최 종
연구보고서

아까시나무의 개화기 예측 및 장화기 ·다밀성 우량개체 선발과 증식

Prediction of Flowering Period, and Selection and Rapid Propagation of Individuals with Extended Flowering Period and High-Yielding Nectars of *Robina pseudoacacia*

다화수 ·장화기 개체 선발과 개화 생리 구명

Selection of Trees with Abundant and Late Flowering Characters and Examination of Flowering Physiology

개화기 예측 및 우량화밀 개체의 선발

Prediction of a Flowering Period and Selection of Trees with High Nectar Production

조직배양에 의한 대량증식법 개발

Mass Propagation of Selected Trees *in vitro* with Tissue Culture Techniques

연구기관

서울대학교 농업생명과학대학

농 림 부

편집순서 2

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "현장애로 기술에 관한 연구" 과제 (세부과제 "아까시나무의 개화기 예측 및 장화기 ·다밀성 우량개체 선발과 증식")의 최종보고서로 제출합니다.

1999 . 11 . 30 .

주관연구기관명 : **서울대학교 농업생명과학대학**

총괄연구책임자 : **이 경 준**

협동연구기관명 : **산림청 임업연구원**

협동연구책임자 : **손 성 호**

협동연구기관명 : **한국양봉협회**

협동연구책임자 : **손 재 형**

편집순서 3

요 약 문

I. 제 목

아까시나무의 개화기 예측 및 장화기 ·다밀성 우량개체 선발과 증식

◆ 총괄 연구기관 및 책임자 : 서울대학교 농업생명과학대학
산림자원학과 교수 이경준

연구기간 : 1996년 11월 1일-1999년 10월 31일(3년간)

연구보고서 작성일자 : 1999년 11월 1일

II. 연구개발의 목적 및 중요성

아까시나무는 1900년대 초기에 미국으로부터 도입되어, 일제시대에 사방사업과 농촌의 연료림 조성을 주목적으로 하여 식재되었다. 그 이후 8.15 해방과 6.25 전쟁의 혼돈기에 한국의 산림은 극도로 황폐했으며, 1960년대 이후 적극적인 산림녹화사업을 실시하면서 아까시나무를 집중적으로 조림하였으며 황폐지 복구에 크게 기여하였다. 1982년도 UN 산하기구인 FAO의 공식보고서에서 한국은 2차대전 이후 녹화조림에 성공한 유일한 개발도상국가라고 칭찬하였으며, 아까시나무를 일등공신으로 천거하였다. 1996년 현재 전국에 약 13만 ha의 아까시나무림이 분포하고 있어서, 소나무와 참나무림 다음으로 가장 많은 면적을 점유하고 있는 중요한 수종이며, 목재 또한 참나무에 버금가는 장점을 가지고 있어서 쓸모가 많다.

아까시나무는 사방사업과 연료림 목적으로 식재되었으나, 실제로는 우리 나라에서 가장 중요한 밀원식물이다. 1998년 현재 우리 나라의 전국 꿀 생산량은 약 8,000톤이며 그 중에서 약 70%에 해당하는 6,000여 톤이 아까시아 꿀이다. 이는 년간 약 600

억원에 해당하여, 농가소득에서 송이버섯보다도 더 중요한 산촌소득원이다. 아까시아 꿀은 꿀 중에서도 향기가 가장 좋고 색깔이 맑으며 잡꿀이 섞이지 않은 순수한 꿀을 채집할 수 있어서 꿀 중에서 가장 품질이 우수하고 경제성이 있는 꿀이다.

아까시아 채밀의 문제점은 개화기가 짧다는 것이다. 한 지역에서 채밀기간은 1주일 정도밖에 안되어서 지속적인 채밀이 안되며 부득이 이동양봉을 할 수밖에 없다. 양봉가들은 화기가 빠른 남쪽에서부터 화기가 늦은 북쪽으로 이동하면서 벌꿀을 약 1개월 가량 채밀하고 있다. 따라서 장비를 이동하는데 여러 가지 애로사항이 많으며, 한 장소에 일주일밖에 머물 수 없다. 또한 개화기를 예측할 수 없어서 봄철에 사전 답사하는 번거로운 과정을 거치고 있다.

본 연구의 목적은 위와 같은 애로사항을 해결하기 위하여 아까시나무의 개화기를 예측할 수 있는 모델을 개발하고, 꽃이 오랫동안 피는 장화기 개체와 꿀 생산량이 많은 다밀성 개체를 선발하여 증식보급하는 기술을 개발하는데 두었다.

위의 연구를 성공적으로 수행하면, 아까시나무의 개화기를 예측함으로써 채밀지역을 사전 답사하는 경비를 절감하고, 장화기 개체와 다밀성 개체를 선발하여 증식보급함으로써, 한 장소에서 채밀기간을 연장하고 주어진 기간에 더 많은 꿀을 채집할 수 있게 된다. 이러한 결과는 양봉가의 사업성을 향상시키고, 한국 양봉업의 국제 경쟁력을 높이는데 크게 기여할 수 있게 된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

제 1 세부과제 : 다화수 장화기 개체선발과 개화생리 구명

1. 단위면적당 화밀량 추정방법 개발 - ha당 화밀량을 정확히 파악하기 위하여 꽃당, 화서당, 가지당, 개체당, 조사플롯당, ha당 화밀량을 체계적으로 추정하는 방법을 개발하였다.

2. 화아원기 형성시기와 화아발달과정 구명 - 개화예측모델을 개발하기 위해서는 전년도에 화아의 원기가 형성되는 시기를 파악해서 그 당시의 기상조건을 고려하여야 하며, 이듬해 봄철 화아가 발달되는 과정을 시기별로 파악하여, 기상상태와 개화일과의 관계를 바탕으로 개화기 예측을 하게 된다.

3. 다화수 장화기 개체 선발 - 전국의 15개 지역 아까시림에서 다화수 장화기 개체를 선발하고, 근삽을 통해서 증식하여 보존포를 조성하였으며, 향후 개화특성을 일반 아까시나무와 비교할 계획이다.

4. 외국의 다화수 장화기 품종 도입 - 헝가리와 중국에서 이미 육종된 다화수 장화기 품종을 도입하였으며, 국내 선발개체와 비교하고, 향후 한국에서의 적응 가능성과 우수성을 검증할 계획이다.

5. 우수 품종 보존원 조성 - 제 1 세부과제에서 선발한 국내의 다화수 장화기 개체와 외국에서 도입한 우수품종과 제 2 세부과제에서 선발한 우량화밀개체의 유전적 특성을 산지시험을 통하여 검증하고, 품종을 보존하기 위하여 품종보존원을 조성하였다.

6. 아까시나무집단의 유전변이 분석 - 국내에 분포하는 아까시나무림의 유전적 다양성을 구명하고, 외국산과 비교하기 위하여, I-SSR primer를 이용한 PCR을 통하여 국내산 10개 산지, 헝가리산 4개 산지 중국산 1개 산지 간의 DNA 수준에서의 유전적 다양성과 변이를 조사하였다.

제 2 세부과제 : 아까시나무의 개화기 예측과 우량화밀개체선발

1. 우량화밀개체 선발 - 전국의 아까시림 중에서 20개 지역을 선정하여, 제 1 세부과제에서 다화수 장화기 특성으로 선발된 개체를 대상으로 하여, 꽃당 화밀량과 화서

수를 측정하였다. 또한 화밀의 구성성분을 파악하기 위하여 HPLC로 탄수화물과 수분함량을 분석하였다.

2. 개화기 예측모델 개발 - 아까시나무의 개화기를 예측하기 위하여 , 기상자료를 이용하여 날씨의 변화에 따른 개화기 예측모델을 개발하였다. 사용된 자료는 1월 1일부터 개화시작일까지의 기상자료인데, 독립변수로 1, 2, 3월의 평균기온, 월별 적산온도, 월별 5℃ 이상의 적산온도를 사용하였으며, 그 밖에 위도와 해발고 자료도 사용하였다.

3. 우량선발 개체간의 형태적 특성 비교 - 국내선발 개체, 헝가리 도입 우수품종, 그리고 중국산 품종 간에 형태적 변이가 존재하는지를 확인하기 위하여, 품종 보존원과 묘포장에서 산지별로 잎, 가시, 수피, 어린가지 등의 형태적 특성을 조사하고, 다화수, 장화기, 다밀성 특성과늬 관계를 분석하였다.

제 3 세부과제 : 조직배양에 의한 아까시나무의 대량증식법 개발

1. 실생유묘와 성숙목을 이용한 초대배양 - 무균배양체를 생산하기 위하여, 비교적 초기 배양이 용이한 실생유묘를 출발점으로 하여, 시료를 확보하고 차후 성숙목의 경우에는 제 2 세부과제에서 선발된 우량개체를 재료로 하여 삽목과 접목으로 유령화 시킨 후 초대배양을 시작하였다.

2. 적정배지와 적정 호르몬 농도 구명 - 아까시나무의 성숙목의 기내 줄기의 발육과 줄기분화에 효과적인 배지를 선정하기 위하여 MS, WPM, DKW 등의 배지를 원액 혹은 희석하여 사용하였다. 적정식물호르몬 농도를 구명하기 위하여 옥신 중에서 NAA와 IBA를 사용하고 싸이토키닌 중에서 kinetin, zeatin 등을 사용하였다.

3. 발근유도 및 식물체 순화 - 줄기에서 발근을 유도하기 위하여 GD 기본 배지에 IBA

를 농도별로 처리하여 발근에 적절한 조건을 구명하였다. 시험관 내에서 발근된 식물체의 시험관 밖 순화를 위하여 perlite, peatmoss, vermiculite를 이용한 배양토에서 단계적 순화과정을 거쳐서, 조림지에 식재할 수 있는 적정조건을 구명하였다.

Ⅳ. 연구결과 및 활용에 대한 건의

● 제 1 세부과제 : 다화수 장화기 개체 선발과 개화생리 구명

1. 단위면적당 화밀량 측정방법개발 - ha당 화밀량을 추정하기 위하여 경기도의 4개 지역(여주, 양평, 포천, 파주)에서 30×30m plot를 지역당 3개씩 설치하고, 각 plot 내에서 아까시나무의 수고, 흉고직경, 임목밀도, 개체당 화서수, 화서당 꽃수, 꽃당 화밀량을 체계적으로 조사하였다. 1998년도 경기도 지역의 평균 꽃당 화밀량은 3.01±0.14㎕이었다. 이 수치는 1994년도 전국 평균치인 2.8㎕와 유사하지만, 1996년의 3.6㎕보다 적은 수치이었다. 이러한 결과는 꽃당 화밀량은 기상상태에 따라서 매년 변이가 있음을 보여주고 있다. 개체당 화밀량은 파주지역이 1,691㎖로써 가장 많았으며, 양평이 151㎖로써 가장 적었다. ha당 예상 화밀량은 경기도 평균이 242 ℓ이었으며, 파주지역(평균수고 13.3m, 평균 DBH 18.1cm)이 532 ℓ로 가장 많았다.

2. 화아원기 형성시기와 화아발달 과정구명 - 아까시나무의 화아원기는 6월 20일 경에 처음 발생하는 것으로 조사되었다. 화아원기는 항상 미세한 털로 둘러싸인 보호조직 내에서 발견되었다. 10월 15일과 다음해 2월 15일의 겨울눈을 비교할 때 별로 진전사항이 없었으며, 4월 7일의 시료에서도 감수분열을 하고 있다는 증거를 찾을 수 없었다. 따라서 아까시나무의 경우 개화전년도 6월의 기상상태가 익년의 총 개화량에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

3. 다화수 장화기 개체 선발 - 전국 15개 지역에서 우수개체를 선발하였는데, 다화수

의 지표가 되는 화서당 꽃수는 전국 평균이 25.8이었으며, 이 중에서 원주집단이 28.5로써 가장 우수하였다. 개체당 꽃수가 가장 많은 지역은 천안으로써 약 33만개의 꽃을 달고 있었다. 합천지역은 화서당 꽃수와 단일 개체당 꽃수가 전국에서 가장 우수하였으며, 선발목의 1년생 삽목묘에서 수간이 통직하고 가장 빠른 생장을 보여서 전국에서 가장 우수한 집단이었다. 원주와 천안 지역은 만기 개화개체가 발견되어 장화기 우수개체로 지정하였다.

4. 외국의 다화수 장화기 품종도입 - 헝가리에서 4품종과 중국에서 1품종을 도입하였다. 헝가리산 중에서 Debreceni 품종은 만기개화품종이며 꽃당 화밀생산량이 4㎕ 이상으로서 헝가리에서 가장 유망한 장화기 품종이다. 또한 꽃잎의 색이 핑크색으로써 관상수로서의 가치도 함께 있는 품종으로서, 헝가리산 중에서 가장 우수한 품종이다. 1년생 파종묘에서 그 우수성을 확인할 수 있었다.

5. 품종보존원 조성 - 국내에서 선발했거나 외국에서 도입한 우수한 개체를 보존하고, 산지시험을 통하여 유전적 특성을 검증하기 위하여 경기도 수원시 서울 농생대 소속 칠보산 연습림에 1999년 봄에 1ha의 품종보존원을 조성하였으며, 2000년 봄에 추가로 2ha의 보존원을 조성할 계획이다. 1999년도에는 총 2,340본을 식재하였으며, 국내 10개 산지, 헝가리산 4개 산지, 중국산 1개 산지 등 총 15개 산지에서 총 61개 클론의 아까시나무를 식재하였다.

6. 아까시나무 집단의 유전변이 분석 - I-SSR primer를 사용한 PCR로 DNA 수준에서 유전적 다양성을 분석하였는데, 국내산 아까시나무집단은 집단간에 유전적 거리(pairwise Manhattan distance)가 0.02 가량으로 가까워서 집단간 변이보다는 집단내 개체간 변이가 더 큰 것으로 나타났다. 헝가리산, 중국산, 국내산 간에도 유전적 변이가 극히 적게 나타났다. 이것은 미국의 원산지에서 관찰되는 다양한 변이에 비하면 아주 미약한 변이라고 판단된다.

● 제 2 세부과제 : 아까시나무의 개화기 예측과 우량화밀 개체선발

1. 우량화밀 개체선발 - 3년간 전국에서 총 20개소를 대상으로 우량화밀 개체를 조사하였다. 꿀의 수분함량은 평균 49.3%를 나타냈으며 채밀 당시의 강우여부에 의해서 증가하였다. 화밀 중 탄수화물의 성분은 지역간에 큰 차이를 보이지 않았으나 sucrose가 평균 38.2%, glucose가 2.76%, fructose가 4.54%로써 위의 세 가지 당이 주성분이었다. 전국 20개소의 조사대상지 중에서 꽃당 화밀량이 가장 많은 지역은 강화군 양도면 건평리의 아까시나무림이었는데, 꽃당 화밀량이 평균 6.45㎕로서 전국 평균치인 3.01㎕보다 2배 가량 높았다. 이러한 결과는 97년부터 99년까지 3년간에 걸친 반복적인 측정으로 확인되었다. 강화지역의 아까시림은 향후 “다밀성품종”으로 등록할만큼 우수한 집단이라고 판단되며, 우수품종보존포에서 산지시험을 통하여 우수성을 검증할 계획이다. 군산지역의 아까시림은 향기가 뛰어나서 향후 아까시아향의 추출용으로 개발할 필요가 있다.

2. 개화기 예측모델 개발 - 기상자료를 이용한 아까시나무 개화기를 예측할 수 있는 모델을 개발하기 위하여 1월부터 3월까지 월평균기온, 월별적산온도, 월별 5℃ 이상의 적산온도, 위도, 해발고를 독립변수로 사용하였다. 분석결과 개화개시일은 1월의 적산온도, 1-2월의 적산온도, 1-3월의 적산온도, 1-3월까지의 5℃ 이상의 적산온도와 부의 상관을 보여서 온도가 높을수록 개화개시일이 앞당겨지게 된다. 상관이 가장 높은 회귀식은 R^2값이 0.82이었다. 위도와 개화개시일은 정의 상관을 나타냈으며 R2값은 0.58이었다. 적산온도만을 사용했을 경우에도 유용한 결과를 얻었다. 즉 1월부터 4월까지의 5℃ 이상의 적산온도만을 사용했을 경우 적산온도가 880℃가 되면 개화하기 시작하였다. 남쪽의 안동, 대구, 전주, 광주, 그리고 중부의 철원과 청주지역은 적산온도에 의한 개화 예측일과 실제 개화일이 지난 4년간 일치하였으며, 속초는 8일 가량 예측일이 빨리 도래하여 가장 낮은 정확도를 보였다.

3. 우량선발개체 간의 형태적 특성 비교 - 국내 9개지역에서 다화수, 장화기, 다밀성으로 61클론과 헝가리에서 도입한 4개 품종, 중국에서 도입한 1품종을 대상으로 하

여, 잎, 가시, 수피, 피목의 크기, 색깔, 형태 등에 대하여 조사하여 산지간 변이 유무를 상호비교 하였다. 복엽의 엽장은 국내산 중에서 여주산이, 그리고 외국산 중에서는 헝가리의 mixed seed가 가장 컸다. 소엽수는 평균 19개이었으며 품종간에 차이가 없었다. 수피의 색깔이나 피목의 형태는 거의 변이가 존재하지 않았다. 특히 가시의 크기, 색깔, 부착각도와 점예정도는 개체간에 큰 변이가 있었으나, 동일 클론 내에서 개체(ramet)간에도 일정한 경향을 발견할 수 없어서, 산지나 클론의 특징이라고 할 수 없었다. 따라서 위와 같은 불규칙한 형태적 특징을 고려한다면, 아까시나무의 경우 잎, 가시, 수피등의 외부 형태적 특징만으로 산지 혹은 클론을 구별할 수 없다고 결론짓는다.

● 제 3세부과제 : 조직배양에 의한 대량 증식법 개발

1. 기내줄기 대량증식 - 아까시나무 성숙목의 조직배양에서 초대배양에서 생산된 기내줄기는 정착 단계에서 생장정지기간이 짧고, 쉽게 반응하여 기내줄기 대량증식이 가능하였다. 성숙목에서 기내줄기 발생은 접목과 근삽을 통하여 유령화시킨 후 실시하였는데, 줄기발생율은 cytokinin을 첨가할 경우 95% 이상 높게 나타났으나, 다른 줄기 발생율은 38.3%로 낮았다. 액아발생수는 IBA처리시 평균 3.4개로 가장 높았다. 발근율은 합천 8호가 100%로서 가장 높았으며, 강화 2호가 56.7%로 가장 낮았다. 식물체 순화율은 강화 2호가 55.4%로 가장 높았다. 위와 같은 결과는 선발목의 경우 산지에 따라서 증식율이 크게 다르게 나타났지만, 대체적으로 조직배양에 의해서 대량 증식시킬 수 있다고 결론 짓는다. 단, 선발목이 대부분 성숙목이므로, 접목이나 삽목으로 유령화를 시킨 후, 대량 증식 시료로 사용하여야 한다.

● 연구결과의 활용에 대한 건의

본 연구는 양봉가들이 필요로 하는 다화수, 장화기, 다밀성 우량개체를 국내에

서 성공적으로 선발하였고, 또한 외국에서 다밀성, 만기개화의 우수한 품종을 도입하였다. 특히 “다밀성 품종”으로 지정한 강화군 양도면 건평리의 아까시나무림은 보통 아까시나무의 꽃보다 2배 가량 화밀을 더 많이 분비함을 확인하였다. 건평리의 다밀성 품종은 수원의 품종보존원에 식재되었는데, 향후 차대검정을 통하여 개화특성을 계속 조사하여 유전성 여부를 확인할 필요가 있으며, 우수성이 증명된다면 세계적인 품종으로 국제등록이 가능하다고 판단한다. 따라서 우수품종의 보존원 관리에 필요한 최소한의 경비를 지원받기를 원한다.

1. 아까시나무의 조림수요가 아직 계속되고 있음 (사방녹화용도와 양봉 채밀용도 등). 우수품종을 지정, 권장함으로써 전국적인 아까시나무림 품종갱신이 부분적으로 가능함.
2. 선발된 집단 혹은 개체 중 우수성이 증명된 것들에 대해서는 품종등록을 추진할 수 있음.
3. 도입품종을 이용하여 아까시나무의 용도를 넓힐 수 있음. 도입시에는 아까시나무의 유전적 다양성이 높은 원산지(미국)에서 다양한 품종을 도입하여 용도별 품종의 특화가 이루어질 수 있도록 해야 함.
4. 품종보존원을 중심으로 보존과 개량, 용도개발이 이루어질 수 있도록 중앙집중식 관리체계가 필요함.
5. 양봉가들의 묘목수요에 대응하기 위하여, 우수품종을 중심으로 대량증식과 양묘가 필요함. 이에 대한 지속적인 지원이 요구됨.
6. 채밀용도 뿐만 아니라 품종에 따라 관상용도 등의 용도개발이 가능할 것으로 보임.

편집순서 4

SUMMARY
(영문요약문)

Robinia pseudoacacia (black locust) was first introduced to Korea in early 20th century and has been planted extensively for erosion control and fuelwood production. As of 1996, this species occupies a total of area of 130,000 ha throughout the country. However black locust forests have not been managed for timber production during the last 30 to 40 years, but have been used for honey production. Korea produces about 6,000 tons of black locust honey annually and this tree contributes significantly to the improvement of income of the bee keepers. Unfortunately the flowering period of black locust in a certain area lasts only about a week. Therefore, bee keepers need to move frequently from south to north to keep up with the flowering trees.

The objectives of this study were

1) to select and introduce black locust trees with abundant and late flowering, and high amount of nectar production,

2) to construct a model to predict a flowering period at certain location based on the local meteorological data,

3) to investigate the genetic diversity of selected trees from Korea, and introduced trees from Hungary and China

4) to develop a tissue culture method for rapid mass propagation of selected trees.

From 15 locations throughout the country, black locust trees with abundant and late flowering, and high amount of nectar were selected. The average number of flowers per inflorescence was 25.8, while trees in Wonju had an average of highest 28.5. Trees in Chonan had a total of 330,000 flowers per tree which was highest among the 15 locations investigated. The selected trees in Hapchon was the most superior trees in the number of flowers per tree and in the characteristics of straight stem and fast growth. Some trees in Wonju and Chonan flowered about 3 days late compared with other surounding trees, which resulted in extended flowering period. A population of black locust in Gangwha secreted an average of 6.45 ul of nectar per flower, which was twice the amount of average trees. Above selected individuals were propagated with root cuttings and permanently planted in a clone bank. Superior cultivars with extended flowering period and abundant nectar production were introduced from Hungary and China. Among the 4 cultivars from Hungary, Debreceni is expected to be most useful because it flowers late with pink flowers and with more than 4.0 ul of nectar secretion per flower. All the above selected materials were planted in a clone bank for future genetic study and mass propagation.

Genetic variations in DNA level of black locust from Korea, Hungary and China were investigated using the technique of PCR. Genetic distance among these groups was very small, based on the pairwise Manhattan distance of less than 0.02. Morphological characteristics of leaves, thorns, and bark indicated little genetic variations among the trees in three countries.

The construction of models for prediction of flowering indicated negative correlations between flowering date and cumulative warmth index in early spring. Latitude showed positive correlations with flowering date. The correlations showed that cumulative warmth index based on the day-degree above 5 degrees Celcius after January 1 was the most suitable index to match with actual flowering date. For example, in 1999 black locust trees in most areas flowered at the time of warmth index of 880 degrees which was cumulative sum of daily maximum temperature of the days after January 1 exceeding 5 degrees as a daily maximum temperature.

Mass propagation of selected black locust trees was possible with tissue culture techniques. The selected adult trees need to be converted to a juvenile stage by grafting or root cutting before any tissue would be excised. New shoot formation was observed in 95 % of the samples when cytokinin was added. However, multiple shoot formation was successful in only 38.3 % of the samples. Axillirary buds were successfully formed when IBA was added, and the number of buds formed was 3.8 in average. Rooting percentage of the shoots was 100 % when Hapchon materials was used, while Gangwha materials showed rooting of 56.7 %. Hardening of the small plantlets with shoots and roots was performed with varying degrees of success, with the highest value of 55.4 % using Gangwha materials.

편집순서 5

CONTENTS
(영 문 목 차)

편집순서 6

목　　　차

제 1 장 서 론

1 절 연구개발의 목적

늦은 봄에 엽액에서 향기가 좋고 꿀이 많은 흰 꽃이 남쪽에서부터 피어 올라오는 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*)는 분류학적으로는 교목 및 관목 10여 종과 함께 작은 속에 포함되나 원산지인 북미에서 자생하는 것으로 산림경영적인 관점에서 중요하게 여겨지는 것은 아까시나무 뿐이다(박용구, 1996a). 1910년대에 우리나라에 도입된 것으로 알려져 있는 아까시나무는 처음에는 주로 송충이 피해지, 사방지 복구 및 연료림 조성을 위해 심기 시작했으나 점차 밀원수로서의 중요성이 부각되기 시작하였다(류영수, 1992).

현재 아까시나무는 우리나라 최고의 밀원수일 뿐만 아니라 목재, 사료, 환경수로서의 이용이 기대되는 나무라는 관점과 우리 산림을 망치고 땅을 황폐화시키는 외국나무라는 관점에서의 가장 극단적인 두 가지 평가를 동시에 받고 있는 나무이다. 유독 우리나라에서 아까시나무가 필요 이상의 부정적인 평가를 받는 이유는 아까시나무의 맹아 생장이 너무 왕성하여 무덤이나 논, 밭을 침범하여 해친다는 실질적인 이유도 있으나, 주로 일제의 강점기 때 식재되기 시작하였기 때문에 우리나라 산림을 해치는 외국 수종으로서의 인식이 민족 감정과 맞물려 작용한 경우가 대부분이다(조도행, 1995). 그러나 이제 우리나라의 자연에 토착해서 우리의 경관을 만들어내고 있는 나무를 그 이용가치를 생각해보지도 않고 무조건 베어버려야 한다는 식으로 주장하는 것은 시대에 뒤떨어진 사고라 하지 않을 수 없다. 특히 외국에서 아까시나무가 밀원식물 뿐 아니라 목재 자원으로서 역시 훌륭하게 제 몫을 해내고 있다는 것을 생각해 볼 때, 우리나라에서는 거의 방치되고 있는 이 나무의 가치에 대해 올바로 평가를 내리는 것이 매우 중요하고 시급한 과제로 볼 수 있을 것이다(김종원, 1994). 좋은 예로, 현재 헝가리 전체 삼림의 약 20%를 차지하는 아까시나무는 정부의 올바른 조림 육성 정책을 통해 밀원 뿐만 아니라 국가 임산에 매우 중요한 위치를 차지하고 있는 것을 볼 수 있다(Dr. Bach *et al*. 1996).

아까시나무는 아름다운 무늬와 우수한 재질로 인해 목공예재, 운동기구재, 농용재, 그리고 마루판이나 차량상판재 등의 제재용재 등으로 이용이 기대되며(박정환, 1997), 조단백질이 풍부한 잎은 소와 흑염소 등의 가축 사료로 쓰일 수 있고(조익환, 1997), 도시화가 진행됨에 따라 점차 심각한 문제가 되고 있는 산성우 및 산성낙하물을 중화시켜 주는 강력한 기능을 가지고 있기 때문에 환경수로서의 기능도 기대되는 나무이나(우종호 등, 1997), 현재 우리나라에서 가장 크게 이용되는 것은 지금까지 엄청난 양의 아까시꿀을 제공해 온 밀원수로서의 역할이라 하겠다(박용구, 1996). 매년 약 1만톤 이상 생산되는 전체 벌꿀에서 아까시꿀이 차지하는 비중은 70%에 이르고 있다(류수영, 1992).

이러한 밀원수로서의 아까시나무가 정당한 평가를 받게 하기 위해서는 많은 학문적 및 기술적 뒷받침이 있어야 할 것이다. 우선 가장 기초적 단계로서, 아까시나무 꽃의 개화 생리에 대한 기초 연구를 통해 우수한 아까시나무 밀원수를 선발할 수 있는 방법이 확고한 과학적 검증을 거쳐서 수립되어야 한다. 그 후 이러한 기초 지식을 근거로 전국 각지에 퍼져 있는 아까시나무림에서 생산되는 화밀량을 정확하게 추정하고, 이들 중 보다 우수한 밀원수 개체들, 즉 다화수 및 장화기 우량 개체들을 선발해내는 작업이 뒤따라야 한다. 그리고 이렇게 선발된 개체들을 대량증식시켜 육종에 이용하기 위해 적절한 조직배양법의 개발이 필요하다.

위에서 언급된 연구 과제들은 서로를 따로 떼어서 생각하는 것이 의미가 없을 정도로 밀접하게 연관되어 있으면서도 동시에 한 연구기관만으로는 수행이 불가능할 정도로 매우 전문적인 지식을 요구하므로, 서로의 연구 수행 결과를 참조할 수 있는 전문 연구기관들이 유기적 관계를 이룬 체제 속에서 수행되는 것이 가장 효율적인 연구 결과를 얻게 될 것이다. 따라서 본 연구는 크게 3가지로 나누어진 세부 과제들이 각각에 대한 전문 지식을 요구하는 연구 기관에서 이루어졌으며, 위에서 제시된 연구 목적의 흐름에 따라 그 연구 결과들이 순서대로 서술되었다.

2 절 연구개발의 범위

우리나라의 가장 중요한 밀원수종인 아까시나무의 개화기예측 및 장화기 ·다밀성 품종의 선발과 증식을 위한 학문적, 기술적 연구를 위해 다음과 같이 3부분으로 나누어 연구를 진행하였다. 제 1 세부과제는 총괄기관인 서울대가 주관하고 다화수 ·장화기 개체 선발과 개화생리 구명을 목표로 하고자 한다. 제 2 세부과제는 한국양봉협회가 맡아 연구를 진행하고 개화기 예측 및 우량화밀 개체의 선발을 목표하고자 한다. 제 3 세부과제는 임업연구원이 주관하여 조직배양에 의한 대량 증식법 개발을 목표로 한다.

- 제 1 세부과제 : 다화수 ·장화기 개체 선발과 개화생리 구명

1. 단위면적당 화밀량 추정방법 개발

1996년 현재 산림청 조사에 의하면 국내 아까시나무림은 총 13만 ha에 이른다. 이 면적은 1970년대의 총 조림면적 30만 ha에 비하여 급격히 감소한 것으로 판단되나 70년대에 비하여 수령이 증가하여 양봉업자 사이에서는 아까시아 화밀량이 전보다 많아지고 있다고 한다. 본 과제에서는 아까시아 꽃 한 개당, 화서당, 개체당, ha 당 화밀량을 추정방법을 개발하고 이로부터 전국의 아까시나무림 면적을 감안하여 총 채밀자원을 추정하고자 한다.

2. 화아원기 형성시기 및 화아 발달과정 구명

수목의 개화량은 매년 일정하지 않으며 아까시나무의 경우도 격년 결실하는 경향이 있다. 특히 전년도 화아원기가 형성되는 기간의 기상변화가 당년도 개화량에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kozlowski and Pallardy, 1997).

많은 수종의 경우 화아원기 형성시기는 6월부터 8월 사이로 알려져 있으며, 아까시나무도 이 범주에 든다고 추정되나 세계적으로 아직 아까시나무의 화아원기 형성시기를 구명한 예는 없다. 본 연구에서는 중부지방에서 화아원기 형성시기를 구명하고

원기형성시기 이후에 다음해 4월까지 화아가 분화되는 과정을 관찰하여 당년도 개화량에 가장 큰 영향을 미치는 전년도 기상요인을 분석하여 개화량 예측모델을 작성하는데 기초자료로 제공하고자 한다.

3. 다화수 ·장화기 개체선발과 외국우수품종 도입

아까시나무는 한국의 경우 100년전 도입되었으나 유럽의 경우는 약 200년전에 도입되었다. 헝가리의 경우 200여년 동안 육종을 통하여 통직성이 크고 화밀량이 많은 품종을 30여가지 개발하여 현재 약 18만ha에 조림하고 있다. 중국의 경우도 우리나라보다 먼저 아까시나무를 도입하여 북쪽 사막지역부근에 방풍림과 방사림을 조성하기 위하여 집중적으로 연구와 조림을 병행하고 있다. 본 과제에서는 극내에서 다화수 ·장화기 개체를 선발하고 헝가리와 중국에서 우수품종을 도입하였다. 이들 선발된 우량개체를 증식하여 국내산과 외국종간의 우수성을 상호비교하고 선발개체에 대하여 보존포를 조성하여 차후 연구자료로 사용하고자 한다.

4. 유전변이 분석

한국의 아까시나무는 100여년전에 도입되었으나 도입경로가 정확하게 밝혀져 있지 않으며, 일설에 의하면 중국으로부터 월미도에 가장 먼저 심겨졌다고 한다. 그 이후 일본인에 의하여 전국에 연료림과 사방조림용으로 주로 식재되었다. 본 과제에서는 국내 아까시나무 집단의 유전적 변이를 분석하여 초기 도입시에 다양한 품종이 도입되었는지의 여부를 구명하고 이 결과를 헝가리와 중국산 아까시나무와 비교함으로써 국내 도입종의 유전적 다양성을 구명하고자 한다.

- 제 2 세부과제 : 개화기 예측 및 우량화밀 개체의 선발

본 협동연구과제에서 제1차년도에 이루고자한 연구개발목표는 다음과 같다.

첫째, 전국적으로 분포되어 있는 아까시나무의 집단 조림지를 조사한 후 그중 약 30개소의 조사 시험지를 위도와 경도별로 나누어 선정한 후 각 시험지의 아까시나

무 개화시기를 조사한다. 그 후 개화기까지의 우량, 운량 지수 및 온도 적산을 통해 실지 개화시기와의 상관성을 조사하는 동시에 각 개체별 개화기 조사를 통하여 화아원기 형성시기를 규명한다.

이를 위해 각 시험지별로 10 20본의 조사개체를 선정하여 각 개체의 화밀량과 화밀의 성분을 조사하며 조사를 통하여 각 시험지별로 우수한 개체 또는 특이한 현상을 나타내는 개체를 선정하여 별도로 관리한다. 위에서 선발된 개체는 근삽채취 또는 종자 채집을 통하여 보존포를 조성한다.

- 제 3 세부과제 : 조직배양에 의한 대량 증식법 개발

선발된 개체의 영양계 증식묘를 이용함으로서 비상가적 유전효과까지도 얻을 수 있어 임목개량을 위한 최대의 유전획득을 얻는 수단으로 무성번식이 유용하다. 임목의 무성증식의 관행적인 방법은 삽목이나 접목등이 있으나 삽목은 모본의 수령이 증가함에따라 삽수의 발근 능력이 급격히 상실되는 특성을 나타낸다(Thorpe & Biondi, 1984). 그리고 접목은 접목불화합성등의 여러 문제점이 있다. 임목의 무성번식의 주요 목적 중의 하나는 우수한 형질을 효과적으로 나타낼 수 있는 충분히 성숙된 임목을 증식시키는 것이다. 즉, 선발된 형질의 균일한 식물체를 대량으로 재생산하여 개량효과를 높일 수 있는 방법이 무성증식법이다. 임목에 있어서 가장 큰 기대는 관행적인 무성증식 방법으로 증식이 곤란하거나 불가능한 수종 또는 유전적으로 전환된 우수한 유전형의 증식이다.(Chalupa, 1987; Driver & Suttle, 1987; Jokiner & Tormala, 1991; Aitken-Christie & Connett, 1992). 아까시나무 조직배양에 관하여 보고된 것으로 뿌리, 액아, 종자, 잎을 초대배양 재료로하여 조직배양한 결과, 액아개서, 부정아형성, 캘러스를 통한 기관발생, 체세포배가 유도되었다(Dunstan와Thorpe, 1986; Merkle와 Wiecko, 1989; Chalupa, 1983). 아까시나무는 북미 원산의 낙엽활엽교목으로 수고 25m에 달하며 우리나라에는 1900년데 초에 연료림 수종으로 도입되어 황폐지 복구용으로 전국에 식재되었다. 또한 밀원이 많아서 대표적인 밀원식물의 나무이다(임업연구원, 1988). 본 시험은 임목육종연구소의 수십년간 축적된 식물조직배양 기술을 바

탕으로 한국양봉협회에서 다밀성개체 또는 집단으로 선발한 우수한 아까시나무 성숙목 개체의 기내 대량증식 방법을 개발하기 위하여 수행하기 위한 실험이다. 따라서 이 실험의 추진 계획은 :

1) 우수자원으로 선발된 개체에서 시료를 채취하여 직접, 또는 유령대목에 접목하여 재유령화 시킨다.
2) 채취된 절편재를 멸균처리하여 무균화 한다.
3) 절편제로부터 줄기를 분화시키기 위하여 시험관내의 환경에 배양정착 시킨다.
4) 초대배양에 의해 분화된 줄기를 계대배양하여 줄기를 대량으로 증식시킬수 있는 방법을 개발한다.
5) 증식된 줄기를 연속으로 배양하여 더욱 많은 기내줄기로 대량증식 시킬 수 있는 방법을 개발한다.
6) 증식된 기내줄기로 부터 발근 시킬 수 있는 방법을 기내 및 기외의 두가지 방법으로 개발한다.
7) 발근된 유식물체를 온실로 옮겨서 외부 환경에 적응하도록 환경순화하는 방법을 개발하여 조직배양묘로 육성한다.

3 절 연구원 편성과 예산

1. 연구원 편성표

총괄연구책임자: 이 경 준

직급별참여연구원	
책 임 급	3 명
선 임 급	3 명
원 급	6 명
기 타	27 명
계	39 명

소속기관참여연구원	
출 연 (연)	18 명
대 학	5 명
산 업	16 명
계	39 명

	세부과제명	협동과제명	협동과제명
과제명	다화수·장화기 개체 선발	개화기 예측 및 우량화밀개체 선발	유전공학 기법에 의한 대량증식법 개발
연구책임자 소속	서울대학교	한국양봉협회	임업연구원
연구책임자 성명	이 경 준	손 재 형	손 성 호

직급별참여연구원	세부과제	협동과제	협동과제
책 임 급	1 명	1 명	1 명
선 임 급	- 명	3 명	0 명
원 급	2 명	1 명	3 명
기 타	2 명	24 명	1 명
계	5 명	29 명	5 명

2. **연구개발비 예산 총괄표**

비목번호	구분 / 비 목	1997 (1차년도) 금액	비율(%)	1998 (2차년도) 금액	비율(%)	1999 (3차년도) 금액	비율(%)	비고
1	인건비	18,166				16,765		
	• 외부 (22) 명		30.8	22,935	38.2	16,765	27.9	
	• 내부 (17) 명	(26,103)		(39,334)		(29,597)		
2	여비							
	• 국 내	10,900	18.4	14,267	23.8	14,510	24.2	
	• 국 외	2,627	4.4					
3	기술정보활동비							
	• 정보활동비	3,550	6.0	3,020	5.0	1,800	3.0	
	• 전문가 초청 ( ) 명							
	• 자문 ( ) 명							
	• 기술도입비							
4	연구기자재 및 시설비							
	• 기자재비, • 시설비							
5	재료비및 전산처리비							
	• 시약 및 재료비	18,562	30.9	15,985	26.7	23,295	38.8	
	• 전산처리비	200	0.3	200	0.3			
	• 시험분석료							
6	시작품 제작비							
7	연구관리비					1,374		
	• 인센티브	1,620	2.7	414	0.7	557	0.9	
	• 하위과제관리비	1,080	1.8	1,099	1.8	817	1.4	
8	수용비 및 수수료					1,056		
	• 유인물비	755	1.3	480	0.8	443	0.7	
	• 공공요금	540	0.9	600	1.0	613	1.0	
	• 수수료 및 제세공과금							
9	개발보전비	1,000	1.7	1,000	1.7	1,200	2.0	
10	위탁연구개발비							
직 접 경 비 소계		54,005		56,407		56,370	94.0	
연 구 개 발 비 총액		59,000		60,000		60,000		

주) 직접경비(외부인건비+여비+기술정보활동비+연구기자재 및 시설비+재료비 및 전산처리비+시작품제작비)

제 2 장 다화수, 장화기 개체 선발과 개화생리 구명

Selection of Trees with Abundant and Late Flowering Characters and Examination of Flowering Physiology

서울대학교 산림자원학과

연구책임자 : 이 경 준

연구원 : 한심희

연구원 : 차윤정

연구원 : 김은호

연구원 : 김효진

1 절 서 설

제1세부과제의 가장 중요한 연구개발 목표 중 하나는 단위면적당 화밀량 조사법의 개발이었는데, 이를 위해 헝가리 아까시나무 양묘장으로부터 자문을 받아 우리나라 최초로 아까시나무림의 ha 당 화밀량 조사를 수행하였다. 이는 지금까지 한국양봉협회 등에서 이루어져 왔던 화밀량 조사법과 맥을 같이 하면서도 플롯 선정, 매목 조사, 개체-가지-화서-꽃의 샘플링 등 높은 수준에서 점차로 낮은 수준으로 체계적인 조사가 수행되어야만 가능한 작업이며 이러한 방법론은 앞으로 우리나라 여러 지역에 분포하는 아까시나무림에서 생산되는 화밀량을 정량화하는데 많은 도움을 줄 것으로 기대된다. 개발된 화밀량 조사법은 실험 방법이 체계적인 만큼 낳은 작업이 요구되기 때문에 올해의 경우 조사지역이 경기도에 그쳤으나, 앞으로 한국양봉협회의 도움을 받아 전국의 양봉인들의 협조 아래 이러한 작업이 전국적으로 수행된다면 전국의 아까시나무림이 얼마나 분포되어 있고 화밀 제공에 있어서 얼마만큼 기여하는지를 알아내는 데 큰 도움이 될 것으로 생각된다.

제1세부괴제의 다른 중요한 연구개발 목표 중 하나는 전국에서 다화수 ·장화기의 특징을 가진 아까시나무를 선발하고, 선발목의 뿌리의 근삽 보존포 조성이다. 본래 보존포 조성의 목적은 전국에서 다화수 ·장화기로 선발된 우수 아까시나무림 클론의 보급에 있었으나, 이와 함께 헝가리에서 도입된 우수 아까시나무 품종의 종자 파종이 함께 이루어지면서 현재 약 9,000 그루의 헝가리 아까시나무 묘목을 보유하게 되었다. 3차년도부터 이 묘목들이 칠보산 연습림으로 옮겨져 관리되고 있으며, 연구수행이 끝난 후에도 우수 아까시나무림에 대한 전시 효과를 얻는 한편 여러 중요한 연구에 필요한 샘플을 제공하게 될 것이다.

그밖에도 지역별 개화기 예측 모델을 수립하는데 중요한 결정 변수가 될 아까시나무의 원기 형성 시기 규명을 위해 6월부터 매주 아까시나무에서 꽃눈을 따서 관찰하는 한편, 일정 간격으로 가지 생장을 측정하고 있다. 1차년도에 이어 꽃눈 채취가 10

월까지 1년간의 아까시 꽃눈 변화 유형을 일목요연하게 알 수 있게 될 것이며, 또한 소중한 교육 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2 절 연구방법

1. 아까시나무의 개화생리연구

가. 일별 시간별 화밀량 조사(1년차 연구)

개화일 전부터 서울대학교 농업생명과학대학 내 아까시나무 눈의 생장을 관찰하여 표준목을 설정하였다. 이 나무에서 각각 동쪽, 남쪽, 북서쪽을 향하고 있는 3개의 큰 가지를 골라 개화 3일전에 각 가지당 13개씩의 화서에 망사를 씌우고, 화서가 달려 있는 가지에 각 가지당 5개씩 잎제거, 환상박피, 그리고 잎제거 및 환상박피의 처리를 하였다.

개화일 (5월 15일) 로부터 9일간 날짜별 화밀량 측정이, 만개일 (5월 18일) 에 시간별 화밀량 측정이 이루어졌다. 또한 만개일 13시에 채취된 화서에서 처리별 화밀량 측정이 이루어졌다. 이와 같이 얻어진 자료를 근거로 가지간 화서당 꽃수 변이 분석 및 가지간 꽃당 화밀량 변이 분석이 이루어졌다. 처리는 잎제거 및 환상박피가 대조구와 함께 처리되어 모두 4개의 처리구를 가지게 하였다.

나. 단위면적당 화밀량 조사(2년차 연구)

1) ha 당 화밀량 조사

<그림1>에 ha당 화밀량 조사를 위해 사용된 샘플링 방법을 도시하였다. 우선 1998년 5월 경기도에서 경기 남부(여주, 양평), 경기 북동부(포천), 경기 북서부(파주) 등 4개의 지역을 선정하여 각각의 지역에서 30 ×30m의 플롯을 임의로 3개 설치하

였다. 각 플롯 내에서 식생 조사와 함께 모든 교목에 대한 수고와 지름을 측정하였다.(그림2) 플롯 내 교목들 중 10그루의 아까시나무를 임의로 골라 임목밀도를 측정하였다. 임목 밀도는 동, 서, 남, 북 각 방향으로 가장 가가이에 있는 교목까지의 거리를 평균한 값으로 하였다. 임목몰도를 측정한 개체에서 각각 5개의 가지를 채취한 후 다시 각 가지에서 2개의 화서를 채취한 다음, 마지막으로 각 화서에서 꽃을 5개씩 따서 화밀량 측정을 실시하였다.(그림3) 화밀량 측정은 micro-pipette을 이용하였는데, 여기에 소형 tip을 기우고 완전히 핀 꽃의 기판과 날개화변 사이에 천천히 삽입하여 밀선에 넣고 천천히 빨아당겨 tip 속에 찬 화밀량을 측정하는 방법으로 이루어졌다.(그림4) 화밀량 측정 후 가지의 화서수와 개체의 가지 수를 세어 개체의 화서수를 계산한 후 여기에 평균 화서당 꽃수를 곱하여 개체당 화밀량을 구하였다.

실험 방법에서 알 수 있듯이 실험 설계는 전형적인 포개어진 구조(nested design)를 가지고 있으므로 분석 역시 SAS의 NESTED PROCEDURE를 이용하여 이루어졌다. 화밀량 예측을 위해 개체의 수고, DBH, 밀도와 화밀량과의 회귀식을 구하였다. 또한 수고와 DBH만을 사용하여 화밀량과의 회귀식을 구한 다음 이것을 플롯 내 모든 아까시나무 개체들의 화밀량을 추정하는데 사용하였다. 이렇게 구해진 플롯 내 화밀량으로부터 ha당 화밀량이 추정되었다.

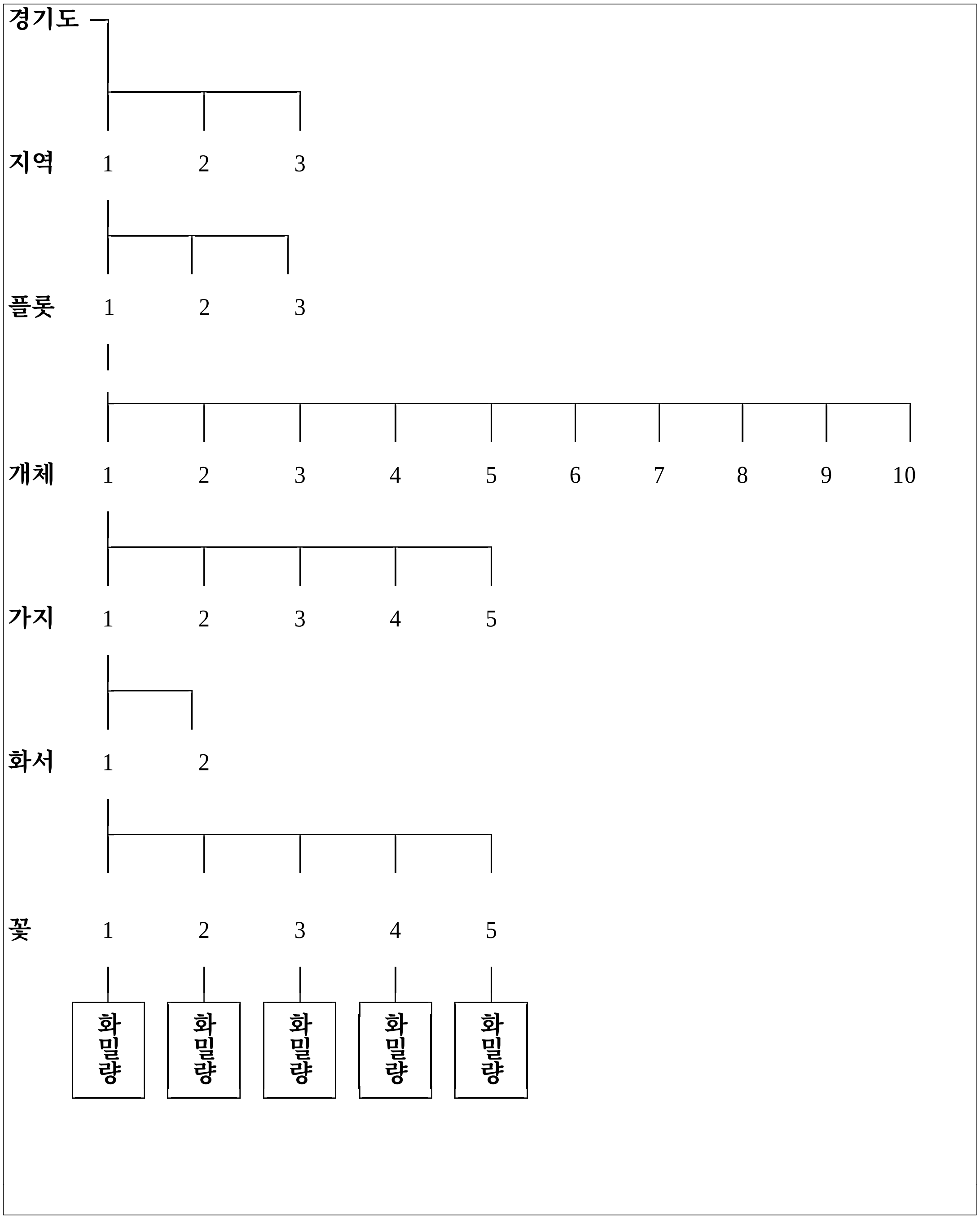


그림 1. ha **당 화밀량 조사를 위한 화밀량 측정** design **및 반복수**

그림 2. 플롯내 아까시나무의 흉고직경 측정

그림 3. sampling 된 가지내 화밀량 측정

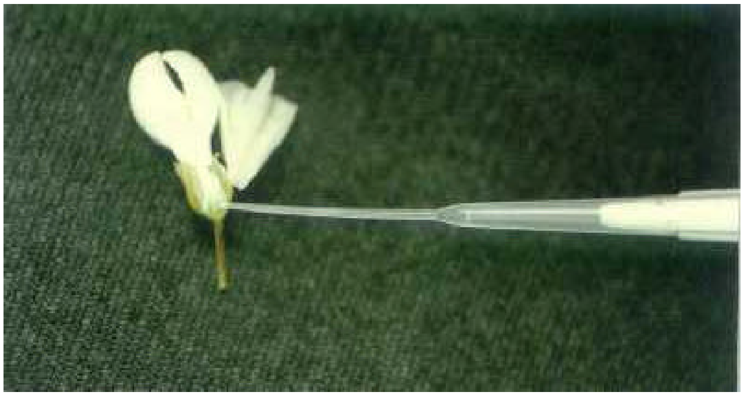


그림 4. micro-pipette으로 화밀량을 측정

2) 아까시나무의 생장량과 화밀량과의 관계

아까시나무의 생장량에 따른 화밀량을 분석하기 위하여 위의 1)항에서 조사된 자료를 근거로 하여 계산하였다. 즉 흉고직경의 증가에 따른 화밀량, 수고의 증가에 따른 화밀량을 추정하기 위하여 경기 남부, 경기 북동부, 경기 북서부등의 3개 지역에서 아까시나무 90개체로부터 개체별 흉고직경, 수고와 화밀량을 조사하였다. 이 자료를 이용하여 단순회귀 (독립변수 : 흉고직경 혹은 수고, 종속 변수 : 화밀량)와 다중회귀 (독립변수 : 흉고직경과 수고, 종속변수 : 화밀량)에 의하여 상관관계를 분석하였다.

다. 화아원기 형성시기와 화아발달과정 구명(3년차 연구)

1) 연구목적

아까시나무의 개화량은 매년 변이를 보이고 있으며, 이에 따라서 꿀생산량도 변

화의 폭이 크다. 개화량을 예측하는 것은 채밀사업계획을 세우는 데, 큰 도움이 된다. 수목의 개화량은 전년도의 기상상태에 따라서 큰 영향을 받으며, 특히 화아의 원기형성시기의 기상상태에 따라서 좌우된다 (이경준, 1997). 본 연구의 목적은 아까시나무의 화아형성시기를 구명하여 개화량의 예측모델을 개발하는 연구에 기여하는 데 있다.

2) 연구방법

1997년 6월부터 1998년 4월까지 주기적으로 성숙한 아까시나무로부터 눈을 채취하여 현미경을 통하여 화아원기 형성시기를 구명하였다. 꽃은 수관상부의 건강한 가지 끝부분에 주로 맺히므로, 눈은 햇빛을 잘 받고 있는 강한 가지의 끝부분에서 다음과 같이 6월 30일부터 7월 29일까지 7일 간격, 8월부터 10월까지 월 1회, 2월부터 4월까지 월 1회 채취하였다.

채취한 눈을 FAA 용액에 보관하여 고정한 후, Jensen (1962) 법에 따라서 탈수하고, 파라핀에 매몰시킨 후, microtome으로 10um 두께로 잘라서, slide glass 위에 부착시키고, safranin과 fast green으로 염색하였다. 탈수과정과 파라핀 매몰과정은 50% alcohol로 시작하여 100% alcohol series로 가며, Tertiary Butyl alcohol series를 거쳐서 최종적으로 100% paraffin에 매몰시켜서 section하였다.

2. 다화수 ·장화기 개체 선발 (1년, 2년차 연구)

가. 국내 집단에서의 선발

아까시나무는 국내에서 전라남도와 제주도에 소면적으로 분포하며, 나머지 7개 도에는 집단 조림지가 많다. 따라서 본 연구에서 선발 대상은 나머지 7개 도(경기, 강원, 충남, 충북, 경북, 경남, 전북)에 분포하는 우량 아까시나무림이다.

박용구(1996)에 의하면 1993년과 94년의 경우 한국 아까시나무의 화서당 평균 꽃수는 25개라고 하였으며, 이것을 기준으로 하여 다화수개체는 화서당 꽃수가 27개 이상 되는 지역을 대상으로 하여 선발하였다. 장화기 개체는 97년 5월 중에 평균 개화 일수가 7일 이상 되거나 만기 개화하여 늦게 까지 꽃이 유지되는 개체를 기준으로 하여 선발하였다.

나. 외국 우수 품종의 도입 (2년차, 3년차 연구)

헝가리는 200년부터 미국에서 아까시나무를 도입하여 여러 목적에 맞는 30여가지 품종을 개발하였다. (Keresztesi., 1988) 이중에서 만기 개화품종과 화밀생산량이 많거나, 목재로써 가치가 큰 품종을 종자의 형태로 도입하였다. 헝가리산 4개 품종과 중국산 1개 품종의 특징을 표1에 열거하였다.

표1. 헝가리산과 중국산 도입품종의 특징 (Keresztesi, 1988)

품 종 명	선 발 년 도	특 징
Jaszkiseri	1965	수간이 곧고 생장이 빠르며, 서리피해에 강함
Pusztavacs	-	수간이 곧고 생장이 빠름
Debreceni	1969	만기개화품종이며, 꽃당 화밀생산량이 4 ㎕ 이상됨. 꽃잎이 핑크 색으로서 관상수로도 쓰임
Mixed Seed	-	원산지가 밝혀지지 않았으나 우량임분에서 채종됨
북경산	-	추위와 건조에 강함. 사막지대의 방풍림으로도 개발되었음

다. 선발개체와 외국도입품종의 양묘(2년차, 3년차 연구)

다화수, 장화기로 선발된 개체의 산지시험을 위하여, 선발개체별로 10개씩의 근삽용 뿌리를 98년 3월과 99년 3월에 길이 20cm로 잘라서 채취하여, 경기도 수원시 서울농대 연습림 묘포장에 식재하였다. 폭 1m의 파종상에 두 줄로 심었으며, 묘목간격은 0.5m로 하였다.

헝가리 도입품종은 1998년 4월에, 그리고 중국도입종은 1999년 4월에 위와 같은 장소에 종자를 파종하였다. 파종시 퇴비를 시비하였으며, 년 3회 추가로 계분 퇴비를 사용하여 양묘하였다. 폭 1m 파종상에 3줄로 조파하였으며, 종자간 간격은 약 7cm로 하였다. 종자의 발아율은 90% 이상이었다.

3. 아까시나무의 유전변이 분석(3년차 연구) - 아까시나무 DNA (I-SSR 표지자) 분석

가. 연구 목적

헝가리에서 도입한 4개 품종(Pusztavacs, Debreceni, Jaszkiseri, Mixed seed), 중국산, 그리고 전국 우량 화밀 생산 아까시아림에서 선발한 개체 선발목의 근삽묘(여

주, 구미, 철원, 파주, 대구, 합천, 천안, 원주, 강화)를 묘포장에서 1년간 양묘한 후 잎을 채취하여 DNA을 PCR로 증폭시킨 후 I-SSR 표지자 분석을 통하여 각각의 유전적 차이와 산지간의 유연 관계를 비교하였다.

나. 연구 방법

1) DNA 추출 정제 및 PCR 증폭조건

1.5㎖ 원심분리관의 뚜껑으로 원반형의 잎을 딴 후, 변형된 CTAB방법(Hong 등, 1993)을 사용하여 전체 DNA를 추출 및 정제하였다. PCR 반응액은 25ng의 주형 DNA, dNTPs 0.1mM, BSA 0.025%(Boeringer Mannheim, Germany), I-SSR primer 0.35 μM(UBC, Canada), $MgCl_2$ 1.5mM, *Taq* DNA중합효소 0.8 unit(Advanced Biotechnique, UK)와 ddH2O를 포함하는 총 20㎕로 조성되었다. PCR 증폭은 PTC-200 (MJ Research, USA)모델을 사용하여, 첫 회에 5분간 94℃에서 방치시켜 전체 DNA를 변성시킨 후, 45회에 걸쳐 94℃에서 30초간, 52℃에서 30초간, 72℃에서 1분간의 3단계의 PCR 반응을 반복 수행한 후, 마지막으로 72℃에서 10분간 반응시킨 후 종결하였다. 증폭된 PCR산물은 EtBr이 포함된 1X TBE 완충용액을 사용해서 만든 2% agarose gel을 이용해서 전기영동 시켜서 증폭산물의 크기별로 분획시킨 다음, 자외선 투과형광기(UV trans-illuminator) 상에서 사진 촬영하여 기록으로 보관한다. 크기별로 분획된 증폭산물들의 크기는 pGEM DNA size marker(Promega, USA)와 크기를 비교하여 판별하였다. 예비실험을 통해서 증폭산물이 확실하게 구분되는 총 8개의 I-SSR primer(UBC#818, 823, 825, 834, 835, 836, 845, 846)를 사용하여 총 95개의 국내 및 외국 지역별로 수집된 아까시를 대상으로 I-SSR 표지자를 분석하였다.

2) 데이터 분석

Agarose gel상의 같은 위치에서 증폭산물의 변이체(있고, 없고)가 관찰되는 개체간에, 증폭산물이 있을 경우에 (1)을, 없을 경우에는 (0)을 입력하여 코드표를 작성

했다. 작성된 데이터에 근거해서 다음과 같은 통계적 분석을 수행하였다. 지역내 I-SSR 증폭산물의 다양성을 Shannon(1948)의 방법(Shannon's index of phenotypic diversity, *Ho*)에 의해 계산했으며, AMOVA v1.53(Excoffier *et al*., 1992)를 이용해서 지역내, 지역간, 국내 및 외국 그룹간 유전다양성을 검정했다. 지역간의 유전적 거리(pairwise Manhattan distance)를 RAPDDIST v1.0 (Black 1996)를 이용해서 계산했으며, UPGMA법에 의해 유집분석을 수행하였다(phylip v3.5c; Felsenstein, 1994). 유집분석의 신뢰도를 boostrapping을 100회 반복 수행하여 재조성된 코드표를 사용해서 UPGMA법에 의해 검정했다.

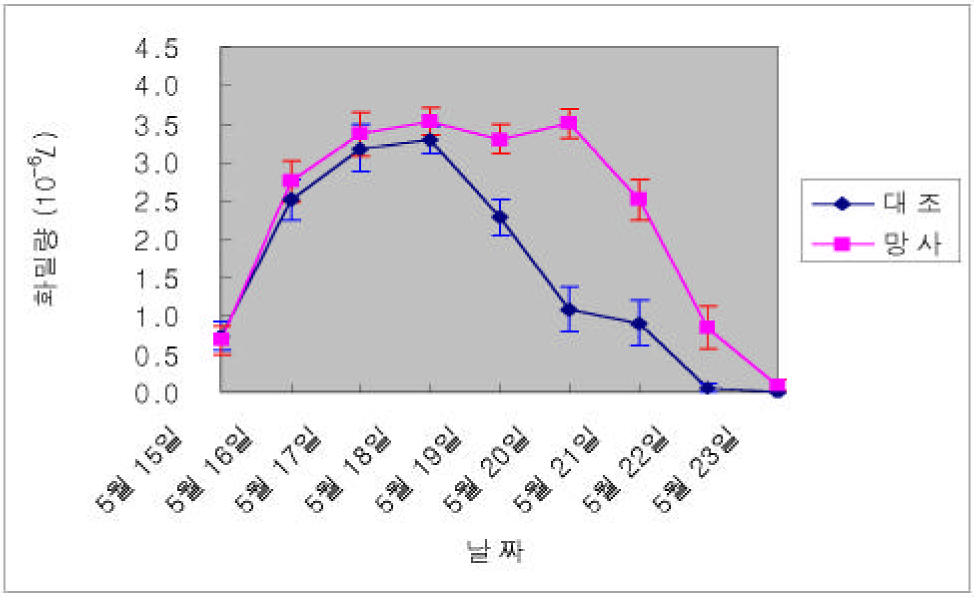
제 3 절 연구 결과 및 고찰

1. 아까시나무의 개화생리 연구

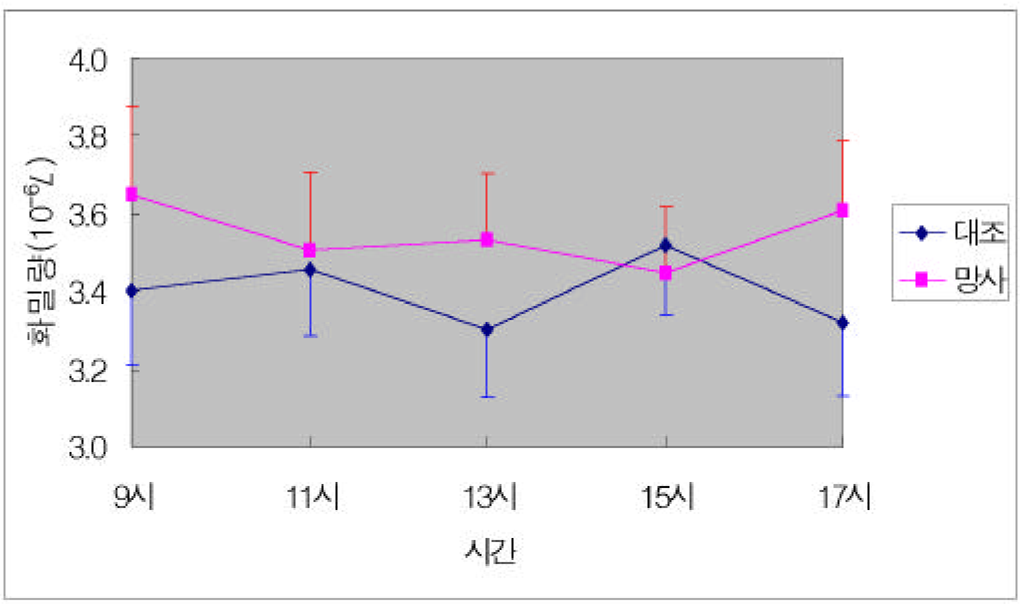
가. 일별 시간별 화밀량 조사

<그림 5>에 5월 15일부터 5월 23일까지 일별 화밀량을 조사한 자료를 제시하였다. “대조”는 자연상태의 화밀량이며, “망사”는 꿀벌의 방문을 막을 수 있도록 꽃에 망사를 씌운 경우이다. 날짜별 화밀량을 측정한 결과, 개화일에서 만개일까지는 망사를 씌운 화서와 씌우지 않은 화서가 거의 같은 양상을 보이나 그 후에는 망사를 씌우지 않은 화서에서 화밀량이 급격히 감소하는 양상을 보였다. 이는 벌에 의해 수정이 이루어진 꽃들이 더 이상 꿀을 생산하지 않기 때문에 나타나는 현상으로 해석된다. 정확하게 화밀량을 측정하고저 할 경우 위와 같은 점을 고려해야 할 것으로 생각된다.

반면, 만개일에 이루어진 시간별 화밀량(그림 6)은 오전 9시부터 오후 5시까지 이루어졌는데 시간대 별로 거의 차이를 보이지 않았다. 평균 화밀량은 꽃 1개당 3.4㎕이었다. 따라서 꿀벌의 활동시간을 고려할 때 일중 채밀량은 큰 변화가 없을 것으로 사료된다.



<**그림**5 : **날짜별 화밀량** (n=30, 95%**신뢰한계**)>



<**그림** 6 : **시간별 화밀량** (n=30, 95%**신뢰한계**)>

전체 123개의 화서에서 화밀량이 측정되었는데, 평균 화서당 꽃수는 31.20이었고 이들은 3개의 가지에 특별한 변이를 보이지 않고 분포되어 있었다(표 2).

<표 2 : 가지간 화서당 꽃수 변이 분석>

Source	DF	SS	MS	F	p-값
가지간	2	35.17	17.59	1.25	0.2915
가지내	120	1694.15	14.12		
전 체	122	1729.32			

*(R-Square : 0.020338)

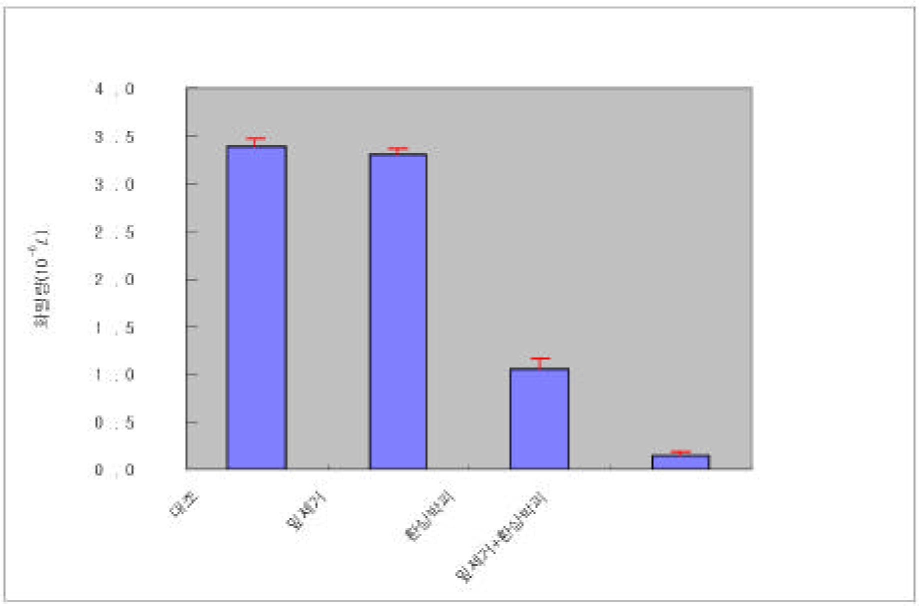
또한 만개일의 평균 꽃당 화밀량은 3.5μL를 나타내었는데, 이 역시 3개의 가지에 특별한 변이를 보이지 않고 분포되어 있었다 (표 3).

<표3 : 가지간 꽃당 화밀량 변이 분석>

Source	DF	SS	MS	F	p-값
가지간	2	0.65	0.32	1.28	0.2795
가지내	297	75.02	0.25		
Total	299	75.66			

*(R-Square : 0.008547)

처리별 화밀량 (**그림** 7) **관찰 결과, 꽃이 피는 가지의 잎을 제거한 것만으로는 화밀량에 유의한 변화를 이끌어내지 못했으나, 환상박피 효과는 크게 나타났으며, 잎 제거에 환상박피까지 처리된 화서는 거의 꿀을 생산해내지 못했다. 이것은 아까시나무 꽃에서 생산되는 꿀이 인접한 잎에서 광합성을 통해 생산되는 것보다는 가지간 양분 교환에 주로 의존한다는 증거로 생각된다.**



<**그림** 7 : **잎제거와 환상박피 처리별 화밀량**(n=150, 95% **신뢰한계**) >

전체적으로, 이 실험 결과는 지금까지 이루어져 왔던 아까시나무 개체 화밀량 측정법에 타당성을 부여해 주었다고 보여지며, 앞으로는 이렇게 얻어진 개체 화밀량 자료를 지역 화밀량 추정에 사용할 근거를 마련하기 위한 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

나. 단위 면적당 화밀량 조사

1) ha 당 화밀량 조사

가) 꽃당 화밀량 조사

1998년 5월 중에 경기도의 4개 지역에서 총 4,500회의 화밀량 측정이 이루어졌으며 표3에 플롯내 꽃당 화밀량에 대한 주요 기술 통계치들을 열거하였다. 전체적인 평균 꽃당 화밀량은 3.01 μL였으며 표준오차는 0.14로 나타났다.

본 연구에서 관찰된 1998년도 꽃당 화밀량 3.0㎕은 산림청(1994)의 자료인 2.8㎕와 유사하다. 산림청(1994)의 경우 전국 17개 지역에서 선발된 개체들의 평균치에 해당된다. 반면 박용구(1996)는 경기도, 충북, 전북, 경남 지역의 93년도 평균 화밀량을 3.6㎕라고 하여, 본 연구보다 높은 수치를 보였다.

<표4. 1998년도 조사 지역에서의 꽃당 화밀량 기술 통계치>

지역	지방명	반복수	평균 (μL)	표준오차	최대값 (μL)	최소값 (μL)	범위 (μL)
경기남부	여주1	500	3.47	0.067	6.8	0.2	6.6
	여주2	500	3.68	0.075	7.0	0.2	6.8
	양평	500	2.70	0.055	6.2	0.1	6.1
경기북동부	포천1	500	2.48	0.066	8.0	0.1	7.9
	포천2	500	3.37	0.070	7.0	0.1	6.9
	포천3	500	2.98	0.070	7.0	0.1	6.9
경기북서부	파주1	500	1.72	0.048	5.0	0.0	5.0
	파주2	500	3.63	0.045	6.0	0.8	5.2
	파주3	500	3.08	0.062	7.0	0.1	6.9
평균		500	3.01	0.062	6.67	0.19	6.48

* plot의 크기는 30×30㎡임, 한 plot 내에서 10그루의 아까시나무의 꽃을 조사하였다.

분산분석 결과는 <표 5>에 나타나 있는데, 플롯간, 개체간, 가지간, 화서간 차

이가 모두 매우 높은 수준에서 유의한 것으로 나타났으나, 지역간 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 즉 지역이 멀리 떨어지더라도 한 지역내의 플롯간에서 나타나는 변이를 넘을 정도로 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 보인다. 반면, 가지간 및 화서간 변이가 유의하게 나타나는 것으로 보아 개체당 화밀량 측정시 이러한 수준에서의 샘플링이 충분한 반복수를 가지고 이루어져야 할 것으로 보인다.

< 표 5: 꽃당 화밀량 분석 결과 >

요 인	자유도	자승합	평균자승합	F 값	Pr > F
지역간	2	176. 820164	88. 410082	0. 373	0. 7035
플롯간	6	1421. 848853	236. 974833	8. 512	0. 0000
개체간	81	2255. 028540	27. 839855	5. 824	0. 0000
가지간	360	1721. 015600	4. 7805988	1. 445	0. 0001
화서간	450	1488. 381000	3. 3075133	3. 558	0. 0000
꽃간 (오차)	3600	3346. 256000	0. 9295155		
전체	4, 499	10, 409			

<표 6>에 꽃당 화밀량 변이를 분석한 결과를 표시하였다. 지역간 변이는 전체 변이에 전혀 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며 가장 높은 변이를 나타낸 것은 오차, 즉 꽃간 화밀량 측정치였다. 나머지 변이들은 플롯, 개체 및 화서 간에 비교적 고르게 분포되어 있었으며 가장 낮은 변이를 보인 것은 가지간 변이였다.

< 표 6: 꽃당 화밀량 변이 분석 >

요인	평균자승합	변이 요소	전체에 대한 비율
지역간	88. 410082	-0. 099043	0. 0000
플롯간	236. 974833	0. 418270	17. 1995
개체간	27. 839855	0. 461185	18. 9642
가지간	4. 7805988	0. 147309	6. 0574
화서간	3. 3075133	0. 475600	19. 5569
꽃간 (오차)	0. 9295155	0. 929516	38. 2221
전체	2. 313703	2. 431879	100. 0000

<표 7 : 1998년도 경기도 여주, 양평지역에서의 개체당 화밀량 추정치>

지역	지방명	번호	수고 (m)	DBH (cm)	생육밀도 (개체/100㎡)	개체화밀량 (㎖)
경기남부	여주1	1	13.0	21	3.2	94.0
		2	9.5	26	3.4	411.9
		3	12.7	17	4.8	220.8
		4	15.6	32	3.3	491.5
		5	5.1	6	1.6	23.7
		6	11.7	25	1.5	571.8
		7	6.3	8	1.1	24.7
		8	7.7	10	1.3	71.3
		9	13.5	26	3.4	3,111.2
		10	14.0	28	3.8	524.0
	여주2	11	10.1	12	9.3	113.9
		12	14.7	19	3.7	955.7
		13	14.7	55	5.9	2,043.8
		14	15.0	25	5.6	289.3
		15	8.8	9	3.5	25.0
		16	12.0	19	6.5	90.4
		17	8.5	11	2.3	44.5
		18	16.0	30	2.5	1,478.4
		19	9.4	11	4.5	50.6
		20	14.8	26	8.0	513.5
	양평	21	9.2	15	5.5	20.5
		22	9.7	12	6.5	236.9
		23	10.5	12	5.3	41.3
		24	10.7	14	6.8	63.4
		25	9.3	19	3.5	328.1
		26	10.0	13	3.3	20.1
		27	13.0	21	5.1	194.5
		28	11.5	17	6.1	322.1
		29	8.5	8	8.0	39.7
		30	11.0	14	3.6	241.2

<표 8 : 1998년도 경기도 포천지역에서의 개체당 화밀량 추정치>

지역	지방명	번호	수고 (m)	DBH (cm)	생육밀도 개체수/100㎡	개체화밀량 (㎕)
경기북동부	포천1	31	4.5	19	3.5	715.3
		32	13.2	43	2.4	115.3
		33	15.2	26	3.1	770.7
		34	9.8	12	2.2	245.0
		35	8.1	11	4.9	41.1
		36	17.2	45	3.8	145.7
		37	15.8	17	9.3	340.5
		38	4.3	17	5.5	90.0
		39	14.7	22	6.2	1,000.0
		40	16.3	17	6.4	353.3
	포천2	41	13.5	20	4.4	1,126.2
		42	11.7	14	5.0	305.4
		43	12.0	8	3.2	55.1
		44	15.8	21	3.5	154.3
		45	12.7	16	4.2	35.0
		46	10.3	10	2.1	101.9
		47	9.5	7	1.9	19.6
		48	13.1	18	2.1	1,124.4
		49	14.1	26	6.2	293.8
		50	7.5	6	6.4	100.2
	포천3	51	14.0	21	3.7	587.7
		52	13.2	19	3.5	525.4
		53	10.5	11	1.6	104.3
		54	12.0	22	1.2	292.2
		55	12.7	30	2.5	596.7
		56	10.3	14	3.7	679.9
		57	10.8	15	2.2	255.5
		58	14.8	16	5.8	346.8
		59	14.7	22	6.2	208.5
		60	9.2	5	6.4	44.5

<표 9 : 1998년도 경기도 파주지역에서의 개체당 화밀량 추정치>

지역	플롯번호	번호	수고 (m)	DBH (cm)	생육밀도 개체수/100㎡	개체화밀량(㎕)
경기북서부	파주1	61	9.3	8	3.1	61.9
		62	11.5	12	3.4	91.7
		63	12.0	14	3.3	2,146.6
		64	10.3	9	2.5	5.4
		65	11.7	16	3.1	220.5
		66	10.3	14	4.0	122.6
		67	9.0	13	3.6	192.4
		68	7.8	7	2.7	5.3
		69	11.0	13	6.2	48.2
		70	10.3	12	6.4	77.9
	파주2	71	15.0	22	3.5	3,183.1
		72	5.8	11	3.5	424.6
		73	14.7	23	4.0	557.8
		74	17.1	16	3.3	837.2
		75	17.5	30	3.8	662.8
		76	11.2	12	3.0	297.0
		77	9.6	10	4.4	590.3
		78	18.3	27	3.3	1,088.7
		79	11.5	16	6.2	105.1
		80	12.5	14	6.4	167.8
	파주3	81	11.0	8	3.3	16.3
		82	8.8	4	4.0	38.5
		83	9.8	8	5.2	52.0
		84	13.3	20	3.4	55.2
		85	15.0	20	2.5	1,604.8
		86	12.3	12	3.8	165.5
		87	9.2	10	6.2	44.5
		88	10.7	9	3.5	186.0
		89	12.7	13	6.2	228.3
		90	14.0	17	6.4	1,947.7

나) 개체당 화밀량 조사

1998년도 5월에 조사된 4,500회의 화밀량 측정을 바탕으로 총 90그루에 대한 개체당 화밀량이 얻어졌다(표7, 8, 9). <표 10>에 플롯내 개체당 화밀량에 대한주요 기술 통계치들을 열거하였다. 개체당 꽃수는 양평의 경우 55,815개로 가장 적었으며, 파주2지역의 경우 465,950개로서 가장 많았고, 9개 지역의 개체당 평균 꽃수는 159,798개 이었다. 이 수치는 박용구(1996)가 1993년부터 1995년 까지 전국을 대상으로 조사한 수치와 유사하다. 즉 박용구(1996)는 1993년의 경우 개체당 꽃수가 203,007개 이었고, 1994년의 경우 156,137개 였으며, 1995년의 경우 195,191개라고 하였다.

본 연구에서 <표 10>과 같이 총 90그루의 평균 개체당 화밀량은 529.5㎖이었고 표준오차는 140.2로 나타났다. 이 수치는 박용구(1996)가 발표한 93년도 전국 평균치인 개체당 629㎖(이 경우 평균 흉고직경이 14.3㎝임)와 유사한 수치이다. 그러나 개체당 화밀량은 매년 차이가 있어서 94년도 전국 평균치는 388㎖(평균 흉고직경 15.0㎝)이었고, 95년도 평균치는 819㎖(평균 흉고직경 16.6㎝)로서 변이가 큰 편이며(박용구, 1996), 기상 조건에 따라서 화밀량이나 개화량이 변화함을 알 수 있다.

<표 10 : 1998년도 조사 지역에서의 개체당 화밀량 통계치>

지역	지방명	반복수	꽃당 화밀량 (μℓ)	평균수고 (m)	평균DBH (㎝)	생육밀도 (개체 /100㎡)	개체당 꽃수	개체당 화밀량 (㎖)
경기남부	여주1	10	3.47	10.91	19.90	2.74	159,798	554.5
	여주2	10	3.68	12.40	21.70	5.18	152,310	560.5
	양평	10	2.70	10.34	14.50	5.37	55,815	150.7
경기북동부	포천1	10	2.48	11.91	22.90	4.73	153,911	381.7
	포천2	10	3.37	12.02	14.60	3.90	98,398	331.6
	포천3	10	2.98	12.22	17.50	3.68	122,215	364.2
경기북서부	파주1	10	1.72	10.32	11.80	3.83	172,849	297.3
	파주2	10	3.63	13.32	18.10	4.14	465,950	1,691.4
	파주3	10	3.08	11.68	12.10	4.45	140,877	433.9
평균		10	3.47	10.91	19.90	2.74	159,798	529.5

위의 자료에 대한 분산분석 결과가 <표 11>에 나타나 있다. 지역간 화밀량 차이는 여전히 유의하지않은 것으로 나타났으며 플롯간 변이 역시 꽃당 화밀량 분석 결과와는 달리 유의하지 않게 나타났다. 이것으로 보아 개체당 화밀량 계산에 주로 영향을 미치는 두 인자, 즉 꽃당 화밀량과 개체당 꽃수 중 개체당 꽃수의 변이가 매우 높기 때문에 꽃당 화밀량에 의한 차이가 개체당 화밀량 차이 계산에 있어 반영되지 못하는 것으로 보인다.

< 표 11: 개체당 화밀량 분석 결과 >

요인	자유도	자승합	평균자승합	F 값	Pr > F
지역간	2	3, 536, 712	1, 768, 356	0. 821	0. 4841
플롯간	6	12, 928, 884	2, 154, 814	1. 597	0. 1587
개체간(오차)	81	109, 297, 838	1, 349, 356		
전체	89	125, 763, 433			

<표 12>에 개체당 화밀량 변이를 분석한 결과를 표시하였다. 대부분의 변이가 오차, 즉 개체간에서 나타나며 지역간 변이는 역시 아무런 영향도 미치지 못하였다. 개체간 화밀량의 경우 꽃당 화밀량과는 달리 개체의 전체적인 크기에 많은 영향을 받을 것이기 때문에 동령림이 아니니 한 변이가 크게 나타나는 것은 당연한 결과일 것으로 생각된다.

< 표 12: 개체당 화밀량 변이 분석 >

요인	평균자승합	변이 요소	전체에 대한 비율
지역간	1, 768, 356	-12, 882	0. 0000
플롯간	2, 154, 814	80, 546	5. 6330
개체간 (오차)	1, 349, 356	1, 349, 356	94. 3670
전체	1, 413, 072	1, 429, 902	100. 0000

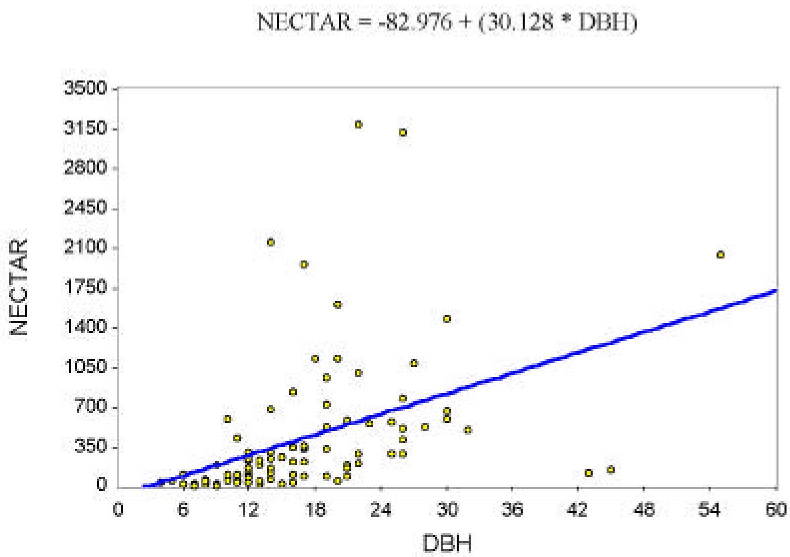
다) 생장지수와 개체당 화밀량과의 회귀모델

9개의 플롯에서 90개체를 대상으로 개체당 화밀량(㎖)과, 수고(m), 흉고직경(cm)을 측정하고, 생장밀도를 포함하여 3개의 변수를 회귀계수로 하여 생장지수에 따른 개체당 화밀량 추정 회귀모델을 작성하였다. 왜도가 높은 화밀량과 흉고직경은 로그변환시켰을 때 모델의 설명력이 높았다. 화밀량에 상관관계를 갖는 변수는 흉고직경(DBH), 수고(Height)로서, 두 변수를 이용하여 각각의 단순회귀모델을 구한 바 로그변환된 흉고직경의 설명력이 42%로서 수고의 31%보다 높았다(그림 8, 그림 9, 표 13, 표 14). 상관관계가 극히 낮은 생장밀도는 무시했다.

두 변수를 모두 사용하여 후방소거법(Backward Elimination, 변수제거기준 P≥0.055)으로 다중회귀모델을 구하였을 때는 DBH만이 유의한 변수로 인정되었다. 따라서 아까시나무의 개체당 화밀량은 <식 1>의 DBH만을 사용한 단순회귀모델로 42%가량의 변이를 설명할 수 있다<표 13>.

1) 흉고직경과 화밀량의 직선회귀모델

조사대상 개체들의 흉고직경의 분포가 정규분포에서 약간 벗어나 흉고직경이 작은 개체들이 많았으므로 직선회귀식에 잘 적합되지 않았다(R^2=0.1823).



< 그림 8 : 흉고직경과 화밀량 간의 직선회귀식 >

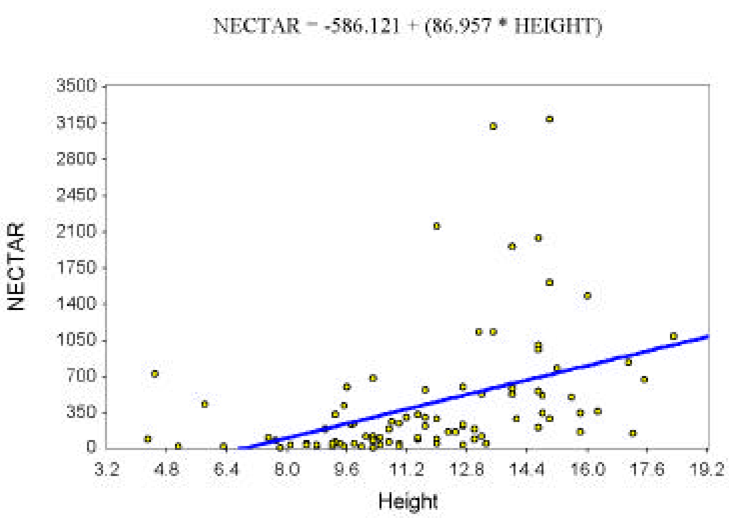
<표 13. 흉고직경과 화밀량간의 회귀분석>

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Regression	1	6160438.9650	6160438.9650	19.615	.0000
Residual	88	27637954.2679	314067.6621		

Variable	B	SE B	95% confidence interval		t	Sig t
Intercept	-82.9761	129.9253	-341.1356 to	175.1835		
DBH	30.1278	6.8026	16.6112 to	43.6444	4.429	.0000

2) 수고와 화밀량의 직선회귀모델

조사대상 개체들의 수고 분포는 흉고직경의 분포보다는 왜도가 낮았으나, 약 12 16미터 범위에서 화밀량의 변이가 매우 높아 직선회귀식의 설명력이 낮았다 (R^2=0.1775)



< 그림 9 : 수고와 화밀량 간의 직선회귀식 >

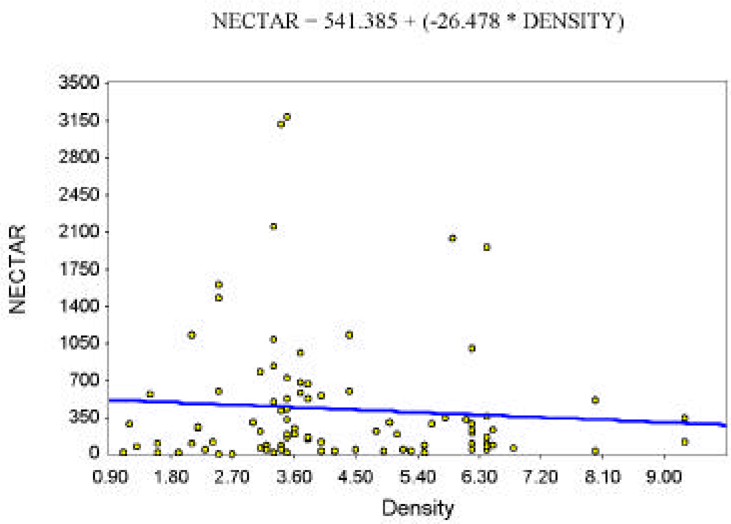
<표 14. 수고와 화밀량간의 회귀분석>

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Regression	1	5930015.7883	5930015.7883	18.725	.0000
Residual	88	27868377.4446	316686.1073		

Variable	B	SE B	95% confidence interval		t	Sig t
Intercept	-586.1214	242.0900	-1067.1503 to	-105.0926		
DBH	86.9566	20.0950	47.0280 to	126.8851	4.327	.0000

3) **생육밀도와 화밀량 간의 직선회귀모델**

생육밀도는 화밀량에 거의 아무런 상관관계를 보이지 않았다(R^2=0.0059)



< **그림** 10 : **생육밀도와 화밀량 간의 직선회귀식** >

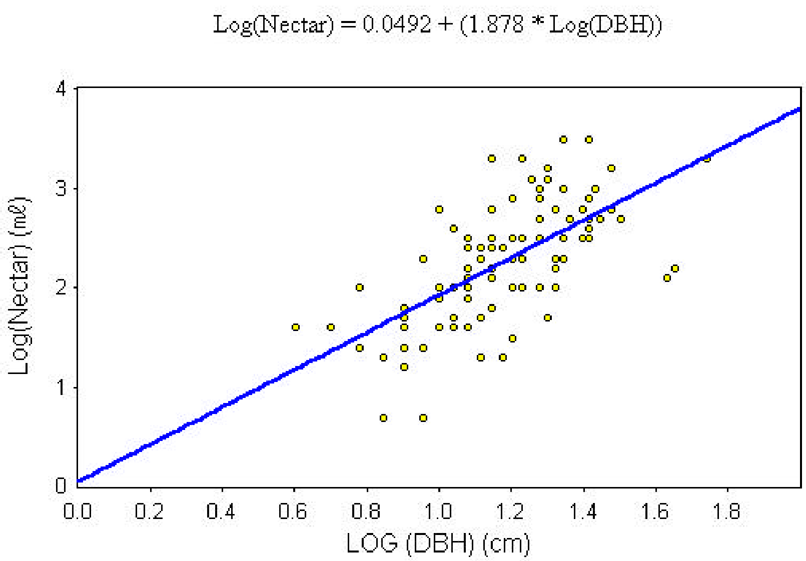
<**표** 15. **생육밀도와 화밀량간의 회귀분석**>

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Regression	1	200187.5549	200187.5549	.524	.4709
Residual	88	33598205.6779	381797.7918		

Variable	B	SE B	95% confidence interval		t	Sig t
Intercept	541.3847	167.6413	208.2841 to	874.4853		
DBH	-26.4777	36.5661	-99.1339 to	46.1785	.724	.4709

4) **흉고직경과 화밀량 간의 로그변환 회귀모델**

흉고직경과 화밀량의 분포에서 왜도가 높은 점을 감안하여, 두 변수를 로그 변환시킨 후 직선회귀식에 적합시켰을 때 흉고직경만을 사용한 단순회귀모델의 설명력(R^2)은 0.1823**에서** 0.4230**으로 크게 증가하였다.**



<**그림** 11. **흉고직경**(DBH, cm)**과 개체당 화밀량**(Nectar, mℓ)**과의 회귀곡선**>

< **식** 1 : **흉고직경**(DBH, cm)**과 개체당 화밀량**(Nectar, mℓ)**과의 회귀모델** >

$$\text{Log(Nectar)} = 0.04917 + 1.8785 \times \text{Log(DBH)}$$

(R = .6504 R Square = .4230 sig. of R = .0000)

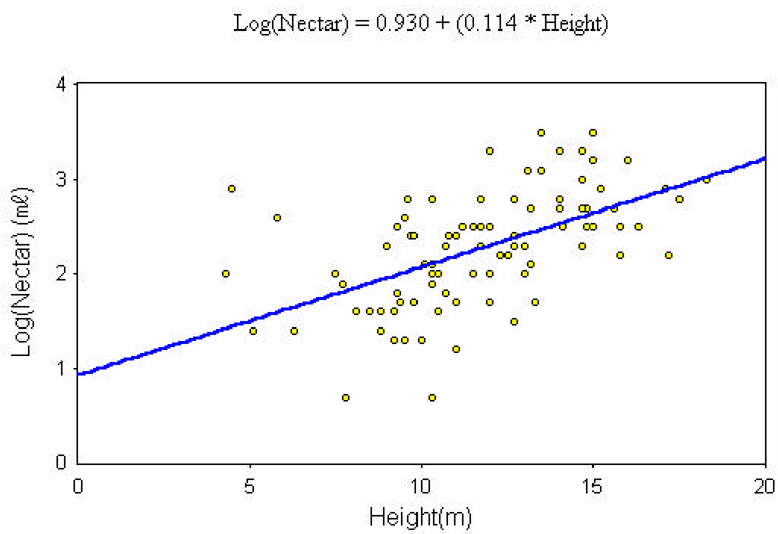
< 표 16 : 로그변환된 흉고직경과 개체당 화밀량과의 회귀분석>

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Regression	1	14.1640	14.1640	64.518	.0000
Residual	88	19.3192	.2195		

Variable	B	SE B	95% confidence interval		t	Sig t
Intercept	.04917	.2803	-.5078 to	.6062		
LOGDBH	1.8785	.2339	1.4138 to	2.3432	8.032	.0000

5) **수고와 화밀량 간의 로그변환 회귀모델**

수고 만을 사용한 단순회귀모델 역시 로그변환시켰을 때, 모델의 설명력(R^2)**이** 0.1775**에서** 0.3062**으로 크게 증가하였다. 그러나 흉고직경만을 사용한 로그변환 단순회귀모델의 설명력**(R^2) 0.4230**보다는 낮았다. 일반적으로 흉고직경과 수고는 모두 개체의 크기를 결정하는 중요 변수들이기 때문에, 화밀량은 일차적으로 개체의 크기와 밀접한 관계를 갖는 다고 할 수 있다.**



<**그림** 12. **수고**(Height, m)**과 개체당 화밀량**(Nectar, ㎖)**과의 회귀곡선**

< **식** 2 : **수고**(Height, m)**과 개체당 화밀량**(Nectar, ㎖)**과의 회귀모델** >

Log(Nectar) = 0.9301 + 0.1143 × Height

(R = .5533 R Square = .3062 sig. of R = .0000)

< 표 17 : 수고와 개체당 화밀량과의 회귀분석>

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Regression	1	10.2524	10.2524	38.837	.0000
Residual	88	23.2309	.2640		

Variable	B	SE B	95% confidence interval		t	Sig t
Intercept	.9301	.2210	.4909 to	1.3693		
HEIGHT	.1143	.01835	.07788 to	.1508	6.232	.0000

6) 흉고직경, 수고, 밀도와 화밀량 간의 다중회귀모델

단순회귀모델에서 설명력이 높았던 로그변환된 흉고직경, 수고와 잘 적합되지는 않았던 생육밀도 모두를 사용하여 화밀량과의 다중회귀모델을 후방소거법(backward elimination)으로 적합시켰을 때, 모델의 설명력에 유의한 효과를 나타내는 변수는 로그변환된 흉고직경 뿐으로 나타났다. 따라서 화밀량은 흉고직경 하나만을 사용한 단순회귀모델로 42%가량의 변이를 설명할 수 있는 것으로 나타났다.

<표 18. 흉고직경(DBH), 수고(Height), 밀도(Density)와 개체당 화밀량과의 다중회귀분석>

```
MULTIPLE REGRESSION: LOGNECTAR    Log(Nectar)
 Dependent Variable:  LOGNECTAR    Log(Nectar)
 Method: Backward elimination    (P to Remove =0.055)
```

********************************** STEP 1 **********************************

Variable(s) entered on Step 1   LOGDBH LOG(DBH)

HEIGHT Height

DENSITY Density

********************************** STEP 2 **********************************

Variable(s) removed on Step 2   DENSITY Density

Significance test for change

Source	D.F.	Sum of Squares	Rsq Chg	F Ratio	F Prob.
New variable(s)	1	-.0173	.4457	.080	.7775
Regression	2	14.9229			
Residual	87	18.5603			

Multiple Regression

Multiple R = .6676   sig. of R = .0000

Multiple R Square = .4457

Adjusted R square = .4329

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Regression	2	14.9229	7.4614	34.975	.0000
Residual	87	18.5603	.2133		

Equation: LOGNECTAR = .03035 + (1.4737 * LOGDBH) + (.04250 * HEIGHT)

Variables in the equation

Variable	B	SE B	95% confidence interval		Tolerance
Intercept	.03035				
LOGDBH	1.4737	.3150	.8479 to	2.0996	.5357
HEIGHT	.04250	.02253	-.002275 to	.08727	.5357

Variable	Beta	SE Beta	Correl	S-Part	Partial	t	Sig t
LOGDBH	.5103	.1091	.6504	.3735	.4484	4.679	.0000
HEIGHT	.2057	.1091	.5533	.1505	.1982	1.886	.0626

********************************** STEP 3 **********************************

Variable(s) removed on Step 3 HEIGHT Height

Significance test for change

Source	D.F.	Sum of Squares	Rsq Chg	F Ratio	F Prob.
New variable(s)	1	-.7588	-.0227	3.557	.0626
Regression	1	14.1640			
Residual	88	19.3192			

Multiple Regression

Multiple R = .6504 sig. of R = .0000

Multiple R Square = .4230

Adjusted R square = .4165

Analysis of Variance

Sum of Mean F F

Source	D.F.	Squares	Squares	Ratio	Prob.
Regression	1	14.1640	14.1640	64.518	.0000
Residual	88	19.3192	.2195		

Equation: LOGNECTAR = .04917 + (1.8785 * LOGDBH)

Variables in the equation

Variable	B	SE B	95% confidence interval		Tolerance
Intercept	.04917				
LOGDBH	1.8785	.2339	1.4138 to	2.3432	1.0000

Variable	Beta	SE Beta	Correl	S-Part	Partial	t	Sig t
LOGDBH	.6504	.0810	.6504	.6504	.6504	8.032	.0000

Significance test for change

		Sum of		F	F
Source	D.F.	Squares	Rsq Chg	Ratio	Prob.
New variable(s)	1	-.7588	.0000	3.557	.0626
Regression	1	14.1640			
Residual	88	19.3192			

Multiple Regression

Multiple R = .6504 sig. of R = .0000

Multiple R Square = .4230

Adjusted R square = .4165

Analysis of Variance

		Sum of	Mean	F	F
Source	D.F.	Squares	Squares	Ratio	Prob.
Regression	1	14.1640	14.1640	64.518	.0000
Residual	88	19.3192	.2195		

Equation: LOGNECTAR = .04917 + (1.8785 * LOGDBH)

Variables in the equation

Variable	B	SE B	95% confidence interval		Tolerance
Intercept	.04917				
LOGDBH	1.8785	.2339	1.4138 to	2.3432	1.0000

Variable	Beta	SE Beta	Correl	S-Part	Partial	t	Sig t
LOGDBH	.6504	.0810	.6504	.6504	.6504	8.032	.0000

Summary Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
LOGDBH	1	14.1640	14.1640	64.518	.0000
Explained	1	14.1640	14.1640	64.518	.0000
Residual	88	19.3192	.2195		
Total	89	33.4832	.3762		

VALID CASES: 90 MISSING CASES: 0

7) **생장지수와 화밀량 예측 모델의 시사점**

이 모델에서 시사되는 바는 첫째, DBH**의 약간의 증가가 화밀량 증가에 큰 영향을 미친다는 점이다.** **표**19**에 나타난 바와 같이** DBH**가** 10cm**에서** 30cm**로 증가되면 화밀량은** 85㎖**에서** 666㎖**로 급격히 증가한다. 이는 우리나라 아까시나무림의 임령이 일정 정도에 이르러 화밀량이 예전에 비하여 크게 증가하였으며, 앞으로도 상당한 기간동안 계속 증가추세가 이어질 것임을 예측하고 있다.**

둘째로, 밀도나 수고보다 흉고직경의 설명력이 높은 것으로 보아 화밀량은 아까시나무의 임내 경쟁과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다. 즉, 임관 상층의 넓은 공간

을 차지했을 때 흉고직경이 증가하는 것이므로, 화밀량 생산량을 증가시키기 위해서는 개체의 크기에 따라 적정한 간벌을 실시하여 수고생장과 부피생장이 동시에 잘 이루어지도록 도모하는 무육작업이 필요하다고 할 수 있다.

< 표 19 : DBH 증가에 따른 개체당 화밀량 추정 환산표>

DBH(cm)	Log(DBH)	Log(Nectar)	Nectar(㎖)
5	0.699	1.3619	23.0
10	1.000	1.9272	84.6
15	1.176	2.2579	181.1
20	1.301	2.4925	310.8
25	1.398	2.6745	472.6
30	1.477	2.8232	665.6
35	1.544	2.9490	889.1
40	1.602	3.0579	1,142.5
45	1.653	3.1547	1,428.0
50	1.699	3.2407	1,740.5
55	1.740	3.3184	2,081.8
60	1.778	3.3894	2,451.5

라) ha당 화밀량 추정

이 회귀식을 근거로 하여 플롯 전체 화밀량 및 플롯내 개체 평균 화밀량을 구한 후, 이로부터 다음과 같은 공식을 사용하여 ha당 예상 화밀량을 구하였다.

ha당 화밀량 = 꽃당 화밀량(㎕) × 화서당 꽃수 × 가지당 화서수 × 개체당 가지수 × ha당 개체수 / 1000

<표 20>에 조사 결과를 표시하였다. 9개 플롯에서 계산된 플롯 전체 화밀량은 평균 20,166㎖였고, ha당 예상 화밀량은 평균 242,741㎖로 나타났다. 조사된 338그루의 아까시나무들은 개체당 약 564㎖의 화밀을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

이렇게 얻어진 ha당 화밀량이 지역간에 차이를 보이는가를 분석한 결과가 표21

에 나타나 있다. 개체당 화밀량과 마찬가지로, ha당 화밀량 역시 플롯간의 변이를 극복할 정도로 높게 나타나지않았다. 이것은 지역내 플롯간의 변이가 매우 크거나 또는 실제로 지역간 차이가 크지 않기 때문인 것으로 보인다.

< 표 20: 조사 지역에서의 ha 당 예상 화밀량 >

지역	플롯	플롯 내개체수	플롯내 평균수고 (m)	플롯내 평균 DBH (cm)	플롯 전체 화밀량 (㎖)	플롯내 개체 평균 화밀량 (㎖)	ha 당 예상화밀량 (㎖)
경기남부	1	34	10.1	18.3	16,650	490	185,005
(여주, 양평)	2	39	10.5	15.9	18,411	472	204,566
	3	35	9.3	12.2	7,499	214	83,320
경기북동부	1	31	13.4	24.3	29,257	944	325,076
(포천)	2	34	12.4	16.8	22,409	659	248,988
	3	42	12.7	18.4	29,354	691	326,161
경기북서부	1	41	10.6	13.7	15.135	369	168,168
(파주)	2	57	13.3	20.1	47,963	841	532,924
	3	25	10.9	10.6	9,942	398	110,462
평균		37.5	11.5	16.7	20,166	564	242,741

< 표 21: ha당 화밀량 분석 결과 >

요인	자유도	자승합	평균자승합	F 값	Pr > F
지역간	2	33,907,724,596	16,953,862,298	0.87	0.4670
플롯간 (오차)	6	117,340,120,258	19,556,686,709		
전체	8	151,247,844,854			

마) 한국 양봉가의 벌꿀 채집 수율 추정

본 연구에서 조사된 경기지역의 아까시나무림의 아까시아 밀도는 417본/ha으로서 이 수치는 과대추정되었을 수 있으나 ha당 400본(평균간격 5×5m)으로 간주되며, 평균수령은 25-30년생으로 추정된다. 최근 양봉업자들은 4톤 트럭에 평균 120통의 벌통을 싣고 한 지역에서 평균 7일간 아까시아 꿀을 채밀하고 있다.

이 기간동안 평균 10 드럼(폭밀의 경우 17드럼까지 가능)의 아까시아 꿀을 생산하고 있으며, 경험상 10ha(아까시나무 약 2,000주)를 기준으로 하여 벌통 120개를 배치하고 있다. 10드럼은 꿀의 비중(1.4)을 감안할 때 2,800kg이 되며, 이는 280kg/ha의 벌꿀생산량에 해당한다. 표16에서 예상되는 현존화밀량을 243 ℓ/ha로 추정하였는데, 이는 채밀된 꿀의 무게로 환산할 경우(화밀의 수분함량 50%, 꿀의 비중 1.4), 169kg/ha에 해당한다. 개화 후 처음 3일간 증발에 의한 자연감소율 30%가량을 감안하여 현존화밀량의 2배가 분비된다고 가정할 경우 ha당 총벌꿀생산량은 338kg/ha로 추정된다. 이 수치는 헝가리의 경우 20-25년생 아까시나무의 경우 407-369kg/ha의 벌꿀생산량과 비교하여 유사한 수치라고 할 수 있다.

한국 양봉가의 경험치인 280kg/ha의 채밀량은 총벌꿀생산량 338kg/ha의 67%가량의 수율에 해당한다. 양봉가의 경험에 의하면 아까시아 꿀의 경우 꿀벌이 약 70%정도의 화밀을 수집하는 것으로 알려져 있어 본 연구의 결과와 대략적으로 일치하고 있다. 그러나 헝가리의 경우는 꿀벌에 의한 화밀수집수율이 약 20%내외에 불과한 것으로 알려져 있다 (Halmagyi-Kereztesi, 1975).

Koltowski와 Mah(1998)는 한국 아까시나무의 분포 밀도를 200본/ha로 계산할 경우, 화밀량을 설탕함량 기준으로 78-84kg/ha, 혹은 꿀 기준으로 98-105kg/ha로 추정하였다. 이것을 본 연구에서와 같이 400본/ha로 계산하면 196-210kg이 되어 본 연구결과 338kg/ha와 차이가 있었다.

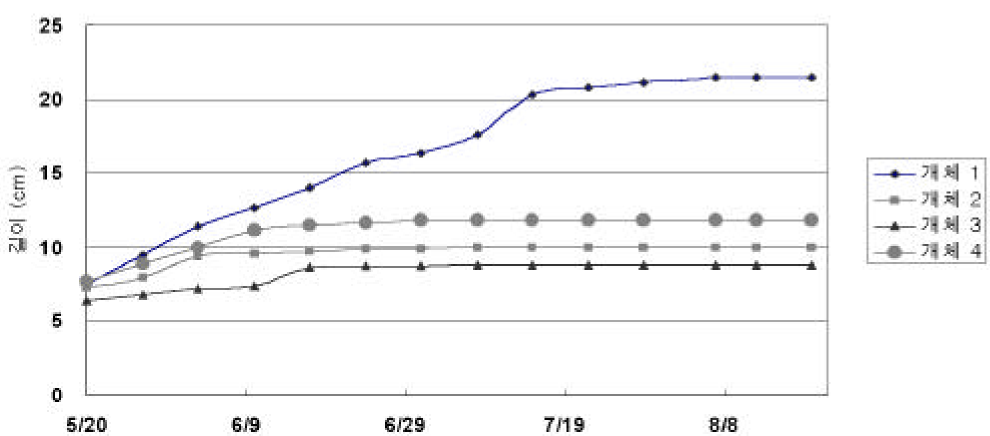
다. 화아원기 형성시기와 화아발달과정 구명

1) 화아원기 형성시기 규명을 위한 개체선발

경기도 아까시나무림에서의 화밀량 조사를 마친 후부터 는 아까시나무 화아원기 형성 시기를 조사하기 위해 꽃눈 채취와 함께 가지의 길이 생장 유형을 조사하였다. 서울대학교 농업생명과학대학 내의 아까시나무들 중 4개체를 선정하여 각 개체에서 3개씩의 가지에서 올해 발생한 가지의 길이를 약 일주일 단위로 측정하였다.(표22) 그결과 그림5에서 보는 것처럼 개체간에 차이는 있으나 6월 초부터 7월 중순까지 길이 생장이 완료되는 것으로 나타났다. 아까시나무의 원기 형성 시기는 6월부터 낙엽이 지기 전의 어느 시기일 것으로 추측되는 만큼 이 기간 동안에 가지 및 꽃눈의 관찰이 주의깊게 이루어져야 할 것으로 보인다.

<표 22 : 아까시나무 가지의 길이 생장 자료>

가지 / 날짜	개체 1			개체 2			개체 3			개체 4		
	가지1	가지2	가지3	가지4	가지5	가지6	가지7	가지8	가지9	가지10	가지11	가지12
05월 20	12.4	6.4	3.8	16.6	2.4	3.0	13.4	1.8	4.0	6.6	9.4	7.2
05월 27	14.8	8.5	5.2	18.4	2.4	3.2	13.5	2.4	4.5	7.2	11.2	8.2
06월 03	19.2	9.2	5.8	22.6	2.4	3.3	13.6	2.8	5.2	8.3	13.4	8.2
06월 10	22.3	9.6	6.2	22.8	2.6	3.3	13.7	2.9	5.5	9.8	15.5	8.2
06월 17	26.0	9.7	6.3	23.0	2.8	3.3	14.0	5.5	6.3	10.3	15.7	8.4
06월 24	31.0	9.7	6.3	23.5	2.8	3.3	14.2	5.5	6.5	10.5	15.7	8.9
07월 01	33.0	9.8	6.4	23.5	2.8	3.4	14.3	5.5	6.5	10.8	15.7	8.9
07월 08	36.5	9.8	6.6	23.5	3.0	3.4	14.3	5.6	6.5	10.8	15.8	8.9
07월 15	44.5	9.8	6.6	23.5	3.1	3.4	14.3	5.7	6.5	10.8	15.8	8.9
07월 22	46.0	9.9	6.6	23.5	3.1	3.4	14.3	5.7	6.5	10.8	15.8	8.9
07월 29	47.0	9.9	6.6	23.5	3.1	3.4	14.3	5.7	6.5	10.8	15.8	8.9
08월 07	48.0	9.9	6.6	23.5	3.1	3.4	14.3	5.7	6.5	10.8	15.8	8.9
08월 12	48.0	9.9	6.6	23.5	3.1	3.4	14.3	5.7	6.5	10.8	15.8	8.9
08월 19	48.0	9.9	6.6	23.5	3.1	3.4	14.3	5.7	6.5	10.8	15.8	8.9



< 그림 13 : 아까시나무 가지의 길이 생장 >

2) **화아원기형성 및 발달 과정**

그림14에서부터 27에 나타난 것과 같이, 아까시나무의 화아원기는 모든 sample에서 관찰되었다. 제일 처음 채취한 6월 30일자 시료에서 이미 초기형태의 화아원기를 발견하였다. 사진3에서 보듯이 꽃눈의 끝부분이 포착되었으며, 주변에 섬모모양의 세포가 관찰되었다. 관찰한 모든 시료의 slide에서 화아원기는 항상 섬모로 둘러 싸여 있고, 단단한 세포로 구성된 방모양의 빈 공간 속에 자리 잡고 있어서, 화아의 존재 여부를 판단하는 데, 도움을 주었다.

7월 7일의 눈에서 화아임을 확신할 수 있는 근거가 나타났다. 즉, 대포자엽의 원시적인 모양을 10개 가량 관찰할 수 있었다. 7월 7일부터 10월 15일까지 큰 변화가 일어나지 않고 있다. 10월 15일과 다음 해 2월 15일의 sample을 서로 비교할 때, 화아원기는 큰 차이를 보이지 않아서, 월동기간 중에 별다른 진전이 없음을 알 수 있었다. 4월 7일에는 완벽한 꽃눈을 형성하였으나, 감수분열을 하고 있다는 증거를 찾을 수 없었다.

결론적으로 본 실험에서 6월 30일에 채취한 눈에서 이미 화아 원기를 발견하였고, 당시의 진전 속도로 볼 때, 아까시나무의 화아 원기는 대개 6월 15일부터 20일 경으로 추정할 수 있다.

과수의 경우에 배나무는 6월 중하순, 사과나무는 7월 상순, 복숭아나무는 8월 상순에 화아원기가 형성된다고 하므로(김 등, 1986), 아까시나무는 비교적 빠른 편에 속한다. 아까시나무의 개화시기가 중부지방에서 대개 5월 20일 경인 것을 감안하면, 화아원기는 개화가 끝난 5월 말부터 약 20일 이내에 형성되기 시작하였다고 할 수 있으며, 이러한 현상은 매우 빠른 진전이라고 할 수 있다. 따라서 6월 15일부터 20일 경의 기상 상태가 다음 해의 아까시나무의 개화에 큰 영향을 미칠 수 있다고 할 수 있다.

3) **사진 설명**

그림 14 : (97년 6월 30일) 세포가 진한 색으로 염색된 부분이 화아원기의 초기형태임

그림 15 : (97년 6월 30일) 사진 1과 같은 날 채집되었으나 세포분열이 더 진행되어 화아원기가 뚜렷하게 형성되어 있음

그림 16 : (97년 6월 30일) 사진 2와 같은 날 채집되었으나 세포분열이 더 진행되어 뚜렷한 화아원기가 형성되고 주변에 섬모가 발생되어 있음

그림 17 : (97년 7월 7일) 원시적인 꽃눈의 형태를 가진 화아원기가 처음으로 관찰됨. 한 개의 겨울눈 속에 두 개의 꽃눈이 있음

그림 18 : (97년 7월 15일) 보다 진전된 화아원기가 관찰됨

그림 19 : (97년 7월 22일) 대포자엽이 7개 이상 형성된 화아원기가 관찰됨(종축단면)

그림 20 : (97년 7월 29일) 화아원기가 더 진전된 모습(횡단면)

그림 21 : (97년 8월 19일) 횡단면상의 화아원기의 모습. 횡단면상에 마치 장미꽃과 같은 모양의 대포자엽을 13개 이상 관찰함

그림 22 : (97년 9월 17일) 횡단면상의 화아원기의 모습. 2개의 독립된 화아원기처럼 보이나 시료고정 과정에서 한 개의 꽃눈이 밀려나서 2개처럼 보일 가능성이 있음

그림 23 : (97년 10월 15일) 종단면상의 화아원기의 모습

그림 24 : (98년 2월 15일) 종단면상의 화아원기가 일부 파손되어 있는 모습. 97년 10월 15일의 모습과 비교하여 별로 진전된 사항이 없음

그림 25 : (98년 3월 24일) 종단면상의 화아원기의 모습

그림 26 : (98년 4월 7일) 종단면상의 화아원기의 모습. 거의 완벽한 화아원기의 모습을 보이며, 98년 2월 15일과 3월 24일과 비교하여 별다른 진전이 없는 모습임

그림 27 : (98년 4월 7일) 사진 13 중에서 한 개의 대포자엽을 확대한 모습(200배)임. 감수분열이 진행중이라는 증거를 찾을 수 없음

◎ **화아원기형성의 날짜별 사진**

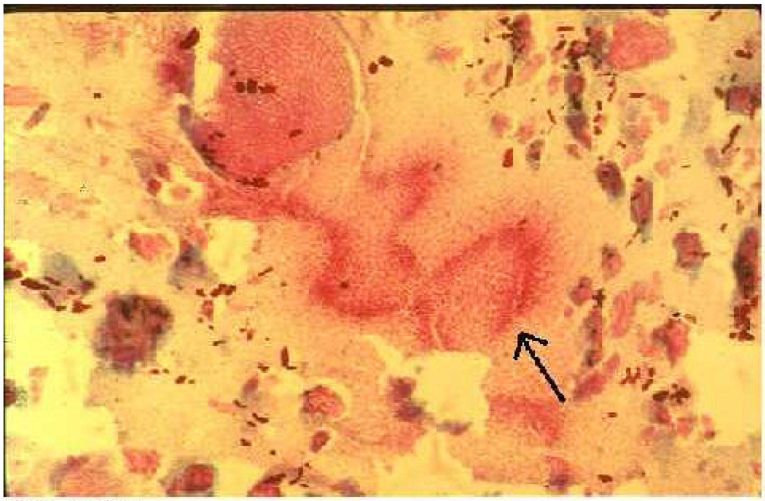


그림 14. 97. 6. 30

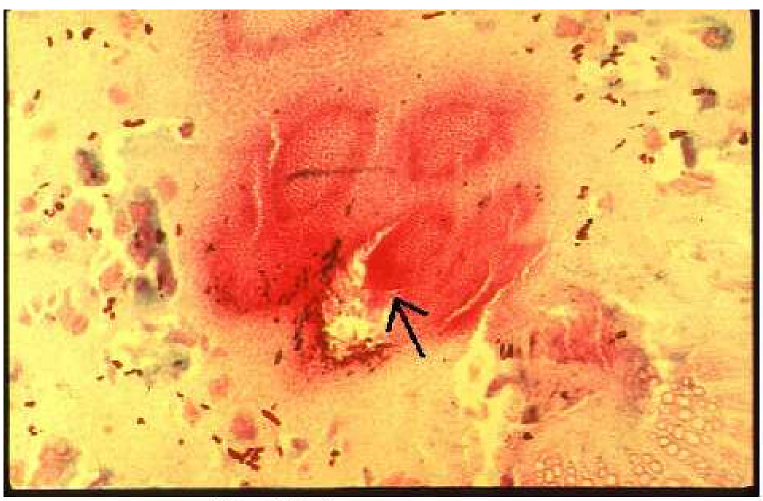


그림 15. 97. 6. 30

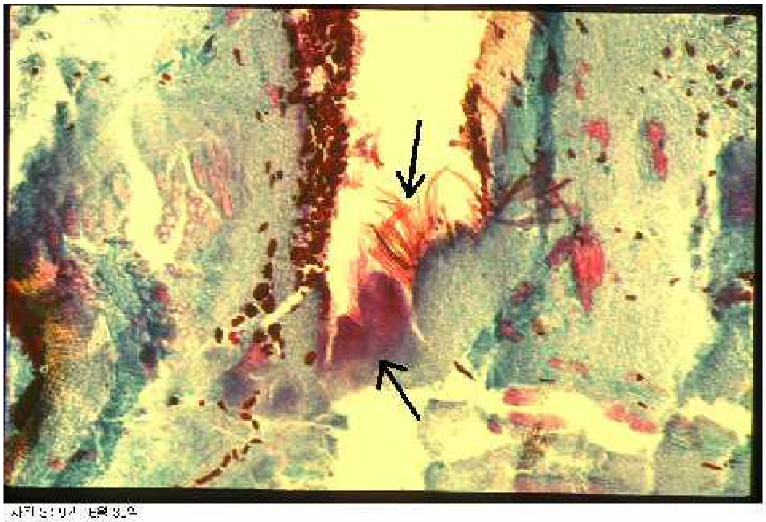


그림 16. 97. 6. 30

그림 17. 97. 7. 7

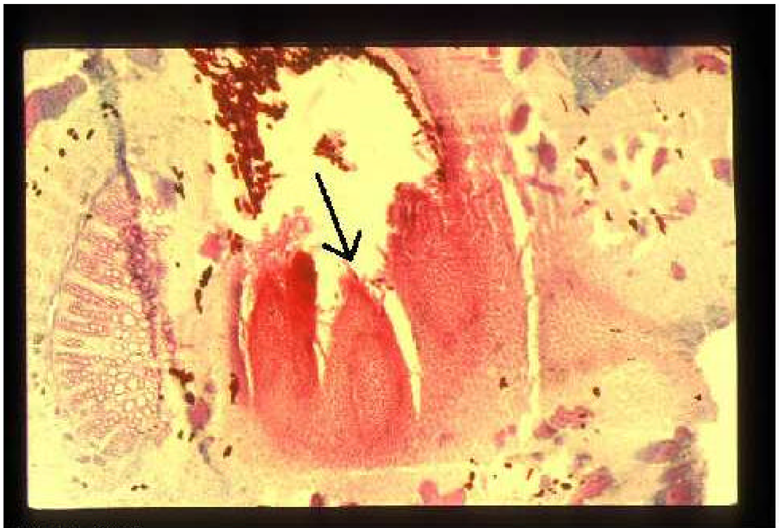


사진 5 : 97년 7월 15일

그림 18. 97. 7. 15

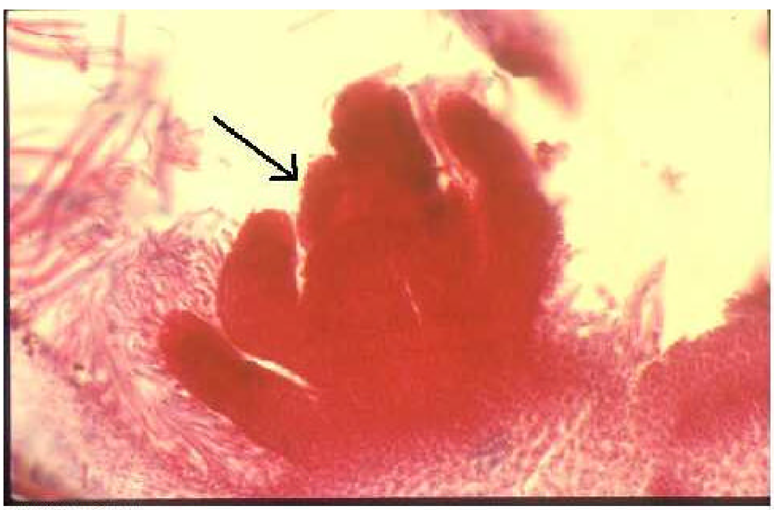


사진 10 : 97년 7월 22일

그림 19. 97. 7. 22

그림 20.   97. 7. 29

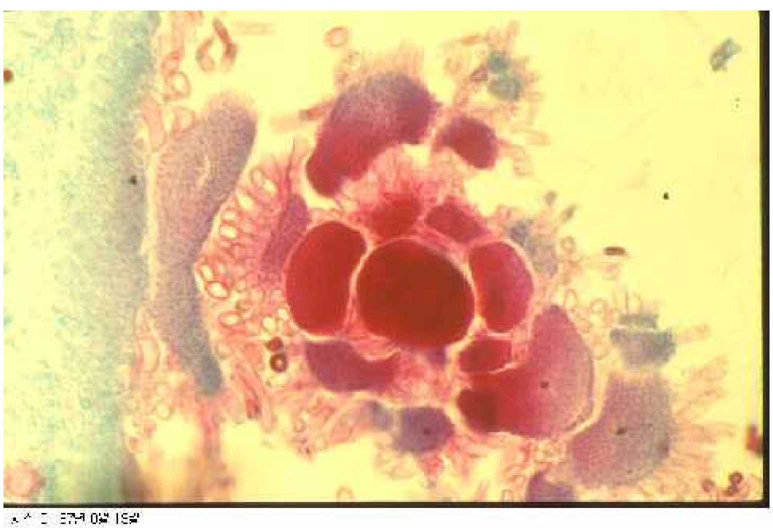


그림 21.   97. 8. 19

그림 22. 97. 9. 17

그림 23. 97. 10. 15

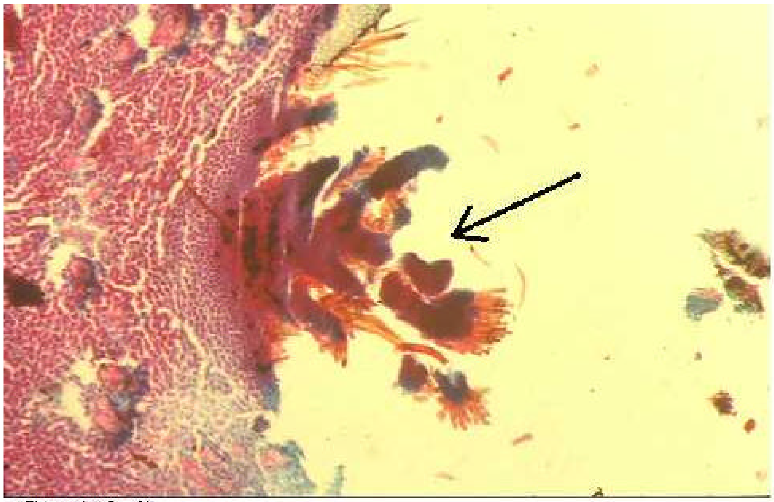


그림 24.   98. 2. 15

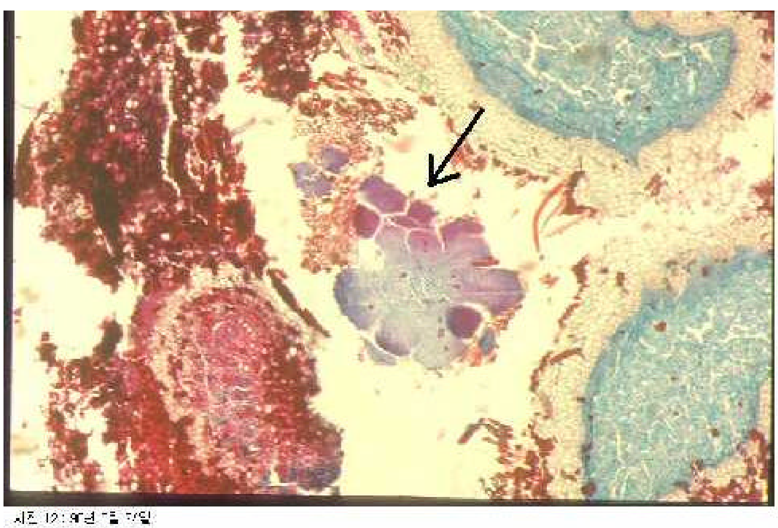


그림 25.   98. 3. 24

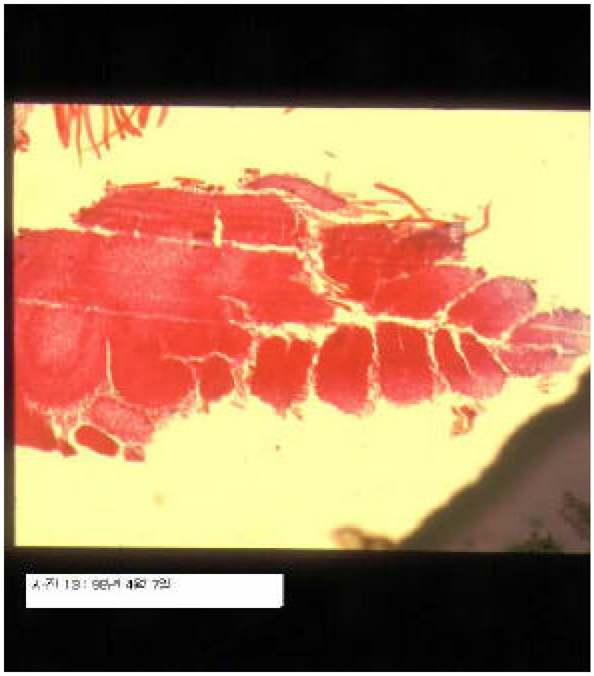


그림 26. 98. 4. 7

그림 27. 98. 4. 7

2. 다화수, 장화기 개체선발

가. 국내집단에서의 선발

1997년도에는 전국에서 13개 지역에서 우수 개체를 선발하였는데 표23에 그 결과를 나타냈다. 전국에서 채밀대상으로 하는 아까시나무림의 평균 흉고직경은 17.5cm로써 비교적 어린 나무라고 할 수 있다. 이러한 숲의 평균수령은 25년 전후로 추측된다. 다화수의 지표가 되는 화서당 꽃수는 전국 평균이 25.8이었으며, 이 중에서 원주집단이 28.5로써 가장 우수하였다.

나무당 꽃수가 가장 많은 지역은 천안으로써, 약 33만개 가량 되었으며, 흉고직경이 23.8cm로써 전국에서 가장 큰 나무로 이루어진 집단이었다. 합천지역은 화서당 꽃의 수도 많고, 단일개체당 꽃수도 우수하였다.

선발 대상 집단의 개체당 평균화밀량은 정읍군(전국평균추정치의 93%)을 제외한 모든 집단에서 전국 평균 추정(표 23 참조)보다 최저 112 1346%까지 높게 나타났다.

표23. **조사집단의 위치및 내용**

위 치	개체수	흉고직경(㎝)	꽃수/화서	꽃수/나무	화밀/꽃(㎕)	화밀/개체(㎖)
강원도 고성군 대진읍	10	16.3	24.6	201,275	2.16	439.3
인천시 강화군 양도면 건평리	10	16.3	27.6	85,072	5.31	458.9
강원도 삼척시 전두리 1**리**	10	19.6	24.8	99,537	1.23	124.0
원주시 소초면 수암리	10	20.1	28.5	178,700	3.8	613.9
충북 진천군 백곡면 대문리	10	22.0	25.8	219,326	2.50	567.7
충남 천안군 북면 남안리	10	23.8	25.8	327,753	3.43	1,144.0
경북 안동시 도산면 온혜리	10	16.9	23.6	109,419	1.58	171.97
전북 군산시 개정면 통사리	10	16.6	24.0	81,773	1.37	112.6
대구광역시 북구 국우동 242-2	15	17.5	24.2	112,228	4.40	494.1
경북 경주시 서악마을	10	15.0	26.4	89,785	1.32	107.0
전북 정읍군 입암면 송정리	10	13.9	24.8	77,919	1.10	78.6
경남 합천군 쌍백면 율리	10	18.5	27.5	266,909	1.96	471.2
경남 의령군 부림면 단원리	12	12.1	28.8	75,971	1.23	94.6
평 균	10.5	17.5	25.8	148,128	2.41	375.2

표24. 1차년도 우량개체 선발

집 단	개체번호	선발이유	기타
강원도 고성군	3, 8번개체	꽃의 수가 많다	
인천시 강화군	1 10	전국에서 화밀량이 가장 우수한 지역	
강원도 삼척시	5, 6, 8, 10	꽃의 수가 많다.	
원주시 소초면	1 10	꽃의 수 및 화밀량이 우수하고 개체간 개화기의 차이가 크다.	
충북 진천시	1, 2	꽃의 수가 올해 조사한 개체중 가장 많다.	
	7	화밀량이 우수하다.	
충남 천안군	1, 2	꽃의 수가 올해 조사한 개체중 가장 많다	
	1 10	화밀량이 많고 개화기차이가 심하다.	
경북 안동시	2, 9	꽃의 수가 많다.	
전북 군산시	3, 7	꽃의 수가 많고 향기가 뛰어나다.	
대구시 서구	1 10	화밀량이 많고, 수형이 우수하다.	
경북 경주시	-	선발개체 없음	
전북 정읍군	-	선발개체 없음	
경남 합천군	8	꽃의 수가 많아서 단일개체 화밀량평균이 1,401㎖로 전국 최고	
경남 의령군	-	선발개체 없음	

나. 선발개체와 외국도입품종의 양묘

1) 선발개체와 외국도입품종의 생장량 비교

표25에 외국도입품종의 98년도 생장량이 국내산과 비교하여 표시되어 있다. 근삽후 1년후의 수고 생장량을 비교할 때 국내산 중에서 가장 우수한 생장량을 보인 것은 합천산으로써 평균 137.8cm 이었다. 두 번째로 우수한 것은 천안산으로서 130.2cm 이었다. 대구산은 평균 수고가 110cm 로서 가장 저조하였다.

특히 합천산은 가장 꼿꼿히 자라며 수피의 색깔이 다른 지역의 묘목보다 더 진한 흑갈색을 띄고 있었다.

헝가리산 도입 품종 중에서는 Pusztavacs 품종의 생장이 가장 우수하였다. 이 품종은 헝가리에서 shipmast 용으로 알려져 있으며, 수간이 곧고 빠른 생장을 보인다.(Keresztesi, 1988)

표 25. 97년도 선발된 우량개체와 헝가리산 품종의 98년도 생장

측 정 / 지 역	평균 (cm)	표준편차 (cm)	번식방법
대구	110	36.3	근삽
합천	137.8	14.1	근삽
천안	130.2	40.6	근삽
원주	118.8	47.4	근삽
강화	118.6	50.0	근삽
mixed	125.1	43.0	종자
Pusztavacs	141.6	44.6	종자
Debreceni	124.7	37.8	종자

단, 근삽 및 파종 일자는 98년 3월이고, 생장조사일자는 99년 3월 10일이다.

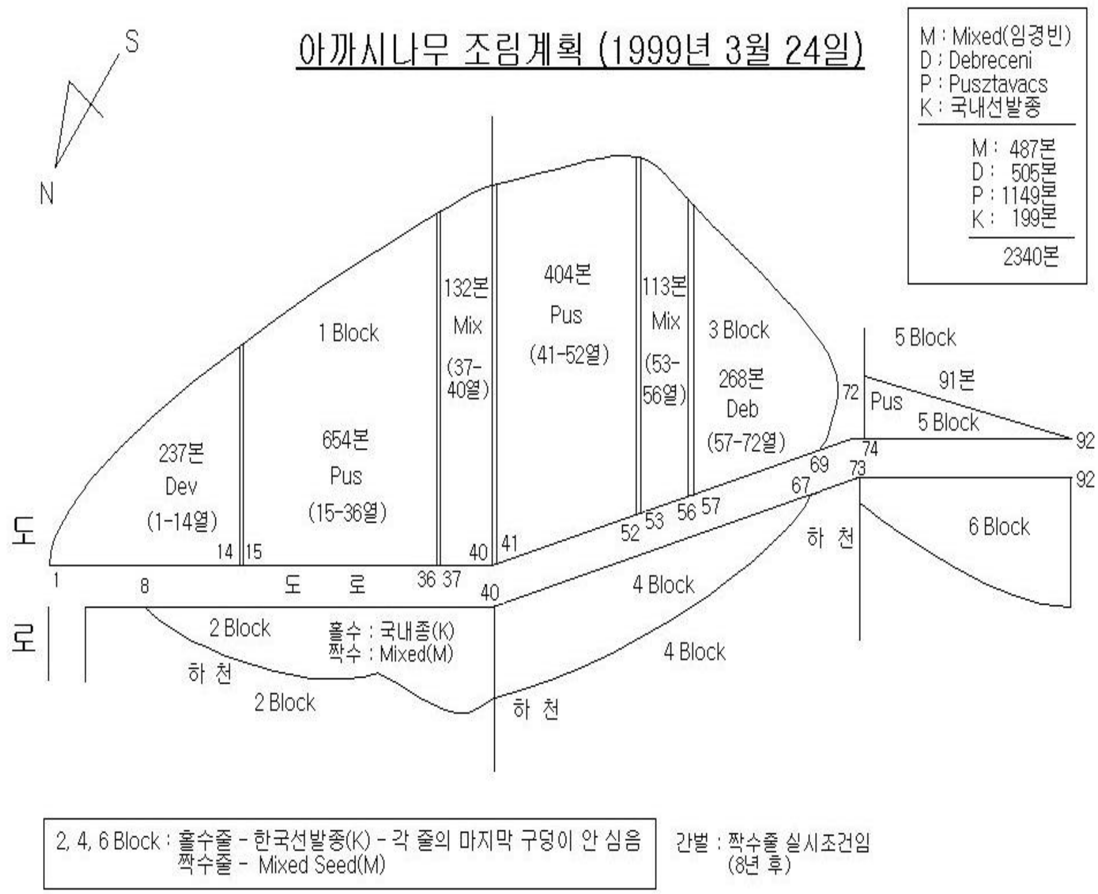

(a)


(b)

<**그림** 28. 99**년도 헝가리 도입 품종과 국내 우량 개체 선발종의 조림지 모습**>

(a) **국내 우량 개체 선발종의 모습**

(b) **헝가리 도입 품종 중** Pusztavacs



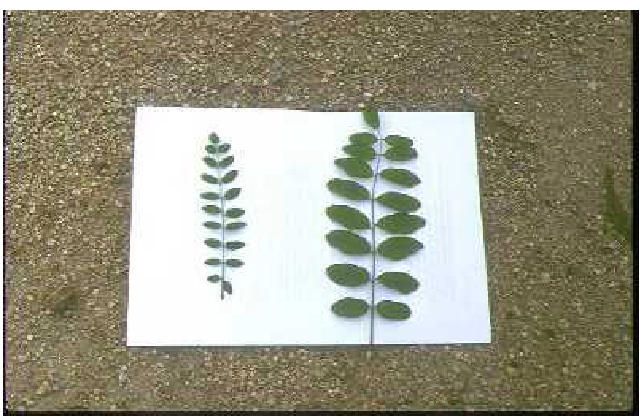
<그림 29. 아까시나무 보존포의 조림지 평면배치도>

2) 우량 개체 근삽묘와 외국산 종자의 파종상 조성

98년도 5월의 개화기 중에 다밀성 개체로 선발된 4개지역의 수고 생장자료가 표 4에 나타나 있다. 국내 4개 산지 중에서 가장 생장이 왕성한 산지는 파주산으로서 평균 수고가 186.8cm 이었다. 구미산은 평균키가 154cm로서 가장 저조한 수치를 보였다. 특히 구미산의 9개 클론 중에서 작은 잎을 가진 왜성 아까시나무가 관찰된 것은 4개 클론이었으며 출현 빈도는 67.7%이었다.

왜성아까시나무의 형태를 가진 구미산의 개체는 잎의 크기가 작은 것을 제외하고는 보통 아까시나무와 똑같은 모양을 하고 있었으며, 이것이 유전적 원인에 의해서 발생된 것인지, 아니면 환경적 변화에 의해서 생긴 것인지는 판단할 수 없었다.(그림 30)

<그림 30. 구미산 왜성 아까시나무>



<그림 31. 왜성구미산과 정상여주산 잎 비교 - 왼쪽 구미산(왜성), 오른쪽(여주산)>

헝가리산 도입 품종의 파종상에서의 생장은 98년도 생장과 약간 차이를 보였다. 즉 Debreceni 품종의 수고 생장이 181.8cm 로서 Pusztavacs보다 우수하였으며, mixed seed는 평균 수고가 202.5cm 로써 가장 우수하였다. 그러나 이러한 수고 생장 자료는 묘포장의 불규칙한 토양 조건으로 인하여 야기된 것으로 판단된다. Jaszkiseri 의 품종은 99년도에 처음으로 파종하였는데 평균 수고가 145.5cm 로서 가장 저조하였으나 불규칙한 토양 조건과 연작으로 인한 생장 저조로 판단된다.(표 26)

헝가리에서 도입한 품종 중에서 Debreceni 는 화밀량이 다른 품종보다 많은 꽃1 개당 4 μL 가량되며, 만기개화로써 채밀기간이 길며, 또한 핑크색 꽃잎을 가지고 있다. 따라서 Debreceni 품종은 관상수로써의 가치도 있으며, 목재 생산도 가능하고, 양봉용으로 적합한 품종으로써, 우리나라에 앞으로 보급할 만한 품종이라고 판단한다.

표26. 98년도 선발된 우량개체와 헝가리산 품종의 생장

측정 / 지역	평균	표준편차	반복수
여주	161.9	36.3	35
구미	154.0	48.0	48
파주	186.8	53.3	19
철원	173.0	46.1	23
Debreceni	181.8	20.1	14
Jaszkiseri	145.5	45.4	60
수원	184	29.6	8
China	150.8	45.3	68
Pusztavacs	175.8	49.7	67
mixed	202.5	38.8	18

단 근삽 및 파종일자는 99년 4월이고 수고 생장 조사 일자는 99년 10월 15일이다.

(a)

(b)

<**그림** 32. 99**년도 헝가리 도입 품종과 중국산 품종의 파종묘포** >

(a) **중국산 품종의 파종묘포**

(b) **헝가리 도입 품종 중** mixed**의 파종묘포**

<그림 33. 국내 우량 선발 개체의 근삽묘포 전경>

다. 선발 개체의 조림지에서의 개화 조사

99년 3월 말에 조림한 2,340본을 대상으로 99년 5월 18일부터 5월 25일까지 7일간 개화한 개체를 조사하였다. 꽃의 색깔과 꽃의 유무를 조사하였으며, 꽃의 크기나 꽃수는 일년생 묘목에서 관찰한 관계로 완벽한 모양을 갖추고 있지 않아서 생략하였다.

1998년 4월에 근삽한 국내선발 개체 혹은 파종한 외국도입품종으로 양묘한 묘목을 1999년 3월에 조림지에 이식한 후 같은 해 5월18일부터 27일까지 개화기간 중에 개화량을 개체별로 조사한 결과가 표27에 나타나 있다.

1999년도에 조림한 2,340개체 중에서 15개체에서 개화가 이루어졌다. Debreceni 품종 중에서 3개체가 개화하였으며 이중에서 2개체는 핑크색이었고, 1개체는 흰색꽃이었다. Debreceni 는 핑크색 꽃을 가진 것으로 알려져 있으나, 종자로 번식되었기 때문에 차세대에서 유전자분리가 일어난다고 생각된다.

국내선발클론 중에서는 합천산이 가장 많이 개화하였으며 10클론 중 5개 클론에서 개화하였으며 합천1호는 10개체중 3개체가 개화하였다. 그 밖에 국내선발클론 중에서는 천안8호와 원주4호가 개화하였다. 이러한 클론들이 조기개화 클론인지의 여부는 2차년도의 개화 상황을 조사한 후 판단할 수 있을 것이다.

표27. 99년 5월의 개화기간 중에 조사한 헝가리산, 국내 선발 개체의 조림지에서의 개화 현황

Debreceni	1block	9번째줄	끝에서 4번 개체(핑크색) 5월18일 개화
	1block	11번째줄	앞에서 2번 개체
	3block	57번째줄	앞에서 13번 개체
Pusztavacs	5block	74번째줄	끝에서 2번 개체
Mixed	2block	28번째줄	앞에서 5번 개체
국내우량선발개체	2block	19번째줄	합천 1호 3, 4, 5번 개체
	2block	21번째줄	합천 1호 3번 개체
	2block	23번째줄	합천 2호 3번 개체
	2block	25번째줄	합천 3호 4번 개체
	2block	31번째줄	합천 5호 3번 개체
	2block	35번째줄	합천 6호 1번 개체
	4block	51번째줄	천안 8호 6번 개체
	4block	63번째줄	원주 4호 2번 개체

3. 아까시나무의 유전변이 분석

그림34 에서 한국에서 선발한 10개 집단, 중국에서 도입한 1개 집단, 그리고 헝가리에서 도입한 2개 품종간의 유전적 거리(pairwise Manhattan distance)와 유집분석(cluster analysis)의 결과를 나타냈다.

13개 서로 다른 잡단간에 가장 먼 유전적 거리가 0.024에 불과하였으며, 이는 집단간에 변이가 극히 적음을 나타내고 있다. 특히 중국산과 헝가리산 품종은 서로 매우 유사하게 나타났으며, 헝가리산 두 품종간에도 서로 유사하게 나타났다. 국내산 10개 집단 간에도 유전적 거리가 작아서, 서로 유사하다고 할 수 있다.

아까시나무는 본래 원산지가 미국 동부이며, 이 곳에서 200년 전에 전세계로 보급 되었다. 한국의 경우 중국에서 도입되어 월미도에 처음 식재되었다는 보고가 있다. 미국에서 세계 여러 나라로 보급될 때 아마도 우수한 품종만을 골라서 보급 했을 가능성이 크며, 이로 인하여 외국에서 유전적 다양성이 적게 유지 된다고 추측된다. 미국 원산지에서의 아까시나무는 본래 유전적 다양성도 크며, 자연 분포지가 넓어서 천연적인 변이가 관찰되고 있다. 미국 원산지에서 아까시나무는 북위 35 。에서 43 。N 사이에 분포하며, 아팔라치아 산맥을 따라서 펜실바니아주 중부에서 남쪽으로 조지아주까지 자라며 서쪽으로 오클라호마 주까지 분포한다. (Sokolov, 1958). 유전적 변이도 수간형으로 pinnate, palmata, spreading의 세가지로 알려져 있으며, 아주 크게 자라는품종을 *Robinia pseudoacacia* var. *rectissima*로 명명하였다. (Keresztesi, 1988), 이품종은 주로 매사츄세츠주와 뉴욕주에서 자란다.(USDA, 1975), 포복성 아카시나무도 있으며, 오하이오주에서 발견됐다.(Kriebel, 1960)

본 연구에서 헝가리산, 중국산, 한국산 모두의 유전적 변이가 적다고 판단되었으므로 앞으로의 아까시나무 육종을 위해서는 원산지인 미국에서 직접 다양한 산지를 도입하여 개량할 필요가 있다.

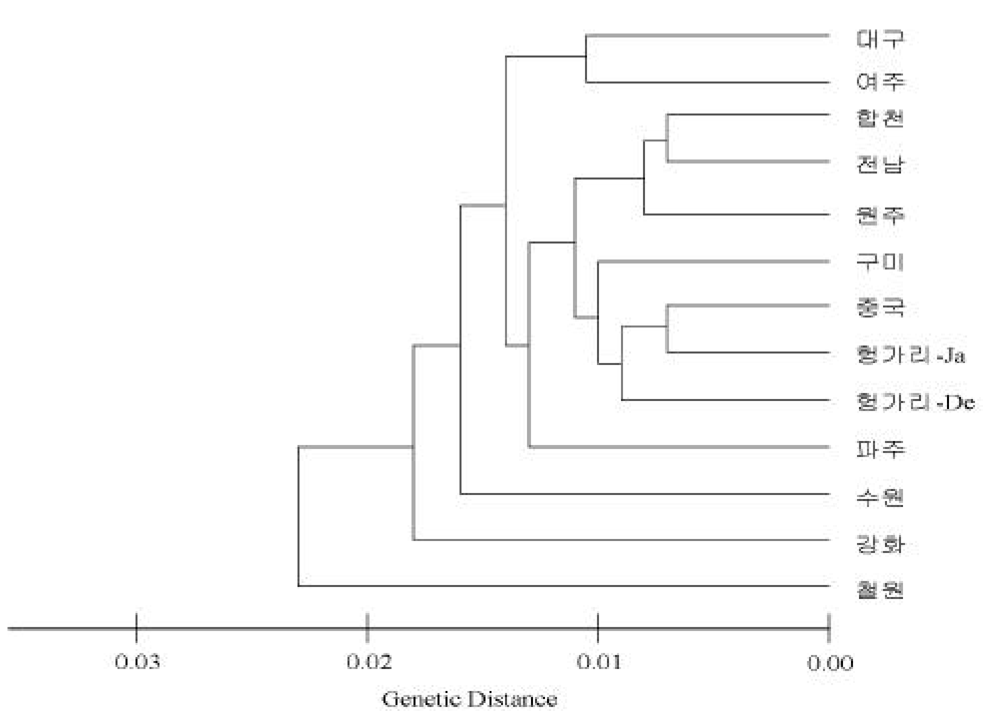


그림34 . 한국의 10개 선발 집단(위에서부터 대구, 여주, 합천, 전남, 원주, 구미, 차주, 수원, 강화, 철원) 그리고 중국산, 헝가리산(Debreceni, jeskiseri) 품종간의 유전적 거리와 유집 분석(cluster analysis)의 결과

◎ AMOVA에 의한 유전변이 데이터 분석

Table 28. Analysis of molecular variance for 95 acacia trees from 13 populations

Source of variation	df	SS	MS	Variance component
Among groups	1	54.03	54.03	0.415(2.40%)
Among populations	11	396.51	31.14	2.381(13.75%)
Within populations	82	1190.73	14.52	14.521(83.86%)

Φ_{ST}=0.161 : Φ_{SC}=0.141 : Φ_{CT}=0.024

Φ_{ST}: genetic differentiation among populations

Φ_{SC}: genetic differentiation among populations within groups

Φ_{CT}: genetic differentiation between 2 groups of Korean and foreign

Table 29. Analysis of molecular variance for 79 acacia trees from 8 populations after omitting populations of being less than 5 individuals.

Source of variation	df	SS	MS	Variance component
Among groups	1	59.00	59.00	0.616(3.62%)
Among populations	6	274.61	35.94	2.205(12.96%)
Within populations	71	1007.31	14.19	14.187(83.42%)

Φ_{ST}=0.166 : Φ_{SC}=0.135 : Φ_{CT}=0.036

Table 30. Analysis of molecular variance for 30 acacia trees from 3 foreign populations

Source of variation	df	SS	MS	Variance component
Among populations	2	72.67	36.33	1.973(10.62%)
Within populations	27	448.30	16.60	16.604(89.38%)

Φ_{ST}=0.106

Table 31. Analysis of molecular variance for 65 acacia trees from 10 Korean populations

Source of variation	df	SS	MS	Variance component
Among populations	9	269.82	29.98	2.613(16.22%)
Within populations	55	742.43	13.50	13.499(83.78%)

Φ_{ST}=0.106

Table 32. Analysis of molecular variance for 49 acacia trees from 5 Korean populations after omitting populations of being less than 5 individuals.

Source of variation	df	SS	MS	Variance component
Among populations	4	142.95	35.74	2.351(15.62%)
Within populations	44	559.01	12.71	12.705(84.38%)

Φ_{ST}=0.156

Table 33. Estimates of I-SSR amplicon diversity within populations.

Populations	No. of Individuals	Sums of Squares[a]	I[b]
Hapcheon	10	106.8000	0.1399
Chonnam	10	85.7000	0.1116
Wonju	10	117.1000	0.1537
Kanghwa	2	7.5000	0.0430
Yeoju	10	126.3000	0.1641
Gumi	9	123.1111	0.1732
Paju	4	45.5000	0.1384
Chulwon	3	39.3333	0.1552
Suwon	4	67.7500	0.2055
Daegu	3	23.3333	0.0921
China	10	130.0000	0.1702
Jaszkeseri	10	144.3000	0.1884
Deblesen	10	174.0000	0.2248

a: estimates of within populations sums of sqares (AMOVA)

b. Shannon's information index

제 4 절 결 론

1. **단위면적당 화밀량 측정방법개발** - ha**당 화밀량을 추정하기 위하여 경기도의** 4**개 지역(여주, 양평, 포천, 파주)에서** 30×30m plot**를 지역당** 3**개씩 설치하고, 각** plot **내에서 아까시나무의 수고, 흉고직경, 임목밀도, 개체당 화서수, 화서당 꽃수, 꽃당 화밀량을 체계적으로 조사하였다.** 1998**년도 경기도 지역의 평균 꽃당 화밀량은** 3.01±0.14㎕**이었다. 이 수치는** 1994**년도 전국 평균치인** 2.8㎕**와 유사하지만,** 1996**년의** 3.6㎕**보다 적은 수치이었다. 이러한 결과는 꽃당 화밀량은 기상상태에 따라서 매년 변이가 있음을 보여주고 있다. 개체당 화밀량은 파주지역이** 1,691㎖**로써**

가장 많았으며, 양평이 151㎖로써 가장 적었다. ha당 예상 화밀량은 경기도 평균이 242 ℓ이었으며, 파주지역(평균수고 13.3m, 평균 DBH 18.1cm)이 532 ℓ로 가장 많았다.

2. 화아원기 형성시기와 화아발달 과정구명 - 아까시나무의 화아원기는 6월 20일 경에 처음 발생하는 것으로 조사되었다. 화아원기는 항상 미세한 털로 둘러싸인 보호조직 내에서 발견되었다. 10월 15일과 다음해 2월 15일의 겨울눈을 비교할 때 별로 진전사항이 없었으며, 4월 7일의 시료에서도 감수분열을 하고 있다는 증거를 찾을 수 없었다. 따라서 아까시나무의 경우 개화전년도 6월의 기상상태가 익년의 총 개화량에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

3. 다화수 장화기 개체 선발 - 전국 15개 지역에서 우수개체를 선발하였는데, 다화수의 지표가 되는 화서당 꽃수는 전국 평균이 25.8이었으며, 이 중에서 원주집단이 28.5로써 가장 우수하였다. 개체당 꽃수가 가장 많은 지역은 천안으로써 약 33만개의 꽃을 달고 있었다. 합천지역은 화서당 꽃수와 단일 개체당 꽃수가 전국에서 가장 우수하였으며, 선발목의 1년생 삽목묘에서 수간이 통직하고 가장 빠른 생장을 보여서 전국에서 가장 우수한 집단이었다. 원주와 천안 지역은 만기 개화개체가 발견되어 장화기 우수개체로 지정하였다.

4. 외국의 다화수 장화기 품종도입 - 헝가리에서 4품종과 중국에서 1품종을 도입하였다. 헝가리산 중에서 Debreceni 품종은 만기개화품종이며 꽃당 화밀생산량이 4㎕ 이상으로서 헝가리에서 가장 유망한 장화기 품종이다. 또한 꽃잎의 색이 핑크색으로써 관상수로서의 가치도 함께 있는 품종으로서, 헝가리산 중에서 가장 우수한 품종이다. 1년생 파종묘에서 그 우수성을 확인할 수 있었다.

5. 품종보존원 조성 - 국내에서 선발했거나 외국에서 도입한 우수한 개체를 보존하고, 산지시험을 통하여 유전적 특성을 검증하기 위하여 경기도 수원시 서울 농생대 소속 칠보산 연습림에 1999년 봄에 1ha의 품종보존원을 조성하였으며, 2000년 봄에

추가로 2ha의 보존원을 조성할 계획이다. 1999년도에는 총 2,340본을 식재하였으며, 국내 10개 산지, 헝가리산 4개 산지, 중국산 1개 산지 등 총 15개 산지에서 총 61개 클론의 아까시나무를 식재하였다.

6. 아까시나무 집단의 유전변이 분석 - I-SSR primer를 사용한 PCR로 DNA 수준에서 유전적 다양성을 분석하였는데, 국내산 아까시나무집단은 집단간에 유전적 거리(pairwise Manhattan distance)가 0.02 가량으로 가까워서 집단간 변이보다는 집단내 개체간 변이가 더 큰 것으로 나타났다. 헝가리산, 중국산, 국내산 간에도 유전적 변이가 극히 적게 나타났다. 이것은 미국의 원산지에서 관찰되는 다양한 변이에 비하면 아주 미약한 변이라고 판단된다.

제 5 절 인용문헌

1. Aitken-Christie, J. and M. Connett. 1992. Micropropagation of forest trees. In: K. Kurata and T. Korzai (Eds). Transplant Production Systems. Kluwer Academic Pub. pp163-194

2. Chalupa, V. 1983. *In vitro* propagation of willows(*Salix* spp.), European mountain ash(*Sorbus aucuparia* L.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Biol. Plant 25:305-370

3. Black, W.C.,IV. 1996. RAPDDIST 1.0. Department of Microbiology, Colorado State University, Fort Collins, CO. USA.

4. Chalupa, B. 1987. European hardwoods. In: J. M. Bonga, D. J. Durzan(Eds). Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol. 3. Martinus Nijhoff, Dordresht. pp 224-246

5. Driver, J. A. and G. R. L. Suttle. 1987. Nursery handling of propagules. In: J. M. Bonga, D. J. Durzan (Eds). Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol. 3. Martinus Nijhoff, Dordresht. pp320-331

6. Dr. Bach Istvan *et al*. 1996. Black locust growing in Hungary. Forest Research Institute. pp6-26.

7. Dunstan, D. I. and T. A. Thorpe. 1986. Regeneration in forest trees. In: I. K. Vasil(Ed). Cell Culture and Somatis Cell Genetics in Plants. Vol 3. Academic Press. New york . pp 223-241

8. Excoffier, L., P. Smouse, J. Quattro, 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distance among DNA haplotypes : application to human mitochondrial DNA restriction data. Genetics 131:479-491.

9. Felsenstein, J. 1993. PHYLIP(Phylogeny Inference Package)version 3.5c. Distributed by the author. Department of Genetics. University of Washington. Seattle, USA.

10. Halmagyi, L. and B. Keresztesi. (eds). 1975. Bee-forage. (Mehlegelo)

Akademiai Kiado, Budapest. 791p.

11. Hong, Y. P., V. D. Hipkins, S. H. Strauss. 1993. Chloroplast DNA diversity among trees, populations and species in the California closed-cone pines (*Pinus radiata, P. muricata and P. attenuata*). Genetics 135:1187-1196.

12. Jokinen, K. T. Tormala. 1991. Micropropagation of silver birch(Betula pendula Roth) and clonal fidelity of mass propagated birch plants. In: M. R. Ahuja (Ed.). Woody Plant Biotechnology. Plenum Press, New york and London. pp31-36

13. Jensen, W.A. 1962. Botanical Histochemistry. Freeman Co.

14. Keresztesi, B. Arostrate mutant of black locust. J. Forestry 58 : 222.

15. Keresztesi, B. 1988. The black locust, Adademiai Kiado, budapest, Hungary 197p

16. Koltowski, Z. and Y. I. Mah 1998. The flowering biology and beekeeping value of black locust (*Robina pseudoacacia* L.) in South Korea. Korean J. Apiculture 13(1) :1-8

17. Markle, S. A. and A. T. Wecko. 1989. Regeneration of *Robinia pseudoacacia* via somatic embryogenesis. Can. J. For. Res. 19: 285-288.

18. Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Tech. J. 27:379-423.

19. Thorpe, T. A and S. Biondi. 1984. Conifers. In : W. R. Sharp, D. A. Evans, P. V. Ammirato, Y. Yamada (Eds). Handbook of Plant Cell Culture, Vol 2. Macmillan, New York. pp435-470

20. U.S.D.A 1975. Silvics of Forest Trees of the United States. Forest Service Agric. Handbood No.271. 762p

21. **김정호 외** 27**명**, 1986. **과수원예총론**(3**정**). **향문사**. 362p.

22. **김종원**. 1994. **아까시나무자원의 관리기술 확립**. **아까시나무림의 신수요개발에 관한 연구**. **산림청**. pp25-155.

23. **류영수**. 1992. **아까시나무와 한국의 양봉산업**. **아까시나무 자원과 이용**. **한국 아**

까시나무 연구회. pp 53-79.

24. **박용구**. 1996a. **속성수 재평가 - 아까시나무**. **한국 포플러 위원회**. pp65-101
25. **박용구**. 1996b. **우리나라 아까시나무의 자원화에 대한 전망**. **한국양봉학회지**. pp27-56.
26. **박정환**. 1997. **아까시나무 목재 이용과 전망**. **한국 아까시나무 연구회**. pp56-78.
27. **산림청**. 1994. **아까시나무림의 육림 및 이용의 신수요 개발에 관한 연구** 211p
28. **우종호**, **안인숙**, **박용구**. 1997. **환경수로서의 아까시나무 역할**. **한국 아까시나무 연구회**. pp36-55.
29. **이경준**. 1997. **수목생리학**. **서울대 출판부** 514p.
30. **임업연구원**. 1988. **한국수목도감**. **임업연구원**. 496pp.
31. **조도행**, 1995. **아까시나무 연구회보**. **한국 아까시나무 연구회**. pp7-9.
32. **조익환**. 1997. **아까시나무 가축 사료화 이용 전망**. **한국 아까시나무 연구회**. pp79-104.

제 3 장 아까시나무의 개화기 예측 및 우량화밀 개체 선발

Prediction of a Flowering Period and Selection of Trees with High Nectar Production in Black Locust

사단법인 한국양봉협회

연구책임자 : 손 재 형

연 구 원 : 김 재 길

연 구 원 : 오 경 규

연 구 원 : 지 일 훈

연 구 원 : 박 성 치

외 24**인**

제 1 절 서설

아까시나무는 우리나라의 가장 중요한 밀원자원으로 이용되고 있다. 우리나라에서 생육하고 있는 식물자원은 약 4,600여 종에 이르고 있는데, 그 가운데 밀원으로 이용이 가능한 식물은 약 250종에 불과하다(Kim and Lee, 1989). Ayers(1992)에 따르면 이상적인 밀원의 특성은 ①많은 꿀생산, ②일정한 개화기의 유지, ③개화기간의 연장, ④신뢰성있는 꿀생산, ⑤고품질의 꿀생산, ⑥짧은 prebloom period, ⑦관리유지의 용이, ⑧미관상의 아름다움의 유지 등을 들었다. 이러한 조건들은 자연환경조건들이 일정한 상태에서 유지되거나 밀원식물이 자연환경조건에 잘 적응 될 수가 있어야 충족될 수 있다. 아까시나무는 이러한 조건들을 충족할 수 있는 대표적인 밀원이다.

아까시나무는 연료림조성, 사방조림 등의 목적으로 식재되었다가 밀원자원으로 각광을 받고 있는 우리나라의 주요 조림수종이다. 아까시나무의 가치는 그 목재자원뿐만 아니라 밀원을 이용한 수입의 조기화 및 수입원의 다양화를 기할 수 있다는데 있다(Park, 1987).

그러나, 우리 나라의 양봉업은 그 규모가 영세하고 생산성이 낮아 세계에서 벌꿀가격이 가장 높은 나라 중의 하나이다. 이제 곧 시작되는 WTO재협상에서 벌꿀의 수입이 개방된다면 국내 양봉산업의 어려움은 매우 클 것으로 알려지고 있는데, 이러한 어려움을 극복하기 위해서는 먼저 양봉기술의 개발을 통해 벌꿀의 생산성을 높이는 직접적인 방법도 있겠으나 이는 이미 우리 나라의 높은 양봉기술력을 볼 때 이미 어느 정도 한계에 다다랐다고 볼 수 있다.

따라서, 다음으로 생각해 볼 수 있는 것이 밀원 자원을 확대하여 많은 벌꿀을 생산할 수 있도록 하는 간접적인 방법이다. '98년 현재 우리 나라 전체 벌꿀생산량은 약 8,000톤이며 그중 70%에 해당하는6,000여 톤이 아카시아 벌꿀이며 이는 약 600억원에 이르는 금액이다. 이처럼 절대적인 위치를 차지하고 있는 아까시나무의 화기는 한 지역에서 약 1주일 정도에 불과하며, 화기가 빠른 남쪽에서부터 화기가 늦은 북쪽으로 이동하면서 벌꿀을 채취하면 약 1개월 정도가 아카시아 벌꿀채밀기간이라 할 수

있다. 우리 나라벌꿀의 생산성이 떨어지는 이유 중 가장 큰 원인은 아까시나무 꽃을 따라 벌통과 채밀장비를 이동하는데 많은 비용이 든다는 데 있다. 아까시나무의 밀원으로서의 가치는 우리나라 양봉산물생산물에서 70%를 차지하고 있어서, 1991년 한해만도 약 600억원의 수익을 올려 높은 경제성을 나타내고 있다는 것으로 충분하다(유, 1992).

본 연구의 목적은 아까시나무의 개화기를 예측하여 계획적인 양봉장의 이동을 가능하게 함으로써 양봉장 사전 답사를 위해 소요되던 연간 180억 원의 경비를 절감하며, 다밀성 우량화밀개체를 선발하여 추후 단위 면적 당 벌꿀생산량이 높은 아까시나무를 보급하여 국내 양봉농가의 생산성을 높이는데 목적을 두었다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 연구수행 방법

양봉에 있어서 아까시나무는 그 이용여하에 따라 무한한 가치를 창출 시킬 수 있는 대상임에도 불구하고 이제까지 너무나 단순하고 관행적인 사고로 말미암아 충분히 이용하지 못해왔다.

본 협동연구과제에서는 기존에 심겨져 있는 아까시나무를 최대한 양봉의 소득증대자원으로 활용할 수있도록 하는데 그 목적이 있다고 할 수 있다. 그 목적에 부합한 결과를 얻기위하여 본 연구에서는 다음과 같은 방법을 이용하여 조사를 진행 하였다.

가. 우량화밀 개체 선발

1) 1차 연도(1997)

전국적으로 약 30개소의 시험지를 선정한다고 계획하였으나 문헌조사에서 아까

시나무는 집단간 변이보다는 집단내의 변이가 크다는데 착안(1997, 장진성, 아까시나무 천연집단내에서의 유전적 구조)하여 조사집단을 15개 지역으로 축소하고 각 집단의 선발개체수를 15개까지 확대하였다. 임의로 선정된 각 조림집단에서 수형이 우수하고 화수가 많거나, 또는 같은 집단 내에서 특이하게 개화가 늦거나 빠른 개체를 10 15개체씩 선정한 후 각 개체별로 화밀량, 흉고직경, 화서의 수 등을 조사하였다.

2) 2차 연도(1998)

전국적으로 분포되어 있는 아까시 나무의 집단 조림지를 조사한 후 그중 약 20개소의 조사 시험지를 위도와 경도별로 나누어 선정하였다. 개화기에 맞춰 답사를 통해 조사에 적합한 집단인지를 판단하여 최종 7지역을 최종 선발하여, 1차 년도 조사집단 중 계속 관찰이 필요한 강화지역 등 5개 집단을 포함한 12개 집단을 2차 년도 표본집단으로 선발하였다. (1차년도 조사에서 특이한 사항이 없는 조사집단은 2차년도에 개화기만을 조사하고 화밀량 및 성분은 새로이 선발된 집단에서 실시하였다.)

3) 3차 연도(1999)

연구 마지막 해이므로 새로운 집단을 선발하지 않고 2차 년도에 선발된 4개 집단과 1차 년도에 선발된 5개 집단 등 모두 9개 집단을 3차 년도 조사 집단으로 선발하였다.

4) 우량 아까시나무 보존포 조성

1 2차 년도 조사를 거쳐 각 조림집단에서 수형이 우수하고 화수가 많거나, 또는 같은 집단 내에서 특이하게 개화가 늦거나 빨라서 선발된 9개지역 63개체 611본을 근삽 채취하여 서울대학교 농업생명과학대학 시험림(수원시 칠보산 소재) 묘포장에 보존포를 조성하였으며, 함께 육성된 헝가리 아까시나무 묘목등 10,000여본을 산지에

밀식 식재하여 1ha의 아까시나무 시범림을 조성하였다.

5) 외부 형태적 변이 분석

집단간 엽형질, 꽃, 종자등의 형태적인 유전변이를 조사하였다. 특히 전년도와 동일한 결과를 나타내는 집단을 확인하였다.

나. 화밀량 성분분석

수분은 휴대용 굴절계(일본, ATAGO社)를 사용하여 현장에서 측정이 가능하였으나, 탄수화물을 분석하기 위해서는 HPLC를 이용해야 하는 까닭에 각 지역별로 채취한 꽃을 성분의 변화 없이 실험실까지 운반하는 것이 어려웠다. 탄수화물은 다음과 같은 방법으로 분석하였다.

1) 시료의 준비

가) 150㎖용량의 갈색 시약병에 꽃잎을 제거한 아카시아꽃받침 100개와 50% MeOH 약 100㎖을 넣어 봉한후 실험실로 옮긴다.

나) U-Sonicator에서 10분간 추출후 vaccum evaporator에 의해 농축한다.

다) 30% MeOH 1㎖로 희석한다.

라) 증류수와 MeOH을 이용하여 activation 시켜놓은 SEP-Pak C18에 희석한 용액 1㎖을 통과시켜 받아낸다.

마) 증류수 약 5㎖가량을 서서히 SEP-Pak C18에 통과시켜 ④에서 받아놓은 액과 혼합한다.

바) 증류수를 이용하여 10㎖로 맞춘다음 0.45㎛ 여과지로 여과하여 시료로 한다.

2) **표준품**

가) sucrose 0.1g, glucose, fructose, maltose, maltotriose, melezitose**각** 0.01g**을 정확히 칭량하여** 30% MeOH 1㎖**로 녹인다**

나) **증류수와** MeOH **을 이용하여** activation **시켜놓은** SEP-Pak C18**에 희석한 용액** 1㎖**을 통과시켜 받아낸다**.

다) **증류수 약** 5㎖**가량을 서서히** SEP-Pak C18**에 통과시켜** ④**에서 받아놓은 액과 혼합한다**.

라) **증류수를 이용하여** 10㎖**로 맞춘다음** 0.45㎛ **여과지로 여과하여 표준품으로 한다**.

3) **분석조건**

HPLC : Carbohydrate analysis system(U.S.A, Waters)
Column: High Performance Carbohydrate Column(4.6 ×250㎜, U.S.A., Waters)
Flow Rate : 1.5㎖/min
Eluent : 75% CH_3CN

4) **계산**

가) Sucrose : **꽃**1**개당 함량**(%) = pH/pHs ×V/Vs ×Ws/W×100
= pH/pHs ×0.1(g)/100(**개**) ×100

pH, pHs : **검액과 표준액의 높이 또는 면적**
V, Vs : **검액과 표준액의 전량**(㎖)
W, Ws: **검체**(**개**) **및 표준당의 채취량**

나) Glucose, Fructose, Maltose, Maltotriose, Melezitose :

꽃1개당 함량(%) = pH/pHs ×V/Vs ×Ws/W×100

= pH/pHs ×0.01(g)/100(개) ×100

pH, pHs : 검액과 표준액의 높이 또는 면적

V, Vs : 검액과 표준액의 전량(㎖)

W, Ws: 검체(개) 및 표준당의 채취량

다. 헝가리산, 중국산, 국내 우량 선발 개체의 형태적 특성 조사

99년 9월 13일 조림지와 묘포장의 헝가리 품종(Pusztavacs, Debreceni, Jaszkiseri, Mixed seed), 중국산, 전국 우량 아까시 근삽묘(여주, 구미, 철원, 파주, 대구, 합천, 천안, 원주, 강화), 그리고 대조구의 수원산의 형태적 특성을 조사하기 위하여, 수피의 색깔, 피목의 모양과 색깔, 가시의 모양과 색깔, 그리고 잎의 모양을 관찰하였다. 잎의 형태적 특성은 총엽장, 엽수, 정단엽의 길이와 폭, 정단엽 뒷면 주맥의 털유무를 대상으로 하였다. 주맥 위의 털은 해부 현미경으로 그 밀도를 대, 중, 소, 없음으로 판별하고 점수를 각각 3, 2, 1, 0으로 산정하였으며 산지별로 평균을 내어 비교하였다.

라. 아까시나무 개화 예보 모델 작성 및 각 지역별 예보

우리나라에서 아까시나무의 개화에 대한 연구는 , Lee and Kim(1987)이 우리나라 주요 밀원식물의 개화기에 관한 연구를 한 바가 있으며, Kim and Lee(1989)가 우리나라 주요 밀원식물 120종을 대상으로 개화기에 대한 연구를 한 바가 있다. 아까시나무의 밀원자원에 관한 연구는 Kim and Kim(1987)이 행한 아까시나무에서의 화밀량 및 개화특성에 관한 연구와 Oh and Choi(1988)가 아까시나무꽃에서의 꿀벌과 기타 방화곤충의 일주활동에 대한 연구 등이 있다. 또한 Lee and Kim(1987)은 수원지방의 아까시나무 개화개시일과 5℃이상 온도의 적산온도와의 관계에서 280℃일 때 아까시나무의 개화가 시작되었다고 보고하였다.

아까시나무의 화기는 한 지역에서 약 1주일 정도에 불과하며, 화기가 빠른 남쪽에서부터 화기가 늦은 북쪽으로 이동하면서 벌꿀을 채취하면 약 1개월 정도가 아카시아 벌꿀채밀기간이라 할 수 있다. 우리 나라 벌꿀이 생산성이 떨어지는 이유 중 가장 큰 원인은 아까시나무 꽃을 따라 벌통과 채밀장비를 이동하는데 많은 비용이 든다는 데 있다.

따라서 본 연구의 목적은 개화기 예측을 완성하는 것에 있다. 이에 따른 기대효과는 아까시나무의 개화기를 예측 가능하게 되어 계획적인 양봉장의 이동을 가능하게 함으로써 양봉장 답사등의 불필요한 경비를 줄이게 될 것 이다. 따라서, 벌꿀의 가격을 현재보다 낮추어 소비자의 구매 의욕을 높임과 동시에 국제 경쟁력 강화에도 도움을 줄것으로 예상된다.

1) 아까시나무 개화기 예측을 위한 기상 자료 분석

아까시나무의 개화기를 예측하기 위하여 기상청에서 발간하는 기상월보를 이용하여 1993년부터 1996년까지 1월 1일부터 개화시작일까지의 기상 data 및 밀원조사시의 자료를 이용하여 다음과 같은 기상자료를 작성하여 분석에 이용하였다. 개화시작일은 아까시나무의 개화최성기에서 3일을 뺀 날로 하였다.

2) 적산온도를 이용한 개화기 예측

당해연도 1월부터 5월까지의 자료를 통해 분석된 적산온도와 각 지역별 아까시나무의 개화시기를 이용하여 아까시나무의 개화시기를 예보모델을 작성하였다. 개화기 예측을 위해 매 1월부터 3월까지 속초를 비롯한 전국의 15개 기상 관측지역의 자료를 이용했다. 기상 월보에 기록된 각 지역의 월 평균 기온 및 적산온도, 5℃이상 온도 적산 자료 등을 이용해 구해낸 다음의 개화 개시일 추정식은 1999년의 데이터를 이용하여 작성하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 선발집단의 선정

1차 년도 조사집단 중 계속 관찰이 필요한 강화지역 등 5개 집단과, 전국적으로 분포되어 있는 아까시 나무의 집단 조림지를 조사한 후 그중 약 20개소의 조사 시험지를 위도와 경도별로 나누어 선정한후 실제 답사하여 아까시나무의 조림형태, 주변환경(주변에 양봉장이 있거나 너무 고산지역은 부적합), 조림면적등을 살펴 최종적으로 선정된 7개지역을 포함한 12개의 2차 년도 표본 집단가운데 9개집단을 최종 3차년도 조사집단으로 선정하였다. (표. 1)

2. 화밀성분의 분석

가. 1차년도

큰 차이는 없었으나 날씨의 영향으로 지역에 따라 수분함량이 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다(표2). 특히 대구지역의 경우 조사 하루전 많은 비가 내렸고 조사당일도 오전에 보슬비가 내리고 흐린 날씨가 계속 되었기 때문에 수분 함량이 다른 지역에 비해 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 조사성분에 큰 차이는 없지만 강화와 군산지역의 꽃에서는 다른 지역에 비해 향기가 매우 진한 것을 느낄 수 있었다.

나. 2차년도

지역간 큰 차이를 발견할 수 없었고 전반적으로 지난해에 비하여 수분 함량이 높고 자당 함량이 낮게 나타났다. 이러한 현상은 올해 아까시나무 개화에 맞추어 우기가 형성되면서 나타난 현상이라고 판단되지만, 화아 발생 시기 즉 전년 9 10월경, 또는 당해년도 2 3월의 날씨와도 비교가 되어야 할 것으로 사료된다.

다. 3차 년도

수분함량은 1차 년도의 49.3%, 2차 년도의 51.08% 에 비해 휠씬 낮은 46.68%인

것으로 조사되었는데 이것은 3차 년도 아까시 나무 개화기에 맑은 날씨가 계속되었던 까닭인 것으로 그 동안 연구결과와 일치한다. 포도당의 경우 가장 높은 함량을 기록한 천안의 48.2%에 비해 경북 구미 집단은 43.3%로 많은 차이가 있었다.

표 1 기간별 조사집단의 선발

조 사 기 간	위 치	비고
1차 년도 3차 년도	원주시 소초면 수암리	
(1997 1999)	인천시 강화군 양도면 건평리	
	충남 천안군 북면 납안리	
	대구광역시 북구 국우동 242-2	
	경남 합천군 쌍백면 율리	
2차 년도 3차 년도	강원도 철원군 대마리*	
(1998 1999)	경북 구미시 선산읍 동부동*	
	경기도 여주군 금사면 도곡리*	
	경기도 파주시 탄현면 축현리*	
2차 년도(1998)	충북 영동군 영동읍 계산리*	
	전북 남원시 송동면 흑성리*	
	경북 칠곡군 북삼면 율2리*	
1차 년도(1997)	강원도 삼척시 전두리	
	경북 안동시 도산면 온혜리	
	전북 군산시 개정면 통사리	
	강원도 고성군 대진읍 1리	
	경북 경주시 서악마을	
	전북 정읍군 입암면 송정리	
	충북 진천군 백곡면 대문리	
	경남 의령군 부림면 단원리	
평 균		

표 2 1차년도 각 집단간 탄수화물 및 수분함량(단위 : %개)

집 단	수분	sucrose	glucose	fructose	maltose	malto-triose	melezitose	합 계
강원도 고성군	48.3	43.1	2.1	4.2	0.2	0.3	0.1	98.3
인천시 강화군	50.2	43.5	0.7	3.8	0.2	0.5	0.2	99.1
강원도 삼척시	49.7	42.7	1.3	3.2	0.5	0.8	0.3	98.5
원주시 소초면	46.2	38.9	3.5	6.2	1.5	1.8	1.0	99.1
충북 진천군	47.8	41.2	4.5	5.2	0.5	0.3	0.1	99.6
충남 천안군	46.8	44.2	2.8	4.1	0.8	0.4	0.2	99.3
경북 안동시	48.7	39.7	3.1	5.4	0.3	1.1	0.8	99.1
전북 군산시	52.1	36.8	3.2	4.5	1.4	1.0	0.4	99.4
대구광역시	57.4	33.1	3.6	3.8	0.5	0.7	0.2	99.3
경북 경주시	48.2	10.9	2.5	4.7	0.5	0.8	0.6	98.2
전북 정읍군	51.3	38.3	2.9	4.6	1.2	0.7	0.5	99.5
경남 합천군	47.5	41.3	3.3	5.1	0.6	0.9	0.7	99.4
경남 의령군	46.7	43.2	2.5	4.3	1.2	1.2	0.4	99.5
평 균	49.30	38.22	2.76	4.54	0.72	0.75	0.42	99.10

표 3 2차년도 각 집단간 탄수화물 및 수분함량 (단위 : %)

집 단	수분	sucrose	glucose	fructose	maltose	malto-triose	melezitose	합 계
경기도 여주군	52.7	43.8	1.4	0.8	0.3	0.2	0.1	99.3
인천시 강화군	53.3	42.4	0.9	2.2	0.2	0.2	0.2	99.4
경기도 파주시	50.6	45.6	0.8	1.5	0.1	0.2	0.1	98.9
원주시 소초면	52.1	43.5	1.6	1.5	0.3	0.3	0.2	99.5
강원도 철원군	52.1	44.7	1.1	1.2	0.2	0.1	0.1	99.5
충남 천안군	49.6	47.2	0.8	1.1	0.1	0.2	0.3	99.3
충북 영동군	50.5	44.8	1.0	2.2	0.3	0.2	0.2	99.2
전북 남원시	50.2	46.7	1.2	0.9	0.1	0.2	0.1	99.4
대구광역시	53.4	43.9	0.6	0.9	0.1	0.4	0.1	99.4
경남 합천군	49.8	44.5	2.4	1.6	0.4	0.3	0.3	99.3
경북 구미시	47.6	48.5	1.5	1.2	0.3	0.2	0.1	99.4
전북 정읍군								
경남 의령군								
강원도 고성군								
강원도 삼척시								
충북 진천군								
경북 안동시								
전북 군산시								
경북 경주시								
평 균	51.6	44.3	1.26	1.46	0.22	0.28	0.22	99.38

표 4 3차년도 각 집단간 탄수화물 및 수분함량 (단위 : %)

집 단	수분	sucrose	glucose	fructose	maltose	malto-triose	melezitose	합 계
경기도 여주군	46.7	45.4	1.6	3.5	0.4	0.5	0.3	98.4
인천시 강화군	45.2	45.4	2.8	3.2	0.5	0.9	0.3	98.3
경기도 파주시	47.2	46.4	1.9	1.9	0.3	0.6	0.3	98.6
원주시 소초면	50.2	44.3	1.7	2.1	0.4	0.3	0.2	99.2
충남 천안군	46.4	48.2	1.6	2.3	0.5	0.3	0.1	99.4
대구광역시	46.3	44.3	1.9	4.1	0.8	1.2	0.2	98.8
경남 합천군	45.2	45.7	2.3	3.7	1.2	0.9	0.6	99.6
경북 구미시	46.3	43.3	2.9	4.5	0.5	0.8	0.4	98.7
강원도 철원군								
평 균	46.68	45.37	2.08	3.16	0.57	0.61	0.30	

이상 3년간의 분석결과에서 볼 수 있는 바와 같이 화밀 성분에서 큰 차이는 발견할 수 없었다.(표 5 9) 2차 년도(1998)의 수분이 51.08%로 높게 나타난 것은 그 해의 아까시나무 개화기에 맞추어 우기가 형성되면서 나타난 현상으로 파악된다. 실제 1998년 아카시아벌꿀은 사상 최악의 흉작을 기록했으며, 생산된 벌꿀도 일명 물꿀 이라 불리우는 수분함량이 28%가량으로 일반적인 함량인 23%보다 훨씬 높은 함량을 기록한 것으로도 이미 확인된 바 있다.

지역별로 살펴보면 대구지역이 52.36%로 가장 수분함량이 높게 나타났으며, 경북 구미의 선산지역이 45.45%를 나타내 수분함량이 가장 적게 나타났다. 하지만 이

러한 현상은 아까시나무의 유전형질 차이보다는 국지적인 기후의 영향이 강하게 작용하는 것으로 사료된다.

화밀은 대부분이 수분과 자당(sucrose)로 이루어져 있기 때문에 그 둘은 상호간에 매우 밀접한 관계를 지니고 있다. 수분이 가장 낮은 3차년도에 자당함량이 가장 높게 나타난 것은 당연한 결과로 나타난다.

표 5. 연차별 수분함량(%)

위 치	1차 년도	2차 년도	3차 년도	평균
원주시 소초면 수암리	46.2	52.1	50.2	49.50
인천시 강화군 양도면 건평리	50.2	53.3	45.2	49.56
충남 천안군 북면 남안리	46.8	49.6	46.4	47.60
대구광역시 북구 국우동 242-2	57.4	53.4	46.3	52.36
경남 합천군 쌍백면 율리	47.5	49.8	45.2	47.50
경기도 파주시 탄현면 축현리*		50.6	47.2	48.90
경기도 여주군 금사면 도곡리*		52.7	46.7	49.70
경북 구미시 선산읍 동부동*		47.6	46.3	46.95
충북 영동군 영동읍 계산리*		50.5		
전북 남원시 송동면 흑성리*		50.2		
강원도 철원군 대마리*		52.1		
강원도 삼척시 전두리	49.7			
경북 안동시 도산면 온혜리	48.7			
전북 군산시 개정면 통사리	52.1			
강원도 고성군 대진읍 1리	48.3			
경북 경주시 서악마을	48.2			
전북 정읍군 입암면 송정리	51.3			
충북 진천군 백곡면 대문리	47.8			
경남 의령군 부림면 단원리	46.7			
평 균	49.30	51.08	46.68	49.02

표 6. 연차별 sucrose 함량(%)

위　　　치	1차 년도	2차 년도	3차 년도	평균
원주시 소초면 수암리	38.9	43.5	44.3	42.23
인천시 강화군 양도면 건평리	43.5	42.4	45.4	43.76
충남 천안군 북면 남안리	44.2	47.2	48.2	46.53
대구광역시 북구 국우동 242-2	33.1	43.9	44.3	40.43
경남 합천군 쌍백면 율리	41.3	44.5	45.7	43.83
경기도 파주시 탄현면 축현리*		45.6	46.4	46.00
경기도 여주군 금사면 도곡리*		43.8	45.4	44.60
경북 구미시 선산읍 동부동*		48.5	43.3	45.90
충북 영동군 영동읍 계산리*		44.8		
전북 남원시 송동면 흑성리*		46.7		
강원도 철원군 대마리*		44.7		
강원도 삼척시 전두리	42.7			
경북 안동시 도산면 온혜리	39.7			
전북 군산시 개정면 통사리	36.8			
강원도 고성군 대진읍 1리	43.1			
경북 경주시 서악마을	40.9			
전북 정읍군 입암면 송정리	38.3			
충북 진천군 백곡면 대문리	41.2			
경남 의령군 부림면 단원리	43.2			
평　　　균	40.53	45.05	45.37	43.65

표 7 연차별 glucose 함량(%)

위　치	1차 년도	2차 년도	3차 년도	평균
원주시 소초면 수암리	3.5	1.6	1.7	2.26
인천시 강화군 양도면 건평리	0.7	0.9	2.8	1.46
충남 천안군 북면 남안리	2.8	0.8	1.6	1.73
대구광역시 북구 국우동 242-2	3.6	0.6	1.9	2.03
경남 합천군 쌍백면 율리	3.3	2.4	2.3	2.66
경기도 파주시 탄현면 축현리*		0.8	1.9	1.35
경기도 여주군 금사면 도곡리*		1.4	1.6	1.50
경북 구미시 선산읍 동부동*		1.5	2.9	2.20
충북 영동군 영동읍 계산리*		1.0		
전북 남원시 송동면 흑성리*		1.2		
강원도 철원군 대마리*		1.1		
강원도 삼척시 전두리	1.3			
경북 안동시 도산면 온혜리	3.1			
전북 군산시 개정면 통사리	3.2			
강원도 고성군 대진읍 1리	2.1			
경북 경주시 서악마을	2.5			
전북 정읍군 입암면 송정리	2.9			
충북 진천군 백곡면 대문리	4.5			
경남 의령군 부림면 단원리	2.5			
평　균	2.76	1.20	2.08	2.01

표 8 연차별 fructose함량(%)

위 치	1차 년도	2차 년도	3차 년도	평균
원주시 소초면 수암리	6.2	1.5	2.1	3.26
인천시 강화군 양도면 건평리	3.8	2.2	3.2	3.06
충남 천안군 북면 남안리	4.1	1.1	2.3	2.50
대구광역시 북구 국우동 242-2	3.8	0.9	4.1	2.93
경남 합천군 쌍백면 율리	5.1	1.6	3.7	3.46
경기도 파주시 탄현면 축현리*		1.5	1.9	1.70
경기도 여주군 금사면 도곡리*		0.8	3.5	2.15
경북 구미시 선산읍 동부동*		1.2	4.5	2.85
충북 영동군 영동읍 계산리*				
전북 남원시 송동면 흑성리*				
강원도 철원군 대마리*		1.1		
강원도 삼척시 전두리	3.2			
경북 안동시 도산면 온혜리	5.4			
전북 군산시 개정면 통사리	4.5			
강원도 고성군 대진읍 1리	4.2			
경북 경주시 서악마을	4.7			
전북 정읍군 입암면 송정리	4.6			
충북 진천군 백곡면 대문리	5.2			
경남 의령군 부림면 단원리	4.3			
평 균	4.54	1.32	3.16	3.00

3. 화밀량 조사

가. 1차 년도

꽃당 화밀량은 강화, 대구, 원주, 천안의 순으로 높게 나왔다.(표 9) 특히 강화의 경우 꽃당 화밀량이 평균 5.31μℓ로 다른 지역에 비해 월등히 높게 나타났다. 그러나 개체당 최고의 화밀량을 가지고 있는 나무는 대구의 4번과 1번 개체로 각각 6.35, 6.30μℓ를 나타냄으로써 강화도 5번 개체의 5.96에 비해 월등히 높게 나타났다. 강화의 개체가 최저 4.38μℓ에서 최고 5.96μℓ로 전 개체가 고른 화밀량을 가지고 있는데 비해서 대구지역의 경우 최저 3.31μℓ에서 최고 6.35μℓ로 편차가 심하게 나타났다.

천안의 경우 조사를 실시한 5월 23일 1 7번까지의 개체는 만개상태 였으나, 7번 개체에서 불과 3 10m 거리에 있는 8 10번 개체는 화밀량을 조사하기가 불가능할 정도로 전혀 개화하지 않은 상태였다. 또 원주시 수암리 지역의 1 3번 개체도 주변에 비해 약 3일 가량 늦게 개화가 진행되었다.

나. 2차 년도

꽃당 화밀량은 1차 년도와 마찬가지로 강화도 집단이 다른 집단에 비해 2배 이상의 화밀 분비량을 나타내고 있는 것으로 조사되었다.(표 10) 개체당 최고의 화밀량 또한 강화의 5번 개체로 전년도의 5.96μℓ에 비해 약 23%가량 증가된 8.43μℓ의 화밀량을 나타내고 있다. 반면에 1차 년도에 최다 화밀 함량을 기록해 관심을 끌었던 대구의 4번과 1번 개체는 대구집단의 평균함량과 유사한 3.5, 3.8μℓ로 조사되었다. 대구집단의 화밀 평균함량이 1차 년도의 4.40μℓ보다 25%감소한 3.27μℓ로 조사된 것은 1차 연도(97년)조사 당일 비가 왔기 때문에 화밀에 수분이 다량 함유된 까닭으로 추정된다.

강화집단의 경우 전체적으로 지난해 보다 화밀 분비량이 많은 것은 2차 년도 조사기간에 잦은 비로 인한 영향일 것이라 판단되지만 그럼에도 불구하고 수년간 다른

지역에 비해 월등한 화밀 분비량을 나타낸다는 사실에 유의해 조사할 필요가 있다.

1차 년도에 천안과 원주 집단에서 나타난 개화기 차이 현상이 2차 년도에도 역시 동일한 차이로 나타났기에 이 지역 개체에 대한 체계적이고 정확한 분석이 요구된다

표 9 1차 년도 아까시 나무 조사 내용

위 치	개체수	흉고 직경 (㎝)	꽃수/ 화서	꽃수/ 나무	화밀/ 꽃 (㎕)	화밀/ 나무 (㎖)
강원도 고성군	10	16. 3	24. 6	201, 275	2. 16	439. 3
인천시 강화군	10	16. 3	27. 6	85, 072	5. 31	458. 9
강원도 삼척시	10	19. 6	24. 8	99, 537	1. 23	124. 0
원주시 소초면	10	20. 1	28. 5	178, 700	3. 8	613. 9
충북 진천군	10	22. 0	25. 8	219, 326	2. 50	567. 7
충남 천안군	10	23. 8	25. 8	327, 753	3. 43	1, 144. 0
경북 안동시	10	16. 9	23. 6	109, 419	1. 58	171. 97
전북 군산시	10	16. 6	24. 0	81, 773	1. 37	112. 6
대구광역시	15	17. 5	24. 2	112, 228	4. 40	494. 1
경북 경주시	10	15. 0	26. 4	89, 785	1. 32	107. 0
전북 정읍군	10	13. 9	24. 8	77, 919	1. 10	78. 6
경남 합천군	10	18. 5	27. 5	266, 909	1. 96	471. 2
경남 의령군	12	12. 1	28. 8	75, 971	1. 23	94. 6
평 균	10. 5	17. 5	25. 8	148, 128	2. 41	375. 2

표 10 조사집단의 위치 및 화밀 조사 내용

위 치	개체수	흉고직경 (㎝)	꽃수/화서	꽃수/나무	화밀/꽃 (㎕)	화밀/나무 (㎖)
원주시 소초면 수암리	10	20.9	27.3	157,084	2.46	386.4
인천시 강화군 양도면 건평리	10	17.5	29.8	114,300	6.57	750.9
충남 천안군 북면 남안리	10	25.2	28.3	292,056	3.58	1,045.6
대구광역시 북구 국우동 242-2	10	19.2	25.2	180,230	3.27	589.3
경남 합천군 쌍백면 율리	10	19.9	26.4	281,397	2.85	801.9
강원도 철원군 대마리*	10	23.7	27.8	194,238	2.57	499.2
경북 칠곡군 북삼면 율2리*	10	22.5	23.5	130,331	2.13	277.6
경기도 여주군 금사면 도곡리*	10	23.4	28.6	196,310	3.17	622.3
경기도 파주시 탄현면 축현리*	10	19.7	28.4	140,665	2.89	406.5
충북 영동군 영동읍 계산리*	10	21.5	26.7	187,434	2.35	440.5
전북 남원시 송동면 흑성리*	10	17.7	25.1	192,591	2.18	419.8
경북 구미시 선산읍 동부동*	10	13.8	28.9	347,284	3.13	1,086.7
평 균	10.5	20.41	27.16	201,160	3.09	610.55

(*는 98년 신규 조사 집단)

표 11 3차 년도 화밀 조사 내용

위 치	개체수	흉고 직경(㎝)	꽃수/ 화서	꽃수/ 나무	화밀/ 꽃 (㎕)	화밀/ 나무 (㎖)
원주시 소초면 수암리	10	22.5	28.8	161,372	2.52	406.65
인천시 강화군 양도면 건평리	6	27.9	29.6	143,548	7.48	1,073.73
충남 천안군 북면 남안리	10	31.1	28.1	247,604	2.71	671.00
대구광역시 북구 국우동 242-2	10	30.0	28.1	184,927	3.33	615.80
경남 합천군 쌍백면 율리	10	27.8	28.5	288,581	2.91	839.77
강원도 철원군 대마리						
경기도 여주군 금사면 도곡리	10	31.6	29.4	241,083	3.31	797.98
경기도 파주시 탄현면 축현리	10	29.1	28.2	157,838	3.04	479.82
경북 구미시 선산읍 동부동	10	20.9	29.6	291,420	3.08	897.57
평 균		27.61	28.78	214546.62	3.54	722.79

표 12 꽃당 화밀량(㎕)

위　　　치	1차 년도	2차 년도	3차 년도	평균
원주시 소초면 수암리	3.80	2.46	2.52	2.92
인천시 강화군 양도면 건평리	5.31	6.57	7.48	6.45
충남 천안군 북면 남안리	3.43	3.58	2.71	3.24
대구광역시 북구 국우동 242-2	4.40	3.27	3.33	3.66
경남 합천군 쌍백면 율리	1.96	2.85	2.91	2.57
경기도 파주시 탄현면 축현리		2.89	3.04	2.96
경기도 여주군 금사면 도곡리		3.17	3.31	3.24
경북 구미시 선산읍 동부동		3.13	3.08	3.10
경북 칠곡군 북삼면 율2리		2.13		
충북 영동군 영동읍 계산리		2.35		
전북 남원시 송동면 흑성리		2.18		
강원도 철원군 대마리*		2.57		
강원도 삼척시 전두리	1.23			
경북 안동시 도산면 온혜리	1.58			
전북 군산시 개정면 통사리	1.37			
강원도 고성군 대진읍 1리	2.16			
경북 경주시 서악마을	1.32			
전북 정읍군 입암면 송정리	1.10			
충북 진천군 백곡면 대문리	2.50			
경남 의령군 부림면 단원리	1.23			
평　　　균	2.41	3.09	3.54	3.01

다. 3차 년도

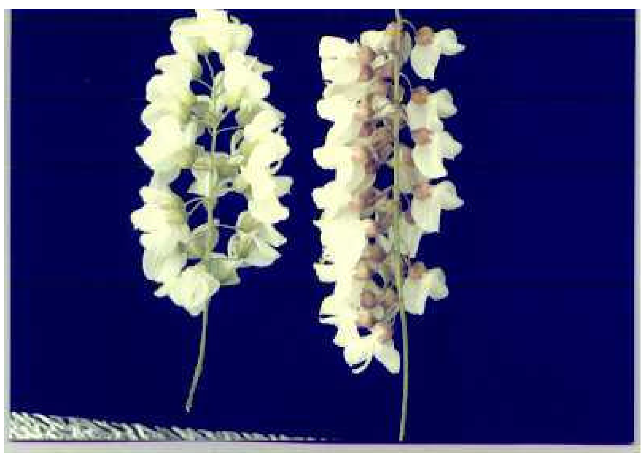
표 11의 화밀량 조사에서 가장 눈에 띄는 것은 인천시 강화군 양도면 건평리 조사집단이라 할 수 있다. 강화의 꽃 당 화밀량은 올해 최저인 강원도 원주의 2.52μℓ보다 무려 297%가 높은 7.48μℓ였으며, 올해 전국평균인 3.54μℓ와 비교해도 211%이상 높은 것으로 나타났다. 반면 꽃의 수는 비슷한 흉고직경을 갖는 경북 구미(29.6㎝)의 291,420개와 경기도 여주(29.4㎝)의241,083개 보다 적은 143,548개가 핀 것으로 조사되었다. 위의 조사결가를 토대로 추정한 나무당 화밀량은 평균 722㎖로 최대는 역시 강화의 1,072㎖, 최저인 원주의 406㎖보다 264%가량 높게 나타났다.

이 지역의 3년간 평균 꽃당 화밀량은 6.45μℓ로 대구지역의 3.66μℓ에 비해 176% 높은 함량을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 아주 특이한 일로서 헝가리에서 밀원유망 수종으로 개발한 핑크빛의 “로비니아 슈도 아카시아 두비아”의 화밀량이 3 4μg에 지나지 않는 것으로 보아 알 수있다. 이지역에 대한 보다 지속적이고 광범위한 조사가 절실히 필요함을 느낀다. 그러나 지난겨울 동안 전국에서 행해진바 있는 간벌 작업을 통해 수많은 아까시나무가 잘려 나가는 와중에 선발목임을 표시했음에도 불구하고 강화도 지역의 소중한 아까시나무가 마구 잘려나간 것은 매우 유감스러운 일이 아닐 수 없다.

강화지역을 제외한 우리 나라 전국의 아까시나무 평균 화밀량은 2.6μℓ/flower로 조사되었으며, 강화집단 외에 천안, 대구, 여주, 구미 집단 등이 3.0μℓ이상의 높은 화밀량을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 1차 년도 조사에서 5월 23일 1 7번까지의 개체는 만개상태였으나, 7번 개체에서 불과 3 10m 거리에 있는 8 10번 개체는 화밀량을 조사하기가 불가능할 정도로 전혀 개화하지 않은 상태였던 천안 집단과 주변에 비해 약 3일 가량 늦게 개화가 진행되었던 원주시 수암리 지역의 1 3번 개체는 그 후에도 계속 같은 특징을 나나내고 있어 이 지역 역시 체계적이고 치밀한 조사가 요구된다.

4. **집단간 외부 형태적 변이**

동일한 지역에 있는 아까시나무 집단에서도 어느정도 형태적인 차이점이 발견되었다. 사진 1**은 전북 군산집단에서 채집한 아까시나무 화서를 보여주고 있다. 오른쪽의 붉은 꽃받침을 한 것이 군산**-7**번 개체이며, 연두색 꽃받침이 군산**-1**번 개체이다. 사진에서 보는 바와 같이 꽃받침이 붉을 수록 화서의 길이가 길고 많은 꽃이 달려 있었으며 화밀량 또한 높은 것으로 나타났다**



<**사진**1. **왼쪽 연두색 꽃받침**(**군산**1) **과 오른쪽 붉은색 꽃받침**(**군산**7) **의 비교**>

그밖에 동일한 색의 꽃받침을 가진 것 중에는 꽃과 꽃 사이의 거리가 멀수록 꽃이 크고 화밀량이 많은 것을 알 수 있었다. (사진 2)

<사진2. 꽃과 꽃사이의 거리비교 >

사진 3은 2차 년도 대구-7번 개체에서 발견된 돌연변이 종으로 1개의 꽃자루에서 2개의 꽃받침이 생겨난 모습을 볼 수 있다. 그러나 3차 년도에는 그러한 모습을 볼 수 없었던 것으로 미루어 일시적인 현상인 것으로 사료된다.

<사진 3. 대구7의 돌연변이종. (한 개의 꽃자루에 두 개의 꽃을 주목)>

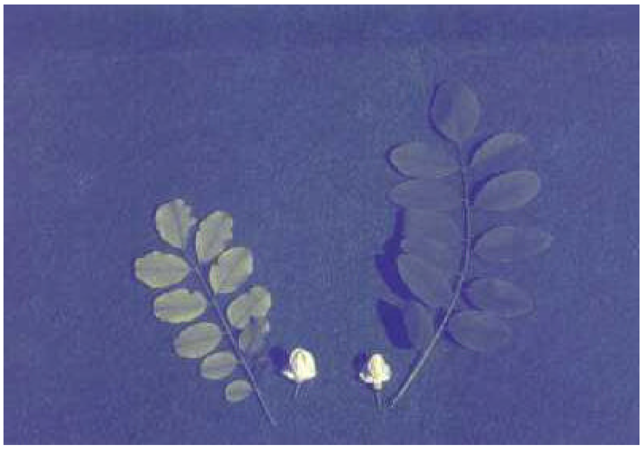
사진 4는 한 줄기에서 2개의 화서가 분화되어 나온 것으로 이러한 변종은 여러 나무에서 확인 할 수 있었다.

<사진 4. 한 줄기에서 분화된 2개의 화서>

구미의 박정희 대통령 생가 뒷산에는 잎사귀 전체가 아주 연한 노란색을 띠고 있는 아까시나무가 집단으로 서식하고 있는 것을 볼 수있다. (사진5)

<사진5. 노란색깔을 띄고 있는 아까시나무림>

사진 6은 주변에 있는 아까시나무와 비교하여 촬영한 것으로 잎이 아주 엷은 연두색을 띠고 있으며, 잎이 작고 약간 주름이 잡힌것을 확인할 수 있었으나 꽃의 색이나 크기, 화밀량 등은 차이가 없었다.



<사진 6. 노란색깔을 띄는 아까시나무와 주변 아까시나무의 잎과 꽃 비교>

이러한 사실은 효소분석 결과 전체 유전 변이 중 집단간 변이는 12%인 반면, 집단내 변이는 88%로서 집단간 변이보다는 개체간 유전변이가 크다는 장진성 교수(수원대학교 생명과학부)의 실험결과와 일치하고 있음을 보여주고 있다. 따라서 아까시나무의 육종을 위해서는 집단에 의존하는 선발 보다는 동일집단내에서 우수한 개체를 선발하는 것이 보다 효과적인 것임을 알 수 있었다.

5. 개체 선발 및 묘포장 관리

가. 1차 년도

꽃의 수 및 화밀량, 개화시기의 특이점 등 지속작인관찰이 필요하다고 사료되는 개체를 표 13.과 같이 선발하였다.

표 13. 1차 년도 개체 선발

집단	개체번호	선발이유	기타
강원도 고성군	3, 8번개체	꽃의 수가 많다	
인천시 강화군	1 10	전국에서 화밀량이 가장 우수한 지역	
강원도 삼척시	5, 6, 8, 10	꽃의 수가 많다.	
원주시 소초면	1 10	꽃의 수 및 화밀량이 우수하고 개체간 개화기의 차이가 크다.	
충북 진천시	1, 2 7	꽃의 수가 올해 조사한 개체중 가장 많다. 화밀량이 우수하다.	
충남 천안군	1, 2 1 10	꽃의 수가 올해 조사한 개체중 가장 많다 화밀량이 많고 개화기차이가 심하다.	
경북 안동시	2, 9	꽃의 수가 많다.	
전북 군산시	3, 7	꽃의 수가 많고 향기가 뛰어나다.	
대구시 서구	1 10	화밀량이 많고, 수형이 우수하다.	
경북 경주시	-	선발개체 없음	
전북 정읍군	-	선발개체 없음	
경남 합천군	8	꽃의 수가 많아서 단일개체 화밀량평균이 1, 401㎖로 전국 최고	
경남 의령군	-	선발개체 없음	

표 14. 1차 년도 선발목 발육 상태

모집단	선발목	발아 개체수	평균 높이(㎝)	원근경 (㎝)	발아율 (%)
강화	1	11(11)	121.2	1.30	100
	7	6(10)	40.0	0.37	60
대구	1	3(7)	118.7	0.90	42
	3	4(7)	109.3	0.81	57
	7	5(7)	85.8	0.66	71
	10	0(7)	-	-	0
천안	1	4(10)	149.0	1.09	40
	2	9(10)	115.4	0.97	90
	3	4(10)	104.7	0.89	40
	4	9(10)	113.4	0.90	90
	5	2(10)	113.0	0.91	20
	6	8(10)	137.5	1.05	80
	7	6(10)	70.5	0.71	60
	8	8(10)	110.4	0.74	80
	9	7(10)	131.8	0.77	70
	10	10(10)	113.2	0.70	100
원주	1	4(10)	64.0	0.76	40
	2	2(10)	90.7	0.79	20
	3	1(10)	27	0.25	10
	4	7(10)	98.4	0.81	70
	5	7(10)	82.6	0.59	70
	6	5(10)	110.0	0.89	50
	7	3(10)	104.3	0.82	30
	8	7(10)	129.4	0.97	70
	9	2(10)	64.7	0.47	20
	10	2(10)	115.0	0.88	20
합천	1	10(10)	155.0	1.39	100
	2	9(10)	106.6	0.96	90
	3	8(10)	92.7	1.03	80
	4	8(10)	95.0	0.74	80
	5	7(10)	106.0	0.92	70
	6	9(9)	175.4	1.23	100
	7	9(10)	164.2	1.13	90
	8	5(10)	114.8	1.10	50
	9	8(10)	86.8	0.73	80
	10	10(10)	93.7	0.75	100

나. 2차 년도 개체 선발

개체의 선발은 화밀량이 우수한 개체, 동일 지역내에서 개화기 등의 차이가 심한 개체, 화밀의 성분이 우수한 개체등을 우선으로 선발 하였다.

표 15. 2차년도 개체 선발

집 단	개체번호	선 발 이 유	기 타
경기도 파주시	1, 3, 9	수형이 우수하고 화밀량이 많다	
강원도 철원군	2, 5, 7, 8	꽃의 수가 많고 수형이 우수	
경기도 여주군		꽃의 수가 많고 수형이 우수. 화밀량이 많다	
경북 구미시		화밀량이 우수하다. 꽃의 크기가 크다.	

6. 헝가리산, 중국산, 국내 우량 선발 개체간의 형태적 특성 비교

국내 9개지역에서 다화수, 장화기, 다밀성으로 선발된 61클론과 헝가리에서 도입한 4품종, 중국에서 도입한 1품종을 대상으로 하여 잎의 특성, 수피의 색깔과 수피의 모양, 피목의 형태, 가시의 크기, 색깔, 발생 빈도 등에 대해서 조사하였다. 수피와 피목의 형태에서는 산지간에 차이를 찾아 볼 수 없었다. 가시의 크기도 개체간에 많은 변이가 있으나, 품종간에 일정한 경향을 발견할 수 없었다.

표17에 도입품종과 선발개체의 잎의 형태적 특성을 나타내었다. 평균총엽장(복엽)은 헝가리산 중에서 mixed seed가 가장 컸으며 국내산 중에서는 여주산이 가장 컸다. 소엽수는 17개 21개까지 관찰되어 평균 19개였으며 품종이나 지역 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 평균정단엽장은 헝가리산 중에서는 mixed seed가 가장 컸으며, 국

내산 중에서는 철원산이 가장 컸다. 이와 같은 경향은 아까시나무의 복엽, 가시, 수피의 형태적 특성만으로는 지역 선발 개체나 품종간의 차이를 육안으로 구별할 수 없다고 판단되며, 헝가리산, 중국산, 국내산간의 외부 형태적 특징에는 큰 차이가 없다고 결론짓는다.

표16. 헝가리산, 중국산, 국내 우량 선발 개체에서 채집한 잎의 형태적 특성 조사

선발지	평균총엽장 (cm)	평균소엽수	평균정단엽장 (cm)	평균정단엽폭 (cm)	평균주맥털밀도	클론내 엽반복
강화	22.06	19	3.74	2.26	1	7
구미	24.31	20	3.93	2.28	2	32
대구	22.43	17	4.19	2.40	1	20
여주	28.83	19	5.03	2.67	1	37
원주	22.19	18	4.07	2.26	2	28
천안	26.30	18	4.14	2.43	2	41
철원	28.35	19	5.22	2.78	2	12
파주	24.23	20	3.85	2.08	1	17
합천	25.94	16	4.96	2.72	1	38
China	30.52	19	5.30	3.24	1	6
Deb	30.69	19	5.27	3.40	1	9
Jas	29.37	19	5.09	2.99	2	7
Mix	35.04	20	6.18	3.68	1	5
Puz	29.70	20	4.83	2.96	2	9
Suwon	28.87	19	5.81	3.24	2	9

7. 개화기 예측 모델 작성

1) 아까시나무 개화기 예측을 위한 기상 자료의 분석

아까시나무의 개화기를 예측하기 위하여 기상청에서 발간하는 기상월보를 이용하여 1993년부터 1996년까지 1월 1일부터 개화시작일까지의 기상 data 및 밀원조사시의 자료를 이용하여 다음과 같은 기상자료를 작성하여 분석에 이용하였다. 개화시작일은 아까시나무의 개화최성기에서 3일을 뺀 날로 하였다.

FS : Flowering Start
Lat : 위도(위도를 백분율로 바꾼 수치)
Alt : 해발고(조사지의 해발고)
J : 1월평균기온
F : 2월평균기온
M : 3월평균기온
J31 : 1월1일-1월말까지 적산온도
F28 : 1월1일-2월말까지 적산온도
M31 : 1월1일-3월말까지 적산온도
J315 : 1월1일-1월말까지 5℃이상온도를 ∑(T-5)
F285 : 1월1일-2월말까지 5℃이상온도를 ∑(T-5)
M315 : 1월1일-3월말까지 5℃이상온도를 ∑(T-5)

2) 아까시나무 조사지의 위도별 개화시작일과 관계된 기온자료간 상관관계를 먼저 조사하였다. 예비조사에서 1월평균기온은 개화시작일과 아주 낮은 상관을 나타내서 제외하였다.

	YEAR	ALT	LAT	FS	F	M	J31	F28	M31	J315	F285	M315
YEAR	1.00000											
	0.0000											
ALT	0.17498	1.00000										
	0.1332	0.0000										
LAT	-0.06649	0.30579	1.00000									
	0.5709	0.0076	0.0000									
FS	0.37975	0.44099	0.76233	1.00000								
	0.0008	0.0001	0.0001	0.0000								
F	-0.39031	-0.64083	-0.43755	-0.63106	1.00000							
	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000							
M	-0.12324	-0.64976	-0.53714	-0.52596	0.83858	1.00000						
	0.2922	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000						
J31	-0.11744	-0.67525	-0.53493	-0.58339	0.82977	0.78444	1.00000					
	0.3156	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000					
F28	-0.26128	-0.68696	-0.51687	-0.63331	0.90899	0.84894	0.97712	1.00000				
	0.0236	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000				
M31	-0.23123	-0.69834	-0.53805	-0.62190	0.91734	0.91637	0.95431	0.98905	1.00000			
	0.0459	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000			
J315	0.22388	-0.29566	-0.05119	-0.01054	0.40493	0.39270	0.56347	0.51049	0.49384	1.00000		
	0.0535	0.0100	0.6627	0.9285	0.0003	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000		
F285	0.05320	-0.27592	-0.19793	-0.12746	0.52309	0.55048	0.64824	0.61748	0.62089	0.62819	1.00000	
	0.6503	0.0166	0.0887	0.2758	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	
M315	-0.05939	-0.45364	-0.51105	-0.47272	0.78119	0.92639	0.76149	0.80922	0.86662	0.46654	0.72287	1.00000
	0.6127	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000

여러가지 요인별 상관관계분석에서 아까시나무의 개화시작일과 위도간에 높은 정의 상관이 나타났으며 해발고와의 상관은 낮게 나타났다. 그러나 2월평균기온, 3월평균기온, 1월1일-1월말까지의 적산온도, 1월1일-2월말까지의 적산온도, 1월1일-3월말까지의 적산온도, 1월1일-3월말까지 5℃이상온도를 $\sum(T-5)$ 한 온도에서 높은 부의 상관을 보였다. 높은 상관을 나타낸 기상자료를 이용하여 위도별 개화기를 예측하기

위한 회귀식작성분석에서 다음과 같은 회귀식을 작성할 수 있었다.

$R^2 = 0.58 \quad FS = -110,6637 + 6,1606\ Lat$

$R^2 = 0.19 \quad FS = 137,8724 + 0.0373\ Alt$

$R^2 = 0.73 \quad FS = -94.8489 + 5.5480Lat - 2.4843F + 2.0984M$

$R^2 = 0.73 \quad FS = -92.7447 + 5.4758Lat - 2.2576F + 2.2014M - 0.0058F28$

$R^2 = 0.73 \quad FS = -92.9804 + 5.4848Lat - 2.2850F + 2.3487M - 0.005M31$

$R^2 = 0.73 \quad FS = -92.9724 + 5.472Lat - 2.254F + 0.0173M - 0.0811F28 + 0.074M31$

$R^2 = 0.80 \quad FS = -117,3452 + 6.0717Lat - 0.3932F + 1.3743M - 0.2040J31$

$\qquad -0.1907F28 + 0.0402M31 + 0.0394M315$

$R^2 = 0.80 \quad FS = -118.6759 + 6.0759Lat - 0.3935F + 1.8725M + 0.2085J31$

$\qquad - 0.1960F28 + 0.0439M31$

$R^2 = 0.74 \quad FS = -99.0376 + 0.01Alt + 5.60Lat - 2.343F + 2.3507M$

$R^2 = 0.74 \quad FS = -98.1886 + 0.0096Alt + 5.5747Lat - 2.2724F + 2.3791M - 0.0019F28$

$R^2 = 0.62 \quad FS = -89.1121 + 0.0194Alt + 5.5939Lat$

$R^2 = 0.74 \quad FS = -98.5161 + 0.0098Alt + 5.5849Lat - 2.3F + 2.403M - 0.001M31$

$R^2 = 0.74 \quad FS = -98.5239 + 0.0098Alt + 5.5723Lat - 2.2689F + 0.014M - 0.0819F28$

$\qquad + 0.079M31$

$R^2 = 0.82 \quad FS = -133.9269 + 0.0196Alt + 6.3442Lat - 0.2269F + 2.6888M$

$\qquad + 0.2348J31 - 0.2157F28 + 0.0541M31 - 0.0439M315$

$R^2 = 0.82 \quad FS = -129.5614 + 0.01549Alt + 6.2043Lat - 0.2615F + 2.0797M$

$\qquad + 0.2259J31 - 0.2069F28 + 0.0487M31$

개화시작일은 기본적으로 위도와의 상관이 높게 나타났으나 위도만을 대상으로 개화시작일을 추정하기에는 정확도가 낮기 때문에 높은 부의 상관을 보이는 기상자료를 이용하여 개화시작일추정식을 작성하고자 하였을 때 높게는 $R^2 = 0.82$가 되는 개화시작일을 추정할 수 있었다. 아까시나무의 개화기를 예측하기 위한 회귀식작성에 있어서 어느정도 만족할 만한 식이 도출되었지만 이 식이 지역적인 기후환경의 차이가 심한 전국에 적용되기 위해서는 좀더 신중하고 계속적인 조사가 계속되어야 할 것이

라고 생각되었다. 본 조사에서는 어느 정도의 높은 적용가능성을 가진 개화식을 작성하였기 때문에, 이를 이용하여 개화기를 추정하여 앞으로 이를 이용하여 계획적으로 아까시나무로부터의 채밀활동을 실시할 수 있을 것으로 생각된다.

2) 적산온도를 이용한 개화기 예측

개화기 예측모델에서 가장 중요한 변수가 5℃이상 적산온도인가를 검증하기 위해 15개 지역을 선발하여 1월부터 개화 만기일까지의 5℃이상의 적산온도를 구하였다. 표17, 18를 보면 각 수치들은 1월부터 4월까지의 적산온도와 5월 각 날짜에 따른 5℃이상의 적산온도를 나타낸다. 적산온도를 이용한 개화기 예측은 위의 개화 예측 모델을 근거로 예상되었다. 즉 5℃이상의 적산온도가 1월부터 개화최성일까지 약 880℃가 되면 아까시나무가 개화된다고 예상하였다. 이러한 개화 예측은 개화최성일과 거의 일치함을 확인 할 수 있었다. 표 17과 18에서 검게 표시한 수치는 적산온도가 880℃가 되었을 때를 나타낸다. 그리고 이탤릭체로 진하게 씌여진 수치는 실제로 관찰된 개화최성일을 나타낸다. 표 17에서는 철원, 청주가 개화 최성일과 개화 예측일이 일치함을 알수 있었다. 속초는 개화 예측일을 개화 최성일보다 8일 빨리 예측해 15개 지역 중 가장 낮은 정확도를 보였다. 강릉은 3일 일찍, 수원은 3일 빨리 예측했다. 그리고 서울은 하루 빨리 예측했고, 이와 반대로 울진, 원주는 하루 늦게 예측했다. 표 18에서는 안동, 대구, 전주, 광주는 개화예측일과 개화최성일이 일치하는 것을 확인했다. 그리고 군산과 진주는 실제보다 3일후로 예측을 했고 울산은 3일전으로 예측했다.

이를 종합하면 5℃이상 적산온도에 의한 개화 추정 일과 실제 15개 지역의 개화 최성일은 속초의 8일간의 차이를 제외하면 14개 지역중 6개 지역(철원, 청주, 안동, 대구, 전주, 광주)은 일치함을 보였고, 3개지역(서울, 울진, 원주)은 하루전후이고, 5개 지역(강릉, 수원, 군산, 진주, 울산) 은 3일 전후로 나타났다.

▶ 표 17, 18의 설명

검게 칠해진 부분은 5℃ 이상의 적산온도가 1월부터 880℃되는 날짜이며, 이탤릭체로 진하게 표시된 곳은 실제로 관찰한 개화최성일이다.

표 17. 1999**년** 5**월 중 일일 최고 온도를 누적하여 계산한 개화기 예측과 개화최성일과의 비교**(8**개지역**)

※표에 대한 자세한 설명은 130쪽 하단 참조

지역 / 적산온도	속초	철원	강릉	서울	원주	수원	울진	청주
4월까지적산	604.4	405.7	728	641.7	524.8	553.3	670.5	629.7
5월 1일	16.7	14.4	18.5	15.4	15.3	14.3	18.7	16.1
2	14.3	12.9	16.9	16.7	14.5	16.5	15.1	17.7
3	14.4	13.5	16.1	14.7	13.8	14.7	14.5	15.3
4	14.7	16.6	15.7	17.9	17	17.2	14.1	16.5
5	14.1	15	14.5	16.5	15.7	14.7	12.3	16.1
6	22.1	14.8	21.7	16.1	15.7	15.4	20.4	16.4
7	17.9	16.1	18.3	16.9	17.3	16.3	19.1	18.2
8	18.5	16.2	21.4	18.1	17.6	17.4	18.4	18.7
9	14.2	16.4	18.4	17.4	17.8	17.1	19.1	18.5
10	13	16.5	13.9	18.1	16.9	17	14.4	17.9
11	14.8	15.8	17.8	17.6	17.1	17.1	14.3	17.9
12	23.5	16.1	***24.8***	17.4	17.6	16.6	***21.4***	17.9
13	16.6	17.3	18	18.4	18.8	17.1	17	18.8
14	12.6	16.1	14.2	18.3	18.8	17.3	14.7	19.1
15	15.1	16.6	17.9	***16.1***	16.5	16.1	16.5	***17.4***
16	16.4	18.9	18.5	19.4	19.2	18.7	16.2	19.5
17	16.3	19.9	17.7	21.9	20	21.2	15.6	20.7
18	13.9	15.1	13.9	17.1	16.2	17.2	13.6	17.1
19	13.2	12.4	14.9	12.9	12.2	12.7	14.8	13.5
20	19	15.3	19.3	16.2	16.4	15.2	19.4	17.2
21	20.5	16.7	21.7	19.4	***17.7***	18.9	19.3	19.7
22	24	17.6	24.5	20.6	19.2	19.8	24	21.2
23	19.5	19	21.8	21.8	19.8	20.8	19	19.9
24	13.2	13.6	14.2	15.4	14.8	***15.8***	14.4	15.6
25	***18.1***	14.5	18.6	15.6	15.6	15.6	17.9	16.7
26	18.3	14.6	19	15.8	16	16.2	17.3	16.8
27	16.5	14.3	17.9	15.5	15.3	15.5	17	15.8
28	16.3	14.9	17.2	15.9	14.9	14.9	15.3	15.1
29	20.2	16.2	22.1	17.5	16.7	16.3	17.7	17.2
30	18.8	***18.2***	22.5	20.3	18.9	19.5	18.8	20
5월 31일	21.4	19.2	25	21.7	20.6	20.6	19.8	21.6
5월까지적산	1132.5	900.4	1304.9	1184.3	1048.7	1077	1200.6	1179.8
개화일적산	1021	881.2	946	897.3	876.9	838	872.3	892.2
개화예측일	879.6	881.2	889.5	881.2	896.1	883.1	889.3	892.2

표 18. 1999**년** 5**월 중 일일 최고 온도를 누적하여 계산한 개화기 예측과 개화최성일과의 비교**(7**개지역**)

※표에 대한 자세한 설명은 130쪽 하단 참조

지역 / 적산온도	안동	군산	대구	전주	울산	광주	진주
4월까지적산	587.1	541	778.3	684.1	824.4	756.1	656.22
5월 1일	16.4	14.5	18.7	15.2	17.6	16.4	15.5
2	16.8	16.8	19.3	18	18.1	18.6	16.6
3	14.4	15.7	17.2	16.8	17	17.7	16
4	16.9	14.2	17.7	15.6	16	16.2	17.6
5	15.6	13.2	16.6	13.8	14.9	14.6	16.7
6	16.5	15.2	***18.8***	14.8	18.7	15.7	16.7
7	19.1	16.8	22.3	18.5	***22.3***	18.2	19.2
8	19.6	17.2	21.2	18.1	19.6	***19***	19.4
9	19.4	16.5	21.7	18.3	12.2	17.9	18.1
10	15.8	14.6	17.3	17.1	16.2	18.1	***16.9***
11	17	13.9	17.8	16.8	16.1	17.6	17.8
12	19.4	14.5	21.4	***17.1***	19	17.5	18
13	18.9	15.2	21.2	17.6	19.8	18.8	19.5
14	18.4	15.7	19.7	18.2	17.2	19.2	18.4
15	17.2	16.1	19.5	17.9	18.8	18.2	18.9
16	19	16.9	20.5	20.3	18.5	20	19.5
17	***18.2***	19.2	18.8	22.3	17.1	22	19.5
18	15.1	***17***	16..6	18.5	16.9	19.3	16.3
19	15	14.5	17.6	14.4	19.3	15	17.2
20	17.7	16.9	19.9	17.1	19.5	18.2	17.4
21	19	18.4	21.2	20.3	20.6	20.3	18.4
22	21	19.8	23	21.1	22.2	20.7	19.5
23	18.5	19	19.6	19.7	18.6	18.1	17.4
24	15.6	16.8	17.5	17.3	17.2	16.6	17.8
25	17.2	15.9	19.6	17.7	19.1	18	18.6
26	17.2	16.4	18.5	17.1	18.3	16.8	17
27	16.2	15.6	19	16.1	19.5	17	18.2
28	15.3	14	18.4	14.1	18.3	15.4	16.9
29	17.9	15.3	20.7	16.4	19.5	17.2	17.3
30	19	18.6	21.7	20.2	20.1	20.5	18.5
5월 31일	20.3	20.5	22.3	22	20.5	20.7	19
5월적산	1130.7	1045.9	1367	1232.5	1393.1	1315.6	1210.02
개화일적산	885.7	824.2	886.6	884.2	949	892.5	828.92
개화예측일	885.7	874	886.6	884.2	893.1	892.5	884.22

제 4 절 결 론

3년에 걸친 연구 결과 우리나라 아까시 나무의 무한한 가능성을 발견하였다. 헝가리에서 밀원유망 수종으로 개발한 핑크빛의 “로비니아 슈도 아카시아 두비아”의 화밀량이 3 4㎍에 지나지 않는데 비해 우리나라 아까시 나무의 평균 화밀량은 3.01㎕인 것으로 보아 알 수 있다.

아까시나무는 1년에 흉고 직경이 평균 0.7㎝이상 성장하는 속성수로 그 이용에 따른 경제적 가치가 매우 높다는 것은 이미 알려진 사실이다. 그럼에도 불구하고 잘못 알려진 아까시나무의 속성으로 인해 그 가치가 폄하되고 있는 현실이 안타까울 뿐이다.

강화지역에서 발견된 화밀량이 월등히 많은 아까시나무는 밀원자원으로 개발 보급할 충분한 가치가 있다고 사료되며, 앞으로 아까시 나무의 개화기 예측이 어느정도 가능케 되었기에 이를 이용한 과학적이고 계획적인 양봉모델을 작성한다면 WTO에 따른 세계양봉산물과의 무한 경쟁 시대에도 우리나라의 아까시 나무 벌꿀이 충분히 경쟁력 있는 농산품으로 그 가치를 인정받을 수 있으리라 여겨진다.

이번 조사기간중 2차 연도에 엘리뇨에 의한 기상 이변으로 인해 기후 조건을 데이터화하는데 문제가 발생했으나 이러한 판이한 기상 자료 때문에 오히려 개화에 필요한 기후인자가 어떤 것인지 보다 명확히 확인 할 수 있는 기회가 되었다. 조금 더 오랜 시간의 자료가 축적된다면 보다 정확한 자료가 나올 수 있을 것이다.

기후인자와 개화시기와의 상관관계를 분석한 결과 1월부터의 5℃이상 적산온도가 880℃이상 되었을 때 아까시나무 꽃이 개화한다는 사실을 알게 되었다.

아까시나무는 다목적수종으로서(Hanover, 1992) 용재수 뿐만 아니라 밀원식물로서도 중요한 의미를 가지므로, 두 가지 목적을 달성할 수 있는 육종목표를 세워야 한다. 연간 600억원이나 되는 부산물을 생산하는 아까시나무의 밀원으로서의 가치를 감안해 보았을 때, 높은 생산성을 위한 육종이 필요한 실정이다. 앞으로 아까시나무를 이용한 밀원자원의 연구는 ① 많은 집단에 대한 개화 동태를 조사하여 우리나라 유일한 대형 밀원식물인 아까시나무 개화예상도를 제작하여 양봉가들에 이용할 수 있

게 함으로써 채밀활동을 계획적으로 할수 있게 하며, ② 화밀량이 많고 개화기가 긴 우량품종의 선발 및 검정, ③ 선정된 우량품종의 근삽 또는 기내배양법을 이용한 증식, ④ 지역 조림을 통하여 안정된 밀원확보 등의 과정을 통하여 아까시나무의 이용도를 높이도록 하여야 한다.

3년 동안 수집한 수많은 개체들로 조성된 아까시나무 시범림을 아름다운 숲으로 가꾸기 위한 아까시나무 육림 기술과, 밀원자원 뿐 아니라 목재로도 훌륭한 가치가 있는 아까시나무의 이용에 관한 심도 있는 연구가 계속 이어져야 우리나라 전역에 퍼져 있는 아까시나무를 보다 효율적으로 자원화 할 수 있는 길이 열릴 것으로 생각된다.

제 5 절 인용 문헌

1. 김태욱 ·김기중. 1987. 아까시나무의 화밀생산과 수분작용. 한국양봉학회지 2(1):82 92

2. 오현우 ·최승윤. 1988. 아카시아나무 꽃에서 꿀벌의 방화활동에 관한 연구. 한국양봉학회지 3(2):1 6

3. 유영수. 1984. 꿀 나무 아카시아를 다시 생각한다. 한국양봉협회보 제 16호.

4. 이유미 ·김태욱. 1987. 우리나라 주요 밀원식물의 개화기 및 화기구조에 관한 연구. 한국양봉학회지 2(1):64 81

5. 이인호. 1990. 아까시나무는 부국수(富國樹)이다. 한국양봉협회보. 제124 125호.

6. 최승윤. 1976. 신제양봉학. 집현사. 439p.

7. 유영수. 1992. 아까시나무와 한국의 양봉산업. 아까시나무의 자원과 이용(한국아까시나무연구회 창립기념 심포지움 자료). 55 79p.

8. 장진성. 1997. 아까시 나무의 천연집단 내에서의 유전적 구조. 아까시나무의 개발과 이용. 20 35p.

9. 유영수 (1992) 아까시나무와 한국의 양봉산업. 한국아까시나무연구회창립총회심포지움. 1992. 5. 23. 산림청 임업연구원. 53-80.

9. 임경빈 ·김종원 ·박용구 外. 1994. 아까시나무림의 육림 및 이용의 신수요개발에 관한 연구. 산림청. 104 163p.

10. 이경준. 1995. 수목생리학. 서울대학교 출판부. 36 37p.

11. 박용구. 1992. 헝가리 임업과 아까시나무. 한국임학회지. 81(1):66 75p.

16. Keresztesi Béla. 1988. The Black locust. Akadémiai Kiadó, Budapest. 196p.

12. Ayers, G.S. (1992) Characteristics of black locust as bee forage, *in*: Proceedings: International Conference on Black Locust: Biology, Culture, & Utilization. June, 1991, Kellogg Center for Continuing Education Michigan State University, East Lanning, Michigan USA, 243-251.

13. Hanover, J.W (1992) Black locust: An historical perspective, *in* Proceedings: International Conference on Black Locust: Biology, Culture, &

Utilization, eds. 14. Hanover, J.W, K. Miller and S. Plesko, June, 1991, Kellogg Center for Continuing Education Michigan State University, East Lanning, Michigan USA, 7-21.

15. Keresztesi Béla. 1991. A Méhlegelö. Akadémiai Kiadó, Budapest. 95p.

16. Keresztesi Béla. 1988. The Black locust. Akadémiai Kiadó, Budapest. 196p.

17. Kim, T.W and K.J. Kim (1987) Nectar production and pollination mechanism of *Roninia pseudoacacia* L. Kor. J. Apiculture 2:82-92.

18. Kim, T.W and Y.M Lee (1989) The state and propagation plans of honey plants in Korea. Kor. J. Apiculture 4:9-18.

19. Lee, Y.M and T.W Kim (1987) A study on flowering time and floral structure of woody honey plants in Korea. Kor. J. Apiculture 2:64-81.

20. Oh, H.W and S.Y. Choi (1988) Diurnal activity of the honeybees on the blosomes of *Robinia pseudoacacia*. Kor. J. Apiculture 3:1-6.

21. Park, T.S. (1987) A practice of apiculture along with the multiple-use forest managenent for the increase of farm income. Kor. J. Apiculture 2:1-8.

제 4 장 조직배양에 의한 아까시나무 대량증식법 개발

Mass Propagation of Selected Trees *in vitro* with Tissue Culture Techniques

산림청 임업연구원

연구책임자 : 손 성 호

연 구 원 : 권 영 진

연 구 원 : 문 홍 규

연 구 원 : 김 용 욱

제 1 절 서 론

선발된 개체의 영양계 증식묘를 이용함으로서 비상가적 유전효과까지도 얻을 수 있어 임목개량을 위한 최대의 유전획득을 얻는 수단으로 무성번식이 유용하다. 임목의 무성증식의 관행적인 방법은 삽목이나 접목등이 있으나 삽목은 모본의 수령이 증가함에따라 삽수의 발근 능력이 급격히 상실되는 특성을 나타낸다(Thorpe & Biondi, 1984). 그리고 접목은 접목불화합성등의 여러 문제점이 있다. 임목의 무성번식의 주요 목적 중의 하나는 우수한 형질을 효과적으로 나타낼 수 있는 충분히 성숙된 임목을 증식시키는 것이다. 즉, 선발된 형질의 균일한 식물체를 대량으로 재생산하여 개량효과를 높일 수 있는 방법이 무성증식법이다. 임목에 있어서 가장 큰 기대는 관행적인 무성증식 방법으로 증식이 곤란하거나 불가능한 수종 또는 유전적으로 전환된 우수한 유전형이 증식이다.(Chalupa, 1987; Driver & Suttle, 1987; Jokiner & Tormala, 1991; Aitken-Christie & Connett, 1992). 아까시나무 조직배양에 관하여 보고된 것으로 뿌리, 액아, 종자, 잎을 초대배양 재료로하여 조직배양한 결과, 액아개서, 부정아형성, 캘러스를 통한 기관발생, 체세포배가 유도 되었다(Dunstan와Thorpe, 1986; Merkle와 Wiecko, 1989; Chalupa, 1983). 아까시나무는 북미 원산의 낙엽활엽교목으로 수고 25m에 달하며 우리나라에는 1900년데 초에 연료림 수종으로 도입되어 황폐지 복구용으로 전국에 식재되었다. 또한 밀원이 많아서 대표적인 밀원식물의 나무이다(임업연구원, 1988).

목본식물들의 기내 재생을 위하여 현실적으로 사용되는 주요 배양경로는 기관발생을 통한 조직배양 방법이다. 기관발생을 통한 조직배양은 적어도 4가지 독특한 별개의 단계로 구성된 다단계 과정이다. 즉, (1) 배양정착 혹은 아(芽)유도, (2) 기내줄기 발육과 증식, (3) 발육된 기내줄기 발근, (4) 배양묘의 자연환경 순화이다. 이미 확립된 일반적인 원리를 이용할지라도 각 단계별 최적의 요구 조건들은 반복된 실험을 통하여 경험적으로 결정되어져야 한다(Thorpe 와 Patel, 1984).

지금까지 조직배양 기법을 이용하여 식물체 생산이 가능하였다고 보고된 수종수는 활엽수 70종 이상, 침엽수 약 30종이며 그 중에서 주요한 것은 유칼리속(Badin, 1981; Bennett와 McComb, 1982; Gupta 등., 1983; Lakshmi Sita 와 Shoharani, 1985; Mehra-Palta, 1982), 참나무속(Chalupa, 1984; 이 등., 1985; Vieitez 등., 1985; 문, 1993), 포플러속(Ahuja, 1984; Barocka 등., 1985; 김 등., 1981; Rutledge 와 Douglas, 1988; Wann 과 Einspahr, 1986), 자작나무속(Chlupa, 1983; Grellier 등., 1984; 이 등., 1986; Saito 와 Ide, 1985a, b; 권 등., 1992, 1994), 오동나무속(이, 1985; Song 등., 1990), 오리나무속(Louis 등., 1982; Perinet 등., 1988; Read 등., 1982; Tremblay 와 Lalonde, 1984), 버드나무속(Chalupa, 1983; Garton 등., 1983), 피나무속(Youn 등., 1988, 1989; Youn 과 Chba, 1990), 호도나무속(Driver 와 Kuniyuki, 1984; 권 등., 1990; Somers 등., 1982), 그리고, 밤나무(Vieitez 등., 1983) 등의 많은 보고가 있다. 이들 연구의 대부분이 유령(幼令) 실생묘의 생장점, 눈 등 세포분열 능력이 있는 조직을 재료로 사용하였다. 활엽수에 있어서 가장 효과적인 증식방법은 눈, 특히 액아의 분화를 자극하므로서 유식물체를 분화시키는 것이다. 또한, 이 방법은 부정줄기의 지속적인 생산과 정상적인 유식물체의 안정적인 확보라는 면에서 유익하다(Zimmerman, 1985).

그러나, 성숙목에서 채취한 재료들이 기내에서 쉽게 조작되는 것이 불가능한 문제점이 조직배양 기법을 넓게 이용하는 것을 방해하는 주요 요인이다(Bonga, 1987). 성숙한 모본에서 채취한 배양 재료들이 기내에 치상되었을 때에 기본적으로 독특한 3단계를 확인할 수 있다. 즉, (1) 분리단계(Isolation phase), (2) 정착단계(Stabilization phase), (3) 생산단계(Production phase)이다. 분리단계의 기간동안에는 생장이 빠르고 생산된 소수의 axillary shoot들은 대개 이미 시료에 있던 눈에서 나온 것이다. 분리단계에서 생산된 axillary shoot 혹은 액아들은 정착단계에서 한 동안 생장정지 상태가 되며 모본의 성숙도에 따라 생장정지상태 기간이 좌우된다. 정착단계의 기간동안 생장은 분열조직 재생에 의하여 좌우되는데 어린 재료들이 가장 좋은 반응을 보이는 것 같으며 수령이 높은 모본에서 채취된 재료들은 분열조직 재생이 곤란하여 조직배양이 어려운 것 같다. 생산단계의 기간에는 줄기의 생장과 성질이 계대배양에서 변화하지 않고 발근과 순화될 수 있다.

McCown과 McCown(1987)은 활엽수 임목들을 배양함에 있어서 정착의 난이에 따라 수종을 3그룹으로 분류했다. 즉, (1) 쉽게 반응하고 짧은 기간에 정착되는 수종은 포

플러류, 버드나무류, 느릅나무, (2) 정착이 약간 어려운 수종으로 단풍나무류, 들메나무류, (3) 정착되기 가장 어렵고 긴 기간을 요하는 수종으로 참나무류, 너도밤나무 수종으로 구분하였다.

본 실험은 임업연구원의 수십 년간 축적된 식물조직배양 기술을 바탕으로 한국양봉협회에서 다밀성 개체, 장화기 개체 또는 집단으로 선발한 우수한 아까시나무 성숙목들을 기내 대량증식 방법을 개발하기 위하여 수행하고 있는 실험으로 우수개체의 기내 환경 배양정착을 위한 개발내용 및 범위는 다음과 같다.

(1) 선발개체의 시료조제 및 재유령화 처리
(2) 채취된 절편체의 무균처리 방법 개발.
(3) 절편체로부터 줄기 분화
(4) 효과적인 배지 선정
(5) 씨토키닌 종류 선정 및 농도 구명
(6) 옥신 종류 선정 및 농도 구명
(7) 발근유도를 통한 폿트묘 생산

따라서 본 시험은 임목육종연구소의 수십년간 축적된 식물조직배양 기술을 바탕으로 한국양봉협회에서 다밀성개체 또는 집단으로 선발한 우수한 아까시나무 성숙목 개체의 기내 대량증식 방법을 개발하기 위하여 수행한 시험의 연구결과이다.

제 2 절. 재료 및 방법

기내의 무균배양체를 생산하기 위한 과정으로 배양재료의 살균처리, 배양조직의 기내치상과 초기 생장의 유도에 필요한 배지 및 생장조절물질 선정 등을 검토하는 과정으로 다음과 같이 실생유묘와 성숙목을 재료로 실험을 수행하였다.

1. 실생유묘를 재료로 한 초대배양

조직배양 기술이 넓게 이용되지 못하는 주요 문제점 중의 하나는 성숙목에서 채취된 재료들이 기내에서 쉽게 배양되지 않기 때문이다. 이제까지 성공한 보고들도 배양재료를 씨눈이나 실생유묘 일부를 절단하여 사용한 것을 의미한다. 본 실험에서도 기술개발 차원에서 실생유묘를 재료로하여 배양정착 가능성을 구명하였다.

배양 정착을 위한 초대배양에 이용된 재료는 기내파종하여 3주간 생장한 실생유묘를 무균장치 안에서 액아가 1개이상 붙도록 정단부와 마디절편체로 절단하여 식물생장 조절물질인 BAP 1.0㎎/ℓ와 IBA 0.01㎎/ℓ가 동일하게 첨가된 WPM과 MS 배지에 정단부 절편체 각 30점씩, 마디절편체 각 30점 총 120점을 배지가 8㎖씩 들어있는 25×150㎜의 시험관에 한점씩 치상하였다. 배지는 0.5N HCL과 0.2 N NAOH로 pH5.6-5.8로 조정하여 유리시험관에 8㎖씩 분주한 다음 고압멸균기에서 121℃, 15psi로 15분간 멸균하였다. 배양실의 환경 조건은 실내온도 25±2℃, 광은 냉백색 형광등으로 2,000-3,000Lux의 광도로 16시간 일장으로 조명하였다. 초대배양 치상 1개월후에 줄기가 발생된 시료수를 조사하여 치상시료수에 대한 백분율을 구하여 줄기분화율을 산출하였다.

2. 성숙목을 재료로 한 초대배양

실생유묘를 재료로 하여 증식된 식물체는 유전적 형질이 확인되지 못하는 문제점이 있고 어떤 종자 집단이라도 변이가 있어 성숙목의 효과적인 무성증식법 개발이

필요하다. 그러나 성숙목에서 재료로 절편체를 채취한 경우에는 기내줄기 증식과 발근 유도가 실생유령 재료를 이용하는 것보다 어렵다는 것이 일반적인 사실이다(Lyrene, 1981; Bonga, 1987). 효과적인 기내반응을 촉진하기 위하여 성숙목의재료를 재유령화 시켜 이용하는 방법이 있다. 재유령화 시키는 방법으로는 BAP와 같은 생장조절물질의 분무, 어린대목에 접목, 근주맹아유도, 연속적 삽목, 반복적인 가지치기등의 방법이 있다.

본 시험에 사용된 성숙목 재료는 한국양봉협회에서 다밀성 집단으로 예비 선발한 강화군 양도면 건평리 소재 아까시나무 성숙목 3개체, 수원시 오목천동 임목육종연구소 구내 일반 성숙목 1개체와 1973년 헝가리에서 종자를 도입, 육묘하여 1975년도에 식재한 품종들 중에 용도가 밀원용 품종인 Egylevelu 1개체에서 4월 17일에 1년생 가지의 접수와 직경 1㎝이상되는 근맹아 유도용 뿌리를 채취하여 접수는 온실에서 육묘한 1년생 대목에 4월 8일에 접목하였고, 채취된 뿌리는 온실에서 0.5-1㎝ 깊이로 모래에 묻어 습도를 유지하고 비음하여 맹아를 유도하였다. 접목 후에 활착하여 생장한 접목묘(사진1)와 분근하여 근맹아를 유도하여 생장한 신초지와 야외 성숙목에서 발생한 줄기맹아지, 근맹아지를 시료로 동시에 6월 12일에 채취하여 표면소독후 치상하였다. 채취된 재료들은 액아가 손상되지 않도록 엽병을 1㎝정도 남겨 두고 잎을 완전히 제거하고 액아가 1-3개씩 붙도록 물속에서 줄기를 절단하여 절단면에 산화막의 발생을 방지하였다. 조제된 절편체는 삼각 플라스크에 넣고 깨끗한 물로 2-3회 세척한 다음 70% 에틸알콜에서 1분정도 흔들어 준 다음 세척하였다. 그 다음 시료가 잠길정도 물을 채우고 tween 20을 몇 방을 가하여 4-5분간 흔들어 준다음 흐르는 수돗물에 3시간 이상 세척하였다. 이어서 무균장치내에 옮겨 70% 에틸알콜에 1분간 흔들어 준다음 멸균수로 3회 세척하였다. 표면소독된 절편체들은 상기의 실생유묘를 재료로한 초대배양에서 서술한 것과 동일하게 치상하고 같은 환경조건에서 배양하여 줄기분화율을 산출하였으며 성숙목 재료의 초대 배양의 배양정착 실험에서는 ½MS배지와 BAP 농도를 0.5㎎/ℓ와 2.0㎎/ℓ를 더 첨가하여 실험하였으며 치상 1개월후에 줄기분화수를 조사하였다.

3. 배지(Medium) 선정

아까시나무 성숙목의 기내줄기의 발육과 줄기 분화에 효과적인 배지를 선정하기 위하여 기내줄기의 정단부를 절단하여 zeatin 1.0 mg/ℓ와 IBA 0.01 mg/ℓ가 첨가된 MS, WPM, 1/2MS, DKW 4종의 배지에 30점씩 계대배양하였다. 배지조제는 0.5N HCl과 0.2N NaOH로 pH 5.4 5.7로 조정하여 유리 시험관에 8㎖씩 분주한 다음 고압 멸균기에서 121℃, 15_{psi}로 15분간 멸균하였다. 배양실 환경조건은 실내온도를 25±2℃, 광은 냉백색 형광등으로 2000 3000 lux의 광도로 16시간 일장으로 조명하였다. 계대배양 6주 후에 배지 종류별 줄기가 생장한 시료수와 다경줄기가 발생한 시료수를 조사하고 처리별 각 30점씩 무작위로 선정하여 줄기의 생장과 액아의 발생수를 조사 분석하였다.

4. Cytokinin 선정 및 농도 구명

배지 선정 실험에서 가장 효과적인 배지로 분석된 DKW배지를 기본배지로 하고 IBA 0.01 mg/ℓ가 첨가된 것에 zeatin, 2iP, kinetin, BAP를 각각 1.0 mg/ℓ씩 첨가하여 shoot tip을 60점씩 6주간 계대배양하였다. 배지조제 및 배양환경은 1)의 배지 선정 실험과 동일하게 처리하였다.

그림 1. 아까시나무 성숙목 접목묘

6주간 계대배양된 재료들을 cytokinin 종류별 줄기가 생장된 시료수와 다경줄기가 발생된 시료수를 조사하고 처리별 각각 45점씩 무작위로 선정하여 줄기의 생장과 액아의 발생수를 조사 분석하였다. 또한, cytokinin 선정 실험에서 가장 효과적으로 분석된 zeatin을 DKW+IBA 0.01 ㎎/ℓ배지에 0.5 ㎎/ℓ, 1.0 ㎎/ℓ, 1.5 ㎎/ℓ, 2.0 ㎎/ℓ를 각각 첨가하여 shoot tip과 액아가 1개 이상 붙도록 절단한 nodal segment 두가지 형태로 구분 절단한 재료를 각각 40점씩 6주간 계대배양한 후에 기내줄기 발생한 시료수와 다경줄기가 분화된 재료수를 조사하고 처리별로 기내줄기 생장 상황과 액아 발생수를 조사 분석하였다.

5. 발근유도 및 식물체 순화

Shoot의 발근은 GD 기본배지에 2% sucrose를 첨가하였으며 발근처리 0.5 ㎎/L IBA가 첨가된 배지에서 4주배양 후 산지에 따른 발근율, 발근수를 조사하였다.

식물체 순화는 발근된 식물체가 5-7 ㎝ 정도 길이가 되면 perlite : peatmoss : verniculite(1 : 1 : 1)의 배양토로 이식한 후 투명한 비닐을 덮고 그 위로 투명한 아크릴판을 덮은 후 25±1℃ 조건의 배양실(16시간 광주기)내에서 4주간 순화시켰다. 그리고 매일 1차례씩 스프레이를 이용해 관수하였고 4주 후에는 뚜껑을 서서히 열어 외부 환경에 순화시킨후 8주 후에는 온실로 옮겨 pot묘로 육성시켰다.

제 3 절. 결과 및 고찰

기내 무균배양체를 생산하여 기내줄기 대량증식을 위한 다경줄기 유도용 재료로 사용할 목적으로 실생유묘 및 성숙목의 절편체를 재료로 초대배양하여 기내 줄기 분화 성적을 조사하였다.

1. 실생유묘를 재료로 한 초대배양

기내파종하여 생장한 실생유묘를 액아가 1개이상 붙도록 정단부와 마디절편체로 구분 절단하여 2배지 조건에 기내배양하여 1개월 후에 정단부 재료에서 분화된 줄기(그림2)와 마디절편체에서 분화된 줄기수를 조사한 결과는 표1과 같다. 기내무균상태의 실생유묘를 모본으로 사용하였기 때문에 오염된 시료는 없었으며 줄기분화율로 WPM와 MS배지간에 차이 없이 모두 90%이상 높았으며 WPM에서 하단부에 형성된 캘러스 덩어리 크기가 작은 것으로 관찰되었다. 정단부절편체를 재료로 한 것과 마디절편체를 재료로 한 것의 줄기분화율과 생장에는 차이가 없었으며 마디 절편체를 배양한 것에서 다경줄기가 더 많이 발생한 것으로 관찰되었으며 본 초대배양에서 생산된 기내줄기를 재료로 하여 다경줄기 유도시험에 이용하였다.

2. 성숙목을 재료로 한 초대배양

성숙목에서 채취한 접수를 유령대목에 접목하여 생장한 신초지, 분근하여 근맹아를 유도하여 발생한 신초지, 야외 성숙목 줄기에서 발생된 줄기 맹아지 및 근부 맹아지를 재료로하여 배지조건 별 초대배양하여 1개월후에 줄기 분화율을 조사하였다.
초대배양용 재료를 재유령화처리(접목 및 분근)한 것과 간맹아지 및 근부맹아지를 3배지조건에 1개월간 기내배양하여 줄기분화 성적을 조사한 결과는 표2와 같다. 유령대목에 성숙목의 접수를 접목하여 발생된 신초지를 재료로한 초대배양의 줄기분화율은 97.0%였고 배지간에는 줄기분화율의 차이가 없었으며, 분근하여 유도한 맹아지를 재료

로 한 시험에서는 줄기분화율이 90.0%였으며, WPM+BAP 1.0mg/ℓ 조건에서 95.0%로 가장 높았다. 재유령화 처리에 의하여 사용된 시료들의 오염율이 전체적으로 5%이하로 낮았으나 성숙목에서 직접 채취한 간맹아지와 근부맹아지를 재료로 한 시험에서는 100% 오염으로 줄기분화율을 얻을 수 없었다. 그러므로 오염을 방지하고 줄기분화율을 높혀 효과적으로 배양정착시키기 위하여서는 재유령화 처리가 요구된다. 앞으로 선발되는 다밀성 개체들은 접목 또는 분근으로 초대배양 재료를 재유령화 처리가 필요한 것으로 생각된다.

Table 1. Effect of explant types and media on shoot regeneration from seedling of R. pseudoacacia

Medium	WPM+1.0mg/L BAP+ 0.01mg/L IBA		MS+1.0mg/L BAP+ 0.01mg/L IBA	
Types of explant	No. of explant	% of shoot regeneration	No. of explant	% of shoot regeneration
Apical part	90	100	90	96.7
Shoot nodes	90	97.8	90	100

Table 2. Effect of explant types and media on shoot regeneration from mature trees of R. pseudoacacia

Medium	WPM+1.0mg/L BAP		MS+1.0mg/L BAP		½MS+1.0mg/L BAP	
Types of explant	No. of explant	% of shoot induction	No. of explant	% of shoot induction	No. of explant	% of shoot induction
Current year shoots from grafting	90	97.8	90	96.7	90	96.7
Sprouts from root cuttings	60	95.0	60	90.0	60	85.0
Sprouts from stem base	60	0	60	0	60	0
Sprouts from root suckers	60	0	60	0	60	0

그림. 2. 아까시나무 기내배양하여 정단부 재료에서 분화된 줄기

아까시나무 성숙목 접목묘의 신초지를 재료로 하여 3배지 및 BAP농도를 3종으로 구분하여 처리별 30점씩 총 270점을 초대배양하여 줄기분화 성적을 조사한 결과는 표 3과 같다. 배지종류간 및 BAP농도간에 줄기분화율은 큰 차이 없이 높게 나타났으며 BAP농도가 높을수록 하단부에 발생하는 캘러스 덩어리의 크기가 큰 것으로 관찰되었다. 아까시나무 성숙목의 접목묘 신초지를 3종의 배지조건에 성숙목 개체별로 초대배양하여 개체간 줄기 분화율 차이를 조사한 결과는 표4와 같으며 성숙목 개체간 줄기분화율의 차이는 없었으나 더 많은 개체에 대한 실험이 필요한 것으로 생각된다. 이상의 결과를 보아 우수 형질을 가진 것으로 선발되는 성숙목의 기내배양정착은 재유령화 처리에 의하여 초대배양 재료를 얻고 WPM이나 MS에 BAP 0.5 - 1.0mg/ℓ를 첨가한 조건이

효과적인 것으로 생각된다. 본시험에서 생산된 성숙목의 기내줄기는 다경줄기유도용 시험재료로 사용하였다.

Table 3. Effect of BAP concentration on shoot regeneration from mature tree of *R. pseudoacacia*

Medium	0.5mg/L BAP		1.0mg/L BAP		2.0mg/L BAP	
	No. of explant	% of shoot induction	No. of explant	% of shoot induction	No. of explant	% of shoot induction
WPM	30	93.3	30	100	90	100
MS	30	90.0	30	93.3	60	90.0
1/2 MS	30	93.3	30	90.0	60	96.7

Table 4. Shoot regeneration from shoots of grafting mature tree in *R. pseudoacacia*

Provenance of explants	WPM+1.0mg/L BAP		MS+1.0mg/L BAP		½MS+1.0mg/L BAP	
	No. of explant	% of shoot induction	No. of explant	% of shoot induction	No. of explant	% of shoot induction
KwangHwa 1	30	93.3	30	96.7	30	96.7
KwangHwa 2	30	90.0	30	93.3	30	90.0
KwangHwa 3	30	93.3	30	100	30	96.7
Egylevelu	30	96.7	30	90.0	30	93.3
Control	60	100	60	93.3	60	90.0

3. 배지(Medium) 선정

아까시나무 성숙목의 기내줄기가 효과적으로 생장하고 증식율을 높일 수 있는 효과적인 배지를 선정하기 위하여 4종류의 배지에 초대배양에서 발생된 기내줄기의 shoot tip을 6주간 계대배양한 결과, 아까시나무의 성숙목 재료에서 발생된 기내줄기는 계대배양에서 쉽게 분열조직이 재생되어 다밀성·장화기로 선발된 우량개체를 기내증식할 수 있는 것으로 생각되었다. 배지종류별 기내줄기의 생장율은 MS배지, WPM, DKW배지에서 100%로 높았고 1/2MS배지에서 76.7%로 가장 낮게 나타내어 배지종류간에 기내줄기 생장율의 차이를 보였다(표5). 배지종류간 다경줄기(multiple shoot) 발생율도 차이를 보여 WPM과 DKW배지에서 60%이상으로 높았고, 1/2MS배지에서 13.3%로 가장 낮게 나타났다(표 5). 기내줄기 길이 생장은 배지종류간에 고도의 유의성이 인정되었으며, DKW배지에서 줄기 길이가 평균 21.33mm로 가장 길게 생장하였고, 1/2MS배지에서 평균 10.53mm로 가장 저조한 생장량을 보였다(표 6). 기내줄기 연속 증식과 대량증식의 주요 요인인 액아 발생수도 배지종류간에 고도의 유의성이 인정되었으며, MS배지에서 평균 3.13개, DKW배지에서 평균 2.97개로 액아 발생수가 높았고, 1/2MS배지에서 평균 1.57개로 액아가 가장 적게 발생하였다(표 6).

이상의 결과로 보아서 아까시나무 선발우량개체의 기내줄기를 연속 대량증식에는 DKW배지가 효과적인 것으로 생각된다.

4. Cytokinin 선정 및 농도 구명

식물조직배양에서 가장 널리 사용되고 있는 식물생장조절물질 중의 하나가 cytokinin이며, 본 실험에 사용된 것은 zeatin, 2iP, kinetin, BAP이다. 배지 선정 실험에서 줄기의 생장과 증식에 가장 효과적인 배지로 구명된 DKW배지를 기본배지로 하고 IBA 0.01 mg/ℓ를 균일하게 첨가한 배지에 위의 4종류의 cytokinin을 1.0 mg/ℓ씩 첨가한 배지에 아까시나무 성숙목의 기내줄기 shoot tip을 6주간 계대배양한 결과, shoot tip 계대배양한 실험에서 기내줄기가 발육한 시료율은 4종의 ctyokinin 각각에서 95.0%이상 높게 기내줄기가 발육하였으나 다경줄기 발생율은 배지에 첨가된

cytokinin 종류간에 차이가 나타났으며, zeatin이 첨가된 배지에서 다경줄기 발생율이 38.3%로 가장 높게 발생하였고, kinetin이 첨가된 배지에서는 다경줄기 발생율이 6.7%로 가장 낮았다(표 7).

배지에 첨가한 cytokinin 종류별 기내줄기 생장길이와 액아 발생수를 조사 분석한 결과, 줄기 길이 생장량은 배지에 첨가된 cytokinin 종류간에 고도의 유의성이 인정되었으며, zeatin이 첨가된 배지에서 줄기 길이가 평균 20.33mm로 가장 길게 생장했으며, BAP처리구에서 평균 11.02mm로 가장 저조한 생장길이를 보였다(표 8)

Table 5. Effect of media on shoot proliferation from shoot tip originated microshoots of mature tree in R. pseudoacacia

Media	No. of explants developing shoots	Rate of explants developing shoots(%)	No. of explants proliferating multiple shoots	Rate of explants proliferating multiple shoots(%)
MS	30	100.0	16	53.3
WPM	30	100.0	20	66.7
1/2 MS	23	76.7	4	13.3
DKW	30	100.0	18	60.0

Note: Data were taken after 6 weeks in subculture of 30 cultures

Table 6. Effect of media on shoot height growth and axillary bud proliferation using shoot tip of mature tree in R. pseudoacacia

Media	Shoot length#(mm)	No. of axillary buds#
DKW	21.33 ±4.823 a	2.97 ±0.601 a
MS	19.60 ±2.570 a	3.13 ±0.335 a
WPM	16.67 ±1.958 b	2.53 ±0.288
1/2MS	10.53 ±1.626 b	1.57 ±0.285
Significance	**	**

#Each value represents the mean ± standard error of 30 cultures after 6 weeks in subculture.

** Significant at *P*=0.01 according to *F* test with 3 and 116 df, Mean within each columns followed different letters are significantly different at *P*=0.01, by LSD.

배지에 첨가된 cytokinin 종류별로 액아 발생수에서도 고도의 유의성이 인정되었으며, zeatin이 첨가된 처리구에서 액아가 평균 3.51개로 가장 많았고, BAP가 첨가된 처리구에서 액아가 1.82개로 발생되어 가장 적었다. 이상의 결과를 보아 아까시나무의 성숙목 기내줄기 증식을 위한 계대배양 배지에 cytokinin은 zeatin을 첨가하는 것이 가장 효과적이라고 생각되었다.

Cytokinin 종류 선정 실험에서 줄기 증식과 생장에 가장 효과적인 것으로 구명된 zeatin에 대하여 배지에 첨가하는 적정 농도를 구명하기 위하여 4수준의 zeatin 농도를 기본배지인 DKW배지에 첨가하여 아까시나무 성숙목의 기내줄기 shoot tip과 액아가 1개이상 붙도록 절단한 nodal segment를 6주간 계대배양하여 줄기 증식과 생장길이를 조사 분석한 결과, shoot tip을 zeatin 4농도 수준에 계대배양한 실험에서 기내줄기가 발육한 시료율은 모든 처리에서 모두 97.5%이상 높았으며(그림.3), zeatin 2.0 mg/ℓ에서 줄기 발육은 100%였다. 다경줄기 발생율은 배지에 첨가된 zeatin 농도간에 현격한 차이를 보여 zeatin 2.0 mg/ℓ가 첨가된 배지에서 다경줄기 발생율이 70.0%로

가장 높았고, 0.5 ㎎/ ℓ가 첨가된 배지에서는 7.5%로 가장 적게 발생하였다(표 9).

기내줄기의 효과적인 대량증식을 위하여서는 axillary bud의 계대배양에서 줄기의 분화율이 높은 요인을 구명하여야 하는 것으로 zeatin 4농도에 기내줄기의 axillary bud를 6주간 계대배양하여 줄기 증식과 생장을 조사 분석한 결과, zeatin 2.0 ㎎/ ℓ수준에서 줄기생장율이 92.5%로 가장 높았고 1.0 ㎎/ ℓ와 1.5 ㎎/ ℓ 수준에서 줄기발생율이 각각 87.5%로 가장 낮았다(표 10).

배지에 첨가된 zeatin 농도별 shoot tip 계대배양에서 줄기의 생장길이는 처리간에 유의성은 없었으나 zeatin 2.0 ㎎/ ℓ가 첨가된 배지에서 줄기가 평균 16.1㎜로 가장 길게 생장하였고, zeatin 0.5 ㎎/ ℓ가 첨가된 배지에서 줄기는 평균 11.0㎜로 생장이 가장 저조하였다(표 11). Zeatin 농도별 액아 발생수에서는 처리간 고도의 유의성이 인정되었으며, zeatin 2.0 ㎎/ ℓ가 첨가된 배지에서 액아가 평균 3.80개로 가장 많은 수가 발생하였고 zeatin 0.5 ㎎/ ℓ처리구에서는 평균 1.97개의 액아가 발생하여 가장 적은 수의 액아가 발생하였다(표 11). 배지에 첨가된 zeatin 농도별 기내줄기 길이 생장은 처리간에 유의성은 없으며, 0.5 ㎎/ ℓ와 2.0 ㎎/ ℓ에 각각 평균 17.40㎜로 길게 생장하였고, 1.0 ㎎/ ℓ의 농도에서 14.43㎜로 가장 짧게 생장하였다(표 12).

Zeatin 농도별 axillary bud 계대배양에서 axillary bud 발생수에서는 2.0 ㎎/ ℓ 수준에서 평균 3.77개로 가장 많이 발생하였고, 1.0 ㎎/ ℓ에서 평균 2.60개의 액아가 발생하여 가장 적었으나 처리간에는 유의성은 없었다(표 12).

이상의 결과를 보아 아까시나무 성숙목의 기내줄기 연속증식과 대량증식을 위하여 배지에 첨가되는 cytokinin과 농도는 zeatin 2.0 ㎎/ ℓ가 적당한 것으로 생각된다.

5. Auxin 선정 및 농도 구명

Auxin도 식물조직배양에 가장 많이 사용되는 식물생장조절물질의 하나로 가장 널리 사용되는 것으로 NAA, IBA가 있다.

본 실험에서는 NAA 2농도, IBA 2농도로 4수준의 기내줄기 증식 및 생장 실험을 하였으며, 기본배지는 DKW를 사용하고 cytokinin은 zeatin 2.0 ㎎/ ℓ 첨가한 배지에

아까시나무 성숙목의 기내줄기 shoot tip과 axillary bud를 각각 6주간 계대배양하여 auxin 종류별 농도별 기내줄기 증식과 생장을 조사 분석한 결과, 아까시나무 성숙목의 기내줄기 shoot tip을 계대배양한 실험에서 기내줄기 발육율은 NAA 0.01 ㎎/ℓ, IBA 0.01 ㎎/ℓ 및 IBA 0.05 ㎎/ℓ처리구에서 100%로 높았고, NAA 0.05 ㎎/ℓ의 처리구에서는 기내줄기 발육율이 97.1%로 다른 3처리에 비하여 낮았다(표 14). 또한, 다경줄기 발생율은 IBA 0.01 ㎎/ℓ처리구에서 80%로 가장 높은 다경줄기 발생율을 보였고, NAA 0.01 ㎎/ℓ 처리구에서 다경줄기 발생율이 40%로 가장 낮았다(표 13).

아까시나무 성숙목의 shoot tip을 auxin 종류 및 농도별 6주간 계대배양한 결과, 기내줄기 길이생장은 NAA 0.05 ㎎/ℓ에서 평균 15.23㎜로 가장 길게 생장하였으나, NAA 0.01 ㎎/ℓ처리구에서는 평균 11.93㎜로 가장 짧게 생장하였고, 기내줄기 길이생장은 처리간에 유의성은 없었다(표 14). Auxin 종류 및 농도별 기내줄기의 axillary bud 계대배양에서는 줄기 발육율은 NAA 0.05 ㎎/ℓ처리구에서 95.0%로 가장 높았고, IBA 0.01 ㎎/ℓ처리구에서 87.5%로 낮았으며, 다경줄기 발생율은 NAA 0.05 ㎎/ℓ처리구와 IBA 0.05 ㎎/ℓ처리구에서 45.0%로 높은 발생율을 보였으나 NAA 0.01 ㎎/ℓ처리구에서 다경줄기 발생율이 15.0%로 낮았다(표 15).

아까시나무 성숙목의 기내줄기 axillary bud를 auxin 종류 및 농도별로 계대배양한 결과, 기내줄기 길이 생장은 처리간에 유의성이 인정되었으며, IBA 0.05 ㎎/ℓ 처리구에서 기내줄기 길이 생장이 평균 20.20㎜로 가장 길게 생장했으며, NAA 0.01 ㎎/ℓ 처리구에서 평균 14.40㎜로 길이 생장이 가장 짧았다(표 16).

axillary bud 발생수에서는 처리간에 유의성이 없었으나, IBA 0.05 ㎎/ℓ처리구에서 평균 3.37개의 가장 많은 axillary bud가 발생하였고 NAA 0.05 ㎎/ℓ처리구에서 평균 2.40개의 axillary bud가 발생되어 가장 적었다(표 16).

이상의 결과로 보아 아까시나무 성숙목의 기내줄기 대량증식을 위하여서는 shoot tip은 NAA 0.05 ㎎/ℓ가 첨가된 배지에 계대배양하고, axillary bud는 IBA 0.05 ㎎/ℓ가 첨가된 배지에 계대배양하는 것이 효과적인 것으로 생각된다.

Table 7. Effect of cytokinins on shoot proliferation from shoot tip originated microshoots of mature tree in R. pseudoacacia#

Treatment (mg/ℓ)	No. of explants developing shoots	Rate of explants developing shoots(%)	No. of explants proliferating multiple shoots	Rate of explants proliferating multiple shoots(%)
Zeatin 1.0	59	98.3	23	38.3
2iP 1.0	59	98.3	4	6.7
Kinetin 1.0	57	95.0	15	25.0
BAP 1.0	59	98.3	18	30.0

The basic medium was DKW(Driver and Kuniyuki, 1984).

Notes : Data were taken after 6 weeks in subculture of 60 cultures.

Table 8. Effect of cytokinins on shoot height growth and axillary bud proliferation using shoot tip of mature tree in *R. pseudoacacia*

Treatment(mg/ℓ)	Shoot length#(mm)	No. of axillary buds#
Zeatin 1.0	20.33 ±3.078 a	3.51 ±0.457
2iP 1.0	16.18 ±2.404 ab	2.33 ±0.318 a
Kinetin 1.0	12.04 ±1.769 bc	1.96 ±0.231 a
BAP 1.0	11.02 ±1.414 c	1.82 ±0.198 a
Significance	**	**

[#]Each value represents the mean ± standard error of 45 cultures after 6weeks in subculture.

**Significant at P=0.01 according to F test with 3 and 176 df,

Notes : The basic medium was DKW(Driver and Kuniyuki, 1984).

Mean within each columns followed different letters are significantly different at P=0.01, by LSD.

그림. 3. 아까시나무 부정아로부터 대량유도된 줄기

그림. 4. 아까시나무의 기내유도된 줄기의 대량증식

Table 9. Effect of zeatin concentrations on shoot proliferation from shoot tip originated microshoots of mature tree in R. pseudoacacia#

Zeatin concentraions	No. of explants developing shoots	Rate of explants developing shoots(%)	No. of explants proliferating multiple shoots	Rate of explants proliferating multiple shoots(%)
0.5 mg/ ℓ	39	97.5	3	7.5
1.0 mg/ ℓ	39	97.5	12	30.0
1.5 mg/ ℓ	39	97.5	23	57.5
2.0 mg/ ℓ	40	100.0	28	70.0

#The basic medium was DKW(Driver and Kuniyuki, 1984).

Notes : Data were taken after 6 weeks in subculture of 40 cultures

Table 10. Effect of zeatin concentrations on shoot proliferation from axillary bud originated microshoots of mature tree in R. pseudoacacia.

Zeatin concentraions	No. of explants developing shoots	Rate of explants developing shoots(%)	No. of explants proliferating multiple shoots	Rate of explants proliferating multiple shoots(%)
0.5 mg/ ℓ	36	90.0	6	15.0
1.0 mg/ ℓ	35	87.5	5	12.5
1.5 mg/ ℓ	35	87.5	15	37.5
2.0 mg/ ℓ	37	92.5	18	45.0

The basic medium was DKW(Driver and Kuniyuki, 1984).

Notes : Data were taken after 6 weeks in subculture of 40 cultures

Table 11. Effect of zeatin concentrations on shoot height growth and axillary bud proliferation using shoot tip of mature tree in *R. pseudoacacia*

Zeatin Concentration	Shoot length (mm)	No. of axillary buds
0.5 mg/ℓ	11.00 ±2.007	1.97 ±0.370 a
1.0 mg/ℓ	15.33 ±2.690	3.00 ±0.616 ab
1.5 mg/ℓ	15.13 ±2.503	2.93 ±0.503 ab
2.0 mg/ℓ	16.10 ±2.724	3.80 ±0.625 b
Significance	NS	**

Table 12. Effect of zeatin concentrations on shoot height growth and axillary bud proliferation using axillary bud of mature tree in *R. pseudoacacia*

Zeatin Concentration	Shoot length (mm)	No. of axillary buds
0.5 mg/ℓ	17.40 ±3.001	3.17 ±0.559
1.0 mg/ℓ	14.43 ±3.327	2.60 ±0.456
1.5 mg/ℓ	15.60 ±3.139	3.37 ±0.589
2.0 mg/ℓ	17.40 ±2.787	3.77 ±0.626
Significance	NS	NS

Table 13. Effect of auxins on shoot proliferation from shoot tip originated microshoots of mature tree in *R. pseudoacacia*

Treatment (mg/ℓ)	No. of explants developing shoots	Rate of explants developing shoots(%)	No. of explants proliferating multiple shoots	Rate of explants proliferating multiple shoots(%)
NAA 0.01	35	100.0	14	40.0
NAA 0.05	34	97.1	21	60.0
IBA 0.01	35	100.0	28	80.0
IBA 0.05	35	100.0	23	65.7

Table 14. Effect of auxins on shoot height growth and axillary bud proliferation using shoot tip of mature tree in *R. pseudoacacia*

Treatment(mg/ℓ)	Shoot length (mm)	No. of axillary buds
NAA 0.01	11.93 ±2.373	2.53 ±0.633
NAA 0.05	15.23 ±3.101	2.83 ±0.485
IBA 0.01	14.10 ±2.277	2.67 ±0.412
IBA 0.05	14.07 ±3.452	2.73 ±0.552
Significance	NS	NS

Table 15. Effect of auxins on shoot proliferation from axillary bud originated microshoots of mature tree in *R. pseudoacacia*

Treatment (mg/ℓ)	No. of explants developing shoots	Rate of explants developing shoots(%)	No. of explants proliferating multiple shoots	Rate of explants proliferating multiple shoots(%)
NAA 0.01	36	90.0	6	15.0
NAA 0.05	38	95.0	18	45.0
IBA 0.01	35	87.5	15	37.5
IBA 0.05	37	92.5	18	45.0

Table 16. Effect of auxins on shoot height growth and axillary bud proliferation using axillary bud of mature tree in *R. pseudoacacia*

Treatment(mg/ℓ)	Shoot length#(mm)	No. of axillary buds#
NAA 0.01	14.40 ±2.450 a	2.83 ±0.414
NAA 0.05	13.47 ±2.490 a	2.40 ±0.423
IBA 0.01	16.53 ±3.060 ab	2.70 ±0.438
IBA 0.05	20.20 ±3.816 b	3.37 ±0.588
Significance	*	NS

6. 발근유도 및 식물체순화

기내에서 증식된 줄기는 GD배지에 0.5mg/L IBA가 첨가된 배지에서 발근유도를 하였는데 발근율은 합천8호 산지유래의 기내줄기가 가장 높은 100%의 발근율을 보여

가장 발근반응이 좋았으며(표17)(그림.5) 강화2호가 56.7%를 보여 가장 낮았다. 또한 천안1호는 88.4%, 대조구로 이용된 실생묘 배양줄기는 71.9%를 보여 대체로 양호한 발근율을 나타냈다.

이렇게 발근유도된 식물체는 줄기의 길이가 4-5cm 정도 자라면 기내에서 꺼내 인공배양토에 순화를 하게되는데 순화율 비교에서는 강화2호의 발근유도체가 가장 높은 55.4%의 순화생존율을 보였으며(그림.6) 실생묘 유래 발근개체는 10.9%의 가장 저조한 순화율을 보였다(표18).

따라서 이상의 연구결과를 종합해볼 때 조직배양 기술 개발이 이루어짐으로서 우수 개체의 아까시나무의 대량생산이 가능하리라 생각된다.

Table 17. Comparison of rooting rate in *R. pseudoacacia*[#]

Plants	Rate of Rooting (%)
CheonAn No 1	88.4
KwangHwa No 2	56.7
Seedling	71.9
HappCheon No 8	100

* Data were taken after 6 weeks of culture.

Table 18. Comparison of survival rate after 6 weeks aclimatization in *R. pseudoacacia*

Plants	Rate of survival (%)
CheonAn No 1	88.4
KwangHwa No 2	56.7
Seedling	71.9

그림.5 아까시나무 기내배양된 줄기의 발근유도

그림. 6 아까시나무 조직배양묘의 폿트묘 생산

제 4 절 결론

식물조직배양 기술의 개발 및 발전으로 임목육종에서 가장 크게 기대되는 분야는 무성번식이 곤란하거나 불가능한 수종을 영양번식 시킴으로써 우수한 유전자형을 증식시킬 수 있다는 것이다. 선발된 개체의 영양계 증식묘를 이용함으로써 비상가적 유전효과까지도 얻을 수 있어 임목개량을 위한 최대의 유전획득을 얻는 수단으로 무성번식이 유용하다.

아까시나무의 다밀성 ·장화기로 선발된 우수한 유전자형을 증식할 수 있는 조직배양의 기법을 연구하는 과정에서 아까시나무 성숙목 기내줄기의 발육과 증식에 관하여 연구한 결과, 아까시나무 성숙목의 조직배양에서 초대배양에서 생산된 기내줄기는 정착단계에서 생장 정지 기간이 짧고 쉽게 반응하여 기내줄기 대량증식이 가능하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 아까시나무 성숙목의 기내줄기 증식용 배지 선정 실험에서 DKW배지에서 기내줄기 길이 생장이 평균 21.33±4.823mm로 가장 길었고 액아의 발생수도 평균 2.97개로 많았다.

2. 기내줄기 증식용 배지에 첨가하는 식물생장조절물질 중에 cytokinin과 농도는 zeatin 2.0 mg/ℓ에서 효과적으로 증식되었다.

3. 아까시나무 성숙목 기내줄기 증식에 적당한 배지조건은 shoot tip은 DKW+zeatin 2.0 mg/ℓ+ NAA 0.05 mg/ℓ이며, nodal segment는 DKW+zeatin 2.0 mg/ℓ+ IBA 0.05 mg/ℓ로 생각된다.

4. 기내에서 생장한 줄기의 발근유도는 GD+0.5mg/L IBA배지에 배양하였을 경우 합천8호가 100%의 가장 높은 발근율을 보였으며 강화2호가 가장 저조한 발근율을 보였으나 대체로 산지에 관계없이 높은 발근율을 보였다.

제 5 절 인용 문헌

1. Ahuja, M. R. 1984. A commercially feasible micropropagation method for aspen. Silvae Gene33: 174-176.
2. Badia, N. 1981. *Eucalyptus rudia* technique de micropropagation par la culture de noeuds *in vitro*. AFOCEL. pp. 135-142.
3. Bajaj, Y. P. S. 1986. In: Y. P. S. Bajaj(Ed.), Biotechnology in Agriculture and Forestry 1. Trees I. Springer-Verlag, Berlin. pp. 1-23.
4. Bennett, I. J. and J. A. McComb. 1982. Propagation of jarrah (*Eucalyptus marginata*) by organ and tissue culture. Aust. For. Res. 12: 121-127.
5. Bon, M. C., F. Riccardi and O. Monteuuis. 1994. Influence of phase change within a 90-year-old Sequoia on. Tree 8: 283-287.
6. Bonga, J. M. 1982. Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity, and rejuvenation. In: J.M. Bonga and D. J. Durzan(Eds.), Tissue Culture in Forestry. Martinus Nijhoff. Pub., Hague. pp. 387-412.
7. Boulay, M. 1979. Multiplication et clonage rapide de *Sequoia sempervirens* par la culture *in vitro*. AFOCEL 12: 67-75.
8. Chalupa, V. 1987. European hardwoods. In: J. M. Bonga, D. J. Durzan(Eds.), Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol. 3. Martinus Nijhoff, Dordresht. pp. 224-246.
9. Chever, A. M., S. S. Gill, A. Mouras and G.Salesses. 1983. *In vitro* vegetative multiplication of chestnut. J. Hort. Sci. 58: 23-29.
10. Driver, J. A. and G. R. L. Suttle. 1987. Nursery handling of propagules. In: J. M. Bonga, D. J. Durzan (Eds.), Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol. 3. Martinus Nijhoff, Dordresht. pp. 320-335.
11. Garton, S., P. E. Read, and R. S. Farnham. 1983. Effect of stock plant nutrition on macro- and micropropagability of *Salix*. ActaHort. 131: 141-151.
12. Gresshoff, P. M. and C. H. Doy. 1972. Development and differentiation of

haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). Planta 17: 161-170.

13. Jokinen, K. T. Tormala. 1991. Micropropagation of silver birch(*Betula pendula* Roth.) and clonal fidelity of mass propagated birch plants. In: M. R. Ahuja (Ed.), Woody Plant Biotechnology. Plenum Press, New york and London. pp. 31-36.

14. Kim, J. H., S. Y. shim, E. W. Noh and J. I. Park. 1982. Mass production of selected poplar clones through bud culture. Res. Rep. Inst. For. Genet. 18: 80-85.

15. Kwon, Y. J., Y. Youn, S. K. Lee, Y. I. Hyun, J. J. Lee and M. H. Lee. 1990. *In vitro* rooting of shoots propagated by bud culture on *Juglans*. Res. Rep. Inst. For. Gen. Korea. 26: 63-68.

16. Kwon, Y. J., Y. Youn, S. K. Lee and Z. S. Kim. 1994. Effect of culture conditions on clonal propagation of *Betula costata* plus trees by tissue culture. Korean J. Breed. 26(2): 435-446.

17. McCown, M. M. and B. H. McCown. 1987. North American hardwoods. In: J. M. Bonga, D. J. Durzan (Eds.), Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol. 3. Martinus Nijhoff, Dordresht. pp 247-260.

18. Rutledge, C. B. and G. C. Douglas. 1988. Culture of meristem tips and micropropagation of 12 commercial clones of poplar *in vitro*. Physiol plant. 72: 367-373.

19. Saito, A. and Y. Ide. 1985. *In vitro* plantlet regeneration from adventitious buds induced on cuttings of peeled twigs of Japanese birch. J. Jpn. For. Soc. 67(7): 282-284.

20. Schuller, A, G. Renther, and T. Geier. 1989. Somatic embryogenesis from seed explants of *Abies alba*. Plant Cell Tiss. and Org. Cult. 17: 53-58.

21. Vieitez, A. M., A. Ballester, M. L. Vieitez, and E. Vieitez. 1983. *In vitro* plantlet regeneration of mature chestnut. J. Hort. Sci. 58: 457-463.

22. Wann, S. R. and D. W. Einsphar. 1986. Reliable plantlet formation from

seedling explants of *Populus tremuloides*(Michx). Silvae Gen. 35: 19-24.

23. Youn, Y and K. Ohba. 1990. In vitro plantlet regeneration from axillary buds of Tilia amurensis mature trees and clonal variation in tissue culturability. J. Kor. For. Soc. 79: 109-114.
24. Zimmerman, R. H. 1985. Application of tissue culture propagation to woody plants. In: R. R. Henke, K. W. Hughes, M. J. Constantin and A. Hollaender(Ed.), Tissue culture in Foretry and Agriculture. Plenum Press, New York. pp. 165-177.
25. Zobel, B. and J. Talbert. 1984. Applied Forest Tree Improvement. 505pp. John Wiley & Sons, New York.
26. **임업연구원**. 1988. **한국수목도감**. **임업연구원**. 496pp