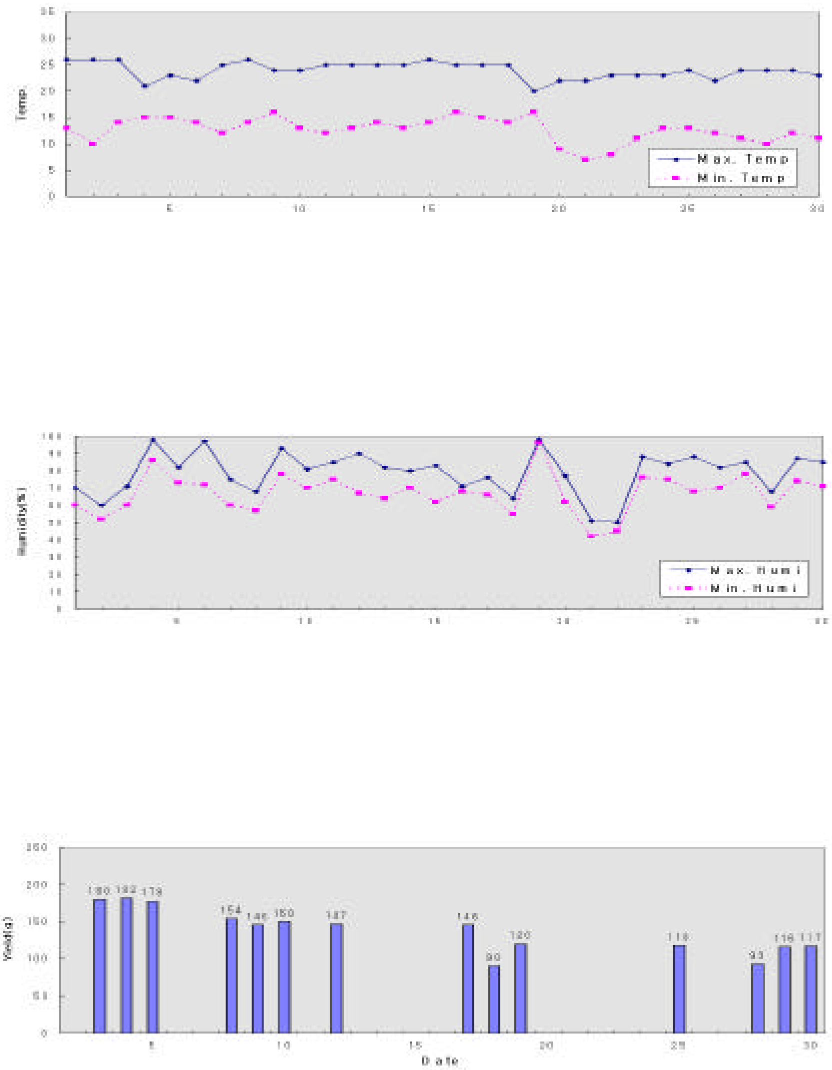


Figure 3. Lactree sap yield and weather conditions
for September, 1996.

Table 2. Tests of significance for simple correlation coefficient between sap yield of lactree and the climatic factors.

Climatic factors	Day of sap collection	One day before sap collection
$Temp._{max}$	NS	NS
$Temp._{min}$	NS	**
$Temp._{max}$-$Temp._{min}$	(-)*	NS
$Humidity_{max}$	NS	NS
$Humidity_{min}$	*	NS
$Humidity_{max}$-$Humidity_{min}$	(-)*	NS

*,** ; significant at 5% and 1% level, respectively

NS ; non-significant

(-) ; negative relationship

표 3은 stepwise를 이용하여 다중회귀분석을 한 결과를 나타낸 것으로서 기상요인 중 산칠량에 영향을 미치는 주요한 요인은 채취 전날 최저온도(YT_{min}), 채취당일 최저습도(TH_{min})순이었다. 이들이 산칠량에 영향을 미치는 설명력은 약 32%로 비교적 낮은 편이어서 이들외 다른 기상요인이 복합적으로 산칠량에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

$$SY = 57.3022 + 3.1044^{**}YT_{min} + 0.7357^{*}TH_{min}$$

$$(R^2 = 0.3156)$$

다중회귀식에서 산칠량에 영향을 미치는 요인들 중 채취전날 최저온도가 약 23%, 채취당일 최저습도는 약 9%의 기여도를 나타내어 채취전날 최저온도가 산칠량에 가장 큰 영향을 미치는 것을 추론할 수 있었다.

Table 3. Multiple regression coefficient and equations for sap yield(SY) of lactree.

Variables	Regression Coefficient	Partial R2	Model R2	F
Constant	57.3022			
Yesterday $Temp._{min}$(YT_{min})	3.1044	0.2297	0.2297	10.7321**
Today $Humidity_{min}$(TH_{min})	0.7357	0.0860	0.3156	4.3971*

*,** ; significant at 5% and 1% level, respectively

표 4는 6월 중순부터 10월초까지 살소법에 의해 5일 rotation 방식으로 17회동안 채칠량을 조사한 것을 나타낸 것이다. 1본당 채칠량을 비교해보면 rotation 1회때는 2.37g으로 가장 적으나 점차 증가하여 8회때 7.25g으로 가장 많았고 그후로 점자 감소하는 경향을 보였다. 1회때는 처음 채칠하기 때문에 나무가 자극(stimulation)을 받지 않아 산칠량이 적으나 채칠횟수가 많아지면서 나무가 자극을 받아 칠액분비가 촉진되고 수피 두께가 두꺼워지면서 산칠량이 증가하였으며, 외기온도가 높고 광합성이 활발히 이루어지는 7월 중순부터 8월초순에 산칠량이 가장 많았는데 이는 野崎 등(1939)의 시험결과 및 전문채칠자의 채칠경험과 일치한다.

Table 4. The variation of lactree sap yield on tapping rotation by the Japanese tapping method.

Tapping rotation	Tapping period	Sap yield(g)	Sap yield per tree(g)
1	6.15 6.16	620	2.37
2	6.19 6.22	1,100	4.20
3	6.25 6.27	1,570	5.99
4	6.30 7. 2	1,540	5.88
5	7. 5 7. 7	1,680	6.41
6	7.10 7.12	1,620	6.18
7	7.17 7.23	1,890	7.21
8	7.26 7.28	1,900	7.25
9	7.31 8. 3	1,770	6.76
10	8. 6 8. 8	1,790	6.83
11	8.10 8.12	1,590	6.07
12	8.15 8.25	1,460	5.57
13	8.29 9. 5	1,440	5.50
14	9. 8 9.10	1,400	5.34
15	9.13 9.18	1,130	4.31
16	9.21 9.27	1,020	3.89
17	9.30 10.4	1,120	4.27
Total		24,640	94.01

野崎 등(1939)이 지역별로 산칠량을 보고한 결과에 의하면 흉고직경이 7㎝되는 옻나무 1본당 변칠의 산칠량은 채칠횟수에 차이는 있으나 원주군이 74.6g(17회), 옥천군 74.9g(20회), 태천군 90.6g(22회), 광릉시험림 74.0g(21회), 부천군이 105.5g(22회)인데 반하여 본 시험지의 1본당 평균 채칠량은 94.0g(17회)으로 변칠 1회

당 산칠량을 구하면 5.53g으로 산칠량이 가장 많다고 보고된 부천군의 4.82g보다 월등히 높았다. 이러한 차이는 채칠대상 나무의 생리적 상태 및 환경조건에 기인한 것으로 생각되는데, 본 시험지는 식재간격이 넓고(2x2m) 식재초기부터 집약적인 관리 및 시비를 하였기 때문에 생육상태가 좋아 산칠량이 많은 것으로 생각된다. 사탕단풍나무의 경우 Blum(1973)은 사탕단풍나무의 수액 유출량은 수목의 생물학적 특성에 따라 큰 차이를 보인다고 한 것과 유사한 결과라고 생각된다.

이같은 결과를 종합해 볼 때 옻나무 재배적지는 토양조건에 있어 배수가 불량한 점질토양보다는 비옥하고 배수가 잘되는 사질토양이 옻나무 재배적지임을 알 수 있다. 또한 지형적으로 확 트인 평야지대보다는 큰 산이나 강을 끼고 있어 공중습도가 높고 바람을 피할 수 있는 산간분지형 지형으로 산복이하의 토심이 깊고 배수가 잘되는 구릉지대가 칠액생산에 유리함을 알 수 있었다.

제3절 옻나무 재배관리기술 개발

1. 식재간격과 시비에 따른 산칠량

표 5는 강원도 횡성군 갑천면과 안흥면에 위치한 옻나무 재배단지의 식재간격 및 시비에 따른 산칠량을 조사한 것이다. 식재밀도별로 산칠량을 조사한 결과 식재간격이 넓을수록 옻나무의 수관면적이 넓고 충분한 엽량을 확보할 수 있어 산칠량이 많았다. 산칠량을 증대시키기 위하여 식재당년부터 채칠연령에 달할 때까지 주기적인 꾸준한 시비가 필요하며 특히 채칠당년에 4월, 7월 두차례에 걸쳐 복합비료를 시비한 결과 시비하지 않은 대조구에 비해 직경생장에 있어 약 1.8배, 산칠량에서 약 2배 정도 증가하여 채칠당년의 시비

가 산칠량 증가에 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 현재 원주, 횡성지역에서는 통상적으로 흉고직경 7-10㎝, 수령 7-12년일 때 살소법으로 채칠하고 있으므로 산칠량을 증대시키기 위해서는 초기 식재간격은 2m x 2m 이상으로 하여 옻나무가 건전한 생장을 도모할 수 있는 생육공간이 확보되어야 할 것이다.

Table 5. The effect of spacing and fertilization on lacquer yield.

Plantation	DBH	Spacing	Fertilization*	Lacquer Yield(g)**
Kapchun	7.0cm	2.0mx3.0m	-	4.81
〃	〃	〃	150g once	5.53
〃	〃	〃	150g twice	8.44
Anhyung 1	7.5cm	1.0mx1.5m	-	5.00
2	〃	〃	-	5.75
3	〃	〃	-	4.44
4	〃	〃	-	3.98

* ; 주당 복합비료 시비량

** ; 1주 변칠 1회당 산칠량

2. 옻나무 재배시 종합적 무육관리체계

가. 옻나무 식재

옻나무 재배는 함경도의 일부 추운지역과 해발고 1,000m이상의 지역을 제외한 전국에 식재가능하며 바람이 심하게 불지 않고 공중 습도가 높은 분지형 지형이 옻칠생산에 유리하다.

1) **입지 선택**

지형은 일조량이 많고 북풍과 강풍이 없는 평탄한 곳이 옻나무 재배에 적당하다. 대체로 동남향의 산기슭, 개천가, 밭뚝 등에 널리 식재되고 있는데 과거에 밭으로 경작이 어려운 한계농지나 유휴지에 식재하는 것이 유리하다.

토양조건은 토양내 수분이 충분하고 배수가 잘되며 토심이 깊은 비옥한 사질양토 및 자갈이 섞인 양토가 재배적지이다. 건조한 토양에 심을 경우 옻나무 생장도 떨어지지만 칠액생산이 저조하다.

2) **묘목선정**

옻나무 식재시에는 대개 1**년생묘를 이용하게 되는데 크기가** 30-60㎝**이고 줄기가 굵으며 눈이 충실하게 잘 발달되고 잔뿌리가 많은 것이 좋은 묘목이다. 묘목은 파종상에서 굴취한 후 곧바로 조림지에 정식하는 것이 활착율이 높다. 묘목을 정식하기 전에 가식하게 되는데 가식기간이 길어지면 활착율이 크게 떨어진다.**

3) **식재**

묘목의 식재는 중부지방의 경우 새순이 나오기 전인 3**월말**-4**월초가 적기이며 구덩이를 깊고 넓게 파고 그 밑에 퇴비 또는 썩은 낙엽을 넣은 뒤 흙을 덮고 그 위에 묘목을 심는다. 식재간격은 지형 및 토양의 비옥도에 따라 다르나 일반적으로** 2m x 3m**간격으로** ha**당** 1,500**본 정도가 적당하다.**

나. 옻나무림 관리

1) **식재후 관리**

옻나무는 초기생장이 빠른 나무로 묘목식재후 활착이 되어 건전한 생육을 위해서는 2-3**년간 관리가 아주 중요하다. 식재후** 2**년간**

은 제초 및 하예작업을 년 2회이상 실시하고, 시비는 5월초에 복합비료를 나무주위에 뿌려준다. 3년째부터는 년 1회씩 제초작업을 해도 무방하다. 식재후 1년이 경과한 이듬해 봄에 고사한 것은 보식하도록 하며 묘목의 윗부분이 죽어 뿌리부근에서 맹아가 많이 발생한 것은 건전한 것 하나만 남기고 제거한다.

건전한 생장 및 채칠작업의 편리를 위해 수간이 2㎜(살소법 채취시 채칠가능 높이)까지 곧게 유지되도록 늦가을이나 초봄에 가지치기를 2년에 1회씩 실시하고 수간에서 싹이 나올 경우 5월중순에 순자르기를 하여 수간에 잔가지가 없도록 한다.

옻나무림 조성시 불량한 묘목을 식재하거나 식재후 관리가 제대로 되지 않으면 활착이 불량해지고 수간이 여러개로 갈라지며 굽게 되어 채칠시 불리하므로 식재한지 1년이 경과하여 묘목의 정아가 고사하여 측지가 여러개 발생한 것은 지상부를 잘라 이듬해 건전한 맹아지를 유도하여 수간이 곧게 자라도록 해야 할 것이다.

2) 갱신

옻나무는 묘목을 심어 8-10년이 경과하면 채칠할 크기(흉고직경이 8-12㎝)로 자라게 되며 채칠이 끝나면 가을에 지표면의 높이로 줄기를 잘라 이듬해 봄에 맹아(움돋이)에 의하여 갱신한다. 이때 여러개의 맹아가 발생하므로 튼튼한 맹아지 1-2개만 남기고 제거하며 7-8년이 경과하여 맹아지가 다시 채칠할 크기로 자라면 지속적으로 채칠할 수 있는데 60-70년까지 이러한 맹아갱신을 계속할 수 있다. 80년이상이 되면 根株가 노쇠하여 생장이 떨어지므로 根株를 캐어내고 새로이 묘목을 심는다.

다. 병충해 방제

1) 병해

가) 탄저병

1-3년생의 어린 나무에 흔히 발생하는데 대개 발병시기는 7월경이다. 병징은 나무의 줄기와 잎에 흑색반점이 생겨 점차 커지며 잎이 고사낙엽되어 생육을 저해하고 심하면 줄기가 고사한다. 장마철 기온이 낮고 습도가 높을 경우에 그 피해가 심하다. 방제법으로 다이센 수화제 500배액을 7-10일 간격으로 2-3회 살포한다.

나) 흰가루병

잎에 흰가루 같은 것이 생기며 잎이 오그라들고 마른다. 방제법으로 다이센수화제를 살포하면 좋다.

다) 갈색무늬 뿌리썩음병(紫紋羽病)

활엽수에서 흔히 발병되는 탄저병의 일종으로 5월 중순경 새순이 자라다가 잎과 줄기가 갑자기 시들어 마르는 것인데 병징으로 근주 및 뿌리표면에 적자색의 균사막을 형성하며 인근의 다른 나무로 전파된다. 기온차가 심하고 밀식되며 배수가 불량한 점질토양에 식재하였을 경우 발생하는 수가 많다.

일본의 경우 최근에 대단위 조림지에서는 갈색무늬 뿌리썩음병(紫紋羽病)의 발생으로 고사되는 옻나무가 증가되고 있으며 이러한 병은 밀식되고 기온차가 심한 북사면에 많이 발생되고 있으며 점차 피해범위가 넓어지고 있다. 현재 6-18년생 옻나무 집단식재지 12개소 중 9개소에서 발병하였으며 나병율은 7.7%(1997년)로 나타나고 있다. 방제법으로 병징이 경미할 경우 석회보르도액을 근주에 뿌리며 심한 나무는 잘라내고 근주를 캐내 태워버린다.

2) 충해

가) 진딧물

여름철 고온건조시 발생이 심하고 주로 어린 가지나 잎, 미숙열매에 부착하여 즙액을 빨아먹는데 단위생식을 하므로 번식력이 매우 높다. 방제약제로는 BHC수화제, DDVP, 메타시스톡스, 다이메크론 등이 있으나 내성이 생기고 진딧물 종류가 다양하므로 두가지 이상의 약제를 혼합하여 사용하면 효과적이다.

나) 어스렝이나방

옻나무, 밤나무, 호도나무 등의 잎을 식해하는데 5월에 부화하여 유충기에 잎을 가해한다. 유충기는 60-70일이며 9월하순-10월중순경에 성충이 되어 수간 등에 산란한다. 방제법으로 4월까지 수간에 붙어있는 알덩이를 제거하거나 수간에 군서하는 유충을 포살한다. 9-10월에는 성충을 등화로 유인하여 포살한다. 약제로는 디프테렉스유제, BHC수화제를 유충기때 살포한다.

다) 매미충

1년에 2-3회 발생하며 잎뒷면에 주로 기생하여 즙액을 빨아먹어 황백색의 작은 점이 많이 생기고 심하면 갈색으로 변한다. 성충발생시기에 BHC수화제, BP유제 등을 살포한다.

제 3 장 채칠법 개량 및 기계화

제1절 서 설

칠액을 채취하는 방법에는 우리나라의 전통적인 방법인 화칠법(火漆法)이 있는데 도료로 사용하기에는 품질이 떨어져 주로 약용으로 사용하기 위해 칠액을 채취하는 방법으로 널리 쓰이지 않으며 일본식 채취방식인 살소법에 의해 칠액을 주로 채취하고 있다.

살소법은 1920년대 이후 일본인들에 의해 전수된 방법으로 나무전체에 수평으로 상처를 내어 칠액을 채취하고 채칠이 끝나면 나무를 벌채하는 방법으로 현재 우리나라에서 널리 사용되고 있다. 살소법에 의한 칠액채취는 6월중순부터 9월말까지로 나무의 크기는 흉고직경이 8-12㎝내외가 적당하다. 채취대상 나무의 크기와 식재여건에 따라 달라질 수 있으나 일반적으로 전문채칠자가 1년에 채취할 수 있는 본수는 약 600본 정도로 채취할 나무를 4등분하여 하루에 150본씩 돌아가면서 칠액을 채취하며 5일째에 동일한 나무를 채칠하게 된다.

살소법에서 줄기에 채취홈을 내는 양식은 나무의 크기에 따라 한배긁기, 두배긁기, 삼배긁기로 구분되는데 일반적으로 두배긁기를 한다. 한배긁기는 나무직경이 아주 작을 때 하는 방법으로 채취홈을 윗쪽으로 일렬로 붙여서 낸다. 두배긁기는 보다 직경이 굵은 나무에 적용되며 2-3㎝폭으로 수액이 이동할 통로를 남겨두고 줄기 안팎에 채취홈을 두줄로 내며 삼배긁기는 세줄로 채취홈을 낸다.

칠액을 채취하려면 거친 나무껍질을 박피낫이나 홈칼 등에 있는 날로 겉껍질을 깎아 채취하기 편리하게 한 뒤 홈칼로 지상 20㎝

위치에 길이 1-1.5㎝, 깊이 3㎜정도로 수평으로 홈을 내고 이것으로부터 위로 40㎝간격을 두고 계속 긋는다. 이를 표지르기라 하며 5일 간격으로 각 표지르기 윗부분에 3-4㎜ 간격을 띄우면서 약간 길게 평행으로 목질부에 이르기까지 홈을 내면 수피부의 칠액구가 절단되어 그곳에 축적되어 있던 칠액이 유출되어 홈에 고이게 된다. 이것을 칠주걱으로 긁어 채취하게 되는데 칠액구가 막히지 않도록 손동작의 놀림을 부드럽게 하는 것이 요구된다. 표지르기로부터 7회까지를 채취한 칠액을 초칠(6월중순-7월초순), 8회부터 18회까지를 성칠(7월중순-8월하순), 19회 이후 22-25회까지를 말칠이라 한다.

Figure 4. 살소법에 의한 칠액채취

옻채취가 거의 끝나면 맨 마지막의 홈과 표지르기가 만나게 되는데 그사이에 나무둘레 전체에 홈을 내어 칠액을 채취하는데 이를 "마감긁기", "물줄기 끊기" 또는 "뒤긁기"라 한다.

살소법으로 칠액을 채취하고 나면 지상부는 죽게 되므로 줄기를 베어내면 이듬해 뿌리에서 새순이 돋아나 새로 심지 않아도 후계림을 조성할 수 있다. 이러한 맹아갱신으로 부터 7-8년이 경과하고 나면 다시 칠을 낼수 있는 크기로 자란다.

살소법은 흉고직경이 8-12㎝정도 도달한 개체를 대상으로 채취하게 되는데 흉고직경이 15㎝이상이 되면 수피가 두꺼워지고 단단해져 홈칼로 수피에 상처를 내기가 힘들어지며 특히 외피가 발달하기 때문에 채칠시 칠액이 수피에 묻어 회수하지 못하는 양이 많아져 불리하다. 또한 살소법에 의한 채칠작업은 전문성을 요하며 노동집약적이어서 생산성이 떨어진다. 따라서 살소법 및 화칠법을 개량하여 칠액채취 수율을 높일 수 있는 방법을 시험하였다.

제2절 칠액분비촉진시험

1. 에칠렌 처리에 의한 칠액분비 촉진

가. 에칠렌 처리농도에 따른 수피두께 및 수피내 옻산함량 변화

Table 6은 CEPA 처리 후 5주 경과한 뒤에 처리농도에 따른 수피두께 및 옻산함량의 변화를 나타낸 것으로 처리농도가 높아질 수록 수피가 두꺼워졌고, 수피내 옻산함량도 현저히 증가함을 보여 준다. 수피 두께는 CEPA의 처리농도가 0.1% 이상에서, 수피내 옻산함량은 1% 이상에서 대조구에 비해 유의하게 증가하였음을 알 수 있다.

Table 6. Mean bark thickness and mean urushiol content of ten trees of Rhus verniciflua 5 weeks after CEPA[a] treatment[b].

CEPA concentration	Bark thickness (mm)	Urushiol content (mg/cm²)
Control	1.43 ∓ 0.13	4.290 ± 0.676
0.1 %	1.65 ∓ 0.11**	5.109 ± 0.944
1.0 %	1.95 ∓ 0.12**	6.861 ± 1.037**
10.0 %	3.59 ∓ 0.17**	12.121 ± 1.493**

**Significantly different from controls at 1% level.

[a]CEPA(2-chloroethylphosphonic acid ; commercial ethephon contained 45% 2-chloroethylphosphonic acid).

[b]Treated on June 16 and harvested July 21 (5 weeks after treatment).

CEPA 0.1% 처리시 평균 수피 두께는 1.65mm이고, 1% 처리구는 1.95mm였으며, 10% 처리구에서 수피두께는 3.59mm로 대조구의 1.43mm에 비해 약 2.5배 증가하였다. 이와 유사한 실험 결과로, 느릅나무(*Ulmus americana* L.)의 경우 ethrel을 1.6% 또는 그 이상의 농도로 처리하여 41일이 경과되었을 때 수피가 2배 이상 두꺼워졌으며(Yamamoto 등, 1987), Yamamoto와 Kozlowski(1978)는 *Pinus halepensis*의 1년생 유묘에 0.1% 또는 1%의 ethrel을 처리한 결과, 60일 후 수고에는 영향을 주지 않았지만 줄기의 직경생장을 촉진하였고, 1% 처리시 수피의 두께가 대조구에 비해 2배 증가하였다고 보고한 바 있어 옻나무의 줄기에 CEPA lanolin paste를 처리하였을

때 수피의 두께 변화는 Yamamoto와 Kozlowski의 실험과 거의 일치함을 알 수 있었다.

수피내 단위면적당 평균 옻산함량은 CEPA 0.1% 처리구의 경우 5.11mg/cm2이였고, 1% 처리구는 6.86mg/cm2였으며, 10% 처리 때는 12.12mg/cm2으로 대조구의 4.29mg/cm2 보다 2.8배 증가하였다.

고무나무에 ethephon을 5-10%의 농도로 처리할 경우 수액 유출기간이 늘어나며 수지 유출량도 증가하는데, 수목의 생장을 저해하지 않는 범위내에서 최고 100%까지 증수효과가 있다(d'Auzac, 1989). 20년생 레지노사 소나무를 대상으로 5% 농도로 ethephon을 처리하여 6개월 후에 조사한 결과 處理木이 無處理木보다 resin acid에서 14배, turpentine에 있어 25배의 증수효과가 있었다고 하였다(Wolter와 Zinkel, 1984). 또한 성숙한 sour cherry(*Prunus cerasus*)의 일년생 가지에 69.2 mM의 ethephon을 살포하였을 때 gum 생산량이 3배에서 최고 6배까지 증수효과가 있는 것으로 나타나(Olien과 Bukovac, 1982), 수종에 따라 약간의 차이는 있지만 CEPA에 의해 수지생산이 촉진됨을 알 수 있었다.

페놀화합물인 urushiol은 해당과정에서 유래된 PEP (phosphoenol pyruvic acid)와 5탄당 인산회로 및 캘빈회로에서 유래된 erythrose-4-phosphate를 전구물질로하여 shikimic acid pathway를 거쳐 만들어진 phenylalanine, tyrosine, tryptophan같은 방향족 아미노산으로부터 합성된다. 페놀화합물이 생성되는데 있어서 가장 중요한 반응은, phenylalanine이 cinamic acid로 전환될 때, phenylalanine에서 탈아미노 반응으로 암모니아가 떨어져 나가는 것인데 이 반응을 PAL(phenylalanine ammonia lyase)이 촉매한다(Salisbury와 Ross, 1992). 일반적으로 세포가 손상되거나 병원균이

나 곤충의 공격, 스트레스를 받으면 에틸렌이 생성되고, 상처치유에 필요하다고 여겨지는 페놀화합물 형성에 있어서 중요한 요소인 PAL의 합성이 증가되어(Olien과 Bukovac, 1982; Salisbury와 Ross, 1992) 결국 옻나무의 줄기에 인위적으로 CEPA를 처리하면 urushiol의 생성이 촉진된다고 여겨진다.

10% CEPA 처리시 에칠렌 효과로 과다하게 생성된 칠액이 수피의 갈라진 틈으로 흘러나오는 것을 관찰할 수 있었는데, 이러한 현상은 앞서 제시한 수피 두께와 수피내 옻산함량의 증가와 밀접한 정의 상관관계가 있기 때문이다. 수피 두께(X)와 옻산함량(Y)과의 상관방정식을 구한 결과 상관계수(R)는 0.822로 나타났다.

$$Y = -1.44 + 3.08 X \quad , \qquad R = 0.822$$

나. 에칠렌 처리시 거리별 수피두께의 변화

Table 7은 10% ethephon 처리시 처리부위로 부터 거리별로 수피두께의 변화 및 수피내 옻산함량을 나타낸 것이다. 수피두께는 처리부위로부터 아래 위 40㎝까지 영향을 주어 1% 유의 수준으로 대조구에 비해 증가하였다. 처리부위로부터 5㎝ 위의 수피두께는 3.59㎜, 5㎝ 아래는 3.36㎜로 대조구의 1.43㎜에 비해 2.5배 가량 두꺼워졌다. 또한 아래쪽보다 윗쪽이 더 많은 영향을 받은 것으로 나타났으며 처리부위로부터의 거리에 따라 민감하게 반응하였다.

Table 7에 나타난 바와 같이 수피내 옻산함량은 수피두께와 유사한 경향을 보였는데 윗쪽으로 20㎝, 아랫쪽으로 10㎝까지만 대조구에 비해 1% 수준에서 유의하게 증가함을 알 수 있었다. 수피내 옻산의 함량에 있어 처리부위로부터 위로 5㎝ 위치의 옻산 함량은

12.12mg/cm², 5cm 아래는 9.71mg/cm²으로 대조구의 평균 옻산함량 4.29mg/cm²보다 3배 또는 2배 정도의 높은 수치를 보였다. 수피두께의 경우와 마찬가지로 아래쪽보다 위쪽의 효과가 약간 크고, 거리에 민감한 반응을 보였다.

Table 7. Mean bark thickness and mean urushiol content of ten trees of Rhus verniciflua at 5, 10, 20, 40cm above and below the zone treated[a] with 10% CEPA.

Distance from treated zone (cm)		Bark thickness (mm)	Urushiol content (mg/cm²)
Above	40	2.19 (±0.15) c*	4.521 (±0.439) a*
	20	2.72 (±0.17) d	5.467 (±0.665) b
	10	3.19 (±0.13) e	7.782 (±0.765) c
	5	3.59 (±0.17) g	12.121 (±1.493) d
Below	5	3.36 (±0.19) f	9.714 (±1.004) e
	10	2.80 (±0.13) d	5.863 (±0.771) b
	20	2.26 (±0.11) c	4.561 (±0.704) a
	40	1.83 (±0.10) b	4.355 (±0.673) a
Control		1.43 (±0.13) a	4.290 (±0.676) a

*Duncan's multiple range test at 1% level.

[a]Treated on June 16 and harvested July 21(5 weeks after treatment).

CEPA 처리부위 근처에서 큰 효과 나타나는 것은 Messer(1990)의 시험결과와 유사한 것으로 *Shorea javanica*의 좌우에 2개의 홈을

낸 후 한쪽에만 10% CEPA을 처리하여 3일 뒤 유출된 수지량을 측정한 결과 처리한 곳이 2배 정도 증가하여 CEPA 처리에 의한 에틸렌의 확산효과는 동일한 개체 내에서도 처리한 부위로 부터 인접한 조직에서만 효과적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

에틸렌은 gas 형태로 통도조직을 통하여 이동하지 않고 CO_2처럼 세포간극이나 빈 공간을 통하여 확산되어 전 조직으로 이동하며(Salisbury와 Ross, 1992), 지용성이라 원형질의 지질이중막에 부착되고 작용기작은 다른 호르몬처럼 수용단백질(receptor protein)에 의해 나타난다고 알려져 있다(Sisler, 1988).

따라서 CEPA 처리 효과는 수피두께의 경우 처리부위에 가까울수록, 두껍고 멀어질수록 작아지는 경향이 있으며 옻산함량도 이와 동일한 경향을 보여 처리부위에 인접한 곳에서 에칠렌 처리효과가 높음을 알 수 있었고 전반적으로 처리부위 아래쪽보다 위에서 처리효과가 뚜렸하였다.

2. 칠액채취시 에칠렌 처리효과의 종합고찰

수목에 있어 수지분비 촉진효과가 있다고 알려진 ethylene처리 <상품명 : Ethephon (2-chloroethyl phosphonic acid, CEPA)>를 한 결과 산칠량에 있어 약 30%정도의 증수효과가 있었다. CEPA 10% 처리시 대조구에 비해 수피두께에 있어 약 2.5배, 수피내 단위면적당 옻산함량은 2.8배로 칠액분비촉진효과를 확인할 수 있었으며 처리부위로부터 가까울수록 수피두께가 두껍고 옻산함량도 높았다. 처리시기는 옻나무의 1차 수고생장이 끝나는 6월 중순에 처리한 것이 효과적이었으며 8월에 처리한 것은 거의 칠액분비촉진효과가 없었다.

Ethephon처리에 의한 칠액의 증수효과는 수피중 내피두께의 증

가와 밀접한 관계가 있는데 칠액구가 있는 내피부위의 단위면적당 칠액구의 수는 무처리와 비교할 때 큰 차이가 없으나 수피두께 증가로 전체 칠액구의 수와 칠액구의 면적이 증가하므로 칠액을 분비할 수 있는 잠재력이 커지는데 기인한다.

따라서 ethylene처리를 통해 칠액분비를 촉진시킨 다음 살소법으로 산칠량을 극대화시키기 위해서는 다음과 같은 방법이 요구된다. Ethephon이 가수분해되어 서서히 ethylene를 방출하도록 grease나 lanolin(양기름)에 섞어 반죽형태(paste)로 만든 후 수간에 40㎝ 간격으로 30° 각도로 드릴로 2-3㎝ 깊이의 구멍을 뚫은 다음 약액을 채워 넣는다. 처리시기는 옻나무의 1차 수고생장이 끝나는 6월 중순경이 적당하며 처리한 후 약 3주가 경과하면 처리부위 주변의 수피조직이 두꺼워지고 수피의 갈라진 틈으로 칠액이 배어나오게 된다. 이때부터 살소법으로 칠액을 채취하면 효과적으로 많은 양의 칠액을 채취할 수 있다

제3절 화칠채취법 개량

우리나라의 전통적인 칠액채취방식인 화칠법은 살소법으로 옻채취가 끝난 뒤 나무를 벌채한 후 가지내에 남아있는 칠액을 채취하기 위하여 가지를 1m 내외의 길이로 자른 후 30본 정도로 한다발로 묶어 일주일간 물에 세워서 담궈둔 후 꺼내어 5-6㎝ 간격으로 폭 5㎜정도로 가지둘레로 돌아가면서 홈을 낸 후 열을 가하여 홈에 고인 칠액을 채취하는 것을 말한다. 이렇게 채취한 화칠은 수분이 많고 가열에 의해 효소가 파괴되어 도료로서 사용하기에 질이 떨어지는 결점이 있으나 옻도막의 주성분인 옻산만을 추출하여 도료로 이

용할 경우 큰 문제가 되지 않으며 주로 약용으로 사용된다.

본 시험에서는 화칠법에 의한 칠액채취법을 개선하기 위하여 기계화가 가능하도록 화칠기계를 설계하여 제작하였다. 당초계획으로는 공급열원에 따라 전기식 및 LPG식 두가지를 고려하였으나 대부분의 옻나무 재배지가 인가와 떨어져 있어 전기를 이용하기에 제한이 많아 LPG가스를 이용한 화칠기계를 제작하였다. LPG식 화칠기계는 작업현장에서 곧바로 옻나무를 45㎝, 90㎝길이로 절단한 다음 곧바로 화칠을 채취할 수 있어 작업의 효율성이 높고 채취방식이 간단하며 연중 칠액채취가 가능하였다. 2인이 공동으로 채칠작업을 할 경우 하루 8시간 작업으로 흉고직경 8-10㎝인 옻나무를 약 30본 정도 채칠이 가능하였다.

Figure 5. 화칠기계를 이용한 칠액채취

제4절 칠액채취의 개량화 및 기계화

현재 널리 채택하고 있는 살소법에 의한 채칠방법의 성력화를 위하여 우선적으로 약품처리를 통한 칠액분비 촉진을 시도하였다. Ethephon과 mineral jelly를 혼합한 CEPA paste를 0, 1, 5, 10, 20% 농도로 조제하여 수간축을 기준으로 2방향에서 60㎝간격으로 직경 10㎜의 약품처리공을 만들어 CEPA paste를 주입하였다. 이와 병행하여 수피에 수평으로 홈을 내어 홈에 고인 칠액을 주걱으로 긁어 모으는 방법을 지양하고 폭이 좁은 비닐봉지를 부착하여 칠액을 지속적으로 모으는 방법을 시도하였다. 또한 공업용 원료생칠을 대량으로 채취하기 위하여 수피조직에 칠액분비촉진처리를 한 다음 수피로부터 옻산성분만 분리,채취하는 방법도 실시하였다.

Table 8. The effect of CEPA concentration on crude lacquer sap and purified urushiol production of treated lactrees.

CEPA concentration	Crude lacquer*		Purified Urushiol**	
	Range(g)	Mean±SE	Range(g)	Mean±SE
0% (control)	4.1-6.2	5.4±0.5	3.2-3.9	3.5±0.5
1%	6.8-9.3	8.2±1.5	5.4-7.2	6.5±0.6
5%	7.8-10.5	8.9±0.6	6.6-9.1	7.1±0.6
10%	8.3-11.6	9.1±0.1	7.3-10.7	8.0±0.7
20%	9.6-12.9	10.3±0.6	8.5-10.8	9.6±0.4

* ; Crude lacquer : 기존 채칠법으로 1회 채칠량

** ; Purified Urushiol : crude lacquer 중 urushiol의 함량

CEPA 처리에 따른 칠액분비 촉진효과는 재래식 채취법에 의한 칠액생산성에 있어서 2배 이상이나 칠액채취 과정에 있어 초기부터

다량의 분비촉진을 기대할 수 있으므로 채칠기간 단축 및 노동력 절감측면에서 볼 때 3배 이상의 생산성 증대효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 옻칠의 품질과 도막의 두께를 결정하는 urushiol의 함량은 CEPA 처리농도에 따라서 3배정도의 증수효과를 보여주고 있다. 따라서 재래식 채칠방법을 적용하더라도 CEPA처리를 할 경우 2.5배 이상의 증수효과를 기대할 수 있어 생력화에 따른 채칠농가의 실질적인 소득증대를 기대할 수 있다.

칠액채취 작업의 생력화를 위하여 PE film을 이용한 공기차단 및 유상조직 발생억제를 기대하였으나 칠액의 중합을 완벽하게 차단할 수 없는 관계로 실제적인 적용은 불가하였다. 그러나 후속 연구를 통하여 Laccase null mutant를 개발할 경우 옻칠채취 방법에 있에 획기적인 개선이 가능할 것으로 예상된다.

제5절 공업용 칠액채취

옻도막의 주성분은 옻산(urushiol)으로 공업용 원료칠액 대량채취를 위하여 옻나무 수피조직으로부터 직접 옻산성분만 분리, 채취하는 방법을 시도하였다. 흉고직경 7㎝ 크기의 옻나무를 대상으로 지상 2m 높이까지 수피를 채취한 다음 여러 가지 유기용매로 옻산성분(crude urushiol) 추출한 후 일련의 purification과정을 거쳐 정량을 한 결과 Aceton, Tetrahydrofuran, Acetonitrile 순으로 옻산 추출량이 많았다. 그러나 Tetrahydrofuran으로 추출한 것은 옻산성분외에 flavonoids 성분 등 다른 성분이 많이 포함되어 도막강도가 떨어졌다.

옻나무 1주당 수피로부터 추출된 옻산량은 Aceton을 사용하였을 경우 9.9g으로 가장 높았는데 이는 살소법 채취시의(기존 채칠

data에 나타난 흉고직경 7㎝ 옻나무 1주당 칠액량 113g 중 옻산함량을 60%로 가정할 경우 67.8g의 옻산이 얻어짐) 약 1/7에 불과할 정도로 효율성이 현저히 떨어져 경제성은 없는 것으로 판단되었다.

Table 9. Crude urushiol content within lactree bark on extraction solvents

Extraction solvents	Urushiol content within fresh bark wt.(%)	Urushiol content within dry bark wt.(%)	Total urushiol content per tree (g)
Acetonitrile (non-tapping tree)	0.86	2.36	7.78
Aceton(non-tapping tree)	1.10	3.01	9.94
〃 (tapping tree)	1.15	3.14	12.67
Tetrahydrofuran (non-tapping tree)	1.08	2.94	9.72

제 4 장 옻나무 우량품종 육성 및 유전 자원 보존

제1절 서 설

임목은 세대길이가 매우 긴 장년생 식물이고 작물에 비해 큰 생육공간을 차지하므로 육종사업에 있어서 조기선발 및 검정방법의 확립은 시간 및 비용의 절감측면에서 대단히 중요한 의미를 지닌다. 따라서 대부분의 육종가들은 개량하고자 하는 형질에 대해 조기선발 기준의 확립에 많은 관심을 두고 있는데 옻나무의 경우도 예외가 아니다. 현재 선발육종이 진행되고 있는 대부분의 수종의 경우 생장과 재적을 중심으로 다양한 조기선발기준이 확립되어 있으나 특수한 용도의 2차대사산물생산의 증대를 위한 수지육종은 고무나무 등 몇몇 경제성이 높는 수종에 한정되어 있다.

옻칠은 동양의 특산물로 한국을 비롯한 중국, 일본에서 수천년간 이용되어온 연유로 옻나무에 대한 研究도 이들 3국에 국한되어 있다. 옻나무 육종연구는 한국, 중국, 일본에서 이루어지고 있으나 1980년대에 들어와 본격적인 육종사업이 진행되고 있으며 아직도 초기연구단계를 벗어나지 못한 실정이다.

중국의 옻나무 우량품종 선발연구는 상업부의 주도로 서안생칠연구소가 주관이 되어 전국 16개 省市, 500여개 현의 옻나무 농가품종에 대해 기초조사를 거쳐 60여개의 농가품종을 대상으로 4년간(1977-1981) 현지시험을 토대로 상기한 선발기준을 적용하여 46개 우량품종을 육성하였는데 이중 대교목형 28개, 소교목형 18개 품종을 선발하였다.(Feng, 1983 ; The office of the national selected excellent varieties for lacquer trees, 1986).

우리나라의 경우 육종에 관련된 몇 편의 조사연구가 보고된 적은 있지만 본격적인 육종이 이루어지지 않았기 때문에 한두세대 선발육종으로도 매우 큰 개량효과를 얻을 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

제2절 무성번식에 의한 우량클론 증식

根揷에 의한 옻나무 우량클론의 대량증식방법을 개발하기 위하여 分根의 수령, 길이, 직경 및 삽목상 조건에 따른 부정아의 발생결과는 표 10과 같다. 분근의 수령이 3년생이하가 15년생 이상보다 분근당 부정아의 발생빈도가 높았으며 분근의 길이가 길수록, 직경이 10㎜이하 일수록 부정아가 많이 발생되어 분근에 의한 증식이 용이하였다. 일반적으로 뿌리에서 발생한 부정아가 자라 새로운 근계를 형성하면서 완전한 묘목으로 성장하는데 부정아의 발생이 많으면 부정아가 일정한 크기(5㎝ 이상)로 자란 후 부정아가 발생된 부위를 잘라 삽목하면 삽목이 힘든 수종에서도 발근이 용이하다. 이는 조직이 유령화된 것에도 기인하지만 부정아가 토양속에서 자라 지상부로 올라오기 때문에 부정아의 밑부분이 자연적으로 황화처리되어 발근을 용이하게 하는 측면도 있다. 따라서 하나의 분근에서 많은 묘목을 양성하려면 부정아 발생수가 중요하다. 표 10에서 보는 바와 같이 3년이하, 길이 15㎝, 직경 10㎜ 이하의 분근을 채취하여 인공배양토(버미큐라이트+펴라이트+피트모스)에 삽목하였을 경우 부정아를 형성하는 분근이 73.3%, 분근당 부정아의 수도 2.3개로 가장 양호한 결과를 나타내었다.

Table 10. The effect of root age, length, diameter and media in root cuttings of *Rhus verniciflua*

Age	Length (cm)	Diameter (mm)	Media					
			P. + V. + P.*			Coarse sand		
			No. of root cuttings	% of root forming shoots	No. of shoots per root	No. of root cuttings	% of root forming shoots	No. of shoots per root
>3 yr.	10	<10	15	73.3	2.1	15	66.7	1.9
		>10	15	60.0	1.0	15	13.3	1.5
	15	<10	15	73.3	2.3	15	73.3	1.7
		>10	15	73.3	2.2	15	46.7	3.0
<15 yr.	10	<10	15	46.7	1.1	15	40.0	1.5
		>10	15	66.7	1.0	15	53.3	1.5
	15	<10	15	53.3	1.3	15	73.3	2.2
		>10	15	46.7	1.6	15	53.3	1.5

* Perlite + Vermiculite + Peat moss (V/V/V, 1:1:1)

표 11은 호르몬 처리별 부정아의 발생빈도를 나타낸 것으로 Auxin에 속하는 NAA, IBA 보다는Cytokinin인 BAP처리가 양호한 것으로 나타났으며 BAP 400ppm 농도로 순간침지하였을 경우 부정아 발생률이 60%로 가장 높았으며 분근당 부정아의 수에 있어서는 200ppm 농도로 처리한 것이 3.0개로 가장 높았다. 발생된 부정아에서 유래된 shoot를 배양토에 삽목한 결과 6-8주내에 발근되었다.

Table 11. The effect of hormone treatment in root cuttings of *Rhus verniciflua*

Hormone concentration (ppm)		No. of root cuttings	% of root forming shoots	No. of shoots/root
NAA	200	15	13.3	2.5
	400	15	13.3	2.0
BAP	200	15	40.0	3.0
	400	15	60.0	1.8
IBA	200	15	40.0	2.2
	400	15	26.7	1.8
Control		15	26.7	1.8

Fig 6. Asexual propagation of lactree by root cutting

제3절 우량품종 육성을 위한 육종기준 확립

1. 옻나무 육종선발기준

가. 産漆量에 관여하는 생장인자 및 수피형질

원주일대의 옻나무 식재지에서 임의로 선정된 24본의 표본목을 대상으로 각 형질에 대한 성적을 조사한 결과 개체목간에 변이폭이 크다는 것을 알 수 있다(표 12).

Table 12. The range, mean and standard errors for investigated characteristics of non-selected and selected lactrees.

Characteristics	Non-selected lactree		Selected lactree	
	Range	Mean±SE	Range	Mean±SE
Age(year)	7-10		7-11	
Height(m)	4.2- 8.4	6.43±0.87	4.5- 8.5	6.52±0.98
DBH(cm)	6.8-11.5	8.21±1.54	7.0-12.5	8.53±1.36
Crown width(m)	2.8- 4.9	3.91±0.62	3.0- 5.0	4.01±0.66
Inner bark thickness(mm)	1.4- 2.9	2.11±0.41	2.0- 3.3	2.60±0.39
Outer bark thickness(mm)	0.7- 2.1	1.32±0.61	1.0- 3.0	1.66±0.54
Urushiol content(%)	4.2-11.5	7.12±2.14	10.1-21.4	15.36±3.35
No. of secretory canal per 1mm2	7.5-11.2	9.24±1.37	9.0-13.3	11.13±1.01

표 13은 24본의 표본목에 대해 생장인자 및 수피형질이 옻나무의 産漆量에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 형질간의 상관분석을 한 결과를 나타낸 것이다. 이때 産漆量은 수피내 옻산함량(crude urushiol content)을 기준으로 삼았는데 수피내 옻산함량은 外皮두께 및 단위면적당 漆液溝(secretory canal) 數와 1% 수준의 고도의 유의성을 나타내었으며 內皮두께와는 5% 수준의 유의성을 인정할 수 있어 수피두께 및 漆液溝 數가 옻나무의 産漆量에 많은 영향을 미치는 형질로 나타났다.

Table 13. Simple correlations between characteristics of 24 randomly sampled lactrees.

Characteristics	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Height(X1)						
DBH(X2)	.203					
Crown width(X3)	.121	.242				
Inner bark thickness(X4)	.132	.393	.032			
Outer bark thickness(X5)	.263	.378	.442*	.187		
Urushiol content(X6)	.277	-.026	.233	.419*	.537**	
No. of secretory canal per 1mm2 (X7)	-.222	-.328	.173	.277	.183	.666**

* ; significant at 5% level, ** ; significant at 1% level.

이러한 결과는 고무나무나 black wattle(*Acacia mearnsii*)의 경우와 일치하는 것으로 Narayanan 등(1973)이 고무나무 3개 clone 苗를 대상으로 樹皮形質과 latex 생산량과의 상관관계를 조사한 결과 수피의 latex vessel ring의 數와 수피두께가 latex 생산량과 높은 상관관계를 가진다고 하였으며, Moffett 등(1966)과 Zeijlemaker 등(1966)은 black wattle (*Acacia mearnsii*)의 半兄妹 및 全兄妹 次代檢定에서 早期檢定의 타당성에 대해 研究한 결과 수피두께와 탄닌

함량에서 5년생과 10년생일때의 상관계수(r)가 0.9로 나타나 고도의 유의성을 지닌다고 보고한 바 있다.

Black wattle과 슬래쉬소나무의 次代檢定 試驗에서 수피의 탄닌함량과 resin생산이 수고와 직경 등 生長因子와 높은 상관관계를 보인다고 보고되어 있으나 本 試驗에서는 生長因子와 수피내 옻산함량과는 아무런 상관관계를 인정할 수 없었는데, 이러한 결과는 조사대상목의 영급이 다르고 식재밀도 등 무육조건과 토질과 같은 환경要因의 불균일성에 기인하는 것으로 생각되며 유전적인 차이도 무시할 수 없다고 생각된다.

Table 14. Multiple regression equations for the urushiol content.

Variables	Regression Coefficient	Partial R2	Model R2	F
Constant	-4.1503			
No.of secretory canal(NSC)	1.0132	0.6120	0.6120	34.6969**
Cuter bark thickness(CBT)	1.8382	0.0901	0.7021	6.3518*
	R-square = 0.7021			

* ; significant at 5% level, ** ; significant at 1% level.

표 14는 stepwise를 이용한 다중회귀분석 결과를 나타낸 것으로서 수피내 옻산함량에 영향을 미치는 중요한 수피형질은 漆液溝數(NSC), 外皮두께(OBT) 순이었으며 이들이 수피내 옻산함량에 영향을 미치는 설명력은 약 70%로 매우 높은 편이었다. 이중 漆液溝 數가 약 61%로 옻산함량에 매우 높은 기여도를 나타내었으며 外皮두께는 9%로 상대적으로 낮아 漆液溝 數가 수피내 옻산함량의 변화에 매

우 중요한 형질로 해석되었다. 이를 다중회귀식으로 나타내면 다음과 같다.

$$UC = -4.1503 + 1.0132^{**} NSC + 1.8382^{*} OBT$$

$$(R2 = 0.7021)$$

현재 원주지방에서의 漆液採取는 살소법에 의해 6월초부터 10월말까지 약 5개월동안 이루어지는데 수피에 나무둘레길이(girth)의 1/3-1/2 길이로 수평으로 홈집을 낸 후 홈에 고이는 漆液을 작은 주걱처럼 생긴 도구를 이용하여 채취하는데 이러한 작업은 약 5일 간격으로 채취기간 동안 지속적으로 수행된다. 따라서 옻나무 樹脂育種時 産漆量이 많은 개체를 직접선발하기 위하여 産漆量을 개체목별로 구분하여 수집한 뒤 비교하는 것은 대단히 힘들며, 또한 채칠자의 숙련도 및 기상인자와 같은 외부환경요인에 따라서도 채칠량이 달라지므로 産漆量의 측정에 어려움이 있다.

임목의 수지 및 수액의 생산량은 일교차, 공기중의 습도, 바람 등의 기상요인과 토양내 수분함량 등 외부환경인자에 크게 영향을 받는다고 알려져 있다. 옻나무의 경우 기상인자 등 외부환경인자가 産漆量에 미치는 효과에 대해서 자세히 보고된 바는 없으나, 같은 개체라 할지라도 채취시간대에 따라 産漆量이 달라지며 새벽에 가장 양이 많고 해가 뜬 후에는 점차 감소하는 추세를 나타내는데 이는 식물체의 광합성 작용으로 증산량이 증가하면서 세포내 팽압이 감소하여 産漆量이 줄어드는데 기인한 것으로 생각된다. 실제로 칠액 전문채칠자는 동트기 전인 새벽 5시경 부터 칠액을 채취하기 시작하여 하오가 되면 산칠량이 크게 줄어드므로 대개의 경우 오전 12시이내

에 칠액채취를 끝내는 것이 통례이다. 따라서 產漆量의 측정은 외부 환경요인에 의한 오차를 줄이기 위하여 가능하면 동일한 시간대에 이루어져야 하고 측정방식이 비교적 간단하여야 한다.

중국의 產漆量 측정방식은 성숙목의 경우 한 개체에서 채취되는 漆液量이 적기 때문에 20본씩 반복을 두어 수피에 漆液채취용 칼을 사용하여 개체당 여러 곳에 수평으로 일정한 폭과 길이의 홈을 낸 후 채취된 양을 합하여 채취홈 길이 100㎝ 당 漆液量을 나타내는 방식으로 產漆量을 산출하고 있다. 유령목의 產漆量 측정은 복엽 중정단부 소엽병을 잘라 절단면에서 배어나오는 漆液을 흡습지로 흡수시켜 漆液이 침적된 유효평균면적을 계산하는 방식으로 產漆量을 측정하는 방식을 쓰고 있으나 이를 객관적인 기준으로 수용하기엔 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 產漆量이 많은 옻나무의 個體選拔을 漆液의 주요성분인 옻산의 함량을 기준으로 하여 수피 건중량에 대하여 옻산의 함량이 높은 개체를 選拔木으로 지정하였는데 選拔木 16개체에 대한 각 형질의 조사결과는 표 12에 나타나 있다.

選拔木은 內皮 및 外皮두께가 각각 2.60, 1.66㎜로 표본목의 2.11, 1.32㎜에 비해 두꺼웠으며, 수피 단위면적당 漆液溝 數도 11.13개로 9.24개보다 많았다. 또한 수피내 옻산의 평균함량도 15.36%로 표본목의 7.12%에 비해 약 2배정도 높게 나타났으며, 선발목과 평균목간에 t-검정을 실시한 결과 수고, 직경, 수관폭을 제외한 내피 및 외피두께, 수피내 옻산함량, 칠액구수에 있어 고도의 유의성이 인정되어 이들간에 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

현재 우리나라에서 옻나무의 품종구분은 수피의 외형적 특성에 따라 수피가 갈색이며 거칠고 두꺼운 형질을 지닌 餅皮계통과 수피가 회백색이고 얇으며 평활한 梨皮계통으로 구분되는데 일반적으로

餠皮계통이 梨皮계통보다 産漆量이 많은 것으로 알려져 있다. 本 試驗에서도 選拔木들은 전부 수피가 두꺼운 餠皮계통으로 나타나 이같은 결과를 뒷받침한다고 할 수 있다. 그러나 수피의 외관에 의한 병피, 이피 품종의 구분은 묘목단계에서는 구분이 불가능하며 흉고직경이 30㎝이상으로 커지게 되면 외피조직이 발달하게 되어 수피의 외형적 판단만으로는 구분이 힘들다. 흉고직경이 5-15㎝정도의 크기에서는 구분이 가능하지만 이들간 중간형질을 보이는 개체가 많기 때문에 명확한 구분이 쉽지 않아 동위효소분석 혹은 DNA maker를 이용한 분자생물학적 기법에 의한 품종 구분에 대한 연구가 필요하다. 우리나라의 칠액생산의 주산지인 원주일원의 채칠자들은 이피품종이 수피가 얇고 칠액생산량이 적어 칠액채취를 꺼리는 경향이 있으므로 대다수의 옻나무 재배농가에서는 묘목양성시 병피품종에서 채종하여 묘목을 생산, 식재하기 때문에 완벽한 이피특성을 지닌 개체를 찾아보기 힘들다.

옻나무 수피의 2차 篩部內 漆液을 분비하는 漆液溝는 通導機能이 활발한 형성층 부위에서 생성되어 外皮쪽으로 약 1㎜내의 活性篩部(conducting phloem)에 집중적으로 분포하고 있으며 外皮쪽으로 갈수록 그 수는 점점 줄어드나 크기는 커지며 通導機能이 완전히 정지된 periderm 외부의 組織內 漆液溝는 파괴되어 소멸된다. 수피내 옻산함량이 높은 産漆量이 많은 개체일수록 수피 단위면적당(1㎟) 漆液溝 數가 많고 크기가 크며 고르게 발달하고 있었으나, 産漆量이 적은 개체는 漆液溝의 발달이 빈약하고 그 數도 적으며 활성을 지닌 2차 篩部組織內 보강세포(sclereid)가 많이 존재하는 것이 특이하게 관찰되었다.

표 15는 표본목과 선발목 중 5개체씩을 임의로 선정하여 형성

층에 인접한 횡단면상 수피조직 1㎟ 內 漆液溝의 직경 및 단면적을 각 개체당 10회씩 측정하여 나타낸 것으로 선발목이 표본목보다 漆液溝의 평균직경 및 단면적이 크다는 것을 확인할 수 있었다.

Table 15. The diameter and area of secretory canals in selected and non-selected lactrees.

	The diameter of secretory canal (㎜)		The area of secretory canal (㎟)	
	Range	Mean ± SE	Range	Mean ± SE
Non-selected lactree	0.025-0.113	0.057±0.001	0.0005-0.0099	0.0028±0.0001
Selected lactree	0.019-0.150	0.061±0.001	0.0003-0.0177	0.0033±0.0001

고무나무의 樹脂인 latex는 옻나무 漆液溝의 형태와 분포양상과는 달리 수피의 2차 篩部組織內에 나이테와 같이 ring의 형태로 존재하는 latex vessel에서 분비된다. 고무나무의 latex 생산량은 活性篩部內의 latex vessel ring의 數와 높은 상관관계를 가지며, 이러한 活性篩部의 두께가 두꺼울수록 latex 생산량이 많다고 보고되어 있어 옻나무의 漆液분비 pattern과는 다르나 本 試驗의 결과와 유사한 경향을 보임을 인정할 수 있었다.

나. 유전적 요인에 의한 옻산성분의 변이

칠액중에 존재하는 옻산의 구성성분(urushiol congener)은 비교적 분자량이 크고 구조적으로 매우 유사한 여러 가지 화합물로 구

성된 혼합물로서 채취당시에는 대부분 monomer형태를 지니지만 공기중에 방치할 경우 칠액中의 laccase 효소에 의해 산소하에서 쉽게 중합되어 oligomer나 polymer를 형성한다. 따라서 옻산구성성분의 분석을 위해서는 산화를 방지하여 monomer상태로 추출하여야 하는데 본 실험에서는 칠액채취시 laccase 효소의 변성을 통한 옻산성분의 중합을 방지하기 위하여 95% 에탄올로 추출시 TCA (trichloroacetic acid)를 최종농도가 5%가 되게 첨가하였다.

옻나무 漆液의 質的育種 가능성을 알아보기 위하여 2년생 선발목, 비선발목 9가계 반형매 차대를 대상으로 HPLC 분석을 통해 옻산의 구성성분을 측쇄에 이중결합의 수에 따라 5개 성분으로 분리하여 분석한 결과, 3-C15 triene의 함량이 66.96-77.92%로 전체 옻산구성성분의 약 70% 정도를 차지하여 옻산의 주요성분임을 알 수 있었고 가계간 및 가계내에서도 상당한 변이가 존재하였다(표 16). 産漆量에 근거하여 선발한 선발목보다는 비선발목 가계에서 3-C15 triene 함량이 다소 높게 나타났으며 병피품종이 이피품종보다 함량이 높았다.

3-C15 diene의 경우 1.87-20.30%로 가계간에 많은 차이를 보였으며 특히 S6 가계와 Y4 가계에서 각각 17.94%, 20.30%로 다른 가계에 비하여 현저히 높게 나타났다. 3-C15 monoene함량은 2.24-16.54%로 나타났으며 S5 가계와 P1 가계가 각각 16.54%, 15.97%로 다른 가계에 비해 높은 함량을 보였고, 3-C17 monoene에 있어서는 대체로 선발목이 비선발목보다 높은 함량을 나타냈다. 3-C15 saturated의 함량은 가계간에 많은 변이를 보였는데 Y1 가계가 18.70%로 가장 높았고 S6 가계가 0.27%로 가장 낮게 나타났다.

Table 16. Variation in urushiol congener content of 2-year-old half-sib lactrees based on HPLC analysis.

Familes	Urushiol constituents [Mean±SE(%)]				
	C15 triene	C15 diene	C15 monoene	C17 monoene	C15 saturated
Selected					
S1	66.96±2.77b*	6.96±1.38b	4.41±1.74b	5.28±0.74a	16.39±2.24ab
S5	68.60±4.77b	5.18±1.77bc	16.54±3.53a	5.02±1.65a	4.66±1.42c
S6	73.28±2.62ab	17.19±1.45a	7.75±1.87b	1.50±0.49b	0.27±0.04c
mean	69.61±3.39	9.78±1.53	9.57±2.38	3.93±0.96	7.11±1.23
Non-selected					
Pyeongpee**					
P1	77.92±2.69a	1.87±1.13c	15.97±3.22a	2.86±1.63ab	1.37±0.32c
P2	73.58±2.25ab	5.18±0.85bc	3.77±0.71b	1.19±0.20b	16.28±1.49ab
P4	73.30±2.74ab	6.75±0.50b	5.49±0.53b	1.27±0.33b	13.18±2.32b
mean	74.93±2.56	4.60±0.82	8.41±1.48	1.77±0.72	10.28±1.38
Yipee***					
Y1	68.76±2.06b	6.26±0.49b	4.68±0.48b	1.59±0.23b	18.70±1.74a
Y3	70.89±1.07ab	6.22±0.27b	3.89±0.44b	1.87±0.16b	17.13±1.02ab
Y4	75.46±1.77ab	20.30±1.61a	2.24±0.21b	1.60±0.14b	0.41±0.09c
mean	71.70±1.63	10.93±0.79	3.60±0.38	1.69±0.18	12.08±0.95

* Varietal values followed by the same letter as another value the same column are not significantly different at 5 percent level by Duncan's Multiple Range test.

** Brown gray-colored, rough thick bark trait

*** White gray-colored, smooth thin bark trait

*Rhus*屬 수종들의 옻산의 주요성분의 종류 및 조성함량은 수종에 따라 크게 다르다. 옻나무(*Rhus verniciflua*)의 경우 중국산 및 일본산 칠액을 대상으로 분석한 바에 의하면 3-C15 triene이 옻산의 주요 구성성분으로 함량은 52.6-56.68%, 3-C15 diene의 함량은 6.82-11.40%, 3-C15 monoene은 23.39- 31.90%, 3-C15 saturated는 3.50-3.58%이며, 이밖에 3-C17 oxophenic acid의 함량은 1.41-1.66%로 매우 적다고 보고되어 있다.

이러한 결과는 본 실험의 결과와 다소 차이를 보이는 것으로 이는 분석방법의 차이와 漆液의 채취시기, 산지 및 채취대상목의 수령의 차이에 기인한 것으로 생각된다. Du 등(1984b)의 GLC 분석결과에 의하면 옻나무의 생장기인 5월에서 9월까지 3-C15 triene함량은 56.21%에서 67.29%로 증가하는 추세를 보이고 있으나, 반면에 3-C15 diene과 3-C15 monoene함량은 각각 9.37%에서 3.61%, 25.68%에서 20.55%로 상대적으로 감소하는 경향이 있어 漆液채취시기에 따라 옻산 구성성분의 상대적 조성이 달라진다고 보고하였다.

옻도막의 물리적 성질은 칠액중의 총옻산함량이 높을수록 도막의 강도, 부착력, 광택, 연성 등 물리적 성질은 좋아지는데 실제로 laccase의 양은 漆液중에 과량이 들어 있으므로 漆液 中 총옻산함량 및 옻산의 조성이 漆液의 質을 좌우하는 주요인이 된다. 특히 옻산의 주성분인 3-C15 triene의 함량은 漆液의 質을 평가하는 주요기준이 되며 3-C15 triene의 조성함량이 높을수록 質이 우수하다고 한다. 3-C15 triene과 3-C15 monoene의 합이 차지하는 비율이 증가할수록 옻도막의 충격강도가 크다고 알려져 있다. 표 16에서 보는 바와 같이 조사된 9가계의 3-C15 triene함량이 66.96-77.92%로 분석방법, 칠액채취시기 및 채취수령 등이 달라 객관적으로 비교하기엔 다소 어려

움이 있으나 Du 등(1984b)이 일본 및 중국산 옻나무 수액을 대상으로 조사한 결과인 38.91-67.39%보다 높게 나타나 우리나라 漆液이 우수하다는 것을 알 수 있다. 가계간의 3-C15 triene함량을 비교한 결과 비선발목의 병피 및 이피품종의 평균이 각각 74.93%, 71.70%로 선발목의 69.61%보다 다소 높게 나타나고 있는데 이는 産漆量이 많은 개체가 반드시 漆液의 質(quality)에 있어서도 반드시 우수하다고 할 수 없다는 것을 반증한다.

Table 17. Simple correlations between urushiol congener content of half-sib lactree.

Characteristics	X1	X2	X3	X4
3-C15 triene(X1)				
3-C15 diene(X2)	0.081			
3-C15 monoene(X3)	-0.390**	0.001		
3-C17 monoene(X4)	-0.438**	-0.157	0.207*	
3-C15 saturated(X5)	-0.233**	-0.186*	-0.002	0.310**

* ; significant at 5% level,

** ; significant at 1% level.

표 17은 옻산의 5가지 성분에 대해 상관분석한 결과를 나타낸 것이다. 3-C15 triene성분은 3-C15 diene을 제외한 나머지 3개 성분과 1% 유의수준의 높은 負의 상관을 보여 3-C15 triene성분이 증가할수록 3-C15 monoene, 3-C17 monoene, 3-C15 saturated함량은 상대적으로 감소하는 경향을 보여주고 있음에 반해 3-C17 monoene성분은 3-C15 monoene과는 5% 수준, 3-C15 saturated와는 1% 수준의 正의 상관을

보여 3-C17 monoene성분이 증가할수록 3-C15 monoene 및 3-C15 saturated의 함량도 따라서 증가한다는 것을 알 수 있다.

현재까지 urushiol의 생합성 경로는 거의 알려져 있지 않은데 광합성으로 생성된 monosaccharides로 부터 shikimic acid pathway를 통해 만들어진 방향족 아미노산(phenylalanine 등)이 cinnamic acid로 전환된 후 catechol을 형성하고, Acetyl-CoA로 부터 malonic acid pathway를 통해 탄소측쇄를 만든 후 urushiol로 합성된다고 여겨진다. 표 17에 나타난 바와 같이 3-C15 triene성분은 3-C15 monoene, 3-C17 monoene, 3-C15 saturated 성분과 높은 負의 상관관계를 보이고 있는데, 이는 옻산구성성분의 생합성 경로가 현재까지 자세히 밝혀지지는 않았지만 동일한 precursor에서 출발한다고 가정할 경우 일련의 gene action에 의해 3-C15 triene성분은 이들 성분과는 각각 다른 pathway를 거치는 것으로 추론할 수 있다.

표 18은 2년생 반형매 9가계를 대상으로 HPLC로 분석된 5가지 옻산구성성분의 각각에 대해 분산요소(variance components) 및 유전력을 산정하여 나타낸 것이다. 3-C15 diene을 제외한 4개의 성분에서 모두 가계유전력이 개체유전력보다 높게 추정되었으며, 이중 3-C15 saturated 성분이 개체유전력 및 가계유전력이 각각 0.576, 0.649로 5개 성분중에서 가장 높았다. 대체로 3-C15 triene성분을 제외한 나머지 4개 성분 모두 개체유전력 및 가계유전력이 비교적 높게 추정되어 옻산의 구성성분이 유전적인 영향을 많이 받는다는 것을 시사한다. 칠액의 구성성분 中 가장 함량이 높고 漆液의 質을 좌우하는 3-C15 triene성분은 가계간에 유의성이 없기 때문에 유전력을 구하는 의미는 없겠으나 개략적인 추이를 알아보기 위하여 遺傳力을 산정한 결과 개체유전력(h^2_I)은 0.16, 가계유전력(h^2_F)은 0.36으로 나

타나 漆液의 質的育種을 위해서는 가계선발과 개체선발을 동시에 실시하는 combined selection을 채택하는 것이 보다 타당할 것으로 생각된다.

Table 18. Variance components and narrow-sense heritabilities of both individual tree and family mean basis for each urushiol congener content of half-sib lactree.

	3-C15 triene	3-C15 diene	3-C15 monoene	3-C17 monoene	3-C15 saturated
σ^2_W	105.88	61.86	81.38	10.20	221.60
σ^2_{IR}	3.22	50.24	31.94	0.84	22.32
σ^2_F	4.55	16.56	12.52	1.59	41.07
σ^2_A	18.21	64.64	50.09	6.37	164.28
h^2_I	0.16	0.50	0.40	0.50	0.58
h^2_F	0.36	0.44	0.44	0.62	0.65

현재까지 옻나무 칠액의 quality육종을 위하여 옻산의 구성성분에 대해 유전력을 산정한 연구보고는 없으나 생장형질에 대하여 조사한 결과를 보면 Wang 등(1990)은 4년생 옻나무 반형매 차대검정에서 흉고직경의 개체유전력과 가계유전력은 수고유전력의 경우보다 높게 나타나 생장이 빠른 개체의 선발시 수고보다는 흉고직경에 근거하여 선발하는 것이 좋으며, 개체선발보다는 가계선발이 유리하다고 하였다. Squillace(1971)는 slash pine의 34개 전형매 가계를 대상으로 양친수와 차대간의 상관분석을 통해 수지(oleoresin)속에 있는 4가지 주요 monoterpene의 유전양식을 연구한 결과 상관계수가

상당히 높아 개체선발로도 어느정도의 개량효과를 올릴 수 있다는 것을 제시하고 있다.

옻나무 칠액의 총옻산함량에 대해서 지금까지 보고된 결과를 보면 유전적, 환경적 변이가 심한 것으로 나타나 있지만 옻산구성성분의 변이에 대해서는 연구결과가 거의 없는 실정이다. 따라서 타수종의 경우지만 수지성분의 변이요인에 대해 이루어진 연구성과는 옻나무의 옻산성분의 변이요인을 파악하는데 간접적인 근거를 제공해 줄 수 있다.

*Pinus*屬 수종에 있어서 수지 中의 oleoresin의 분석결과는 유전변이 파악은 물론 pineshoot borer(*Eucosma gloriola*)와 white-pine weevil(*Pissodes strobi*) 같은 해충에 내성을 지닌 내충성 육종시 간접선발 지표로의 이용이 가능하다. Oleoresin의 주요구성성분은 monoterpene류와 diterpenoid인 resin acid로서 이들의 조성 및 함량은 수종간 및 수종내 산지에 따라 많은 변이가 존재한다. Bridgen 등(1979)은 white pine(*Pinus strobus*)을 대상으로 monoterpene 및 resin acid의 조성 및 함량을 조사한 결과 분석된 8가지 monoterpene 中 3종류, 11개의 resin acid 中 2종류가 산지에 따라 지리적 변이가 존재하며, scotch pine의 산지시험결과 total resin acid 함량 및 대부분의 monoterpene의 함량은 산지에 따라 변이가 심하며 유전적 요인에 좌우된다고 하였다.

漆液의 質的育種의 가능성을 알아보기 위하여 실시된 HPLC분석결과는 유전적 요인이 漆液 中 옻산구성성분의 조성함량에 많은 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 현재까지 옻나무 漆液의 quality분석에 관한 자료는 채취시기 및 산지에 대해 일부 조사된 적은 있으나 유전적 요인이 漆液 中 옻산의 조성함량에 미치는 영향

에 대해선 아직 조사된 바가 없다. 따라서 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 옻산구성성분의 조성이 유전적 요인에 영향을 받는 것으로 나타나고 있어 칠액의 주요성분인 3-C15 triene함량을 기준으로 하여 漆液의 質的育種이 가능할 것으로 생각된다.

제4절 개화생리구명을 통한 우량종자 대량생산

1. 개화생리 및 종자결실 특성조사

가. 개화시기 및 개화기간

경기도 수원시에 위치한 산림청 임목육종연구소 구내포지 및 서울대 농생대 구내에 식재된 5년생 옻나무 및 강원도 횡성군 우천면 두지역과 횡성군 갑천면 1지역의 9년생 옻나무 식재지를 대상으로 개화시기 및 개화기간을 조사하였다. 개체마다 약간의 차이는 있으나 경기도 수원지역은 5월 28일부터 개화가 시작되었으며 개화최성기는 전체 화경의 화서 중 약 60%이상이 개화된 6월 4일이었으나 강원도 횡성지역은 6월 5일부터 개화되기 시작하였으며 개화최성기도 6월 11일로 나타나 경기도 수원지역에 비해 약 1주일정도 차이를 보였고 전체 개화기간은 약 2주일정도 였다.

한편, 암나무는 수나무에 비해 평균적으로 2일 정도 늦게 개화하는 것이 관찰되었으며 꽃이 지는 것도 3일정도 늦은 것으로 조사되었다.

Fig. 7. The developing panicles on terminal shoot of lactree

나. 수분특성

옻나무는 간혹 자웅동주의 일가화가 관찰되기도 하지만 대개 자웅이주이며 그림 8에서 보듯이 암꽃에는 수술이, 수꽃에는 주두가 퇴화한 흔적이 남아있어 과거에는 일가화였으나 진화과정에서 이가화로 발달해왔음을 추측할 수 있게 한다. 옻나무의 수분기작은 충매로 벌 등이 화분을 매개하며 화분낭(pollen sac)은 오전 11시에서 오후 2시 사이에 벌어져 화분이 많이 비산되는 것이 관찰되었다.

Female flower　　　　　　　　Male flower

Fig. 8. The feature of lactree flower

다. 암・수나무 성비(sex ratio)

강원도 횡성군 우천면 산전리 실생 5년생 옻나무 식재지에서 개화된 35개체를 대상으로 암・수 성비를 조사한 결과 암나무가 4개체, 수나무가 31개체로 암나무의 비율이 11.4%였으며, 횡성군 우천면 상하가리의 맹아 9년생 옻나무의 경우 조사된 143개체 중 꽃이 핀 108개체에서 암나무는 23개체로 암나무의 비율이 21.3%로 나타나 수나무가 암나무보다 훨씬 많음을 알 수 있었다.

일반적으로 고등 포유류의 경우 암・수 성비는 약 1:1로 알려져 있으며 수목에 있어서 대표적인 자웅이주인 은행나무의 경우 암・수 성비가 3:7 정도로 수나무의 비율이 월등히 높은 것으로 보고되어 있는데 옻나무의 경우도 은행나무와 유사하게 수나무의 비율이

Female flower   Male flower

Fig. 8. The feature of lactree flower

다. 암·수나무 성비(sex ratio)

강원도 횡성군 우천면 산전리 실생 5년생 옻나무 식재지에서 개화된 35개체를 대상으로 암·수 성비를 조사한 결과 암나무가 4개체, 수나무가 31개체로 암나무의 비율이 11.4%였으며, 횡성군 우천면 상하가리의 맹아 9년생 옻나무의 경우 조사된 143개체 중 꽃이 핀 108개체에서 암나무는 23개체로 암나무의 비율이 21.3%로 나타나 수나무가 암나무보다 훨씬 많음을 알 수 있었다.

일반적으로 고등 포유류의 경우 암·수 성비는 약 1:1로 알려져 있으며 수목에 있어서 대표적인 자웅이주인 은행나무의 경우 암·수 성비가 3:7 정도로 수나무의 비율이 월등히 높은 것으로 보고되어 있는데 옻나무의 경우도 은행나무와 유사하게 수나무의 비율이 높은 것이 확인되었다.

라. 개화량 및 종자결실량

옻나무의 개화량을 조사하기 위하여 수령별로 개화정도를 조사하였으며, 강원도 우천면 상하가리 및 갑천면 하대리의 9년생 옻나무 식재지에서 개화한 나무를 각각 30, 40개체씩 선정하여 개체당 생장이 왕성하고 피음이 되지 않은 가지 3개를 선택하고 각 가지의 정아, 제1측아, 제2측아부위에서 기원한 shoot에서 화경수를 조사하였다.

옻나무 암·수꽃 화경당 개화량을 조사하기 위하여 암나무와

수나무를 각각 10개체씩 선정하여 각 개체에서 생장이 왕성하고 피음이 되지 않은 가지 3개를 선택하고 각 가지의 정아에서 자란 shoot의 화경 중 기부에서 3번째의 화경을 택하여 화경에 달린 꽃수를 조사하였다. 종자결실량은 암나무의 정아에서 자란 가지의 전체 종자량을 조사한 후 화경수로 나누어 화경당 종자수로 나타내었다.

표 19에서 보는 바와 같이 조사지역에 관계없이 정아에서 기원한 shoot가 개화량의 척도인 shoot당 화경수가 약 7개로 가장 많았고 제1측아, 제2측아 부위로 내려갈수록 화경수가 감소하였다. 또한 평균오차 값이 상당히 높게 나타나 개체간에 개화량이 차이가 심함을 알 수 있었고 개체내에서도 가지의 생육상태, 피음정도, 수관에서의 위치 등에 따라 shoot당 화경수에 있어 변이가 심하였다.

개화비율은 강원도 횡성군 산전리의 실생 5년생 옻나무의 경우 조사된 140개체 중 35개체만이 개화하여 25.0%의 개화율을 보였으며 개화량은 개체간에 차이가 있으나 생장이 왕성한 개체일수록 개화빈도가 높고 개체당 개화량도 많았다. 횡성군 우천면 상하가리의 맹아 9년생 옻나무의 경우 조사된 143개체 중 꽃이 핀 개체가 108개체, 안 핀 개체가 35개체로 개화비율은 81.6%로 나타나 수령이 증가할수록 개화율이 높아짐을 알 수 있었다.

Table 19. The number of panicles per growing shoot of lactree.

Investigated Site	Number of panicle per shoot			
	Shoot origin	Range	Mean±SE	
Woochun-meon, Hoingsung-kun, Kwangwon-do	Terminal bud 1st lateral bud 2nd lateral bud	3.3-11.7 0.0- 7.0 0.0- 4.0	7.1±2.0 1.5±2.0 0.7±1.3	9-year coppice (30 trees)
Kapchun-meon, Hoingsung-kun, Kwangwon-do	Terminal bud 1st lateral bud 2nd lateral bud	3.3-15.7 0.0-11.0 0.0- 8.7	7.2±2.2 3.4±3.0 2.4±2.5	9-year seedling (40 trees)

Table 20. The number of flowers and seeds per panicle in male and female tree of lactree.

	Female		Male	
	Range	Mean ± SE	Range	Mean ± SE
No. of panicle per shoot	5.7-10.3	7.4±2.1	4.3-9.6	7.1±1.9
No. of flower per panicle	118.0-307.7	198.2±58.1	310-779	529.7±158.3
No. of seed per panicle	39.3-124.4	70.3±21.5	-	-

표 20은 암・수나무의 개화량 및 종자결실량을 나타낸 것으로 암・수나무 가지당 화경수 및 화경당 꽃수를 기준으로 하여 개화량을 조사한 결과 암・수나무 모두 개체간에 차이가 심한 것으로 나타났다. 가지당 화경수에 있어서는 암나무가 7.4개, 수나무가 7.1개로

큰차이가 없었으나 화경당 꽃수에 있어서는 수나무가 평균적으로 약 530개로 암나무의 198개보다 2.6배나 많은 것으로 나타났다.

종자결실량에 있어서 화경당 종자수는 39.3-124.4개로 개체간에 큰 변이를 보였으며 평균 종자수는 70.3개로 나타났는데 암나무의 개화된 꽃수를 기준으로 35.5%만이 결실된 것을 알 수 있었다. 결실된 종자를 sectioning하여 충실도를 조사한 결과 임성이 51.1%로 나타나 평균적으로 옻나무의 화경당 약 36개의 충실종자가 얻어짐을 유추할 수 있었다.

2. 인공교배 시험

전진세대 옻나무 육종 및 우량모수간의 교배를 통한 개량종자 대량생산시험을 하기 위하여 본소에 식재된 실생 5년생 옻나무 암나무 3개체를 대상으로 인공교배를 실시하였다. 옻나무가 개화하기 전인 5월 20일에 매개충의 접근을 막기 위해 방충망을 가지에 씌웠으며 개화최성기인 6월 3일, 6월 5일 2회에 걸쳐 수꽃을 채취하여 핀셋으로 암꽃에 인위적으로 수분을 시켰다.

수분작업 후 20일이 경과한 뒤에 낙과되지 않고 자라고 있는 미숙종자를 조사한 결과 수분시킨 9개의 화경에서 평균적으로 화경당 22개의 미숙종자가 건전하게 자라고 있는 것이 관찰되었으며 인위적으로 수분을 하지 않고 개화가 끝날 때까지 방충망을 씌운 가지의 경우 수분이 이루어지지 않아 화경이 모두 고사하여 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 수분작업 후 60일이 경과한 뒤에 조사한 결과 인공교배된 화경이 모두 낙과가 되어 교배종자를 얻는데 실패하였다. 이러한 이유는 여러 가지 원인이 있으나 아마도 모수의 연령이 어리기 때문에 생리적으로 낙과가 된 것으로 생각되며 이외

에도 토양수분 등 외부환경요인에도 영향을 받는 것으로 사료된다.

옻나무는 하나의 화경에 많은 꽃이 달리므로 일일이 손으로 수분을 하기에 대단히 힘들다. 따라서 방충망을 씌운 다음 벌을 이용하여 인위적으로 수분시키는 방법도 고려해 봄 직하며, 정상적으로 수분이 되어 자라던 종자가 성숙되기 전에 낙과되는 원인에 대해서는 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

제5절 우수 옻나무 유전자원 수집 및 보존기법 개발

임목 유전, 육종 분야는 단순히 목재자원 조성을 위해 생장과 수형이 우수한 개체를 선발하거나 육종목표형질과 가까이 연관된 질적 형질을 표지자로 이용하여 개체간의 교잡을 통한 선발효과를 증진시키려는 노력들 뿐만 아니라 유전자원의 보전적 측면 및 유용한 유전적 표지자를 찾는 것에 촛점을 맞추고 있다. 특히 제반 환경요인의 급격한 변화와 인위적 선발로 인한 유전변이의 감소는 향후 육종의 큰 장애 요인으로 부각될 수 있으므로 유전자원 보전의 중요성은 날로 증대되고 있다.

최근 DNA표지자 가운데 RAPD 분석법은 식물 유전, 육종연구 분야에서 큰 호응을 얻고 있는데, RFLP 분석법과 비교해서 분석 방법이 매우 빠르고 간단하다는 장점을 가지고 있다. 즉, 소량의 DNA를 증폭시킴으로써 보다 다양한 DNA 다형성(Polymorphism)을 단시간 내에 관찰할 수 있으며, 사용되는 DNA의 순도와 함량에 큰 지장을 받지 않을 뿐만 아니라 기내(*in vitro*)에서 다수의 primer를 언제든지

제작할 수 있는 장점 등이 있어(Waugh & Powell, 1992), 본 실험에서 선발된 클론간의 유연관계 분석에 이용하였다.

1. 우수유전자원 수집 및 증식

옻나무 육종 및 유전자원 보존을 위하여 현재까지 산칠량이 많은 우량클론 64클론, 수피특성이 이피인 4클론, 우리나라 재래종 20클론 그리고 도입종으로 중국산 우량품종 4품종, 일본산 우량클론 4클론 등 도합 96클론을 수집하여 분근으로 증식하여 유전자보존원을 조성중에 있다.

Table 21. The selected lactree clones from Korea

선발지역	클론수	증식본수	비 고
강원 원주 신평	23	475	
호저	6	37	
횡성 소초	3	33	
둔둔	2	40	
교황	7	124	
우천	1	39	
갑천	11	111	
강림	5	32	
경기 광릉	6	110	
충남 청양	4	77	이피품종
계	68	1,078	

Table 22. The selected old lactree clones(>80 years) of Korea.

선발지역	클론수	증식본수	비 고
강원 가평	2	24	80년생 이상
충북 청주	2	20	〃
옥천	3	21	〃
중원	2	3	〃
경남 마천	6	32	〃
전남 장흥	5	28	〃
계	20	128	

Table 23. The selected lactree clones from China and Japan.

산 지	클론명	증식본수	비 고
중국 4	Th-8	39	우량품종
	Yk-4	23	〃
	Kp-7	35	〃
	Hk-2	14	〃
일본 4	Tj-1	5	우량품종
	Tj-2	4	〃
	Tj-3	8	〃
	Tj-4	11	〃
계	8	139	

일본인으로서 한국에서 본격적인 옻생산에 참여한 齋藤은 1916년부터 평북 태천에 출장소를 설치하고 자국산 옻나무 종자를 도입, 묘목을 양성하여 태천 및 원주 등에 옻나무림을 조성하였다고 하는 기록으로 보아 우리나라 재래종은 일본인이 자국산 묘목을 양성하여 심기 시작한 1916년 이전부터 자라고 있는 80년생 이상의 노거수를

기록으로 보아 우리나라 재래종은 일본인이 자국산 묘목을 양성하여 심기 시작한 1916년 이전부터 자라고 있는 80년생 이상의 노거수를 가리킨다. 현재 옻나무 주재배지인 원주의 경우 재배연혁 및 종자형태 등으로 미루어 보아 재래종과 일본산의 중간잡종이라 여겨진다.

Figure 9. 옻나무 노거수

2. RAPD marker를 이용한 옻나무 클론식별

또한 우수한 옻나무 품종을 양성하고 검정하기 위하여 국내 재래종 및 산칠량이 많은 선발클론, 그리고 외국산 도입클론을 대상으로 DNA fingerprinting기법을 사용하여 클론식별을 위한 변이분석을 실시하였다.

Table 24. The list of 29 lactree clones used to RAPD analysis.

산 지	클론명	비 고	산 지	클론명	비 고
한국	신평 I-12	선발클론	한 국	청양 4	이피클론
	I-25	〃		5	〃
	II-22	〃		가평 4	재래종
	III-25	〃		중원 1	〃
	III-27	〃		옥천 1	〃
	소초 1	〃		장흥 1	〃
	2	〃		5	〃
	교황 I-2	〃		마천 1	〃
	우천 1	〃	중 국	대홍포	우량품종
	하대 1	〃		양고대목	〃
	2	〃		화관자	〃
	3	〃		고팔척	〃
	광릉 7	〃	일 본	대자 2	〃
	청양 1	이피클론		4	〃
	3	〃			〃

가. RAPD PCR 재현성 및 arbitrary primer 선발

primer screening 실험을 위해 3개 산지에서 무작위로 1클론씩 선발하여 총 3클론을 공시재료로 하여 분석을 실시하였다. Primer의 선정은 Operon社에서 제작한 arbitrary primer sets OPB, OPE, OPI, OPN, OPS, OPT, OPV, OPW 총 160개에 대해, 3개 산지에 대한 RAPD PCR을 통하여 smear 되는 경우나 band의 증폭이 희미한 경우, 그리고 다형성을 보이지 않는 primer를 제외한 20개의 primer를 1차로 선정하였다. 1차 primer screening한 20개 primer 중에서 다형성(polymorphism)을 나타내는 band의 수와 선명성 및 재현성 실험을

하여 10개 primer를 최종적으로 선정하였다.

Primer에 대한 재현성은 1개 primer당 동일한 template DNA를 이용하여 3반복씩 실험을 하였다. RAPD PCR 방법은 크기가 작은 band의 증폭에서는 종종 재현성이 나빠지기 때문에(Yu와 Pauls 1993), RAPD band의 scoring을 300bp 이상에서 증폭된 band만을 분석에 포함시켰다.

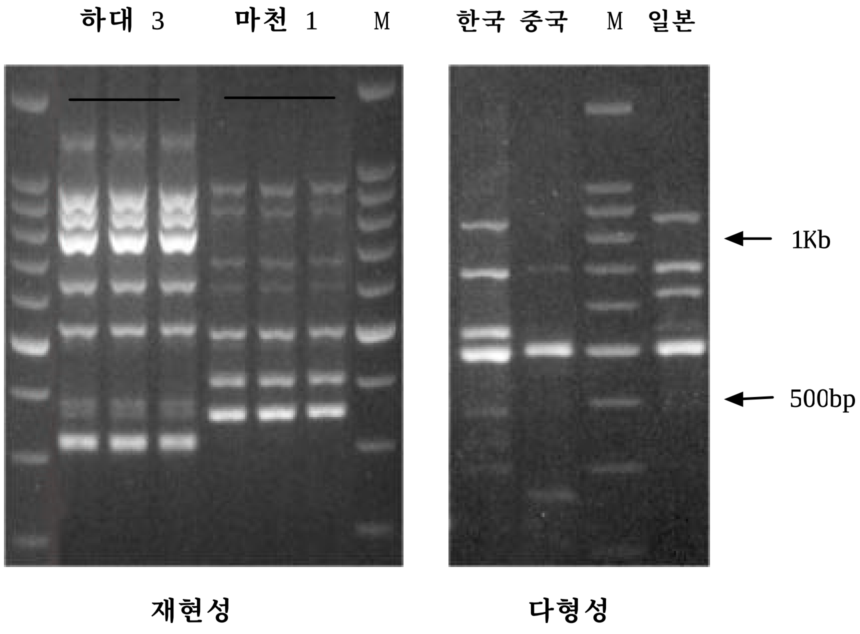


Figure 10. Reproducibility test and polymorphic band pattern

Table 25. The list of the selected 10 primers from the reproducibility test with 20 primers

primer #	DNA sequence	G+C content(%)
CPB-07	GGT GAC GCA G	70
CPB-09	TGG GGG ACT C	70
CPN-14	TCG TGC GGG T	70
CPN-15	CAG CGA CTG T	60
CPT-14	AAG GGC GCA G	70
CPV-08	GGA CGG CCT T	70
CPV-16	ACA CCC CAC A	50
CPW-04	CAG AAG CGG A	60
CPW-08	GAC TGC CTC T	60
CPW-13	CAC AGC GAC A	60

Table 26. Attributes of oligonucleotide primers used for generating RAPD bands in 2N DNA of 29 lactree clones.

primer #	Number of total bands	Number of polymorphic bands	Number of monomorphic bands within each province			
			KOREA	CHINA	JAPAN	Total prov.
CPB-07	17	17	8	3	12	0
CPB-09	22	21	9	3	8	1
CPN-14	10	6	8	4	6	4
CPN-15	12	9	5	3	10	3
CPT-14	24	23	2	8	21	1
CPV-08	15	15	0	8	11	0
CPV-16	18	16	2	5	16	2
CPW-04	9	9	5	4	8	0
CPW-08	13	11	2	6	8	2
CPW-13	15	14	7	3	9	1
Total	155	141	48	47	109	14

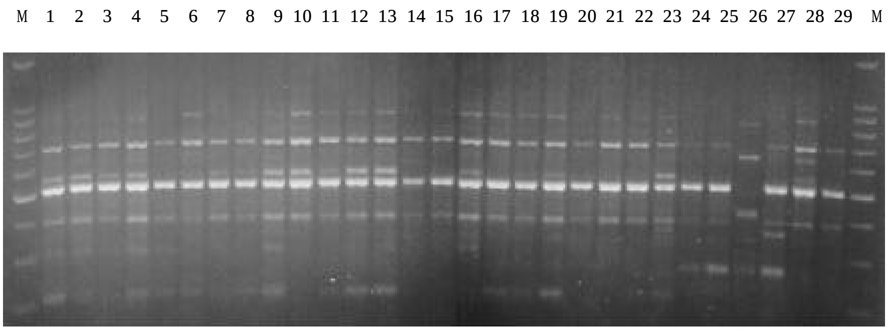


Figure 11. The result of RAPD band pattern with 25ng/ul template DNA for the 29 lactree clones.
M: 100bp size marker

전체 155개의 RAPD marker중 다형성을 보이는 RAPD marker는 전체의 91%인 141개 RAPD marker인데, 이는 alfalfa(Echt等 1993)에서 보고된 76% 보다는 높은 편이었으며, aspen(Liu等 1993)의 평균 93%, 유럽의 포플러類(Castiglione等 1993)의 92%, 사시나무류(홍경낙, 1998)의 93.4%와 비슷한 값을 보여주었다. 또한 primer당 증폭 RAPD band 數는 평균 15.5개 정도를 얻을 수 있었으며, primer당 다형 RAPD band 수는 평균 14.1개, 공통 RAPD band의 평균수는 1.4개로 나타났다(표 26, 그림 11).

나. 유연관계 분석

촬영된 사진을 근거로 분자량에 따른 band의 유무를 확인하고 기초자료 행렬을 작성한 후 이를 근거로 유사도 값을 구하고, Treecon Ver1.3b(de Veer, 1998) computer program을 이용하여 UPGMA(unweighted pair-group method with arithmetic mean)로

dendrogram을 작성하여 각 클론간의 유연관계를 비교하였다.

141개의 RAPD band에 대한 정보를 이용하여 simple matching 및 Jaccard(1901)의 유사도를 구하였으며, Nei(Nei와 Li, 1979)의 genetic distance로 바꾼 다음, 유연관계를 분석한 결과 클론간의 평균 유전적 거리는 0.234로 조사되었다.

UPGMA(unweighted pair group method using arithmetic averages)는 Sneath와 Sokal(1973)이 '각 측정단위의 진화속도는 일정하다'는 molecular clock을 가정하고 제안한 것으로 옻나무의 UPGMA 결과, 대체적으로 국내 클론은 일본 및 중국의 클론과는 다른 분지군을 형성하는 것으로 나타났다(그림 12, 13).

Table 27. Matrix of Nei's genetic distance with 3 provinces of *Rhus verniciflua*.

Province	1	2	3
1. KOREA	----	.0000	.0000
2. CHINA	.3821	----	.7030
3. JAPAN	.1615	-0.0263	----

Above diagonal: Nei (1978) unbiased genetic distance
Below diagonal: Nei (1978) unbiased genetic identity

선발클론의 산지간 유전적 거리를 비교한 결과 국내의 옻나무 클론들은 중국클론 보다는 일본 클론과 가까운 것으로 조사되었는데, 조사된 클론의 숫자가 작기 때문에 명확하게 단언할 수는 없으나 1910년대에 일본에서 도입된 클론과 국내종간의 교배가능성을 생각해 볼 수 있겠다.

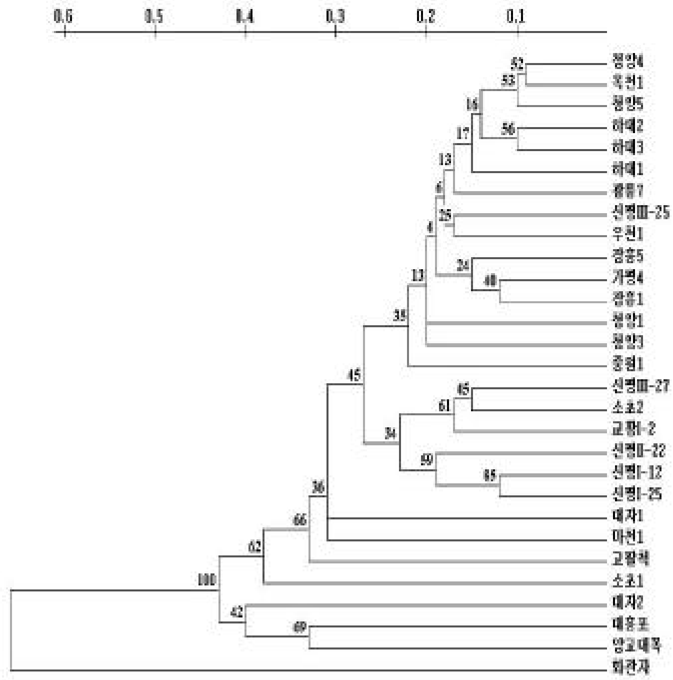


Figure 12. UPGMA tree of 29 lactree clones from 3 provinces using 152 RAPD bands based on Nei' genetic distance. The values, which are the bootstrap confidence interval, on the nodes are the number from the results of bootstrap search(the percentage of 1000 replications).

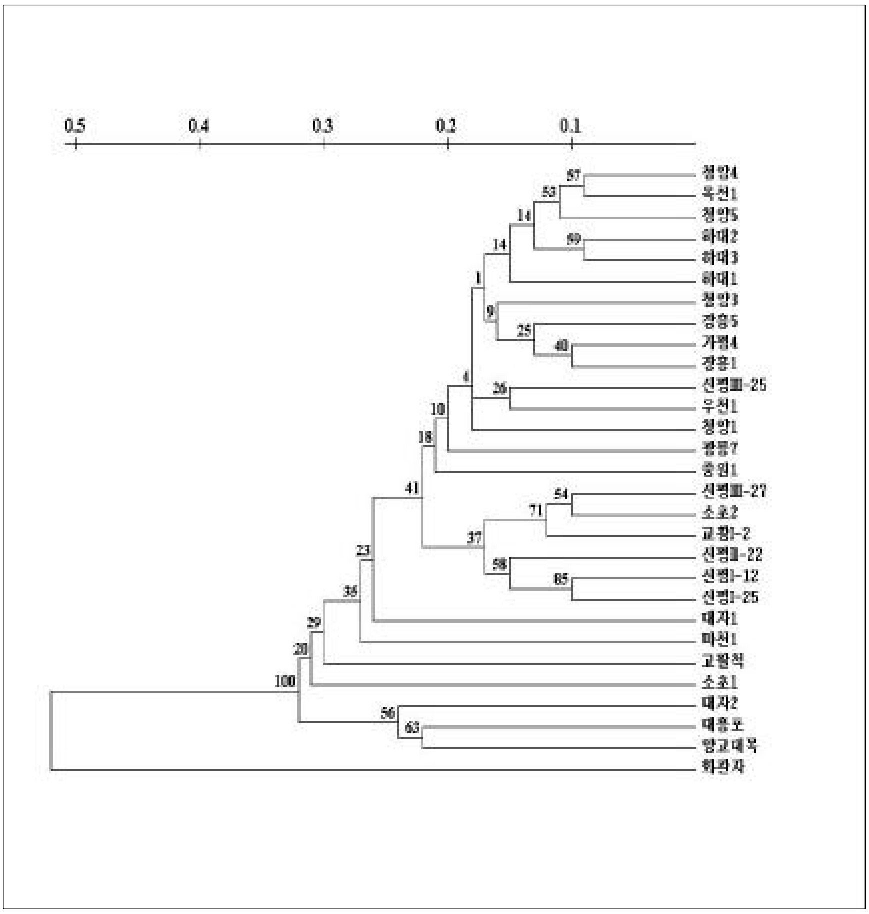


Figure 13. UPGMA tree of 29 lactree clones from 3 provinces using 152 RAPD bands using simple-matching distance. The values, which are the bootstrap confidence interval, on the nodes are the number from the results of bootstrap search(the percentage of 1000 replications).

다. 주성분 분석

주성분분석은 자료의 요약이나 선형관계식의 유도로 정보의 손실을 최소화하는 차원(dimension)의 축소를 통하여 자료의 해석을 용이하게 하는데 목적이 있는 다변량분석방법으로써, 변수들 사이의 분산-공분산 관계를 이용하여 서로 상관되지 않는 새로운 인공변수(artificial variables)인 주성분(principal component)을 찾아서 전체의 변동의 대부분을 설명할 수 있다(Broschat 1979). 많은 수의 RAPD PCR 증폭산물을 계통분류에 이용하면 설명력 높은 계통도를 얻을 수는 있지만, 종간 혹은 품종 수준에서의 판단기준을 마련하는데는 오히려 혼란의 요인이 될 수 있다. 따라서 주어진 RAPD marker의 분석에 주성분분석을 실시함으로써 손쉬운 종간, 종내 수종 식별(또는 동정)의 판단기준을 마련할 수 있다(Coppenolle等 1993).

옻나무 29개 클론에 대해 10개 primer 141개 RAPD band를 대상으로 유연관계 결정에 영향을 미치는 primer 및 RAPD band를 구분하고, 각 클론간의 유사성을 판단하는 기준을 마련하기 위하여 주성분분석(principal component analysis)을 실시하였다.

Table 28. Eigenvalues of the correlation matrix from principal component analysis using 29 lactree clones from 3 provinces with 141 RAPD bands.

PRIN	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
PRIN1	36.3402	20.4029	0.239080	0.23908
PRIN2	15.9373	4.7977	0.104851	0.34393
PRIN3	11.1396	1.9981	0.073287	0.41722
PRIN4	9.1415	0.7117	0.060141	0.47736
PRIN5	8.4297	1.5778	0.055459	0.53282

클론별 주성분 분석결과 제 1주성분과 제 2주성분이 전체변이의 23.9%를 설명하는 것으로 나타났으며, 상위 5개의 주성분이 전체변이의 53.2%를 설명하는 것으로 나타났다(표 28). 제 1주성분과 제 2주성분 수치를 도표화한 결과(그림 14), 제 2주성분이 국내 클론과 일본 및 중국 클론을 구별할 수 있는 성분인 것으로 생각되며, 중국산 클론은 국내 및 일본산 클론과는 확연하게 구별되는 것으로 나타났다. 일본산 클론은 국내 클론들과 가깝게 분포하고 있어, 중국산 클론과는 달리 일본산 클론은 국내 클론과 유연관계가 가까운 것으로 생각된다.

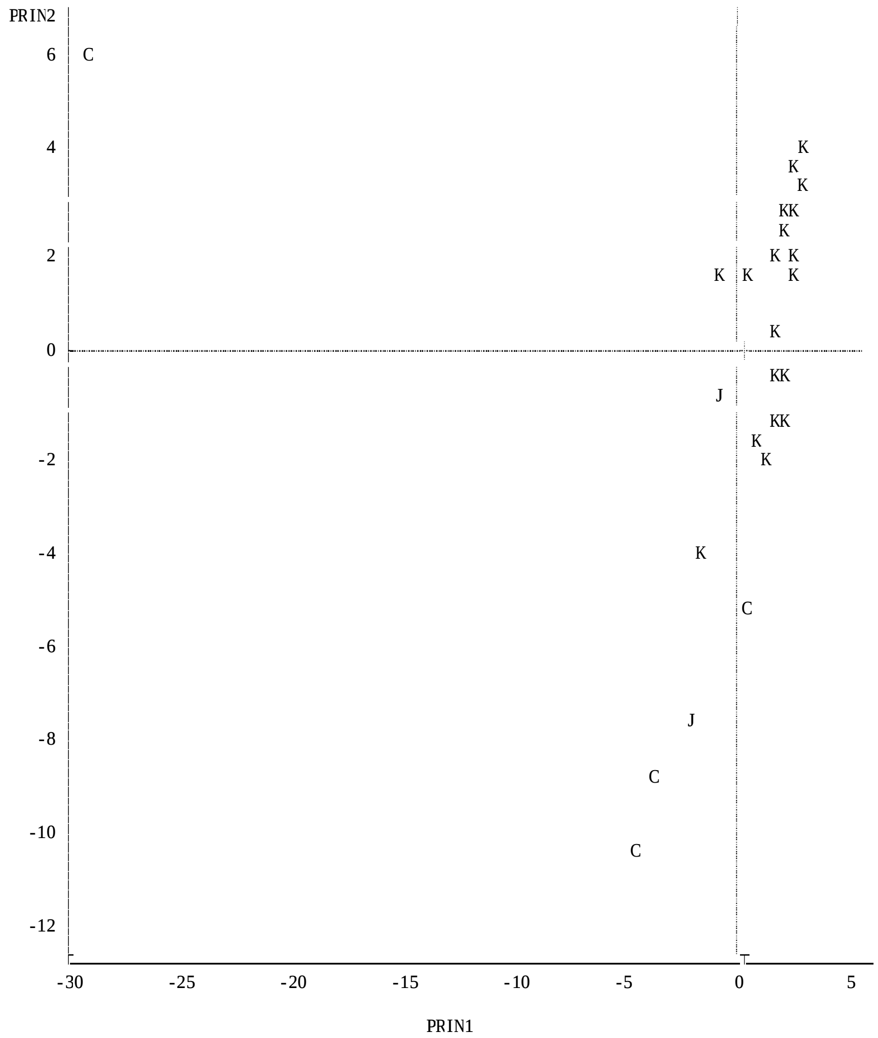


Figure 14. Scatter diagram of 29 lactree clones from 3 provinces with 141 RAPD markers based on principal components 1(PRIN1) and 2(PRIN2).

제 5 장 공업용 옻도료 개발

제1장 서 설

옻도막은 독특한 결합구조에 기인하여 우수한 방청, 방오기능을 가지고 있다. 이러한 옻의 독특한 물성을 이용하여 새로운 기능을 가지는 공업용 도료를 개발하기 위해서는 몇몇 전제조건이 필요하다. 우선 적절한 온도와 습도를 요구하는 옻도막 경화기작으로는 다양한 산업현장에서의 적용이 곤란하므로 비효소형 경화기작을 개발하여야 하며, 실외도장을 위해서는 자외선에 대한 내구성을 부여하여야 한다.

옻은 4000년 전부터 중앙아시아에서 재배 사용되어 왔으며 뛰어난 내구성과 색상 질감 등을 가진 도료로서 미술공예품에 널리 사용되어져 왔다. 옻칠은 자외선에 손상되는 단점이 있어 가구와 같은 실내 용품에 국한되어 왔으나 현재 옻의 용도를 넓히기 위하여 옥외 구조물에 사용을 위한 노력이 시도되고 있다. 옻도막의 경우 표면의 광택이 죽어 없어지더라도 표면을 말끔히 씻으면 광택이 다시 살아난다. Urushiol 중합체는 자외선에 약하다. 그러므로 특별히 옥외에 내놓은 경우에는 입자간에 상처를 입어 그 곳에 가일층 노화현상이 일어나 다음에 평탄한 층이 사라진다. 실제 자외선을 쪼인 상태에서 옻도막이 변하는 것을 볼 수 있다. 생옻의 경우는 역력히 나타나는데 많은 고무질이 분산하여 그 빈곳에 상태가 나쁜 고무질의 입자가 잔류한다. 정제옻의 경우 자외선을 쪼여 관측하여 보면 평면에 조그맣고 백화된 입자들이 나타난다. 이런 것들로부터 입자의 구조가 내구성의 구조를 나타낸다. 자외선 등에 대한 안정화를 시키기 위해 광안정제, 산화방지제, 자외선 흡수제 등이 저농도로 첨가된다.

자외선은 200-300nm 의 파장을 지닌 광선으로 100-72kcal 의 에너지를 지닌다. 이 에너지는 고분자를 분해하거나 노랗게 변색시킨다. Polyethylene, polystyrene, 블포화polyester, PVC, cellulose 등은 광산화 반응이 일어난다고 알려져 있으며, 이러한 고분자의 성형 가공시 자외선 흡수제를 첨가하여 고분자의 분해반응을 억제하는 것이 필요하다.

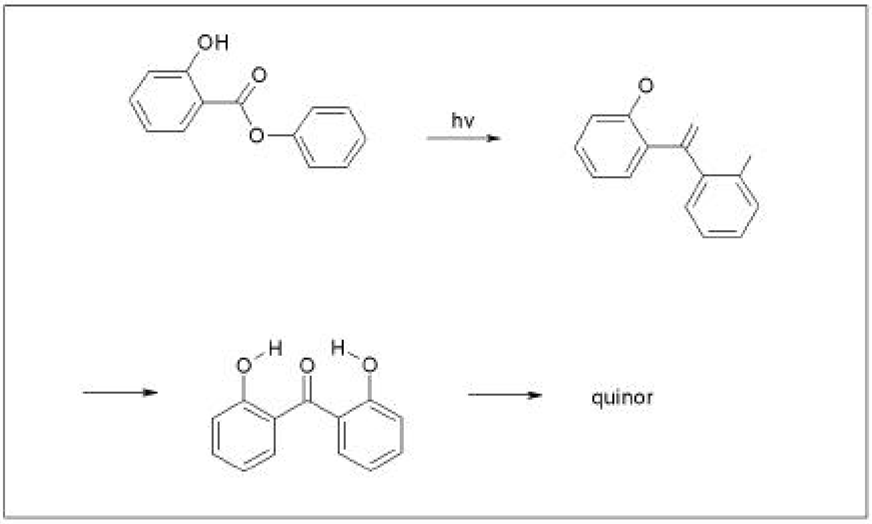


그림 15. 자외선 차단제의 작용기작

자외선에 대한 광산화 반응을 방지하는 방법으로서는 분해반응을 일으키는 자외선 자체를 차단하는 방법과 광산화 반응이 천천히 일어나게 하는 물질을 사용하는 두 가지 방법이 있다. 자외선 흡수제는 자외선을 흡수하는 유기 화합물로서 benzophenon 계열 및

benzotriazole 계열의 phenol이 주로 사용된다. 이러한 자외선 흡수체를 에너지 상태가 높은 다른 이성체로 바꾸는데 사용되는 에너지 순환메커니즘에 의한다. 예를들어 그림15에 나타낸 phenyl salicylate는 자외선을 받아 2,2-dihydroxygenzophenone 으로 바뀌면 chelate를 이룬다. 생성된 chelate는 자외선보다 더욱 긴 파장의 광선을 배출하며 quinone류의 안정한 화합물로 변화된다. 즉, 처음에 쪼여준 자외선은 흡수제의 이성화 반응에 사용되고 더 긴 파장(더 낮은 에너지)의 다른 광선을 발생하므로 고분자의 분해 반응이 일어나지 않게 된다.

광산화 반응을 조절하는 방법은 광안정제를 사용하는 것으로, 이는 고분자내의 반응성기가 자외선을 받아서 높은 에너지 상태로 된 경우, 이 에너지를 넣어준 광안정제로 전이시키며, 고분자는 안정화되므로 고분자의 분해가 일어나는 광산화 반응에 억제되는 방법이다. 광안정제의 또다른 기능은 생성된 라디칼과 잘 결합하여 라디칼을 없애는 라디칼 제거제로 작용한다. 입체 장애가 있는 amine, 특히 hetero 고리 amine이 주로 사용된다. 이는 다른 과산화물이나 자유 라디칼과 반응하여 안정한 화합물을 만들어 연쇄반응을 억제한다. Ni-dibutyldithiocarbonate 같은 금속화합물도 자외선 안정제로 사용되며 이는 앞서 설명한 에너지 변환체 또는 라디칼 제거제로 작용한다. Carbon black같은 안료도 자외선을 차단하므로 자외선의 안정제로 사용된다.

자외선 안정 옻의 연구는 근래 몇 연구자들에 의하여 시작되었으나 초기단계이다. Polytechnique 대학의 Jan Bartus 등은 benzotriazol을 합성하여 옻칠에 첨가하는 실험을 하였다. 백열등 실험결과 BZT 첨가 옻은 변색이 되지 않았음을 알았다. 그러나 실제

강도와 장시간에 거친 내구성 실험은 아직 보고되어 있지 않다. 일본의 Awazu등은 금속 표면처리 공정 등에 사용되는 H-implantation을 이용하여 옻도막 표면을 처리하는 실험을 수행하였다. H^+, H_2^+, C^+, N^+, O^+ 등의 implantation을 사용하여 표면처리한 옻도막을 백열등으로 처리한 결과, 표면 carbonation의 결과로 UV 안정화 효과가 나타났다. 그러나 변색은 여전히 나타난 것으로 보고되어 앞으로 연구가 더욱 필요한 것으로 나타났다.

현재 옻칠에 첨가되는 안정제로서 연구된 것은 많지 않으며 아직도 BZT와 같은 고분자 안정제에 관한 연구만 수행되고 있고 benzophenon을 기초로 한 안정제도 개발되어 있지 않은 상태이다. 또한 저분자 안정제에 관한 실험 결과보고는 전무한 상태이기 때문에 앞으로 많은 실험을 토대로 안정성과 강도, 경제성, 그리고 정제의 용이성 등의 연구와 비교가 필요한 상태이다. Amine기를 가진 radical scavenger 들을 위시로 금속화합물 그리고 검은 칠의 경우 carbon black 등의 안료제 첨가에 관한 실험이 이들이며 새로운 안정제의 개발이 기대되는 바이다.

본 연구는 상기한 목적을 달성하기 위하여 옻도막의 구성성분인 urushiol congener들을 화학적 방법 등으로 미리 예비중합시켜 도막형성에 필요한 효소의 량을 극소화하거나 전혀 필요 없는 상태로 만들어 가능한 모든 작업환경에서도 도장이 이루어질 수 있도록 하며 자외선에 대한 내구성을 부여하여 외장도료로서의 요건을 갖추는데 기본 목적을 두고 있다.

제2절 칠액의 물리화학적 특성

1. 옻산구성성분(urushiol congeners)의 분리

칠액중에 존재하는 옻산의 구성성분(urushiol congener)은 비교적 분자량이 크고 구조 적으로 매우 유사한 여러 가지 화합물로 구성된 혼합물로서(그림 16) 채취당시에는 대부분 monomer형태를 지니지만 공기중에 방치할 경우 칠액中의 laccase 효소에 의해 산소하에서 쉽게 중합되어 oligomer나 polymer를 형성한다(松井悅造, 1963 : Du 등, 1984).

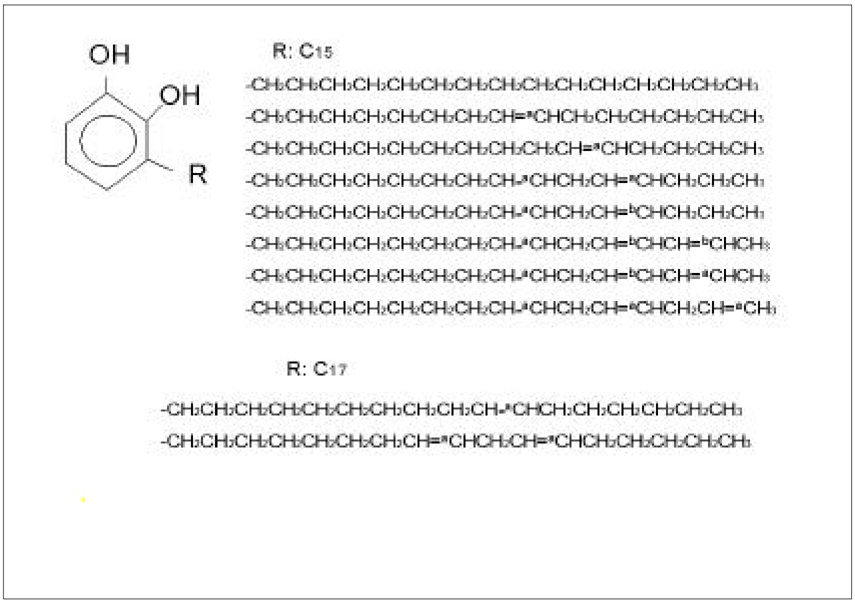


Fig. 16. Structure of urushiol and congeners of lactree sap.
Superscripts a and b show *cis* and *trans* typestructures, respectively(Ishii 등, 1995).

따라서 옻산구성성분의 분석을 위해서는 산화를 방지하여 monomer상태로 추출하여야 하는데 본 실험에서는 칠액채취시 laccase 효소의 변성을 통한 옻산성분의 중합을 방지하기 위하여 95% 에탄올로 추출시 TCA (trichloroacetic acid)를 최종농도가 5%가 되게 첨가하였다.

표 29는 reversed-phase HPLC를 이용하여 漆液 中 옻산구성성분을 분리한 결과를 나타낸 것이다. 분리된 성분은 5가지로 측쇄에 이중결합이 3개인 3-C_{15} triene, 이중결합이 2개인 3-C_{15} diene, 이중결합이 1개인 3-C_{15} monoene과 3-C_{17} monoene, 이중결합이 없는 3-C_{15} saturated 順으로 분리되었으며, 각각의 retention time 은 7.84분, 10.20분, 12.24분, 16.63분, 24.63분 이었다. 제일 먼저 분리된 3-C_{15} triene은 이중결합이 3개인 성분의 혼합물로 재분취하여 ^{1}H-NMR, ^{13}C-NMR로 구조를 확인하여 본 결과 8'(Z),11'(E),13'(Z)-pentadecatrienyl이 주성분이며 8'(Z),11'(E),13'(E)-pentadeca-trienyl과 8'(Z),11'(E),14'-pentadecatrienyl이 아주 적은 양으로 존재하는 것이 확인되었다. 두번째의 3-C_{15} diene은 8'(Z),11'(Z)-pentadecadienyl이 주성분이고 8'(Z),11'(E)-pentadecadienyl과 8'(Z),10'(Z)-pentadecadienyl이 아주 소량으로 존재하며, 세번째 3-C_{15} monoene성분은 8'(Z)-pentadecenyl이 주성분이고 10'(Z)-pentadecenyl과 8'(Z),11'(Z)-heptadecadienyl이 극소량으로 확인되었다. 네번째 분리된 3-C_{17} monoene은 11'(Z)-heptadecenyl으로 확인되어 Yamauchi 등(1982)과 Du 등(1984a)의 분석결과와 일치하고 있음을 보여주고 있다.

Urushiol congener는 비교적 분자량이 크고 구조적으로 매우 유사하여 각각의 성분을 분리, 동정하기가 쉽지 않아 분석방법에 따

라 다른 결과가 나올 수 있다. Du 등(1984a,1984b)은 reversed-phase LC 및 fused-silica capillary GLC분석을 통해 옻나무의 수액으로부터 urushiol congener를 10개 이상의 components로 분리하였으며 새로운 물질인 3-[10'(Z),13'(E),15'(Z)-heptadecatrienyl] catechol과 4-[8'(Z),11'(E),13'(Z)-hepta- decatrienyl] catechol을 확인한 바 있다.

Table 29. HPLC analytical and spectral data of lactree urushiol congeners.

	Urushiol constituents				
	3-C15 triene	3-C15 diene	3-C15 monoene	3-C17 monoene	3-C15 saturated
Retention time(min.)	7.84±0.1	10.20±0.2	12.24±0.1	16.63±0.2	24.63±0.1
UV γ max (nm)	275	275	276	275	275

2. 채취시기가 칠액의 質에 미치는 영향

가. 채취시기별 칠액구성성분

표 30은 채취시기에 따른 칠액의 구성성분함량을 조사한 결과로써 6월중순부터 9월말까지 15일 간격으로 칠액을 채취하여 분석한 결과 주성분인 옻산함량의 경우 8월 15일에 채취한 것이 68.3%로 가장 높았고 6월 15일에 채취한 것이 55.9%로 가장 낮았다. 옻산다음으로는 수분함량이 많았는데 채칠초기인 6월에 함량이 높았고 점차 낮아지는 경향을 보였다. 野崎 등(1939)의 칠액분석결과에 의하면 칠액중 옻산의 함량은 채취산지 및 채취시기에 따라 변이가 심하고

7월중순에서 8월말까지 채취한 盛漆이 옻산함량이 가장 높은데 평북 태천산 성칠의 경우 옻산함량이 84.5%, 충남 옥천산이 83.3%, 강원 원주산이 72.1%, 경기 광릉산이 67.8%로 산지에 따라 차이가 심한 것으로 보고한 바 있다. 본실험에서는 7월 15일부터 8월말까지 성칠의 평균 옻산함량이 65.6%로 나타나 野崎 등(1939)이 보고한 원주산 성칠의 옻산함량인 72.1%보다 낮게 나타났는데 이는 채취당년의 기상여건 등 외부환경인자외에도 채칠자의 숙련도의 차이에도 그 원인을 찾아볼 수 있다.

Table 30. Seasonal variation in sap constituents of lactree

Date of sample collection	Sap constituents(%)			
	Urushiol	Gum	Water-insoluble glycoproteins	Water
June 15	55.9	7.4	2.6	34.1
June 30	61.8	5.1	1.2	31.9
July 15	60.0	6.3	1.1	32.6
July 30	67.3	5.2	1.3	26.2
August 15	68.3	5.9	1.4	24.4
August 30	66.7	5.5	1.4	26.4
September 15	58.7	7.5	2.1	31.7
September 30	66.8	9.8	2.2	21.2

칠액은 옻나무의 수피 중 통도기능을 지닌 사부에 존재하는 칠액구에 고여 있으며 주걱칼로 형성층까지 폭 5㎜정도로 수평으로 상처를 낸 후 홈에 고이는 칠액을 채취하게 되는데 숙련도가 낮은 채취자의 경우 형성층 안쪽의 목부까지 깊게 상처를 내게 되면 칠액채

취 후 상처부위가 제대로 봉합이 되지 않아 다음에 칠액을 채취할 때 칠액분비가 잘 되지 않는다. 따라서 본 시험에서 나타난 원주산 생칠의 옻산함량이 野崎 등(1939)이 조사한 결과보다 낮은 이유는 여러요인에 기인한 바도 있으나 본시험에 협조한 채칠자가 채칠경험이 적어 숙련도가 낮은 데에도 그 원인을 찾아볼 수 있다.

옻나무의 수액인 漆液은 광합성, 호흡작용 등 1차 대사작용의 토대위에서 2차 대사작용을 거쳐 생성된 일종의 생리적 분비물로써 천연도료로 이용되고 있는데 다른 화학도료와는 비길 수 없는 우수한 장점을 가지고 있다. 漆液의 주성분은 옻산(50-80%)이며 그밖에 효소(laccase), 효소의 안정화에 기여하는 고무질, 함질소물질, 수분을 함유하는데 이들 성분 중 옻도막의 형성에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 옻산과 효소성분이다.

옻도막의 형성기작은 칠액중의 고무질에 포함되어 있는 laccase와 수분의 상호작용 및 이 두성분의 산소 및 catechol phenoxy기와의 작용(enzymatic free radical polymerization), 그리고 산소와 catechol 치환체가 함유하고 있는 이중결합사이의 작용이 모두 관여되어 있는 것으로 이해되고 있다. 옻도막 경화반응 초기에는 catechol이 quinone 형태로 산화되어 두 benzene ring이 서로 결합하고 반응후반에는 catechol의 곁가지에 존재하는 이중결합이 경화에 더 큰 기여를 하는 것으로 보인다(Zhang, 1992). 따라서 칠액중의 laccase가 균일하게 분산되어 있을수록 substrate에 접촉하는 확율이 높고 free radical 사이의 polymerization을 촉진시키기 때문에 생칠의 도료로서의 물성을 개선하기 위해서는 생칠중의 각 구성성분(옻산, 고무질, 수분 등)을 기계적 교반을 통해 입자를 작게 균일하게 분산시키는 것이 생칠의 건조속도를 빠르게 하고 옻도막의

형성에 유리하다는 것을 알 수 있다.

옻도막은 옻산의 free radical polymerization을 통하여 cross linking된 입체구조 형태의 거대한 분자구조를 가지는데 이러한 구조의 고분자는 공간적 위치저항이 크고 분자사이에 polaritic group이 존재하기에 segment 운동이 억제되어 single bond의 회전이 저해를 받아 conformation이 감소되므로 옻도막이 견고하게 되어 내구성이 강하다. 따라서 옻도막의 물리적 성질은 칠액중의 총옻산함량이 높을수록 도막의 강도, 부착력, 광택, 연성 등 물리적 성질은 좋아지는데 실제로 laccase의 양은 漆液중에 과량이 들어 있으므로 漆液中 총옻산함량이 漆液의 質을 좌우하는 주요인이 된다(Zhang, 1992; Zhou 등, 1994). 살소법으로 칠액을 채취할 경우 표지르기로부터 7회까지를 채취한 칠액을 초칠(6월중순-7월초순), 8회부터 18회까지를 성칠(7월중순-8월하순), 19회 이후 22-25회까지를 말칠(9월 이후)이라 한다. 초칠은 수분함량이 많고 옻산함량이 적으나 효소의 활성이 높으며 7월중순에서 8월말까지 채취한 성칠은 옻산함량이 높고 효소의 활성도 높아 質이 가장 우수하고 말칠은 수분이 적고 고형분의 함량이 많아 점도가 높으며 효소의 활성이 낮아 質이 떨어진다고 알려져 있는데 본 시험에서도 7월 15일부터 8월말까지 성칠의 옻산함량이 높아 質이 우수함을 알 수 있었다.

나. 채취시기별 옻산구성성분의 조성

표 31은 7월초부터 9월말까지 20일간격으로 칠액을 채취하여 HPLC분석에 의해 옻산구성성분의 조성을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 옻산구성성분 중 가장 함량이 많고 칠액의 질에 큰 영향을 미치는 3-C15 triene 함량은 7월 5일에 채취한 것이 77.56%로 가장 높았

으며 9월로 갈수록 점차 낮아져 Du 등(1984b)의 결과와는 상반된 경향을 보였다. Du 등(1984b)이 GLC로 분석한 결과에 의하면 옻나무의 생장기인 5월에서 9월까지 3-C15 triene함량은 56.21%에서 67.29%로 증가하는 추세를 보이고 있으나, 반면에 3-C15 diene과 3-C15 monoene 함량은 각각 9.37%에서 3.61%, 25.68%에서 20.55%로 상대적으로 감소하는 경향이 있어 漆液채취시기에 따라 옻산구성성분의 상대적 조성이 달라진다고 보고한 바 있다.

Table 31. Seasonal variation in urushiol congener content of lactree sap based on reversed-phase HPLC analysis

Collection Date	C15 triene (15 : 3)	C15 diene (15 : 2)	C15 monoene (15 : 1)	C17 monoene (17 : 1)	C15 saturated (15 : 0)
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE
July 5	77.56±3.29	4.07±0.81	6.71±1.90	2.64±0.60	9.03±2.02
July 25	70.29±5.40	4.11±1.47	6.31±3.12	3.98±0.59	15.31±3.32
Aug. 14	68.46±4.61	4.09±1.76	6.33±3.24	4.29±0.53	16.84±2.15
Sep. 5	59.19±10.1	7.29±5.22	12.98±9.32	4.27±1.45	16.26±4.48
Sep. 25	68.63±7.03	5.10±2.26	6.75±5.13	3.80±0.52	15.71±2.28

중국산 및 일본산 칠액을 대상으로 Du 등(1984a, 1984b)과 Chen(1994)이 분석한 보고에 의하면 3-C15 triene의 함량은 52.6-56.68%, 3-C15 diene의 함량은 6.82-11.40%, 3-C15 monoene은 23.39-31.90%, 3-C15 saturated는 3.50-3.58%이며, 이밖에 3-C17 oxophenic acid의 함량은 1.41-1.66%로 매우 적다고 하였는데 이러한 옻산구성성분의 함량차이는 분석방법과 漆液의 채취시기에도 기인하나 산지 및 채취대상목의 수령차이에도 영향을 받는 것으로 생

각된다.

칠액 중 총옻산함량외에도 옻산구성성분 중 주성분인 3-C15 triene의 함량은 漆液의 質을 평가하는 주요 기준이 되는데 3-C15 triene의 조성함량이 높을수록 質이 우수하다고 한다(Du 등, 1984b ; Zhou 등, 1994). 또한 3-C15 triene과 3-C15 monoene의 합이 차지하는 비율이 증가할수록 옻도막의 충격강도가 크다고 알려져 있다(Zhou 등, 1994). 본시험에서 옻산구성성분 중 3-C15 triene 함량이 59.19-77.56%로 일본 및 중국산의 52.6-56.68%보다 높게 나타나 칠액의 質이 우수함을 알 수 있다.

다. 옻산구성성분의 지역적 변이

표 32는 식재지역에 따른 옻산의 조성함량을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 3-C15 triene함량의 경우 청주식재지가 90.57%로 가장 높았고 칠곡식재지가 68.48%로 가장 낮았으며 갑천식재지와 칠곡식재지는 집단내 변이가 큰 것으로 나타났다. 3-C15 diene의 경우 갑천식재지가 6.65%로 가장 높았고 우천식재지가 2.65%로 가장 낮았으며 갑천식재지는 집단내 변이폭이 대단히 심하였다. 3-C15 monoene에 있어서는 칠곡식재지가 9.65%로 가장 높았고 청주식재지가 1.94%로 가장 낮았으며, 3-C17 monoene의 경우 칠곡이 8.06%로 가장 높았고 청주가 1.99%로 가장 낮았다. 3-C15 saturated의 함량은 칠곡식재지가 9.61%로 다른 세지역보다 월등히 높았다.

지역간 옻산조성함량 비교에서 칠곡식재지는 3-C15 monoene을 제외하고는 4개 성분에서 모두 나머지 3개 식재지의 함량과 뚜렷한 차이를 보여 지역간에 옻산의 조성함량에 변이가 존재함을 알 수 있었다. 우천식재지를 제외한 3개 식재지는 가계구분은 되어 있지 않

으나 동일한 seed lot으로 조성되어 유사한 유전적 base를 가진다고 가정할 때 이러한 차이는 옻산의 조성함량이 환경요인에 영향을 많이 받는다는 것을 시사하지만 명확한 설명을 위해서는 균일한 환경하에서 보다 체계적인 차대검정을 실시하여야만 유전적, 환경적 변이요인을 추적할 수 있을 것이다.

Table 32. The geographic variation in urushiol congener content of mature lactree based on HPLC analysis.

Region	Urushiol constituents(%)				
	C15 triene	C15 diene	C15 monoene	C17 monoene	C15 saturated
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE
Kapchun	80.39±6.12a*	6.65±2.75a	7.27±2.64ab	3.62±1.24b	2.07±0.85b
Woochun	89.67±2.07a	2.65±0.56a	3.10±1.23bc	2.64±0.57b	1.94±0.67b
Chungju	90.57±2.22a	3.16±0.77a	1.94±0.40c	1.99±0.65b	2.33±1.48b
Chilgok	68.48±4.42b	4.21±1.14a	9.65±0.84a	8.06±1.22a	9.61±2.23a

* Varietal values followed by the same letter as another value the same column are not significantly different at 5 percent by Duncan's Multiple Range test.

옻나무 칠액의 총옻산함량에 대해서 지금까지 보고된 결과를 보면 유전적, 환경적 변이가 심한 것으로 나타나 있지만(伊藤清三, 1949 ; Du 등, 1984) 옻산성분의 변이에 대해서는 연구결과가 거의 없는 실정이다. 따라서 타수종의 경우지만 수지성분의 변이요인에 대해 이루어진 연구성과는 옻나무의 옻산성분의 변이요인을 파악하

는데 간접적인 근거를 제공해 줄 수 있다.

*Pinus*屬 수종에 있어서 수지 中의 oleoresin의 분석결과는 유전변이 파악은 물론 pineshoot borer(*Eucosma gloriola*)와 white pine weevil(*Pissodes strobi*) 같은 해충에 내성을 지닌 내충성 육종시 간접선발 지표로의 이용이 가능하다(Hanover, 1975). Cleoresin의 주요 구성성분은 monoterpene류와 diterpenoid인 resin acid로서 이들의 조성 및 함량은 수종간 및 수종내 산지에 따라 많은 변이가 존재한다. Bridgen 등(1979)은 white pine(*Pinus strobus*)을 대상으로 monoterpene 및 resin acid의 조성 및 함량을 조사한 결과 분석된 8가지 monoterpene 中 3종류, 11개의 resin acid 中 2종류가 산지에 따라 지리적 변이가 존재하며, scotch pine의 산지시험결과 total resin acid 함량 및 대부분의 monoterpene의 함량은 산지에 따라 변이가 심하며 유전적 요인에 좌우된다고 하였다(Bridgen 등, 1982).

제3절 칠액장기저장 기술 확립

칠액은 공기중의 산소와 접촉하면 laccase효소의 작용으로 옻산이 중합되어 표면이 굳어지게 되므로 칠액을 용기에 담아 보관할 때는 표면을 공기와 차단시키기 위하여 유산지를 많이 이용하고 있다. 칠액보관용기의 재질은 현재까지 나무가 많이 쓰이고 있으나 유리나 플라스틱 용기로 대체되고 있는 실정인데, 금속재질은 칠액이 금속이온과 결합하여 검게 변색되므로 부적합하며 플라스틱 용기의 경우 흔히 접할 수 있는 PE재질은 칠액에 녹아나오므로 피해야 하며 칠액의 장기보존에 의한 손실을 없애기 위해서 적절한 재질의 보존용기가 필요하다.

본 연구에서는 칠액장기보존에 적합한 용기의 재질과 형태를 조사하기 위하여 각종 합성수지의 urushiol에 대한 내구성을 조사하였으며, 산소의 접촉을 방지하기 위한 용기의 구조를 조사하였다.

1. Urushiol에 대한 각종 합성수지의 내구성

칠액보관에 적합한 합성수지 종류를 검색하고자 시중에서 사출성형 재질로 사용하고 있는 다양한 합성수지 막으로 기밀성 봉지를 만들고 생칠을 넣은 후 봉인하여 6개월을 상온에 방치한 결과는 표 33과 같다.

표 33. 합성수지 재질특성 및 칠액 저장용기 재질로서의 적합성

합 성 수 지 종 류	내구성	산소투과성	적합성	비 고
Low-Density Polyethylene(LDPE)	U	M	U	
High-Density Polyethylene (HDPE)	M	M	M	
Polypropylene(PP)	M	M	M	얇으면 잘 찢어짐
Polypropylene Copolymer(PPCO)	M	S	M	
Polymethylpentene(PMP)	M	U	U	
Fluorinated ethylene propylene(FEP)	S	S	S	가장 적합함
Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE)	M	S	S	우수함
Polycarbonate(PC)	U	M	U	
Polystrene(PS)	U	M	U	
Polysulfone(PSF)	U	M	U	

Abbr. S : satisfactory

M : marginal depending length of exposure

U : unsatisfactory, not recommended

LDPE, PC, PS, PSF 4종의 합성수지는 urushiol의 장기저장시 재질이 녹거나 약화되는 현상을 보여 주었으며 PMP는 산소투과성이 높아 포장된 생칠 또는 정제칠의 중합을 억제할 수 없어 포장재질로서 열악한 재질특성을 보였다. 일반적으로 흔히 구할 수 있고 전반적인 재질특성이 우수한 편인 HDPE와 PPCO의 경우 0.3㎜ 이상의 두께가 요구되는 것으로 나타났으나 잘 찢어지는 특성을 가지고 있어 취급이 불리한 측면이 나타났다. 이러한 여러 특성을 종합할 때 FEP나 ETFE가 칠액 저장용기의 재질로 가장 적합한 것으로 나타났으나 일반적인 사출성형이나 고열융착 등 가공성이 PP에 비하여 낮으며 재료구득에 있어서 PP에 비하여 어려운 점이 있었다.

2. 칠액 저장용기 형태 개선

칠액의 장기 보관시 뚜껑의 기밀이 잘 유지되는 유리병이나 비닐팩에 칠액을 넣고 남은 공간에 탄산가스나 질소 등 불활성가스를 주입하면 산소에 의한 효소중합을 방지하여 칠액표면이 굳지 않고 효율적으로 보관이 가능하였으나 칠액을 꺼내 사용하는데 있어서는 여전히 불편한 점이 많았다. 이러한 점을 개선하기 위하여 공기의 유입을 막고 사용하기 편리하게 250g, 500g, 1kg용량의 PP재질 비닐팩을 개발하였다.

용기의 형태는 일반적으로 paste를 담는 용기형태인 laminated tube 형태가 적합한 것으로 사료되었다. 그 이유는 생칠이나 정제칠의 점도가 높으므로 압력을 가하여 일정량을 덜어낼 수 있으며 용기내에 잔존하는 공기를 용이하게 배출시킨 후 밀폐가 가능하기 때문이다. 사용재질은 산소의 투과성을 대폭 낮추고 물리적인 내구성을 갖도록 0.3㎜ 이상의 두께를 가지는 PP를 사용하는 것이 적합한 것

으로 나타났다.

제4절 옻칠과 합성수지 옻도료의 물리적 특성 및 내구성 시험

1. 옻도료의 방오효과

옻칠도료의 해양생물 부착방지효과를 규명하기 위하여 4개월 동안 전남 여천 묘도근해에 해수침지시험을 실시하여 주기적으로 관찰한 결과 옻칠을 한 시험편이 상당한 방오효과가 있는 것으로 나타났다. 시험편을 침지한 지 7주 경과한 4월 4일에 조사한 결과 옻칠을 하지 않은 나무와 FRP 시험편에는 5㎜ 정도 길이의 파래가 전면에 밀생하고 박테리아 및 해양원생동물의 군체인 biofilm이 시험편 전면에 형성되는 것을 관찰할 수 있었으나 옻칠한 나무판에는 biofilm이 부분적으로 형성되는 것이 보였으나 옻칠을 하지 않은 시험편에 비하여 현저히 적었고 파래도 거의 나타나지 않았다.

그러나 FRP에 옻칠한 시험편은 나무에 옻칠한 시험편과는 달리 파래가 부분적으로 자라기 시작하고 biofilm도 전면에 형성되는 것이 관찰되었는데 이는 FRP소재에 primer(도료의 부착력을 향상시키기 위하여 쓰이는 애벌용 도료)없이 바로 칠을 한 결과 FRP와 옻칠이 결합이 약하여 파도 및 해수에 의해 옻칠이 벗겨짐에 기인한 것으로 생각된다. 소형선박에 많이 쓰이는 에나멜도료를 나무판에 칠한 시험편은 옻칠한 시험편보다는 방오효과가 못하나 나무와 FRP 시험편보다는 방오효과가 우수한 것으로 나타났다.

해수침지 후 10주 경과한 4월 25일에 시험편을 관찰한 결과 옻

칠한 나무시험편이 다른 시험편에 비하여 현저한 방오효과를 나타내었다. 옻칠하지 않은 나무와 FRP 시험편에는 파래 등 해조류가 전면에 밀생하여 자라고 있었고 biofilm도 상당한 두께로 발달하고 있었으나 옻칠한 나무 시험편에는 파래가 조금씩 자라기 시작하였으나 밀도가 높지 않았고 biofilm 도 비록 전면에 형성되기 시작하였으나 심하지는 않았다.

표 34. 해수침지 10주 경과 후 시험편의 상태

시 험 편	시험편 표면상태 및 부착생물종류
나무판	-파래 등 해조류가 전면에 밀생, 길이 최고 6-7㎜. -Biofilm이 전면에 형성.
나무판+옻칠	-파래가 조금씩 자라기 시작, 길이 5-10㎜. -Biofilm 전면에 형성되기 시작.
나무판+선박용 에나멜	-파래가 부분적으로 밀생, 길이 2-3㎝. -Biofilm 전면에 형성되기 시작.
FRP	-파래 등 해조류가 전면에 밀생, 길이 최고 4-5㎝. -Biofilm이 전면에 형성.
FRP+옻칠	-파래가 조금씩 자라기 시작, 길이 2-3㎝. -Biofilm 형성되기 시작.

해수침지 후 14주 경과한 5월 23일에 시험편을 관찰한 결과 옻칠한 나무시험편을 제외하고는 모든 시험편에서 해조류가 전면에 밀생하여 최고 15㎝까지 자라는 것이 확인되었으며 홍합과 히드라 및 구멍삿갓조개류가 시험편에 부착하여 자라는 것이 확인되었다. 홍합과 삿갓조개류와 같은 '매크로폴링(macrofouling)'을 유발하는 해양

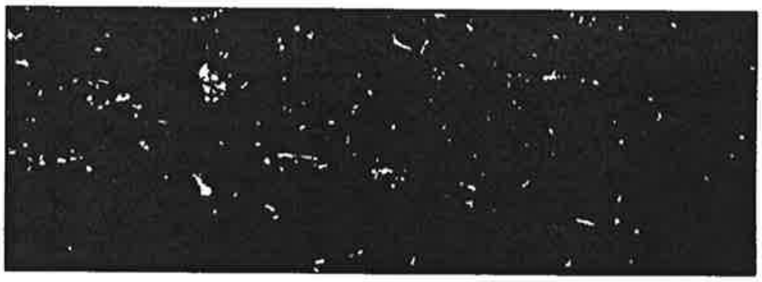
생물들은 실제로 해양구조물의 부식에 가장 커다란 역할을 하며 특히 선박의 경우 배의 중량을 증가시키고 엔진의 효율을 떨어뜨려 많은 문제점을 야기하고 있다. 선박에 있어서 주기적으로 실시하는 연안작업은 선체에 부착된 이러한 '매크로폴링(macrofouling)'을 유발하는 해양생물을 제거하는 작업으로 작업이 번거롭고 비용이 많이 들며 삿갓조개류와 굴 등은 철제선박을 오손시키는 직접적인 원인이 되고 있다.

표 35. 해수침지 14주 경과 후 시험편의 상태

시 험 편	시험편 표면상태 및 부착생물종류
나무판	-해조류가 전면에 밀생, 길이는 8-12㎝, 최고 15㎝. -부분적으로 2-4㎜정도의 홍합이 20-30개씩 군생 -구멍삿갓조개류 및 히드라 전면에 나타나기 시작.
나무판+옻칠	-해조류가 부분적으로 밀생, 길이는 6-8㎝.
나무판+선박용 에나멜	-나무판보다는 정도가 약하나 해조류 전면에 밀생. -구멍삿갓조개류가 전면에 나타나기 시작. -에나멜 도막이 부분적으로 벗겨짐.
FRP	-해조류가 전면에 밀생, 길이는 8-10㎝. 최고 15㎝. -부분적으로 2-4㎜정도의 홍합이 20-30개씩 군생. -구멍삿갓조개류 및 히드라 전면에 나타나기 시작.
FRP+옻칠	-나무판보다는 정도가 약하나 해조류 전면에 밀생. -구멍삿갓조개류가 부분적으로 나타나기 시작.

표 36. 해수침지 17주 경과 후 부착생물종류 및 단위면적당 개체수

시 험 편	Biofilm 두께	부착생물종류	단위면적당(4㎠) 개체수±SE
나무판	2.2㎜	구멍삿갓조개류	7.1±3.2
		홍 합	12.4±4.4
		파 래	3.5±1.7
		히드라	16.3±6.8
나무판+옻칠	0.4㎜	구멍삿갓조개류	1.6±0.4
		홍 합	2.8±1.4
		파 래	2.7±1.3
		히드라	4.5±2.5
나무판+선박용 에나멜	1.6㎜	구멍삿갓조개류	6.9±3.9
		홍 합	3.6±2.0
		파 래	4.3±2.3
		히드라	9.8±5.2
FRP	2.5㎜	구멍삿갓조개류	6.8±4.2
		홍 합	9.7±4.7
		파 래	2.4±1.0
		히드라	3.2±1.4
FRP+옻칠	0.8㎜	구멍삿갓조개류	4.3±1.9
		홍 합	3.5±2.5
		파 래	5.1±3.1
		히드라	3.9±1.4



(1) 나무판

(2) 나무판 + 에나멜

(3) 나무판 + 옻칠

그림 16. 해수침지 17주 경과 후 시험편 상태

표 36은 해수침지 17주 경과한 6월 13일에 각 시험편에 대해 부착생물의 종류 및 단위면적당 개체수를 조사한 것이다. 나무와 FRP 시험편은 다른 시험편에 비해 조사된 4종류의 해양생물의 밀도에 있어 상당히 높게 나타난 것에 비해 옻칠한 나무시험편은 현저히 밀도가 낮아 뚜렷한 방오효과를 인정할 수 있었다. FRP에 옻칠한 시험편은 나무에 옻칠한 시험편보다 방오효과가 떨어지는 것으로 나타났는데 이는 앞에서 언급한 바와 같이 primer를 칠하지 않은 관계로 옻칠이 FRP와의 부착력이 약하여 부분적으로 옻칠이 벗겨진 곳에 해양생물이 많이 부착하는데 기인한 것으로 생각된다.

옻칠한 시험편은 박테리아나 원생동물에 의한 마이크로폴링(microfouling)단계의 biofilm의 두께가 다른 시험편에 비해 현저하게 얇게 나타나 매크로폴링(macrofouling)과정을 지연시키거나 억제하는 것으로 생각되었다. 또한 옻칠을 하지 않은 다른 시험편들의 biofilm표면에는 해면동류가 자라고 있는 것이 확인되었다. 일반적으로 페놀물질(phenolic compound)은 방오제로 널리 쓰이는 유기주석계 화합물인 TBT(Tributil-tin)에는 미치지 못하나 각종 해양생물에 대해 방오효과가 있는 것으로 보고되어 있는데 옻칠시험편의 방오효과는 옻칠도막의 주성분이 2가 페놀인 옻산(urushiol)인데 기인한 것으로 생각된다.

현재 소형선박에 널리 쓰이고 있는 선박용 에나멜을 칠한 나무시험편은 에나멜 도막의 강도가 약하여 파도 및 해수에 의해 부분적으로 마모가 되거나 벗겨지는 것이 관찰되었으나 좀 더 긴 시간을 두고 지켜봐야 알겠지만 옻칠도막은 부식이 되거나 벗겨지지 않아 내구성이 강한 것으로 입증되었다(그림 17). 옻칠도막은 앞에서 언급한 바와 같이 이제까지 개발된 어떠한 합성수지도료에서도 볼 수

없는 효소에 의한 3차원 구조의 견고한 도막을 형성하므로 내산성, 내염성, 내유기용매성, 내약품성 등 내구성이 강한데 그 이유를 찾을 수 있다.

선박 및 해양구조물에 해양생물의 부착과정은 크게 '마이크로 폴링(microfouling)'과 '매크로 폴링(macrofouling)' 두단계로 이루어진다. '마이크로폴링(microfouling)'은 그람음성 박테리아가 최초로 표면에 부착한 후 규조류와 편모충류 등 원생동물이 부착하는 단계로 발전하여 젤라틴질의 biofilm을 형성한다. 이러한 biofilm은 선체나 해양구조물에 기계적인 손상을 가져오지는 않으나 biofilm을 구성하는 생물군들이 죽고 나면 이들의 잔해위에 조개류, 해조류 및 다른 무척추동물의 서식을 촉진하게 되어 '매크로폴링(macrofouling)'이 쉽게 일어나게 된다. 이러한 '매크로폴링(macrofouling)'을 일으키는 굴, 홍합 등 대형부착생물들은 선체에 달라붙어 운항속도가 떨어지고 엔진효율이 10%가량 떨어져 연비를 감소시키며 직접적으로 선체의 기계적인 손상을 가져오기도 한다.

본 연구의 시험대상지인 전남 묘도근해의 경우 매크로폴링의 단계인 해조류 및 대형해양생물이 부착하는 과정은 파래가 3-4월, 홍합은 5월, 따개비 등 구멍삿갓조개류는 6월초, 굴은 6월 중하순에 부착하는 것으로 보고되어 있는데, 이는 본 연구결과와 유사한 경향을 보이는 것으로 생각되었다.

현재 널리 사용하고 있는 TBT는 선박이나 어망, 어구에 패류 등이 달라붙지 않게 하기 위해 페인트에 첨가되는 성분으로 어패류의 신경계통이상, 생식기능의 파괴 등을 유발하여 바다의 제초제로 불린다. TBT는 독성이 강한 환경호르몬의 일종으로 연안지역에 서식하는 고둥 등 패류의 암컷이 수컷화하는 임포섹스 현상을 일으키는

것으로 알려져 있는데 홍합, 굴 등의 패류에 고농도로 축적될 경우 성비를 교란하고 정상적인 유성생식을 방해하여 개체수를 크게 감소시키는 큰 원인이 되고 있다. 우리나라에서도 마산, 진해, 거제, 충무 등 남해안 지역에 서식하는 패류에서 고농도로 검출되어 심각한 어패류자원의 감소를 야기시키고 있으며 이를 섭취할 경우 인체에도 영향을 미칠 것으로 추정돼 대책마련이 시급히 요망되고 있다. 현재 TBT는 미국, 일본, 노르웨이 등 상당수의 국가가 사용을 규제하고 있으나 우리나라에서는 아직 이에 대한 규제가 이루어지지 않고 있다.

따라서 독성이 적고 방오효과가 뛰어난 새로운 형태의 선박도료의 필요성이 증대되고 있으나 현재까지 개발된 TBT 대체물질이 TBT만큼의 효과를 내지 못하고 있는 실정이므로 본 시험에서 나타난 바와 같이 비록 4개월 동안의 짧은 기간동안 관찰한 결과이지만 옻칠이 상당한 방오효과가 있는 것으로 나타나 앞으로 옻칠을 선박방오도료로의 활용이 가능하리라 생각된다.

옻나무를 재배하고 이용하는 나라는 동양 3국 즉, 한국, 중국, 일본인데 한국과 일본은 재배면적이 적고 생옻의 생산량이 적으며 가격이 비싸 선박용 도료로 개발하기 위한 원료칠로 사용하기에는 현실성이 희박하나 중국의 경우 년간 약 3,000여톤이 생산되며 원료칠인 중하급품 생옻의 가격이 kg당 2만원 정도(수입가격)에 불과하여 특수한 용도의 선박용 옻방오도료의 개발이 가능하리라 생각된다. 특히 옻칠자체만으로도 상당한 방오효과가 있지만 TBT보다 독성이 비교적 적으며 편모충류나 규조류 등 원생동물에 의한 마이크로 폴링에 대한 억제효과가 큰 benzoic acid, N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine, 5,5-diethylbarbituric acid와 같은

억제물질을 옻도료에 첨가한다면 훨씬 우수한 방오효과를 기대할 수 있다. 또한 선박용 옻도료의 가격경쟁력을 높이고 옻도막의 기능성을 부여하기 위해 합성수지 옻도료의 활용도 가능하리라 판단된다.

1980년 중반 미쓰비시 그룹에서는 연구실 수준의 옻을 이용한 기능성 塗料개발에 관한 보고가 있으며, 최근에(1994년) 일본의 벤처기업인 '전문사'라는 상사에서 옻을 일부 포함하는 무공해 선박용 합성수지 옻도료를 개발하여 시판하고 있다. 이 도료는 옻액의 주성분인 옻산의 防腐, 防菌效果를 이용하여 해양생물의 부착을 방지하고 있으며 기존도료의 1/2의 도막두께로 2년간 防汚效果가 지속되어 가격은 비싼 편이나(1kg당 5만원 수준), 연안작업이나 도장작업의 횟수를 줄일 수 있어 기존의 방오도료보다 경제성이 뛰어나다고 한다.

전술한 바와 같이 옻칠의 산업적 이용개발 측면에서 耐久性이 뛰어난 옻칠을 공업용으로 이용시 도장성 및 작업성만 개선한다면 공업용 옻塗料로의 개발가능성이 충분하다. 날로 악화되고 있는 지구환경문제가 심각하게 대두되면서 塗料산업계에서는 기존의 유해한 공업용 塗料대신에 저공해성이거나 무공해 塗料의 개발에 심혈을 기울이고 있다. 우리나라의 1992년도 선박용 선저방오도료시장의 규모는 1천억-1천2백억원에 달하며 이중 무공해 페인트가 차지하는 비중은 5%도 채 안되는데 대부분 수출용으로 판매되고 있다. 일본의 경우도 선박용 도료시장규모가 1990년도 기준으로 수요량이 10,000 t에 달할 정도로 거대한 시장이 형성되어 있다. 따라서 옻칠을 주성분으로 한 저공해성 선박용 방오도료가 개발된다면 뛰어난 내구성으로 인해 기존의 방오도료를 代替할 수 있는 效果를 가져올 수 있다. 그러나 국내산 옻칠의 가격이 고가이므로 값싼 중국칠을 사용하여

제조한다면 이용가치를 높일 수 있을 것이며, 1994년 일본의 '전문사가' 개발한 무공해 선박용 방오도료의 가격이 1kg당 6만원 수준임을 감안할 때 충분히 경쟁력이 있을 것으로 판단된다

2. `Urushiol • formaldehyde 고온축합형 옻도료'의 경화기작 및 내구성 시험

옻도료를 공업용으로 개발하기 위하여 효소가 없거나 소량의 효소만으로 경화가 가능하도록 하기 위하여 생옻을 toluene, acetonitrile 등 유기용매을 사용하여 urushiol 성분만 추출한 후 용매을 휘발시킨 뒤 이를 이용하여 다양한 중합반응을 실시하였다.

Urushiol을 formaldehyde와 반응시키는 중합속도는 pH에 따라 변한다. 일반적으로 중합은 강염기 또는 강산의 조건에서 신속히 진행되도록 조절하였으며 urushiol 대 formaldehyde의 몰비가 1.2-3.0인 비율을 사용하여 수행하였다. 촉매로는 1-5%의 hydroxy natrium, hydroxy calcium, hydroxy balium을 사용하였다.

Urushiol 2에 formaldehyde 1을 부피비로 혼합하여 oil bath에서 130℃로 1시간 정도 축합반응을 실시한 결과 갈색투명한 urushiol • formaldehyde 고온축합형 옻도료를 제조할 수 있었다. 이 경우 온도를 높이거나 formaldehyde의 몰비를 높이게 되면 축합반응이 과도하게 진행되어 중합체의 겔화가 급속히 진전되어 버리는 현상이 나타났다. 이 도료는 150℃에서 고온경화시 30분내에 표면경화가 되며 도막이 견고하고 평면일 경우 1회 도장으로 1㎜정도의 두께로도 도장이 가능하였고, 유기용매로 희석하여 spray gun을 이용할 경우 분무도장도 가능하다는 것을 확인하였다. 또한 urushiol • formaldehyde 고온축합형 옻도료는 소량의 효소만을 첨가해도 상온

에서 건조가 가능하였으며, 건조촉진제로서 코발트나 니켈착화합물 (Ni-dibutyldithiocarbonate)을 첨가하여도 옻도막의 건조가 가능하였다.

제5절 공업용 기능성 옻도료 개발

UV내성인 외장용 옻도료를 개발하기 위하여 자외선 흡수제 UVAs)인 Tinuvin 400과 광안정제(HALS)인 Tinuvin 123를 처리농도별로 정제칠에 첨가하여 15x20cm 시험편 에 칠하여 자외선 폭로시험을 통한 내후성시험을 실시하였다. 1단계 시험은 유리 시험편을 사용하였으며 2단계 시험은 bakelite 소재를 이용하였다.

1단계 시험으로 옻도료의 자외선 노출은 WV형 자외선 카본을 사용하여 520시간 동안 지속되었다. 이것은 8시간 UV 조사와 4시간 condensate를 교차하는 방식을 채택하였으며 유리 시험편이 사용되었다. 이실험에서는 강한 UV영역 자외선에 노출하였으며 이것은 7년에 상당하는 과다한 자외선 노출에 상응하는 실험이었다. 현 실험에서는 Ciba-Geigy사에서 시판되는 UV 안정제 Tinuvin series를 첨가제로 사용하였다. 준비된 시험편들은 상당부분 좋은 안정성을 가지고 있음을 알 수 있었다. 그러나 이것을 수치화 하는 것에는 어려움이 있었다. 그림 37에서 볼 수 있듯이 극심한 박리 현상으로 도막자체의 내구성을 비교할 수 없었기 때문이다. 이는 자외선의 영향외의 시험편이 유리재질인 까닭으로 옻도막이 강하게 부착되지 못한 것이 가장 큰 이유이며 이외에 온도에 따른 유리재질의 수축때문에 심한 박리가 나타난 것임을 알 수 있다. 그러나 박리외에 옻도막의 표면상태를 관찰한 결과 적은 양의 UVAs와 HALs가 도막 안정성을 높여 주는 것을 확인할 수 있었다.

표 37. UV노출시간에 따른 옻도막의 내구성

노출시간 (UV시간) / 처리내용		72 (48)	240 (160)	312 (208)	360 (240)	409 (273)	520 (381)
T123 0.5%	상온	박리없음	양호	양호	양호	양호 (부분박리)	보통박리(소)
	고온	박리없음	보통박리	박리심함	박리심함	박리심함	박리심함
1.0%	상온	박리없음	박리없음	박리없음	박리없음	박리없음	crack(소)
	고온	박리없음	양호	양호	양호	양호 (부분박리)	보통박리(중)
2.0%	상온	박리없음	보통박리	보통박리	박리심함	박리심함	박리심함(중)
	고온	박리없음	보통박리	박리심함	박리심함	crack(소)	crack(중)
3.0%	상온	박리없음	부분박리	부분박리	부분박리	부분박리	부분박리 (양호)
	고온	박리없음	박리없음	박리없음	박리없음	crack(소)	crack(대)
T400 0.5%	상온	박리없음	박리없음	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리(중)
	고온	박리없음	박리없음	박리없음	박리없음	crack(중)	crack(대)
1.0%	상온	박리없음	박리	박리심함	박리심함	박리심함	박리심함
	고온	박리없음	박리없음	박리없음	박리없음	crack(대)	crack(대)
2.0%	상온	박리없음	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리(소)
	고온	박리없음	보통박리	보통박리	보통박리	박리심함	박리심함
3.0%	상온	박리없음	박리심함	박리심함	박리심함	crack	crack(소)
	고온	박리없음	양호	양호	양호	양호	보통박리(소)
T400 0.5% + T123 1%	상온	박리없음	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리
	고온	박리없음	양호	양호	양호	양호	부분박리
T400 0.5% + T123 2%	상온	박리없음	보통박리	보통박리	박리심함	박리심함	crack(소)
	고온	박리없음	양호	양호	양호	부분박리	보통박리(중)
T400 1% + T123 1%	상온	박리없음	부분박리	부분박리	부분박리	부분박리	보통박리
	고온	박리없음	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리(중)
T400 1% + T123 2%	상온	박리없음	박리없음	박리없음	보통박리	보통박리	박리심함(대)
	고온	박리없음	양호	양호	양호	양호	박리심함
T400 2% + T123 1%	상온	박리없음	보통박리	보통박리	보통박리	보통박리	박리심함(중)
	고온	박리없음	박리없음	박리없음	박리심함	박리심함	박리심함
T400 2% + T123 2%	상온	박리없음	양호	양호	양호	부분박리	부분박리
	고온	박리없음	보통박리	보통박리	박리심함	박리심함	박리심함
Control	상온	박리없음	보통박리	보통박리	박리심함	박리심함	crack(소)
	고온	박리없음	박리심함	박리심함	crack	crack(대)	crack(대)

광 반사도와 표면 cracking 현상을 확인하기 위한 노력이 있었

으나 상기한 이유로 인하여 불가능하였다. 따라서 후속된 2단계 시험에서는 bakelite소재를 사용하여 WV방식이 아닌 WS sunshine carbon 방식을 사용하였다. WV의 경우 자외선 영역의 파장만을 노출하나 WS sunshine 방식에서는 태양광과 유사한 거의 모든 영역의 광에 노출시켰다. 그리고 condensation도 광노출과 같이 시행되는 잇점이 있어 실제 노출과 가장 흡사한 실험 방법이라 할 수 있다. 실험전의 모든 시험편의 표면은 80X 확대 촬영 및 반사광을 측정하였으며 현재 100시간의 노출(약 1년의 야외 노출과 비례)을 하여 그 결과를 확인하였다. 그러나 지금까지 진행된 결과를 볼 때 시험편들은 아직 비교할 수 있을 정도의 반사광도나 crack 형성이 되지 않았음을 알 수 있었다. 1단계 실험에서 문제점으로 제기된 박리 현상은 전혀 나타나지 않고 있으며 정확한 실험 결과를 위하여 노출시험을 계속 진행중에 있다.

제 6 장 결 론

옻칠의 종합적 이용개발을 위해 본 과제수행을 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

▶ 옻나무 영속안정재배 및 보속적 칠액생산을 위한 무육기술 개발

옻나무 채칠시 기상요인 중 산칠량에 영향을 미치는 주요한 요인은 채취전날 최저온도, 채취당일 최저습도순으로 나타났으며, 채취전날의 최저온도가 높을수록, 채취당일의 온•습도차가 적은 흐린 날일수록 산칠량이 많았다. 따라서 이같은 결과를 종합해 볼 때 옻나무 재배적지는 평야지대보다는 공중습도가 높고 바람을 피할 수 있는 산간분지형 지형이 칠액생산에 유리하였다.

산칠량을 증대시키기 위해서는 건전한 생장을 위해 초기 식재간격이 2m x 2m 이상 확보되어야 하며 채칠당년에 2회 시비할 경우 약 2배 가량의 칠액증수효과를 얻었다.

▶ 채칠법 개량 및 기계화

에칠렌 처리시 옻나무의 수피가 두꺼워지고 칠액의 분비량이 증가되어 칠액채취 과정에 있어서 초기부터 다량의 칠액채취가 가능하므로 기존의 방법에 비해 채칠기간 단축 및 노동력 절감측면에서 3배 이상의 생산성 증대효과를 가져올 수 있었다. 또한 기존의 화칠법 원리를 응용, LPG식 이동형 화칠기계를 제작한 결과 현지에서 화칠을 채취할 수 있어 작업의 효율성이 높고 채취방식이 간단하며 연중 칠액채취가 가능하였다.

▶ 옻나무 우량품종 육성 및 유전자원 보존

옻나무 근삽에 의한 무성번식에 있어 모수의 수령이 어릴수록 맹아발생이 유리하였으며 부정아에서 유래된 shoot를 배양토에 삽목한 결과 6-8주내에 발근되었다.

옻나무 육종을 위하여 수피형질 중 내피두께와 칠액구수가 산칠량이 많은 옻나무 선발의 간접기준이 될 수 있었으며, 칠액의 주성분이며 옻도막을 형성하는 옻산의 구성성분 중 triene함량이 칠액의 질적육종기준으로 적용이 가능하였다.

옻나무 개화특성 중 암·수나무의 성비는 암나무가 20%내외로 수나무의 비율이 높았으며 개화량은 수나무가 많았다. 종자결실량에 있어서 개체간에 큰 변이를 보였으며 화경당 약 36개의 충실종자가 얻어짐을 유추할 수 있었다.

옻나무 유전자원 보존을 위하여 산칠량이 많은 우량클론 64클론, 수피특성이 이피인 4클론, 우리나라 재래종 20클론 그리고 중국 및 일본 도입품종 8클론 등 도합 96클론을 수집하여 분근으로 증식하여 유전자보존원을 조성중에 있다. 또한 RAPD PCR을 이용하여 클론간 유연관계를 조사한 결과 국내 클론은 일본 및 중국의 클론과는 다른 분지군을 형성하는 것으로 나타났으며, 주성분분석결과 중국산 클론은 국내 및 일본산 클론과는 확연하게 구별되었으며 일본산 클론은 국내 클론과 유연관계가 가까운 것으로 나타났다.

▶ 공업용 옻도료 개발

칠액의 물리화학적 특성으로 칠액구성성분의 함량 및 칠액 중 옻도막의 주성분인 옻산구성성분의 조성은 채취시기에 따라 다르게 나타났으며, 채취지역간에는 물론 개체간에도 변이가 심하였다.

칠액장기보존을 위하여 적합한 용기의 재질은 Fluorinated ethylene propylene(FEP)이 적합하였으며 용기의 형태는 일반적으로 paste를 담는 용기형태인 laminated tube 형태가 적합한 것으로 사료되었다.

옻칠을 선박도료로 활용하기 위해 방오시험한 결과 microfouling 및 macrofouling과정을 지연시키거나 억제하여 방오효과가 우수한 것으로 나타났으며, 합성수지 옻도료로 urushiol • formaldehyde 고온축합형 옻도료를 제조하여 물성을 조사한 결과 고온경화시 30분내에 표면경화가 되며 도막이 견고하고 평면일 경우 1회 도장으로 1㎜정도의 두께로도 도장이 가능하였으며 분무도장도 가능하였다.

UV내성인 외장용 옻도료를 개발하기 위하여 자외선 흡수제과 광안정제를 저농도로 정제칠에 첨가하여 자외선 폭로시험을 실시한 결과 상당한 내구성을 확인할 수 있었다.

제 7 장 참고문헌

1. 김 만조. 1996. 옻나무의 수피내 옻산함량과 칠액의 질에 영향을 미치는 형질에 대한 생리 및 유전학적 연구. 서울대 박사학위논문. 54pp.

2. 김만조, 김갑태, 최태봉, 현정오. 1998. 기상요인과 채취시기가 옻나무 칠액생산량 및 칠액의 질에 미치는 영향. 한국자원식물학회지 11(1) : 70-79.

3. 박 승걸. 1974. 옻나무의 재배방법. 산림 107 : 48-53.

4. 이 규철. 1974. 옻나무 재배와 채칠법(I, II). 산림보호 25 : 46-53.

5. 이 세표, 이 창재. 1989. 우리나라 옻생산실태분석. 충북임시보고. pp. 5-35.

6. 이 필우, 정 연집. 1993. 옻나무(*Rhus verniciflua* Stokes)漆液溝의 해부학적 특성. 서울대학교 농학硏究誌 17(2) : 93-96.

7. 정남철. 1998. 옻나무의 Urushiol과 Flavonoids의 생리활성. 전남대 박사학위 논문. 41pp.

8. 최 태봉. 1996. CEPA 처리가 옻나무의 수피생리와 산칠량 증대에 미치는 영향. 서울대학교 석사학위논문. 58pp.

9. 현 정오, 김 만조, 이 세표. 1993. 산칠량이 많은 옻나무 개체선발에 관한 연구. 한국임학회지 82(2) : 122-127.

10. 홍 경낙. 1998. RAPD 표식자 분석에 의한 사시나무속 Leuce절 포플러의 유연관계. 한국임학회지 87(2):153-163

11. Awazu, K., Y. Nishimura, T. Ichikawa, and M. Sakamoto. 1993. Effects of H-implantation on the optical stability under photo-irradiation of urushi films. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B80/81: 1332-1335.
12. Baer, H., M. Hooton, H. Fales, A. Wu and F. Schaub. 1980. Catecholic and other constituents of the leaves of *Toxicodendron radicans* and variation of urushiol concentrations within one plant. Phytochemistry 19 : 799-802.

13. Bartus, J., W. J. Simonsick, Jr., and O. Vogl. 1995. Oriental Lacquers IX. Polymerizable Ultraviolet Stabilizers for Oriental Lacquers. Polymer Journal. Vol. 27: 703-711.

14. Broschat, T. 1979. Principal component analysis in horticultural reserach. HortScience 14:114-117.

15. Castiglione, S. G. Wang, G. Damiani, C. Bandi, S. Bisoffi, and F. Sala. 1993. RAPD fingerprints for identification and for taxonomic studies of elite poplar(*Populus* spp.) clones. TAG 87:54-59.
16. Chen, F. 1989. The abstract about ancient history of Chinese lacquer. J. Chinese Lacquer 8(2) : 35-41.
Chen, F. 1991. The examinatorial methods of lacquer quality. J. Chinese Lacquer 10(2) : 35-37.
17. Chen, Z. 1994. Lacquer-secreting plants and their urushiol substances. J. Chinese Lacquer 13 : 24-37.

18. Coppenolle, B., I. Watanabe, C. Hove, and S. McCouch. 1993. Genetic diversity and phylogeny analysis of *Azolla* based on DNA amplification by arbitrary primers. Genome 36:686-693.

19. Corbett, M.D. and S. Billets. Characterization of poison oak urushiol. J. Pharmaceutical Sci. 64(10) : 1715-1718.

20. Du, Y. and R. Oshima. 1984. Reversed-phase liquid chromatographic separation and identification of constituents of urushiol in the sap of the lac tree, *Rhus vernicifera*. J. Chromatogr. 284 : 463-473.

21. Du, Y., R. Oshima and H. Iwatsuki. 1984. High-resolution gas-liquid chromatographic analysis of urushiol of the lac tree, *Rhus vernicifera*, without derivatization. J. Chromatogr. 295 : 179-186.

22. Echt, C. *et al*. 1993. Linkage mapping in diploid alfalfa(*Medicago sativa*). Genome 37:61-71.

23. ElSohly, M.A., P.D. Adawadkar, C.Y. Ma and C.E. Turner. 1982. Separation and characterrzation of poison ivy and poison oak urushiol components. J. Natural Products 45(5) : 532-538.

24. Gan, J. 1987. The trends of research of laccase and Chinese lacquer from the view of development of polymer science in next 21th century. J. Chinese Lacquer 6(1) : 1-4.

25. Guo, M. and Q. Guo. 1993. Molecular structure of urushiol. J. Chinese Lacquer 12(1) : 8-11.

26. Ishii, M., M. Takimoto, T. Miyakoshi and T. Nakamura. 1995.

A continuous flow system for sensitive urushiol detection using a new chemiluminescent reaction. Analytical Science 11 : 79-83.

27. Jaccard, P. 1901. Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat. 37:547-579.

28. Kumanotani, J. 1995. Urushi(oriental lacquer)- a natural aesthetic durable and future-promising coating. Progress in Crganic Coating. 26: 163-195.

29. Liu, Z. and G. Furnier. 1993. Comparison of allozyme, RFLP, and RAPD markers for revealing genetic variation within and between trembling aspen and bigtooth aspen. TAG 87:97-105.

30. Luo, D. and Y. Xu. 1986. Studies on the morphology of laticiferous canals in the lacquer tree. J. Chinese Lacquer 5(1) : 11-14.

31. Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics 89:583-590.

32. Nei, M. 1987. Molecular Evolutionary Genetics. Columbia Univ. Press, NY.

33. Nei, M. and W. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. PNAS USA 76:5269-5273.

34. Odian, G. 1991. Principles of polymerization. John Wiley & Sons, Inc. 128pp.

35. Oshima, R., Y. Yamauchi, C. Watanabe, and J. Kumanotani. 1985. Enzymatic oxidative coupling of urushiol in sap of the lactree, *Rhus vernicifera*. J. Org. Chem. 50:2613-2621.

36. The office of the national selected excellent varieties for lacquer trees. 1986. A study report on the national selected excellent varieties for lacquer trees(Abstract). J. Chinese Lacquer 5(4) : 1-10.

37. Tyman, J.H.P. and A.J. Matthews. 1982. Long-chain phenols. XXII. Compositional studies on Japanese lac(*Rhus vernicifera*) by chromatography and mass spectrometry. J. Chromatogr. 235 : 149-164.

38. Vicario, F., G. Vendramin, P. Rossi, P. Lio, and R. Giannini. 1995. Allozyme, chloroplast DNA and RAPD markers for determining genetic relationships between *Abies alba* and the relic population of *Abies nebrodensis*. TAG 90:1012-1018.

39. Wasser, C. and E. Rodriguez. 1990. Urushiol components as mediators in DNA strand scission. Experientia. 46 : 500-502.

40. Waugh, R. and W. Powell. 1992. Using RAPD markers for crop improvement. Trends in Biotechnology 10:186-191.

41. Yu, K. and K. Pauls. 1993. Segregation of RAPD markers and strategies for molecular mapping in tetraploid alfalfa. Genome

36:844-851.

42. Zhang, F. 1992. To study the process of forming lacquer film. J. Chinese Lacquer 11(2) : 18-33.

43. Zhao, T. and Y. Zhu. 1987. A study on the formal structure and characteristics of the secretory canals in lacquertree. J. Chinese Lacquer 6(1) : 22-26.

44. Zhou, G. and D. Yu. 1994. On the factors to affect lacquer quality. J. Chinese Lacquer 13 : 19-23.

45. **高野德明**. 1982. **漆の木**. **岩手縣 林業改良普及協會**. 126pp.

46. **松井悅造**. 1963. **漆化學**. **日刊工藝新聞社**. 178pp.

47. **永瀨喜助**. 1987. **漆の本**. **研成社**. 86pp.

48. **伊藤清三**. 1949. **漆樹と漆液**. **農林週報社**. 277pp.

49. **伊藤清三**. 1979. **日本の漆**. **東京文庫出版部**. 82pp.

50. **野崎伸三**, **尾石元興**. 1939. **칠액채취시험**. **조선총독부 임업시험장보고** 30 : 1-90.