최 종
연구보고서

은행나무 자원의 효율적 생산 및 이용을 통한 수익성 제고기술 개발

A Comprehensive Study on Utilization of Ginkgo Trees

연구기관
고려대학교

농림부

제　출　문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “은행나무 자원의 효율적 생산 및 이용을 통한 수익성 제고기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998 . 12. 29.

주관연구기관명 : 고려대학교

총괄연구책임자 : 김 진수

연　구　원 : 손 요환

연　구　원 : 김 규혁

연　구　원 : 김 진성

요 약 문

Ⅰ. 제 목

은행나무 자원의 효율적 생산 및 이용을 통한 수익성 제고기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

현재 우리나라에 생육하고 있는 은행나무 잎으로부터 추출, 분리된 Ginkgolides와 Ginkgoflavonoids 계통물질은 다른 나라의 물질보다 질적으로 매우 우수한 것으로 알려지고 있다. 그러나 물질추출을 위한 은행나무의 잎은 개체에 따른 함량의 차이 등을 고려치 않고 무계획적으로 수거되고 있어 잎의 품질면에서나 경제성면에서 불합리하고 낭비되는 요소가 많다. 또한 적절한 시업관리가 없는 상태에서 계속적으로 잎을 채취하는 까닭에 물질생산의 근원이 되는 양분의 결핍상태에 있을 것으로 추측된다. 따라서 유용추출물질의 양을 증가시키기 위해 필요한 시업관리에 대한 연구가 요구된다. 더욱이 유용추출물의 수요는 계속 증가될 것이고 수출의 가능성까지도 충분한 점을 감안할 때, 추출물질의 함량이 높은 우량개체의 선발, 증식, 효율적인 무육 등에 의한 추출물질의 생산증대나 대량생산을 위한 기술개발은 은행나무 자원의 경제적 이용측면에서 매우 전망이 밝다고 하겠다. 또한 잎 이외의 부위의 추출물의 조사나 목재의 용도개발 역시 은행나무자원의 효율적 활용측면에서 매우 중요하다고 생각된다. 한편 본 연구결과는 "리우 환경 회의" 이후 issue화되고 있는 유전자원 보전 측면에서의 은행나무의 보전전략에 대한 기초자료를 제공해 줄 수도 있을 것이다.

연구개발 목적을 세부과제별로 기술하면 다음과 같다.

<u>유전육종증식 분야</u>

은행나무 엽내 유용추출물 함량의 지역간, 개체간 차이 및 시기별, 영급별, 수세

별 차이를 구명하여 우량개체 선발에 필요한 근거를 마련하고, 은행나무 유전변이의 양과 변이 폭을 조사하여 유전자원 관리에 필요한 기초자료를 확보하는 한편, 개체의 대량증식 방법을 강구하는 것이다.

<u>생리생태시업관리 분야</u>

은행나무 부위별 생체량을 추정할 수 있는 회귀식을 조제하고, 각종 시업처리가 잎의 생산 또는 유용 추출물의 생산에 어떠한 영향을 주는지를 밝혀 이를 시업관리의 기초 자료로 삼으려 하는 것이다.

<u>목재이용가공 분야</u>

은행나무 목재를 가구부재와 건축내장재 용도로 사용하고자 이들 용도와 관련된 목재의 외관평가, 기초재질 및 제반 가공적 성질들을 중점적으로 조사하여, 이를 기초로 은행나무 목재의 적정용도를 제시하고자 함이 연구개발의 목적이다.

<u>경제성분석 분야</u>

은행잎, 과실, 목재 등의 은행나무 자원이용에 따른 경제성 분석을 통해 농가의 소득 작목으로써의 이용 가능성을 타진하고, 우량 개체의 증식에 따른 생산성확대가 가져오는 소득증대 가능성을 검토하는데 있다.

2. 연구개발의 중요성

은행나무는 살아있는 화석이라고 불리울만큼 오랜 세월동안 크게 변화하지 않고 생존해 온 독특한 식물로 약 2억년전인 삼첩기(Triassic) 말에 출현하여 쥐라기(Jurassic)에 번성한 것으로 알려져 있다. 은행나무 열매는 인류역사상 오랫동안 식용 또는 약용으로, 목재는 고급가구재로 사용되어 왔고 최근에 이르러 잎으로부터 약리효과가 높은 성분 (Ginkgoflavoneglycosides, Ginkgolides, Bilobalides)이 추출됨으로써 매우 경제성 있는 수종으로 각광받기에 이르렀다. 그러나 인위적인 시업에 의한 은행나무 자원의 효율적인 생산 이용에 관한 시도는 체계적으로 이루어지지 않고 있기 때문에 은행나무의 잎으로부터 목재에 이르는 모든 부위에 대한 이용 기술, 부가가치

가 높은 추출물의 함량증가 및 우량 품종의 증식에 사용되는 기술개발에 관한 연구는 반드시 필요하다.

(1) 기술적 측면
-. 유전자자원의 보전관리 자료제공
-. 은행나무의 성별 및 개체별 유전적 차이와 이에 따른 유용추출물의 차이 구명
-. 우량개체의 대량증식 체계 확립 및 유용물질 지속생산 방안강구
-. 물질생산구조 구명으로 유용부위(잎, 목재 등) 생산 극대화 방안 강구
-. 양분순환과정 조절을 통한 유용물질 증산 가능 시업방안 제시
-. 목재의 기초재질과 제반가공성의 종합적 구명으로 용재의 적정 용도 개발

(2) 경제·산업적 측면
-. 은행나무의 효율적 생산과 이용에 따른 부가가치 증대
-. 유용추출물 생산확대로 임업종사자 및 관련산업체 소득 증대
-. 은행나무 조림을 통한 수익성 극대화 경영모델 개발
-. 목재의 특수용도 개발로 자원이용 효율의 극대화
-. 산림의 효율적 이용으로 임업의 경제성 부각

(3) 사회적 측면
-. 산림자원의 다목적 이용에 대한 대국민 인식 제고
-. 은행나무 조림을 통한 생태·환경적 안정 효과

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발 내용

본 연구의 연차별 주목표는, 1차년의 경우 은행나무 엽내 유용추출물 함량의 지역간, 개체간 차이 및 물질생산구조를 구명하고 2차년도에는 추출물의 함량이 많은 개체를 대상으로 시기별 차이를 밝히며 목재가공성에 필요한 제반 물리적 특성을 조사하며 3차년도에는 우량개체의 증식에 의한 추출물 대량생산 가능성과 시업관리 및 적정목재 용도를 구명하는 것 등으로 정한다. 기술개발의 최종목표는 은행나무의 우량개체 선발과 대량증식에 의한 계획적이고도 지속적인 유용물질의 생산체계 확립과 더불어 물질

생산과 양분순환이 엽 내 유용 추출물의 성분과 함량에 미치는 영향을 연구하여 인위적 시업에 의해 유용물질의 생산을 증대시킬 수 있는 방안을 강구하는 것이다. 또한 목재의 기초재질 및 제반 가공성을 구명하여 은행나무 목재의 적정 용도를 제시함으로써 향후 축적의 증가가 예상되는 은행나무 목재의 합리적인 가공 및 이용자료를 제공하고 그 경제적 이용도를 증가시키고자 한다. 한편 경제성분석방법을 이용하여 은행나무 조림을 통한 임산농가의 소득증대와 산지이용을 극대화하고자 한다.

2. 연구개발의 범위

유전육종증식 분야

1차년도에는 추출물 함량이 월등한 우량개체의 선발을 위하여 전국 각지에서 다양한 영급을 가진 282개체로부터 잎을 채취하여 추출물 함량을 분석하였으며, 은행나무 유전자원의 관리·보존을 위한 기초 자료의 확보 및 개체별 유전적 특성을 구명하기 위한 기초실험으로 종자의 배유조직을 사용하여 동위효소 표지자의 분석조건을 결정하였다. 또한 우량개체의 대량증식을 위한 기초 실험으로 은행 종자내의 성숙배와 성숙목 어린가지의 정단부 및 액아로부터 부정아를, 잎조직으로부터 callus를 유도하는 실험을 수행하였다. 2차년도에는 전년도에 성분이 분석된 개체 가운데서 성적이 월등한 우량개체와 중간 및 하위의 성적을 보인 개체를 42본 선발, 다시 한 번 잎을 채취하여 추출물 함량을 반복적으로 분석하여 전년도의 성적과 비교하였으며, 이와 별도로 인접한 남산 지역에서 수형의 변이가 뚜렷한 35본의 개체를 선발하여 이들의 엽 추출물 함량을 분석하였다. 개체별 동위효소 유전변이 분석은 1차년도에 시험된 적정 분석 조건에 의거, 다형성을 보이는 유전자좌의 표현형 분리비 검정을 통해 각 유전자좌의 유전양식을 구명하였다. 우량개체의 대량증식 방법 개발을 위해 조직배양묘의 발근시험과 녹지 삽목에 의한 영양증식 방법이 병행되었다. 3차년도에는 2차년도에 조사된 남산 지역 가로수 35개체의 추출물 함량을 반복분석하여 그 결과를 전년도의 결과와 비교하였으며, 이들의 평균값을 개체별 수형의 특성과 연관지어 분석하였다. 또한 계절별, 월별 시기에 따른 추출물의 함량 차이를 구명하기 위해 따로 4지역에서 표준목을 선정하여 정기적으로 함량을 분석하였다. 유전변이 분석은 기존의 동위효소 표지자 이외에 종자의 배유조직으로부터 추출한 total DNA를 이용하여 PCR을 수행, RAPD 표지자

를 확보하고 이들을 이용하여 개체별 유전적 변이와 특성을 확인하고 유전자형과 추출물 함량과의 관계를 비교·분석하는 작업이 수행되었다.

생리생태시업관리 분야

생리생태시업관리 분야에서는 은행나무 자원의 이용을 위한 기초연구 및 잎에서의 추출물 농도를 높일 수 있는 시업방안을 연구하는 것을 주 목표로 설정하였다. 연차별로는 1차년도에 우선 은행나무 물질생산량을 추정하기 위한 회귀식을 개발하며, 생태계 구성 부위 즉 임목, 낙엽층, 토양별로 양분의 분포량을 조사하는 것이며, 2차년도에는 시비를 통하여 잎에서의 추출물 농도 변화 상태를 파악하고 적정한 시비량 산정을 위한 자료를 구축하며, 시비 후 묘목의 생장 변화 상태를 파악하는 것이다. 3차년도에는 2차년도에 얻은 시비결과를 확대하여 실행함으로써 시비가 추출물 농도에 미치는 효과를 구명하며 시비 이외의 다른 처리방법 예를 들면 잎 절단, 가지절단, 차양 등과 추출물 농도간의 관계를 밝히고, 동시에 잎에서 양분의 계절적 변화를 파악하여 양분 관리의 자료를 구축하는 것 등이다.

목재이용가공분야

목재이용가공 분야에서는 은행나무 목재의 가구부재와 건축내장재로의 용도 개발을 위해 목재의 외관평가, 기초재질 조사, 가공성 조사를 실시한 후 이들을 종합하여 은행나무 목재가 가구부재나 내장재로의 이용이 적합한지를 최종 판정하였다.

경제성분석 분야

경제성분석 분야에서는 은행잎, 과실, 목재 등의 생산물을 위한 계획적인 조림의 효과에 대한 분석을 하였다. 현재 국내에서 생산되는 은행잎의 거래가격이 중국산을 수입하는 것보다 더욱 높아 은행잎을 수입하고 있는 현재의 상황을 고려하면 유용물질의 함량이 높은 품종의 개발과 증식이 매우 중요한 과제일 것이다. 목재의 이용은 은행나무의 재질상의 특성이 가공성이 매우 높아 가구부재로써의 이용이 가능할 것으로 보인다. 한편 국내외의 은행잎 추출물에 대한 수요와 공급분석을 통해 수출 가능성에 대한 상황을 살펴봄으로써 현재 국내의 은행잎 추출물의 생산업체가 가지고 있는 문제인 공급초과현상을 해소하고, 은행잎 생산농가가 갖고 있는 중요한 문제인 판로확보를

해결하는 방안에 대해 고찰하였다.

Ⅳ. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

유전육종 증식분야에서는 전국에서 선발된 개체는 물론 한 지역에서도 반복실험을 통해 개체간에 유용물질 함량에 매우 큰 차이가 있다는 사실이 충분히 입증되었으며, 3년간에 걸친 실험에서 추출물 함량과 관련된 유전적 배경이나 조절정도 등에 관한 구체적인 정보를 얻을 수는 없었으나 함량이 높은 개체를 이용할 경우 추출물 함량은 약 2-3배 정도 증가될 것으로 추정되었다. 따라서 이러한 사실은 유용물질 생산 증대를 위한 육종가능성을 매우 밝게 해주는 중요한 결과로 사료된다. 또한 추출물 함량은 어린 묘목에서 가장 높았는데, 5년생 미만의 묘목의 잎에서는 성목의 잎에 비해 2-3배 이상의 유용물질 생산이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 유용물질 생산을 위한 은행나무의 시업은 어린묘목을 대상으로 잎의 생산을 극대화하는 방향으로 이루어져야 할 것이다. 한편 우량개체의 증식은 방법상의 용이성과 잎 생산의 측면에서 볼 때 삽목에 의한 영양증식이 바람직하다고 생각된다. 따라서 이들을 종합적으로 고찰할 때 유용물질의 생산 측면에서 앞으로 은행나무에 대한 시업은 우선 우량개체들로부터 어린 묘목을 대량증식하고 잎의 생산을 주로하는 적절한 관리를 통하여 유용물질 생산을 최대화하는 방안이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

생리생태시업관리 분야에서 개발된 생체량 추정 회귀식을 사용하여 은행나무 잎의 건량을 흉고직경만 대입함으로써 쉽게 산출할 수 있으므로 이를 은행나무 잎 채취 관련 산업 종사자에게 이용하게 할 수 있다. 또한 현재까지의 연구 결과로는 시비 처리가 잎의 생산 증가를 가져오나, 잎의 추출물 농도는 변화가 없거나 오히려 감소시키고, 잎의 생체량과 추출물 농도간에는 부의 상관관계가 있고, 또한 잎이나 가지의 절단이 추출물의 농도를 증가시키므로 대량으로 은행나무를 식재하여 잎을 채취하려는 업체나 임산농가에 시업관리시 참고사항으로 사용될 수 있을 것이다. 그리고 장기적으로 잎만 채취하는 시업을 계속할 경우 다른 양분보다도 칼슘이나 마그네슘의 부족 현상을 가져오므로 이의 보충이 필요함을 주지시킬 수 있다.

목재가공이용 분야에서는 은행나무 목재의 기초재질 및 제반 가공적 성질들을 체

계적이고 종합적으로 조사하여 은행나무 목재 가공을 위한 기초 기술자료를 마련하였다, 그리고 조사된 재질 및 가공특성을 기초로 은행나무 목재의 적정용도를 제시하였는데, 은행나무 목재는 특이한 색상과 문양은 없어지만 은행나무 목재는 목공예재, 가구재, 건축내장재 용도로 사용이 가능한 것으로 판단되었다. 앞으로 실제 은행나무 목재를 이용한 제품을 직접 제작한 후 성능시험을 통해 은행나무를 이용할 수 있는 가구부재의 종류와 건축내장재의 종류에 대한 검토가 필요하다고 본다. 그리고 기존 사용 수종에 대한 은행나무 대체 가능성은 판정이 필요한데, 이는 사용 용도에 따라 요구되는 목재의 제반 특성이 상이할 것이므로 요구되는 세부 특성들을 대상으로 1:1 matching 방법에 의해 가능하리라 사료된다.

우리 나라는 은행자원의 이용측면에서 볼 때 다른 나라에 비해 뒤떨어져 있다. 특히 최근에 중국에서의 은행잎의 집약적인 생산과 이용을 고려하면 은행자원의 효율적인 생산과 이용을 위한 다각적인 연구가 시급하다고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 효율적인 원료의 생산과 첨단과학기술을 이용한 가공공장이나 제약공장 등 상대적으로 유리한 기술부문에의 투자가 고려될 수 있을 것이다. 지금 현재의 기술상황과 연구개발에 대한 투자로는 중국의 집약적 생산이나 서구의 기술개발과 경쟁을 할 수 없을 것이다. 우리 나라의 경제적 상황을 고려할 때 은행개발을 적극적으로 추진할 경우 다음과 같은 방침이 제시되어야 할 것으로 보인다. 즉 우선 시장지향적인 개발이 되어야 하고 다음엔 기술집약적 개발이 되어야 한다. 풍부한 자원을 적절히 이용하고, 규모의 경제를 실현해야 하며, 상품개발의 계열화를 추진하며, 품질의 표준화도 이루어야 한다. 이와 관련하여 다음과 같은 제안을 할 수 있을 것이다. 첫째로, 은행자원의 개발을 적극적으로 하되 자원개발의 목적을 분명히 해야 한다. 즉 고투입과 첨단기술, 규모의 경제와 집약경영을 달성해야 한다.우리나라 남산지역의 은행나무로부터 분석된 결과에 따르면 GFL 함량 1.8%와 TL 함량 2.4%의 우량은행이 존재하고 있어 중국에서의 우량은행으로 보고된 GFL 함량 1.5%와 TL 함량 0.5%보다 우월한 것으로 나타나 우량개체의 확보를 통한 추출물의 효율적 생산을 시도하여야 할 것이다. 특히 어린 묘목의 경우 GFL과 TL 함량이 각각 17%, 6%가 넘는 것이 있음을 볼 때 우량개체의 선발과 증식에 의해서 적은 양의 은행잎으로도 많은 양의 추출물을 생산할 수 있는 방안이 강구될 수 있음을 시사해 주고 있다. 둘째로, 앞으로 은행나무의 식재는 종합개발형이 되어야 한다. 즉 토지의 생산 잠재력을 충분히 고려해야 하고, 생태농업적 관점도 고

려하여 장단기 입체경영형태를 취해야 한다. 예를 들면 전남 보성에서 시행되고 있는 방법으로 기존의 은행나무를 이식하면서 은행과 콩과 같은 식량작물과 채소 등을 동시에 재배하는 간작방법과 같은 것이 권장될 수 있겠다. 셋째로, 은행잎 추출물(GBE)의 국제적 품질기준은 GFL 함량 24%, TL 함량 6%가 가장 기본적인 요구수준이다. 최근 추출물 생산회사들은 이미 더욱 고품질 표준을 요구하고 있으므로 이러한 요구에 부응할 수 있는 경우에만 시장의 확보가 가능할 것이므로 종합적인 생산관리가 필요할 것이다. 또한 각 지역에 맞는 재배방법 개발, 첨단기술의 적용, 시장지향적 경영, 생산·소비·무역의 일체화, 유명 브랜드의 창조, 국내외 시장의 개척 등을 통해 농가의 소득증대에 기여할 수 있을 것이다. 넷째로, 은행 열매는 우리 나라 사람들이 즐겨 먹는 건과일의 하나일 뿐만 아니라 고래로부터 내려오는 전통 의약서에 등재된 약용재인데, 부산물로서의 은행열매의 생산이 아닌 주산물로서의 열매 생산의 관점에서 생산을 유도하고, 종합적인 생산관리가 필요할 것이다. 끝으로, 현재 은행잎을 재배하는 농가들의 가장 큰 애로점은 판로의 개척이다. 아무리 고품질의 생산물이 효율적으로 생산된다고 하더라도 생산물의 판로의 개척이 없이는 수익을 얻을 수 없는데 은행잎 추출물과 관련하여서는 시장의 크기도 크고, 성장속도도 매우 클 것으로 예상되는 북미지역의 시장개척이 필수적이라고 할 수 있다.

SUMMARY

This project was carried out to develop a comprehensive scheme for Gingko utilization. In detail, we studied the genetic aspects to select and propagate Gingko trees, and the ecophysiological and management aspect to increase concentrations of useful extracts. Also we investigated the basic and processing properties of Gingko wood to suggest the proper usage, and analyzed the economic values of Gingko tree management.

In the section of genetics breeding and propagation, we carried out quantitative analysis of Ginkgo Flavon Glycosides (GFG) and Terpene lactones (TL) in ginkgo foliage from 282 trees (mainly old memorial trees) in nine provinces. The concentrations of GFG and TL were ranged from 1.01 to 19.03 mg/g leaves and 0.24 to 7.46 mg/g leaves, respectively. Although no repetitive analysis on individuals was responsible to test statistical significance, it was quite differnt among individuals. Statistical significance was also detected in the mean concentrations of GFG and TL of 282 samples classified by province (α =0.01). Kangwon-Seo showed the highest mean concentration of GFG (12.19mg/g leaves), while Kangwon-Dong showed the lowest GFG concentration (6.87mg/g leaves). The mean concentration of TL was highest in Seoul (2.57mg/g leaves). It was about three times more than that of the lowest province, Kangwon-Seo (0.87 mg/g leaves). The result of correlation analysis revealed to be a significant positive correlation between GFG and TL concentrations (α=0.05), though their correlation coefficient was very low (r=0.153). In autumn of 1997, quantitative analysis was repeated using 42 ginkgo trees which were selected on the basis of the result from the first year. Between yearly products of GFG and TL, there was a significant correlation at 0.01 and 0.05 level respectively (r=0.512 and 0.358). On the other hand, additional 36 ornamental trees were selected in Namsan area for experimental efficiency. The result was similar to the previous result from 282 ginkgo trees. Based on the results as described above, we

carried out different statistical analyses to determine the factors which play a major role on the concentration of GFG and TL. Firstly, we classified 282 sample trees as 4 grades by their age-class, a group of under 5-years-old seedlings showed the highest concentrations in both compounds, GFG and TL. The concentrations of GFG and TL decreased against age-class. Secondly, male trees were not different from female trees significantly. Thirdly, from the result of analysis of variance by crown shape and leaf density, type A (a type of trees whose thick branches were spread irregularly and twig and leaf density was thin) showed higher GFG concentration relatively than other types. Lastly, According to the result of seasonal variations tested in four province, GFG concentration was highest in May and gradually reduced by October in the all province, while TL content was very irregular in each province. Generally, the proper season for collection of foliage was from September to October. Allozyme and RAPD variants were studied in megagametophytes of *Ginkgo biloba* L. In fifteen enzyme systems, 20 isozyme zones were observed, and there were 11 polymorphic zones in them. Those were *Acon-A, Fest-B, Gdh-A, Got-B, Mdh-B, Mdh-C, Mnr-A, Pgi-B, Pgm-A, 6pgd-B* and *Skdh-B*. The segregation of electrophoretic variants at these 11 zones suggested that each isozyme zone was controlled by single locus with two or three codominant alleles. No significant deviations from 1:1 Mendelian segregation were observed at all polymorphic loci tested. On the other hand, based on chi-square test, a total of 31 RAPD markers, amplified by the 5 primer, revealed to be segregated according to the Mendelian ratio in the 48 megagametophytes at 95% significance level. We have also examined the genetic diversity in megagametophytes of *Ginkgo biloba*, by using the patterns of variation at 20 isozyme loci and 31 RAPD loci based on their Mendelian inheritance patterns as previously tested. The number of alleles per locus (*A/L*), the proportion of polymorphic loci (*P*) at 95% level, the observed heterozygosity (*Ho*) at isozyme loci were 1.7, 49% and 0.177, respectively, while the values for *A/L, P, Ho* at RAPD loci were 1.92, 92.1% and 0.434, respectively.

The level of genetic diversity at RAPD loci was greater than that of isozyme loci in most cases. Additionally, the group of 30% outranking others in GFG or TL concentration revealed to have more higher *Ho* value than the rest. In different multiple propagation systems of *Ginkgo biloba*, the higher survival rate and rooting ratio confirmed that the greenwood cuttings is the most effective method.

In the section of ecophysiology and management practices, aboveground tree biomass and distribution of nutrients between tree components and within the major components of the ecosystem were determined for a 15-year-old ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) plantation. Total ecosystem biomass (excluding roots) was 160.6t/ha, of which 79% was soil organic matter, 6% was forest floor and 15% was living aboveground biomass. Total aboveground tree biomass was 23.8t/ha, of which 10% was foliage. The greatest proportion of total ecosystem nutrient capital was contained in the mineral soil. Especially of the total contents of N and P, more than 90% were contained in the upper 20cm mineral soil. Foliage only harvesting of ginkgo trees commonly practiced in Korea might degrade site quality, proper nutrition management plans should be considered if foliages were harvested regularly. In 1997, we measured seedling growth, foliar nutrient and extract concentrations of 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings growing in a nursery following a single fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P) and nitrogen plus phosphorus (N + P) fertilizations. Fertilization did not change foliage, stem and root biomass of the seedlings except for the high N + P treatment. Foliar N and P concentrations following fertilization varied according to the amount of fertilizers. In general, foliar N and P concentrations increased with fertilization, but fertilization with 400kg N/ha and 100kg P/ha decreased foliar N and P concentrations, respectively. Seedling growth and foliar nutrient concentrations showed that N and P were the growth-limiting nutrients in our study site. It was found that fertilization reduced the concentrations of secondary metabolites (Ginkgo Flavon Glycosides and Terpene Lactones) in foliages. It seemed there was a relationship between foliage biomass production and secondary chemicals in *G. biloba* seedlings. Foliage and twig cutting practices increased the concentration of Terpene Lactones, however, did not change the concentration of Ginkgo Flavon Glycosides. Also shading significantly increased the concentration of Ginkgo Flavon Glycosides in the foliage. Nitrogen, P and K concentrations in foliage significantly decreased before foliage senescence, however, Ma and Ca concentrations increased throughout the growing season. Nutrient retranslocations were 30-50% for N, 30-70% for P, and 2-55% for K, respectively whereas Ca and Mg accumulated 205-476% and 77-114% of seasonal minimum concentration. These results indicated that Ca and Mg should be supplied when foliage harvesting practices applied continuously.

In the section of wood properties and wood utilization, basic and processing properties of Gingko wood were investigated, and possible uses for Gingko wood were proposed based upon its properties. Anatomical, physical, chemical, and mechanical properties were examined as basic properties. Drying characteristics, gluability, paintability, steam-bending properties, and biological and nonbiological discoloration were investigated as processing properties. The sapwood and heartwood are not sharply differentiated, the wood being whitish and pale yellow in color. The grain is almost invariably straight, whilst the texture is fine and uniform with no distinctive figure. The dimensional stability is good and total volumetric shrinkage is 9.3%. The anisotropy in transverse shrinkage is not great, meaning that the occurrence of cup in board is not severe during drying. The amount of ash is somewhat higher than that of typical temperate species due to the presence of idioblast containing calcium hydroxide; however, this amount is not high euough to affect the machinability. Mechanical properties are not strong, hence Gingko wood cannot be used for structural purposes such as structural furniture parts. The wood dries rapidly and easily with little or no degrade, and kiln schedule T10F5 is suggested. The wood is easy to work in all operations with hand and machine tools. The wood finishes well and glues satisfactorily. Steam-bending properties of wood is excellent. However, Ginkgo wood is very susceptible to attack by sapstain and mold fungi, suggesting that prompt application of anti-stain chemical will be essential for preventing fungal colonization in order to maintain aesthetic value of Gingko wood. Although Ginkgo wood does not have a distinctive figure and favorable color, it may be used for nonstructural furniture components and general interior construction when considered its properties.

Even though Korea has long history to grow Ginkgo trees, we did not pay much attention to use Ginkgo tree other than for using fruits and as ornament trees. It was very recent to see the ginkgo tree as a very useful resources. Because of the general trend of increase in blood circulation related diseases, we expect the demand for GBE will increase in the future in domestic and foreign market. Therefore, it is necessary to develop better model for production of Ginkgo leaves and fruits. We suggest the followings. Firstly, just by finding a better quality resource we can increase production efficiency by 15%. Secondly, it is necessary to grow Ginkgo more intensively to produce more and better products and reduce other costs. Thirdly, we have to render every effort to sell our products to foreign country especially to the United States since it is the biggest and one of the fast growing market.

CONTENTS

목 차

제 1장 서론

제 1절 연구개발의 목적과 범위

현재 우리나라에 생육하고 있는 은행나무 잎으로부터 추출, 분리된 Ginkgolides와 Ginkgoflavonoids 계통물질은 다른 나라의 물질보다 질적으로 매우 우수한 것으로 알려지고 있다. 그러나 물질추출을 위한 은행나무의 잎은 개체에 따른 함량의 차이 등을 고려치 않고 무계획적으로 수거되고 있어 잎의 품질면에서나 경제성면에서 불합리하고 낭비되는 요소가 많다. 또한 적절한 시업관리가 없는 상태에서 계속적으로 잎을 채취하는 까닭에 물질생산의 근원이 되는 양분의 결핍상태에 있을 것으로 추측된다. 따라서 유용추출물질의 양을 증가시키기 위해 필요한 시업관리에 대한 연구가 요구된다. 더욱이 유용추출물의 수요는 계속 증가될 것이고 수출의 가능성까지도 충분한 점을 감안할 때, 추출물질의 함량이 높은 우량개체의 선발, 증식, 효율적인 무육 등에 의한 추출물질의 생산증대나 대량생산을 위한 기술개발은 은행나무 자원의 경제적 이용측면에서 매우 전망이 밝다고 하겠다. 또한 잎 이외의 부위의 추출물의 조사나 목재의 용도개발 역시 은행나무자원의 효율적 활용측면에서 매우 중요하다고 생각된다. 한편 본 연구결과는 "리우 환경 회의" 이후 issue화되고 있는 유전자원 보전 측면에서의 은행나무의 보전전략에 대한 기초자료를 제공해 줄 수도 있을 것이다.

본 연구의 목적과 범위를 세부과제별로 기술하면 다음과 같다.

1. 유전육종증식 분야

<u>연구목적</u>

은행나무 엽내 유용추출물 함량의 지역간, 개체간 차이 및 시기별, 영급별, 수세별 차이를 구명하여 우량개체 선발에 필요한 근거를 마련하고, 은행나무 유전변이의 양과 변이 폭을 조사하여 유전자원 관리에 필요한 기초자료를 확보하는 한편, 개체의 대량증식 방법을 강구하는 것이다.

연구범위

1차년도에는 추출물 함량이 월등한 우량개체의 선발을 위하여 전국 각지에서 다양한 영급을 가진 282개체로부터 잎을 채취하여 추출물 함량을 분석하였으며, 은행나무 유전자원의 관리·보존을 위한 기초 자료의 확보 및 개체별 유전적 특성을 구명하기 위한 기초실험으로 종자의 배유조직을 사용하여 동위효소 표지자의 분석조건을 결정하였다. 또한 우량개체의 대량증식을 위한 기초 실험으로 은행 종자내의 성숙배와 성숙목 어린가지의 정단부 및 액아로부터 부정아를, 잎조직으로부터 callus를 유도하는 실험을 수행하였다. 2차년도에는 전년도에 성분이 분석된 개체 가운데서 성적이 월등한 우량개체와 중간 및 하위의 성적을 보인 개체를 42본 선발, 다시 한 번 잎을 채취하여 추출물 함량을 반복적으로 분석하여 전년도의 성적과 비교하였으며, 이와 별도로 인접한 남산 지역에서 수형의 변이가 뚜렷한 35본의 개체를 선발하여 이들의 엽 추출물 함량을 분석하였다. 개체별 동위효소 유전변이 분석은 1차년도에 시험된 적정 분석 조건에 의거, 다형성을 보이는 유전자좌의 표현형 분리비 검정을 통해 각 유전자좌의 유전양식을 구명하였다. 우량개체의 대량증식 방법 개발을 위해 조직배양묘의 발근시험과 녹지 삽목에 의한 영양증식 방법이 병행되었다. 3차년도에는 2차년도에 조사된 남산 지역 가로수 35개체의 추출물 함량을 반복분석하여 그 결과를 전년도의 결과와 비교하였으며, 이들의 평균값을 개체별 수형의 특성과 연관지어 분석하였다. 또한 계절별, 월별 시기에 따른 추출물의 함량 차이를 구명하기 위해 따로 4지역에서 표준목을 선정하여 정기적으로 함량을 분석하였다. 유전변이 분석은 기존의 동위효소 표지자 이외에 종자의 배유조직으로부터 추출한 total DNA를 이용하여 PCR을 수행, RAPD 표지자를 확보하고 이들을 이용하여 개체별 유전적 변이와 특성을 확인하고 유전자형과 추출물 함량과의 관계를 비교·분석하는 작업이 수행되었다.

2. 생리생태시업관리 분야

연구목적

은행나무 부위별 생체량을 추정할 수 있는 회귀식을 조제하고, 각종 시업처리가 잎의 생산 또는 유용 추출물의 생산에 어떠한 영향을 주는지를 밝혀 이를 시업관리의 기초 자료로 삼으려 하는 것이다.

연구범위

생리생태시업관리 분야에서는 은행나무 자원의 이용을 위한 기초연구 및 잎에서의 추출물 농도를 높일 수 있는 시업방안을 연구하는 것을 주 목표로 설정하였다. 연차별로는 1차년도에 우선 은행나무 물질생산량을 추정하기 위한 회귀식을 개발하며, 생태계 구성 부위 즉 임목, 낙엽층, 토양별로 양분의 분포량을 조사하는 것이며, 2차년도에는 시비를 통하여 잎에서의 추출물 농도 변화 상태를 파악하고 적정한 시비량 산정을 위한 자료를 구축하며, 시비 후 묘목의 생장 변화 상태를 파악하는 것이다. 3차년도에는 2차년도에 얻은 시비결과를 확대하여 실행함으로써 시비가 추출물 농도에 미치는 효과를 구명하며 시비 이외의 다른 처리방법 예를 들면 잎 절단, 가지절단, 차양등과 추출물 농도간의 관계를 밝히고, 동시에 잎에서 양분의 계절적 변화를 파악하여 양분 관리의 자료를 구축하는 것 등이다.

3. 목재이용가공 분야

연구목적

은행나무 목재를 가구부재와 건축내장재 용도로 사용하고자 이들 용도와 관련된 목재의 외관평가, 기초재질 및 제반 가공적 성질들을 중점적으로 조사하여, 이를 기초로 은행나무 목재의 적정용도를 제시하고자 함이 연구개발의 목적이다.

연구범위

목재이용가공 분야에서는 은행나무 목재의 가구부재와 건축내장재로의 용도 개발을 위해 목재의 외관평가, 기초재질 조사, 가공성 조사를 실시한 후 이들을 종합하여 은행나무 목재가 가구부재나 내장재로의 이용이 적합한지를 최종 판정하였다.

4. 경제성분석 분야

연구목적

은행잎, 과실, 목재 등의 은행나무 자원이용에 따른 경제성의 분석을 통해 농가의 소득 작목으로써의 이용 가능성을 타진하고, 우량 개체의 증식에 따른 생산성확대가

가져오는 소득증대 가능성을 검토하는데 있다.

연구범위

본 연구에서는 은행잎, 과실, 목재 등의 생산물을 위한 계획적인 조림의 효과에 대한 분석을 하였다. 현재 국내에서 생산되는 은행잎의 거래가격이 중국산을 수입하는 것보다 더욱 높아 은행잎을 수입하고 있는 현재의 상황을 고려하면 유용물질의 함량이 높은 품종의 개발과 증식이 매우 중요한 과제일 것이다. 목재의 이용은 은행나무의 재질상의 특성이 가공성이 매우 높아 가구부재로써의 이용이 가능할 것으로 보인다. 한편 국내외의 은행잎 추출물에 대한 수요와 공급분석을 통해 수출 가능성에 대한 상황을 살펴봄으로써 현재 국내의 은행잎 추출물의 생산업체가 가지고 있는 문제인 공급초과현상을 해소하고, 은행잎 생산농가가 갖고 있는 중요한 문제인 판로확보를 해결하는 방안에 대해 고찰하였다.

제 2장 유전육종증식 분야

제 1절 서설

은행나무는 살아있는 화석이라고 불리울만큼 오랜 세월동안 크게 변화하지 않고 생존해 온 독특한 식물로 약 2억년전인 삼첩기(Triassic) 말에 출현하여 쥐라기(Jurassic)에 번성한 것으로 알려져 있다. 은행나무 열매는 인류역사상 오랫동안 식용 또는 약용으로, 목재는 고급 가구재로 사용되어 왔으며, 최근에 이르러서는 잎으로부터 약리효과가 높은 성분(ginkgo flavone glycosides, ginkgolides, bilobalides)이 추출됨으로써 경제성 있는 수종으로 각광받기에 이르렀다.

그러나 아직까지 인위적인 시업을 통하여 은행나무 자원을 효율적으로 관리하고 이용하는 것에 관한 시도는 체계적으로 이루어지지 않고 있으며, 물질추출을 위한 은행나무의 잎은 개체에 따른 함량의 차이 등을 고려치 않은 채 가로수나 공원수를 위주로 무계획적으로 수거되고 있어 자원의 효율적 활용 면에서 불합리한 점이 많은 것이 사실이다. 현재 은행나무 잎으로부터 추출된 유용물질을 함유하고 있는 약품의 시장이 미국이나 유럽을 중심으로 점차 확대되고 있으며 그 수요도 계속 증가될 것으로 예상되는 점을 감안할 때, 추출물질의 함량이 높은 우량개체를 선발, 대량증식하여 물질생산을 증대시키고 이를 지속적으로 유지하는 방법을 개발하는 일은 매우 중요한 일이라 생각된다. 뿐만 아니라, 앞으로 잠재적 고부가가치를 지닌 생물자원으로서 은행나무의 유전자원을 보존, 관리하는 것 역시 중요한 현안이라 생각된다.

따라서 본 분야에서의 연구개발 목적은 은행나무 엽 내 유용추출물 함량의 지역간, 개체간 차이 및 시기별, 영급별, 수세별 차이를 구명함으로써 우량개체 선발에 필요한 근거를 마련하고, 은행나무 유전변이의 양과 변이폭을 조사하여 유전자원 관리에 필요한 기초자료를 확보하는 한편, 개체의 대량증식 방법을 강구하는 것으로 요약될 수 있겠다.

제 2절 우량개체 선발을 위한 엽 내 추출물 함량의 분석

1. 재료 및 방법

연구 1차년도(1995 1996년)에는 전국에 소재하는 노거수 또는 보호수를 포함한 다양한 영급의 총 282개체를 선정하여(Table 1,2) 개체별로 300g 내외의 잎 시료를 채취하였다. 채취시기는 엽내 추출물함량이 높다고 알려진 단풍이 시작되기 직전인 9월 중,하순이었다. 채취된 시료는 실험실 안에서 서서히 기건시킨 후 50 mesh 이하로 분쇄하여 성분추출 및 정제에 사용하였다. 상세한 실험 방법 및 분석 조건은 다음과 같다. 기건, 분쇄된 은행잎 50g을 10배 부피의 50% methanol(v/v)로 3시간씩 3회 추출하여 여액을 모은 후 감압농축하여 용매를 제거하고 증류수를 가해 500㎖로 희석하였다. Ginkgo Flavon Glycosides(GFG)의 분석을 위해서는 Sticher(1993)의 방법을 변형시켜 사용하였는데, 위의 용액으로부터 50㎖를 취하여 동결건조한 후 고형분을 1.5N HCl 20㎖ 및 methanol을 가하여 용해시키며 정확히 50㎖로 표선하였다. 이를 100℃ water bath에서 25분간 가수분해 후 HPLC를 이용하여 quercetin, kaempferol 및 isorhamnetin의 양을 정량하고 각각의 화합물의 glycoside 형태의 양을 산정하였다. HPLC 분석은 물:메탄올:초산(60:40:3)의 혼합용매를 이동상으로 하여 NovaPak C18(3.9×150㎜) column으로 UV 365㎚에서 검출하였다. 한편 Terpene Lactones(TL)의 함량분석을 위해서는 Van Beek 등(1991)의 방법을 사용하였는데, GFG분석 후 남은 추출용액 450㎖를 동량의 ethyl acetate로 3회 층분리한 후 ethyl acetate 층을 모아 감압농축시키고, 이를 다시 5㎖의 methanol에 녹여 Sep-pak으로 전처리한 후 여과하여 물:메탄올(8:2)의 혼합용액을 이동상으로 역시 NovaPak C18(3.9×150㎜)을 이용하여 Pefractive Index(RI) 검출기로 bilobalide 및 Ginkgolide A, B, C, J를 정량하였다.

Table 1. The local distribution of ginkgo trees from which leaves were collected.

Province	Seoul	Kyunggi	Kangwon	Chung buk	Chung nam	Cheon buk	Cheon nam	Kyung buk	Kyung nam	Total
No. of Trees	19	41	26	31	42	30	21	44	28	282

Table 2. The sex distinction(a) and ages(b) of ginkgo sample trees.

(a) Sex

♂	♀	Total
88	167	253

* The information on the sex of 29 sample trees was not available.

(b) Age

1-99	100-299	300-499	500-	Total
53	86	77	64	280

* The information on the age of 2 sample trees was not available.

위 실험으로부터 얻어진 data는 분산분석 및 상관분석을 통해 각 추출물 함량이 개체별, 지역별로 차이가 있는지의 여부와 각 함량간의 상관관계가 분석되었으며, 아울러 영급 및 성별 등의 특성과 추출물 함량간에 어떠한 관계가 있는지에 대해서도 검정되었다. 잎이 채취된 개체의 암수 구별은 253개체에 대해 잎 채취시 비교적 용이하게 이루어졌으며 나이는 기록을 참조하거나 인근 주민에게 물어서 280개체에 대해서 간접적으로 추정되었다(Table 2). 이상의 모든 통계분석은 SAS program을 사용하였다.

위에서 분석된 추출물질 함량의 결과를 토대로 이듬해(1996 1997년)에는 함량분석의 반복실험이 이루어졌다. 먼저 함량이 분석된 282개체 중 서울·경기 지역 및 충청남도, 경상북도 지역에서 두 가지 성분 함량이 높게 나타난 개체와 상대적으로 성분 함량이 낮았던 개체목들을 포함하여 총 42개체를 선발하였으며, 1996년 6월 하순과 7월초에 걸쳐 이들의 소재를 재확인하였다. 이후 전년도의 경우와 동일한 방법으로 9월

중순(9월 10일 21일)에 선발대상 개체의 잎을 채취, 추출물 함량을 분석하여 이것을 전년도 성적과 비교, 분석하였다.

한편, 조사된 개체목들은 전국적으로 분산되어 있어 정기적인 생리·생태적 변화의 관찰 및 연구가 어려운 실정이므로 이러한 점을 보완하기 위해 서울 시청의 협조를 얻어 서울 지역에서 은행나무가 많이 식재된 지역 가운데 비교적 인위적인 손상이 적고 외형적 특성 구분이 뚜렷이 드러나는 남산 지역 가로수들을 36본 선발하였다. 이들을 대상으로 수형의 특징 등 외형적 변이를 조사하는 한편, 2개년에 걸쳐 (1996 1997년) 9월 중순경 위와 동일한 방법으로 엽을 채취, 각 개체들의 추출물 함량의 특성과 그 반복분석을 수행하였으며, 역시 SAS program을 사용하여 각 성분별 상관관계 및 2년에 걸쳐 반복분석된 추출물 함량간의 상관관계를 분석하였다. 또한 여기서 얻어진 data를 개체목의 수형, 즉 엽과 소지의 밀도와 가지가 뻗는 모양, 전체적 수관모양 및 지하고 등을 기준으로 A, B, C, D의 4가지 형태로 분류하여 수형에 따른 추출물 함량의 상관관계 여부를 검정하였다.채취시기에 따른 엽 내 유효성분함량의 변화를 알아보기 위해서는 서울 안암동지역, 경기 덕소 지역, 전남 광양지역, 경북 대구지역에서 일정크기 이상의 표준목을 선정하여 1998년 새잎이 거의 다 자란 5월 중순부터 낙엽이 지는 11월까지 1개월에 한 번 꼴로 잎을 채취하여 위와 동일한 방법으로 추출물 함량을 분석하였다.

또한 모수의 외형적 특성이나 변이가 다음 세대에 어떻게 표현되는 가를 알아보기 위해 이미 추출물 성분이 분석된 개체 가운데서 종자가 충분히 확보된 25개체로부터 개체당 평균 20립 정도를 선택하여 11월 중순경에 노천매장하였다가, 이듬해 4월에 고려대학교 덕소농장 묘포장에 파종하였다. 파종 후 묘상은 적당히 관수하고 짚으로 덮어 해가림을 하고 정기적으로 발아 정도를 조사하였으며, 생장이 완료되었다고 생각되는 시점인 9월 말에 최종묘고를 측정한 후 엽을 채취하였다. 수확한 잎은 실험실에서 생중량을 측정한 후 Winfolia 4.0 program을 이용하여 엽면적 및 엽장, 엽폭, 엽병길이, 엽저각도 등을 측정하였으며, dry oven에서 75±3℃ 조건으로 항량건조시킨 후 건중량을 측정하였다. 추출물 함량 분석을 위한 엽량(200 300g)은 최소한 5년생 정도의 묘목에서 얻어질 수 있기 때문에 추출물 분석은 불가능하였다. 이렇게 얻어진 묘목의 형태적 특성에 관한 data는 분산분석을 통하여 각 인자의 모수별, 개체별 차이가 구명되었고 모수의 추출물 함량과 이들의 생장특성간의 관계 여부도 분석되었다.

2. 결과 및 고찰

가. 선발된 개체목들의 엽내 추출물 함량분석

1차년도에 전국으로부터 선발된 282개체의 잎으로부터 정제된 Ginkgo Flavon Glycosides (GFG)와 Terpene Lactones (TL) 함량에 관한 기초적인 통계량은 Table 3에 나타내었다.

추출물의 함량분석 결과 가장 두드러진 특징은 개체별 함량의 현저한 차이였다. GFG의 경우 전체함량의 개체별 분석결과를 살펴보면 최소치 1.01mg/g엽, 최대치 19.03mg/g엽 으로 매우 크게 나타났으며, GFG에 속하는 세 가지 성분의 개체별 최대치와 최소치를 비교하였을 때에도 각각 21.6배, 9.7배, 22배로 많은 차이가 있음을 알 수 있었다. TL의 경우에도 개체간의 변이가 매우 두드러져 전체함량의 경우, 최소치 0.24mg/g엽, 최대치 7.46mg/g엽 으로 무려 31배의 차이를 보였다.

Table 3. Ginkgo Flavon Glycosides (GFG) and Terpene Lactones (TL) concentrations from foliage of 282 trees.

	Mean(mg/g)	Standard deviation	Range	
			Min.	Max.
<Ginkgo Flabon Glycosides>				
Quercetin Glycoside	3.23	1.56	0.22	11.05
Kaempferol Glycoside	3.77	1.46	0.61	8.50
Isorhamnetin Glycoside	1.24	0.61	0.09	3.27
Total	8.24	3.00	1.01	19.03
<Terpene Lactones>				
Bilobalide	0.73	0.55	0.01	3.79
Ginkgolides(A,B,C & J)	0.72	0.60	0.07	4.45
Total	1.46	1.01	0.24	7.46

한편, 이들의 성적을 지역별로 구분하여 분석한 결과를 Table 4 및 Figure 1, 2에 나타내었다. GFG의 경우, 비록 표본수가 적으나 강원도 영서지역에서 Quercetin Glycoside (QG), Kaempferol Glycoside (KG), Isorhamnetin Glycoside (IG) 세 성분의 합이 평균 12.19mg/g잎으로 다른 지역에 비해 월등히 많았으며, 전북과 전남, 경북지역에서 평균이상의 높은 함량을 보였다. 반면 강원 영동 지방의 GFG 함량은 평균 6.87mg/g잎으로 가장 낮아, 인접한 영동지역의 절반정도에 불과한 결과를 보였다. 이러한 결과는 전북,전남 지역과 충남,충북 지역에서 각각 세 성분 모두의 함량 평균치가 비슷하고 그 총량도 큰 차이가 없는 것과는 상반되는 것이었다. 경기지역을 제외한 모든 지역에서 공히 세 성분의 함량은 KG>QG>IG의 순인 것으로 나타났는데, 경기지역에서는 QG의 함량이 KG 함량의 약 110% 정도로 보다 높은 결과를 나타내었으며 서울지역은 QG의 함량과 KG함량이 거의 동일하게 나타나 상대적으로 높은 QG함량을 보였다.

TL의 Bilobalide와 Ginkgolides 전체함량의 평균은 서울 지역에서 가장 높은 수치를 보였는데, 이는 두 성분이 모두 가장 낮은 함량을 지닌 것으로 나타난 강원 영서 지역의 각각 3.4배, 2.6배였다(Table 4). 특히 강원 영서 지역은 GFG의 함량은 가장 높았으나 TL 함량은 최하위를 기록하였으며, 이러한 양상은 전북과 전남에서도 비슷하였다. 이와는 대조적으로 GFG의 함량이 낮은 편이었던 경기와 강원 영동 지역은 비교적 높은 TL 함량을 보였다. 그러나 두 성분의 함량이 이러한 상반된 결과만을 보이는 것은 아니어서, 지역들이나 개체들 중에는 두 가지 성분의 함량이 모두 평균치를 훨씬 웃도는 것이 있는 반면, 양쪽 모두 극소량을 갖는 것 등 다양한 양상을 볼 수 있었다. 충북, 충남 및 경북, 경남 지역에서는 GFG와 TL 함량의 상대적인 순위가 비슷하게 나타났다. 한편, BL과 GL의 평균함량은 서울, 강원 영동, 충북, 충남 지역에서는 BL의 함량이 보다 높게 나타난 반면, 경기, 강원 영서, 충남, 경북 지역에서는 TL의 평균함량이 더 높은 것으로 나타나 일정한 경향성을 보이지는 않았다.

Table 4. Ginkgo Flavon Glycosides (GFG) and Terpene Lactones (TL) concentrations from foliage of 282 trees classified by province.

Province (No.)	GFG(mg/g leaves)				TL(mg/g leaves)		
	QG	KG	IG	GFG total	BL	GL	TL total
Seoul (19)	3.52	3.54	1.09	8.15	1.30	1.27	2.57
Kyunggi (41)	3.19	2.90	0.92	7.01	0.95	0.97	1.92
Kangwon-Dong (15)	2.49	3.45	0.93	6.87	0.86	0.71	1.58
Kangwon-Seo (11)	4.82	6.11	1.26	12.19	0.38	0.49	0.87
Chungbuk (31)	2.93	3.18	1.28	7.39	0.60	0.56	1.15
Chungnam (42)	3.03	3.45	1.12	7.60	0.59	0.63	1.23
Cheonbuk (21)	3.38	4.91	1.67	9.96	0.73	0.50	1.22
Cheonnam (30)	3.52	4.64	1.73	9.89	0.59	0.53	1.12
Kyungbuk (44)	3.37	3.98	1.24	8.59	0.75	0.76	1.51
Kyungnam (28)	2.85	3.45	1.26	7.56	0.62	0.72	1.34
Total (282)	3.23	3.77	1.24	8.24	0.74	0.72	1.46

Figure 1과 2는 GFG와 TL 함량의 지역별 변이폭과 표준편차를 나타낸 것이다. 서울과 충남, 경북지역에서 개체에 따른 GFC 총량의 최소값과 최고값의 차이가 크게 나타난 반면 충북에서는 개체간의 변이가 가장 적어 범위가 좁게 나타났다. 또한 평균과 표준편차를 기준으로 하여 볼 때 대부분의 지역에서 개체목들의 GFG 함량은 최대, 최소값의 범위내에서 고른 분포를 보였으나, 서울지역의 경우는 지역 평균값은 거의 높지 않으나 함량이 월등한 몇몇 개체의 존재로 인해 분석된 대부분의 개체의 성적이 분포범위의 아래쪽에 치우쳐 있는 경향을 볼 수 있었으며, 반대로 강원 영동지방은 대부분 함량범위의 위쪽으로 개체들이 분포하는 것으로 나타났다(Figure 1).

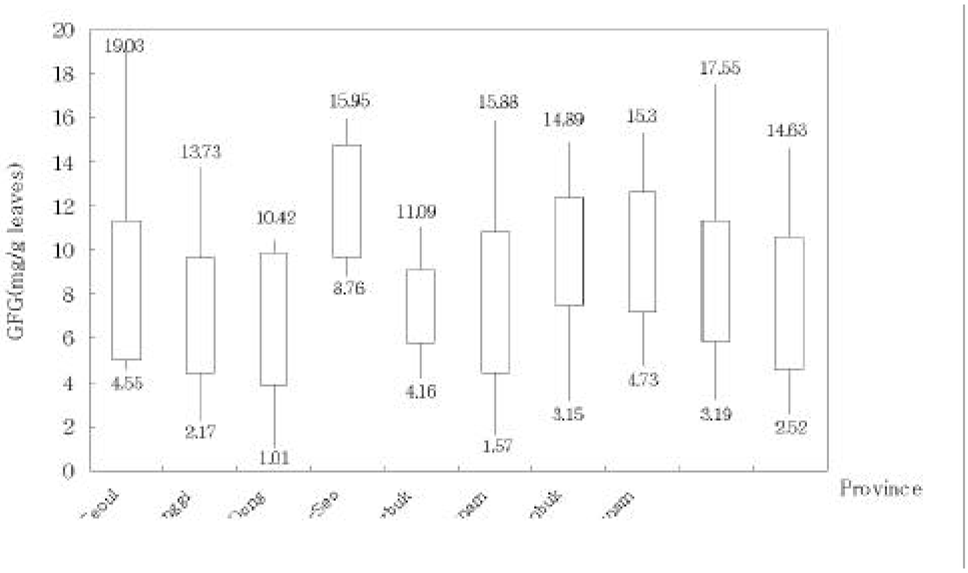


Figure 1. The ranges of GFG concentration (solid line) and ±1 standard deviation (empty bar) in each province. (Kw:Kangwon)

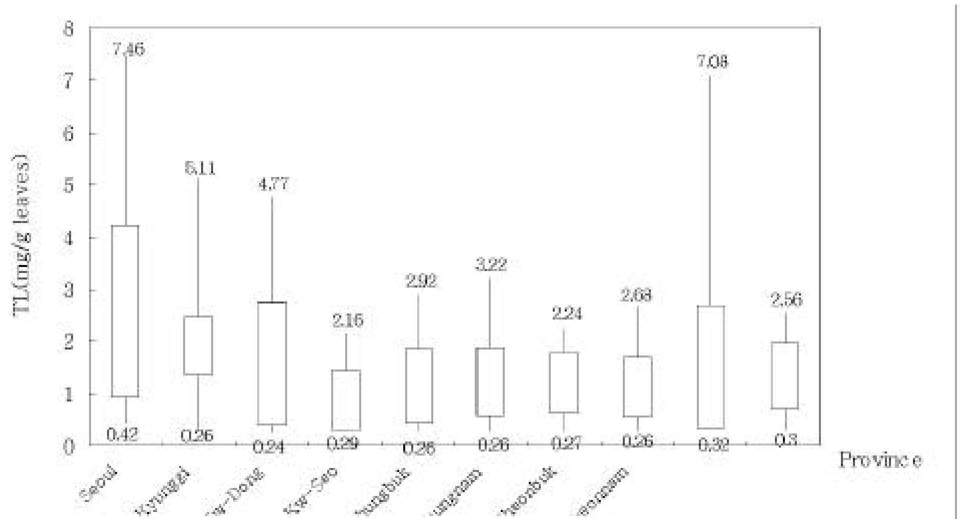


Figure 2. The ranges of TL concentration (solid line) and ±1 standard deviation (empty bar) in each province. (Kw:Kangwon)

TL의 경우에는 전체 함량의 개체간의 차이가 서울과 경북지역에서 크게 나타났으며, 충북과 강원 영서지방에서 그 분포범위가 상대적으로 좁았다. 표준편차의 값은 서울지역에서 가장 큰 것으로 나타났으며, 강원 영동 및 영서지역, 충북, 경북지역 등에서 대부분의 개체들이 함량범위의 아래쪽으로 치우쳐 분포하는 경향을 볼 수 있었다 (Figure 2).

분석된 추출물 함량간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. GFG 총량과 TL 총량간에는 5% 수준에서 상관관계가 인정되었으나 상관계수는 r=0.153으로 매우 낮았다. 그러나 GFG와 TL에서 공히 속해있는 성분들간에는 고도의 상관관계가 인정되었다. GFG 와 TL간의 비교에서는 동일계통의 성분이나 총량과만의 상관을 보인 IG와 GL을 제외하고는 모두 상관관계가 있었다. GFG의 IG 성분은 TL 총량은 물론 이에 속하는 BL, GL과의 관계가 없었으며, TL의 GL함량 역시 GFG의 총량이나 이에 속하는 세 성분과의 상관관계가 인정되지 않았다.

Table 5. The correlation coefficient (r) among the average concentration of analyzed substances.

	GFG(mg/g leaves)			TL(mg/g leaves)		Total GFG	Total TL
	QG	KG	IG	BL	GL		
QG	1.000						
KG	0.504*	1.000					
IG	0.517*	0.438**	1.000				
BL	0.208**	0.229**	0.083	1.000			
GL	0.110	-0.005	-0.065	0.547**	1.000		
Total GFG	0.870**	0.838**	0.686**	0.237**	0.041	1.000	
Total TL	0.178**	0.121*	0.006	0.867**	0.892**	0.153*	1.000

한편, 2차년도에 성분함량을 상, 중, 하위로 구분하여 42본에 대해 추출물함량을 반복분석한 결과를 Figure 3에 나타내었다.

2차년도에 반복분석된 함량은 대체적으로 1차년도의 수치에 비해 약간 적게 나온 경향을 보였다. 이는 함량분석 과정에서 computer 고장으로 인해 분석결과의 미세부분을 확대하여 peak를 인식하는 정확도가 떨어졌기 때문이며, 특히 TL의 경우 결과 판정의 정확성을 기하기 위해 보다 정밀한 정제과정을 거침으로써 함량에 약간의 손실이 발생되었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 1차년도와 2차년도에 걸쳐 분석된 각 개체들의 성분함량의 상관관계를 분석한 결과, GFG 총량의 경우 유의수준 $\alpha=0.01$에서 상관계수 $r=0.5115$로, TL 총량의 경우는 $\alpha=0.05$에서 $r=0.3581$로 나타나 양측의 상관관계가 통계적으로 인정되었다. 이러한 결과는 위에 언급한 문제점이 있음에도 불구하고 각 성분함량의 많고 적음이 개체 고유의 특성에 상당부분 근거한다는 가정을 한층 뒷받침해주는 것으로 사료된다.

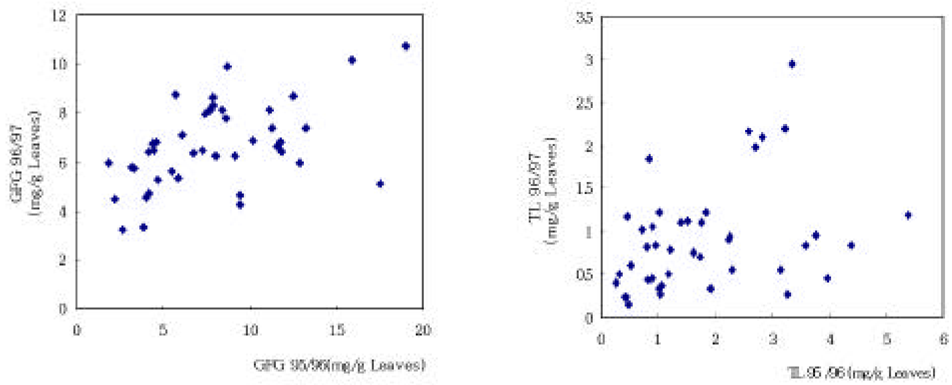


Figure 3. The plots of GFG and TL concentrations analyzed in the years 1995/96 and 1996/97.

Table 6와 7에는 지속적인 관찰 및 시료작업등의 원활한 작업을 위해 선발된 남산 지역 36개체별 추출물 함량과 이들에 대한 요약된 결과를 제시했다.

실험 결과를 통해 입지환경이 유사한 동일지역임에도 불구하고 개체간 각 성분의 변이가 매우 큰 것을 알 수 있었다. GFG 총량의 경우 개체에 따라 4.72 18.35mg의 범위를 보여 4배 이상의 차이를 보였으며 TL총량의 경우에는 개체에 따라 0.2 2.39mg의 범위로 더욱 현저한 차이를 나타냈다. GFG의 세가지 성분함량은 역시 KG, QG, IG의 순이었으며, TL에서는 BL과 GL함량 차이가 거의 없었다. 그러나 개체의 1/4정도는 QG의 함량이 KG의 양보다 많았다. 일부개체 (18, 28, 32)에서는 KG의 함량이 7mg이상으로 전체 GFG양의 60%이상을 초과함이 관찰되었다. TL의 경우 전체 함량이 워낙 적게 조사되어 개체간의 경향을 구체적으로 언급함이 큰 의미가 없는 것으로 사료되었다.

Table 6. Ginkgo Flavon Glycosides (GFG) and Terpene Lactones (TL) concentrations from foliage of 36 ginkgo trees in Namsan area.

	Mean (mg/g)	Standard deviation	Range Min.	Range Max.
<Ginkgo Flabon Glycosides>				
Quercetin Glycoside	3.99	1.51	1.19	7.40
Kaempferol Glycoside	5.10	1.64	2.53	9.97
Isorhamnetin Glycoside	1.90	0.73	0.67	3.97
Total	11.01	3.00	4.72	18.35
<Terpene Lactones>				
Bilobalide	0.50	0.26	0.04	1.31
Ginkgolides(A,B,C & J)	0.44	0.28	0.06	1.37
Total	0.94	0.44	0.20	2.39

Table 7. GFG and TL content (mg/g leaves) of 36 ginkgo trees selected in Namsan area.

No.	Ginkgo Flabon Glycosides(GFG)				Terpene Lactones(TL)		
	QG	KG	IG	GFG Total	BL	GL	TL Total
1	2.90	4.28	1.26	8.44	0.46	0.61	1.07
2	4.35	5.39	2.15	11.89	0.51	0.26	0.77
3	2.49	2.93	1.33	6.75	1.02	0.33	1.35
4	6.86	4.19	2.65	13.70	0.44	0.10	0.54
5	2.71	4.15	2.44	9.30	0.49	0.46	0.95
6	3.57	5.84	1.67	11.08	1.31	0.58	1.89
7	4.32	4.87	1.39	10.58	0.42	0.26	0.68
8	5.41	6.05	2.13	13.59	0.48	1.00	1.48
9	4.86	4.54	2.89	12.29	0.44	0.35	0.79
10	3.74	4.22	1.91	9.87	0.65	0.42	1.07
11	4.51	5.55	2.97	13.03	0.42	0.51	0.93
12	6.02	4.99	2.89	13.90	0.35	0.71	1.06
13	4.99	4.79	1.80	11.58	0.09	0.15	0.24
14	3.87	4.10	1.97	9.94	0.04	0.32	0.36
15	5.70	5.61	1.00	13.11	0.49	0.46	0.95
16	4.65	4.34	2.55	11.54	0.44	0.32	0.76
17	4.07	4.74	1.81	10.62	0.46	1.07	1.53
18	2.61	7.01	1.31	10.93	0.54	0.47	1.01
19	1.19	3.02	0.79	5.00	0.79	0.22	1.01
20	1.52	2.53	0.67	4.72	1.02	1.37	2.39
21	3.06	4.15	1.88	9.09	0.50	0.73	1.23
22	2.24	8.13	1.20	11.57	0.59	0.27	0.86
23	3.55	3.42	1.78	8.75	0.18	0.55	0.73
24	2.85	3.33	1.27	7.45	0.77	0.32	1.09
25	3.05	3.47	1.13	7.65	0.50	0.49	0.99
26	4.13	4.24	1.29	9.66	0.31	0.32	0.63
27	5.40	6.80	1.98	14.18	0.47	0.37	0.84
28	3.98	9.97	1.68	15.63	0.65	0.29	0.94
29	6.03	6.45	2.93	15.41	0.73	0.74	1.47
30	3.06	5.00	1.23	9.29	0.17	0.20	0.37
31	4.40	5.66	2.82	12.88	0.54	0.42	0.96
32	3.38	8.95	2.33	14.66	0.44	0.26	0.70
33	1.38	4.75	1.25	7.38	0.10	0.26	0.36
34	2.92	4.83	2.24	9.99	0.51	0.44	0.95
35	7.40	6.98	3.97	18.35	0.52	0.23	0.75
36	6.28	4.39	1.74	12.41	0.14	0.06	0.20
Mean	3.98	5.10	1.89	11.00	0.49	0.44	0.94

Table 8은 남산개체들로부터 분석된 각 추출물 함량간의 상관관계를 나타낸 것이다. GFG에 속하는 QG는 IG와 1% 유의수준에서, TL의 BL과 GL 사이에는 5% 유의수준에서 상관관계가 인정되었으며, GFG와 TL에 속하는 각각의 성분들은 1차년도의 결과와 마찬가지로 동일성분의 총량과는 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. GFG의 성분과 TL 성분들간에는 통계적으로 인정되지는 않았으나 대체적으로 상관계수 r이 -값을 나타내는 역상관의 경향을 보이는 것으로 나타났다. 또 GFG총량과 TL총량 역시 유의성이 인정되지는 않았으나 미미한 역상관관계의 경향을 보이는 것으로 분석되었다.

Table 8. Correlation coefficient among GFG and TL extracts of 36 ginkgo trees in Namsan area (critical value : **=0.01, *=0.05).

	QG	KG	IG	GFG Total	BL	GL	TL Total
QG	1.00000						
KG	0.25477	1.00000					
IG	0.67509**	0.28160	1.00000				
GFG Total	0.81569**	0.74493**	0.72812**	1.00000			
BL	-0.25656	-0.00186	-0.15473	-0.16817	1.00000		
GL	-0.14535	-0.16700	-0.08340	-0.18413	0.34898*	1.00000	
TL Total	-0.24322	-0.10493	-0.14404	-0.21467	0.81277**	0.82960**	1.00000

남산의 36개체 중 고사한 1개체를 제외한 35개체로부터 전년도와 동일한 방법으로 추출물을 채취, 분석하여 이를 Figure 4에 나타내었으며, 이를 전년도의 성적과 대비하여 상관분석을 실시한 결과 GFG 총량의 경우 상관계수 r=0.1302로 낮은 상관계수를 보였으나, TL 총량의 경우는 r=0.694로 α=0.01에서 상관관계가 통계적으로 인정되었다. 또한 전년도와 마찬가지로 GFG총량과 TL총량 간에는 역시 유의성이 인정되지는 않았다. 이러한 결과를 전년도에 전국 각지에 분포하는 개체목들을 대상으로 실시된 반

복실험의 결과와 비교할 때 GFG 총량에서는 다소 상관관계가 약하게 나타났으나 TL 총량에서는 오히려 더 강한 상관관계가 인정되어 이 추출물의 많고 적음이 개체 고유의 특성에 상당부분 근거한다는 가정을 뒷받침해주는 결과인 것으로 사료된다.

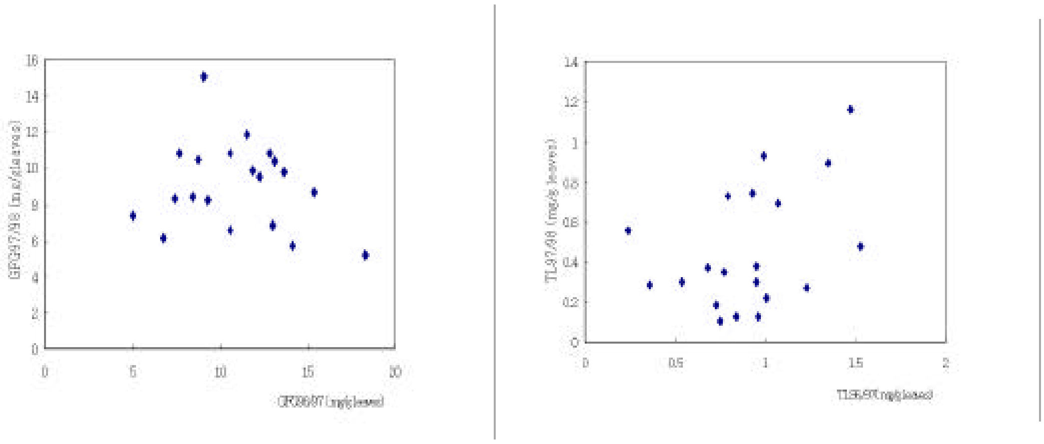


Figure 4. The plots of GFG and TL concentrations analyzed in the years 1996/97 and 1997/98 in Namsan area.

나. 영급 및 채취시기에 따른 엽 내 추출물 함량의 차이 분석

1) 영급에 따른 추출물 함량의 차이 분석

위의 분석 결과를 토대로 수령에 따른 추출물 함량의 차이를 알아보기 위해 280개체에 대해 추정된 수령을 4개의 등급으로 나누어 분산분석한 결과 GFG는 IG에서만 $\alpha=0.05$에서, TL의 경우는 BL, GL 모두에서 $\alpha=0.01$에서의 등급간 유의성이 인정되었는데, 두 성분 공히 연령이 가장 낮은 100년 미만의 개체에서 성분 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 이들을 다시 5년생 미만의 묘목의 경우와 비교, 분석한 결과(양이 부족하여 여러 개체의 잎을 모아서 분석) 역시 GFG와 TL 모두 이들 5년생 미만 묘목에서 현저히 높았으며, 수령이 증가할수록 점차 감소하여 수 십년 이상의 성목에서는 각각 50%, 30% 미만의 수준으로 떨어짐을 알 수 있었다(Figure 5).

이 결과는 은행나무에서 추출물을 위한 잎의 채취는 어린 묘목을 대상으로 이루어져야함을 보여주는 것으로 추출물 생산 증대를 위한 개체 선발 역시 어린 묘목을 대상으로 이루어져야 더 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 은행나무로부터 추출물을 생산하기 위해서는 우수품종이나 개체를 대량 증식시켜 고밀도로 식재하여 유시에 대량의 잎을 생산하는, 지금까지와는 전혀 다른 경영 체계를 갖추어야 할 것이다.

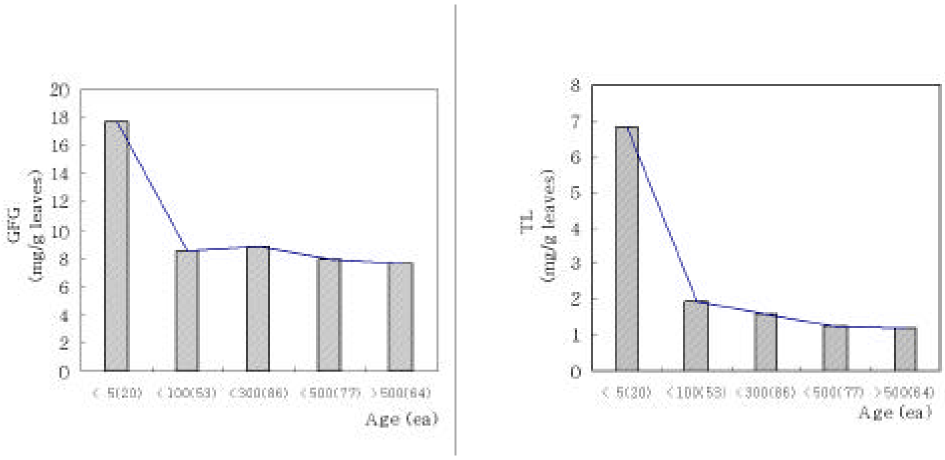


Figure 5. The variations of GFG and TL concentrations related to age-class in 280 ginkgo trees analyzed.

2) 성별에 따른 추출물 함량의 차이 분석

253개체를 대상으로 성별에 따라 각 성분함량에 차이가 있는가를 분석한 결과, 모든 성분들에서 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 암,수별로 추출물 함량에 현저한 차이가 있다고 할 수는 없었다.

3) 수형의 특징에 따른 추출물 함량의 차이 분석

수형의 특징과 추출물 함량의 상관관계를 알아보기 위해 남산지역의 은행나무 35개체를 대상으로 수형을 크게 4가지 유형으로 구분하였는데(Figure 6), A형은 큰 가지가 길게 발달하고 삐침이 많으며 잔가지와 잎의 양은 비교적 적은 것, B형은 가지의

발달이 왕성하고 위쪽으로 고르게 뻗은 형, C형은 잎이 조밀하고 잔가지가 많으며 수관이 타원형 또는 난형을 이루는 것, D형은 수관이 빠르고 폭이 좁으며 빗자루 모양인 것 등이었다. 이들 특징과 2년에 걸쳐 반복조사된 추출물 함량의 평균치 간의 상관을 분석한 결과 GFG의 경우 A형에서 함량이 가장 높게 나타나고(평균 12.68mg/g leaves), C형에서 가장 낮게 나타나(평균 8.83mg/g leaves) 수형에 따른 추출물 함량의 차이가 통계적으로 인정되었다(α=0.05).

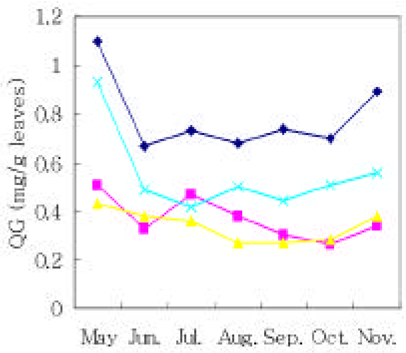
(a) (b) (c) (d)

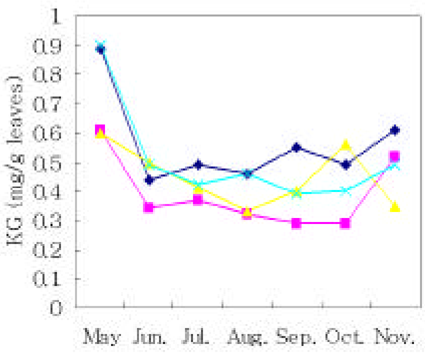
Figure 6. Four different tree forms classified by crown and branch shape and leaf density in Namsan area.

4) 잎 채취시기에 따른 추출물 함량의 차이 분석

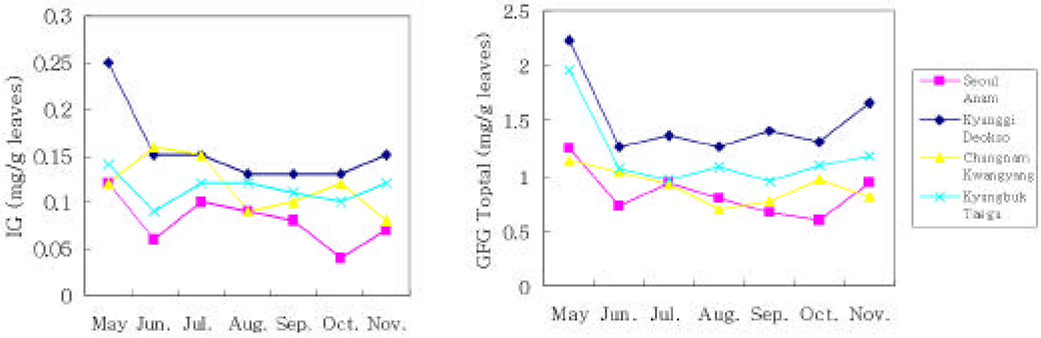
서울 안암동지역, 경기 덕소지역, 전남 광양지역, 경북 대구지역 등으로부터 일정 크기 이상의 표준목을 선정하여 5월에서 11월까지 시기별로 잎의 추출물 함량을 분석한 결과는 Figure 7와 Figure 8과 같다.

GFG의 경우는 모든 지역에서 각 성분 모두 5월경에 가장 높은 함량을 나타내었으며 그 변이 양상은 지역에 따라 조금씩 다르지만 대체로 9월까지는 점차 함량이 낮아지다가 낙엽이 지는 10월부터 다시 조금 높아지는 일정한 경향을 나타내었다(Figure 7). 따라서 GFG 함량을 고려할 때 잎의 채취시기는 5월이 가장 좋겠으나 생장기에 잎을 채취할 수는 없으므로 단풍이 들기 전인 9 10월 경이 적합할 것으로 사료된다.





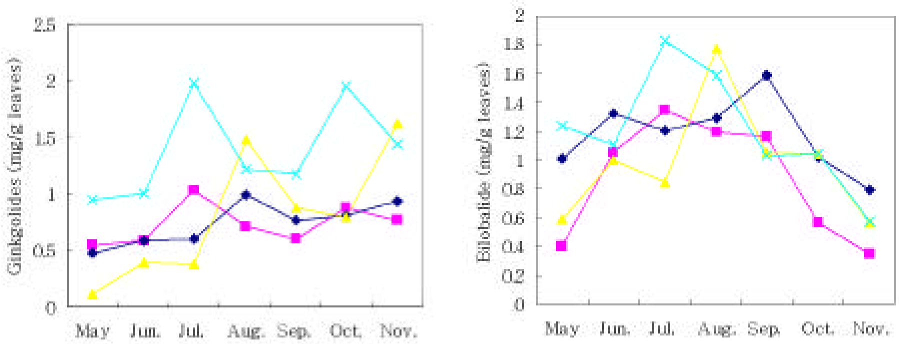
(a) QG (b) KG



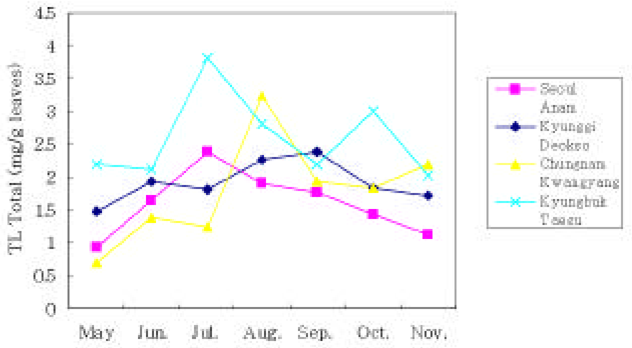
(c) IG (d) GFG Total

Figure 7. Seasonal variation of GFG concentration of samples collected in 4 provinces.

TL의 경우는 변화의 양상이 보다 다양해서 ginkgolides의 경우 지역별로 약간의 차이는 있으나 5월에서 7월까지 함량이 다소 증가하다가 그 이후 조금씩 함량이 떨어지는 추세를 보이나 지역에 따라서 경향이 상반되게 나타나고 있음을 알 수 있었다 (Figure 8(a)). 따라서 각 성분에서 공히 높은 함량을 보이는 시기를 정하기는 곤란하였으나, TL의 전체 함량을 고려해 볼 때 7월에서 10월이 무난한 것으로 나타났다 (Figure 8(c)).



(a) Ginkgolides (b) Bilobalide



(c) TL Total

Figure 8. Seasonal variation of TL concentration of samples collected in 4 provinces.

다. 차대의 외형적 특성과 모수 특성 간의 관련 여부 시험

추출물 함량이 분석된 모수로부터 얻어진 종자의 파종시험 결과는 Table 9에 나타내었다. 파종된 23개체의 평균발아율은 41.8%이나, 이들 가운데에는 모수에 따른 발아율의 변이폭이 매우 심하여 85%에 달하는 개체가 있는가 하면 전혀 발아되지 않는 개체들(충남 27, 남산 12)도 있었다. 이들 두 개체와 발아율이 매우 저조한 모수의 종자를 별도로 절단하여 조사한 결과 이들의 종자는 외부형태적으로는 정상이나 배가 전혀 발달하지 않았거나 흔적만 있음이 관찰되었다. 미성숙배를 지니는 대표적 수종인 은행나무에서의 이러한 현상은 매우 흥미있어 앞으로 면밀한 조사가 요망된다. 10월까지 생장한 묘목의 평균높이는 85.44㎜이었다. 10월 초에 묘목으로부터 잎을 채취하여 그 형태적 특성 및 중량을 측정하였다. 이 data를 분산분석한 결과는 Table 10과 같은데, 엽병길이와 엽저 각도를 제외한 측정된 모든 형질에서 모수에 따른 차이가 인정되었으며, 표에는 제시되지 않았으나 동일한 모수를 가진 묘목들을 반복(block)으로 처리하여 분석한 결과 모수내 개체간, 즉 반형매 간에는 어떠한 형질에서도 차이가 인정되지 않았다.

Table 11은 위에서 측정된 특성들과 모수의 GFG 총량 및 TL 총량 간의 상관관계를

나타낸 것이다. 모수의 추출물 함량과 파종묘의 형태적 특성 간에는 대체로 역상관관계가 있는 것으로 나타났으나, GFG 함량과 건중량(DW), 엽병길이(PL) 및 묘목당 평균 엽수(NOL)가 각각 5% 유의수준에서 음의 상관관계가 인정된 것을 제외하고는 통계적 유의성이 인정되지는 않았다. 이외에 건중량(DW) 및 생중량(FW), 엽병면적(PA), 엽장(BL), 엽폭(BW), 묘고(H) 등이 다른 모든 형태적 특성들과 상관관계가 인정되는 것으로 나타났으며, 특히 엽폭(BW)과 엽면적(BAr)이 다른 특성들과 상대적으로 매우 높은 상관계수를 나타내었다. 엽저각도(BAn)는 엽병길이(PL) 및 엽병면적(PA)과는 양의 상관관계가 나타났으나, 다른 모든 묘목의 특성과는 음의 상관관계가 있는 것으로 나타난 유일한 인자였다. 묘목의 특성을 나타내는 인자에서 상관관계가 인정되지 않은 것은 발아율(GR)과 엽병길이(PL), 발아율(GR)과 엽저각도(BAn) 간에서 뿐이었다.

Table 9.

Table 9. The germination ratio and seedling charateristics of half-sib families of selected trees in Namsan area.

Mother tree No.	DW	FW	PL	PA	BL	BW	BAn	BAr	Germin ation rate (%)	Average height (mm)	Average No. Leaves of each seedling (No.)	CFG content of mother tree	TL content of mother tree
Seoul 7	0.397	0.138	2.412	0.363	3.741	3.411	46.459	8.057	45	79.5	8	19.03	7.46
Seoul8	0.416	0.207	2.343	0.403	4.118	3.765	47.927	9.449	70	95.0	6	5.71	1.01
Seoul11	0.489	0.252	2.584	0.437	4.429	4.055	49.130	11.343	75	116.7	7	8.38	2.57
Kyunggi 1	0.529	0.216	2.573	0.392	4.046	3.911	50.977	9.751	40	92.2	9	7.77	1.31
Kyunggi 12	0.753	0.315	2.812	0.499	5.133	4.757	38.225	14.627	75	134.5	8	8.03	1.02
Kyunggi30	0.820	0.232	2.853	0.438	4.794	4.145	41.420	11.709	45	112.5	8	4.64	0.79
Kyunggi39	0.345	0.214	2.248	0.337	3.481	3.250	52.400	7.670	50	65.9	7	12.47	4.38
Kyunggi41	0.729	0.222	3.092	0.740	4.474	4.138	49.493	11.548	35	98.0	11	4.54	3.17
Chungnam23	0.467	0.231	2.351	0.400	4.339	3.851	46.169	10.240	40	84.2	7	9.44	3.22
Chungnam35	0.935	0.244	2.944	0.491	4.415	3.873	47.250	10.754	65	124.9	13	2.26	2.26
Chungnam36	0.387	0.174	2.335	0.348	3.440	3.270	54.046	7.920	40	69.9	8	4.66	0.26
Namsan 1	0.577	0.259	3.272	0.535	4.725	4.376	45.079	12.647	55	108.8	8	8.44	1.07
Namsan7	0.507	0.244	0.527	0.443	4.592	3.941	41.367	10.890	70	121.4	8	10.58	0.68
Namsan8	0.527	0.235	2.492	0.395	1.265	3.877	46.473	10.932	60	111.6	6	13.59	1.48
Namsan9	0.890	0.308	2.739	0.523	4.664	4.314	48.986	13.118	85	122.1	8	12.29	0.79
Namsan11	0.543	0.185	2.388	0.306	3.973	3.566	45.638	9.793	30	85.8	7	13.03	0.93
Namsan15	0.372	0.219	2.380	0.413	4.233	3.800	51.101	10.375	55	106.8	6	13.11	0.95
Namsan22	0.246	0.244	2.857	0.535	4.205	4.396	58.333	11.112	10	80.3	2	11.57	0.86
Namsan26	0.347	0.169	2.422	0.374	4.114	3.527	45.051	9.480	25	99.1	9	9.66	0.63

* See Table 10 for the abbreviation of characteristics investigated.

Table 10. Analysis of variance on characteristics of seedlings classified by mother trees.

	F-value	Pr>F
Dry Weight (DW)	2.86	0.0002
Fresh weight (FW)	2.65	0.0005
Petiole Length (PL)	1.59	0.0623
Petiole Area (PA)	2.09	0.0069
Blade Length (BL)	1.60	0.0469
Blade Width (BW)	2.66	0.0005
Blade Angle (BAn)	0.94	0.5466
Blade Area (BAr)	2.61	0.0006
Germination Rate (GR)	34.65	0.0001
Height (H)	28.79	0.0001
Average No. of Leaves(NOL)	4.78	0.0001

Table 11. Correlation coefficients among morphological characteristics of seedlings and GFG and TL concentration of mother trees (critical value: ** =0.01, * =0.05).

	DW	FW	PL	PA	BL	BW	BAn	EAr	GR	H	NoL	GFG
FW	0.642**											
PL	0.472**	0.420**										
PA	0.490**	0.477**	0.859**									
BL	0.537**	0.739**	0.406**	0.380**								
BW	0.571**	0.826**	0.531**	0.530**	0.777**							
BAn	-0.191*	-0.188*	0.242**	0.350**	-0.483**	-0.175*						
BAr	0.640**	0.869**	0.517**	0.518**	0.864**	0.947**	-0.251**					
GR	0.333**	0.399**	0.094	0.210*	0.253**	0.237**	-0.093	0.285**				
H	0.509**	0.448**	0.237**	0.279**	0.406**	0.360**	-0.216**	0.416**	0.767**			
NoL	0.088	-0.022	0.131	0.250	0.239	-0.084	-0.365	0.0572	0.230	0.327		
GFG	-0.252*	-0.040	-0.172*	-0.113	-0.088	-0.092	0.096	-0.056	-0.017	-0.258	-0.488*	
TL	-0.030	-0.044	0.040	0.003	-0.128	-0.042	0.111	-0.075	-0.135	-0.212	0.145	-0.095

3. 결론

이러한 일련의 결과들은 해에 따른 상이한 생육환경의 차이, 분석조건의 차이 등이 있음에도 불구하고 각 성분함량의 많고 적음이 개체 고유의 특성에 상당부분 근거한다는 애초의 가정을 뒷받침하는 것이며 개체에 따른 유용뮬질 함량의 현저한 차이 및 각 성분에 대한 세부적인 분석결과, 우량개체들의 선발을 통해 유용물질의 생산을 크게 증대시킬 수 있으리라 기대된다. 아직은 추출물 함량과 관련된 유전적 근거나 육종효과를 구체적으로 제시할 수 없으나 (후대를 양성하여 최소한 5년 뒤에나 추출물 함량을 분석할 수 있는 양의 잎을 얻을 수 있음), 추출물 함량이 높은 상위 20%의 개체를 선발할 경우 GFG는 총함량 53%, TL은 105%, 상위 10%를 선발할 경우 GFG는 70%, TL은 153%까지 생산량이 증가될 수 있을 것으로 분석되었다.

은행나무의 추출물 함량은 어린 묘목에서 월등히 많은 것으로 밝혀졌다. 지금까지 추출물 생산을 위한 은행잎의 채취는 대부분 가로수나 공원수 등 성목 위주로, 또 영세한 규모로 이루어졌기 때문에 추출물 함량도 높지 못하고 다른 나라에서 채취된 은행잎에 대한 경쟁력도 매우 약했다고 생각된다. 따라서 경쟁력을 얻기 위해서는 추출물 함량이 높은 우수 개체나 품종을 대량으로 증식시켜 높은 밀도로 대규모의 은행나무 묘포단지를 조성하여 어린 묘목으로부터 은행잎을 채취하는 형태의 경영이 함이 필요하다고 하겠다.

모수의 추출물 함량과 다음 세대 유묘의 여러 형질에서 나타난 상관관계 등은 앞으로 지속적으로 관찰하면 추출물 함량에 대한 유전력 추정과 함께 우수품종 선발을 위한 간접적 자료가 제공될 수 있을 것으로 기대된다.

제 3절 유전변이 분석

1. 재료 및 방법

가. 동위효소 분석

각 개체목별로 6개의 종자를 추출하여 종피를 벗겨낸 후 배젖을 적당량 잘라내어 시료로 이용하였다. 각 종자의 배젖을 추출용액 (50ml 0.2M phosphate buffer pH 8.0 + 20mg bovine albumin + 3g PVP-40 + 4-5 drops 2-mercaptoethanol) 내에서 마쇄하여 효소를 추출한 뒤 paper wick에 흡수시킨 후 전기영동젤에 삽입하였다. 전기영동에 사용된 완충용액은 Table 12와 같으며, 젤은 비수용성 감자전분을 실험실에서 가수분해 후 젤완충용액의 부피에 대해 12.5%의 농도로 조제하여 사용하였다. 전기영동 조건은 완충용액 B는 초기전압을 80V, 완충용액 C는 60V로 시작하여 15분 후 삽입된 paper wick을 뽑아주고 다시 5-6시간 동안 계속하였다. 전압은 B의 경우 매 시간당 40V씩, C의 경우 20V씩 승압하였다. 전기영동이 끝난 젤은 수평으로 절단하여 각 효소별로 조제된 정색액속에 넣은 채 암상태 37℃에서 반응시킨 후 발색된 밴드를 분석하였다. 분석된 동위효소는 총 15개로 Table 13과 같으며, 각 효소별 정색액제조는 Conkle 등 (1982)의 방법을 응용하였다.

Table 12. Gel and tray buffer formulations.

Systems	Gel buffer	Tray buffer
B	Tris citrate pH 8.8 Distilled water 1 l Trizma base 9.2g Citric acid 1.3g	Sodium borate 8.3 Distilled water 1 l Boric acid 18.5g NaOH 2.5g
C	Tris citrate pH 7.0 Distilled water 1 l Trizma base 8.5g Citric acid 4.7g To use, dilute gel buffer to 1/10 concentration	Same as gel buffer

Table 13. Isozymes assayed, acronyms, and applied gel and tray buffer systems.

Isozyme systems	Acronyms	E.C. No.	Buffer system
Aconitase	Acon	4.2.1.3	C
Alcohol dehydrogenase	Adh	1.1.1.1	B
Fluorscent esterase	Fest	3.1.1.1	C
Glucose-6-phosphate dehydrogenase	G6pd	1.4.1.3	B
Glutamate dehydrogenase	Gdh	2.6.1.1	B
Glutamate-oxaloacetate transaminase	Got	1.1.1.42	B
Isocitric dehydrogenase	Idh	1.1.1.37	C
Malic dehydrogenase	Mdh	5.3.1.8	C
Mannosephosphate isomerase	Mpi	1.6.99.2	B
Menadion reductase	Mnr	1.1.1.44	C
6-phosphogluconate dehydrogenase	6pgd	5.3.1.9	C
Phosphoglucose isomerase	Pgi	2.7.5.1	B
Phosphoglucomutase	Pgm	1.1.1.44	C
Shikimate dehydrogenase	Skdh	1.1.1.25	C
UDP-glucose pyrophosphorylase	Ugpp	2.7.7.9	B

이상의 방법으로 다수의 개체로부터 얻어진 종자를 시험하여 각 동위효소별 적정 조건을 구명하고 그 표현형의 양상을 확인한 뒤 개체별로 최소한 30립 이상의 종자를 대상으로 다형성을 보인 유전자좌에서 독립적 분리비가 나타나는지를 χ^2-test를 통해 검정하였으며, 각 유전자좌 간의 연관관계 여부가 추정되었다. 이상의 분석에는 Linkem program이 사용되었다.

이후 검정을 통해 확인된 유전자좌를 대상으로, 전국에서 확보된 160개체의 종자를 사용한 유전변이 분석을 통하여 전체적인 유전변이량이 추정되었다.

나. RAPDs(Random Amplified Polymorphic DNAs) marker를 이용한 genomic DNA의 변이 분석

개체의 유전적 특성을 분석하기 위한 다수의 분자적 표지자의 확보를 위해 동위효소 유전자좌에서의 변이 조사 이외에도 종자의 배유조직으로부터 genomic DNA를 분리하여 RAPD primer를 사용, PCR을 수행하였다.

우선 각 개체당 종자를 6립씩 무작위로 택하여 Huff 등 (1993)의 방법을 사용, genomic DNA를 분리하였다. 시료에 extraction buffer를 넣고 homogenizer로 갈아준 후 65℃ water bath에 20분, 얼음물에 20분 동안 incubation 한다. 이를 13,000rpm, 상온에서 15분간 원심분리시켜 상등액을 새 tube에 옮기고, phenol : chloroform : isoamylalcohol (25:24:1)을 동량 첨가하여 다시 원심분리한 뒤, 상등액만을 새 tube에 옮겨 동일부피의 isopropanol과 1/5 부피의 ammonium acetate를 첨가, DNA를 침전시켰다. 이를 다시 원심분리하여 얻어진 DNA는 80% EtOH로 1회 세척 후 건조시켜 소량의 TE buffer에 녹여 실험에 사용될 때까지 냉동상태로 보관하였다.

은행나무의 PCR 조건은 genomic DNA 25ng, Taq polymerase 1unit, primer 40ng, dNTPs 4mM, MgCl2 25mM, BSA 0.25%의 혼합액에 멸균한 2차 증류수를 첨가하여 total volume이 20μℓ가 되도록 하였다. PCR program은 94℃에서 처음 5분간 pre-denaturation한 후 94℃에서 30초동안 denaturation, 36℃에서 1분간 annealing, 72℃에서 1분간 polymerization 하는 cycle을 45회 반복하며 마지막으로 72℃에서 10분간 last extension과정을 거치는 것이었으며, 이 과정을 통해 증폭된 산물은 2%의 agarose gel에서 120V에서 2시간 30분간 전기영동하여 그 band 양상을 기록하였다.

실험의 효율성을 위하여 본 실험에 앞서 위에서 추출된 genomic DNA의 일부를 사용하여 primer 40개를 검색하는 예비 실험을 수행하였다. 여기에 사용된 primer의 종류와 sequence는 Table 14와 같다. 예비 실험 결과 PCR 반응이 가장 잘 되고 band의 재현성이 높으며, band 수가 많은 5개의 primer(CPR-01, CPR-02, CPR-08, UBC- 329, UBC-356)를 선정하였다. 이후 예비시험 중 상대적으로 높은 다형성을 나타낸 2개체를 대상으로 각각 48개 종자의 배유조직으로부터 genomic DNA를 추출, 위에서 선정된 primer를 사용하여 PCR을 수행하였으며, 이형접합성을 보이는 개체에서 형성된 band들의 독립적 분리비가 χ^2- test를 통해 검정되었다.

Table 14. Primer codes and sequences using screening test.

Primer No.	Sequence (5'→3')	Primer No.	Sequence (5'→3')
UBC 301	CGG TGG CGA A	UBC 326	CGG ATC TCT A
UBC 302	CGG CCC ACG T	UBC 327	ATA CGG CGT C
UBC 303	GCG GGA GAC C	UBC 328	ATG GCC TTA C
UBC 304	AGT CCT CGC C	UBC 329	GCG AAC CTC C
UBC 305	GCT GGT ACC C	UBC 330	GGT GGT TTC C
UBC 306	GTC CTC GTA G	UBC 356	GCG GCC CTC T
UBC 307	CGC ATT TGC A	UBC 357	AGG CCA AAT G
UBC 308	AGC GGC TAG G	UBC 358	GGT CAG GCC C
UBC 309	ACA TCC TGC G	UBC 359	AGG CAG ACC T
UBC 310	GAG CCA GAA G	UBC 360	ATC TCC AGG C
OPR 01	TGC GGG TCC T	OPR 11	GTA GCC GTC T
OPR 02	CAC AGC TGC C	OPR 12	ACA GGT GCG T
OPR 03	ACA CAG AGG G	OPR 13	GGA CGA CAA G
OPR 04	CCC GTA GCA C	OPR 14	CAG GAT TCC C
OPR 05	GAC CTA GTG G	OPR 15	GGA CAA CGA G
OPR 06	GTC TAC GGC A	OPR 16	CTC TGC GCG T
OPR 07	ACT GGC CTG A	OPR 17	CCG TAC GTA G
OPR 08	CCC GTT GCC T	OPR 18	GGC TTT GCC A
OPR 09	TGA GCA CGA G	OPR 19	CCT CCT CAT C
OPR 10	CCA TTC CCC A	OPR 20	ACG GCA AGG A

실험을 통해 1:1의 분리비가 인정된 유전자좌만이 RAPDs marker로서 사용되었으며 모두 91개체를 대상으로 유전변이 분석 실험이 수행되었다.

다. 유전변이량의 추정

동위효소 분석과 RAPDs 분석을 통해 얻어진 각 유전자좌의 유전자형 빈도로부터 추정된 대립유전자 빈도를 사용하여 유전 통계분석이 실시되었는데, 집단내 변이양을 추정하기 위해 BICSYS-1 program을 사용하여 다형적 유전자좌의 비율(P), 유전자좌당 평균 대립유전자수(A/L), 이형접합도의 관측치(H_o)를 구하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 동위효소 표지자의 선정

분석된 동위효소의 종류별 정색반응 결과는 아래와 같다(Figure 9).

1) Aconitase (Acon): 하나의 정색구역에서 2개의 변이를 관찰할 수 있었다.

2) Alcohol dehydrogenase (Adh): 두 개의 정색구역이 나타났으나 첫 번째 정색구역에서는 변이가 나타나지 않았고, 두 번째 정색구역은 활성이 매우 약하여 식별이 어려웠다.

3) Fluorscent esterase (Fest): 2개의 정색구역이 나타났으나, 첫 번째 정색구역은 불규칙하고 알아보기 어려웠으며 두 번째 정색구역에서 2개의 변이를 나타내었다.

4) Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD): 2개의 정색구역이 나타났으며 모두 변이가 관찰되지 않았다.

5) Glutamate dehydrogenase (Gdh): 하나의 정색구역에 두 개의 변이가 나타났으나 보다 양극으로 이동한 band는 매우 드물게 나타났다. 밴드의 활성은 매우 약했으며, 장시간 정색반응 후 서서히 band가 출현하였다.

6) Glutamate-oxaloacetate transaminase (Got): 2개의 정색구역이 나타났다. 이 가운데 보다 양극으로 이동한 구역에서는 변이를 발견할 수 없었고, 두 번째 구역에서는 3개의 변이가 나타났다. 두 번째 구역의 경우 다른 침엽수에서처럼 2개의 band가 하나의 변이체(대립유전자)인 것으로 나타났다.

7) Isocitric dehydrogenase (Idh): 다수의 band로 이루어진 하나의 정색구역만이 나타났으며, 변이는 관찰되지 않았다.

8) Malic dehydrogenase (Mdh): 3개의 정색구역이 관측되었는데, 가장 양극으로 이동

한 정색구역에서는 변이식별이 곤란하였으며, 두 번째, 세 번째 정색구역에서는 2개씩의 변이가 관찰되었다.

9) Mannosephosphate isomerase (Mpi): 3개의 정색구역이 나타났으며, 두 번째와 세 번째 정색구역은 활성이 약하여 관찰하기 어려웠다. 첫 번째 정색구역에서는 변이가 관찰되지 않았다.

10) Menadion reductase (Mnr): 하나의 정색구역에 3개의 변이가 관찰되었다.

11) 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-pgd): 2개의 정색구역이 관찰되었으며, 두 번째 구역에서 2개의 변이가 관찰되었다.

12) Phosphoglucose isomerase (Pgi): 2개의 정색구역이 관찰되었는데, 보다 양극으로 이동한 구역은 몇가지 band가 겹쳐진 형태로 변이 여부를 구분하기 어려웠으며, 두 번째 구역에서는 3개의 변이가 관찰되었다. 두 번째 구역의 경우 3개의 밴드가 하나의 변이체인 것처럼 나타났다.

13) Phosphoglucomutase (Pgm): 두 개의 정색구역이 나타났는데, 보다 양극으로 이동한 지역에서 2개의 변이가 관찰되었으며, 다른 한 지역은 활성이 매우 약했다.

14) Shikimate dehydrogenase (Skdh): 두 개의 정색구역이 관찰되었는데, 두 번째 구역에서만 2개의 변이체가 있는 것으로 관찰되었다.

15) UDP-glucose pyrophosphorylase (Ugpp): 1개의 정색구역만이 나타났으며, 변이는 나타나지 않았다.

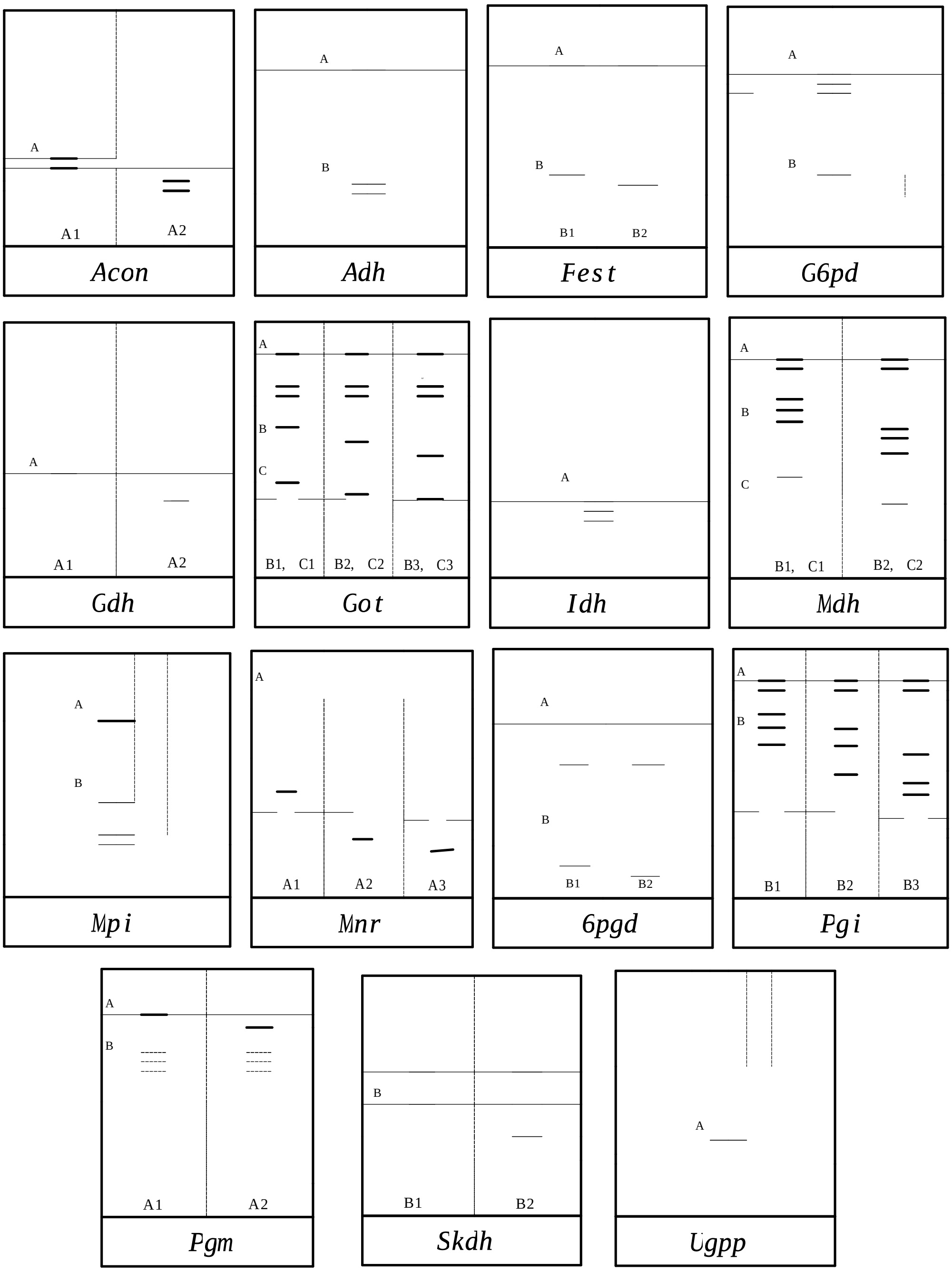


Figure 9. Schematic illustrations of electrophoretical variants found in megagametophytes in *Ginkgo biloba*.

나자식물의 배젖은 다른 영양조직과는 달리 n의 핵형을 가지고 있기 때문에 교배 실험을 거치지 않고도 각 효소별 유전양식을 밝힐 수 있는 장점이 있다. 따라서 위에서 나타난 표현형에 근거하여 보다 정확한 효소별 유전양식을 밝힘과 동시에 각 유전자좌간의 연관관계 추정을 위하여 변이가 확인된 개체를 대상으로 개체당 30립 이상의 종자를 사용하여 유전자형의 1:1 분리비를 검정하는 실험을 수행하였으며, 그 결과는 Table 15에 요약하였다.

Table 15. Segregation of isozyme phenotypes found in megagametophytes of heterozygous trees.

Isozyme loci	Individual No.	Phenotypes								Total seed amount	χ^2 (D.F.1)	P
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2			
Acon-A	Anam 5	34	34							68	0.000	1.000
	Seoul 5	31	29							60	0.067	0.796
	Seoul 10	16	14							30	0.130	0.720
	Namsan C	23	17							40	0.900	0.340
	Namsan D	16	12							28	0.570	0.450
	Namsan 11	43	50							93	0.263	0.608
	Chungnam 25	17	19							36	0.056	0.813
	Chungnam 36	29	31							60	0.033	0.856
	Total	209	206							417	0.002	0.964
Fest-B	Namsan I	7	11							18	0.889	0.346
	Total	7	11							18	0.889	0.346
Gdh-A	Youngnam 3	36	44							80	0.800	0.371
	Total	36	44							80	0.800	0.371
Got-B	Anam 5				34		36			70	0.057	0.811
	Seoul 5				29		37			66	0.485	0.486
	Seoul 7				20	16				36	0.222	0.683
	Namsan C				22		18			40	0.400	0.530
	Namsan D					15	11			26	0.620	0.430
	Namsan 11				42		51			93	0.435	0.510

(Continued)

Isozyme loci	Individual No.	Phenotypes								Total seed amount	χ^2 (D.F.1)	P
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2			
Got-B	Kyunggi 34					43	30			73	1.158	0.282
	Chungnam 36				27		29			56	0.036	0.850
	Youngnam 1				55		48			103	0.238	0.626
	Youngnam 3				36		44			80	0.800	0.371
	Kyungbuk 6				30		29			59	0.008	0.929
	Total (B1/B2)				20	16				36	0.222	0.638
	(B1/B3)				275		292			567	0.510	0.475
	(B2/B3)					58	41			99	2.919	0.088
Mdh-B & *Mdh-C*	Seoul 7				18	19				27	0.019	0.890
	Kyunggi 34							34	39	73	0.171	0.679
	Namsan B				23	28				51	0.490	0.484
	Namsan C				18	22				40	0.400	0.530
	Kyungbuk 6				19	13				32	0.563	0.453
	Total (B1/B2)				78	82				160	0.100	0.752
	(C1/C2)							34	39	73	0.171	0.679
Mnr-A	Seoul 8	29	27							56	0.036	0.850
	Namsan D	14		15						29	0.345	0.557
	Namsan 22	31	29							60	0.033	0.856
	Chungnam 25	16	20							36	0.222	0.638
	Chungnam 36	32	28							60	0.133	0.715
	Youngnam 3	38	42							80	0.200	0.655
	Kyungbuk 6	33	19							52	1.885	0.170
	Total (A1/A2)	169	148							317	0.696	0.404
	(A1/A3)	14		15						29	0.345	0.557
Pgm-A	Seoul 7	16	19							35	0.129	0.719
	Namsan 11	50	49							99	0.005	0.944
	Kyunggi 11	31	35							66	0.121	0.728
	Chungnam 23	29	29							58	0.000	1.000
	Yungnam 3	33	47							80	2.450	0.118
	Kyungpook 6	50	41							91	0.445	0.505
	Total (A1/A2)	205	209							414	0.039	0.843

(Continued)

Isozyme loci	Individual No.	Phenotypes								Total Seed Amount	χ^2 (D.F.1)	P
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2			
Fgi-B	Seoul 7				17	19				36	0.056	0.813
	Seoul 8					22	34			56	1.286	0.257
	Namsan 11				50	46				96	0.083	0.773
	Kyunggi 11				18	18				36	0.000	1.000
	Kyunggi 30				13	17				30	0.267	0.605
	Chungnam 23				39	46				85	0.288	0.592
	Yungnam 2				18	20				38	0.053	0.818
	Yungnam 3				35		45			80	0.625	0.429
	Kyungpook 6					30	30			60	0.000	1.000
	Total (B1/B2)				155		156			311	0.002	0.964
	(B1/B3)				25		41			66	1.939	0.164
	(B2/B3)					52	64			116	1.241	0.265
6pgd-B	Youngnam 3				38	42				80	0.200	0.655
	Namsan D				14	15				29	0.034	0.854
	Total (B1/B2)				52	57				109	0.229	0.632
Skdh-B	Seoul 7				20	16				36	0.222	0.638
	Kyunggi 11				42	24				66	2.455	0.117
	Chungnam 23				33	25				58	0.552	0.458
	Total (B1/B2)				95	65				160	2.813	0.093

위 실험을 통하여 확인된 유전자좌와 이에 따른 대립유전자수를 Table 16에 나타내었다. 시험된 15개 동위효소 가운데서 band의 형태가 명료하여 다형성의 여부가 관찰된 유전자좌는 모두 20개였으며, 이중 다형성을 나타낸 것은 11개 유전자좌였다. 이들 가운데 *Acon-A*, *Fest-E*, *Gdh-A*, *Mdh-E*, *Mdh-C*, *Fgm-A*, *6pgd-E*, *Skdh-E*에서는 2개의 대립유전자를, 나머지 *Got-E*, *Mnr-A*, *Fgi-B* 유전자좌에서는 세 개의 공우성 대립유전자가 확인되었다.

Table 16. Isozyme assayed, observed polymorphic loci and the number of Alleles.

Isozyme systems	Acronyms	Observed loci	Observed polymophic loci	No.of alleles
Aconitase	Acon	1	*Acon-A*	2
Alcohol dehydrogenase	Adh	1	-	-
Fluorscent esterase	Fest	1	*Fest-B*	2
Glucose-6-phosphate dehydrogenase	G6pd	2	-	-
Glutamate dehydrogenase	Gdh	1	*Gdh-A*	2
Glutamate-oxaloacetate transaminase	Got	2	*Got-B*	3
Isocitric dehydrogenase	Idh	1	-	-
Malic dehydrogenase	Mdh	2	*Mdh-B* *Mdh-C*	2 2
Mannosephosphate isomerase	Mpi	1	-	-
Menadion reductase	Mnr	1	*Mnr-A*	3
6-phosphogluconate dehydrogenase	6pgd	2	*6pdg-B*	2
Phosphoglucose isomerase	Pgi	1	*Pgi-B*	3
Phosphoglucomutase	Pgm	1	*Pgm-A*	2
Shikimate dehydrogenase	Skdh	2	*Skdh-B*	2
UDP-glucose pyrophosphorylase	Ugpp	1	-	-
Total Number		20	11	25

나. RAPDs 표지자의 선정

예비실험을 통해 선정된 5개의 primer (OPR-01, OPR-02, OPR-08, UBC-329, UBC-356)를 사용하여 2개체에서 각각 48개의 배유조직의 genomic DNA를 대상으로 PCR을 수행하였다. 그 결과 총 90개의 band가 형성되었으며 그중 5%의 유의수준에서 멘델의 분리비(1:1)를 나타내는 것은 31개였으며(Table 17), 생성된 band의 모양을 Figure 10에 나타내었다.

Table 17. Thirty one RAPD loci accepted by 1:1 segregation ratio test.

Locus	No. of A alleles	No. of B alleles	χ^2-value	P
R01-01	30	18	1.500	0.221
R01-02	16	32	2.660	0.103
R01-03	19	29	1.040	0.308
R01-04	19	29	1.040	0.308
R01-05	32	16	2.660	0.103
R01-06	29	19	1.040	0.308
R01-07	18	30	1.500	0.221
R02-01	15	33	3.375	0.066
R02-02	15	33	3.375	0.066
R02-03	30	18	1.500	0.221
R02-04	28	20	0.660	0.417
R02-05	18	30	2.660	0.103
R02-06	22	26	0.160	0.689
R02-07	15	33	3.375	0.066
R02-08	20	28	0.660	0.417
R08-01	33	15	3.375	0.066
R08-02	31	17	2.040	0.153
R08-03	30	18	1.500	0.221
R08-04	20	28	0.660	0.417
R08-05	22	26	0.160	0.689
R08-06	23	25	0.040	0.841
U329-1	15	33	3.375	0.066
U329-2	24	24	0.000	1.000
U329-3	30	18	1.500	0.221
U329-4	27	21	0.375	0.540
U329-5	27	21	0.375	0.540
U356-1	17	31	2.040	0.153
U356-2	18	30	1.500	0.221
U356-3	18	30	1.500	0.21
U356-4	24	24	0.000	1.000
U356-5	16	32	2.660	0.103

Figure 10. Amplified band patterns from haploid genomic DNA of Namsan J using five primers. a)CPR-01:5'-TGC GGG TCC T-3',b)CPR-02:5'-CAC AGC TGC C-3' c)CPR-08 :5-'CCC GTT GCC T-3', d)UBC-329:5'-GCG AAC CTC C-3',e)UBC-356:5'-GCG GCC CTC T-3'

다. 유전변이 분석

이상의 실험결과로 선정된 표지자들을 이용하여 동위효소 분석에서는 총 160**개체**, RAPD **분석에서는** 91**개체에 대한 유전변이 분석이 이루어졌으며**, **이들을 개체목들의 지역적 분포에 의해 대략** 5**개 집단**(**서울**, **경기**, **충남**, **경북**, **전남**)**으로 구분하여 분석된 동위효소 및** RAPD **수준에서의 집단내 유전적 다양성을 나타내는 통계량을** Table 18**에 제시하였다**.

Table 18. Summary of intrapopulational genetic diversity in *Ginkgo biloba* populations based on 20 allozyme loci and 31 RAPD loci.

Population	P		A/L		H_o (S.E.)	
	Isozyme	RAPD	Isozyme	RAPD	Isozyme	RAPD
Seoul	50.0	93.9	1.7	1.9	0.187 (0.050)	0.518 (0.043)
Kyunggi	50.0	87.9	1.7	1.9	0.184 (0.045)	0.352 (0.037)
Chungnam	50.0	93.9	1.7	2.0	0.174 (0.049)	0.556 (0.036)
Kyungbuk	50.0	90.9	1.7	1.9	0.177 (0.054)	0.386 (0.043)
Cheonnam	45.0	93.9	1.7	2.0	0.163 (0.045)	0.356 (0.037)
Total Average	49.0	92.1	1.7	1.9	0.177	0.434

A/L, mean number of alleles per locus; P, percentage of polymorphic loci(A locus is considered polymorphic if the frequency of the most common allele does not exceed 0.95); Ho, observed heterozygosity; He, expected heterozygosity (unbiased estimate, see Nei, 1978); S.E., standard error

동위효소 분석의 경우 95% 신뢰구간에서 다형적 유전자좌의 비율 (P)은 45(전남) 50%를 나타내었으며, 전체에 대한 평균값은 49%였다. 유전자좌당 평균 대립유전자수 (A/L)는 모든 집단에서 1.7이었으며, 관찰된 이형접합도 (H_o)는 0.163(전남) 0.187(서울)로 평균값은 0.177이었다. RAPD 분석결과는 이보다 상대적으로 높은 수치를 나타내었는데, 95%에서 다형적 유전자좌의 비율은 87.9(경기) 93.9(서울, 전남)으로 평균 92.1%, 유전자좌당 평균대립유전자수는 1.9(서울, 경기, 경북) 2.0(충남, 전남), H_o는 0.352(경기) 0.556(충남)의 값을 나타내었으며, 그 평균값은 0.434였다.

동위효소 분석과 RAPD 분석을 통해 관찰된 이형접합도의 수치는 약 2.5배 정도 RAPD 분석에 의해 얻어진 값이 보다 높았으며, 많은 실험자들이 이미 이와 유사한 연구결과를 보고한 바 있다. 이는 두 표지자의 분자적 특성에 기인하는 것으로, 어느 한 표지자만을 사용할 경우 동일 집단의 구조에 대해서도 전혀 다른 해석이 이루어질 가능성이 있으므로 앞으로 이에 대한 연구가 계속 이루어져야 할 것이다.

본 실험에서 동위효소 분석을 통해 관찰된 이형접합도의 값은 Tsumura *et al*.(1992)이 일본 서부 지역 은행나무 노거수 89개체의 유전변이 분석을 통해 얻은 이형접합도인 0.234에 비해 상대적으로 낮은 값이다. 이는 두 실험에서 분석, 관찰된 동

위효소 system의 실험방법 및 조건 등의 차이로 인하여 본 실험에서는 20개의 유전자좌에 11개의 다형적 유전자좌가 관측된 반면 Tsumurs 등의 경우는 16개 유전자좌 가운데 12개가 다형성을 보이는 것으로 나타나 양측의 기초적 data에서부터 차이를 보인 때문으로 생각된다. 두 실험결과를 비교할 때 공통적으로 관찰된 유전자좌는 모두 11개(*Adh-A*, *Gdh-A*, *Got-B*, *G6pd-A*, *G6pd-B*, *Mdh-B*, *Mnr-A*, *Pgi-B*, *Pgm-A*, *6-pgd-B*, *Skdh-B*)이고 이중 8개가 다형적 유전자좌였으나 직접적인 유전변이양 비교는 불가능하였다.

한편, 추출물 함량과 유전적 특성이 모두 조사된 35개체를 대상으로 유전적 특성과 추출물 함량과의 관계를 조사하였다. GFG의 경우 추출물 함량이 높은 상위 30%의 개체와 나머지 개체로 구분하였을 때 각각의 평균은 13.44, 6.93mg/g 잎이었으며, 20개 동위효소 유전자좌에서의 이형접합도를 비교한 결과는 0.252과 0.206으로 함량이 높은 개체에서 관찰된 이형접합도가 다소 높았다. TL의 경우에도 상위 30%의 성적을 보인 개체들과 나머지 개체의 이형접합도가 각각 0.222과 0.218로 추출물 함량이 높은 쪽이 이형접합도도 높아 GFG와 비슷한 경향을 나타내었다. 비록 분석된 개체수가 조금 적기는 하나 RAPD에 의한 분석 결과도 GFG의 경우 상위 30%의 이형접합도의 관찰치가 0.540, 나머지 개체들에서는 0.490로 나타났으며, TL의 경우에도 각각 0.520과 0.499로 이와 비슷한 경향을 나타내었다.

3. 결론

이상의 결과들로 미루어 볼 때 현단계에서 동위효소나 RAPD 표지자를 이용한 유전변이 분석을 통하여 어떤 개체나 집단의 추출물 함량의 많고 적음을 직접적으로 유추해 낼 수는 없지만 높은 추출물 함량의 차이가 상당한 정도로 유전적 영향을 받는다는 가정을 뒷받침하는 것으로 사료되었다. 또한 이상의 실험을 통하여 확보된 동위효소 표지자 및 RAPD-PCR을 사용한 다수의 분자적 표지자들은 앞으로 추출물 함량에 대한 유전적 인자의 관련 여부를 구명하는 데나 은행나무에 대한 유전학적 연구를 수행하고 유전자원의 보존 전략을 세우는데 기초 자료로서 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

제 4절 우량개체의 대량증식 방법 개발

1. 재료 및 방법

가. 조직배양을 통한 대량증식

은행나무의 대량증식에 알맞은 배양조건을 찾기 위한 연구의 첫 단계로 MS 기본배지에 기내에서의 세포분열 촉진에 가장 결정적인 인자로 알려진 식물생장조절제인 auxin과 cytokinine을 여러 농도로 조합, 첨가(NAA 0, 0.05, 0.1, 0.5 mg/l * BA 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 mg /l)하여 은행나무 종자로부터 무균적으로 적출한 배를 접종, 배양하는 한편, 1년생 녹지의 정단부와 액아부위를 동일 조성의 배지에 기내삽목하였다.

과육을 제거한 종자는 음건하여 약 1개월간 노천매장한 뒤 4℃에 보관되었다. 실험 직전 종자의 외종피와 내종피를 벗긴 후 10% NaCCl에 30분간 담가 표면을 살균하고 멸균수로 반복세척하여 염소성분을 완전히 제거하였으며, 무균적으로 배만 적출하여 배지에 접종하였다. 한편, 은행나무 녹지의 기내 삽목은 실험 직전에 포장에서 은행나무 1년생 녹지의 정단부와 액아 부위를 채취하여 70% ethanol로 10초, 0.25% NaCCl에서 8분간 소독 후 멸균수로 반복세척한 뒤 배와 동일 성분 조합의 배지에 치상하였다.

이들은 4 8주 후 각각 자엽으로부터의 callus 유도와 shoot의 생장촉진을 위해 호르몬조합이 다른 배지에 옮겨졌다. 여기서 생장이 양호한 것들은 다시 생장조절제가 첨가되지 않은 MS , 1/2MS 배지 및 침엽수의 발근용 배지인 GD 배지로 옮겨져 발근시험되었다.

한편, 엽절편으로부터의 callus 유도를 위해서는 역시 포장에서 직접 채취한 은행나무 유엽을 위와 동일한 방법으로 소독한 후 2,4-D(0.5, 1.0 ,2.0 mg/l) * BA (0.1, 0.5, 1.0 mg/l) 조합의 MS 배지에 치상하였다.

나. 삽목을 통한 대량증식

실험용 삽수는 엽 추출물 함량 및 형태적 변이 관찰을 위해 서울의 남산지역에서 선발된 35개체를 대상으로 하여 1997년 3월말에는 전년도에 성숙이 완료된 숙지(휴면지)를, 같은 해 7월초에는 동일 개체목들로부터 당년생 녹지를 채취하여 총 2회 실시하였다.

채취한 휴면지는 흑색 폴리에틸렌 봉지에 넣어 수분의 증발 및 개엽의 억제를 위해 4℃에서 냉장보관하다가 1997년 4월 10일 삽목실시 24시간 전, 냉장보관하던 휴면지를 꺼내어 실내에서 길이 15 20㎝ 정도로 잘라 기부는 45。 정도로 비스듬히 절단하고 상단은 끝눈보다 약 1㎝ 정도 남도록 평행하게 잘라 삽수를 조제한 후 발근 촉진을 위해 IBA 100ppm 용액에 하루밤동안 침적시켰다. 녹지삽의 경우에는 7월초에 녹지가 발달된 가지를 지하고 3m 이상에서 채취하여 숙지삽의 경우와 같은 방법으로 삽수조제 후 역시 IBA 100ppm 용액에 1 1.5시간 동안 침적 처리하여 삽목을 실시하였다.

삽목은 직경 5 inch pot에 시중에서 판매하는 Cocomix를 용토로 하여 만들어진 삽목상에 실시하였며, 삽목상의 환경은 6×4개의 pot를 하나의 box에 넣어 구분하여 온실에 배치하였다. 여기에 mist 분무장치를 설치하여 습도 및 실내온도의 온도의 적정수준 유지를 위한 조치를 하였으며, 온실의 습도는 71 90%, 온도는 30℃ 이하로 유지되었다.

이들은 뿌리 발달 및 당년 생장이 종료된 11월 말에 발근율 및 개체별 발근 특성이 조사되었다(Table 19).

2. 결과 및 고찰

가. 조직배양을 통한 대량증식

종자로부터 적출되어 접종된 배는 호르몬이 첨가되지 않은 MS배지에서 대부분 줄기와 뿌리가 정상적으로 생장하여 1개월 후 정상적인 식물체로 발달하였다. 그러나 이 경우를 제외하고는 BA가 첨가된 모든 배지에서 자엽이 과분열된 조직으로 발달함으로써 비정상적인 비대생장을 보였으며, 본엽이나 배축의 발달도 비정상적이었다. Cytokinine의 종류를 kinetin으로 바꾸어 보았으나 결과는 동일하였다. 한편 비대생장된 자엽은 비교적 고농도(2.0, 5.0 mg/l)의 BA가 첨가된 배지에서 배가 접종된 지 7-8주 후 callus화 되었다.

녹지의 정단부 및 액아 부위의 기내삽목 결과는 이보다는 양호하였으며, 성숙배의 경우에 비해 생장이 늦기는 하지만 6주 후 약 55%의 액아로부터 비교적 양호한 shoot가 발생하였다. 그러나 발근율은 매우 저조하였다.

한편, 잎절편으로부터의 callus 유도 실험결과는 2,4-D 농도가 1.0, 2.0 수준일

때 BA의 농도와 관계없이 3주 후 callus가 발생하였으며, BA 함량이 2,4-D보다 높은 경우에는 callus 발생이 관찰되지 않았다. Callus의 발생량은 NAA 1.0/ BA 0.1 mg/l, NAA 2.0/ BA 0.1 mg/l에서 가장 많았으나, 이러한 조건에서 발생된 callus는 연한 녹색으로 수분을 많이 함유하고 있으므로, 기관발생에는 부적합한 것으로 생각되었다. 반면 NAA 0.5mg/l, BA 0.01mg/l 조건에서 가장 단단한 녹색의 callus가 발생되었다. 이를 다양한 조성의 배지에 옮겨 보았으나, 기관이나 체세포배 발생은 관찰되지 않았다.

나. 삽목을 통한 대량증식

숙지삽과 녹지삽의 삽목 결과 및 삽수에서의 발근 모양을 Figure 11과 Table 19에 나타내었다. 삽목 실험의 결과 숙지삽보다는 녹지삽에서 보다 우수한 발근상태가 관찰되었는데, 녹지삽의 경우 전체 개체에 따라서 37 100% 범위를 보였으나 80% 정도의 개체에서 80% 이상의 발근율을 보였다. 반면 숙지삽에서는 약 65%의 개체에서만 발근되었으며, 발근율도 40-60%의 범위였다.

(a) (b)

Figure 11. The Adventitious root formation from section (a) and axil (b).

Table 19. The rooting ratio of cuttings taken from 35 ginkgo trees in Namsan area.

Individual No.	Greenwood cuttings			Hardwood cuttings			Total		
	Cuttings (ea)	Rooting (ea)	Rooting ratio(%)	Cuttings (ea)	Rooting (ea)	Rooting ratio(%)	Cuttings (ea)	Rooting (ea)	Rooting ratio(%)
1	26	12	46	2	0	0	28	12	43
2	7	7	100	9	0	0	16	7	44
3	10	10	100	10	0	0	20	10	50
4	14	14	100	7	2	29	21	16	76
5	-	-	-	16	0	0	16	0	0
6	16	15	94	14	11	79	30	26	87
7	15	12	80	6	0	0	21	12	57
8	28	16	57	4	0	0	32	16	50
9	19	19	100	5	0	0	24	19	79
10	30	25	83	1	0	0	31	25	81
11	10	10	100	7	6	86	17	16	94
12	19	19	100	7	0	0	26	19	73
13	3	2	67	28	18	64	31	20	65
14	10	10	100	19	0	0	29	10	34
15	19	19	100	13	13	100	32	32	100
16	20	16	80	7	0	0	27	16	59
17	16	16	100	4	0	0	20	16	80
18	20	18	90	4	0	0	24	18	75
19	18	15	83	6	1	17	24	16	67
21	32	18	56	-	-	-	32	18	56
22	19	7	37	-	-	-	19	7	37
23	22	22	100	7	3	43	29	25	86
24	11	8	73	12	7	58	23	15	65
25	11	10	91	10	9	90	21	19	90
26	1	1	100	23	22	96	24	23	96
27	-	-	-	18	6	33	18	6	33
28	-	-	-	19	12	63	19	12	63
29	22	22	100	7	2	29	29	24	83
30	19	18	95	9	8	89	28	26	93
31	6	6	100	17	6	35	23	12	52
32	9	9	100	14	5	36	23	14	61
33	-	-	-	18	7	39	18	7	39
34	-	-	-	11	11	100	11	11	100
35	-	-	-	28	12	43	28	12	43
36	-	-	-	26	16	62	26	16	62

3. 결론

조직배양을 통한 대량증식을 위한 기초 실험결과, 대부분의 침엽수와 마찬가지로 은행나무 역시 shoot의 성장 및 발근이 매우 까다로운 조건을 요하는 것으로 나타났다. 반면 삽목에 의한 증식은 실시 후 적절한 온도 및 습도의 조건만 유지된다면 상당히 성적이 양호한 것으로 나타나 앞으로 원하는 품종이나 개체의 대량증식을 위한 은행나무의 영양증식이 필요할 경우에는 조직배양에 의한 증식보다는 삽목에 의한 방법이 보다 효율적일 것으로 사료된다.

참고문헌

소웅영. 김명란. 여읍동. 1984. **은행나무 종자의 자엽 카루스로부터 원형질체 분리에 관한 연구. 식물조직배양학회지** 11:129-136.

소웅영. 홍성식. 1983. **은행나무 성숙배 및 유식물에 있어서 유관속 분화. 식물학회지** 26:207-216.

소웅영. 강영덕. 1990. **은행나무 유식물에 있어서 반응조직의 분화에 대한 해부학적 연구. 식물학회지** 33:285-292.

이석우, 김용율, 현정오, 김진수. 1997. **동위효소 및** RAPD **분석에 의한 소나무 천연집단의 유전변이 비교. 한국육종학회지** 29(1):72-83.

Bruno, C., R. Cuppini, S. Sartini, T. Cecchini, P. Ambrogini, and E. Bombardelli. 1993. Regeneration of motor nerves in bilobalide-treated rats. Planta Med. 59:30-307.

Cheliak, W.M. and J.A. Pitel. 1984. Techniques for Starch Gel Electrophoresis of Enzymes from Forest Tree Species. Petawawa National Forestry Institute. Canadian Forestry Service, Information Report PI-X-42.

Del Tredici, P., H. Ling, and G. Yang. 1992. The Ginko of Tian Mushan. Conserv. Biol. 6:202-209.

Del Tredici, P. 1992. Natural regression of *Ginko biloba* from downward growing cotyledonary buds (basal chichi). Am. J. Bot. 79:522-530.

Del Tredici, P. 1993. *Ginko chici*: in nature, legend and cultivation. Intl. Bonsai 4:20-25.

Filius, A.M. 1986. Forestry strategy and landuse policy in areas with high population pressure. For. Ecol. Manage. 15: 181-193.

Hasler, A., C. Sticher, and B, Meier. 1992. Identification and determinations of the flavonoids from *Ginko biloba* by high-performance liquid chromatography. J. Chromatogr. 605:41-48.

Ling, H. 1992. Crgin and distribution of *Ginkgo biloba*. For. Chron. 68:612-613.

Murray, Frank. 1993. *Ginkgo Eiloba*. Keats Publishing.

Soltis, D.E. and P.S. Soltis (eds.). 1989. Isozymes in Plant Biology, Discorides Press, Portland, Oregon.

Sticher, C. 1993. Quality of *Ginkgo* preparations. Planta Med. 59:2-11.

Suiter, K.A., J.F. Wendel, and J.S. Case. 1983. LINKAGE-1:A PASCAL computer program for the detection and analysis of genetic linkage. J. Heredity. 74:203-204.

Swofford, D.C. and R.B. Selander. 1989. BICSYS-1:A computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematics. Release 1.7. Illinois Natural History Survey, USA.

Tsumura, Y., H. Motoike and K. Ohba. 1992. Allozyme variation of old *Ginkgo biloba* memorial trees in western Japan. Can. J. For. Res. 22:939-944.

Turner, J., S.F. Dice, D.W. Cole, and S.P. Gessel. 1978. Variation of nutrients in forest tree foliage - a review. Institute of Forest Product Contribution Number 35, Univ. of Washington, Seattle, WA. pp. 32.

Zhiyan, Z. 1991. Phylogeny and evolutionary trends of Mesozoic ginkgoaleans: a preliminary assessment. Rev. Palebot. Palynol. 68:203-216.

제 3장 생리생태시업관리 분야

제 1절 서설

은행나무 (*Ginkgo biloba* L.)는 현재 지구상에 존재하고 있는 어떠한 나무보다도 오랫동안 살아있는 나무로 약 1억 9천만 또는 2억년 전에 나타나 살아있는 화석으로 불리고 있다 (Del Tredici, 1993; Major, 1967). 은행나무는 중국의 온대지방이 원산지로 오래 전에 우리 나라에 도입되었고, 일본을 거쳐 1700년대에 유럽과 미주까지 전파되었다. 은행나무는 아름답고 환경에 대한 적응성이 뛰어나 전세계적으로 조경수로써 각광을 받아왔으며, 특히 우리 나라에 널리 식재되었다. 은행나무의 종자는 식용과 약용으로 널리 사용되었고, 목재는 고급 가구재와 기구재로 사용되어 왔다. 은행나무 잎은 동양에서 약제로 오랫동안 사용하였고, 근래에는 혈액순환 촉진과 기억력 증진 등 약리작용이 실험결과 입증되어 전세계적으로 큰 관심을 불러일으키고 있으며, 유럽에서는 의약품으로 처방에 의해 사용되고 있다 (Kleijnen과 Knipschild, 1992; Petkov et al., 1994). 이에 따라 은행나무 잎 추출물의 수요가 늘어나고 있는 추세이다. 은행나무가 임학, 식물학, 지질학, 생화학, 약학의 분야에서 활발한 연구 대상 수종이었으나 (Del Tredici et al., 1992; Ling, 1992). 아직까지도 이의 생리생태적 연구, 예컨데 물질생산과 양분의 분포 및 순환 등에 대한 분야는 연구가 매우 미진한 상태이다 (Brinkman과 Boerner, 1994; Shim과 Ahn, 1982; Yoo, 1985). 본 분야에서는 은행나무의 생리생태시업관리를 위주로 연구하여, 우선 은행나무 생체량을 추정할 수 있는 회귀식을 조제하고, 생태계의 주요 부위별 양분의 분포상태를 조사하며, 은행나무 묘목을 대상으로 시비 후 생장과 유용추출물의 변화를 파악하고, 또한 몇 가지의 시업 처리 결과 나타나는 은행나무 잎의 유용추출물 농도 변화를 조사하고자 하였다.

제 2절 생체량 추정 회귀식 조제와 생태계 구성 부위별 양분 분포 조사

1. 은행나무 벌채 및 시료처리

은행나무의 생리생태적 특성을 이해하기 위한 첫 단계로 지상부 생체량과 양분 분포 상태를 연구하기로 하고 이를 위하여 임목구성 부위별 생체량을 추정할 수 있는 회귀식을 개발하며, 식생부위, 낙엽층, 토양의 양분 (질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘) 농도를 측정하였다.

본 연구를 위하여 경기도 평택시 3ha 은행나무 집단 조림지를 연구대상 임분으로 선정하였다. 이 지역의 해발고도는 약 70m이고, 방위는 동남향이며 경사는 약 5° 정도였다. 연평균 강수량은 1,300㎜이고 1월과 7월의 평균기온은 각각 -2.4, 24.6°C이다. 이 지역에는 리기다소나무가 식재되어 있었는데, 1970년대 초에 개벌로 제거하고 1975년 은행나무 묘목이 1 m x 1 m 간격으로 식재하였고 1985년과 1990년에 각각 간벌을 실행하였다. 식재지의 하층식생으로는 명석딸기 (*Rubus parvifolius*), 며느리배꼽 (*Persicaria perfoliata*), 갈퀴덩쿨 (*Galium spurium*), 애기똥풀 (*Chelidonium majus* var. *asiaticum*), 쇠뜨기 (*Equisetum arvense*) 등이 나타나고 있었다. 연구대상 15년생 은행나무 임분에 3개의 15 m x 15 m 방형구를 설치하고, 경계를 설정한 다음 조사구 내 모든 임목에 대하여 매목조사를 실시하였다. 임분의 흉고단면적은 15.88 ㎡/ha 이고 임목밀도는 2,800본이며, 평균수고와 흉고직경은 각각 7.2 m, 6.5 ㎝이다.

은행나무 지상부 생체량은 흉고직경을 생체량 추정 회귀식에 대입함으로써 구하였다. 회귀식은 조사대상 임분 밖에서 흉고직경 5-23㎝에 해당하는 13본의 은행나무를 선정하여 벌채하고 조제하였다. 1996년 7월에 Gower et al. (1987)의 방법에 따라 은행나무를 벌채하였는데, 지표에 근접한 부위에서 벌채한 다음 흉고부위, 살아있는 수관의 끝 부위 등을 수간에 표시하였다. 모든 가지는 수간에서 분리하였는데, 수관을 3등분 (상, 중, 하)하여 각 부위별 대표적인 가지를 하나씩 선정하였다. 분리된 가지로부터 잎을 다시 분류하고 수간은 2m 간격으로 절단하였다. 매 수간 부위의 밑둥에서 3-5㎝ 두께의 원판을 채취하고, 임지에서 가지, 수간, 원판 등의 생중량을 측정하였

다. 일부 시료는 실험실로 운반하고 원판을 목부와 수피로 다시 세분하고 건조시켜 건중량을 측정한 다음 함수율을 이용하여 임지에서 측정한 부위별 생중량을 건중량으로 환산하였다.

매 수관의 위치별로 100개 정도의 잎을 골라 Delta-T Area Meter로 엽면적을 측정하고 이를 건조시켜 잎의 단위건량 당 면적 (specific leaf area, SLA, ㎠/g)을 구하였으며, 이를 이용하여 임목 전체의 엽면적을 계산하였다. 또한 매 원판으로부터 Delta-T Area Meter로 변재단면적을 구하고 이를 변재부피로 환산하였다 (Chapman과 Gower, 1991).

매 조사임분에서 5개씩의 30 cm x 30 cm 낙엽층 시료를 채취하여 건조한 다음 건중량을 구하였다. 낙엽층 시료를 채취한 지점에서 직경 5㎜의 토양채취기를 이용하여 깊이 20㎝까지의 무기광물토양 시료를 채취하였다. 또한 추가로 3개씩의 용적비중 측정용 토양시료를 채취하였다. 토양시료는 기건한 후 2㎜의 체로 치고 분석에 사용하였다. 토성은 피펫법으로, pH는 토양:증류수 1:5의 비율로, 유기물은 Walkley-Black법으로, 전질소와 인은 Kjeldahl법으로 분해하고 적정과 흡광도법에 따라, 그리고 K, Ca, Mg 등은 추출 후 inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (Perkin-Elmer Plasma 40)로 측정하였다 (농업기술연구소, 1988). 지상부 식물체 및 낙엽층 시료는 분쇄하여 Lachat block digestor BD-46에서 Kjeldahl 분해하고 전질소와 인의 농도를 자동이온분석기를 이용하여 분석하였다 (Bran-Luebbe Traccs 800). K, Ca, Mg 등의 농도 측정에는 ICP를 사용하였다. 임목의 부위별 (또는 낙엽층) 양분의 농도를 생체량 (또는 낙엽층 건중량)에 곱하여 부위별 양분함량으로 구하였다. 토양 내 양분 농도는 용적비중에 곱하여 양분 함량으로 환산하였다.

생체량 추정을 위해서는 지상부 부위별 생체량 또는 엽면적 (Y)을 종속변수로 하고, 흉고직경, 흉고단면적, 변재단면적, 변재부피 등 (X)을 독립변수로 하는 회귀식을 만들었다 (log Y = a + b log X). 대수값을 취함으로 발생하는 오차는 Sprugel (1983) 보정계수를 사용하였다. 양분 농도, SLA 등의 차이는 SAS (1988)를 사용하여 통계분석하였다.

2. 생체량 및 양분분포

본 연구에서 조제한 생체량 추정회귀식은 Table 1에 나타나 있다. 다른 연구에서와 비슷하게 흉고직경이 건량 또는 엽면적을 설명하는데 가장 유효한 것으로 나타나고 있다 (R^2=0.82). 변재는 뿌리로부터 잎으로 수분과 양분을 이동시키는 통로가 되며, 따라서 변재단면적이나 변재부피가 임목의 생산성과 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 변재단면적 또는 변재부피가 잎의 건량 또는 엽면적과 밀접한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Regressions of aboveground tree component dry mass (kg) and leaf area (m^2) on diameter (cm) at breast height (DBH), basal area (cm^2), sapwood area (cm^2) at breast height (BH) and at base of live crown (BLC), and sapwood volume (cm^3) for *Ginkgo biloba*. Equations follow the form log Y = a + b log X.

Y	component	X	a	b	$S^2y.x$	R2
Dry mass	stemwood	DBH	-1.561	2.439	0.004	0.984
	stembark	DBH	-1.966	2.158	0.011	0.946
	branch	DBH	-2.348	2.813	0.043	0.881
	foliage	DBH	-2.527	2.665	0.020	0.934
		basal area	-2.416	1.324	0.019	0.938
		sapwood area at BH	-1.995	1.229	0.023	0.925
		sapwood area at BLC	-1.970	1.271	0.030	0.902
		sapwood volume	-2.735	1.141	0.283	0.908
Leaf area		DBH	-1.637	2.959	0.067	0.841
		basal area	-1.552	1.488	0.056	0.867
		sapwood area at BH	-1.086	1.386	0.059	0.869
		sapwood area at BLC	-1.079	1.445	0.062	0.852
		sapwood volume	-1.878	1.271	0.075	0.822

15년생 은행나무 임분의 지상부 총생체량은 23.8 t/ha로 나타났는데 (Table 2), 은행나무 생체량에 대한 이전의 연구결과가 없어 이를 직접 비교하기는 어려우나 이러한 수치는 비슷한 임령을 가진 다른 수종에서 일반적으로 관찰되는 수치의 범위 내에 있는 것이다. 예를 들면, Kimmins et al. (1985)은 10-20년생 침활엽수림에서 지상부 생체량이 15-70 t/ha인 것으로 보고하였다. 수간목부, 가지, 수피, 잎 등의 부위별 비율은 각각 57, 20, 13, 10% 등으로 나타났는데, 특히 잎의 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 임령이 낮고 임목 밀도가 높은데서 기인하는 것으로 볼 수 있다 (Grier et al., 1992). 낙엽층의 건량은 9.8 t/ha이고 다른 임분에서와 유사한 값이다 (Kimmins et al., 1985). 전체생태계의 유기물 총량은 160.6 t/ha이고 지상부 생체량, 낙엽층, 20cm 깊이까지의 무기광물토양층이 각각 15, 6, 79%를 차지하고 있었다 (Table 2).

Table 2. Organic matter (kg/ha) and nutrient contents (kg/ha) between the aboveground tree components and within the major components of the ecosystem in a 15-year-old ginkgo plantation. Values in parentheses are % of the total ecosystem capital.

Component	organic matter	N	P	K	Ca	Mg
stemwood	13,540	25	3	14	23	6
stembark	3,030	28	1	38	53	9
branch	4,860	35	2	59	92	11
foliage	2,350	52	4	25	39	12
Aboveground total	23,780(15)	140(3)	10(2)	136(33)	207(15)	38(26)
Forest floor	9,848(6)	176(3)	22(5)	87(21)	228(17)	21(15)
Soil (upper 20cm)	127,074(79)	5,228(94)	448(93)	189(46)	949(68)	86(59)

수관위치별 SLA (㎠/g)는 상부 136.0, 중부 191.9, 하부 189.7 등이었고, 수관 위치별 차이는 없었다 (Chapman과 Gower, 1991). 연구대상 임분의 엽면적은 4.06 ㎡/㎡이고, 엽면적와 흉고부위에서의 변재면적 비율은 (LA:SABH) 0.50이며, 살아 있는 수관의 밑에서의 엽면적과 변재면적 비율은 0.62이었다. 임목의 부위별 양분 농도는 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 잎과 가지 내 양분농도는 수관 부위별 차이를 보이지 않았다. 질소, 인, 마그네슘 등의 농도는 잎에서 가장 높고 다음으로 수피, 가지, 수간목부 등의 순으로 감소하였다. 한편 칼슘와 칼륨의 농도는 가지와 수피에서 잎보다 높게 나타났다 (Table 3).

Table 3. Nutrient concentration (%) for aboveground tree components in a 15-year-old ginkgo plantation.

Tree component	N	P	K	Ca	Mg
stemwood	0.181	0.022	0.102	0.171	0.041
stembark	0.933	0.034	1.256	1.735	0.286
branch	0.725	0.034	1.223	1.891	0.227
foliage	2.209	0.177	1.050	1.679	0.513

은행나무에서의 양분 농도에 대한 이전의 다른 연구결과가 없기 때문에 본 연구에서 나타난 값을 비교하기는 어려우나, 다른 활엽수에서 측정된 것과 유사하다 (Kimmins et al., 1985). 그리고 잎에서의 질소 농도 2.209%는 Brinkman과 Boerner (1994)와 Shim과 Ahn (1982) 등이 측정한 2.3-2.4%와 비슷하다. 수간목부와 수피에서의 질소, 칼륨, 마그네슘 등의 농도는 Shim과 Ahn (1982)과 Yoo (1985) 등의 결과와 유사하다. 그러나 잎과 다른 부위에서의 인, 칼슘 농도는 비교적 낮게 나타났다.

지상부 임목 내 양분 함량 (kg/ha)은 칼슘 207, 질소 140, 칼륨 136, 마그네슘 38, 인 32 등이고, 잎은 다른 부위에 비하여 질소, 인, 마그네슘 등을 가장 많이 함유하고 있다. 이에 비해 가지는 칼륨과 칼슘를 가장 많이 포함하고 있다 (Table 2). 잎

은 지상부 생체량의 10%를 차지하나 양분의 함량면에서는 18-40%를 차지하고 있다. 수피와 가지에 칼륨과 칼슘이 많은 것은 생체량이 많고 양분 농도가 높기 때문인 것으로 보인다. 최근 잎에서 추출물을 생산하기 위하여 은행나무에서 잎만 채취하는 경우가 많다. 그러나 잎에 저장된 양분이 토양에 낙엽으로 돌아와 계속 사용되어야 하는데, 잎만을 지속적으로 수확하게 되면 지력이 약화될 수 있다. 물론 가을철 낙엽 전 양분의 재순환으로 일부 양분이 재활용된다 하더라도 (Brinkman과 Boerner, 1994) 잎만을 지속적으로 수확할 경우 손실된 양분을 보충해 주는 적절한 비배관리가 필요한 것으로 사료된다. 이는 후술하는 양분의 계절적 동태와 관련하여 재순환되거나 축적되는 양분의 양을 감안한 비배관리가 필요함을 보이는 결과이다.

토성은 사질식양토이며, 토양의 용적비중은 0.87 g/㎤ 그리고 토양 내 유기물 농도는 2.73%이었다. 토양의 pH는 5.86으로 우리 나라의 일반 산림토양에 비해 산성도가 심하지 않은 편이다 (Kim et al., 1996). 이는 연구대상 임분의 토양은 원래 산림토양이었으나 기존의 리기다소나무 임분을 벌채하고 은행나무를 인공조림한 후 임목 생육을 촉진시키기 위해 시비 등의 인위적인 처리를 한 때문인 것으로 보인다. 토양 질소의 농도는 0.299%로 비교적 높은데, 이는 잎 (2.209%)과 낙엽층 (1.787%)에서의 질소 농도가 영향을 준 때문인 것으로 보인다. 토양 내 양이온 농도 (㎎/kg)는 칼슘 (543) > 칼륨 (108) > 마그네슘 (49)의 순으로 나타났다. 낙엽층의 양분함량 (kg/ha)은 칼슘 228, 질소 176, 칼륨 87, 인 22, 마그네슘 21 등으로 다른 온대지방 활엽수림에서와 유사한 경향을 보이고 있다 (Cole과 Rapp, 1981). 낙엽층의 질소, 인, 칼슘 등은 지상부 임목보다 많았고, 또한 낙엽층은 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등의 지상부 주저장고로 나타났다. 생태계의 모든 부위에 포함된 양분 (kg/ha)은 질소 5,544, 칼슘 1,384, 칼륨 554, 인 480, 마그네슘 145 등이었다. 무기광물토양이 전체 양분 중 가장 많은 양을 포함하고 있으며, 특히 질소, 인의 경우 전체량의 90% 이상이 토양에 포함되어 있다. 지상부 식생은 전체 생태계 양분 가운데 칼륨 33%, 마그네슘 26%, 칼슘 15% 등을 포함하고 있다. 그러나 이에 비해 질소는 3%, 인은 단지 2%만 식생 부위에 있었다.

제 3절 묘목에 대한 시비 실험

1. 재료 및 시비처리

시비에 따른 은행나무 엽 내 양분의 농도와 토양 성질의 변화, 추출물의 함량 및 은행나무 부위별 생체량 변화를 조사하기 위하여 시비실험을 실시하였다. 이를 위하여 종자에 의해 양묘된 3년생 묘목 500본을 4월 초 고려대학교 자연자원대학 구내 묘포장에 30㎝ 간격으로 식재하였다. 시비한 비료는 질소의 경우 유안 ($(NH_4)_2SO_4$), 인의 경우 과린산석회 ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$)의 형태를 사용하였으며, 그 처리내용은 1ha를 기준으로 질소 100kg (N100), 질소 200kg (N200), 질소 400kg (N400), 인 50kg (P50), 인 100kg (P100), 그리고 질소와 인의 혼합으로 질소 200kg + 인 100kg (N200 + P100)과 질소 100kg + 인 50kg (N100 + P50) 등의 7가지와 대조구 (Control) 등 총 8가지로 하였다. 처리구간에는 최소한 1m 이상의 간격을 두어 다른 시비처리의 영향을 방지하도록 하였다. 시비는 묘목식재 후 완전한 활착이 이루어진 다음인 6월 초 실행하였다.

2. 은행 잎과 토양 시료 채취, 분석

시비 후 4, 5개월이 경과한 다음인 9월과 10월에 매 처리구별로 20본의 묘목에서 잎을 채취하였다. 잎의 엽면적을 Regent Instruments의 Folia 3.3을 이용하여 측정하고, 잎을 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시켜 건량을 측정한 다음 specific leaf area (SLA)를 산출하였다. 잎의 시료는 분쇄하여 H_2SO_4와 K_2SO_4, $CuSO_4$의 촉매제를 이용하여 Lachat BD46로 Kjeldahl 분해한 뒤 Bran-Lubbe Traccs 800 자동분석기로 전질소와 인의 농도를 측정하였다. 또한 9월에 각 처리구에서 개체의 구분 없이 잎을 채취한 다음 고루 섞어 처리구 당 2개씩의 시료를 만들어 기건, 분쇄하여 성분 추출 및 정제에 사용하였다.

은행나무 잎으로부터의 추출물은 HPLC를 이용하여 Ginkgo Flavon Glycosides (GFG)와 Terpene Lactones (TL)를 분석하였으며, 추출, 정제 과정 및 분석 조건은 다음과 같다. 즉 기건하여 50 mesh 이하로 분쇄한 잎 50g을 10배 부피의 50% (v/v) 메탄

올 수용액으로 3시간씩 3회 추출하여 여액을 모은 후 감압 농축하여 용매를 제거시키고 증류수를 가하여 500㎖로 정확히 표선하여 용해하였다. Sticher (1993)의 방법을 변형하여 상기 여액중 GFG 분석을 위하여 50 ㎖를 정확히 취하여 동결건조한 후, 고형분을 1.5N HCl 20㎖ 및 메탄올을 가하여 용해시키고 50㎖로 표선하였다. 이를 100℃ 수욕상에서 25분 간 가수분해하여 HPLC를 이용하여 Quercetin, Kaempferol 및 Isorhamnetin의 양을 정량함으로써 각각의 화합물의 Glycosides 형태 양을 산정하였다. 이때 HPLC 분석은 물:메탄올:초산 (60:40:3)의 혼합용매를 이동상으로 하여 NovaPak C18 (3.9 x 150㎜) Column으로 UV 365㎚에서 검출하였다. 한편 TL의 분석은 van Beek 등 (1991)의 방법을 변형하여 상기한 추출물 여액 450㎖를 동량의 Ethyl acetate로 3회 층분리하여 Ethyl acetate 층을 모아 감압 농축시킨 후 5㎖ 메탄올에 녹여 Sep-pak으로 전처리한 후, 여과하여 물:메탄올 (8:2)의 혼합 용매를 이동상으로 NovaPak C18 (3.9 x 150㎜) Column을 이용하여 Refractive Index (RI) 검출기로 Bilobalide 및 Ginkgolides (A, B, C and J)를 정량하였다.

토양은 매 처리구에서 4개씩 지표로부터 20㎝까지 채취한 뒤 고루 섞어 처리구당 1개씩의 시료로 만들었다. 시료는 2㎜의 체로 굵은 자갈과 뿌리 등을 골라낸 다음 기건시켰다. 시료의 토성은 Pipette법으로 입경을 분석한 뒤 미국 농무성법에 따라 구분하였다. 시료 토양은 물과 1:1의 비율로 섞어 pH meter로 pH를 측정하였고, 풍건세토 5g을 1N Ammonium acetate로 용탈시킨 다음 ICP-AES로 K, Ca, Na, Mg 등의 농도를 측정하였다. 토양시료 0.3g을 H_2SO_4와 K_2SO_4, CuSO4 등과 혼합하여 Lachat BD46로 Kjeldahl 분해한 뒤 Bran-Lubbe Traccs 800 자동분석기로 전질소와 인의 농도를 측정하였다. 또한 토양중의 유효태인산 (Lancaster법)과 유기탄소 (Tyurin법)의 농도, 그리고 CEC 등을 측정하였다 (농업기술연구소, 1988).

3. 시비 후 묘목 생체량 변화 분석

시비 후 은행나무 각 부위별 생장 차이를 알아보기 위하여 9월 말 시비 처리구별로 6-10본씩의 묘목을 수확하였다. 묘목은 뿌리 부위가 손상되지 않도록 조심스럽게 굴취하여 지상부와 지하부로 분리하고 지하부 뿌리는 흐르는 물에 씻어 흙을 제거하였다. 시료가 건조되기 이전에 지상부와 지하부의 길이를 0.1㎝ 단위까지 측정하였다.

지상부는 다시 가지와 잎으로 분리하고, 뿌리, 가지, 잎 등을 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시켜 0.01g 단위까지 건량을 측정하였다.

은행나무 묘목의 생장, 잎에서의 양분 및 유용추출물의 농도, 그리고 토양의 성질 등에 관한 모든 자료는 SAS (1988)를 사용하여 시비 처리간의 차이가 통계적으로 유의한지 여부를 검정하였다. 통계적으로 유의성이 인정된 평균치 간의 검정은 Duncan test를 이용하였다. 또한 묘목의 생체량과 유용추출물 농도간의 상관관계를 분석하였다.

4. 시비처리의 결과

가. 묘목 내 양분 및 토양성질 변화

9월과 10월에 채취한 잎에서의 SLA는 시비처리구간에 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다 (Table 4). 묘목에서의 잎의 단위 건량당 엽면적은 대조구에서 가장 높고, 질소와 인을 함께 시비한 처리구에서 가장 낮아 은행나무 묘목에서 시비가 잎의 단위 면적 당 생체량 증가 효과를 가져온 것으로 볼 수 있다 (Table 4). 그리고 질소와 인의 복합비료 시비 (N200 + P100, N100 + P50)에서 SLA의 값이 가장 낮은 것은 실험이 행해진 토양에서 질소와 인 모두가 생장 제한 요소로 작용하기 때문에 보충된 이들 두 원소의 영향으로 생장이 증가한 것으로 볼 수 있다. 대조구에서 질소와 인의 농도가 가장 낮은 것도 이러한 사실을 뒷받침한다고 할 수 있다. 대조구에서 조사된 9월과 10월의 SLA 값이 각각 119, 148 ㎠/g 등으로 다른 연구에서 7월에 측정된 170 ㎠/g에 비해 (Son과 Kim, 1997) 매우 낮게 나타나고 있다. 한편 9월의 SLA는 모든 처리구에서 10월의 SLA에 비하여 낮게 나타나고 있는데, 이는 건중량의 감소에 기인한 것으로 은행나무 잎은 8-9월까지 건중량이 증가하여 최고치를 보이다가 그 후 점차 감소하여 낙엽 직전 최저치를 보인다는 Flesch 등 (1992)이나 Shim과 Ahn (1982)의 연구결과와 일치된다.

대조구에서 잎의 질소와 인 농도는 9월 시료의 경우 각각 0.95%와 0.07%, 10월 시료의 경우 0.32와 0.04%로 나타나고 있다. 이와 같은 수치는 임목의 생장 기간 (보통 6-8월) 동안 은행나무 성목을 대상으로 측정한 질소 농도 2.2-2.4%와 인 농도 0.2-0.5%에 비해 매우 낮은 것이다 (유종훈, 1985; Brinkman과 Boerner, 1994; Shim과

Ahn, 1982; Son과 Kim, 1997). 이것은 임목에서 일반적으로 일어나는 낙엽 전 양분의 수체 내 다른 부위로의 이동에 의한 결과로 볼 수 있으며 (Brinkman과 Boerner, 1994), 낙엽이 지기 바로 전인 10월 말에 채취한 잎에서 질소와 인의 농도가 더욱 감소한 결과에서도 확인되고 있다.

모든 종류의 시비 처리가 엽내 질소 농도의 증가를 가져 왔는데, 시비 종류별 엽내 질소 농도의 변화 경향은 9월과 10월에 채취한 잎에서 큰 차이는 없는 것으로 나타나고 있다. 엽내 질소 농도는 질소 시비량 N200까지는 증가하나 N400에서는 오히려 감소하고, 엽내 인의 농도도 P50에서는 증가하나 P100에서는 감소하고 있다. 그러나 복합비료의 경우 엽내 질소의 농도는 N100이 포함될 때, 그리고 인의 농도는 P100이 포함될 때 가장 높은 값을 보이고 있다. 한편 유종훈 (1985)도 은행나무 묘목에서 질소의 시비량 증가가 엽내 질소 농도 증가로 나타난 결과를 보고한 바 있다.

9월과 10월의 양분 농도 차이를 기준으로 엽내 양분 재순환율을 구한 결과 대조구에서 질소는 67%, 인은 43%가 다른 부위로 이동되어 다른 시비 처리구에서 보다 높은 재순환율을 보이고 있다. 이는 토양 내 양분 조건이 열악할수록 잎으로부터 가능한 한 많은 양분을 다른 부위로 이동시켜 양분의 이용 효율을 높인다는 기존의 연구 결과 (Stachurski와 Zimka, 1975)와 일치하는 경향을 보이고 있다. 그러나 본 연구에서는 임목 생장 후기에 2차례만 시료를 채취하여 잎에서의 양분 이동 현상을 확인한 것이므로, 은행나무에서 시비가 양분 재순환율에 미치는 영향을 보다 명확히 구명하기 위해서는 잎의 양분 농도 변화를 연중 지속적으로 측정하는 연구가 필요하다.

Table 4. Foliage specific leaf area (SLA) and N and P concentrations in foliage following fertilization treatments in 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings. Values with the same letter in the same column did not differ at p=0.05.

Treat-ment	September			October		
	SLA(cm^2/g)	Total N(%)	Total P(%)	SLA(cm^2/g)	Total N(%)	Total P(%)
Cont-rol	119.1(3.8)a	0.95(0.04)e	0.07 (<0.01)e	148.4(7.8)a	0.32(0.03)e	0.04 (0.01)d
N100	115.0(3.2)ab	1.22(0.06)d	0.06 (0.01)e	131.5(4.9)ab	0.49(0.08)de	0.03 (0.01)d
N200	106.1(3.3)bcd	2.26(0.15)a	0.16 (0.03)de	121.7(4.4)bcd	1.68(0.15)a	0.54 (0.13)bc
N400	103.4(3.2)dc	1.17(0.06)d	0.35 (0.05)c	114.7(5.8)dc	0.64(0.06)d	0.50 (0.07)bc
P50	117.5(3.3)a	2.09(0.09)ab	0.70 (0.05)a	135.8(4.3)a	1.64(0.08)ab	0.79 (0.04)a
P100	108.9(0.8)abc	2.00(0.10)b	0.42 (0.06)bc	134.8(3.9)abc	1.88(0.13)a	0.49 (0.08)bc
N100+ P50	84.0(5.7)e	2.20(0.08)ab	0.22 (0.02)d	108.0(3.5)e	1.36(0.08)b	0.38 (0.05)c
N200+ P100	98.5(2.2)d	1.48(0.05)c	0.50 (0.03)b	118.7(4.3)d	0.94(0.08)c	0.68 (0.05)ab

한편 시비 처리가 토양의 성질에 미치는 영향은 Table 5에 나타나 있다. pH는 인의 공급 결과 다른 처리구에서보다 높은 값을 보이고 있으며, 특히 질소의 공급량 증가가 pH의 증가로 나타나고 있다. 토양 내 전질소의 경우 N100, N200, N400 등과 같이 질소 공급량이 증가함에 따라 0.054, 0.083, 0.108 등으로 증가하는 경향이 뚜렷하다. 그러나 인의 경우 질소와 인의 복합비료나 인의 시비에서도 인의 공급량 증가에 따른 토양 내 농도는 거의 변화를 보이지 않고 있다. 연구대상 포장은 최근에 새로이 조성된 토양형성작용이 미진한 모재 중심의 토양으로, 다른 산림토양에 비해 양분조건이 매우 척악한 상태인 것으로 나타나고 있다. 염기성 양이온의 농도는 시비처리의 종류와는 상관없이 낮은 값을 보이고 있다. 토양구성 무기광물 입자는 점토 22.2%, 미사 22.2%, 모래 55.6% 등으로 사질식양토에 해당하였다.

Table 5. Soil characteristics for different fertilization treatments.

Treatment	pH	Total N(%)	Total P(%)	Avail. P(ppm)	Organic C(%)	CEC(me/100g)	Exchangeable cations (me/100g)			
							K	Ca	Na	Mg
N200+P100	5.43	0.105	0.025	3.52	1.42	3.88	0.03	0.98	0.02	0.08
N100+P50	6.37	0.123	0.025	2.86	1.56	2.23	0.03	0.15	0.02	0.10
N100	5.14	0.054	0.021	1.75	1.35	4.22	0.01	0.50	0.02	0.04
N200	5.54	0.083	0.025	2.93	1.35	3.07	0.03	0.80	0.02	0.08
N400	6.24	0.108	0.023	2.95	1.13	3.26	0.02	1.11	0.03	0.08
P50	6.96	0.099	0.024	2.95	0.85	3.73	0.06	1.28	0.04	0.12
P100	7.13	0.105	0.026	6.47	1.77	2.97	0.03	1.07	0.02	0.11
Cont-rol	5.75	0.144	0.025	1.82	0.64	2.23	0.03	0.70	0.02	0.10

나. 엽내 추출물

시비 처리 후의 엽내 추출물 농도 변화는 Table 6와 7에 나타나 있다. 대조구에서 조사된 GFG 16.7mg/g과 TL 6.2mg/g의 수치는 Hasler와 Meier (1993)이 보고한 GFG 0.95-1.35%와 TL 0.44-0.51에 비해 매우 높게 나타났다. 일반적으로 성목에 비하여 묘목에서의 추출물 농도가 높은 것으로 알려지고 있다. 그러나 본 연구에서의 추출물 농도와 다른 연구에서의 차이가 분석 방법이 상이함에 따라 생기는 것인지 (Sticher, 1993) 또는 유전, 생육 환경의 차이에서 기인한 것인지는 (Flesch 등, 1992) 분명하지 않다. 또한 추출물의 농도는 잎의 채취 시기에 따라 큰 변화를 보이므로 (Flesch 등, 1992; Hasler와 Meier, 1993; Lobstein 등, 1991; van Beek와 Lelyveld, 1992), 본 연구에서 사용된 잎이 추출물의 농도가 최고치에 도달한 시점의 것이었는지 여부는 연중 지속적인 시료 채취와 분석을 통하여 판단이 가능할 것으로 보인다. GFG 농도는 대조구에서 가장 높은 수치를 보이고 있고, Quercetin Glycoside와 Kaempferol Glycoside도 각각 8.16과 7.32mg/g으로 다른 시비 처리구보다 높은 수치를 보이고 있다 (Table 6). 질소의 공급량 증가에 따른 GFG 농도 변화는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았으나,

인의 경우에는 GFG의 세 가지 성분 모두 증가하는 경향을 보이고 있다. 한편 질소와 인의 복합 시비 처리구에서의 GFG 농도는 질소나 인의 단일 시비에 비해 현저히 낮게 나타나고 있다. TL 농도는 대조구에서 6.2mg/g으로 N200 + P100과 N400에서의 각각 6.2, 6.4mg/g 등보다는 약간 낮으나 여전히 높은 수치를 보이고 있다. 특히 인의 단일 시비는 Bilobalide와 Ginkgolides의 감소를 가져와 이들의 합인 TL의 농도가 P50과 P100에서 각각 4.44와 4.13mg/g으로 다른 처리구나 대조구에 비해 낮아 인의 공급이 TL 농도를 감소시키는 것으로 나타나고 있다 (Table 7).

Table 6. Ginkgo Flavon Glycosides (GFG) concentrations from foliage of 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings following fertilization treatments. Values with the same letter in the same column did not differ at p=0.05.

Treatment	Quercetin Glycosides(mg/g)	Kaempferol Glycosides(mg/g)	Isorhamnetin Glycosides(mg/g)	GFG(mg/g)
Control	8.16(0.18)a	7.32(0.51)a	1.32(0.08)ab	16.79(0.76)a
N100	7.95(0.96)ab	6.43(0.39)ab	1.22(0.12)ab	15.60(1.47)ab
N200	6.45(0.91)abc	6.21(0.44)ab	1.54(0.13)a	14.20(1.48)ab
N400	6.73(0.42)abc	7.47(0.19)a	1.25(0.12)ab	15.45(0.73)ab
P50	6.67(0.38)abc	6.23(0.27)ab	1.16(0.06)ab	14.08(0.70)ab
P100	7.96(0.46)ab	6.67(0.27)ab	1.44(0.14)a	16.06(0.86)ab
N100 + P50	4.90(0.26)bc	5.18(0.28)b	0.85(0.03)b	10.93(0.57)b
N200 + P100	4.76(0.28)c	5.24(0.28)b	0.81(0.05)b	10.80(0.60)b

Table 7. Terpene Lactones (TL) concentrations (mg/g) from foliage of 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings following fertilization treatments. Values with the same letter in the same column did not differ at p=0.05.

Treatment	Bilobalide(mg/g)	Ginkgolides(mg/g)	TL(mg/g)
Control	2.70(0.21)a	3.48(0.32)abc	6.18(0.53)ab
N100	2.30(0.12)abc	3.17(0.24)abc	5.47(0.36)abc
N200	2.50(0.15)ab	2.97(0.32)abc	5.46(0.46)abc
N400	2.55(0.08)a	3.89(0.19)a	6.44(0.27)a
P50	1.83(0.03)bc	2.62(0.02)bc	4.44(0.04)bc
P100	1.75(0.11)bc	2.37(0.25)c	4.13(0.36)c
N100 + P50	2.80(0.14)a	3.14(0.11)abc	5.94(0.25)abc
N200 + P100	2.61(0.06)a	3.62(0.06)ab	6.23(0.12)ab

토양 양분이 부족한 곳에 생육하고 있는 식물체는 체내 이차 대사 물질의 양을 증가시킨다는 가설이 있으며 (Tuomi, 1992), 비옥도가 이차 대사물질의 농도 변화에 미치는 영향은 이차 대사 물질이나 식생의 종류에 따라 차이가 많은 것으로 알려지고 있다. 예컨데 시비 후 식물체 엽내 flavonoids는 감소하나 (Lavola와 Julkunen-Tiitto, 1994), terpene은 변화가 없으며 (Muzika, 1993), phenolics와 tannins는 감소하거나 (Muzika, 1993; Ruohomaki 등, 1996) 또는 변화가 없는 (Dudt와 Shure, 1994) 등 연구 결과에 따라 차이가 있다. 그러나 은행나무를 대상으로 한 연구에서는 묘목 내 terpene의 함량이 실내의 광조건에 따라 변화함이 밝혀진 이외에 (Flesch 등, 1992), 다른 환경 요인에 의한 이차 대사 물질 함량에 대한 영향이 연구된 바가 없다. 따라서 본 연구 결과 토양의 질소와 인의 유효도가 엽내 추출물 농도에 영향을 주고 있는 것으로 밝혀지고 있으므로 앞으로 토양의 비옥도를 포함하여 임목의 생장에 영향을 주는 보다 다양한 환경 조건 하에서의 추출물 농도 변화를 파악하는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

본 연구 결과 일반적으로 시비 후 은행나무 묘목의 생체량은 증가하나 잎에서의 유용 추출물 농도는 감소하는 경향이 있어 생체량과 추출물의 농도 간에 관련이 있는 것으로 나타났다. 유용 추출물 중 GFG와 묘목 총생체량 사이에는 부의 상관관계 (r=-0.676, p=0.066)가 있었으며, 묘목 구성 부위별로 분류하면 GFG와 잎의 생체량 (r=-0.739, p=0.036), 그리고 GFG와 줄기의 생체량 (r=-0.815, p=0.014) 사이에는 보다 밀접한 상관 관계가 있는 것으로 나타나고 있다 (Figure 1). 특히 잎에서 생체량과 추출물 간에 부의 상관 관계가 있음이 밝혀진 것은 은행나무의 이용면에서 매우 중요한 의미를 갖는 것으로 볼 수 있다. 즉 은행나무 잎에서의 추출물 생산을 위주로 할 경우 최대의 추출물 함량을 위한 적정 잎의 건량과 추출물 농도간의 균형이 필요함을 의미하는 것이다. 한편 Lavola와 Julkunen-Tiitto (1994)도 *Betula pendula* 묘목에서 생체량과 phenolics를 비롯한 이차 대사 물질 농도 사이에 부의 상관 관계가 있음을 보고한 바 있다. 이러한 결과들은 식물에서 탄소와 양분의 균형에 따라 이차 대사 물질의 양이 결정된다는 가설에 부응하는 것으로 볼 수 있다 (Tuomi, 1992).

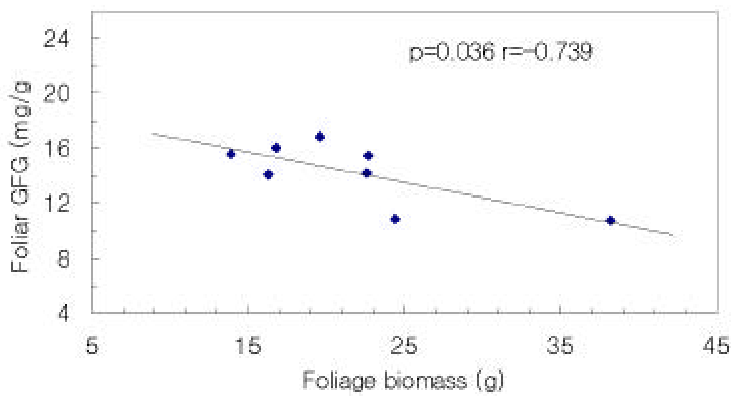


Figure 1. Relationship between foliar Ginkgo Flavon Glycosides (GFG) concentration and foliage biomass.

다. 묘목의 생장과 생체량 변화

시비 후 묘목의 길이 생장을 보면 지상부의 길이는 시비 처리간 차이가 통계적으로 유의한 ($p<0.05$) 반면 지하부의 길이와 묘목 전체의 길이에서는 시비 처리간 차이

가 없는 것으로 나타나고 있다 (Table 8). 묘목의 길이를 기준으로 계산한 T/R율에서 시비 처리간 통계적으로 유의한 차이가 나타나고 있으며, 특히 N100 + P50 처리에서 가장 높은 값을 보이고 P50 처리에서 가장 낮은 값을 보인다. 질소와 인의 단일 시비 시 시비량과 묘목 지상부 길이 생장과의 관계에서 질소의 경우 N200에서 N400 사이, 그리고 인의 경우 P50 정도가 적정 생장을 위한 시비량으로 볼 수 있다.

Table 8. Ginkgo seedling growth (cm) for different fertilization treatments. Values in the parenthesis represent one standard error of the mean. Values with the same letter do not differ at p=0.05.

Treatment	Root	Shoot	Total length	T/R ratio
N200 + P100	47.5(3.2)a	113.8(4.6)abc	161.3(6.9)a	2.43(0.13)abc
N100 + P50	40.2(4.4)a	119.5(6.0)a	159.7(6.2)a	3.19(0.42)a
N100	44.0(2.3)a	93.5(4.8)c	137.5(6.5)a	2.13(0.10)bc
N200	49.7(6.0)a	117.3(8.8)ab	167.0(13.9)a	2.46(0.21)abc
N400	50.8(4.3)a	111.5(10.7)abc	162.3(13.7)a	2.22(0.22)bc
P50	42.7(2.4)a	121.8(5.9)a	164.5(6.2)a	2.90(0.21)ab
P100	51.3(7.2)a	96.7(5.6)bc	148.0(11.0)a	2.00(0.19)c
Control	47.3(7.8)a	109.5(4.9)abc	156.8(10.9)a	2.57(0.36)abc

시비 후 묘목의 생체량 변화에서 시비 처리간 차이가 명확하게 나타나고 있는데, 잎, 줄기, 뿌리, 묘목 전체 생체량 그리고 생체량을 기준으로 계산한 T/R율에서 차이를 보이고 있다 (Table 9). 은행나무 잎의 생체량은 N200 + P100 처리에서 가장 높은 값을 보이고, 질소의 경우 시비량 증가에 따라 계속 증가하나, 인의 경우 시비량 증가가 생체량 변화에 영향을 주지 않는 것으로 보인다. 은행나무 조림의 최종 목적을 잎의 추출물 생산에 둔다면 시비를 통하여 은행나무 잎의 생체량을 증가시킬 수는 있으나 이는 반드시 총생산 추출물 함량 증가로는 이어지지 않을 것으로 보인다. 즉 전술한 바와 같이 시비 후 잎 내 추출물의 농도가 감소하기 때문이다. 그러나 현재까지 시

장에서의 수익성 측면에서는 은행 잎 판매시 건량이 중요하므로 시비처리가 은행 잎 생산량 증가에는 기여할 것으로 판단된다. 앞으로의 지속 연구를 통하여 추출물 농도와 잎 생체량간의 관계에 대한 보다 상세한 조사가 진행될 필요가 있는 것으로 사료된다. 전체적으로 줄기의 생체량에서는 N200 + P100 처리에서 가장 높은 값을 보이며, 질소의 경우 N100에서 N200으로 시비량을 증가시키면 생체량이 증가하나 N400에서는 오히려 감소하는 결과를 보이고 있다. 인의 경우 시비량 증가가 생체량을 감소시키는 것으로 나타나고 있다. 뿌리의 생체량 변화는 줄기에서와 매우 유사한 경향을 보이며 전체 묘목의 생체량 면에서 복합시비시 N200 + P100에서 가장 높은 생체량을 보이고, 질소 단일 시비시 N200, 인의 단일 시비시는 P50에서 높은 생체량을 보이고 있다. 이러한 본 연구의 결과는 묘목의 생체량 증가를 위한 질소와 인의 복합 및 단일 시비량 결정의 기준 제시의 가능성을 보이고 있다.

Table 9. Ginkgo seedling biomass (g) for different fertilization treatments. Values in the parenthesis represent one standard error of the mean. Values with the same letter do not differ at p=0.05.

Treatment	Leaf	Stem	Root	Total weight	T/R ratio
N200 + P100	38.2(9.7)a	69.3(16.6)a	96.0(18.9)a	203.5(44.4)a	1.12(0.09)abc
N100 + P50	24.4(8.7)ab	49.7(10.2)ab	54.8(11.0)ab	128.9(29.7)ab	1.30(0.10)a
N100	13.9(2.1)b	26.5(4.2)b	66.6(18.3)ab	107.0(23.7)b	0.70(0.10)d
N200	22.6(6.4)ab	51.0(11.9)ab	93.0(16.1)ab	166.6(29.0)ab	0.83(0.17)cd
N400	22.7(4.1)ab	42.9(6.5)ab	66.5(12.4)ab	132.1(22.6)ab	1.02(0.07)abc
P50	16.3(1.8)b	47.3(4.6)ab	54.4(4.5)ab	118.0(10.1)b	1.17(0.04)ab
P100	16.8(3.5)b	29.2(5.9)b	51.6(9.9)b	97.6(18.9)b	0.89(0.04)bcd
Control	19.6(2.9)b	37.0(5.2)b	57.8(7.8)ab	114.4(14.8)b	0.99(0.08)bc

제 4절 제반 시업에 따른 은행나무 엽 내 추출물 농도 변화

1. 시업처리 방법

전년 연구결과의 연속으로 제반 인위적 시업에 따른 엽 내 추출물 농도 변화를 구명하기 위하여 종자에 의해 번식된 다른 3년생 묘목을 고려대학교 자연자원 부속 덕소농장 (경기도 남양주시 소재)에 식재하였다. 묘목은 30㎝ 간격으로 식재하였으며, 모든 시업 처리의 반복 묘목수가 20본이 되도록 하였고 주기적인 제초작업으로 묘목의 생육에 장해가 없도록 하였다.

묘목에 대한 처리는 잎의 절단, 가지의 절단, 시비, 광선의 차단 등 4종류로 하였다. 잎과 가지의 절단은 식물체 내 추출물 즉 2차 대사물질이 병해충에 의한 피해의 방어 기작으로 생성된다는 기존의 연구결과에 바탕을 둔 것이다 (Tuomi, 1992). 이를 위하여 식재된 묘목 20본에 대하여 잎의 생성이 완성된 다음 모든 잎을 가위를 사용하여 절반으로 절단하였고, 또 다른 20본의 묘목은 대조구로 사용하였다. 묘목 생장기간 동안 새로이 성장하는 잎도 주기적으로 동일한 처리를 하였다. 그리고 가지절단 처리는 수관 길이를 3등분하고 수관 상부 1/3 절단구, 수관 상부 2/3 절단구, 그리고 대조구 등 3가지로 실행하였다. 가지절단 처리도 잎 절단과 동일하게 생장 기간 중 새로이 생성된 가지를 주기적으로 절단하여 최초의 처리 수관 길이를 초과하지 않도록 조절하였다.

시비처리는 전년도의 연구결과를 바탕으로 보다 다양한 시비처리 조합을 정하고 이를 실행하였다. 즉 살포한 시비량은 ha를 기준으로 대조구, 질소 100kg, 질소 200kg, 질소 400kg, 인 25kg, 인 50kg, 인 100kg, 그리고 질소 100 + 인 25kg, 질소 200 + 인 50kg, 질소 400 + 인 100kg 등 총 10가지 처리를 하였다. 비료는 질소 (N)는 유안 ($(NH_4)_2SO_4$), 인 (P)은 과린산석회 ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$)의 형태를 사용하였다. 광선의 차단 처리는 묘포장에 식재된 묘목의 생장에 충분한 공간을 확보하는 철제구조물을 설치하고 그 위에 검은 색 플라스틱 차광천을 덮어 묘목의 생장기간 동안 광선 유입량을 약 절반 정도로 줄였다.

묘목 시료로부터 잎을 채취하여 기건한 다음 분쇄하여 잎의 시료에서 성분을 추출, 정제하고 추출물은 HPLC를 이용하여 Glycoside, Kaempferol Glycoside, Isorhamnetin Glycoside 등의 Ginkgo Flavon Glycosides (GFG)와 Bilobalide, Ginkgolides (A, B, C and J) 등의 Terpene Lactones (TL)로 분류, 정량하였다. 시업처리 내용별 추출물의 농도는 Table 10과 11에 나타나 있다. 또한 시비의 효과가 당년에만 나타나는지 그렇지 않으면 다음 해까지 계속 지속되는지를 파악하기 위하여 전년도 고려대학교 구내 묘포장에 식재하고 시비 처리한 묘목으로부터 시료를 채취하여 동일한 방법으로 분석하였다. 그 시비 처리내용은 1ha를 기준으로 질소 100kg, 200kg, 400kg, 인 50kg, 100kg, 그리고 질소와 인의 혼합으로 질소 200 + 인 100kg과 질소 100 + 인 50kg 등 7가지와 대조구 등 총 8가지이었다.

또한 은행나무 생장에 필요한 원소들의 계절별 변화상태를 파악하기 위하여 시비 처리한 10개 처리구로부터 당년생 잎의 생장이 완료된 6월부터 10월까지 매월 1회씩 잎 시료를 채취하였다. 잎은 매 시비처리구 20본의 묘목에서 5본씩을 묶어 4반복으로 하여 매 시기별 40개씩의 시료를 채취하였다. 시료는 9월까지는 매월 말 채취하였고, 10월은 낙엽시기를 감안하여 중순에 채취하였다. 채취한 시료는 엽면적을 측정하고 건조시켜 SLA를 구하였으며, 분쇄하여 양분분석에 사용하였다. 잎의 시료는 분쇄하여 H_2SO_4와 H_2O_2를 이용하여 Lachat BD46로 Kjeldahl 분해한 뒤 전질소는 증류 후 적정방법으로, 인은 비색법으로 농도를 측정하였다. 또한 K, Ca, Na, Mg 등의 농도는 inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (Perkin-Elmer Plasma 40)로 측정하였다. 잎에서의 양분재순환율을 계산할 때, 가을철 낙엽전 양분의 농도가 감소하는 경우 생장기간의 최고 농도에서 최저 농도 (10월)를 뺀 값을 최고 농도의 비로 하였으며, 가을철 잎에서의 농도가 증가하는 경우 가을철 최고 농도 (10월)에서 생장기간 중 최저 농도를 뺀 값을 최저 농도의 비로 하였다.

2. 시업처리의 결과와 엽내 유용추출물

Table 10과 11에 나타난 바와 같이 잎 절단이나 가지 절단이 GFG의 농도에 미치는 영향은 크지 않으나, TL에 미치는 영향은 매우 큰 것으로 보인다. 즉 잎이나 가지를 절단하면 대조구에 비해 TL의 농도가 증가하였는데, 잎 절단에서는 약 30%, 가지 절단

에서는 1/3 절단의 경우 30%, 2/3 절단의 경우 거의 60% 이상의 농도가 증가한 것으로 나타나고 있다. 이러한 사실은 기존의 다른 수종을 대상으로 한 연구에서 암시된 바와 마찬가지로 GFG나 TL과 같은 2차 대사물질이 식물의 각종 피해에 대한 방어물질이고 따라서 잎과 가지의 손실에 대해 그 농도를 증가시킨 것으로 볼 수 있다.

시비처리와 추출물 농도간에는 GFG의 경우 대조구에서 총량이 18.51㎎/g으로 P100 처리의 20.41㎎/g에 이어 매우 높은 수치를 보이고 있다. 또한 Quercetin Glycoside와 Kaempferol Glycoside도 각각 9.13과 8.01㎎/g으로 다른 시비 처리구에서 보다 높게 나타나고 있다. 질소 시비의 경우 시비량 증가와 총 GFG의 농도 사이에 일정한 상관관계는 없는 것으로 보이나, 인의 경우 시비량을 ha당 100kg으로 증가시키면 총 GFG가 증가하는 것으로 나타나고 있다. 이때는 특히 Quercetin Glycoside의 농도가 11.61㎎/g으로 다른 시비처리구에 비해 매우 높게 나타났다. 한편 질소 단일시비량을 400kg으로 증가시킨 경우는 오히려 총 GFG의 농도가 가장 낮은 13.06㎎/g을 보였는데, 추후 연구에서 묘목 생장 분석을 통해 잎의 생산량을 확인하면 보다 확실한 원인을 알 수 있을 것으로 사료되나 이러한 결과는 묘목의 생장 증가로 인한 GFG 농도의 희석효과 때문인 것으로 예측된다. 질소와 인 복합시비의 경우 시비량 증가가 총 GFG 농도에 변화를 주지 않은 것으로 보인다. 질소 400 + 인 100의 처리에서 다른 질소와 인의 복합처리나 질소 400 단독처리보다 상대적으로 높은 총 GFG 농도를 보인 것은 인의 영향 때문인 것으로 사료된다. 전체적으로 시비처리와 GFG의 관계에서는 인이 100kg/ha로 많은 경우를 제외하고 시비 후 오히려 그 농도가 감소하는 경향을 보이고 있다 (Table 10).

Table 10. Effects of artificial treatments on the concentrations of Ginkgo Flavon Glycosides in ginkgo foliages.

Treatments	Ginkgo Flavon Glycosides (GFG, mg/g) Quercetin Glycoside	Kaempferol Glycoside	Isorhamnetin Glycoside	Total
Control	9.68	6.44	2.70	18.82
foliage cutting	10.37	5.27	1.40	17.04
Control	10.13	7.25	1.72	19.10
1/3 pruning	9.94	7.61	1.36	18.91
2/3 pruning	10.41	6.91	1.44	18.76
Control	9.13	8.01	1.37	18.51
N100	8.00	5.50	1.37	14.87
N100+P25	8.86	5.82	1.60	16.28
N200	7.08	6.58	1.41	15.07
N200+P50	8.27	6.57	1.57	16.41
N400	6.72	5.05	1.29	13.06
N400+P100	8.66	7.03	1.39	17.08
P25	8.75	6.67	1.66	17.08
P50	8.82	6.39	1.54	16.75
P100	11.61	7.31	1.49	20.41
Control	8.27	6.36	1.09	15.72
Shading	10.20	8.71	1.31	20.22

그러나 TL의 경우에서는 이와 다른 경향이 나타나고 있다. 즉 대조구에서 총 TL의 농도는 5.93mg/g으로 가장 낮으나, 다른 모든 시비처리구에서 이보다 높아 시비처리가 총 TL의 농도를 증가시키는 것으로 볼 수 있다. 질소의 시비량을 ha당 200kg으로 증가시키면 총 TL의 농도가 9.19mg/g으로 가장 높고, 인의 경우는 시비량 증가에 따라 적기는 하지만 오히려 총 TL의 농도가 감소되는 것으로 나타나고 있다. 질소와 인의 복합시비시 질소 100kg, 인 25kg일 때 9.01mg/g으로 높은 수치를 보이고, 이보다 많으면 오히려 총 TL의 농도가 감소되는 것으로 나타나고 있다. 이때 Bilobalide와

Ginkgolides의 농도가 각각 3.53과 5.48mg/g으로 다른 처리구에 비해 높다 (Table 11). TL의 경우 시비 효과의 결과가 전년도와 약간 다르게 나타난 것은 묘포 토양, 기상 조건 등과 같은 생육환경의 차이에서 비롯될 수 있는 것으로 이의 확인을 위한 연구는 추후 필요한 것으로 사료된다.

Table 11. Effects of artificial treatments on the concentrations of Terpene Lactones in ginkgo foliages.

Treatments	Terpene Lactones (TL, mg/g)		Total
	Bilobalide	Ginkgolides (A, B, C, and J)	
Control	1.49	1.86	3.35
Foliage cutting	2.09	2.14	4.23
Control	2.40	2.52	4.92
1/3 pruning	2.86	3.42	6.28
2/3 pruning	3.56	4.23	7.79
Control	2.96	2.97	5.93
N100	2.37	4.14	6.51
N100+P25	3.53	5.48	9.01
N200	3.48	5.71	9.19
N200+P50	2.62	4.33	6.95
N400	2.32	5.55	7.87
N400+P100	3.30	5.22	8.52
P25	2.85	4.73	7.58
P50	3.04	4.32	7.36
P100	3.04	4.19	7.23
Control	4.65	6.01	10.66
Shading	4.42	4.74	9.16

전년도에 시비한 묘목으로부터 채취한 엽 내 추출물의 농도는 GFG의 경우 시비처리 후 농도가 증가하였고, TL의 경우 농도가 감소하였다. 이는 전술한 당년도의 시비결과와 차이가 있는 것으로써 시비의 효과가 비료 시용 후 시일의 경과에 따라 다르게 나타나는 것을 보이고 있다. GFG의 경우 질소 100kg과 인 100kg 단독 시비처리에서 대조구에 비해 매우 높은 수치를 보였으며 (Table 12), TL에서는 질소 100kg과 인 100kg 단독 시비처리에서 다른 처리구에 비하여 그 농도의 감소 정도가 낮은 것으로 나타났다 (Table 13). 따라서 시비 후 1년이 경과한 다음의 경우 GFG와 TL을 합한 총 추출물은 단일시비라면 질소 100kg/ha, 인 100kg/ha가 가장 적당한 수준인 것으로 사료된다.

Table 12. Effects of previous year fertilization on the concentrations of Ginkgo Flavon Glycosides in ginkgo foliages.

Fertilization treatments	Ginkgo Flavon Glycosides (GFG, mg/g)			Total
	Quercetin Glycoside	Kaempferol Glycoside	Isorhamnetin Glycoside	
Control	8.27	6.36	1.09	15.72
N100	12.16	9.34	1.55	23.05
N100+P25	8.70	5.87	1.03	15.60
N200	8.70	7.67	1.53	17.90
N200+P50	8.92	7.72	1.03	17.67
N400	8.78	7.80	1.49	18.07
P50	7.13	8.07	0.86	16.06
P100	10.31	9.49	1.20	21.00

Table 13. Effects of previous year fertilization on the concentrations of Terpene Lactones in ginkgo foliages.

Fertilization treatments	Terpene Lactones (TL, mg/g)		Total
	Bilobalide	Ginkgolides (A, B, C, and J)	
Control	4.65	6.01	10.66
N100	3.78	4.11	7.89
N100+P25	2.35	2.63	4.98
N200	3.43	4.26	7.69
N200+P50	3.02	3.49	6.51
N400	3.03	3.84	6.87
P50	3.59	3.72	7.31
P100	3.33	5.43	8.76

3. 시비처리가 은행나무 엽 내 양분 농도 변화에 미치는 영향

은행나무 묘목 잎에서 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등의 양분농도는 시비처리 및 계절에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이는 반면, 나트륨은 이러한 차이가 유의하지 않았다. 시비처리가 잎에서의 연간 평균 양분농도에 미치는 효과는 질소의 경우 100kg/ha에서 400kg/ha까지 시비량의 증가가 잎에서의 농도증가로 나타나고 이들 모두 대조구에 비하여 통계적으로 유의한 증가를 보이고 있다 (Table 14). 그러나 인의 경우는 인의 시비가 소량 (25kg/ha)일 때만 증가하고 이 이상의 인 시비에서는 대조구와 차이가 없는 것으로 나타나고 있다. 칼륨의 경우 질소 시비량이 200kg/ha까지는 잎에서의 농도 증가가 나타나나 그 이상에서는 대조구와 차이가 없고, 인의 시비량은 25kg/ha 이하일 때만 잎에서의 농도 증가로 나타나 대조구와 유의한 차이를 보인다. 칼슘은 질소 시비량이 증가하면 잎에서의 농도도 증가하나 인의 시비량과는 관계가 없

는 것으로 보인다. 나트륨은 질소나 인의 시비량에 따른 잎에서의 농도변화가 없었으며, 마그네슘은 질소 단독일 경우 400kg/ha에서, 그리고 질소와 인의 복합인 경우 N100+P25, N200+P50일 경우만 대조구에 비하여 유의한 증가 경향을 보이고 있다. 한편 SLA는 질소와 인의 시비처리량에 따른 일정한 변화 경향을 보이지 않고 있다. 전년도와 비교하여 시비 후 묘목의 엽 내 질소와 인의 농도가 높은 것은 묘포지의 토양 차이에서 생긴 것으로 보인다.

Table 14. Effects of fertilization on SLA (cm^2/g) and foliage nutrient concentrations (%). Values with the same letter do not differ at p=0.05.

Fertilization treatments	SLA	N	P	K	Ca	Na	Mg
Control	159ab	1.85d	0.35bc	0.64c	0.81c	0.07	0.60c
N100	142b	2.18bc	0.27d	0.82ab	1.27ab	0.11	0.72bc
N100+P25	155ab	2.33ab	0.30bcd	0.82ab	1.36ab	0.06	0.88a
N200	139b	2.48a	0.19e	0.85a	1.35ab	0.05	0.70bc
N200+P50	150ab	2.25abc	0.26de	0.63c	1.16abc	0.05	0.81ab
N400	165ab	2.51a	0.19e	0.71bc	1.55a	0.07	0.84ab
N400+P100	154ab	2.23abc	0.19e	0.64c	1.17abc	0.07	0.72bc
P25	154ab	2.05bcd	0.44a	0.84a	1.16abc	0.03	0.70bc
P50	155ab	2.03bcd	0.37b	0.70c	1.16abc	0.12	0.74bc
P100	202a	1.99cd	0.29cd	0.70bc	1.01bc	0.10	0.72bc

은행나무 잎에서 양분의 계절적 변동은 Figure 2, 3과 같이 나타나고 있다. 본 연구결과 잎의 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 그리고 마그네슘 등의 양분 농도는 다른 은행나무를 대상으로 한 결과와 매우 유사하다 (유종훈, 1988; Brinkman과 Boerner, 1994). 그런데 양분의 종류에 따라 잎에서의 계절적인 변화 경향이 매우 다르게 나타났다. 즉 질소, 인, 칼륨 등은 생장초기에 높다가 후기에 가서 감소하기 시작하여 낙엽 전인 10

월에 연중 최저치를 보이는 반면 (Figure 2; 유사한 경향을 보이고 있으므로 질소를 대표로 제시하였음), 칼슘과 마그네슘은 생장 초기부터 지속적으로 증가하여 낙엽 전 최고 농도를 보이고 있다 (Figure 3; 유사한 경향을 보이고 있으므로 칼슘을 대표로 제시하였음). 또한 극히 일부의 경우를 제외하고는 생장 기간 중의 시료채취 시점마다 대조구에 비하여 시비 처리 후 잎에서의 양분 농도가 증가한 것을 보이고 있다. 한편 SLA의 계절적 변화상태를 보면 6월에 가장 높고 7월에 감소하며 이후 8월부터 낙엽 때까지는 변동이 없이 거의 일정한 수준을 유지하고 있는데 (Figure 4), 이는 봄에 생긴 잎이 계속 성장하여 7월까지 확장하며 이후 8월부터는 완전히 성숙된 상태에 있음을 의미하는 것이다.

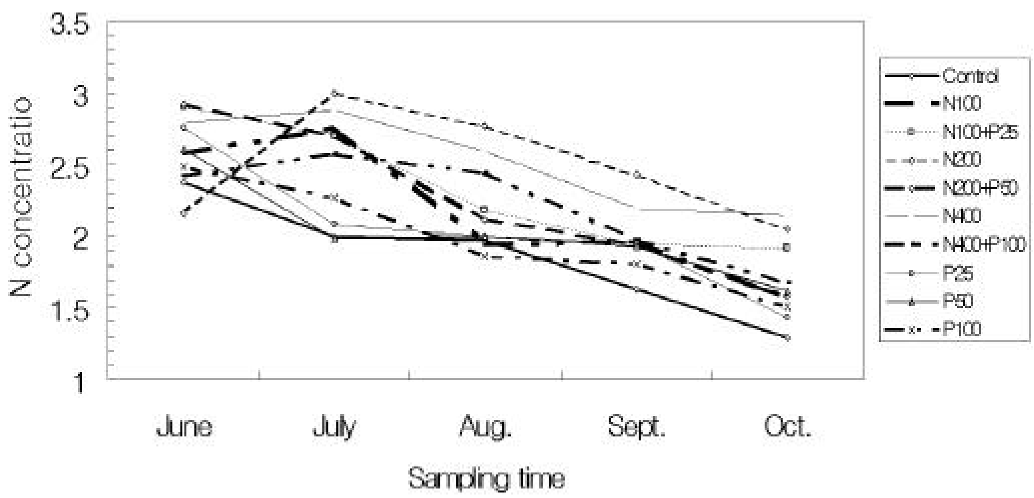


Figure 2. Foliage nitrogen concentration (%) during the growing season.

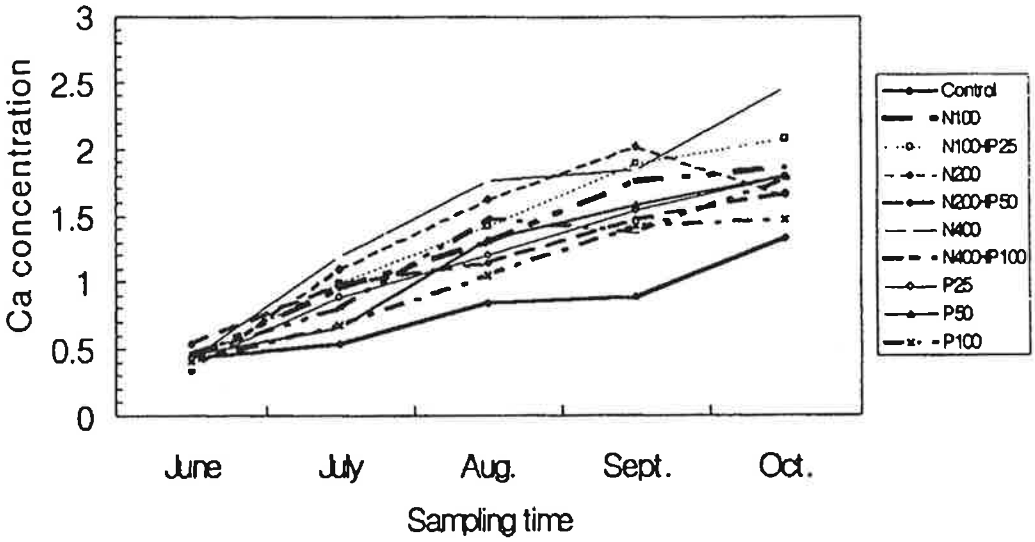


Figure 3. Foliage Ca concentration (%) during the growing season.

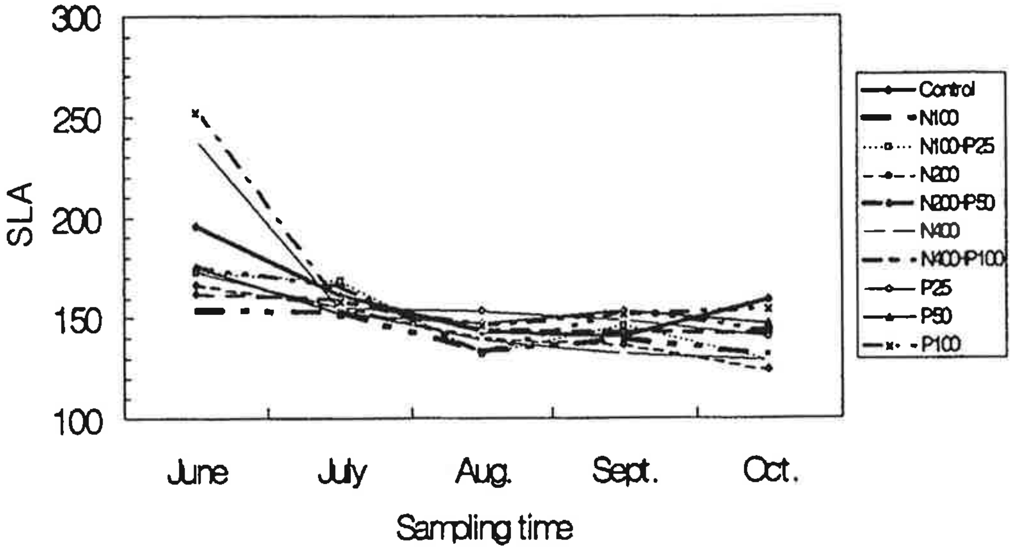


Figure 4. Specific leaf area (cm^2/g) during the growing season.

전술한 바와 같이 양분의 종류에 따라 잎에서의 계절적 변화 경향이 다르고 이에 따라 가을철 양분이 감소되거나 축적되는 차이가 생긴다. 즉 질소, 인, 칼륨은 잎에서 낙엽전 양분의 재순환으로 감소하는 반면 칼슘과 마그네슘은 오히려 축적되어 낙엽과 함께 토양으로 되돌아 온다. 본 연구에서의 나타난 양분 재순환율은 은행나무를 대상으로 연구한 유일한 결과인 Brinkman과 Boerner (1994)와 매우 유사한 경향을 보이고 있다. 시비처리에 따라 차이는 있으나 질소는 대략 30-50%, 인은 30-70% 사이를 보이고 있다 (Table 15). 또한 칼륨의 경우 시비처리 종류에 따라 차이가 있어 적게는 2%에서 많게는 55%까지 양분을 재순환시키는 것으로 나타났다. 그러나 은행나무를 대상으로 이전의 다른 연구에서 측정한 바가 없는 칼슘과 마그네슘의 경우 가을철에 잎에서 그 농도가 증가하였는데, 생장 초기의 최저 농도에 비하여 칼슘은 205-476%, 그리고 마그네슘은 77-114%까지 증가한 것으로 나타나고 있다 (Table 15). 이는 일반적으로 이들 양분이 수체 내에서 이동성이 적어 지속적으로 잎에 축적되는 현상을 보이는 것으로 사료된다. 이것은 현재 추출물 생산을 위하여 은행나무 잎을 지속적으로 채취할 경우 잎에 축적되는 칼슘과 마그네슘의 손실을 가져와 토양에 이들 양분이 부족할 수 있음을 의미하는 것이다. 따라서 시비 등의 방법으로 손실되는 양분을 거의 전부 보충할 필요가 있다. 이에 비해 질소와 인의 경우는 약 절반 가량의 양분이 재순환되므로 낙엽 전에 잎을 채취하더라도 연간 요구량의 50% 정도를 보충해주면 양분의 심각한 부족현상은 나타나지 않을 것으로 추정된다. 그러나 시비처리에 따른 양분재순환율의 차이는 일정한 경향을 보이지 않고 있다. 은행나무 성목을 대상으로 한 연구에서 시비 후 시간의 경과에 따라 양분 재순환율은 증가한 것으로 나타나고 있어 (Brinkman과 Boerner, 1994), 이러한 현상이 묘목의 경우도 동일하게 나타날 것인지는 차년도에 다시 양분의 동태를 파악하여 확인할 필요가 있는 것으로 보인다.

Table 15. Effects of fertilization on foliage nutrient retranslocation (%). * indicates the increases in foliage nutrient concentration during leaf senescence.

Fertilization treatments	N	P	K	Ca	Mg
Control	45.4	109*	55.9	205*	89.2*
N100	42.9	2.4	2.2	332*	111*
N100+P25	33.9	32.4	35.7	391*	121
N200	31.7	75.1	14.9	385*	93.1*
N200+P50	45.9	51.5	47.3	209*	77.3*
N400	25.3	62.8	47.1	476*	159*
N400+P100	35.0	58.8	54.1	280*	108*
P25	47.9	39.4	24.4	369*	114*
P50	37.7	113*	34.2	295*	114*
P100	39.0	33.2	47.8	256*	88.7*

참고문헌

농업기술연구소. 1988. **토양화학분석법: 토양, 식물체, 미생물. 농촌진흥청**.

Brinkman, J. A. and R. E. J. Boerner. 1994. Nitrogen fertilization effects on foliar nutrient dynamics and autumnal resorption in maidenhair tree (*Ginkgo bioloba* L.). J. Plant Nutrition 17:433-443.

Chapman, J. W. and S. T. Gower. 1991. Aboveground production and canopy dynamics in sugar maple and red oak trees in southwestern Wisconsin. Can. J. For. Res. 21:1533-1543.

Cole, D. W. and M. Rapp. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. In Dynamic Properties of Forest Ecosystems, ed. D. E. Reichle. Cambridge University Press. pp. 341-409.

Del Tredici, P. 1993. *Ginkgo chichi*: in nature, legend & cultivation. International Bonsai 4:20-25.

Del Tredici, P., H. Ling and C. Yang. 1992. The Ginkgos of Tian Mu Shan. Conservation Biology 6:202-209.

Dudt, J. F. and D. J. Shure. 1994. The influence of light and nutrients on foliar phenolics and insect herbivory. Ecology 75:86-98.

Flesch, V., M. Jacques, L. Cosson, B. P. Teng, V. Petiard and J. P. Balz. 1992. Relative importance of growth and light level on terpene content of *Ginkgo biloba*. Phytochemistry 31:1941-1945.

Gower, S. T., C. C. Grier, D. J. Vogt, and K. A. Vogt. 1987 Allometric relations of deciduous (*Larix occidentalis*) and evergreen conifers (*Pinus contorta* and *Pseudotsuga menziesii*) of the Cascade Mountains in central Washington. Can. J. For. Res. 17:630-634.

Grier, C. C., K. J. Elliott and D. G. McCullough. 1992. Biomass distribution and productivity of *Finus edulis-Juniperus monosperma* woodlands of north-central Arizona. For. Ecol. Manage. 50:331-350.

Hasler, A. and B. Meier. 1993. *Ginkgo biloba*-content of flavonoids and terpenes from leaves during the harvest time and from full extracts determined by chromatographic and biological methods. Planta Med. 59:A632.

Kim, J. S., Y. Son, J. H. Lim, and Z. S. Kim. 1996. Aboveground biomass, N and P distribution, and litterfall in *Finus rigida* and *Larix leptolepis* plantations. J. Kor. For. Soc., 85:416-425.

Kimmins, J. P., D. Binkley, L. Chatarpaul, and J. de Catanzaro. 1985. Biogeochemistry of temperate forest ecosystems: literature on inventories and dynamics of biomass and nutrients. Information Report PI-X-47E/F. Canadian Forestry Service. pp. 227.

Kleijnen, J. and C. Knipschild. 1992. *Ginkgo biloba*. The Lancet 340:1136-1139.

Lavola, A. and R. Julkunen-Tiitto. 1994. The effect of elevated carbon dioxide and fertilization on primary and secondary metabolities in birch, *Betula pendula* (Roth). Cecologia 99:315-321.

Ling, H. 1992. Origin and distribution of *Ginkgo biloba*. Forestry Chronicle 68:612-613.

Lobstein, A., L. Rietsch-Jako, M. Haag-Berrurier and R. Anton. 1991. Seasonal variations of the flavonoid content from *Ginkgo biloba* leaves. Planta Med. 57:430-433.

Major, R. T. 1967. The ginkgo, the most ancient living tree. Science 157:1270-1273.

Muzika, R. M. 1993. Terpenes and phenolics in response to nitrogen fertilization: a test of the carbon/nutrient balance hypothesis. Chemoecology 4:3-7.

Petkov, V. D., S. Belcheva, E. Konstantinova, R. Kehayov, V. V. Petkov, and C. Hadjiivanova. 1994. Participation of the serotonergic system in the memory effects of *Ginkgo biloba* L. and *Panax ginseng* C. A. Mey. Phytotherapy Research 8:470-477.

Rong, Y., Z. Geng and B. H. S. Lau. 1996. *Ginkgo biloba* modulates glutathione redox cycle in vascular endothelial cells. Nutrition Research 16:1913-1923.

Ruohomaki, K., F. S. Chapin, E. Haukioja, S. Neuvonen and J. Suomela. 1996. Delayed inducible resistance in mountain birch in response to fertilization and shade. Ecology 77:2302-2311.

SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide. 6.03 edition. SAS Institute Inc.

Shim, K. K. and A. H. Ahn. 1982. Seasonal changes in nitrogenous compounds in senescing leaf and bark tissues of the ginkgo trees. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 23:314-322.

Sprugel, D. 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. Ecology 64:209-210.

Stachurski, A. and J. R. Zimka. 1975. Methods of studying forest ecosystems: leaf area, leaf production and withdrawal of nutrients from leaves of trees. Ekol. Pol. 23:637-648.

Sticher, O. 1993. Quality of *Ginkgo* preparations. Planta Med. 59:2-11.

Tuomi, J. 1992. Toward integration of plant defence theories. TREE 7:365-367.

van Beek, T. A. and G. P. Lelyveld. 1992. Concentration of ginkgolides and bilobalide in *Ginkgo biloba* leaves in relation to the time of year. Planta Med. 58:413-416.

van Beek, T. A., H. A. Scheeren, T. Rantio, F. C. Griepink and W. C. Melger. 1991. Determination of ginkolides and bilobalide in *Ginkgo biloba* leaves and phytopharmaceuticals. J. Chromatogr. 543:375-387.

Vertessy, R. A., R. G. Benyon, S. K. O'Sullivan, and P. R. Gribben. 1995. Relationships between stem diameter, sapwood area, leaf area and transpiration in a young mountain ash forest. Tree Physiol. 15:559-567.

Yoo, J. H. 1985. Response of ginkgo tree (*Ginkgo biloba* L.) to nitrogen levels. M.S. thesis, Sung Kyun Kwan University, Seoul, Korea. pp. 34.

제 4장 목재가공이용 분야

제 1절 서설

은행나무(*Ginkgo biloba* L.)는 오래 전부터 가로수나 조경수등의 관상용으로 많이 식재되어 이미 상당한 직경으로 성장하였으나 유용한 목재자원으로서 관심을 끌지 못하고 사용이 거의 도외시 되어왔다. 이는 은행나무 자체가 목재를 생산할 목적으로 식재된 것이 아니기 때문에 축적량이 적을 뿐만 아니라 경제성이 있는 목재 생산이 가능한 중·대경목의 비율이 낮기 때문이라 사료된다. 그러나 최근에 국내 제약회사들이 주성분이 "gingkoflavonglycoside"인 은행나무 잎 추출물로부터 말초동맥 혈액순환 개선제를 대량 생산하면서부터 은행나무 잎이 새로운 고부가 가치의 천연물 자원으로 각광을 받고 있어서, 앞으로 잎 채취를 목적으로 많은 양의 은행나무들이 식재되리라 예상할 수 있다. 잎의 수확을 위해 조림된 은행나무의 일부는 향후 대경목으로 성장하게 될 터인데, 은행나무의 종합적 이용 측면에서 볼 때 목재의 적정 용도개발이 필요하다고 할 수 있다.

은행나무의 해부학적 특성에 대한 연구논문은 몇 편(김, 1977; 박 등, 1981; Lee *et al.*, 1988; Eom, 1991) 발표되었으나 은행나무 목재의 합리적인 가공 및 이용을 위한 목재의 제반 성질에 대한 연구는 국내에 전무하다. 따라서 현재 적정용도가 구명되지 않은 은행나무 목재를 향후 고부가가치로 이용하기 위해서는 은행나무의 기초재질과 가공성 구명에 대한 연구는 절실하다고 본다. 참고로 은행나무의 주 분포지인 극동지역에서 은행나무의 용도를 살펴보면, 한국(산림청 임업연구원, 1992)의 경우는 바둑판, 상, 조각재등의 고급재로서, 일본(貴島 등, 1980)의 경우는 器具, 조각, 건축내장재, 가구재로서, 은행나무의 원산지인 중국(Ling, 1992)에서는 가구, 床板, 조각재로서 이용되고 있다

따라서 본 연구는 "은행나무 자원의 효율적인 생산 및 이용을 통한 수익성 제고 기술개발"의 세부과제로 은행나무 목재의 기초재질 및 제반 가공적 성질들을 종합적으로 조사하여, 이를 기초로 은행나무 목재의 적정용도를 제시하고자 수행하였다.

제 2절 기초재질 시험

1. 재료 및 방법

가. 공시원목

전라북도 완주군 지역에 고립목 상태로 산재하고 있던 직경 30㎝ 전후의 임목 3본을 선정·벌채하여 본 연구의 공시목으로 사용하였는데, 그 성상은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of sample trees.

Tree	DBH	Height	Clear length	Age	Sex
	(㎝)	(m)	(m)	(year)	
1-1	29.2	10.0	3.7	64	Male
1-2	30.5	12.6	2.0	28	Male
1-3	29.0	5.9	1.8	26	Male

나. 시험방법

투습성 실험 및 섬유포화점 측정을 제외한 본 연구의 모든 시험방법은 산림청 임업연구원의 표준임업시험 실시요령(산림청 임업연구원, 1993)과 한국 공업규격(공업진흥청, 1992)에 의거하였다. 그리고 은행나무의 심재율이 매우 낮은 관계로 모든 시험은 변재만을 대상으로 실시하였다.

1) 해부학적 성질

가) 육안적 구조

각 공시임목의 흉고부위에서 두께 20㎝ 원판과 표준재감을 채취하여 육안적 특징인 연륜 및 심,변재의 구분 명확도, 연륜폭(생장율), 심재율, 춘·하재의 이행, 재색, 목리, 그리고 나무갖을 육안이나 확대경(10x)을 이용하여 조사하였다.

나) 현미경적 구조

육안적 구조 조사가 끝난 원판에서 3단면이 정확하게 표출되도록 입방체(1x1x1㎝)를 채취하여 연화한 후 일반적인 슬라이드 제작법에 따라 광학현미경용 영구 슬라이드를 제작하였다. 두께 25㎛의 3단면 절편을 활주식 마이크로톰(slide microtome)으로 절삭하고 사프라닌으로 염색한 후 알코올 계열로 탈수하였다. 그후 자일렌으로 치환하고 캐나다발삼으로 봉입하였다.

수로부터 수피쪽을 향하여 성냥개비 크기의 軸木을 3연륜 간격으로 채취하여 解纖한 다음 섬유장 분석기(fiber length analyzer)를 이용하여 가도관의 길이를 측정하였다. 가도관의 해리는 축목을 60℃의 무수초산(CH_3COOH)과 30% 과산화수소(H_2O_2)의 혼합액(1:1)에 48시간 침지·처리함에 의해 달성하였다.

2) 물리적 성질

해부학적 성질 측정용 원판과 바로 인접한 상하 위치에서 두께 5㎝의 원판과 10㎝ 원판을 채취하였다. 두께 5㎝ 원판으로부터는 생재함수율과 비중 측정용 시편을, 그리고 두께 10㎝ 원판으로부터는 수축율과 투습성 측정용 시편을 준비하였다. 흡수량 측정용 시편은 원목으로부터 제재된 두께 5㎝의 판재로부터 채취하였다.

가) 생재함수율과 비중

공시임목의 동서남북 네 방향에서 수로부터 1, 4, 7, 10, 13, 15㎝ 떨어진 위치에서 시편을 채취하여 생재함수율과 비중을 측정하였다. 생재함수율은 전건법에 의해, 비중은 전건중량을 생재체적으로 나누어줌에 의해 계산하였다.

나) 수축율

횡단, 방사, 접선방향의 각 방향별로 9개 시편을 대상으로 전수축율과 기건수축율, 그리고 함수율 1%에 대한 평균수축율을 측정하고, 이들 선수축율에 의해 체적수축율을 계산하였다.

다) 흡수량

횡단면, 방사단면, 접선단면의 물 흡수량을 단면별로 9개의 시편들을 수조에 24시간동안 침지한 후 측정하였다.

라) 투습성

수축방향, 방사방향, 접선방향을 통한 확산계수를 컵법(cup method)에 의해 정상상태에서의 수분(수증기) 이동양을 측정하여 계산하였다. 두께가 3㎜이고 직경이 70㎜인 원판형 목재시편을 각 공시임목으로부터 방향별 1개씩 총 9개를 채취하여 25℃/65% 상대습도 조건에서 조습시켰다. 투습컵 내에 증류수를 컵 높이의 절반까지 채운 후 목재시편을 컵 위에 얹고 투습컵을 조립하였다. 목재시편의 측면을 통한 수분의 이동을 예방하기 위하여 측면을 silicone sealant로 완벽하게 밀봉하였다. 투습컵을 25℃/65% 상대습도 조건으로 조정된 항온·항습기에 넣고 노출 경과시간에 따른 수분손실량이 일정하게 되는 정상상태에 도달할 때까지 둔 후, 정상상태에서의 단위시간당 수분 이동양을 측정하여 다음의 식에 의해 확산계수를 계산하였다.

$$D = \frac{W/(t \times A)}{\triangle c / L}$$

$$\triangle c = \frac{\triangle M \times G \times \rho_w}{100}$$

여기서, D = 정상상태 확산계수(㎠/sec)
W = t 시간동안 이동한 수분의 양(gram)
A = 수분이 확산·통과하는 목재시편의 면적(㎠)
△c = 투습컵 내·외부간의 농도경사(gram/㎠)
L = 수분의 확산·통과거리, 즉 목재시편의 두께(㎝)
△M = 투습컵 내·외부간의 함수율 경사(%)
G = 함수율 M%일때의 목재시편의 비중
ρ_w = 증류수의 밀도(1.0 gram/㎤으로 간주)

투습컵 내부와 접한 목재시편의 함수율, 즉 상대습도 100%에서의 함수율인 섬유포화점은 수착등온선 외삽법(sorption-isotherm extrapolation technique)에 의해 다음과 같이 측정하였다. 투습성 시험용 시편 채취시 인접부위에서 별도로 채취한 시편을

25℃/100% 상대습도 조건에 노출시켜 항량에 도달하였을 때의 함수율을 전건법에 의해 측정하여, 이를 은행나무의 섬유포화점으로 하였다.

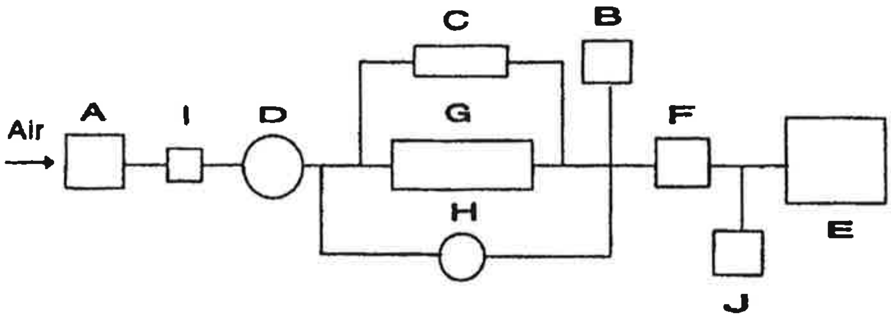
마) 기체 투과성

(1) 투과성 측정용 시편의 제조

1차년도 연구용으로 벌채한 공시임목 3본의 흉고부위 원판에서 원통형의 수축방향 투과성 측정용 시편을 내경 12㎜인 plug cutter를 장착한 drill press을 이용하여 채취하였다. 은행나무의 심재율이 매우 낮은 관계로 투과성 측정은 변재부에 대해서만 실시하였다. 채취된 투과성 시편들은 최종적으로 투과성이 측정될 장소에 보관하여 기건시킴으로써 투과성 측정 직전의 시편 함수율을 측정장소의 대기 평형함수율과 동일하게 하였다. 이는 투과성 측정시 측정장소의 대기 평형함수율이 시편의 함수율보다 낮을 경우 건조한 공기가 시편내로 유입되면서 발생 가능한 시편 내의 미세할렬을 미리 방지하기 위함이었다. 함수율 조정이 끝난 후 원통형 시편을 90% 에탄올에 30분간 침지하여 연화시키고 sliding microtome을 이용하여 시편의 최종 길이가 30㎜가 되도록 양쪽 끝을 절삭하였는데, 이때 절삭면이 투과성 측정시 공기의 유동방향과 직각이 되도록 하였다.

(2) 투과성 측정

본 실험실에서 제작한 투과성 측정장치(Figure 1)를 이용하여 시편의 한 면에 20㎜Hg에서 300㎜Hg까지의 7단계 압력(20, 50, 100, 150, 200, 250, 300㎜Hg)의 진공을 걸어 주었을 때 발생되는 단위시간당 공기 유동량(Q), 시편 양단간의 압력차(△P), 시편내의 평균압력(mP)를 측정하고, 이들을 다음의 식(1)에 대입하여 기체, 즉 공기투과성(K_g)을 계산하였다.



A: micro flowmeter
B: mercury monometer, vacuum pressure end
C: mercury monometer, differential pressure
D: needle valve
E: vacuum pump
F: needle valve
G: specimen holder
H: bypass valve
I: air filter
J: air-reservior

Figure 1. Appartus for permeability measurement.

$$K_g = \frac{P \times Q \times L}{A \times \Delta P \times mP} \qquad (1)$$

P = 측정시 대기압(m^3/m Pa s)
Q = 단위시간당 공기 유동량(m^3/s)
L = 공기 유동방향으로 시편의 길이(m)
A = 공기 유동방향과 직각인 시편의 횡단면적(m^2)
ΔP = 시편 양단간의 압력차 (Pa)
mP = 시편내 평균압력(P + ΔP/2) (Pa)

(3) 미세공극의 반경과 단위면적당 개수

적용된 압력에 따른 시편내 평균압력의 역수와 투과성간의 관계를 나타내는 Klinkenberg plot(Figure 2)을 도식하고, 이로부터 은행나무 목재내 유체의 주요 유동통로인 미세공극의 반경(r)과 단위면적당 수(n)를 다음의 식 (2)와 (3)을 이용하여 계산하였다. 미세공극의 반경과 단위면적당 이들의 개수를 구하기 위해서 cc인자(combined Coutte and Clausing factor)와 진투과성(true permeability; K_p)을 계산해야 하는데, 여기서 cc인자는 미세공극의 반경을 구할 때 곱해주는 보정치로서 공기 유동통로인 미세공극의 길이가 매우 짧은 관계로 미세공극의 끝에서 발생하는 유동저항에 대한 보정(Couettee 보정)과 통로 내에서의 slip 유동의 감소에 대한 보정(Clausing 보정)을 의미한다. Hofmann(1986)은 미세공극의 길이를 0.1μm, 미세공극의 반경을 1 5μm로 간주할 때 cc인자는 0.45 0.46이 된다고 하였는데, 본 연구에서는 cc인자를 0.45로 하여 식 (2)에 의해 계산된 미세공극의 반경을 보정하였다. 그리고 진투과성 계산시 막공막의 두께(L_p)는 0.1μm로 하였으며, α는 0.3으로 간주하고 가도관의 길이(L_t)는 이(1995)가 보고한 실제자료를 사용하였다.

$$r = 4 \times 10^4 \times \frac{\text{intercept}(K)}{\text{slope}(K_b)} \qquad (2)$$

K = Klinkenberg plot의 절편(intercept)

K_b = Klinkenberg plot의 기울기(slope)

$$n = \frac{8 \times \eta \times K_p}{\pi \times r^4} \qquad (3)$$

η = 공기의 점도

K_p = 진투과성(true permeability)

$$= k \times \frac{L_p}{L_t(1-\alpha)} \qquad (4)$$

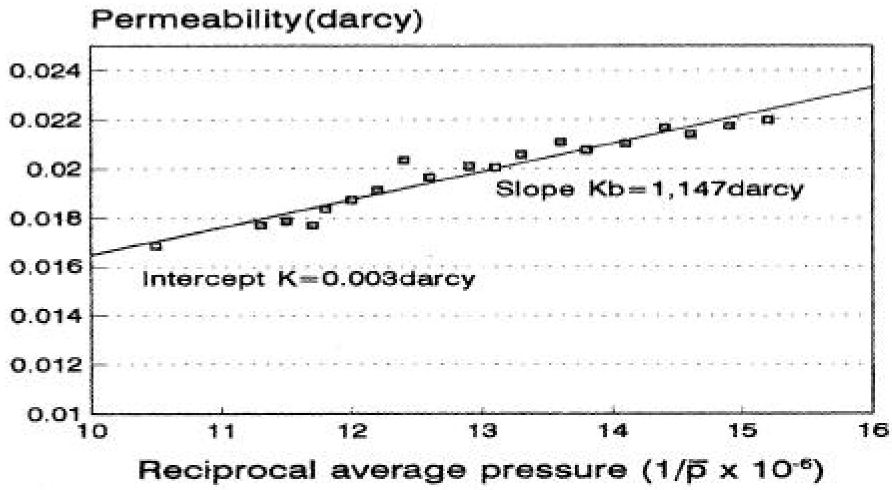


Figure 2. Typical Klinkenberg plot for *Ginkgo biloba* sapwood.

3) 역학적 성질

역학적 성질은 휨강도, 휨탄성계수, 압축강도(종압축과 횡압축), 종인장강도, 종전단강도, 충격 휨강도, 할렬저항, 못뽑기저항(횡, 방사, 접선단면), 경도(횡, 방사, 접선단면)를 Instron 만능 강도시험기를 이용하여 항목별로 각 60개(기초재질 조사용 각 공시임목으로부터 10개씩과 가공성 조사용 각 공시임목으로부터 10개씩 총 60개)의 시험편을 채취하여 측정하였다.

4) 화학 조성분

물리적 성질 측정용 시편을 채취하고 남은 원판에서 chip을 제조하고, 이들을 Wiley mill를 이용하여 40 60mesh 목분으로 마쇄하여 화학 조성분 분석용 시료로 사용하였다. 회분, 추출물(냉수, 온수, alcohol-benzene, 알칼리 추출물), α-cellulose, holocellulose, 그리고 Klason lignin을 정량하였다. 암수 나무에 따른 화학조성분의 차이 가능성을 구명하기 위하여 수 나무인 기초재질 조사용 임목 3본과 암 나무인 가공성 조사용 임목 2본에서 시료를 채취, 분석하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 해부학적 성질

1) 육안적 구조

연륜계는 대체로 불명료하였으며, 춘·하재의 이행도 매우 완만하였다. 심재와 변재간에 약간의 색상 차이는 존재하였으나 색상의 차이에 의한 심·변재의 명확한 구분은 불가능하였다. 재색은 황백색이었으나 심재의 색은 변재에 비하여 약간 진하게 나타났다. 그리고 일종의 산화효소에 의한 화학변색이라 추정되는 변재의 황변현상이 관찰되었다. 목리는 대체로 통직하였으며, 재면은 춘·하재간의 이행이 매우 완만한 관계로 고운 나무갗(fine texture)을 나타내었다.

연륜폭은 생장이 느린 공시임목 1의 경우는 평균 2.36㎜, 생장이 빠른 공시임목 2와 3의 경우는 각각 평균 6.09와 6.28㎜로 나타났다. 반경 약 3㎞내의 동일한 지역에서 채취된 임목간의 이러한 생장률 차이는 임목의 생육을 영향하는 입지환경인자와 각 임목의 유전인자의 차이에 기인한다고 사료된다. 공시임목 생육지의 토양수분을 직접 측정하지는 않았지만, 공시임목 3, 2, 1 생육지 순으로 토양내 수분량이 많은 것으로 보였는데, 동일 지역이지만 생육지간의 이러한 수분환경 차이가 공시임목간에 생장률 차이를 보이는 한 원인이라 사료된다. 수령으로 볼때 심재화가 완료(심재부의 방사방향 직경생장속도와 임목의 직경생장속도가 동일한 상태를 의미)된 것으로 사료되는 공시임목 1의 심재율이 약 13% 정도였다. 그러나 공시임목 2와 3의 경우는 수령이 낮아 아직도 심재화가 완료되지 않은 상태라 사료되기 때문에 은행나무 고유의 심재율을 측정할 수가 없었다. 그러나 공시임목 1의 결과만을 가지고는 은행나무는 심재율이 매우 낮은, 즉 변재량이 상당히 많은 수종이라 할 수 있다.

2) 현미경적 구조

가도관의 길이는 Figure 3에서 보는 바와 같이 수에 접한 부위에서 가장 짧고, 그 후 10 15연륜까지 급속히 길어지다가 차차 안정되었다. 15연륜 이후로 안정된 가도관의 평균 길이는 2.47㎜였는데, 이는 기 보고된 3.74㎜(朴 등, 1994)보다 상당히 짧은 것으로 나타났다. 이러한 가도관 길이의 차이는 임목간의 생육조건과 유전인자의 차이에 따른 것이라 사료된다.

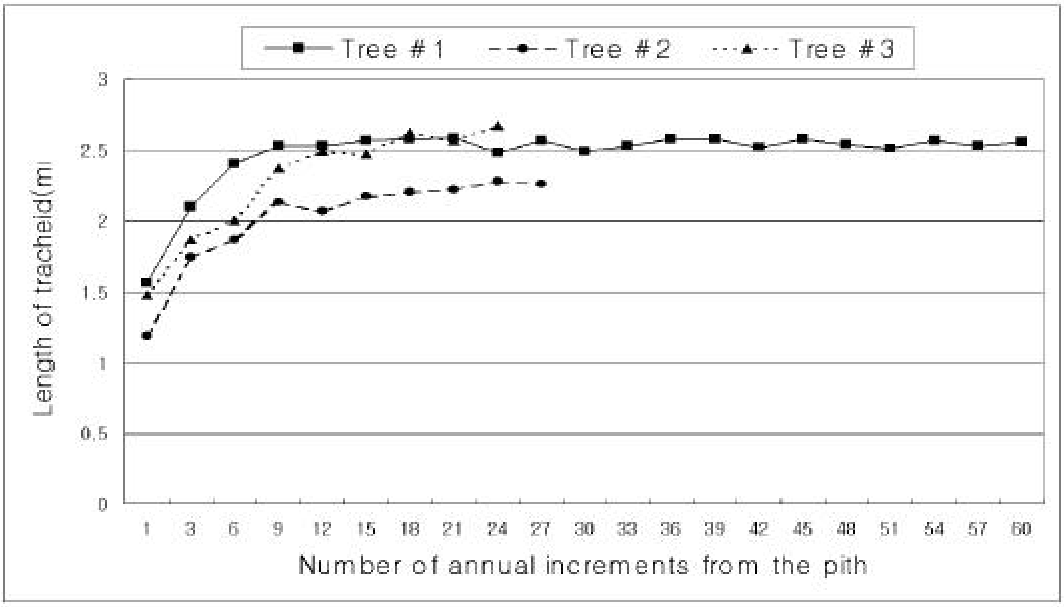


Figure 3. Variation in tracheid length of *Gingko biloba* from pith to bark

Figure 4는 은행나무 목재의 삼단면 광학현미경 사진인데, 그 동안 발표된 은행나무 목재의 현미경적 구조와 일치한다(김, 1977; 박 등, 1981; Lee *et al*.,; 1988; Eom, 1991).

나. 물리적 성질

1) 생재함수율 및 비중

생재함수율은 Figure 5에서 보는 바와 같이 일반적으로 생재함수율은 수에 접한 부위에서 가장 낮고, 그후 증가하다가 차차 안정되는 경향을 보였다. 생재함수율은 공시임목에 따른 상당한 변이를 보였는데, 그 이유는 현 시점에서는 확실치 않다. 그러나 생장률에서 언급한 바와 같이 은행나무의 생재함수율도 생육지의 토양수분과 관련이 있는 것으로 사료된다. 그리고 공시임목 1의 경우에 심재의 생재함수율(약 49%)이 변재의 생재함수율(111%)보다 약 2.3배 정도 낮은데, 이는 침엽수에서 관찰되는 전형적인 변·심재간 생재함수율의 차이와 일치한다.

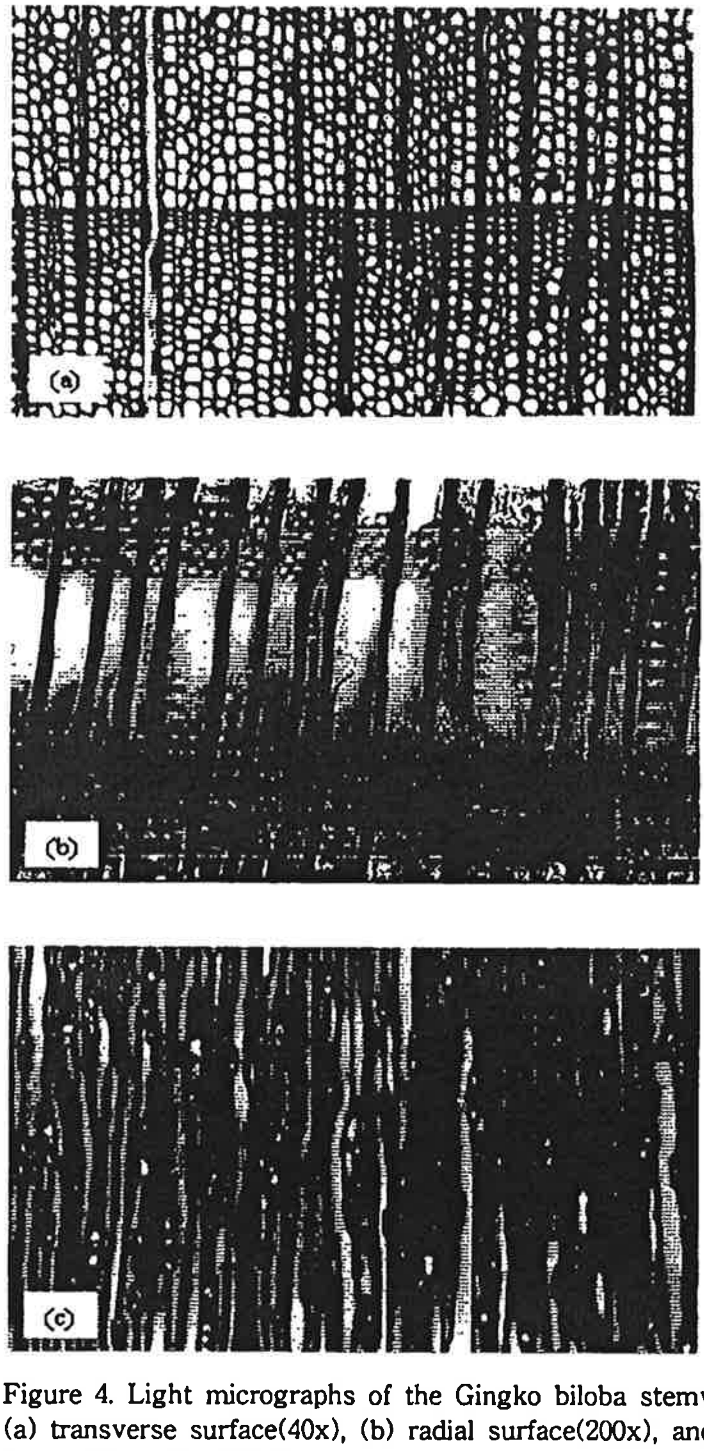


Figure 4. Light micrographs of the Gingko biloba stemwood (a) transverse surface(40x), (b) radial surface(200x), and (c) tangential surface(40x).

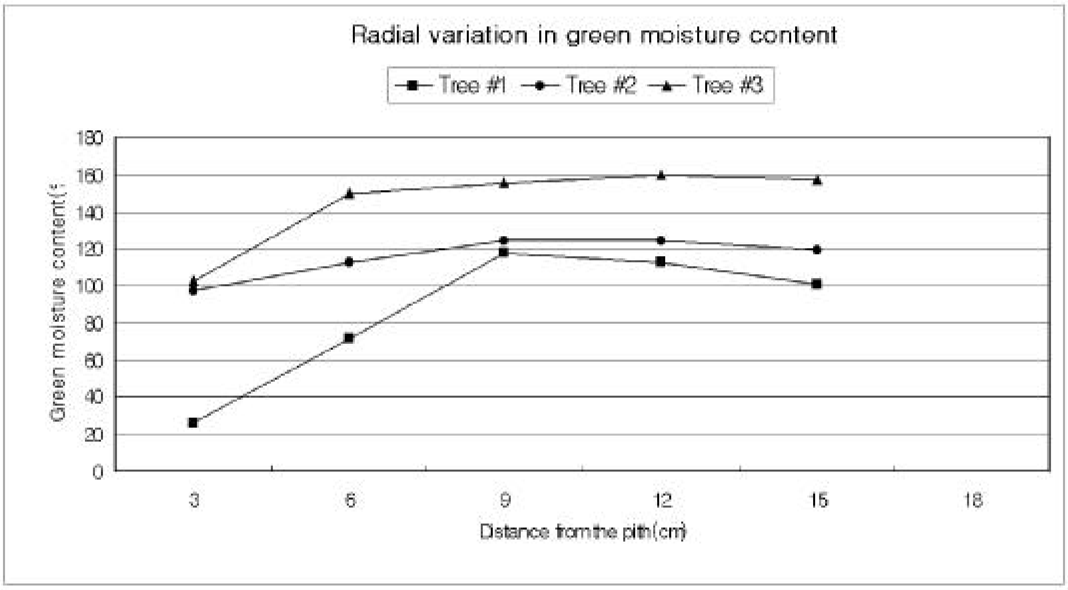


Figure 5. Radial variation in green moisture content of *Gingko biloba*.

생재비중은 일반적으로 수 근처에서 높은 비중을 보인후 낮아지면서 일정해지는 경향을 보였는데(Figure 6), 이러한 변이 패턴은 Douglas-fir, western hemlock, radiata pine등에서 관찰된다(Panshin & de Zeeuw, 1980). 기건 및 전건비중도 생재비중과 마찬가지로 공시임목에 따라 조금씩 상이하였는데, 각각 0.36(공시임목 3) 0.48(공시임목 1)과 0.43(공시임목 3) 0.55(공시임목 1)의 범위였다. 임목간의 이러한 비중변이는 임목간의 생장률 차이에 의한다고 사료된다.

2) 수축율

Table 2는 전수축율, 기건수축율, 그리고 함수율 1%에 대한 평균수축율을 방향별로 보여준다. 대부분 수종의 수축(섬유)방향 전수축율이 0.1 0.2%인데(Haygreen & Bowyer, 1989) 반하여 은행나무의 경우는 상당히 높은 수축방향 수축율을 보였는데, 이는 일본에서 조사된 결과(貴島 등, 1980)와 유사하였다. 또한 체적수축율이 10% 미만으로 상당히 낮았는데, 이는 은행나무가 목재 사용장소의 수분환경 변화에 따른 치수변화량이 적어 치수안정성이 타 수종에 비하여 비교적 우수함을 의미한다.

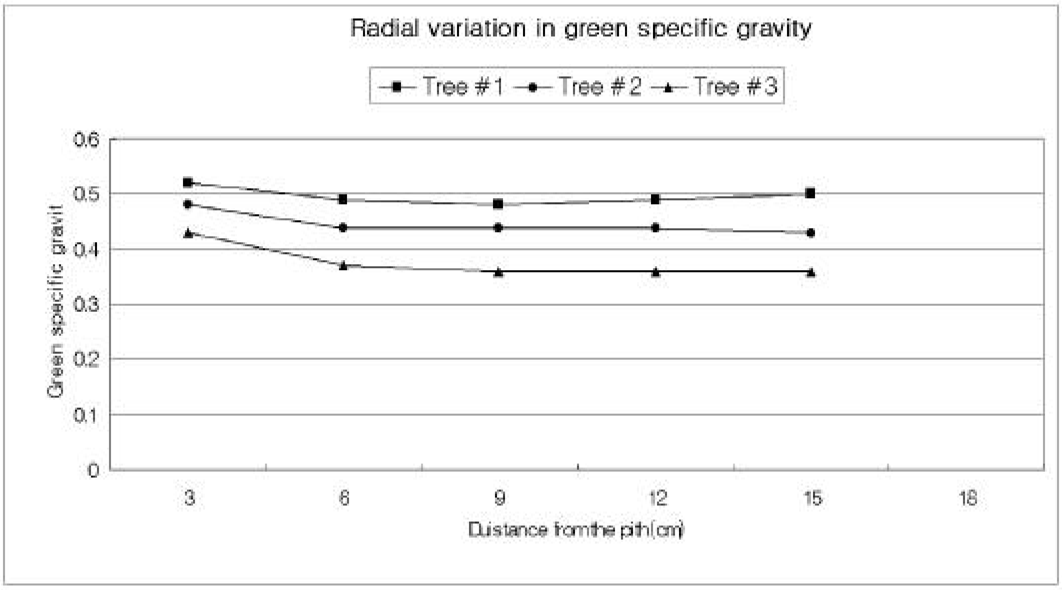


Figure 6. Radial variation in green specific gravity of *Gingko biloba*.

T/R율이 1.44 전후로서 대단히 낮은데, 이는 은행나무의 횡단방향 수축이방성이 적음을 의미한다. 따라서 은행나무 목재는 건조중 수분손실에 따른 수축시 접선과 방사방향의 치수 변화량 차이에 의해 발생되는 뒤틀림 현상인 너비굽음(cup)과 다이아몬딩(diamonding) 발생정도가 타 수종에 비하여 낮으리라 예상된다. 은행나무의 경우 T/R율이 낮은 것은 접선방향 수축율이 방사방향 수축율에 비하여 적은데 기인하는데, 접선방향 수축율이 낮은 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 1개 연륜내에서 하재폭이 춘재폭에 비하여 매우 좁기 때문에 하재부의 접선방향 수축이 춘재부의 접선방향 수축을 강요함이 하재폭이 넓은 수종에 비하여 약하기 때문에 전체적으로 접선방향 수축율이 낮게 된다.

Table 2. Shrinkage characteristics of *Ginkgo biloba*.

Direction	Shrinkage(%)			
	When green to oven dry	When green to air dry	Per unit MC when air dry to oven dry	Volumetric
Longitudinal	0.353±0.045(0.4)*1	0.147±0.026	0.017±0.003	
Radial	3.765±0.149(3.0)	2.019±0.126	0.149±0.015	9.293±0.234(8.5)
Tangential	5.410±0.157(4.9)	2.895±0.113	0.216±0.018	

*1Source: 貴島恒夫·岡本省吾·林 昭三(1980)

3) 흡수량

Table 3은 횡단면, 방사단면, 접선단면을 통한 물 흡수량을 보여준다. 예상했던바와같이 횡단면으로 흡수량이 가장 높고, 다음으로 접선단면을 통한 방사방향으로의 흡수량, 방사단면을 통한 접선방향으로의 흡수량 순이었다. 여러 문헌들에 조사·보고된 다른 수종들의 물 흡수량에 비하여 은행나무 목재의 물 흡수량은 대단히 낮았는데, 이는 貴島 등(1980)이 지적한 것처럼 은행나무 목재는 액상 및 기상 수분에 대한 저항이 강하여 목재 사용장소의 수분환경 변화에 따른 치수변화량이 적기 때문에 치수안정성이 우수함을 의미한다.

Table 3. Water absorption characteristics of *Ginkgo biloba*.

	Surface		
	Transverse	Radial	Tangential
Absorption(g/㎠·24hours)	0.01347±0.00423	0.00124±0.00018	0.00154±0.00014
MC at test time(%)	14.56±0.70	14.21±0.93	14.46±0.75

4) **투습성**

측정된 섬유포화점의 평균은 26% (**범위**:24.7-26.6%)**였는데, 이 수치는 세포내강으로 응축되어 자유수 상태로 존재하는 수분을 포함하기 때문에 실제 섬유포화점보다 조금 높은 수치일 것이라 사료된다..**

Table 4**는 정상상태에서** 3**방향 확산계수를 보여주는데, 문헌에 나타난 타 수종의 확산계수에 비하여** 10**배 이상 낮음을 알 수 있었다. 따라서 섬유포화점 미만의 함수율에서 은행나무의 건조, 즉 결합수 및 수증기의 목재 표면으로의 확산이동은 상당히 더딜 것이라 예상할 수 있다. 그리고 재질개량을 위한 개질처리시 개질제 성분의 세포내강에서 세포벽내로의 확산 침투 역시 매우 느리게 발생하리라 사료된다. 일반적으로 수축방향 확산계수는 접선방향의 확산계수의 대략** 3**배, 그리고 방사방향의 확산계수의 대략** 2**배라고 하는데, 본 연구의 결과는 수축방향 확산계수는 횡단방향 확산계수의** 1.93(**방사방향**) 2.27(**접선방향**)**배로서 타 수종과 비교할 때 은행나무의 수축방향 확산계수가 낮음을 알 수 있었다. 이러한 낮은 수축방향 확산계수 때문에 은행나무는 타 수종과 비교할 때 건조시 횡단면으로의 수분 이동이 느려서 횡단면 할렬의 발생이 양과 질적인 측면에서 적으리라 사료되는데, 이는 원목에서 제재된 은행나무 판재의 건조에서도 관찰되었을 뿐만 아니라 건조가공성 실험에서도 입증되었다.**

Table 4. Steady-state diffusion coefficient of *Ginkgo biloba*.

	Direction		
	Longitudinal	Radial	Tangential
	--------------	($x10^{-7}$cm^2/sec)	--------------
Average	4.40±0.87	2.28±0.68	1.94±0.37

5) **기체 투과성**

은행나무 변재의 투과성은 비교적 양호한 편이었으나 임목개체간의 투과성 변이가 뚜렷하게 나타났다(Table 5).

Table 5. The mean values of longitudinal permeability(darcy) of *Ginkgo biloba* at different pressures.

Tree no.	Pressures (mmHg)							Avg.
	20	50	100	150	200	250	300	
1-1	0.585 (0.080)*1	0.611 (0.056)	0.628 (0.052)	0.639 (0.065)	0.650 (0.049)	0.651 (0.075)	0.686 (0.076)	0.636
1-2	0.243 (0.014)	0.247 (0.018)	0.273 (0.019)	0.274 (0.025)	0.283 (0.028)	0.286 (0.028)	0.290 (0.028)	0.271
1-3	0.476 (0.029)	0.531 (0.023)	0.541 (0.027)	0.542 (0.034)	0.571 (0.031)	0.569 (0.021)	0.576 (0.036)	0.544

*1Values in parenthesis represent standard deviation.

이러한 투과성 변이의 원인은 임목개체간의 비중, 추출물 함량, 연륜폭과 관련된 하재율, 유동통로인 미세공극의 상태가 서로 상이하기 때문인데, 본 연구의 결과로는 비중, 추출물 함량, 하재율의 차이는 개체간 투과성 변이의 원인이 아님을 알 수 있었다. 투과성과 미세공극 상태와의 관계를 살펴보면, 미세공극 반경이 큰 임목의 투과성이 반경이 작은 임목보다 크게 나타났다(Table 6). 투과성과 미세공극 반경간의 직선회귀 결과, 양자간의 상관계수가 0.99로서 임목의 투과성은 주 유동통로인 미세공극의 크기에 의해 엄청난 영향을 받음을 알 수 있었다. 단위면적당 미세공극의 숫자는 식 (3)에서 볼 수 있듯이 미세공극 반경의 4제곱에 반비례하므로 오히려 반경이 작은 미세공극의 경우가 단위면적당 개수가 많아지게 된다. 따라서 투과성은 유동통로상에 존재하는 미세공극의 수 보다는 그 크기에 의해 절대적으로 영향을 받는다고 말할 수 있다.

Table 6. The mean values of effective radius and numbers of pit pores of *Ginkgo biloba*.

Tree no.	Avg. Permeability*1 (Darcy)	Radius (μm)	Numbers ($10^2/cm^2$)
1	0.636	0.200±0.071	3,188±2,999
2	0.271	0.073±0.022	10,487±9,811
3	0.544	0.129±0.029	4,286±3,174

*1 The values are measured at the pressure of 20mmHg.

다. 역학적 성질

Table 7은 은행나무의 역학적 성질들을 보여주는데, 비중에 비하여 일반적으로 모든 역학적 성질이 약한 것으로 나타났다. 일본산 은행나무 목재의 휨강도, 휨탄성계수, 종압축강도, 종전단강도와 본 연구의 결과를 비교할 때(Table 8), 본 연구의 결과가 국산 은행나무의 특성을 완벽하게 대표할 수는 없지만 국산 은행나무가 휨강도는 높았으나 종압축강도는 낮았다. 그리고 현재 미국에서 고급 활엽수인 oak, cherry, maple, black walnut재 대신에 중저가 가구용재로 현재 사용량이 증가하고 있는 red alder나 yellow poplar의 역학적 성질과 비교할 때(Table 8), 휨탄성계수를 제외하고는 국산 은행나무 목재의 역학적 성질이 오히려 우수하게 나타났다. 그리고 은행나무는 휨탄성계수가 매우 낮아 하중에 대한 변형이 클 것이므로 은행나무 목재를 선반 등으로 사용하는 것은 불가능할 것이다.

라. 화학 조성분

은행나무의 화학조성분을 분석한 결과를 Table 9에 보여준다. 수산석회의 결정을 함유하는 異形細胞의 존재때문에 회분의 함량이 온대산 수종의 평균 회분량보다는 다소 높은 편이나, 이 정도의 회분함량으로는 절삭공구의 마모에 영향을 미치는 않으리라 사료된다. 추출물의 양은 수나무의 경우는 1% 가성소다 추출물, 열수 추출물, 알코홀-벤젠 추출물, 냉수추출물 순으로, 그리고 암나무의 경우는 1% 가성소다 추출물,

열수추출물, 냉수추출물, 알코홀-벤젠추출물 순으로 많았다. Timell(1960)은 은행나무의 회분과 추출물의 양이 성별에 따른 차이가 있음을 보고한 바 있는데, 본 연구 결과도 암수에 따라 회분과 추출물 양이 상이하였다. 심재의 경우 별로 좋지않은 향이 있었는데, 이는 심재 추출물중 一群의 脂肪族 화합물의 존재때문이라고 사료된다(김, 1996). 리그닌은 타 침엽수종에 비하여 그 함량이 높은 편이었으나 홀로셀룰로오스는 비슷하였는데, 본 연구의 결과도 Timell (1960)이 보고한 함량들과 비슷하였다.

Table 7. Mechanical properties of *Ginkgo biloba*.

Property	Mean±STD[*1]	CCV[*2](%)
Moisture content (%)	14.68±0.21	1.43
Specific gravity[*3]	0.42±0.05	11.90
Modulus of rupture (kg/cm^2)	540.5±100.2	18.54
Modulus of elasticity ($x10^3$ kg/cm^2)	48.5±12.2	25.15
Compression strength (kg/cm^2)		
parallel to grain	280.9±47.9	17.05
perpendicular to grain	72.8±14.2	19.51
Tension strength (kg/cm^2)		
parallel to grain	688.6±155.5	22.58
Shear strength (kg/cm^2)		
parallel to grain	100.4±23.7	23.61
Impact bending strength (kg/cm^2)	0.39±0.12	30.77
Cleavage resistance (kg/mm)	22.4±5.1	22.77
Nail withdrawl resistance		
Transverse surface	1.62±0.51	31.48
Radial surface	2.45±0.63	25.71
Tangential surface	1.92±0.51	26.56
Hardness (kg/mm^2)		
Transverse surface	2.79±0.85	30.47
Radial surface	1.04±0.35	33.65
Tangential surface	1.20±0.30	25.00

[*1]STD represents standard deviation.
[*2]CCV represents coefficient of variation.
[*3]Based on ovendry weight and volume at test time.

Table 8. Comparison of stiffness and strength of Ginkgo biloba with published data, and those of red alder and yellow poplar.

Species	SG	Modulus of rupture	Modulus of elasticity	Compression strength parallel	Compression strength perpendicular	Hardness*1
		--------------- (kg/cm^2)			---------------	(kg/mm^2)
Ginkgo biloba*2	0.42	540	48,513	281	73	1.17
Ginkgo biloba*3	--	450	47,000	360	-	--
Red alder*4	0.41	457	85,490	--	18	0.31
Yellow poplar*4	0.42	422	85,777	--	20	0.31

*1 Average values of both radial and tangential surfces.
*2 Results obtained from this study.
*3 Published data[Source: 貴島恒夫·岡本省吾·林 昭三(1980)].
*4 Published data[Source: Wengert(1988)]

Table 9. Chemical compositions of *Ginkgo biloba* sapwood.

Sex	Ash	Extractives: Cold water	Extractives: Hot water	Extractives: Alcohol - benzene	Extractives: 1% NaCH	Holo-cellulose	Klason lignin	α—cellulose
Male	0.63	1.77	3.47	1.80	12.53	66.60	32.90	53.50
Female	0.75	3.26	5.50	1.60	15.96	65.42	32.79	51.85

3. 결론

현재 국내에서 가구재와 내장재로 사용되고 있는 외국산 수입 활엽수재의 재질 및 가공성들과 비교하여 최종적으로 은행나무의 적정용도를 구명하기 위한 본 연구의 기초재질 조사 결과 얻어진 결론들을 다음과 같이 요약할 수 있다.

육안적 구조 측면에서는 나무갖이 곱다는 것을 제외하고는 재색이나 문양 측면에서 가구재나 내장재 용도로서의 유리한 점은 없었다. 그러나 은행나무 목재의 도장성이 양호하기 때문에 재색을 최근에 시판되고 있는 다양한 색상의 반투명 오일 스테인을 이용하여 소비자가 원하는 수종의 재색으로 변화시킬 수 있기 때문에 재색은 가구재나 내장재로서의 은행나무 목재의 이용상 큰 문제가 되지 않는다고 본다.

은행나무의 낮은 체적수축율과 물 흡수량은 최종 제품의 사용장소의 대기 상대습도 변화에 따른 목재의 치수변화량의 적음, 즉 치수안정성이 우수함을 의미하기 때문에 이는 특히 가구재 용도로서 은행나무 목재의 큰 장점이라 할 수 있다. 반면에 수축방향 전 수축률이 타 수종의 수축률보다 2 3배 정도 높게 나타났는데, 이는 은행나무 생재 건조시 수축방향 수축을 완전히 무시할 수 없음을 의미한다. 그리고 T/R율이 낮게 나타났는데, 이는 횡단방향 수축이방성이 크지 않음을 의미하는 것으로서 건조시 뒤틀림 현상인 너비굽음(cup)과 다이아몬딩(diamonding) 발생정도가 은행나무는 타 수종에 비하여 낮으리라 예상된다. 투과성이 매우 양호한 것으로 나타났는데, 이는 건조시 섬유포화점 이상의 함수율에서 자유수 제거가 용이함과 은행나무 목재내로 제반 개질제 처리가 용이함을 의미한다. 은행나무 목재를 통한 수증기 확산계수가 상당히 낮았는데, 이는 섬유포화점 미만의 함수율에서 은행나무의 건조, 즉 결합수 및 수증기의 목재 표면으로의 확산이동이 빠르지 않음과 개질처리시 개질제 성분의 세포내강에서 세포벽내로의 확산 침투가 느림을 의미한다. 특히 은행나무의 낮은 수축방향 확산계수는 타 수종과 비교할 때 은행나무 건조시 횡단면으로의 수분 이동이 느려서 횡단면 할렬의 발생이 양과 질적인 측면에서 적으리라 사료되는데, 이는 원목에서 제재된 은행나무 판재의 건조에서도 관찰되었고, 건조가공성 실험에서도 입증되었다. 비중에 비하여 일반적으로 모든 역학적 성질이 약한 것으로 나타났으나, 현재 북미에서 oak 등의 고급 활엽수재 대신에 저가 가구용재로 현재 사용량이 증가하고 있는 red alder나 yellow poplar의 역학적 성질과 비교할 때, 휨탄성계수를 제외하고는 국산 은

행나무 목재의 역학적 성질이 오히려 우수하게 나타나서 가구재나 내장재 용도로서 역학적 성질은 문제가 되지 않는 것으로 나타났다.

화학조성분 조사 결과, 수산석회를 함유하는 이형세포의 존재로 회분함량이 다소 높으나 현재 가구재나 내장재로 사용되는 타 수종과 비교할 때 은행나무 목재의 이용상 영향을 줄만한 화학조성분의 차이는 없다고 판단된다.

제 3절 가공성 시험

1. 재료 및 방법

가. 공시원목

기초재질 조사용 임목을 벌채했던 지역에서 고립목 상태로 산재하고 있던 임목 3본을 선정하여 본 연구의 건조가공성 및 변색관련 시험용 원목으로 사용하였는데, 그 성상은 Table 10와 같다. 약제처리도, 접착가공성, 그리고 자연내후성 시험용 시편은 1차년도 기초재질 조사용 잔여 공시목으로부터 채취·사용하였다.

Table 10. Characteristics of sample trees.

Tree No.	DBH	Height	Clear length	Age	Sex
	(cm)	(m)	(m)	(year)	
2-1	27.7	7.3	2.7	20	Female
2-2	40.1	6.6	2.3	22	Female
2-3	24.2	8.1	2.4	21	Male

나. 시험방법

1) 약제처리도

은행나무 목재의 제반 개질제 주입의 용이도를 판정하기 위하여 수용성 개질제의 용제로 사용되는 물을 목재내로 가압 주입하여 그 처리도를 판정하였다. 횡단면의 치수가 5x5cm이고 길이가 20cm인 처리용 시편들을 변재부에서 채취하여 기건시킨 후 산업용 silicone sealant로 end-coating하였다. 수종 자체가 심재율이 매우 낮은 관계로 시편은 변재부에서만 채취하였으며, 일반적으로 모든 수종의 변재부는 처리가 용이하다고 알려져 있으나 기초재질 시험의 물흡수량 실험 결과 은행나무 목재의 물흡수량이 타 수종들에 비하여 상당히 낮았기 때문에 변재부를 대상으로 물 처리도를 판정하

였다. 처리는 본 실험실에서 제작한 pilot 규모의 소형 가압처리 시설을 이용하여 충세포법으로 실시하였는데, 760㎜Hg의 진공하에서 30분 동안 전배기를 실시한 후 물을 주약관 내로 유입시키고 10.5kg/㎠의 압력하에서 refusal point에 도달할 때까지 가압을 실시하였다.

2) 건조가공성

100℃ 급속건조시 발생하는 주요 건조결함인 목구면 및 표면할렬, collapse(찌그러짐), 내부할렬 별로 각 손상단계에 대한 초기 건조온도, 초기 건습구 온도차, 말기 건조온도를 표준 임업실시요령(산림청 임업연구원 1993)에 의거하여 구하고, 그중 가장 약한 건조조건을 선정하여 미국 농업부 임산물연구소의 함수율 기준 스케쥴을 적용함에 의해 은행나무의 건조스케쥴을 최종적으로 추정하였다.

벌채 즉시 임목으로부터 2㎝(두께)×10㎝(폭)×20㎝(길이) 크기의 무결점 판목재 30개를 채취하여 100 105℃ 온도의 건조기에 넣어 급속건조 시키면서 1시간 간격으로 시험재의 중량을 측정하고 횡단면 및 표면할렬의 발생 상태를 관찰하였다. 일정시간 경과후 발생한 할렬이 최대가 되었을 때 Figure 7에서 보여주는 기준에 의해 초기할렬의 단계를 결정하고, 할렬이 좁아지기 시작할 때 2, 4, 8시간 간격으로 적당히 시간을 연장하여 시험재의 함수율이 약 8%가 될 때까지 중량을 측정하였다.

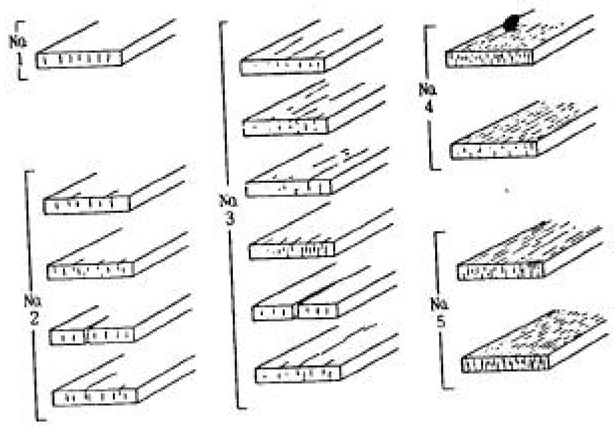


Figure 7. The steps of initial check.

급속건조가 종료되면 시험재를 길이 방향 중앙부에서 횡절단하여 Figure 8에서 보여주는 방식에 의해 판재 외각의 두께(A)와 외각에서 1cm 내부의 두께(B)차이를 측정하여 Table 11에 보여주는 기준에 의해 찌그러짐(collapse)의 단계를 결정하다. 그리고 절단면에서 관찰할 수 있는 내부할렬을 Figure 9에 보여주는 기준에 의해 내부할렬의 단계를 결정하였다.

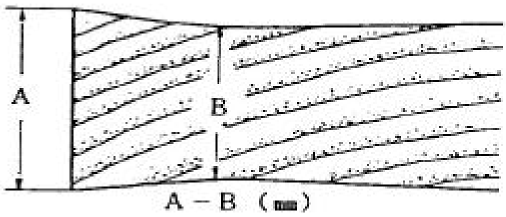


Figure 8. The measurement of collapse for section.

Table 11. The steps of collapse.

Step of collapse	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
A-B(mm)	0 0.4	0.5 0.9	1.0 1.9	2.0 3.4	3.5>

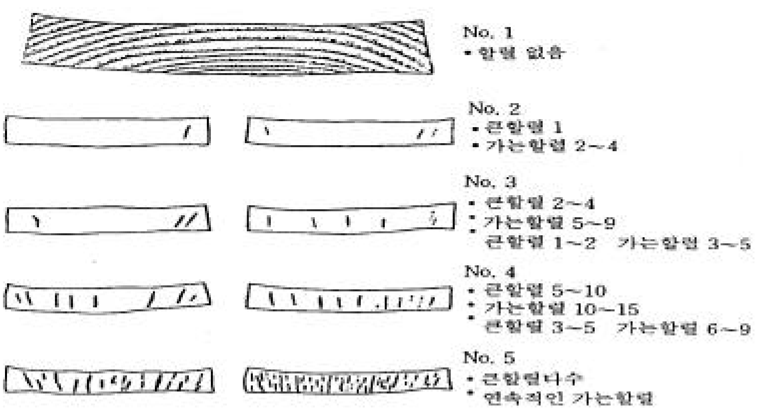


Figure 9. The steps of internal check.

급속건조법에 의해 추정•조제된 인공건조 스케쥴을 pilot 규모의 건조실을 이용한 건조에 적용시켜 실제 건조시 건조결함의 발생 정도와 건조 소요시간을 파악하였다. 벌채 즉시 생임목을 제재하여 2.5㎝(두께)×8㎝(폭)×60㎝(길이) 크기의 무결점 판목재 15개를 준비하고, 시험재의 양 목구면을 유성 페인트로 end-coating하여 목구면을 통한 수분의 증발을 억제하였다. 본 연구에 사용된 pilot 규모 건조실은 건조조건이 자동조절되는 내부송풍형의 증기식 열기건조실로서 온도조절 범위는 20 95℃, 온도조절 정도는 ±1.0℃이며, 건조실내의 재간풍속은 1.5m/sec였다.

3) 접착가공성

변재로부터 3㎜×25㎜×80㎜ 크기의 시편을 채취하여 표준 임업 실시요령(산림청 임업연구원 1993)에 의하여 은행나무 목재의 접착성을 시험하였다. 상온경화형 요소수지 접착제(수지율: 75%), 초산비닐 에멀젼수지 접착제(수지율: 64.2%), 에폭시수지 접착제, 수용성 이소시아네이트접착제(수지율: 54.1%)를 사용하여 도포량 334g/㎡, 압체압력 10kg/㎠의 접착조건으로 접착력 시험편을 제작하여 상태, 내수, 내온수 접착력을 측정하였다. 접착강도는 최대 파괴하중을 접착면의 면적을 나누어 산출하였고, 목파율은 전체 접착면의 면적에 대하여 목부에서 파괴가 발생한 부분의 백분율로서 목측에 의해 산출하였다.

4) 도장가공성

도료건조시험용으로 횡단면 치수가 1㎝(두께) x 13㎝(폭)이고 길이가 21㎝인 판목 및 정목 시험편을 각 10개씩 각 10개씩 제작하였다. 시험편에 폴리우레탄(polyurethane)도료와 목공용 락카(lacquer)를 도막 두께가 0.025㎜가 되도록 塗布한 다음 20℃, 65% RH의 항온항습실에서 조습시킨 후 표준 임업실시요령의 목재의 도장성 시험요령에 따라 지촉건조시간을 측정하였다.

도막할렬시험용으로 횡단면 치수가 1㎝(두께) x 5㎝(폭)이고 길이가 5㎝인 판목 및 정목 시험편을 준비한 후, 시험편에 폴리우레탄도료와 목공용 락카를 도포량 150g/㎡정도로 판목, 정목별로 3회 나누어 붓으로 도포하였다. 도장 시험편을 150㎜Hg의 감압하에서 4시간 수중침지 한 후 60℃에서 24시간 건조를 1 cycle로 하는 내후조작을 5회 반복하는 진공 침수시험(soak under dry test)과 23℃, 95% RH 항온항습실에서 24

시간 조습시킨 다음 -20℃에서 5시간 냉각시키고 다시 60 ℃의 건조기에서 19시간 건조를 1 cycle로 하는 내후조작을 30회 반복하는 습냉반복시험(wet-cold-dry test) 결과 도장면에서 관찰되는 도막할렬의 수와 길이를 측정하였다.

5) 휨 가공성

횡단면 치수가 2㎝(두께) x 5㎝(폭)이고 길이가 90㎝인 무결점재를 휨가공성 시험용 시험편으로 필요량 준비하여 증기처리에 의해 시험편을 연화시킨 후에 30, 36, 45, 58, 80㎝의 곡률반경 별로 5개씩의 시험편을 Figure 10에 보여주는 휨가공틀에 고정시킨 상태에서 건구온도 80℃, 건습구온도차 12℃, 재간풍속 1m/sec의 조건으로 15시간 건조한 후 1시간동안 냉각시킨 다음 시험편을 휨가공틀에서 해체하여 그 손상정도를 3등급으로 구분하였다.

곡률반경 변화율은 휨가공 후의 곡률반경 변화를 방지하기 위하여 휨가공틀에 고정한 상태로 온도 80℃, 건습구온도차 12℃, 재간풍속 1m/sec로 15시간 건조한 공시재를 휨가공틀에서 해체한 직후와 1, 6, 24시간 후에 휨가공재의 내면에서 3개소의 곡률반경을 측정하여 그 평균치에서 다음의 식 (1)를 이용하여 계산하였다.

$$\text{곡률반경의 변화율} = \frac{r'-r}{r} \times 100(\%) \qquad (1)$$

r : 휨치구의 곡률반경
r' : 측정시의 곡률반경

6) 생물학적 변색 특성

가) 목재시편의 준비

벌채 직후 원목을 제재하여 채취한 변재부 판재로부터 횡단면의 크기가 7×20㎜이고 길이가 7㎝인 생재 시편을 필요량 준비하여 사용할 때까지 비닐로 완전 밀봉하여 -25℃에서 냉동보관하였다. 그리고 변색이 심한 것으로 익히 알려진 ponderosa 소나무(*Finus ponderosa*) 변재부 시편을 대조구로 하여 각 공시균에 대한 은행나무의 변색 예민도와 비교하였다. 시중에서 구입한 ponderosa 소나무 기건판재에서 은행나무와 동일한 크기의 시편을 채취하여 감압법에 의해 증류수를 주입한 후, 시편의 함수율이 100% 전후가 될 때까지 건조하였다.

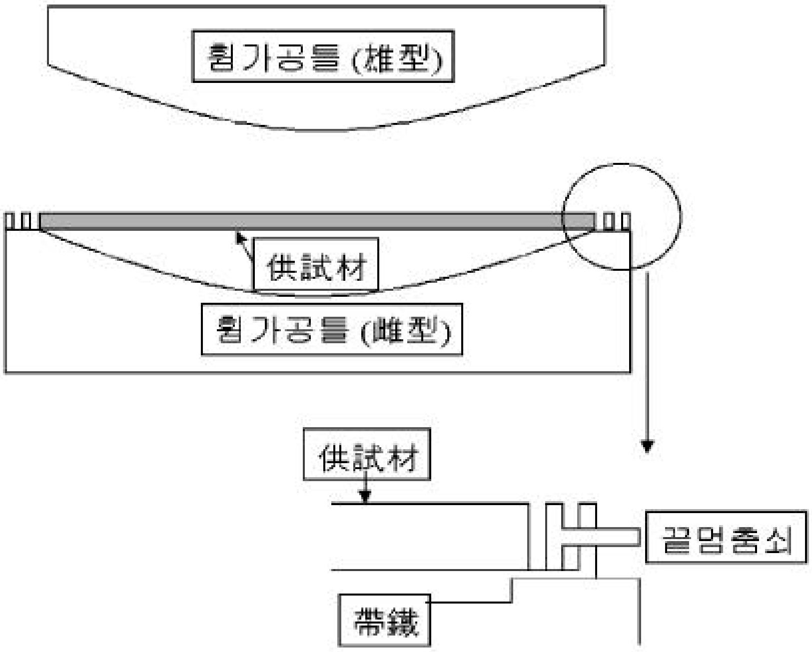


Figure 10. Apparatus for solid wood bending processing.

나) 변색예민도 시험

(1) 접종용 포자 현탁액 준비

미국 Cregon 주립대학교 임산공학과에서 분양받은 *Altermaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Cladosporum elatum*, *Cephaloascus fragrans*, *Ceratocystis pilifera*, *Hormoconis resinae*, *Cphistoma perfectum*, *Fenicillum* spp., *Fhilslsphora fastigata*, *Trichoderma* spp., *Ulocladium chaartarum*를 2% malt extract agar(MEA) 배지에 접종하여 23 25℃에서 2주간 배양하였다. 그 후 각 공시균들이 왕성하게 자라고 있는 petri dish에 멸균 증류수를 5cc를 넣은 후 고무막대로 배지 표면을 가볍게 긁어줌에 의해 포자 및 균사 조각을 멸균수내로 유리시킨 다음 여기에다 95cc의 멸균수를 첨가하여 접종용 포자 현탁액을 준비하여 spray 용기에 넣었다.

(2) 목재 시편의 멸균

냉동보관하던 은행나무 시편을 12시간 해동한 후 Cobalt-60을 source로 하는 radiation 처리에 의해 멸균을 실시하였다. Ponderosa 소나무 시편도 은행나무 시편과 동일한 방법으로 멸균처리를 실시하였다.

(3) 포자 현탁액의 접종 및 배양

바닥에 filter paper 5장씩을 깔고 그 위에 U자형의 유리막대를 위치시킨 유리 petri dish에 일정량의 증류수를 첨가한 후 121℃ 온도로 20분간 멸균하여 배양용기로 사용하였다. 시편들을 준비된 유리 petri dish에 올려놓은 후 미리 준비된 포자 현탁액을 분무한 후 parafilm으로 완전 밀봉하여 28℃ 온도의 incubator에서 6주간 배양하였다. 공시균 별로 10개의 시편을 사용하였는데, petri dish당 2개씩의 시편을 위치시켰다.

(4) 평가

변색 정도는 6주 배양후 목측에 의해 평가하였는데, 일단 시편의 총 면적에 대한 변색 면적을 백분율로 계산하여 Table 13에 보여주는 평가 기준을 적용하였다.

다) 변색예방

(1) 시편의 약제처리

Table 12에 보여주는 약제를 사용하여 각 약제에 대하여 6개 농도로 처리하였는데, 약제와 농도의 조합별로 7개의 시편을 사용하였다. 약제처리는 단순 침지법에 의해 실시되었는데, 시편을 약제중에 5초간 침지하였다.

(2) 접종용 포자 현탁액 준비

변색 예민도 시험에서와 동일한 방법으로 포자 현탁액을 준비하였는데, 본 실험에서는 11종의 포자 현탁액을 혼합하여 사용하였다.

(3) 균 접종 및 배양

바닥에 filter paper 5장씩을 깔고 그 위에 plastic mesh를 위치시킨 후 일정량의

증류수를 첨가한 aluminum fan 위에 약제처리 시편을 위치시키고 포자 현탁액을 분무하여 균을 접종하고 28℃ 온도의 incubator에서 6주간 배양하였다.

(4) 평가

매 2주 간격으로 균에 의한 무처리 대조구 및 처리 시편의 변색 정도를 목측에 의해 평가하였는데, Table 13에 제시한 평가기준[0(무변색) 10(완전변색)]에 의해 배양 6주 후의 변색지수가 3.0 또는 그 이하인 약제와 처리농도의 조합은 잠정적으로 은행나무의 변색 예방에 유효한 것으로 판정하였다.

Table 12. Anti-stain chemicals tested as preventiveness of sapstain in *Gingko biloba* and the concentrations used in laboratory tests.

Anti-stain chemical		Concentration tested (% total a.i.*1)						
Trade name	Chemical name	a.i.*1 (%)	1	2	3	4	5	6
BRITEWOOD Q	Didecyl dimethyl ammonium chlorode	50.00	0.25	0.50	1.00	2.00	2.50	3.00
BRITEWOOD QX	Didecyl dimethyl ammonium chlorode	46.00						
	Propiconazole	5.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
BRITEWOOD S	Sodium ortho-phenylphenate	32.60	0.25	0.50	1.00	2.00	2.50	3.00
BUSAN 1030	2-(Thiocyanomethylthio) benzothiazole	30.00	0.13	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
NEXGEN	Tetrachloroisophthalonitrile	14.50						
	Methylene bis thiocyanate	14.70	0.13	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
NP-1Plus	Didecyl dimethyl ammonium chlorode	65.34						
	3-Iodo-2-propynyl butyl carbamate	7.55	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
PQ-8	Copper-8-quinolinolate	5.40	0.13	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
NYTEK-GD	Copper-8-quinolinolate	10.00	0.25	0.50	1.00	1.50	1.75	2.00

*1Total active ingredients(a.i.), percent of solution weight.

Table 13. Rating scale of stain used in this study.*1

Rating	Degree of damage
0	no stain
1	minor stain or mold (<5% coverage)
2	stain increasing (10 15% coverage)
3	15 20% coverage
4	20 30% coverage
5	30 50% coverage
6	50 60% coverage
7	60 75% coverage
8	75 90% coverage
9	Heavy stain, all surfaces (90 95% stain coverage)
10	Sever stain, some decay may also be evident

*1Source: Miller and Morrell(1990)

7) 비생물학적 변색

가) 목재 시편의 준비

공시임목으로부터 제재된 각재들로부터 3.5㎜(두께)×7㎝(폭)×7.5㎝(길이) 크기의 시험편을 심재부가 포함되지 않도록 변재부에서만 80개 채취하여 각 변색조건별로 20개씩의 시편을 사용하였다.

나) 처리방법

(1) 철 변색

염화제2철 수용액에 의한 변색정도를 측정하여 철 변색 예민도를 판정하였다. 0.1% 염화제2철($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) 수용액 1ℓ가 들어있는 2ℓ짜리 비이커에 이미 기존 재색이 측정되어 있는 시험편을 수축방향으로 수직으로 세워 5분간 침지(침지온도: 20±2℃)한 후 꺼내어 시험편을 실내에서 4일간 건조시켰다.

(2) 알칼리 변색

가성소다(NaOH) 수용액에 의한 변색의 정도를 측정하여 알칼리 변색 예민도를 판정하였다. 武南(1965)의 보고에 의하면 목재의 알칼리 오염은 pH 11.0 11.5이상에서 급격히 나타나기 때문에 본 연구에서는 pH 12.0의 가성소다 수용액을 사용하여 철 변색 시험과 동일한 조건으로 처리하였다.

(3) 산 변색

수산($H_2C_2O_4$) 수용액에 의한 변색정도를 측정하여 산 변색 예민도를 판정하였다. 武南(1965)의 보고에 의하면 목재의 산 변색은 수산이나 염화수소산의 경우는 pH 5.0 2.0까지는 전혀 변색이 일어나지 않으나, pH 2.0 1.5이하에서 급격히 변색 정도가 높아지기 때문에 본 연구에서는 pH 1.0의 수산 수용액을 사용하였는데, 처리방법은 철 변색 시험과 동일한 조건으로 처리하였다.

(4) 자외선 변색

태양광 노출에 의한 변색정도를 측정하여 자외선 변색 예민도를 판정하였다. 이미 기존 재색이 측정되어 있는 시험편을 합판위에 고정하고 야외에서 총 40시간(폭로일수 8일:오전 11시 오후 4시) 태양광에 폭로하였다.

다) 재색 측정

재색의 측정은 Hunter Lab 색차계(Hunter Lab Color Difference Meter : Model D25 Optical Sensor)를 사용하여 X, Y, Z의 3방향에서 측정하였다. 측정면적은 직경 13㎜의 원형으로 1.33㎠ 이다. 색차계에 시험편을 고정하는 방법은 일정하게 하였고, 또 처리전후의 측정장소가 다르지 않게 하였다. 변색 전과 후의 L, a, b에 의한 △E는 JIS Z 8730(색차표시법)에 의거 하여 다음의 식(2) (5)을 이용하여 계산하였다.

$$L = 10\ Y^{\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

$$a = 17.5(1.02X-Y)\ /\ Y^{\frac{1}{2}} \qquad (3)$$

$$b = 7.0(Y-0.847Z) / Y^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\triangle E = [(\triangle L)^2 + (\triangle a)^2 + (\triangle b)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

여기서, △L, △a, △b는 처리 전후의 L, a, b의 차이다. 또한 X, Y, Z 측정치중 Y는 명도에 대응하기 때문에 시편 상호의 변색정도를 비교하기 위하여 (6)식에 의하여 명도감소율 Yd를 산출하였다.

$$(\%)Yd = \frac{Y0 - Y1}{Y0} \times 100 \quad (6)$$

여기서, Y0는 처리전의 Y, Y1은 처리후의 Y

라) 변색도 판정

변색도의 판정은 Table 14에 보여주는 堀池 등(1977)이 사용한 판정기준에 의거하였다. 이는 안 등(1983, 1986)의 국내산 침엽수재와 활엽수재의 화학적 변색시험과 김 등(1986)의 한국산 유용목재의 변색에 관한 연구에서도 사용한 바 있다.

Table 14. Values(△E) of color difference for stain rating.

Type	△E(color difference) for stain grades		
	L (light stain)	M (medium stain)	S (strong stain)
Iron stain	<2.5	2.5 12.0	>12.0
Alkali stain	<3.6	3.6 9.0	> 9.0
Acid stain	<2.5	2.5 10.0	>10.0
Exposing to sunlight	<2.5	2.5 6.5	>6.5

8) 자연내후성

자연내후성 시험은 ASTM D 2017 시험규격 (ASTM 1996)에 준한 soil-block 시험법에

의거하여 실시하였다. 한 변의 길이가 19㎜인 입방체 시편들을 변재와 심재부로 분리 채취하여 103±2℃에서 항량에 도달할 때까지 전건시킨 후 각각의 중량을 측정하였다. 그리고 나서 121℃의 autoclave에서 30분간 시편들을 멸균한 후 갈색부후균 *Tyromyces palustris*와 백색부후균 *Trametes versicolor*에 접종하여 28±1℃의 항온항습기 내에서 강제부후시켰다. 12주간의 부후기간이 종료된 후 시편 표면에 붙어있던 균사체를 제거하고 다시 시편의 전건중량을 재측정하였다. 변재부와 심재부/갈색부후균과 백색부후균의 조합별로 시편의 평균 중량감소율에 의해 은행나무 목재의 자연내후성을 판정하였는데, 판정기준은 다음의 Table 15에 보여준다.

Table 15. Indicated class of natural decay resistance based on average weight loss of wood samples.*1

Average weight loss (%)	Indicated class of decay resistance
0 to 10	Highly resistant
11 to 24	Resistant
25 to 44	Moderately resistant
45 or above	Slightly resistant or nonresistant

*1Source: ASTM D2017

2. 결과 및 고찰

가. 약제처리도

은행나무 변재부의 평균 물 흡수율은 처리가 용이하다고 알려진 라디에타소나무 변재부의 흡수율과 비슷하였으나, refusal time은 국산 소나무 변재(refusal time = 60분 이내)와 비교할 때 조금 길게 나타났다(Table 16). 단순 침지에 의한 물흡수량이 타 수종에 비하여 낮게 나타났지만, 이상의 결과를 놓고 볼 때 제반 필요한 개질처리시 가압처리법을 이용할 경우 은행나무 변재부의 처리는 용이하리라 판정된다.

Table 16. Water treatability of *Gingko biloba* sapwood.

Charge*1	1	2	3	4	5	Average
Absorption (%)	107.28	157.26	167.44	159.87	188.84	156.14
Refusal time (min.)	180	80	100	80	100	108

*1Each charge has five samples.

나. 건조가공성

추정 건조스케쥴의 조제에 사용한 시험재들의 초기 함수율과 비중은 Table 17과 같다.

Table 17. Initial moisture content and specific gravity of test samples*1.

Moisture content(%)				Specific gravity*2			
Average	St. dev.	Maximum	Minimum	Average	St. dev.	Maximum	Minimum
166.06	12.38	183.23	143.43	0.36	0.02	0.39	0.34

*1Values represent means of 30 replicates.
*2Based on ovendry weight and green volume.

1) 건조결함

건조결함인 할렬(횡단면 및 표면할렬)은 총 30개의 시험재중 2개의 시험재에서만 관찰될 정도로 할렬의 발생이 미미하였다. Collapse에 의한 판재 두께의 감소도 모두 0.4㎜ 미만이었고 내부 할렬은 관찰되지 않았다. Figure 7, 8, 9의 판정기준에 의한 은행나무 목재의 건조결함 단계는 다음의 Table 18과 같다.

Table 18. The steps of drying defects observed during quick drying at 100℃.

Initial check	Collapse	Internal check
No. 2	No. 1	No. 1

2) 건조스케줄 추정

다음의 Table 19에 의하면 Table 18에 보여주는 건조결함 단계에 대한 건조 조건 중 가장 온화한 조건은 초기 건조온도 60℃, 초기 건습구온도차 5℃, 말기 건조온도 90℃인 조건임을 알 수 있다.

위에서 구해진 초기 건조온도(60℃)와 말기 건조온도(90℃)에 가장 근접된 건구온도 스케쥴은 Table 20에 의하면 T10 스케쥴임을 알 수 있다. 그리고 은행나무 목재의 평균 초기 함수율이 166%였으므로 Table 21의 초기 함수율 구분에 따르면 G에 해당하지만 침엽수재의 경우는 F까지만 적용되므로 은행나무 목재의 경우는 Table 22의 F가 적용된다.

Table 19. Drying conditions by the steps of drying defects.

Dying defects	Drying condition(℃)	Steps of drying defects				
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
Initial check	Initial temp. of drying	70	60	50	50	45
	Wet-bulb depression	7	5	3	2	2
	Final temp. of drying	95	90	80	80	80
Collapse	Initial temp. of drying	70	60	55	50	45
	Wet-bulb depression	7	5	4	3	2
	Final temp. of drying	95	80	80	75	70
Internal check	Initial temp. of drying	70	55	50	50	45
	Wet-bulb depression	7	5	4	3	2
	Final temp. of drying	95	80	75	70	70

Table 20. General temperature schedules for softwoods.

Step No.	MC(%)	Dry-bulb temperature(℃)													
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
1	Green 30	40	40	45	45	50	50	55	55	60	60	65	70	75	80
2	30 25	40	45	50	50	55	55	60	60	65	65	70	75	80	90
3	25 20	40	50	55	55	60	60	65	65	70	70	70	75	80	90
4	20 15	45	55	60	60	65	65	70	70	70	75	75	80	90	95
5	15 Final	50	65	70	80	70	80	70	80	70	80	80	80	90	95

Table 21. Initial moisture content class.

Class	Initial MC(%)	Class	Initial MC(%)
A	<40	E	100 120
B	40 60	F	120 140
C	60 80	G	>140
D	80 100		

Table 22. Moisture content class for softwoods.

Step No.	Moisture content at start of moisture content class(%)					
	A	B	C	D	E	F
1	Green 30	Green 35	Green 40	Green 50	Green 60	Green 70
2	30 25	35 30	40 35	50 40	60 50	70 60
3	25 20	30 25	35 30	40 35	50 40	60 50
4		25 20	30 25	35 30	40 35	50 40
5		20 15	25 20	30 25	35 30	40 35
6			20 15	25 20	30 25	35 30
7				20 15	25 20	30 25
8					20 15	25 20
9						20 15
10	15 Final	15 Final	15 Final	15 Final	15 Final	15 Final

최종조건으로 초기 건습구 온도차인 5℃와 근접된 Table 23의 5번의 건습구 온도차를 적용시켜 함수율 기준 건조스케줄을 조제하면 T10F5가 된다. Table 24은 미국 농림부 임산물연구소의 함수율기준 건조스케쥴 조합법에 따라 작성된 은행나무 목재의 추정 건조스케쥴을 보여준다.

Table 23. General wet-bulb depression schedules for softwoods.

Step No.	Wet-bulb depression for wet-bulb depression schedule(℃)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.5	2.0	3.0	4.0	5.5	8.5	11.0	14.0
2	2.0	3.0	4.0	5.5	8.0	11.0	14.0	17.0
3	3.5	4.5	6.0	8.5	11.0	14.0	17.0	20.0
4	5.5	8.0	8.5	11.0	14.0	17.0	20.0	20.0
5	8.5	11.0	11.0	14.0	17.0	20.0	20.0	20.0
6	11.0	14.0	14.0	17.0	20.0	20.0	20.0	20.0
7	14.0	17.0	17.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
8	17.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
9	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
10	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0

Table 24. Estimated kiln schedule for *Ginkgo biloba*(T1CF5).

MC(%)	DBT(℃)	WBT(℃)	EMC(%)	RH(%)
Green-70	60	54.5	12.1	75
70-60	60	52	9.9	66
60-50	60	49	8.1	55
50-40	60	46	4.8	30
40-35	60	43	2.8	14
35-30	60	40	2.8	14
30-25	65	45	3.1	17
25-20	70	50	3.3	20
20-15	75	55	3.4	23
15-Final	80	52	3.5	25

급속건조법에 의해 추정된 건조스케쥴(T1CF5)을 실제 건조에 적용시킨 결과, 초기 함수율 167%에서 최종 함수율 10%까지 건조시키는데 약 3.2일이 소요되어서 표준 임업 실시요령에 나와있는 건조성 양호 판정기준인 3.5일보다 건조 소요시간이 짧았고, 또한 건조결함의 발생이 전혀 관찰되지 않아서 은행나무의 건조성은 매우 양호한 것으로

판정되었다. 참고로 Figure 11은 은행나무 목재의 건조속도를 보여주는데, 항률건조기간중 건조속도인 자유수 제거속도는 2.17%/시간이었고 감률건조기간중 건조속도인 결합수 제거속도는 1.33%/시간이었다.

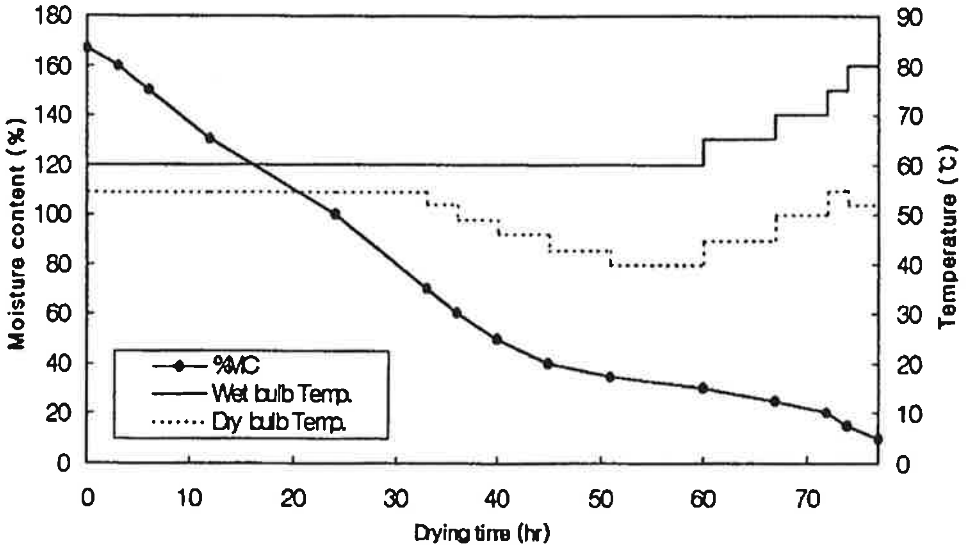


Figure 11. Drying curve of *Ginkgo biloba*.

다. 접착가공성

접착제의 종류에 관계없이 접착강도는 약하게 나타났지만 접착강도에 비하여 목파율이 매우 우수하게 나타나서 은행나무 목재의 접착제품이 비구조용으로 사용되는 경우에는 접착력에 문제가 없는 것으로 나타났다(Table 25). 상태 접착력은 사용된 네 종류의 접착제가 모두 비슷하였으나, 내수 및 내온수 접착력은 접착제의 종류에 따라 크게 상이하였다. 초산비닐 에멀젼수지 접착제의 경우는 내수조작에 의한 접착층의 심한 박리로 인해 접착력 시험이 불가능하였다. 요소수지 접착제와 이소시아네이트수지의 내수 및 내온수 접착력은 상태 접착력과 비슷하였으나, 에폭시수지 접착제의 내수 및 내온수 접착력은 상태 접착력에 비하여 열등하였다. 실제로 은행나무 목재의 접착제품이 옥내용이 될 것이므로 가격이 저렴하고 작업성이 뛰어난 상온경화형 요소수지 접착제나 초산비닐 에멀젼수지 접착제의 사용이 권장된다.

Table 25. Adhesion characteristics of *Ginkgo biloba*.*1

Test items	Polyvinyl acetate emulsion resin	Urea resin	Epoxy resin	Water based polymer isocyanate
	------------------	------------(kg/㎠)	------------	------------------
Dry bond test	29.16 (96)*2	24.86 (95)	26.16 (95)	29.08 (95)
Water proofing test*3	--	23.31 (89)	24.83 (85)	25.84(94)
Warm water proofing test*4	--	26.21 (90)	21.28 (72)	26.61(93)

*1 Values represent means of 10 replicates.
*2 Values in parentheses represent percent wood failure.
*3 Test after soaking the specimens into the water(30℃) for 3 hours.
*4 Test after soaking the specimens into the warm water(60℃) for 3 hours.

라. 도장가공성

도장경화 시간은 폴리우레탄(polyurethane) **도료와 목공용 락카**(lacquer) **모두 대조구인 유리판에 비하여 큰 차이를 보이지는 않았으나 다소 길었다**(Table 26). **그리고 도막할렬 정도의 관찰을 위하여 실시한 진공 침수시험과 습냉건조시험의 두 조건에서는 도막의 할렬이 전혀 발생하지 않아 은행나무는 도장성이 매우 양호한 수종이라고 사료된다.**

Table 26. Paintabillity of *Ginkgo biloba*.

		Curing time (hr.)		Film cracks			
				Soak under dry test after 5 cycles		Wet-cold-dry test after 30 cycles	
		Avg.	Std.	No.	Length(㎜)	No.	Length(㎜)
Poly urethane	Flat grain	3.20	0.01	-	-	-	-
	Edge grain	3.19	0.01	-	-	-	-
	Control(glass)	2.70	0.01				
Lacquer	Flat grain	2.58	0.01	-	-	-	-
	Edge grain	2.58	0.01	-	-	-	-
	Control(glass)	2.35	0.01				

마. 휨 가공성

휨가공성 시험은 각 곡율반경 별로 절손 또는 압축파괴 및 인장파괴 등의 정도를 A, B, C의 3등급으로 구분하여 A가 3개 이상일 때 휨가공성이 가능한 것으로 판정하였으며 그 결과는 Table 27에서 보는 바와 같다. 은행나무는 곡률반경 30㎝까지도 가공이 가능한 정도로 휨가공성이 극히 양호하므로 휨가공재로 이용하기에는 적합한 수종으로 사료된다.

Table 27. Bending processing of *Ginkgo biloba*.

Specific gravity	Moisture content(%)	Radius of bending curvature (㎝)*					Grade
		80	58	45	36	30	
0.36	15.06			AAAAA	AAAAA	AAABB (11.67)	Good

* A : Specimens with or without miner compressive failure in the concave side
B : Specimens bent with remarkable compressive failure
C : Specimens bent with breakage or tension failure
( ): Change in radius of curvature after one month exposure (%)

바. 생물학적 변색

Table 28에서 볼 수 있듯이 균종에 따라 약간씩은 상이하였으나, 은행나무 목재는 변재 변색균과 표면오염균에 대한 저항이 극히 약한 것으로 나타났다. 특히 변색 저항이 극히 약한 것으로 잘 알려진 ponderosa 소나무보다도 저항이 약해서 제재후 신속한 인공 열기건조가 실시될 수 없는 상황이라면 은행나무 목재의 변색예방을 위한 약제처리는 필수적이라 하겠다. 이러한 은행나무의 변색 예민도는 은행나무 변재내에 균의 생육에 필요한 영양원 함량이 높거나 또는 은행나무 목재의 구조가 비교적 열린 구조여서 신속한 균사의 침투를 가능하였기 때문이라 사료된다.

Table 28. The degree of disco;oration of untreated Gingko biloba and ponderosa pine sapwood exposed for 6 weeks at 28℃ to pure cultures of selected stain fungi.

Fungus	Degree of discoloration*1	
	Gingko biloba	ponderosa pine
Alternaria alternata	8.4	2.2
Aspergillus niger	9.7	8.6
Cladosporum elatum	8.8	5.9
Cephaloascus fragrans	9.4	8.8
Ceratocystis pilifera	9.0	7.7
Hormoconis resinae	9.7	8.5
Ophistoma perfectum	9.0	8.2
Penicillum spp.	8.7	8.3
Philalaphora fastigata	8.3	5.4
Trichoderma spp.	8.4	5.9
Ulocladium chartarum	9.2	8.5

*1Degree of stain based on ratings from 0(no stain) to 10(completely stained). Each value represents the mean of seven specimens.

8종의 변색 방지제의 효능시험 결과가 Table 29에 요약되어 있는데, 6종의 약제가 시험된 6개의 처리농도중 최소한 하나 이상의 농도에서 변색 및 표면오염균 방지에 효과적임을 알 수 있었다. Britewood Q와 Nytek-GD는 변색 방지 효과가 없는 것으로 나타났다. Copper quinolinolate를 물에 분산시킨 형태로 제조된 Nytek-GD는 수 종의 침엽수재에는 양호한 효과를 보였으나, 활엽수인 red alder 목재에는 그리 큰 효과가 없음이 미국 Oregon 주립대학교 연구팀에 의해 보고된바 있다(Miller and Morrell 1989, 1990, Miller et al., 1989). 그러나 동일한 copper quinolinolate를 주성분으로 하는 PQ-8은 아주 낮은 처리농도(0.13% 6주 시험결과 제외)에서도 변색 예방에 효과적이었다. Nytek-GD와 PQ-8의 이러한 차이는 처리 시편 표면에 유효성분인 copper quinolinolate의 분포 차이와 약제 formulation chemistry 차이에 의해 설명이 가능하리라 본다. 즉 PQ-8은 solublized copper quinolinolate를 포함하나, Nytek-GD는 copper quinolinolate의 ground dispersion을 포함한다. NP-1 Plus, Busan 1030, Britewood XL은 처리농도 0.75% 또는 그 이상의 농도에서 변색 방지에 효과적이었으나, Britewood S는 처리농도중 가장 고농도인 3% 에서만 효과적이었다. Britewood S는 침엽수재에 대한 단기간 변색 예방에는 효과적이었으나, 활엽수재에 대한 효과는 없다는 보고가 있다(Miller and Morrell 1990).

제재 직후 신속한 열기건조가 불가능한 경우에는 변색 방지제 처리를 실시하여야 하는데, 본 연구에 사용된 8종의 약제 전부가 2 또는 4주간은 최소한 어느 하나의 처리농도에서는 변색을 방지할 수 있었다. 특히, NexGen, NP-1 Plus, Busan 1030, PQ-8은 저농도 처리에서도 완벽한 변색방지가 가능하였다. Britewood Q와 Britewood XL은 모든 처리농도에서 2주 노출기간동안에는 변색을 완벽하게 예방하였으나 4주후의 변색 방지 능력은 크게 감소하였다. 중간 이상의 농도의 Britewood S도 4주까지는 변색을 예방할 수 있음이 나타났다.

Table 29. Ability of selected chemicals to inhibit fungal stain of *Gingko biloba* sapwood in small-scale laboratory evaluations.

Chemical (trade name)	Concentration (% total a.i.)	Degree of stain*1` ----- Incubation period ----- 2 weeks	4 weeks	6 weeks
Control (water treated)	0.00	5.3	7.6	9.1
Britewood Q	0.25	3.1	6.7	8.7
	0.50	2.6	5.3	8.9
	1.00	0.6	3.1	5.1
	2.00	0.7	3.9	4.9
	2.50	0.3	2.1	4.3
	3.00	0.0	0.1	3.3
Britewood XL	0.25	0.1	4.1	5.1
	0.50	0.3	3.3	4.1
	0.75	0.3	2.0	2.7
	1.00	0.3	1.0	1.4
	1.50	0.3	2.6	3.1
	2.00	0.0	1.0	1.9
Britewood S	0.25	4.9	6.9	8.3
	0.50	4.4	6.4	8.1
	1.00	1.0	5.7	7.3
	2.00	0.3	2.9	5.3
	2.50	0.3	1.1	4.4
	3.00	0.0	0.6	2.0
Busan 1030	0.13	0.7	1.3	6.1
	0.25	0.1	0.7	4.7
	0.50	0.0	0.1	4.6
	0.75	0.0	0.0	3.0
	1.00	0.0	0.0	2.1
	1.25	0.0	0.0	0.4

Table 29. Continued.

Chemical (trade name)	Concentration (% total a.i.)	Degree of stain[*1] ----- Incubation period ----- 2 weeks	4 weeks	6 weeks
NexGen	0.13	0.0	0.0	0.0
	0.25	0.0	0.0	0.0
	0.50	0.0	0.0	0.0
	0.75	0.0	0.0	0.0
	1.00	0.0	0.0	0.0
	1.25	0.0	0.0	0.0
NP-1 Plus	0.25	0.0	1.3	6.7
	0.50	0.0	0.0	4.0
	0.75	0.0	0.0	0.9
	1.00	0.0	0.0	0.4
	1.25	0.0	0.0	0.4
	1.50	0.0	0.0	1.4
Nytek-GD	0.25	4.7	7.1	9.0
	0.50	4.6	6.1	9.0
	1.00	4.3	5.3	8.7
	1.50	2.9	4.1	6.4
	1.75	2.4	3.9	6.3
	2.00	0.9	2.7	6.3
PQ-8	0.13	0.7	2.6	8.9
	0.25	0.0	0.0	1.1
	0.50	0.0	0.0	2.3
	0.75	0.0	0.0	0.4
	1.00	0.0	0.0	0.0
	1.25	0.0	0.0	0.0

[*1]Degree of stain based on ratings from 0(no stain) to 10(completely stained). Each value represents the mean of seven specimens.

사. 비생물학적 변색

시험편의 처리 전후의 재색을 나타내는 X, Y, Z값, 색차(△E), 명도감소율(Yd)를 Table 30에 보여주고 있다. 철, 알칼리, 산 변색은 중간의 감성(부호 M)을 나타냈지만, 태양광 변색은 강한 감성(부호 S)를 나타내었다. 은행나무의 경우 태양광 변색, 즉 자외선 변색이 심한 것으로 나타나서 향후 은행나무를 가구재 등의 내장재로 사용할 경우 자외선 변색을 최소화 또는 예방할 수 있는 적절한 도장처리가 필수적이라 하겠다.

Table 30. Discoloration sensitivity of *Ginkgo biloba* to iron, alkali, acid, and sunlight stain.

Type	Change of wood color						Color difference △E	Decrease ratio of lightness Yd(%)	Stain grade
	Untreated			Treated					
	X	Y	Z	X	Y	Z			
Iron ($FeCl_3$)	56.89[*1] (1.03)[*2]	57.12 (1.24)	40.06 (1.87)	47.11 (1.40)	47.05 (1.64)	32.30 (1.77)	7.32 (1.14)	17.64 (2.11)	M
Alkali (NaOH)	57.33 (0.94)	57.68 (0.93)	41.07 (0.61)	52.73 (0.96)	52.52 (0.95)	37.61 (2.13)	4.35 (1.12)	8.95 (1.14)	M
Acid ($C_2H_2O_4$)	57.41 (0.89)	57.82 (0.85)	41.07 (1.67)	47.64 (1.17)	46.25 (1.28)	28.89 (1.96)	9.31 (1.01)	20.01 (2.21)	M
Sunlight	57.71 (0.85)	58.02 (0.88)	41.43 (1.74)	44.97 (0.57)	44.02 (0.63)	24.29 (0.61)	10.86 (0.39)	24.12 (0.60)	S

[*1]Values represent average of 20 replicates.
[*2]Numbers in parenthesis indicate the standard deviation.

아. 자연내후성

Table 31에서 볼 수 있듯이 변재의 내후성은 우수하지 못하였지만 심재의 내후성은 매우 양호하였다. 이는 심재 성분들중 일부가 부후균에 대해 상당한 독성을 보유하고 있음을 의미하는데, 앞으로 은행나무 심재 추출물의 항균효능에 대한 연구가 필

요하다고 사료된다. 실제적으로 은행나무 목재를 옥외에 사용할 경우는 거의 없겠지만, 변재부에 대한 내후성시험 결과는 옥외 사용시 변재의 방부처리가 필수적으로 필요함을 의미한다. 그러나 은행나무 변재부의 투과성 및 물 처리도 측정 결과에 의하면 은행나무 변재의 방부제 처리도는 매우 양호하리라 판정된다.

Table 31. Resistance of *Gingko biloba* to fungal attack in an ASTM soil-block test.*1

Type of wood	Weight loss (%)	
	Tyromyces palustris	*Trametes versicolor*
Heartwood	1.80±0.08	1.50±0.44
Sapwood	31.74±1.17	25.93±1.98

*1 Values represent means of ten replicates.

3. 결론

현재 국내에서 가구재와 내장재로 사용되고 있는 외국산 수입 활엽수재의 재질 및 가공성들과 비교하여 은행나무의 적정용도를 구명하기 위한 본 연구의 제반 은행나무 가공성 조사 결과 얻어진 결론들을 다음과 같이 요약할 수 있다.

물처리도 시험 결과, 은행나무 변재부의 평균 물 흡수율은 처리가 용이하다고 익히 알려진 라디에타소나무 변재부의 흡수율과 비슷하여 제반 필요한 개질처리시 가압처리법을 이용할 경우 은행나무 변재부의 처리는 용이하리라 판정된다. 추정된 함수율 기준 스케쥴인 T10F5을 이용하여 pilot 규모의 건조실에서 실제 건조시험 결과, 생재 상태에서 함수율 10%까지 건조시 소요시간이 약 3.2일로 이는 표준 임업실시요령에 나와있는 건조성 판정기준인 소요시간 3.5일보다 짧았다. 그리고 실제 건조 결과 건조결함의 발생이 전혀 관찰되지 않아서 은행나무의 건조성은 매우 양호한 것으로 판정되었다. 목재의 휨가공성이 극히 양호하여 은행나무는 휨가공재로 이용하기에는 적합한 수종임을 알 수 있었다. 본 연구에서는 거단성이나 포삭성등이 별도로 조사되지

않았지만 본 연구를 위한 제반 시험편 제조과정에서 느낀 점과 예전에 은행나무 목재를 목공예에 사용하였던 목공예업자들의 이야기를 종합해 볼 때, 은행나무 목재의 작업성(workability)는 양호한 것으로 사료된다. 폴리우레탄(polyurethane)도료와 목공용 락카(lacquer)를 이용한 도장 가공성 조사 결과, 도료경화시간 및 도막 내구성 측면에서 볼 때 은행나무는 도장성이 양호한 수종이라고 사료된다. 시험된 접착제의 종류에 관계없이 접착강도는 약하게 나타났지만 접착강도에 비하여 목파율이 매우 우수하게 나타나서 은행나무 목재의 접착제품이 비구조용으로 사용되는 경우에는 접착력에 문제가 없는 것으로 나타났다. 실제로 은행나무 목재의 접착제품이 옥내용이 될 것이므로 가격이 저렴하고 작업성이 뛰어난 상온경화형 요소수지 접착제나 초산비닐 에멀젼수지 접착제의 사용이 권장된다. 은행나무 목재는 변재 변색균과 표면오염균에 대한 저항이 극히 약한 것으로 나타나서 제재후 신속한 인공 열기건조가 실시될 수 없는 상황이라면 은행나무 목재의 변색예방을 위한 약제처리는 필수적이라 하겠다. 특히 열기건조실이 부족한 우리의 경우 천연건조 의존도가 높을 것이므로 변색예방을 위한 변색방지제 처리는 매우 중요하다고 할 수 있다. 은행나무의 철, 알카리, 산 변색에 대한 예민도는 중간 정도였으나, 태양광 변색에 대해서는 대단히 예민하여 은행나무를 가구재 등의 내장재로 사용할 경우 적절한 도장처리를 통한 자외선에 대한 적절한 보호가 필수적이라 하겠다. 변재의 내후성은 우수하지 못하였지만 심재의 내후성은 매우 양호하였다. 이는 심재 성분들중 일부가 부후균에 대해 상당한 독성을 보유하고 있음을 의미하는데, 앞으로 은행나무 심재 추출물의 항균효능에 대한 연구가 필요하다고 사료된다. 실제적으로 은행나무 목재를 옥외에 사용할 경우는 거의 없겠지만, 변재부에 대한 내후성시험 결과는 변재의 옥외 사용시 방부처리가 필수적으로 필요함을 의미한다. 그러나 은행나무 목재의 물 처리도 결과에 의하면 은행나무 변재의 방부제 처리는 매우 용이하리라 판정된다.

제 4절 적정용도 제시

은행나무 목재의 육안적 외관평가, 기초재질 및 가공성 조사 결과를 근거로 할 때, 은행나무 목재는 목공예재, 가구재, 건축내장재(벽판재, 창호재, 문틀재 등) 용도로 사용이 가능하다고 사료된다.

재색이나 문양 측면에서 가구재나 내장재 용도로서 유리한 점은 없었으나, 은행나무 목재의 도장성이 양호하기 때문에 최근에 시판되고 있는 다양한 색상의 반투명오일스테인을 이용하여 소비자가 원하는 수종의 재색으로 변화시킬 수 있기 때문에 재색은 가구재나 내장재로서 은행나무 목재의 이용상 큰 문제가 되지 않는다고 본다. 은행나무의 낮은 체적수축율(전체적수축율=9.3%)과 물 흡수량은 최종 제품의 사용장소의 대기 상대습도 변화에 따른 목재의 치수변화량의 적음, 즉 치수안정성이 우수함을 의미하기 때문에 이는 목공예재, 가구재, 내장재 용도로써 은행나무 목재의 큰 장점이라 할 수 있다. 비중에 비하여 일반적으로 모든 역학적 성질이 약한 것으로 나타났으나 현재 북미에서 oak 등의 고급 활엽수재 대신에 중저가 가구용재로 현재 사용량이 증가하고 있는 red alder나 yellow poplar의 역학적 성질과 비교할 때, 휨탄성계수를 제외하고는 국산 은행나무 목재의 역학적 성질이 오히려 우수하게 나타나 하중지지가 필요없는 비구조용 가구부재나 내장재 용도로써 역학적 성질은 크게 문제가 되지 않는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 거단성이나 포삭성등이 별도로 조사되지 않았지만 본 연구를 위한 제반 시험편 제조과정에서 느낀 점과 예전에 은행나무 목재를 목공예에 사용하였던 목공예업자들의 이야기를 종합해 볼 때, 은행나무 목재의 작업성(workability)는 양호한 것으로 사료된다. 또한 가구용 접착제인 초산비닐 에멀젼 수지와 요소수지를 이용한 접착력 시험 결과, 접착강도는 약하게 나타났지만 접착강도에 비하여 목파율이 매우 우수하게 나타나서 은행나무 목재의 접착제품이 비구조용으로 사용되는 경우에는 접착력에 문제가 없는 것으로 나타났다. 그리고 목재의 휨가공성이 극히 양호하고, 도료경화시간 및 도막 내구성 측면에서 볼 때 은행나무는 도장성이 양호하였다. 이상의 가공성 양부를 상기한 은행나무 목재의 외관 및 물리·역학적 성질들과 결부시켜볼 때, 은행나무 목재는 목공예재, 가구재, 건축내장재 용도로 손색이 없다고 할 수 있다. 그러나 앞으로 실제 은행나무 목재를 이용한 제품을 직접 제작한 후 성능시험을

통해 은행나무를 이용할 수 있는 가구부재의 종류와 건축내장재의 종류에 대한 검토가 필요하다고 본다. 그리고 기존 사용수종에 대한 은행나무 대체 가능성은 사용 용도에 따라 요구되는 목재의 제반 특성이 상이할 것이므로 요구되는 세부 특성들을 대상으로 1:1 matching 방법에 의해 가능하리라 사료된다.

참고문헌

공업진흥청. 1992. 한국산업규격

김 문규·정 대교, 1986. 한국산 유용목재의 변색에 관한 연구. 목재공학 14(4):40-46.

김 영균. 1996. Personal communication. 국민대학교 임산공학과.

김 재경. 1977. 은행나무외 2 수종의 해부학적 성질에 관한 연구. 진주농전 논문집 15:247-252.

박 상진 · 이 원용 · 이 필우. 1981. 목재조직의 도해. 정민사. 174pp.

박 상진 · 이 원용 · 이 화형. 1994. 목재조직과 식별. 향문사. 374pp.

산림청 임업연구원. 1992. 한국 수목도감. 562pp.

산림청 임업연구원. 1993. 표준 임업실시요령. 산림청 임업연구원

안경모 외 4인. 1983. 목재의 오염에 의한 변색(1);한국산 침엽수재의 화학적 변색. 목재공학 11(6):3-9.

안경모 · 공영토 · 조재명. 1986. 목재의 오염에 의한 변색(2); 한국산 활엽수재의 화학적 변색. 목재공학 14(1):55-60.

이필우. 1995. 목재해부학. 서울대학교 출판부. 454pp.

ASTM. 1996. Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods. American Society for Testing and Materials. Standard D2017. Philadelphia, PA.

Chudnoff, M. 1984. Tropical Timbers of the World. USDA Forest Service. Agriculture Handbook 607. Washington, D. C.

Eom, Y. G. 1991. Anatomical comparison between compression wood and opposite wood in a branch of *Ginkgo biloba* L. Mogjae Gonghak 19(3):77-85.

Haygreen, J. G. and J. L. Bowyer. 1989. Forest Products and Wood Science: An Introduction(2nd Ed.). Iowa State University Press. Ames, Iowa. 500pp.

Hoffman, K. 1986. Logitudinal air permeability of lodgepole pine. M.S.thesis, VPI & SU., Blacksburg, Va., U.S.A. pp.1-89.

Lee, P. W., Eom, Y. G., and Y. J. Chung. 1988. The distribution and type of crystals in woods of *Ginkgo biloba* L. and *Abies holophylla* Max. Mogjae Gonghak 16(3):1-4.

Ling, H. 1992. Origin and distribution of *Ginkgo biloba*. Forest Chronicle 68(5):612-613.

Miller D. J. and J. J. Morrell. 1989. Controlling sapstain: Trials of product group I on selected western softwoods. Research Bulletin 65. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, OR, U.S.A.

Miller D. J., J. J. Morrell, and M. Nitchoff. 1989. Controlling sapstain: Trials of product group II on selected western softwoods. Research Bulletin 66. Forest Research Laboratory, Cregon State University, Corvallis, OR, U.S.A.

Miller D. J. and J. J. Morrell. 1990. Controlling hardwood sapstain: Trials of stain-oreventive products on red alder lumber. Research Bulletin 68. Forest Research Laboratory, Cregon State University, Corvallis, CR, U.S.A.

Panshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1980. Textbook of Wood Technology: Structure, Identification, Properties, and Uses of the Commercial Woods of the United States and Canada. McGraw-Hill Book, Co. New York, NY. 722pp

Patterson, D. 1988. Commercial Timbers of the World (5th edition). Gower Technical Press.

Timell. 1960. Svensk Papperstid. 63 652-657. Cited from "Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions"

U.S. Forest Products Laboratory (USFPL). 1987. Wood Handbook: Wood as an engineering material. USDA Forest Service. Agriculture Handbook 72. Washington, D. C.

Wengert, E. G. 1988. The Wood Doctor's Rx. Brooks Forest Products Center, VPI & SU. Blacksberg, VA. 378pp.

貴島恒夫·岡本省吾·林 昭三. 1980. **원색 목재대도감**. **保育社**. 204pp.

堀池 清 外 2**人**. 1977. **파프아뉴기니아재의 가공적 성질**(**제** 5**보**). **日本林業試驗場 研究報告 第** 265**號**:196-215.

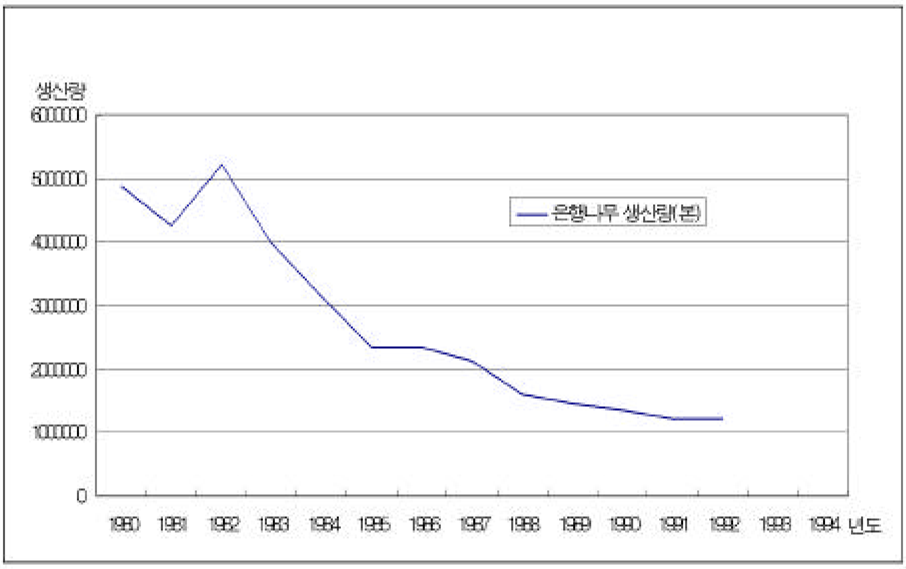
武南勝美. 1965. **목재의 오염에 관한 연구**(**제** 3,4**보**). **木材學會誌** 11(2):41-52.

제 4장 경제성분석 분야

제 1절 은행나무자원의 이용

전통적으로 우리 나라에서 은행나무는 식용으로 하는 열매의 생산과 가로수, 정원수, 방호림 등의 목재용도로 재배되어 왔다. 은행나무가 가로수로써 필요한 성질을 모두 갖추고 있으므로 1970년대부터 많이 심게 되었고, 관상수로서의 은행나무 식재가 급격히 증가하게 되었으나 근년에 와서는 다른 종류의 나무들이 가로수로 이용되는 데 영향을 받아 그 증가추세가 둔화되고 있다. <그림 1>은 이러한 관상수로써의 은행나무의 식재수의 변화를 보여주고 있다.

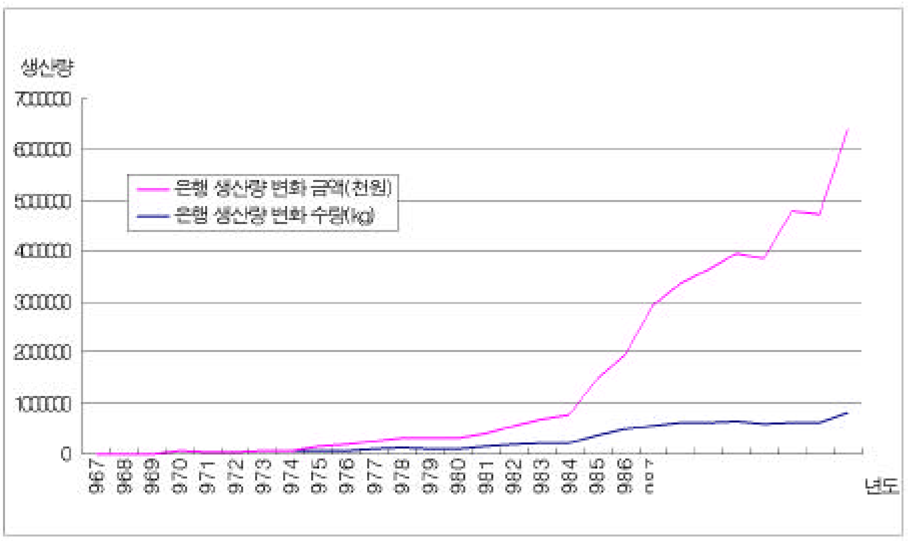
<그림 1>은행나무 식재수 (관상용)



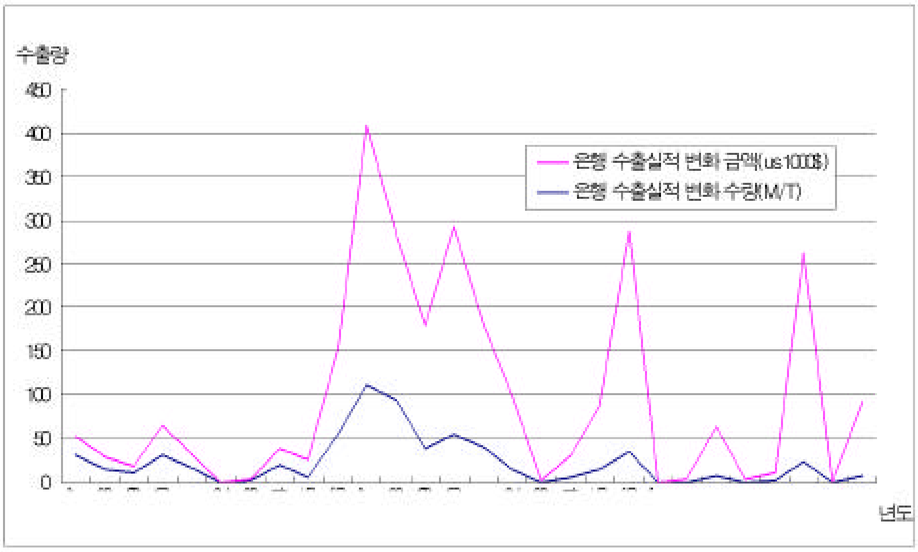
한편 은행열매의 경우 열매가 가지고 있는 독특한 영양과 의약적 가치가 많은 사람들에게 알려지기 시작하면서 1980년대에는 국제시장에서 공급부족의 상태에 직면하게 되어 가격도 매우 높게 형성되었다. 우리 나라에서도 이러한 은행의 생산도 꾸준히 증가되고 있으며, 해외로의 수출도 많이 이루어지고 있는데, 그 은행열매의 가격은 증

가추세에 있다. <그림 2> <그림 5>에서 이러한 은행열매와 관련한 추세를 알 수 있다.

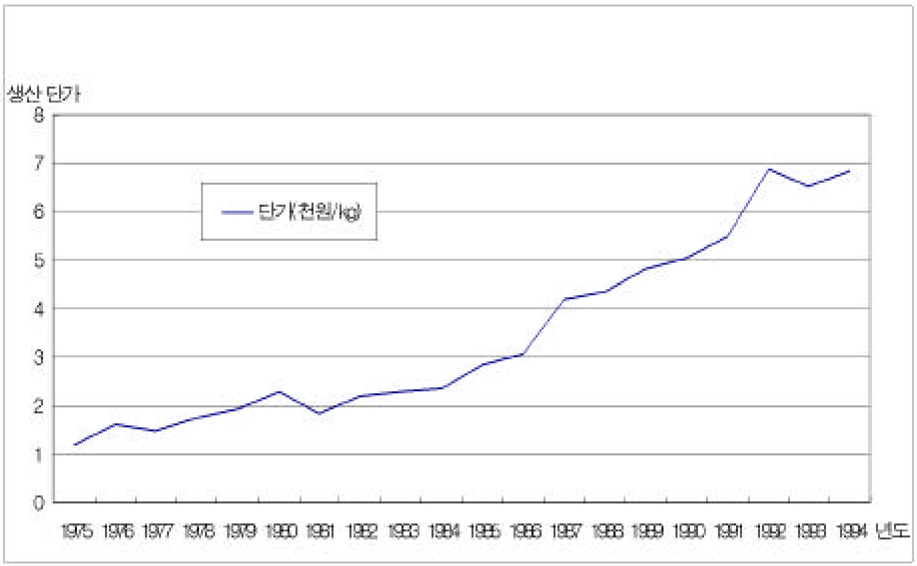
<그림 2>은행열매 생산량 변화



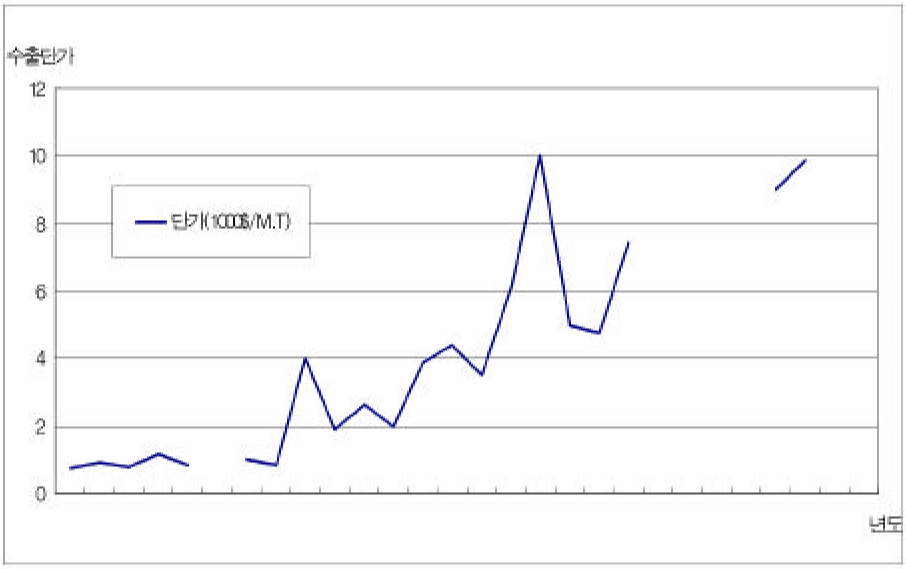
<그림 3>은행열매 수출량 변화



<그림 4>은행열매 가격



<그림 5>은행열매 수출가격

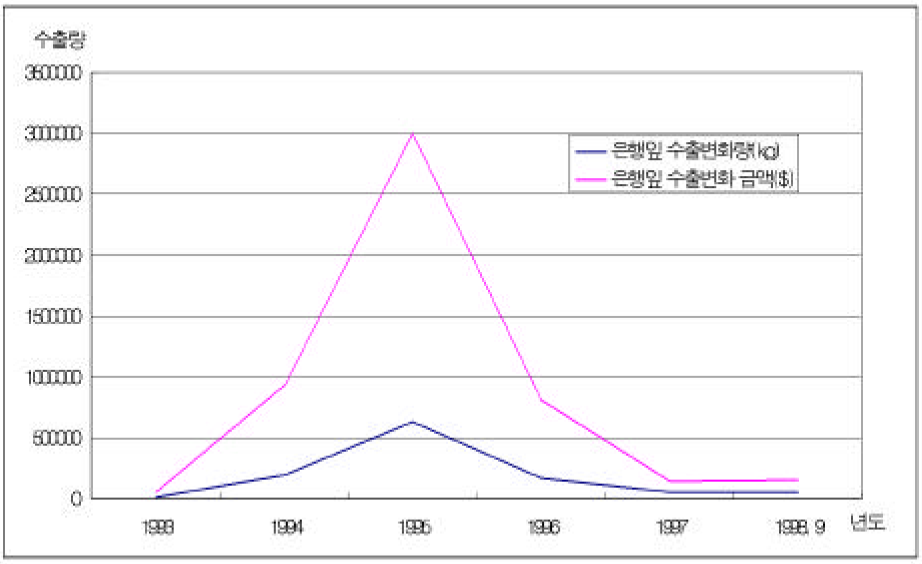


은행나무 자원의 가공이용측면을 보면 지금까지는 주로 의약, 수의약, 생물농약, 식품 및 화장품 등에 집중되어 왔다. 1960년대부터 서독, 프랑스, 스웨덴 등 북구 각국의 학자들은 화학적 성분분석, 약리와 임상연구 등을 통해 열매(白果)와 잎이 가지

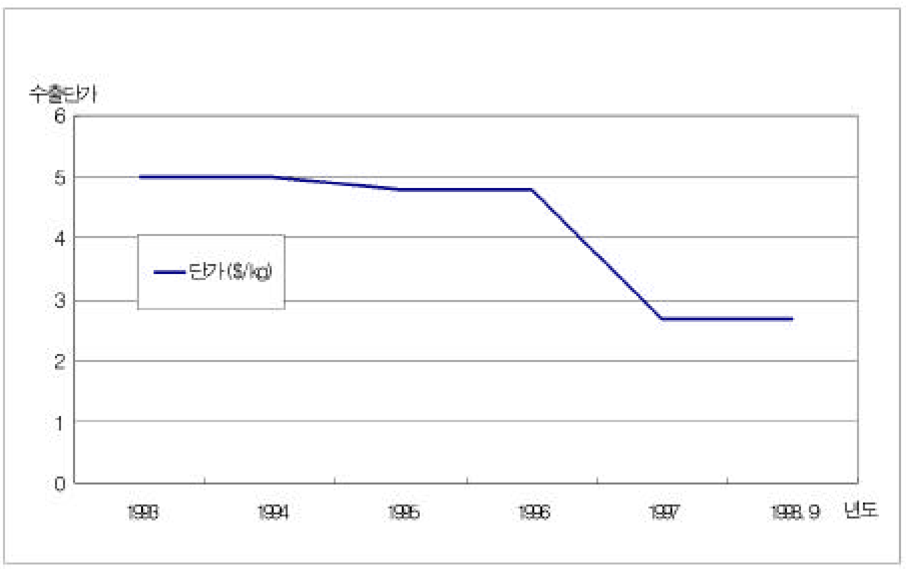
고 있는 TL. GFG 등 각종 활성 물질을 추출해 내었다. 이 물질들은 혈액순환, 세포의 대사 촉진, 심폐혈관질병, 노화방지 등에 치료효과를 보여주었고 동시에 항암작용을 하는 것으로 밝혀졌다. 은행잎에서 추출한 이와 같은 물질의 약용적 가치가 알려지면서 은행잎의 값도 상승하였으나 최근에는 중국 등지의 대단위 농장에서 집약적으로 재배됨에 따라 국제 시장의 가격이 하락하는 추세를 보이고 있다. 은행잎의 약용가치와 개발 잠재력이 크다는 연구결과가 전해지면서 전통적인 은행 재배 목적과 방식에도 변화가 일어나게 되었다. 아직 매우 적은 경우이기는 하지만 기존에 이루어지던 조경수, 가로수 등에서 약재생산을 위해 은행잎을 채취하는 소극적인 방법에서 떠나 아주 어린 은행나무를 밀식(密植) 재배하여 전문적으로 은행잎을 채취하는 농법이 실행되고 있다. 이러한 농법은 이미 오래 전부터 은행잎 추출물의 제조회사에서 개발되어, 유럽, 미국, 중국 등지에서 대규모로 은행잎 재배에 이용되고 있다. 전반적으로 볼 때, 은행나무의 자원으로의 이용이 열매를 주로 이용하던 형태에서 잎을 이용하는 형태로 전환되고 있으며, 열매와 약재겸용의 재배방식이 보급되는가 하면 농작물과 혼작하는 재배형식도 출현하고 있다. 우리 나라에서도 이러한 은행나무의 효율적 이용차원에서 다각적인 방안의 강구가 필요한 시점이고, 따라서 은행잎의 재배도 광식(廣植)에서 밀식으로, 조방적 경영에서 집약적 경영으로 변모되어야 할 것이다.

우리 나라에서는 은행잎이 1972년부터 수출이 간헐적으로 이루어져 왔고, 1990년대 초부터는 크게 증가하였다. 그러나 최근에는 국내 생산 은행잎의 가격이 높고, 중국에서의 생산확대 등의 영향으로 수출 상대국들이 수입선을 중국으로 변경함에 따라 급격히 감소하고 있는 실정이다. 수출가격도 1996년도에 톤당 6,275달러수준에 이르기까지 계속 증가하였지만 1997년 이후부터는 하락하고 있고 앞으로도 이러한 추세는 계속될 것으로 보인다. 이러한 은행잎에 대한 수출의 둔화와 함께 1995년부터는 오히려 중국으로부터 은행잎이 수입되기 시작하였는데, 수입단가는 톤당 1,644달러 수준으로 우리의 판매가격과 큰 대조를 보이고 있다. 실제로 산동성에 있는 은행잎 건조공장의 경우 독일로 수출하는 은행잎은 kg당 2.8달러, 98년에 2.9달러 등에 판매하였고, 한국으로의 수출단가는 98년 현재 kg당 2.5달러 수준을 요구하고 있어 우리 나라의 가격이 중국의 가격에 비해 2배 이상 비싼 것으로 나타났다. 우리 나라의 은행잎의 생산과 수출실적은 <그림 6>, <그림 7>과 같다.

<그림 6> 은행잎 수출변화



<그림 7> 은행잎 수출가격변화



또한 은행잎으로부터의 추출물인 Gingko Biloba Extract(GBE)의 교역도 증가되고 있다. 1995년부터 우리 나라의 추출물이 수출되기 시작하였는데 수출단가는 1995년도에 kg당 478천원인 반면 수입단가는 749천원이었고, 그 격차가 조금씩 줄어들기는 하

나 1997년도에도 수출단가는 kg당 414천원인 반면 수입단가는 587천원에 이르는 등 우리 나라 상품이 상대적으로 낮은 가격에 판매되고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해소하기 위하여 국내 추출물 제조회사들이 고품질의 추출물 생산기술 개발에 적극적으로 투자를 해야 할 것이다.

제 2절 은행잎 제재의 국내시장

1.수요측면

우리 나라에서 국민소득의 증가와 식생활 패턴의 변화로 순환계질병을 가지고 있는 환자가 빠른 속도로 증가되고 있다. 1987부터 1994년도까지 총 진료환자는 62.8%가 증가하였는데 순환계 진료환자는 192.4%가 증가하여 이러한 추세를 쉽게 알 수 있다. 1989년도에 의료보험이 도입된 이후 91년부터 94년까지의 증가율을 보더라도 전체 진료환자는 23%가 증가하는데 그쳤으나 순환기계통의 진료환자는 67%가 증가하였다. 순환기계통질병 진료환자수에 대한 회귀분석 결과는 다음과 같다. 여기서 독립변수 X는 국민총생산 환가지수(GNP deflator)로 환산한 일인당 국민소득을 표시하고, 종속변수 Y는 수진건수를 나타낸다.

$Y = -75202 + 0.61753X$, $R^2=0.9965$, ( )안의 수치는 t-값을 표시함.
(-2.1912) (65.072)

앞으로 소득수준의 향상과 식생활 패턴의 변화로 앞으로도 순환계질병환자의 수는 빠르게 증가할 것으로 기대된다. 우리 나라 순환계질병환자의 증가추세는 의료보험실시 이후 의료보험 대상자중에서 순환계 질환으로 진료를 받은 건수로부터 알 수 있는데 이는 <표 1>과 같다.

<표 1> 순환계질병환자의 수진건수추세

년 도	1978	1980	1990	1992	1994	2000*
수진건수	622,751	215,999	2,713,042	3,810,893	5,338,086	9,224,064

*국민소득예측상의 문제로 선형추세로 예측
자료: 의료보험관리공단, 의료보험 통계연보, 각년호

이러한 추세와 소득변화를 감안할 때 순환기계통의 약재에 대한 수요가 꾸준히 증가될 것으로 보인다. 한편 순환기계통의 질병의 확산과 함께 이러한 질병의 치료에 이용될 수 있는 약품의 개발속도를 보면 86년도에 전체 순환계용약의 종류가 722종이었고, 이중 은행잎제재가 포함되어 있는 약품은 350종이었는데, 1996년에는 전체 순환계용약의 종류가 1,068종으로 증가하였고, 기타 순환계용약의 종류는 627종으로 증가되어 환자수의 증가와 함께 약품의 종류도 증가하고 있음을 알 수 있다. 기타순환계통의 약품 중에서는 특히 청심원류의 약품의 판매는 78.6배 증가하여 기타 순환계 약품의 전체 소비 증가에 큰 영향을 미치고 있다. 현재 국내에서 시판되고 있는 은행잎관련 약제들은 <부표 1>에 나타나 있다.

한편 은행잎제재가 치료제의 성격보다는 보조재의 성격이 강해 병원에서 처방이 되는 사례가 그리 많지 않기 때문에 시장규모 확대의 저해 요인이 되고 있다. 1997년 7월부터 1998년 6월까지의 은행잎제재의 국내 시장을 보면 약국에서의 총 매출액이 181억원, 병원에서의 판매액이 28억으로 전체 시장규모는 209억원대에 이르고 있는데, 새로운 약제들의 개발 등에 의해 은행잎 제재의 시장규모가 크게 확대되는 것은 기대하기 어려울 것으로 예상된다. 최근 3년간의 매출액 추세는 <표 2>와 같다.

<표 2> 은행잎제재 매출액의 최근 동향

	1995.7-1996.6	1996.7-1997.6	1997.6-1998-6	년평균증가율
병원매출액(천원)	1,283,258	1,815,888	2,820,947	39.9%
약국매출액(천원)	16,439,077	15,092,628	18,071,988	9.9%
계(천원)	17,722,335	16,908,516	20,892,934	17.9%

자료: IMS, 1998

위의 자료에서 특이한 사항은 약국에서의 판매보다 병원에서의 판매증가율이 크게 향상되고 있는 것을 알 수 있는데, 이는 의사들의 처방에 의한 소비가 증가되고 있음을 나타내 주고 있다.

2. 공급측면

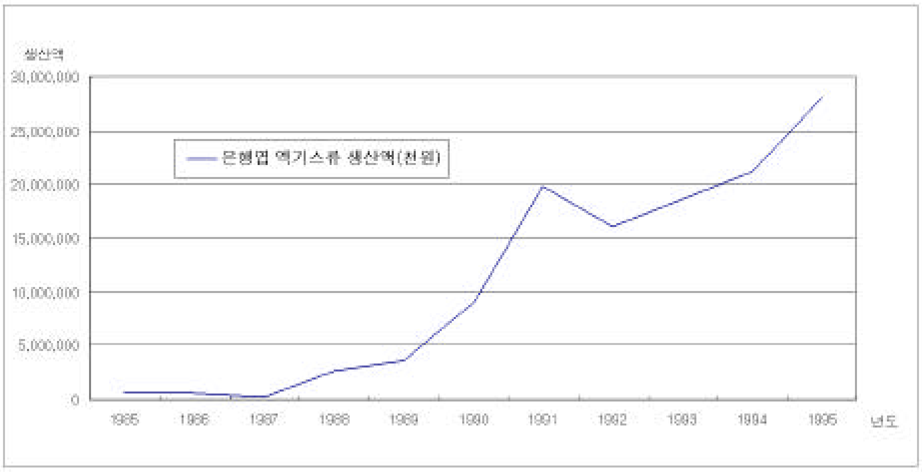
1984년 4월 동방제약이 생산을 시작한 이래 85년도에는 생산량 규모가 6억 7천만 원 정도에 불과하였으나 10년만인 1995년도에는 280억 원대에 이르러 금액기준으로 40.89배 증가되었고, 물가지수를 고려하더라도 10년간 약 24배정도의 증가가 있었다. <표 3>과 <그림 8>에서 은행잎제재의 생산과 가격변화 추세를 알 수 있다.

<표 3> 은행엽 엑기스류의 생산실적 변화

년 도	1985년	1990년	1995년	년평균증가율
생산액(1,000원)	670,561	9,036,067	28,086,826	409%

자료: 제약협회, 1997

<그림 8> 은행잎 엑기스 생산액 변화



이러한 자료들을 종합하여 보면, 국내의 은행잎제재의 생산 능력은 년간 10톤정도 이나 국내에서 판매된 약품의 총량은 약 2.78톤으로 추정되어 수입된 은행잎이 98년도에는 없음을 감안할 때, 총 사용된 은행잎의 양은 약 700톤이었던 것으로 추정된다. 그러나 중국으로부터의 원료를 수입하여 제조한 양을 고려하면 공급과잉 상태에 있음을 알 수 있고, 따라서 은행잎의 해외 판매를 위한 노력이 경주되어야 할 것이다.

한편 최근에는 은행 이외의 재료로부터 순환계질환에 유용한 물질의 추출이 가속화 되고 있고 유사한 약재들의 공급이 증가되고 있으며, 특히 은행잎 추출물과 다른 물질을 복합한 형태의 약제들의 생산이 증가되고 있는 추세이기 때문에 은행잎 추출물의 공급은 크게 증가되지 않을 것으로 전망된다.

제 3 절 은행잎의 세계시장

은행잎의 수요와 공급에 대한 이용 가능한 세계시장의 통계자료가 없기 때문에 생약 관련된 자료를 이용하여 추정할 수밖에 없다. 생약재에 관해서도 이용 가능한 세계시장의 자료는 풍부하지 않지만 IMS와 The Herbal Medical Data Base의 자료에 따르면 1992년도 현재 세계시장규모는 <표 4>와 같다. 대체로 유럽과 아시아권의 시장이 대부분을 차지하고 있다.

<표 4> 지역별 생약시장의 규모

지 역	매 출 액(백만 U.S. $)*	세계시장에서의 비중(%)
EU	6,000	44.8
EU를 제외한 유럽국가	500	3.7
아시아	2,300	17.2
일본	2,100	15.7
북미	1,500	11.2
기타 지역	1,000	7.4
계	13,400	100.0

* 매출액은 소매가 기준.
자료: IMS, 1994와 The Herbal Medical Database, 1993

The Herbal Medical Database의 예상에 따르면, 북미와 아시아권 시장이 년간 12-15%, 유럽시장이 년간 약 8%의 성장을 예상하고 있음을 감안 할 때, 세계시장의 1998년도 규모는 20억 달러 이상이 될 것으로 예상된다. 원래 생약이라는 것이 전통적인 치료법에 의한 약품과 매우 과학적인데 근거를 둔 현재 우리가 사용하는 통상의 약품간의 괴리를 연결시켜 주는 역할을 담당하고 있다. 이러한 연결의 역할이 잘 나타나고 있는 것이 유럽지역에서 나타나고 있는데, 식물을 원료로 한 약품의 비중이 점차 높아 가고 있다. 특히 독일의 경우 80%이상의 의사들이 생약을 진료에 이용하고 있는

것으로 나타나고 있다. 유럽지역의 국가들에 있어 1993년 현재 처방이 없이 구입이 가능한 OTC 생약의 매출을 보면 다음 <표 5>과 같다.

<표 5> 유럽의 국가별 생약 매출액

국 가	년간 소매가 기준매출액(U.S. $)		
	총매출액(백만U.S.$)	비 율	국민 1인당매출액
독 일	3,000	50	37.0
프 랑 스	1,600	26.5	28.0
이 태 리	600	10.0	10.5
영 국	300	5.0	5.0
스 페 인	230	4.0	6.0
네 델 란 드	100	1.5	6.5
벨 기 에	40	1.0	4.0
기 타	130	2.0	4.5
계	6,000	100.0	17.4

자료: IMS, 1994

한편 미국의 1994년 현재 생약제재의 시장규모는 전체적으로 $16억 수준에 있으며, 이러한 생약재는 주로 자연식품을 판매하는 곳이나 우편주문 등에 의해 주로 소비가 이루어지고 있는데 그 시장의 규모가 빠른 속도로 신장되고 있다. 실제로 미국의 경우 자연식품과 유기농산물 시장은 1989년이래 년평균 14%이상의 증가율을 보이고 있고, 특히 94년 이후 최근 3년간은 18.7%의 성장률을 보이고 있다.

<표 6 > 미국의 자연식품과 유기 농산물시장의 추이 (단위:10억$)

구분	1980	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
자연식품	1.90	3.93	4.22	4.64	5.28	6.20	7.55	9.17	11.5
유기농산물	0.178	0.631	1.0	1.25	1.54	1.89	2.31	2.80	3.50

자료: Natural Foods, several issues

이러한 현상은 1994년부터 FDA가 생약제재를 건강보조식품으로 인정한 데 기인하는 것으로 보인다. 한편 유통과정에 있어서도 근년까지는 GNC등 매우 제한적인 범위에서 대규모 유통회사에서 판매가 이루어져 왔으나 점차 Wal-Mart, K-Mart 등의 대규모 소매유통회사들에서도 판매되고 있어 수요의 증가는 계속될 것으로 보인다. 따라서 이러한 미국시장에 진출할 경우 수요는 있다고 보인다. 그러나 미국 내에서 이미 Schwabe와 Ipsen이 시장에 적극 참여하고 있고, 미국 내에서도 추출물의 생산이 되고 있어 적극적인 시장의 공략이 필요하다고 보인다. 향후 미국시장의 크기를 살펴보기 위하여 미국의 자연식품시장에 대한 자료를 이용하여 분석한 결과는 다음과 같다. 우선 선형추세를 살펴보기 위하여 회귀분석을 한 결과 Y = a + bT,(여기서 Y는 총 매출액, T은 시점)을 회귀추정식으로 분석한 결과는 다음과 같다.

$$Y = 2.198571 + 1.184643T,\quad R^2 = 0.932696,\ (\ )\text{안은 } t\text{-값}$$
$$(3.454393)\quad (8.32403)$$

이러한 결과를 토대로 미루어 볼 때, 자연식품의 시장규모가 1999년에는 152억달러에 달할 것으로 추정된다.

한편 은행잎은 미국내의 건강식품을 판매하는 상점에서 가장 판매가 많이 되고 있는 생약재 가운데 5번째를 차지하고 있다. 생약재 시장에서 거래되는 상위 5종의 생약재는 <표 7>과 같다.

<표 7> 미국내 생약재시장 거래 상위 5개 약재

생약재	Echinacea	마 늘	Goldenseal	인 삼	은행잎	합 계
비율(%)	9.9	9.8	7.0	5.9	4.5	36.2

자료: Peggy Brevoort, East Earth Herb Inc., 1995

이에 따르면 1994년 현재 이들 5개 종류의 생약재가 미국 내에서 판매되고 있는 생약재의 1/3이상을 점유하고 있고, 은행잎의 판매도 매우 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 한편 위의 상위 5개 생약재가 시장 판매액에서 차지하는 비중이 37.1%로 추정되어 전체 매출액이 16억 달러이고, 년 평균 20% 이상의 속도로 빠르게 진행되고

있는 생약시장의 증가추세를 감안 할 때, 1998년 현재의 시장규모는 약 33억달러에 달하는 것으로 추정된다. 한편 생약시장에서의 은행잎 비중이 4.5%이므로, 4억 달러의 수준에 달하고 있는 것으로 추정된다. 최근의 건강보조식품에 대한 판매경향이 급증하고 있음을 고려하여 1993년 이후만의 자료들로 추세를 구하면 그 증가는 1997년에 130억달러이 되고, 2000년에는 182억$ 이상이 될 것으로 추정된다. 이러한 추세를 감안할 때, 1995년 현재 추정되고 있는 은행잎으로 제조된 완제품의 매출 1억달러를 기준으로 할 때, 2000년에는 2억달러 수준에 도달할 것으로 추정된다.

한편 세계시장에서 공급측면을 보기 위해서는 전세계 은행자원의 약 70-80%를 점유하고 있으면서, 은행과 관련하여 세계 생산량의 90%를 공급하고 있는 최대의 생산국인 동시에 최대의 수출국인 중국의 생산동향을 살펴 보는 것이 매우 중요하다. 불완전한 통계자료이긴 하지만 대략 白果(은행 열매)의 생산량은 연간 1만톤 내외에 이른다. 생산량 중 江蘇省의 생산량이 연간 4,000톤 이상으로 가장 많아서 전국 총생산량의 1/3 이상이다. 그 다음은 廣西省과 山東省으로 연간 생산량이 약 2,000톤 이상에 이른다. 河南省, 湖北省, 廣東省의 연간 생산량은 약 1,000톤 정도이고, 浙江省, 安徽省 및 貴州省의 연간 생산량은 약 500톤 내외이며 2000년까지는 白果 생산량은 15,000톤을 능가할 것으로 전망되고 있다. 한편 전세계의 수요량은 25,000톤 정도로 추정된다.

최근 들어 은행에서 약용가치가 있는 특수 물질이 발견되면서 은행잎의 생산과 매매가 빠르게 증가되고 있다. 강소성, 산동성, 안휘성, 광서성, 절강성, 사천성, 호북성 등지에서 은행잎을 채취하는 경우가 늘어났고, 그 면적만도 2000ha를 초과하고 있다. 은행잎의 연간 총 생산량은 약 2만톤이상이며, 대부분이 성년수에서 채취하고, 채취후 말려서 처리한다. 일반적으로 1ha에서 마른 은행잎 기준으로 약 4,500-5,000kg이 생산되고 있는 것으로 추정된다. 최근 중국의 강소성, 산동성, 사천성 등지에서 해외로의 원료 수출을 위하여 대규모의 생산이 이루어 지고 있기 때문에 공급이 급증하고 있는 실정임. 특히 세계시장에서 가장 많은 은행잎제재를 생산하는 Schwabe와 Ipsen이 프랑스, 미국, 중국 등지에 대규모 농장을 운영하여 원료의 85% 이상을 자급하고 있는 실정이다. 따라서 추가적인 은행잎을 이용한 약품과 여타의 상품에 대한 수요의 확대가 없는 한 현재의 은행잎 공급능력은 수요를 초과할 것으로 보인다. 1995년 현재 은행잎의 생산실적을 보면 유럽이 2,000ton, 중국이 10,000ton, 기타 3.000ton으로 총

15,000ton이 생산되고 있는 데, 1999년에는 다른 지역의 생산에 변화가 없다고 하더라도, 중국의 생산의 생산이 약 15,000ton 정도의 증가가 예상되어 1999년의 세계시장에서의 은행잎 생산은 25,000ton을 상회할 것으로 보인다.

이러한 내용을 종합하여 볼 때, 은행잎 추출액의 지역별생산과 소비동향을 살펴보면 <표 8>과 같다.

<표 8> 은행잎 추출액의 생산과 소비동향

	1995년		1999년 예상	
	소 비	생 산	소 비	생 산
유 럽	60	60	70	60
북 미	35	-	60	-
중 국	30	80	50	150
기 타	25	5	35	5
계	150	145	215	215

자료: IMS와 기타자료 종합

한편 중국에서는 이미 은행잎의 공급이 수요를 초과하고 있는 것으로 판단되어 신규농장의 개발을 억제하는 지역도 발생하고 있음을 감안할 때 , GBE의 의약품 이외의 활용과 은행잎차등의 이용방법의 변화가 요구된다.

제 4 절 은행나무 조림의 수익성

국내에서 전문적으로 은행잎만을 목적으로 생산하는 농가는 그리 많지 않은 실정이다. 국내의 9개 농장의 운영실태를 분석한 결과 수령이 10년 이상 30년 사이의 나무로부터 주당 평균 0.5-0.6kg 정도의 은행잎을 생산하고 있으며, 판매 단가는 800-850원/kg에 불과한 것으로 나타났다. 은행잎제재의 생산회사들의 구입단가는 건량을 기준으로 kg당 4,000-4,500원이었다. 또한 생산농가들의 은행잎의 생산비는 은행잎 채취기간동안의 노임이 거의 전부이고 요소비료, 종묘구입 등에만 적은 비용이 지출되고 있

는 것으로 나타났다. 한편 부산물로써 은행의 경우에는 ㎏당 가격은 3,000-6,000원에 판매하고 있고, 주당 12-25㎏ 정도의 수확을 얻고 있는 것으로 나타나 경제적으로 수익성이 있는 것으로 나타났다. 우리 나라에서 은행나무의 수집과 이용은 관상수용의 은행나무 재배농가들이 은행잎의 가격이 높아지자 기존에 식재되어 있던 은행나무에서 잎을 채취하여 판매하거나 가로수 등에서 잎을 채취하여 중간상인을 통해 판매하는 형태를 취해 왔기 때문에 은행잎 생산을 목적으로 계획적인 조림을 한 농가는 거의 없는 실정이다. 은행잎을 수출하는 회사와 연결되어 판로가 확보된 생산자들이 계획적으로 조림을 한 농가의 경영성과를 보면 10,000평에 200만주를 심어서 3-5년생의 나무로부터 1997년도에 40톤을 생산하였는데 이러한 생산수준은 평당 평균 4㎏을 생산한 것으로 중국에서의 생산량수준에 약 80%정도에 머무르는 것이다. 이러한 생산량은 토질과 지형에 따라 많은 편차를 보이고 있는데, 척박한 땅의 생산량은 비옥한 땅의 생산량에 비해 70%수준에 머무르고, 경사진 곳에서는 나무의 생장이 매우 늦은 점을 고려할 때, 대규모 조림을 계획할 경우 재배지의 토질과 지형을 고려하여야 할 것이다.

한편 은행잎만을 목적으로 재배하지 않는 농가들은 10년 이상 30년 사이의 나무로부터 주당 평균 500-600g의 잎을 생산하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 농가들의 경우 나무의 크기가 매우 크므로 평당 식재수는 1.5-5주정도에 그치고 있어 은행나무 잎 생산을 위한 계획적인 조림의 성격과는 거리가 있다고 보겠다. 앞으로 우리 나라에서 조림을 통한 잎 생산의 경제성을 분석하기 위해서는 독일, 프랑스, 미국, 중국 등지에서와 같이 잎의 생산만을 위한 농장을 대상으로 하는 분석이 되어야 하 것이다. 국내 농가들의 은행잎의 판매단가는 97년도에 ㎏당 800-850원이었고, 1998년도에는 주된 수출처였던 독일의 제약회사가 수입선을 변경함에 따라 가격이 큰 폭으로 하락하여 ㎏당 650원선에 판매되고 있다. 이러한 현상은 앞으로 은행잎의 생산이 판로의 개척이 없을 경우 경제성을 낮추는 요인이 될 수 있음을 나타내 주는 것이다.

또한 은행나무가 多肥性을 가진 나무로 비료의 투입여부에 따라 생산량에 많은 차이를 보이고 있어 특별한 생산비의 지출이 없다하여도 비료의 투입에 따른 생산량이 문제가 될 수 있음을 알 수 있다. 현재 농가들이 문제점으로 지적하고 있는 것은 판로의 문제와 낮은 가격의 문제가 가장 중요한 문제가 되고 있다.

은행잎 생산을 목적으로 하는 조림지에서의 경제성을 살펴 보기 위하여 중국에서 운영되고 있는 독일의 Schwabe사의 농장의 경우를 조사한 결과 200평을 기준으로 식재

후 1년 후에는 200kg, 2년 후에는 500kg, 3년 후에는 800kg, 4년후에는 1,000kg, 5년 후부터는 1,500kg이 생산되고 있다. <표 9>는 우리 나라와 중국의 대단위 농장의 생산성에 대한 비교이다.

<표 9> 우리 나라와 중국의 은행잎 생산성비교

구 분	우리 나라 농장(A)	독일 Schwabe의 중국농장(B)	B/A
생산량(kg)	800	1,100	1.375
판매가격*	650원/kg	2.50Yuan/kg (=400원)	0.62
비료투입량	질소비료 5포(100kg)	질소비료 70kg과 은행비료 2kg	-

비고: 수령 3-5년생기준, 재배면적 200평 기준
*1Yuan은 160원으로 계산

위의 표에서 알 수 있는 것은 우리 나라의 경우 단위 면적당 생산량은 적으면서 판매가격은 상대적으로 높은 것을 알 수 있는데 이러한 현상으로 은행잎 추출물 세계 시장의 시장점유율이 90%이상인 Schwabe-Ipsen사가 중국으로 수입선을 바꾸는 중요한 요인이 되고 있다.

현재 은행잎을 생산하는 농가들이 일반 작물을 재배하던 밭에서 생산을 하고 있고, 산지에서의 재배가 효과적이지 않음을 감안하여 전라북도의 밭작물 재배지에서 생산되는 작목들의 300평당의 수입을 비교하여 보면, 목재의 용도와 관계없는 대추의 경우보다 경제성이 적은 것으로 나타났으며, 밭작물 가운데 수익성이 낮은 콩보다는 수익성이 높은 것으로 나타났다. 물론 과·채류의 경우에는 수익성이 매우 높지만 노동력의 사용이 과다하거나 시장의 불안정성 등에 따른 부담이 있음을 무시할 수 없다. 즉 은행잎의 생산의 경우에는 그 가격의 변동폭이 다른 밭작물의 경우와 다르고, 생산에 따르는 경영비가 비료대와 수확을 위한 인건비 외에는 거의 들지 않는 점, 등을 고려할 때 농가에서 가용한 노동력의 부족하거나 토질이 좋지 못한 곳에서는 수익성이 있는 대체작목이라 사료된다.

<표 10>은행잎과 여타작목과의 수익성비교(전북지역 300평기준)

(단위 : 천원)

	대 추	논 벼	콩	은 행 잎*
조 수 입	980	928	349	780
경 영 비	271	458	103	220
순 수 입	709	470	246	560

주) 농수축산물 표준소득에 의한 비교임.
* 평당 생산량은 4kg, 판매가격을 650원/kg으로 하였을 경우

현재 조사된 결과들을 토대로 우수개체의 선발과 적정시비를 할 경우에는 유용한 물질의 추출효율을 약 15-20%정도는 더 올릴 수 있을 것으로 예상된다.

제 5 절 부산물의 이용

우리 나라의 경우 은행잎을 중점으로 채취할 목적으로 은행나무를 식재하지 않고 은행열매의 이용과 조경수용도로의 이용에 중점을 두고 식재를 해왔기 때문에 은행잎이 오히려 부산물로 생산되고 있다. 한편 또다른 부산물로써 식용이나 한약재로 이용되는 은행 열매가 있는데, 이러한 은행의 생산은 나무의 수령이 높을수록 커지게 된다. 우리 나라 표본농가의 은행생산은 수령에 따라 생산량의 편차가 커서 주당 12-25kg이 생산되고, 판매단가는 상품의 질에 따라 kg당 3000-6,000원에 판매되고 있다.

중국의 경우 은행을 생산하기 위해 별도의 품종을 은행잎 재배 농장과 별도로 조성된 농장에서 주로 생산하고 있고, 은행잎을 생산하는 농가에서는 다른 작물을 재배하는 밭의 중간 중간에 있는 공간을 이용하여 은행잎 재배를 하고 있으나 그 생산량은 전문농장에 비해 매우 미미한 정도에 그치고 있다. 중국의 은행생산을 전문으로 하는 농장의 생산실적을 보면 5년생의 나무에서 주당 20kg의 은행을 생산하고 있는데, 200평당 41-42주를 심고 있으므로, 대략 200평당 830kg의 은행을 생산할 수 있게 되고, 판매가격은 약 2.3Yuan/kg으로 은행잎의 생산보다는 비경제적이라고 할 수 있다.

은행나무의 재질이 가구재, 칠기목기, 바둑판, 등에 사용하기에 적합한 것으로 나타났는데, 현재는 수십년 이상의 은행나무로 가공을 하고 있으나 이러한 은행나무들이

대부분 소유주가 불분명한 마을의 중심에 있거나 개인 소유의 것들이라도 산발적으로 흩어져 있는 것들을 이용하고 있으므로 이에 대한 수익성의 계측은 어렵다. 다만 은행나무가 가구재의 부재로 사용되기에 적합한 성질들을 가지고 있고, 특히 현재 가구재로 수입되어 사용되고 있는 수입활엽수를 대체할 수 있다고 볼 수 있다. 평지에서 자라고 있는 은행나무들을 대상으로 하여 생장에 대한 회귀분석을 한 결과 은행나무가 대체적으로 소나무와 비슷한 성장률을 보이고 있다.

log Y = -0.8595 + 1.6296 logX, R^2=0.9974이고 ()안은 t-값임.

(-7.7246) (19.5353)

위의 회귀식에서 Y는 흉고직경, X는 수령을 각각 나타내고 있다. 한편 은행나무의 재배가 산지에서는 생장속도가 약 3-%정도 느린 것으로 나타나기 때문에 산지에서의 대규모 조림은 경제성이 적을 것으로 사료된다.

한편 전남 진안군에서 가로수용으로 식재된 3개 농장의 13년생 65,052주의 은행나무를 대상으로 조사된 결과에 의하면 같은 지역에 식재되어 있는 데도 불구하고 흉고직경이 작은 것은 4㎝ 미만의 것부터 10㎝ 이상의 것에 이르기 까지 편차가 매우 크게 나타나 토양의 영양상태에 따라 성장에 매우 영향을 주고 있는 것으로 나타났다. 주어진 표본을 가장 잘 설명하는 분포함수의 형태를 Risk라는 프로그램으로 찾아본 결과 최저 -1, 최고 10이고 분포의 중심이 5㎝에서 나타나는 삼각형(triangular)분포에 가장 근접하여 흉고직경의 평균은 5.3㎝이고 분산은 3.4㎠로 나타났다. 한편 전남의 야산에 조림된 경우를 보면 22년된 나무들의 흉고직경이 7.5 - 16㎝로 나타나고 있는데 이렇게 성장속도가 느린 것은 밀식재배에 기인하는 것으로 나타났다.

제 6절 결론

우리 나라는 은행자원의 이용측면에서 볼 때 도시녹화와 과학적 관리라는 측면에서는 일본에 비해 뒤떨어져 있고, 약물의 가공과 현대화라는 측면에서는 프랑스와 독일에 비해 열세한 위치를 점하고 있다. 또한 은행잎 생산을 위한 집약적 경영과 기계화의 측면에서는 중국이나 구미 수준에 미치지 못하고 있다. 특히 최근에 중국에서의 은행잎의 집약적인 생산과 이용을 고려하면 은행자원의 효율적인 생산과 이용을 위한

다각적인 연구가 시급하다고 할 수 있다. 중국에서의 은행산업의 발달은 주로 은행 苗木의 확보, 가공공장 건립 등에 중점을 두고 있고, 첨단과학기술을 이용한 가공공장이나 제약공장 등과는 거리가 멀기 때문에 우리가 상대적으로 유리한 기술부문에의 투자가 고려될 수 있을 것이다. 그러나 문제는 세계시장의 80%를 차지하고 있는 유럽의 제약회사들과의 경쟁이 가능한가 하는 것과 생산을 하더라도 판매할 수 있는 영업력이 따를 수 있는 지가 매우 의문시되고 있다.

우리 나라의 경제적 상황을 고려할 때 은행개발을 적극적으로 추진할 경우 다음과 같은 방침이 제시되어야 할 것으로 보인다. 즉 우선 시장지향적인 개발이 되어야 하고 다음엔 기술집약적 개발이 되어야 한다. 풍부한 자원을 적절히 이용하고, 규모의 경제를 실현해야 하며, 상품개발의 계열화를 추진하며, 품질의 표준화도 이루어야 한다. 이와 관련하여 다음과 같은 제안을 할 수 있을 것이다.

첫째로, 은행자원의 개발을 적극적으로 하되 자원개발의 목적을 분명히 해야 한다. 즉 고투입과 첨단기술, 규모의 경제와 집약경영을 달성해야 한다. 각 지역의 환경에 맞는 개발을 해야 하고 適地適樹의 원칙을 지켜야 한다. 맹목적인 개발을 추진한 나머지 저수량, 고비용 구조가 되어서는 안 된다. 또한 은행의 재배목적도 여러 가지가 있을 수 있다. 만약 우량의 은행열매를 생산하는 것이 목적이라면 당연히 열매가 크고 결실이 빠르며 산출량이 많으면서도 품질이 좋은 열매를 생산하도록 재배해야 한다. 만약 공원, 가로수 등 식재용이거나 방호림용 등으로 녹화나 환경미화와 관련이 있다면 당연히 성장속도가 빠르고 모양이 아름다운 나무를 재배해야 될 것이다. 만약 은행잎의 채취가 목적이라면 잎이 크고 두꺼우며 액즙이 많아서 약효의 성분이 뛰어나야 한다. 최근에는 용도에 맞게 식재하는 경우를 많이 보게된다. 우리나라 남산지역의 은행나무로부터 분석된 결과에 따르면 GFL 함량 1.8%와 TL 함량 2.4%의 우량은행이 존재하고 있어 중국에서의 우량은행으로 보고된 GFL 함량 1.5%와 TL 함량 0.5%보다 우월한 것으로 나타나 우량개체의 확보를 통한 추출물의 효율적 생산을 시도하여야 할 것이다. 특히 어린 묘목의 경우 GFL과 TL 함량이 각각 17%, 6%가 넘는 것이 있음을 볼 때 우량개체의 선발과 증식에 의해서 적은 양의 은행잎으로도 많은 양의 추출물을 생산할 수 있는 방안이 강구될 수 있음을 시사해 주고 있다. 그러나 지금 현재 은행잎의 거래가 사실상 유용물질의 함량에 따라 차별화 되는 것이 아니라 무게에 의해 거래되고 있으므로 이러한 거래관행의 변경이 있을 때에만 경제적인 이익이 확보될 수 있을

것이다. 또한 각 표본에서의 분석결과에 대한 편차가 비교적 크게 나타나고 있다는 것에도 유의해야 할 것이다. 특히 GFG와 TL간의 상관관계가 높게 나타나 두 물질의 함량을 동시에 높이는 것은 방법의 개발이 필요하다고 보겠다.

둘째로, 앞으로 은행나무의 식재는 종합개발형이 되어야 한다. 즉 토지의 생산 잠재력을 충분히 고려해야 하고, 생태농업적 관점도 고려하여 장단기 입체경영형태를 취해야 한다. 예를 들면 전남 보성에서 시행되고 있는 방법으로 기존의 은행나무를 이식하면서 은행과 콩과 같은 식량작물과 채소 등을 동시에 재배하는 간작방법과 같은 것이 권장할 만하다고 보겠다. 또한 단지를 형성하여 대규모 경영과 소규모 경영도 잘 결합되어야 하고, 각 지방의 조건에 맞는 형태를 취해야 한다. 이러한 사업을 위해서는 대규모의 인공 수로, 도로 등이 계획적으로 건설되어야 한다. 또 농지의 주변이나 도로변 등에 식재할 수 있는지, 공장이나 학교 등지의 주변에 환경녹화용으로 식재할 수 있는지에 따라서 수익성도 달라질 것이므로 여러가지 형태를 고려해야 한다.

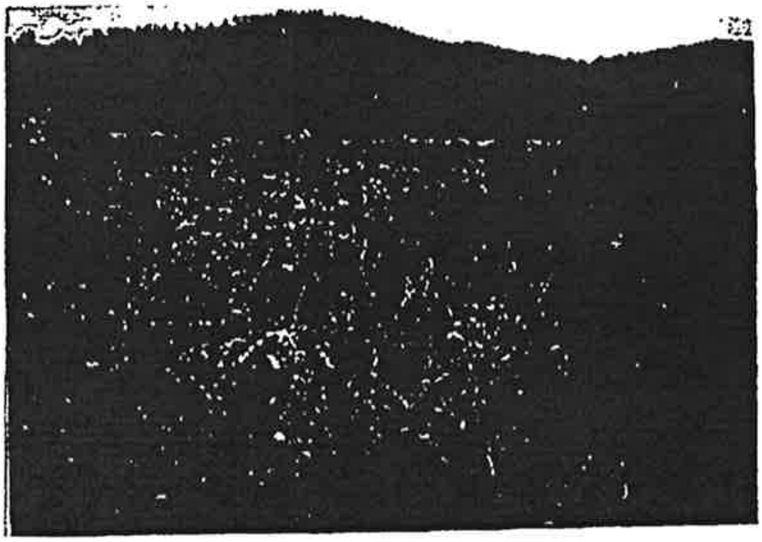
셋째로, 은행잎 추출물(GBE)의 국제적 품질기준은 GFL 함량 24%, TL 함량 6%가 가장 기본적인 요구수준이다. 최근 추출물 생산회사들은 이미 더욱 고품질 표준을 요구하고 있으므로 이러한 요구에 부응할 수 있는 경우 시장의 확보가 가능할 것으로 보인다. 이러한 고품질의 원재료의 확보뿐만 아니라, 추출물의 품질을 높이고 국내외 시장에서 판매량을 늘리기 위해서는 생산공정에 대한 연구와 검사를 철저히 수행해야 할 것이다. 은행잎의 유용물질의 함량이 품종, 산지, 재배기술, 채취시기, 건조방법 등이 모두 영향을 받으므로 이들을 고려한 종합적인 생산관리가 필요할 것이다. 또한 각 지역에 맞는 재배방법 개발, 첨단기술의 적용, 시장지향적 경영, 생산·소비·무역의 일체화, 유명 브랜드의 창조, 국내외 시장의 개척 등을 통해 농가의 소득증대에 기여할 수 있을 것이다.

넷째로, 은행 열매는 우리 나라 사람들이 즐겨 먹는 건과일의 하나일 뿐만 아니라 고래로부터 내려오는 전통 의약서에 등재된 약용재이다. 백과는 의약품일 뿐만 아니라 보건식품으로 인정되고 있고, 전세계에서 은행을 약용으로 이용하는 인구가 점점 증가하고 있다. 은행 열매는 독특한 맛이 있을 뿐만 아니라 영양분도 풍부하여 영양식품으로서의 특징을 모두 갖추고 있다. 특히 장기적·반복적으로 복용할 때 그 효과가 더욱 좋은 것으로 나타났다. 아직도 우리 나라는 은행의 소비와 관련하여 엄청난 잠재력을 가지고 있는 국가이다. 65세 이상의 노인인구가 증가하고, 소득의 증가와 생활수준의

개선에 따른 건강에 대한 중요성제고 등을 고려한다면 식품으로서 은행의 기능을 특히 강조할 필요가 있고, 은행이 보건식품으로서 어떠한 기능을 하는지에 대한 충분한 연구개발이 필요할 것이다. 이때 부산물로써의 은행열매의 생산이 아닌 주산물로써의 열매 생산의 관점에서 생산을 유도하여야 할 것이다. 은행은 결실기간이 매우 긴데, 우리나라에서 자라고 있는 은행나무는 조방적 관리 때문에 암수간 균형이 맞지않고 그래서 授粉불량으로 생산성이 떨어진다. 따라서 비배관리, 토양관리, 인공수분, 첨단기술의 보급 등을 체계적으로 수립하므로써 생산성과 질이 모두 높여야 할 것이다. 특히 묘목을 개발할 때는 조기결실이 가능한 묘목의 개발에 힘을 기울여야 하고, 또 각종 의약적 성분함량이 높은 묘목을 개발하여 보급할 때 농민들의 수익도 높아질 것이다.

끝으로, 현재 은행잎을 재배하는 농가들의 가장 큰 애로점은 판로의 개척이다. 98년도의 경우 주요 수출 대상국이었던 독일에서의 수입이 중단되자 가격의 하락은 물론 일부 농가들은 수확을 포기하는 사태도 벌어지고 있다. 아무리 고품질의 생산물이 효율적으로 생산된다고 하더라도 생산물의 판로의 개척이 없이는 수익을 얻을 수 없는데 은행잎 추출물과 관련하여서는 시장의 크기도 크고, 성장속도도 매우 클 것으로 예상되는 북미지역의 시장개척이 필수적이라고 할 수 있다.

<사진 1> 전남 광주의 은행 농장 1.



<사진 2> 전남 광주의 은행 농장 2.

회사	제품명	규격	생산량	생산금액	비율 (%)
고려제약	진코멕신정	100T	7,775	261,705	1.05
		300T	1,789	177,111	0.71
	진코멕신연질캅셀	120C	11,915	458,727	1.85
광동제약	은록천액100㎖ (은행엽엑스)	100㎖	375,420	289,073	1.16
대웅제약	타나칸정	500T	187	27,744	0.11
	타나칸연질캅셀	120C	6,751	259,913	1.05
		60C	504	10,589	0.04
동아제약	깅프라정 (은행엽엑스)	240T	7,439	109,651	0.44
	깅프라액 (은행엽엑스)	100㎖	115,200	27,372	0.11
동화제약	은행엽엑스정	300T	3,235	294,385	1.19
명인제약	은행엽엑스정40㎎	500T	60	8,034	0.03
삼진제약	파누스정	100T	19,474	479,383	1.93
		300T	7,303	531,657	2.14
		500T	1,441	179,836	0.72
선경제약	기넥신에프정	100T	46,131	1,582,293	6.37
		180T	11,989	635,417	2.56
		300T	21,978	2,175,822	8.77
	기넥신에프연질캅셀	100C	185,101	6,515,555	26.25
		300C	500	35,000	0.14
유유산업	타나민정	10T(일반sample)	12,313	0	0.00
		150T	7,538	373,130	1.50
		500T	9,539	1,415,205	5.70
		90T	5,682	175,005	0.71
유한양행	맥크린정	10T(일반sample)	2,000	0	0.00
		100T	55,533	1,649,330	6.64
		180T	7,494	296,762	1.20
일양약품	써클맥스정40㎎ (은행엽엑스)	100T	12,664	409,554	1.65
일화	진고그린	100T	3,752	115,562	0.47
		200T	1,259	74,910	0.30
		300T	846	74,025	0.30
조선무약	솔표깅코신정 (은행엽엑스)	100T	5,859	190,710	0.77
	솔표깅코신연질캅셀(은행엽엑스)	100C	4,568	155,084	0.62
종근당	은액손연질캅셀	120C	22,647	896,843	3.61
		300C	24,406	2,416,194	9.73
진양제약	에바민정 (은행엽엑스)	1000T	540	158,769	0.64
		180T	2,587	163,128	0.66
코오롱제약	플라본정	1000T	2,522	680,309	2.74
		120T	12,035	409,190	1.65
태극약품	긴코센정	100T	4,779	118,041	0.48
		500T	488	58,072	0.23
한미약품	은행엽엑스정40㎎	120T	28,290	933,570	3.76
18사	23종			24,822,660	99.98

참고문헌

무역협회, 무역통계연보, 각년도

산림청, 임업통계연보, 각년도

의료보험연합회, 의료보험통계연보, 각년도

제약협회, 약사연감, 각년도

한국은행, 경제통계연보, 각년도

American Botanical Council, Herbal Gram, Austin, Texas, several issues Herb Research Foundation, Herb Information Packet Series, Boulder, Colorado, 1997

New Hope Communcation, The Medical Herb Market; An Analysis of Sales, Trends, and Research, Boulder, Colorado, 1995

Peggy Bravoort, Company Report, East Herb Inc., Berlin, Germany, several issues The Herbal Medical Database, Who‘s Who in the World Herbal Medical Industry, London, 1993.