

최 중
연구보고서

한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화에 관한 연구

Studies on cultivation of pot flower of
Korean endemic plants (*Hanabusaya asiatica* and
Megaleranthis saniculifolia)

고령지농업시험장
강 원 대 학 교
강 령 대 학 교

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “한국특산숙식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 10 월 일

주관연구기관명 : 고령지농업시험장

총괄연구책임자 : 류 승 열
강 상 현

세부연구책임자 : 유 동 립

연 구 원 : 조 광 수

연 구 원 : 이 호 선

연 구 원 : 남 춘 우

연 구 원 : 서 중 택

연 구 원 : 홍 수 영

연 구 원 : 김 수 정

연 구 원 : 허 은 주

연 구 원 : 장 정 은

연 구 원 : 류 인 철

연 구 원 : 신 관 용

협동연구기관명 : 강원대학교

협동연구책임자 : 이 우 철
유 기 역

협동연구기관명 : 강릉대학교

협동연구책임자 : 김 학 기

요 약 문

I. 제 목

한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

최근 우리나라 화훼산업은 국제식물신품종보호동맹(UPOV) 가입 등 국제적 생물자원에 대한 지적재산권을 강하게 보호하려는 세계적 추세에 따라 기존 아무런 제재 없이 자유롭게 사용하던 절화 등 대부분의 작물재배에 로얄티 부담이라는 치명적 영향을 받게 되었다. 이로써 우리나라의 자생식물자원을 보호하고 이를 활용하여 지적재산권 확보를 통한 새로운 소득원의 개발이 절실한 실정이다.

최근의 화훼류 소비방향이 각 분야의 세계화에 따른 문호개방과 어울어져 우리나라 자생식물에 대한 대중의 관심이 고조되고 있다. 이는 우리 것에 대한 소중함이 세계화를 통한 비교에서 비로소 인식되고 있는 것으로 생각된다. 인터넷을 통한 자생식물 동호회의 급속한 증가와 매스컴을 통한 홍보 등이 이를 뒷받침하고 있다.

이에 따라 자생화의 소비가 급속히 늘고 있어 '99년 재배면적이 85ha에서 2001년 205ha로 140%의 증가를 보였다. 이들 대부분은 주로 조경용 소재로 이용되고 있으나 분화, 절화 등 화훼작물로서도 그 가치가 인정되는 작물에 대한 연구와 재배가 활발히 증가되고 있다.

그러나 급속히 증가되고 있는 소비요구량에 효율적으로 대응하여 고정 소비층 기반을 구축함으로써 자생화가 우리나라 화훼산업의 새로운 독립방향으로 정착되어야 함에도 불구하고 현재 적절히 대응하지 못하고 있는 것으로 보인다.

대표적 예로 현재 공급되고 있는 각종 자생화의 대부분이 재배되기보다는 무분별한 자생지 파괴를 동반한 불법채취로 공급되고 있어 우리나라 식물자원의 멸종위기와 더불어

앞으로 개발 가능성을 말살하고 있는 실정이다.

또한 우리가 접해온 주요 재배화종은 목적에 맞게 개량되어 보급된 것으로 재배 및 소비 요구에 잘 적응되고 있었다. 그러나 자생식물은 목적 및 용도에 따라 적절한 형질을 모두 갖춘 작물은 거의 없고 대부분 개량해야 할 형질들을 갖고 있다.

그러므로 자생식물의 화훼산업화를 위한 효율적 개발을 위해서는 종자 등 대량증식방법을 개발하여 자생지 손괴를 통한 약탈식 소비가 아닌 재배체계를 확립함으로써 생산적 소비체계를 구축하는 것이 시급하다.

본 연구는 이와 같은 시급한 문제를 해결하고 유망자생식물의 화훼산업화를 위한 개발 모델을 구축하고자 세계적으로 한국에만 분포하고 있는 특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀을 분화용 화훼작물로 개발하기 위하여 수행하였다.

대량증식체계를 확립하여 무분별한 굴취를 통한 환경파괴를 방지하고 신품종육성을 조기실현하기 위해 첨단유전공학 기법 적용시 필요한 기본기술을 개발하고자 하였다.

또한 분화용으로 개발시 불량형질에 따른 상품성 하락 원인을 구명하고 이를 제어할 수 있는 품질재배기술개발을 통하여 분화용으로 상품가치를 증대시켜 소비욕구의 충족을 추구하였다. 아울러 평안지와의 연계재배 체계를 확립하여 주년생산을 통한 원활한 공급으로 주년 소비를 지향하여 안정적 소비기반을 확립함으로써 농가소득을 증대하고 우리 것에 대한 소중함과 가치를 제고하여 국민적 자긍심을 고취하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화를 위한 제반 연구를 1998년 10월부터 2001년 10월까지 3년 간 고령지농업시험장과 강원대학교, 강릉대학교가 공동으로 다음과 같은 연구를 수행하였다.

1. 과제 I : 화훼화를 위한 지역별 수집 및 특성평가

금강초롱꽃과 모데미풀의 자생지별 환경특성과 외부형태적 특성평가 및 외부형태 형질을 이용한 수리분류학적 연구와 형태변이 개체를 수집하고 RAPD와 AFLP를 활용 분자생물학적 측면에서 종내변이를 구명하여 화훼작물화를 위한 재배 및 육종 기술개발의 기

초기술과 재료를 제공하고자 하였다.

2. 과제 II : 대량증식기술체계 확립

금강초롱꽃과 모데미풀의 종자를 이용한 대량증식을 위해 발아율이 낮고 발아소요기간이 긴 단점을 개량하고자 휴면생리를 구명하고 저온 및 성장조절제처리로 발아율을 높이고자 하였다. 또한 공정육묘를 통한 균일묘 생산을 위해 적정 플러그트레이 규격 및 priming 처리효과를 구명하였고 종자부터 개화까지 2년 이상의 기간이 소요되는 점을 감안 삼목 등 영양번식을 통한 개화소요기간을 단축하고자 하였으며 조직배양기술을 개발하여 대량증식은 물론 추후 품종개량을 위한 분자유전학 기술적용을 위한 기초기술을 개발코자 하였다.

3. 과제 III : 고품질 재배기술 개발

금강초롱꽃과 모데미풀의 생육 및 개화특성을 구명하여 분화에 부적합한 관련 형질을 개량하여 고품질 분화생산을 위한 기술을 개발하고자 하였다. 재배에 적합한 적정 차광정도를 구명하였고 일장과 광원에 따른 생육 및 개화특성을 구명하여 개화 및 생육조절기술을 개발하고자 하였으며 금강초롱꽃 재배시 적엽발생에 의한 상품성 저하 원인을 광조건과 시비조건을 구명하여 해결하고자 하였다. 개화조절 및 품질향상을 위해 저온처리와 성장조절제를 활용하여 휴면타파기술을 개발하고 성장조절제를 사용하여 분화에 적합하도록 초장을 왜화시키고자 하였다. 또한 농가포장에서 직접 시험을 수행하여 농가에 기술을 이전하고자 하였다.

4. 과제 IV : 평난지 적응재배기술 개발

금강초롱꽃과 모데미풀의 주년재배를 위해 평난지와 고랭지의 연계재배체계를 확립하고자 평난지적응재배기술을 개발하였다. 평난지 재배시 적정 차광정도를 구명하였고 재배의 최대 문제인 고온에 의한 품질저하를 개선하고자 습도조절을 통한 화색발현을 증대시키고자 하였고 동계생산을 위한 적정 저온처리 기간을 구명하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 화훼화를 위한 지역별 수집 및 특성평가

1) 모데미풀과 금강초롱꽃의 자생지를 확인하고 화훼화에 필요한 종자를 수집하여 주관연구기관에서 수행중인 실험재료로 제공하였다.

2) 지금까지 밝혀지지 않은 모데미풀의 자생지 식생을 조사하여 환경특성을 밝혀 재배 기술 개발의 기초자료로 제공하였다.

3) 외부형태에 의한 형태적 변이 개체를 화훼화를 위한 재료로 제공하였다.

(예: 모데미풀 꽃대가 분지하는 개체, 모데미풀 꽃대가 5cm 이상으로 길게 신장한 개체, 복엽체 등)

4) 금강초롱꽃과 모데미풀의 외부형태 변이 및 DNA분석 등의 연구로 자생지내, 종내 변이 정도를 파악한 결과 대부분의 형질은 연속적 경향을 보이는 것으로 나타났다.

나. 대량증식기술체제 확립

한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화를 위하여 대량증식을 통한 수요 기반을 구축하고 유용형질의 삽입 등 육종 효율을 높이기 위한 기초기술개발을 연구한 결과는 다음과 같다.

금강초롱꽃 종자의 발아율 향상을 위해 종자를 광조건 0℃ 20일 처리하여 발아율을 80% 정도로 높였다.

모데미풀은 2차 휴면을 하는 특성을 가지고 있어 1차 휴면은 고온에서 2주 정도 소요되었고 2차 휴면은 저온으로 12주 정도의 긴 시간을 요구하였다. 기내에서는 10일간 건조저온처리 후 GA₃ 5mg/L가 포함된 배지에 치상 후 15℃의 광조건에서 95.5%의 발아율을 나타냈다. 일반조건에서는 GA₃ 200mg/L에 1일 침지 후 8주 4℃ 저온처리하는 것이 발아율 90%로 무처리구 보다 발아소요기간을 7~8개월 앞당겼다.

공정육묘 실현을 위한 기초기술로 균일한 발아를 위한 priming 처리 결과 금강초롱꽃과 모데미풀 모두 효과가 없었다.

공정육묘 기술개발을 위한 적정 플러그트레이 규격은 금강초롱꽃은 200공이 적합한 것으로 생각되었다.

금강초롱꽃의 개화소요기간을 효과적으로 단축하여 상품을 조기 생산하기 위한 삼목 관련기술을 연구한 결과 삼목용토는 퍼라이트와 모래가 발근율이 높았고 정아를 포함한 경정삽이 마디삽보다 발근이 우수하였다. 모데미풀은 15℃ 조건의 모래와 훈탄에서 켈루스만 형성하였을 뿐 발근은 이루어지지 않았다.

대량증식 방법과 신품종 육성을 위해 첨단 유전자 활용기술을 접목하기 위한 기초기술로 조직배양조건을 시험한 결과 금강초롱꽃의 켈루스 유기 조건은 2,4-D 1 또는 2mg/L와 BAP 0.5 또는 1mg/L의 조합처리에서 양호하였으나 shoot 유기나 체세포 발생은 나타나지 않았다. 성장점 배양 결과 Zeatin 0.5mg/L와 2,4-D 0.5mg/L이 첨가된 배지에서는 multiple-shoot가 발생되어 대량증식에 이용할 수 있었다.

모데미풀의 배발생 켈루스를 통한 체세포배의 유기는 2,4-D 1mg/L와 BAP 0.5mg/L의 조건에서 가장 높았고 이렇게 형성된 체세포배는 발아 과정을 거쳐 완전한 식물체로 재분화되어 대량증식 방법으로 이용할 수 있었다.

다. 고품질 재배기술 개발

한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 고품질 분화재배를 위하여 관련기술을 연구한 결과는 다음과 같다.

금강초롱꽃과 모데미풀의 재배를 위해서는 최소 30% 이상의 차광이 필요하며 70% 차광이 적합하였다.

금강초롱꽃은 일장에 영향을 크게 받지 않는 중일성식물이며 성장과 품질은 장일조건과 광량이 많을수록 증가하였다.

금강초롱꽃 재배시 적엽발생에 의한 상품성 저하를 방지하기 위해 청색필터 처리로 적엽발생율을 62.5%에서 1.6%로 낮추었다. 또한 인산질비료를 증시하여 분당 N-P-K 시비를 1:3:1의 비율로(직경 15cm 화분 당, 요소 0.43g, 용과린 0.78g, 염화加里 0.33g) 기비하고 동량을 2회 추비로 사용하는 것이 적엽 발생율을 경감시켰다.

금강초롱꽃의 개화조절을 위한 휴면타파를 위해 저온처리는 4℃에서 20일 이상이 필요하였고 GA₃ 200mg/L를 2회 처리하는 것이 효과적이었다. 또한 GA₃ 200mg/L 처리는 무처리에 비해 60~90일 조기휴면타파 되었고 신초수가 5배 정도 증가되어 분화품질향상이 기대되었다.

금강초롱꽃의 초장을 효율적으로 낮추어 고품질 분화 생산기술 개발결과 1회 적심처리와 uniconazole 0.1mg/pot 처리를 병행 시행하는 것이 가장 효과적이었다.

금강초롱꽃의 재배시 적합한 분화용토는 마사토 : 부엽을 부피대 부피 1 : 1로 혼합하여 사용한 것이 적합하였고 pH는 4.0~5.0의 약산성 토양이 적합하였다.

라. 평난지 적응재배기술 개발

금강초롱꽃과 모데미풀의 평난지 고품질 분화재배기술을 개발하기 위해 관련 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

평난지에서 금강초롱꽃과 모데미풀의 분화생산을 위한 적정차광정도는 금강초롱꽃은 50%이상, 모데미풀은 70% 차광이 적합한 것으로 나타났다.

금강초롱꽃의 평난지 하·추계 생산시 화색증진 등 품질 향상을 위해서는 습도를 80%로 유지하는 것이 좋으며, 이러한 조건은 온도를 낮추는 효과가 있어 화색이 선명하였다.

금강초롱꽃과 모데미풀의 동계 평난지 재배시 조기휴면타파를 위한 저온요구기간은 금강초롱꽃이 4℃ 60일, 모데미풀은 4℃ 40일 이었다.

2. 연구개발 활용에 대한 건의

본 연구는 우리나라 자생화를 화훼상품화 하는데 필요한 전 과정을 검토, 관련 기술을 개발함으로써 자생화를 소득화혜작물로 전환하는데 그 목적이 있다. 관련 시험을 통한 결과를 다음과 같이 활용하였고 앞으로 활용코자 한다.

첫째, 관련기술을 영농활용자료로 제공하여 무분별한 자생지 파괴를 줄이고 고품질의 자생화 분화를 생산하는데 기여하였다. 금강초롱꽃과 모데미풀의 생리 생태적 특성과 문제점을 파악하여 해결함으로써 자생식물의 굴취가 아닌 재배로의 기틀을 마련하였다. 특히 금

강초롱꽃의 적엽증상은 재배에 치명적인 장애요인으로 상품성을 저하시켰으나 이를 개선할 기술을 개발함으로써 상품성 재배가 가능하게 되었다. 아울러 모데미풀은 대량증식방법이 개발되지 않아 보급이 지연된 것으로 종자발아를 위한 생리를 구명함으로써 발아율을 획기적으로 개선 대량증식이 가능하게 되었다.

- 금강초롱꽃 적엽경감 기술개발(청색광 및 인산질비료 시용효과)
- 금강초롱꽃 대량증식을 위한 삼목기술개발
- 금강초롱꽃의 개화촉진 및 고품질 분화재배 기술(성장조절제 및 적심처리)
- 모데미풀의 종자발아 촉진 기술 개발
- 동계생산을 위한 뿌리저온처리 기술(예정)

둘째, 금강초롱꽃과 모데미풀의 연구결과를 자원식물학회 및 원예학회에 논문 2건을 게재하였고 앞으로 4건이 추가 될 것이며 중국국제농업과학학회에 외래 초롱꽃과 금강초롱꽃간의 분류관련 첨단기술을 발표하였고, 2002년 캐나다 국제원예학회에 2건이 발표될 예정으로 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼작물로서 가치를 국제적으로 소개하였다. 아울러 국내 원예학회에 7건을 발표하여 금강초롱꽃과 모데미풀의 분화작물 가능성을 홍보하였다.

셋째, 금강초롱꽃 연구에 관한 홍보자료를 작성 배포함으로써 금강초롱꽃의 재배에 대한 관심을 고조시켜 재배농가 증가에 따른 생산기반 구축이 기대된다.

넷째, 연구사업을 농가와 공동으로 추진함으로써 관련기술의 조기 농가이전이 가능토록 조치하여 상품화 소요기간을 단축하였다. 농가와 공동으로 시험을 함께 추진함으로써 연구마인드 및 문제점 발굴 등 기술의 조속한 이전에 필요한 기능이 원만히 습득되었다.

이와 같은 내용을 토대로 건의할 사항은 자생식물의 화훼화를 위한 2단계 사업으로 신 품종육성을 위한 지원이 다각도로 요구된다. 용도별 개발 가능성이 있는 자생식물의 검증을 유도하고 이 결과를 토대로 생리 및 재배기술을 개발하여 대량보급 가능성을 확인한 후 분자유전학 등 첨단기술을 도입하여 우량유전인자를 삼입 불량형질을 개선함으로써 육종소요기간을 단축하는 것이 필요하다. 이러한 것이 우리나라 화훼산업발전을 위한 새로운 전개방향 중 하나일 수 있으며 화훼재배농가의 소득증대에 크게 기여할 것으로 생각된다.

SUMMARY

This study was carried out to develop the cultivation techniques for producing commercial pot flower on Korean endemic plants (*Hanabusaya asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia*). The results were as follows.

1. Evaluation of characteristics and collection of plants on spontaneous land.

This study was carried out to offer the materials as seeds and variation plants for developing cultivation techniques and breeding with collection and analysis the characters on *Hanabusaya asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia* according to spontaneous lands.

This study was carried out to determine the environmental conditions of spontaneous lands on *Megaleranthis saniculifolia* for developing the basic cultivation techniques.

2. Establishment of technical systems for mass propagation

This study was carried out to develop the methods of mass propagation and tissue culture for applying genetic engineering techniques on *Hanabusaya asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia*.

Rate of seed germination showed a 80% increase at the condition of low temperature treatment at 0°C for 20 days under the light condition compared with none treatment on *Hanabusaya asiatica*.

Megaleranthis saniculifolia had first and second dormancy. The first dormancy was broken by high temperature treatment for 2 weeks and second dormancy was broken by low temperature treatment for 12 weeks. The best method of breaking dormancy *in vitro* was to increase the rate of germination to 95.5%. The procedures were as follows; first, 4°C low temperature treatment for 10 days, and put the seeds in the media contained GA₃ 5mg/L under 15°C with light. The method of breaking dormancy

under *in vivo* soaked seeds in GA₃ 200mg/L solution for a day and 4°C low temperature treatment for 8 weeks was increased the rate of germination to 90% more 7~8 months earlier than none treatment.

Uniformity of seed germination for development plugtray system were treated by seed priming on *Hanabusaya asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia*. But they had not effects on uniformity of seed germination. Proper plug tray for raising seedling was 200 plugs tray on *Hanabusaya asiatica*.

Experiments were conducted to determine the effects of the best cutting medium and cutting part for stem cutting for mass propagation of *Hanabusaya asiatica*. Perlite was the most effective on rooting of stem cutting, sand was better than control. Peatmoss or medium included peatmoss were not suitable for cutting medium of *Hanabusaya asiatica*. Top cutting was better for rooting and survival rate than normal cutting. IAA oxidase activity of top cutting was higher to 82% than that of normal cutting.

In the same conditon to *Megaleranthis saniculifolia*, vegetative propation was carried out to determine the effects of methods. It was very difficult to rooting on *Megaleranthis saniculifolia*.

This study was carried out to establish micropropagation of *Hanabusaya asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia* through in vitro tissue culture methods. The callus of *H. asiatica* were induced in MS medium supplement with 2,4-D 1 or 2mg/L and BAP 0.5 or 1mg/L, but somatic embryo or shoot from callus could not be induced. Multiple shoots could be induced with zeatin 0.5 and 2,4-D 0.5mg/L in MS medium through shoot apex culture. Each shoot was regenerated into whole plant. The embryogenic callus of *M. saniculifolia* were induced in MS medium supplement with 2,4-D 1mg/L and zeatin 0.5mg/L containing 0.3% charcoal and somatic embryos were appeared in surface of callus. The somatic embryos were germinated and regenerated into whole plants.

3. Development of cultural technology for high quality pot plant production

This study was conducted to develop the technology to related with producing pot culture with high ornamental quality in *Hanabusata asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia*. The results were summarized as follows:

1) 70% shading was needed to grow for pot culture in *Hanabusata asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia*.

2) *Hanabusata asiatica* was neutral plant without regard to photoperiods. However long day condition increased plant height.

3) The anthocyanin accumulated in leaf of *Hanabusata asiatica* at flowering stage. This symptom was tendency to decrease the value of potted plant. The treatment of blue light and phosphorus fertilization (N:P:K=100:300:100 ppm) were effective of decreasing of this symptom.

4) It was needed low temperature(4°C) for 20 days to break dormancy. The treatment of low temperature also promoted flowering.

5) Gibberellin(GA₃) 200 mg/L application accelerated dormancy breaking, produced more shoots, and decreased days to sprouting and flowering.

Therefore GA treatment was effective of producing aesthetical pot plant and showed the possibility of year around production.

6) One-time pinching combined with uniconazole 1 mg/L was efficient method to produce suitable retarded-shape as compared with other treatments to control plant height in pot culture of *Hanabusaya asiatica*.

7) The mixed medium (sand:leaf mould=1:1) with pH 4.0~5.0 was effective to grow in pot culture of *Hanabusaya asiatica*.

4. Development of cultural technology for pot plant production in lowland area

This study was carried out to develop the year-round production system on *Hanabusaya asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia*.

The proper shading rate was above 50% for good growth and flowering on *Hanabusaya asiatica* during summer season in lowland area. As in case of

Megaleranthis saniculifolia was 70%.

The proper condition of air relative humidity for good quality pot plant production was 80% on *Hanabusaya asiatica* in lowland area.

The proper days of low temperature(4°C) treatment on complete breaking dormancy were 60 days on *Hanabusaya asiatica* and 40 days on *Megaleranthis saniculifolia* for winter season production connected by highland area.

CONTENTS

Chapter I Introduction	17
Section 1 Background	17
Section 2 Objectives	18
Chapter II Evaluation of characteristics and collection of plants on spontaneous land	19
Section 1 Introduction	19
Section 2 Materials and Methods	19
Section 3 Results and Discussion	23
Section 4 Abstracts	29
Section 5 Reference	29
Chapter III Establishment of technical systems for mass propagation	30
Section 1 Introduction	30
Section 2 Development of techniques for increasing rate of seed germination	31
Section 3 Development of techniques for plugs raising seedling system	45
Section 4 Development of techniques for vegetative propagation	47
Section 5 Development of techniques for tissue culture	56
Section 6 Conclusions	64
Chapter IV Development of cultural technology for high quality pot plant production	66
Section 1 Introduction	66
Section 2 Characteristics of growth and flowering as affected by photoperiod and light quality	67
1 Effects of shading rate on growth and flowering of <i>Hanabusaya asiatica</i>	67
2 Characteristics of growth and flowering as affected by photoperiod and light sources on <i>Hanabusaya asiatica</i>	75
3 Effects of blue light on restraining anthocyanin accumulation in the leaf of <i>Hanabusaya asiatica</i> during summer season cultivation	87
Section 3 Development of techniques for control flowering and high quality pot plant production	99
1 Effects of growth and flowering on low temperature and GA ₃ treatment in <i>Hanabusaya asiatica</i>	99
2 Effects of gibberellin on breaking dormancy and enzyme activity in <i>Hanabusaya asiatica</i>	111

	3	Effects of uniconazole and pinching on growth and flowering of <i>Hanabusaya asiatica</i> in pot plant cultivation	122
Section 4		Establishment of fertilization condition on high quality pot plant production	132
Section 5		Application of developed techniques for high quality pot plant production on farmer's field(Development of pot media for pot plant cultivation on <i>Hanabusaya asiatica</i>)	137
Section 6		Conclusions	141
Chapter V		Development of cultural technology for pot plant production in lowland area	142
Section 1		Introduction	142
Section 2		Effect of shading on high quality pot plant production in lowland area	142
Section 3		Effect of controlling relative humidity on high density of pigments in flowers	150
Section 4		Effect of low temperature treatment on winter season production of <i>Hanabusaya asiatica</i> and <i>Megaleranthis saniculifolia</i> between highland and lowland area for year-round production	155
Section 5		Reference	157
Section 6		Conclusions	158

목 차

제1장	서론	17
제1절	연구개발의 필요성	17
제2절	연구개발 목표	18
제2장	화훼화를 위한 지역별 수집 및 특성평가	19
제1절	서론	19
제2절	재료 및 방법	19
제3절	결과 및 고찰	23
제4절	적요	29
제5절	인용문헌	29
제3장	대량증식기술체계 확립	30
제1절	서론	30
제2절	종자발아율 향상 기술 개발	31
1	금강초롱꽃의 발아율 향상을 위한 저온처리 조건과 GA농도 및 발아적온구명 ..	31
2	모데미풀 종자발아를 위한 온도 및 성장조절제 처리효과	35
3	Priming 처리에 의한 발아율 및 균일도 증대 효과	41
제3절	공정육묘 기술 개발	45
제4절	영양번식 기술 개발	47
제5절	조직배양 기술 개발	56
제6절	종합결과	64
제4장	고품질 재배기술 개발	66
제1절	서론	66
제2절	일장 및 광처리에 따른 생육 특성	67
1	차광처리가 금강초롱꽃 및 모데미풀의 생육 및 개화에 미치는 영향	67
2	일장 및 광원종류에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화특성	75
3	금강초롱꽃 재배시 잎의 안토시아닌 축적 방지를 위한 청색광처리효과 ..	87
제3절	개화조절 및 품질향상 기술 개발	99
1	저온 및 GA3 처리가 금강초롱꽃의 생육과 개화에 미치는 영향	99
2	금강초롱꽃 조기휴면타파를 위한 지베렐린처리시 생리적 활성변화 및 성장반응 ..	111
3	금강초롱꽃 분화재배에 있어서 유니코나졸과 적심처리에 따른 생육 및 개화반응 ..	122

제4절	분화품질 향상을 위한 시비조건 구명	132
제5절	농가실증시험(금강초롱꽃 분화재배시 적정배양토 개발)	137
제6절	종합결과	141
제5장	평난지 적응재배기술 개발	142
제1절	서론	142
제2절	평난지 재배를 위한 적정 차광정도	142
제3절	화색증진을 위한 습도조절 효과	150
제4절	동계재배를 위한 저온처리 효과	155
제5절	인용문헌	157
제6절	종합결과	158

제1장 서론

제1절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

- 경제성장과 더불어 화훼류의 수요가 급증하고 있음
- 자생식물의 화훼화에 관한 중요성은 인식되어 왔으나 이들의 특성, 대량번식법 등이 규명되지 않아 이용 및 공급이 불가능한 형편임
- 자생화훼류의 생태적 특성, 재배방법 및 번식방법 등에 관한 연구가 매우 미흡함
- 특산속식물에 대한 조직배양 연구의 활성화 필요
- 특산속식물의 생태적 특성, 재배법 구명 등을 통한 자원 보존과 용도 다양화를 위한 기초자료가 미흡

2. 경제·산업적 측면

- 대부분의 화훼식물 종자는 외국수입에 의존하고 있어 국내에 자생하는 종류를 개발, 이용하면 외화절감에 효과적일 것임
- 한국 특산속식물을 화훼화하여 새로운 수출작목으로 개발하고자 함
- 생물종다양성협약에 따른 고유종의 보존 및 보호대책이 필요함
- 특산속식물의 고소득 작물화로 농가의 소득증대는 물론 지역경제 활성화가 기대됨

3. 사회·문화적 측면

- 한국산 자생화훼류의 개발로 외국 화훼류의 급진적 확대에 대처한 국민정서 안정
- 대부분 자생화훼류 중 개발가치가 있는 종류는 무분별한 남획으로 멸종위기에 있는 자원이 증가하고 있음
- 특산속식물에 대한 학문적인 연구 결과를 통한 생물주권의 확보

제2절 연구개발 목표

1. 연구개발 목표

- 평난지 및 고랭지 재배를 통한 내서성 검정
- 한국특산속식물의 발아 및 휴면생리를 구명하고, 조직배양기술을 개발하여 대량증식체계 확립
- 소비유발 및 수출잠재력이 큰 한국특산속 식물의 고품질 주년생산을 위하여 개화생리를 구명하고, 공정육묘기술, 차광정도, 정식기 조절 및 성장조정제 처리등 재배기술 확립
- 고산식물의 평난지 고품질 재배법 개발
- 한국특산속식물의 상품화 기술 개발
- 새로운 농가 소득원 개발에 따른 농가소득증대

2. 단계별목표

가. 1년차

- (1) 금강초롱꽃과 모데미풀의 수집 및 분석
- (2) 대량증식 체계 기초연구
- (3) 개화 및 휴면생리 구명

가. 2년차

- (1) 대량생산 및 생산비 절감기술 개발
- (2) 고품질재배기술 개발
- (3) 평난지 내서성 향상 및 고랭지와 평난지 연계재배기술 개발

가. 3년차

- (1) 대량증식체계 확립
- (2) 고품질 분화생산기술 및 주년생산을 위한 연계재배기술 확립
- (3) 농가실증 시험

제2장 화훼화를 위한 지역별 수집 및 특성평가

제1절 서론

금강초롱꽃과 모데미풀은 한국을 대표하는 특산속 식물로 그 희귀성과 보존성이 높은 자생자원이다. 특히 최근에 자생식물에 대한 일반 대중의 관심이 날로 증대되고 있는 시점에서 우리만의 자생화를 화훼작물로 개발하여 기존의 왜곡된 화훼산업의 진행방향을 바로잡을 필요성과 당위성이 시급한 실정이다.

특히 1속 1식물체인 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화로 우리 자생자원의 세계화 가능성과 필연성을 구체화 해야할 시점으로 생각되며 이를 위해 재배화에 적합한 관련 기술개발 및 재배품종 육성의 과제를 조기 해결해야할 것으로 생각된다.

따라서 금강초롱꽃(오대산, 향로봉, 대암산, 화악산, 점봉산, 설악산)과 모데미풀(광덕산, 태기산, 점봉산, 소백산)의 자생지를 확인, 조사 및 수집으로 화훼화를 위한 재배기술개발의 기초자료 및 시험재료를 제공함으로써 연구기반을 조성하는 것이 우선이다.

또한 외부형태적 특성평가와 외부형태 형질을 이용한 수리분류학적 연구를 통하여 자생지별 변이정도를 구명하고 이와 함께 형태적 변이 개체를 수집하고 RAPD와 AFLP를 활용 분자생물학적 측면에서 종내변이를 구명함으로써 육종을 위한 기초자료를 제공하고자 이 과제를 수행하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험재료

실험재료는 금강초롱꽃과 모데미풀의 자생지에서 수집한 생체표본을 대상으로 하였으며 외부형태형질의 측정에 사용한 개체는 석엽표본으로 만들어 강원대학교 표본실에 보관하였다.

지금까지 조사되지 않은 모데미풀의 식생조사는 자생지에서 1999년 4월부터 6월까지 실시하였다. 토양은 낙엽층 및 부식층을 제거한 다음 다시 표토 1cm를 제거하고 5cm 깊이 이내에서 채취하여 실험실로 운반 후 2주간 음건한 다음 2mm의 체로 쳐서 포장용수량, 유기

물함량, pH 등의 분석재료로 이용하였다.

2. 방 법

가. 외부형태학적 형질

외부형태학적 형질은 종내 변이 폭을 알아보기 위하여 자생지에서 개화기와 결실기를 중심으로 채집한 생체재료와 강원대학교 표본관에 소장되어 있는 석엽표본으로부터 양적, 질적형질을 관찰 및 측정하였고 주요 형질은 도해하였다.

나. 수리분류학적 연구

1) 주성분분석(principal component analysis)

주성분분석은 자생지별로 양적 형질을 측정된 후 공통형질들을 선별하여 기초자료 행렬을 작성하고 이를 토대로 주성분분석을 실시하였다. 이들의 통계분석은 SAS program 을 이용하여 IBM compatible microcomputer(Pentium)로 수행하였다.

2) 유집분석(cluster analysis)

주성분분석에서 사용한 양적 형질을 각각 하나의 형질로 보아 유집분석을 실시하였다. 이를 기초로하여 각 OTU들 간에 average distance에 의한 평균연결방법(average linkage cluster analysis)과 Ward방법의 두 가지 방법으로 유집분석을 실시한 후 phenogram을 작성하였다. 이들의 통계분석은 SAS program(version, 6.04) 및 NTSYS program을 이용하여 IBM compatible PC(Pentium)로 수행하였다. 수리분류학적 기재에 사용한 용어는 Sneath와 Sokal(1973)을 기준으로 하였으며, 용어의 번역은 Ko(1988), Kim과 Chun(1990)을 참조하였다.

3) 식생분석(vegetation analysis)

모데미풀 자생지에서 1m×1m(1m²)의 방형구 57개를 설치하고 방형구내에 출현하는 전 종류의 종조성, 종류별 피도와 빈도 등을 기록하였으며, 교목층의 우점 수종도 기록하

였다. 이 자료를 Bray와 Curtis(1957)의 방법에 따라 상대피도(RC)와 상대빈도(RF)를 구한 다음 합산하여 중요치(importance value, IV)를 산출하였다. 종다양성 지수는 Shannon-Wiener의 식으로 산출하였다.

4) 토양분석(soil analysis)

포장용수량 측정을 위하여 시료를 미세한 천으로 밑부분을 막은 직경 2.5cm x 2.5cm 크기의 원통관에 넣고 물을 부어 충분히 적신다음 원통 윗부분을 parafilm으로 막고 원통 내의 토양보다 6배 이상 많은 건조한 모래를 담은 비이커에 파묻고 48시간 정도 방치한 후 함수량을 구해 포장용수량으로 하였다(Feodoroff and Betriemieux, 1964). 유기물함량은 약 8g의 토양을 도가니에 넣어 105℃에서 건조시킨 무게와 전기로(Model F-2)에서 4시간 동안 600℃로 태운 무게의 차를 구하여 측정하였다. pH는 20g의 음건토양과 증류수를 1:5(w/w)로 혼합하여 30분간 진탕한 다음 여과지(Whatman No. 44)로 여과시켜 여과액을 pH meter(Model 230-A, Fischer)로 측정하였다. 인산은 SnCl을 이용한 몰리브덴 청법, 유기물은 Walkley-Black법으로, 그리고 K, Ca, Mg는 1N NH₄OAc로 추출한 토양용액을 원자흡광분석기(Hitachi Z-6000)로 측정하여 분석하였다(농촌진흥청, 1989).

5) RAPD, AFLP분석

모데미풀은 RAPD분석, 금강초롱꽃은 RAPD, AFLP분석을 실시하였다.

(가) RAPD 분석 : RAPD에 사용한 primer는 UBC에서 제작한 10-mer random primer, mitochondrial primer, SSR primer를 사용하였다. Primer screen을 통하여 각 primer에 적당한 최적 PCR조건을 찾았으며 11개체 전체에서 반응이 일어난 25개의 primer를 선발하였다(Table 2-1).

Table 2-1. Primer selection for PCR in *Hanabusaya asiatica*

Primer	Sequence	Remarks
UBC 111	AGT AGA CGGG	10-mer random primer
UBC 121	ATA CAG GGAG	”
UBC 151	GCT GTA GTGT	”
UBC 181	ATG ACG ACGG	”
UBC 186	GTG CGT CGCT	”
UBC 192	GCA AGT CACT	”
UBC 194	AGG ACG TGCC	”
UBC 195	GAT CTC AGCG	”
UBC 196	CTC CTC CCCC	”
UBC 199	GCT CCC CCAC	”
UBC 336	GCC ACG GAGA	”
UBC 807	AGA GAG AGA GAG AGA GT	SSR- primer
UBC 808	GAG GAG AGA GAG GAG GC	”
UBC 811	GAG AGA GAG AGA GAG GG	”
UBC 814	CTC TCT CTC TCT CTC TA	”
UBC 818	CAC ACA CAC ACA CAC AG	”
UBC 837	TAT ATA TAT ATA TAT ART	”
UBC 840	GAG AGA GAG AGA GAG AYT	”
UBC 842	GAG AGA GAG AGA GAG AYG	”
UBC 851	GTG TGT GTG TGT GTG TYG	”
UBC 857	ACA CAC ACA CAC ACA CYG	”
UBC 858	TGT GTG TGT GTG TGT GRT	”
UBC 859	TGT GTG TGT GTG TGT GRC	”
UBC 860	TGT GTG TGT GTG TGT GRA	”
UBC mt 24	GGA GCT TCA ACA TGA GCT TT	mtD primer

(나) AFLP 분석 : 금강초롱꽃에서 분리한 DNA 100ng에 Adaptor로 EcoRI과 MseI을 첨가하고 37°C에서 1시간 반응 시킨후 ligation buffer를 첨가하고 preamplification시켰다. 증폭된 DNA를 재료로하여 AFLP PCR을 실시한 후 재료를 polyacrylamide gel을 이용하여 전기영동한 후 밴드를 비교하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 자생지별 금강초롱꽃의 외부형태 및 수리분류

금강초롱꽃 자생지 6지역(오대산, 향로봉, 대암산, 화악산, 점봉산, 설악산)에 대한 형태적 유연관계를 알아보기 위하여 외부형태, 주성분분석과 유집분석 등 수리분류학적 연구를 실시하였다. 연구 결과, 외부형태형질 중 자생지간에 뚜렷한 차이를 보이는 형질은 없었으며 형질의 연속성이 인정되었다. 조사된 6개 자생지의 78개체 중 향로봉과 설악산 정상부에서 자라는 일부 개체들은 잎, 포엽의 형태 등에서 다소 차이를 보여 구별이 가능하였다.

Outgroup으로 사용된 검산초롱꽃은 꽃받침의 형태가 넓은 난형으로 선형 또는 선상피침형인 금강초롱꽃과 구별되었으며 나머지 형질들은 비슷한 경향을 보였다.

21가지의 양적 형질을 이용한 평균연결방법과 Ward's법에 의한 유집분석 결과에서는 자생지 6집단의 개체들이 서로 중복되어 나타나 유집이 불가능 하였다.

2. 모데미풀의 자생지별 외부형태 및 식생

모데미풀 자생지 4지역(광덕산, 태기산, 점봉산, 소백산)에 대한 유연관계를 알아보기 위하여 외부형태, 주성분분석과 유집분석, 식생 및 토양분석을 실시하였다. 연구 결과, 외부형태형질 중 유의성이 있는 형질로는 주로 꽃에 관한 형질과 삭과에 대한 형질, 즉 꽃받침의 길이와 폭, 꽃받침지수, 꽃받침 열편에 거치의 존재유무, 화경의 길이와 분지 유무 등은 4집단을 구분하는데 유의성이 있는 형질로 나타났다. 그러나 식물의 높이, 총포, 종자의 특징 등은 변이가 매우 심하여 형질로서 가치가 없는 것으로 나타났다. 13가지의 양적 형질을 이용한 주성분분석 결과 주성분1(31.3%), 주성분2(20.7%), 주성분3(15.8%)이 총 67.79%의 기여율을 보였으며 주성분 1과 2를 이차원공간에 도시한 결과 태기산 집단은 다른 세 집단과 구별이 가능하였다. 평균연결방법과 Ward's법에 의한 유집분석 결과, 유집군들의 구성은 거의 동일하게 나타났으며, 집단간에는 서로 중복되어 나타나 구별이 불가능하였다. 식생조사 결과 상대피도와 상대빈도에 의한 중요치는 모데미풀이 50.82%로 가장 높게 나타났으며 그 다음으로는 눈개승마(12.64%), 현호색(11.62%), 박새(11.45%), 홀아비바람꽃

(8.96%), 벌개똥굴(8.76%), 터리풀(7.06%), 진범(5.66%), 큰개별꽃(5.45%), 숨때(5.25%)의 순으로 나타나 이 종류들이 모데미풀과 친화도가 높은 것으로 나타났다. 지역별로는 전지역에서 모데미풀이 가장 높았고 중요치가 높은 종류들은 자생지별로 약간 차이를 보였다. 종다양성은 평균 1.40으로 나타났으며 광덕산(1.31)이 가장 높고 점봉산(1.17)이 가장 낮았다. 토양의 pH는 평균 5.25로 대부분 비슷하였고, 소백산은 Mg의 함량은 가장 낮았지만, E.C., 포장용수량, 유기물, 인산, Ca, K함량이 가장 높게 나타났다. E.C., 유기물함량, Ca의 함량은 광덕산이 가장 낮았으며, 점봉산은 Mg의 함량이 가장 높은 반면 포장용수량, 인산, K의 함량이 가장 낮게 나타났다.

토양분석 결과에서는 소백산 자생지가 다른 자생지에 비해 매우 비옥한 토양을 갖는 것으로 나타났고, 이러한 결과는 외부형태형질에서도 다른 자생지와는 식물체의 높이, 포의 특징 등이 크게 나타나는 것과 일치한다.

Table 2-2. Chemical components of soil on the *Megaleranthis saniculifolia* from four different habitats

Habitat Contents	Mt. Sobaek			Mt. Kwangdeok	Mt. Taeki	Mt. Jumbong	Average
	Chonmundae	Chondongri	Average				
pH(1:5)	5.25	5.19	5.22	5.03	5.45	5.43	5.28
EC(uS/cm)	350.5	295.0	322.8	194.0	229.5	205.0	237.83
Water capacity(%)	25.74	32.14	28.94	22.54	29.53	14.74	23.94
O.M.(%)	6.27	7.83	7.05	4.31	5.59	4.20	5.29
P ₂ O ₅ (mg/kg)	95.8	104.8	100.3	92.8	86.7	77.7	89.38
Ca(meq/100g)	7.00	4.34	5.67	2.21	5.78	3.90	4.39
Mg(meq/100g)	1.60	0.78	1.19	0.54	1.07	1.17	0.99
K(meq/100g)	0.41	0.56	0.49	0.32	0.27	0.28	0.34

3. RAPD와 AFLP를 이용한 금강초롱꽃과 모데미풀의 종내변이

가. 금강초롱꽃

1) RAPD 분석

PCR 최적조건은 random primer의 경우 94℃에서 1분, 35℃에서 1분, 72℃에서 2분을 1cycle로 하여 45cycle을 반복한 다음 72℃에서 10분간 더 유지시켜준 조건에서 가장 좋은

결과를 나타내었으며 SSR primer는 94℃에서 5분간 전처리 한 후 94℃에서 30초, 52℃에서 30초, 72℃에서 60초를 1cycle로하여 45cycle을 반복한 다음 72℃에서 10분더 유지시켰으며, mitochondrial primer는 94℃에서 5분간 전처리 한 후 94℃에서 30초, 36℃에서 30초, 72℃에서 60초를 1cycle로하여 45cycle을 반복한 다음 72℃에서 10분더 유지시켰을때가 가장 좋은 결과를 보였다. PCR결과 자생지 및 개체간에는 monomorphic하거나 polymorphic한 밴드를 관찰할 수 있었다(Fig. 2-1).

2) AFLP분석

분석결과 대부분이 monomorphic하게 나타났지만 자생지간에는 약간의 polymorphic한 밴드를 관찰할 수 있었다(Fig. 2-1).

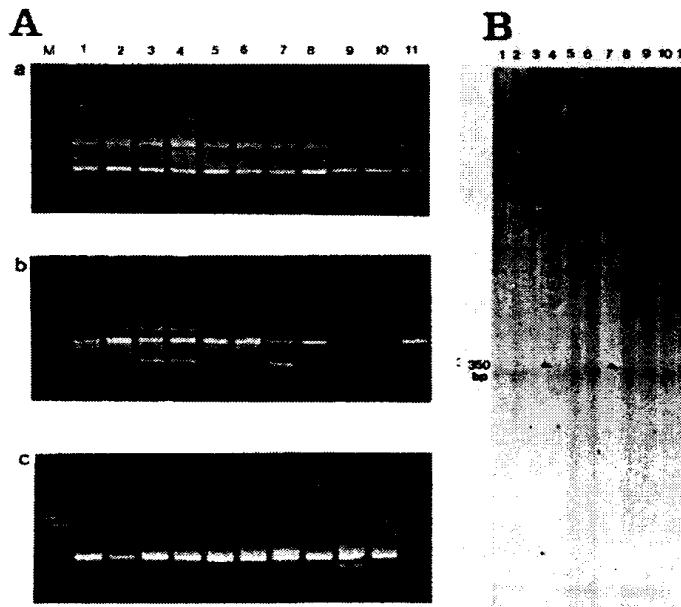


Fig. 2-1. Amplified DNA band profiles of the analyzed plants by random, mtD, ssr-primer(A) and AFLP(B) in *Hanabusaya asiatica*. The sequences of each primer in a(UBC 181), b(UBC 336), and c(UBC 818).

M=1000bp KBII DNA PCR marker. Lane 1-4: Odaesan, 5-7: Jumbongsan, 8-11: Hyangrobong. Symbols(◄) are indicate the polymorphic band.

나. 모데미플

1) Primer screen

UBC primer Kit와 Operon primer Kit를 이용한 primer screen에서는 대부분 G+C 함량이 60% 이상으로 높은 primer에서 좋은 결과를 얻었으며, PCR 최적조건은 random primer의 경우 94℃에서 1분, 35℃에서 1분, 72℃에서 2분을 1cycle로 하여 45cycle을 반복한 다음 72℃에서 10분간 더 유지시켜준 조건에서 가장 좋은 결과를 나타냈다. Primer screen을 통해 반응이 일어난 13개의 염기서열은 다음과 같다(Table 2-3).

Table 2-3. List of arbitrary 10-mer primers used for the RAPD analysis by PCR.

Primer	Sequence	Remarks
UBC-111	AGT AGA CGGG	10-mer random primer
OPA-02	TGC CGA GCTG	”
OPA-03	AGT CAG CCAC	”
OPA-08	GTG ACG TAGG	”
OPA-10	GTG ATC GCAG	”
OPA-14	TCT GTG CTGG	”
OPA-18	AGG TGA CCGT	”
OPB-01	GTT TCG CTCC	”
OPB-08	GTC CAC ACGG	”
OPB-10	CTG CTG GGAC	”
OPB-11	GTA GAC CCGT	”
OPB-17	AGG GAA CGAG	”
OPB-18	CCA CAG CAGT	”

2) 전기영동 분석

증폭된 DNA 단편들의 크기는 대부분 1kb 범위 내에서 나타났으며 자생지별로 동일하거나 서로다른 밴드양상을 보였다. 대부분의 primer는 종내 monomorphic한 밴드로 나타났으며 다형화 밴드양상을 보이는 primer는 적었다(Fig. 2-2).

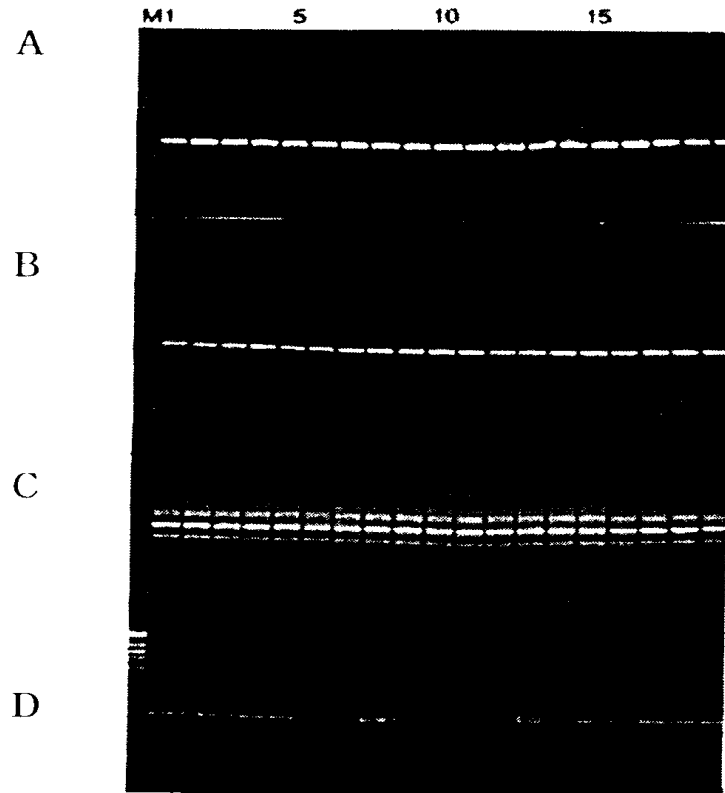


Fig. 2-2. Amplified DNA band profiles of the analyzed plants by random primers in *Megaleranthis saniculifolia*. The sequences of each primer in A(OPA-02), B(OPA-03), C(OPB-10), and D(OPB-18). M=1000bp KBII DNA PCR marker. Lane 1-5 : Mt. Sobaek, 6-10 : Mt. Jumbong, 11-14 : Mt. Taeki, 15-19 : Mt. Kwangdeok.

3) 유사도 분석

13개의 primer에서 얻은 62개 밴드 각각을 하나의 OTU로 보아 기초자료행렬을 작성하고 이를 근거로 유사도를 구한 다음 이결과를 이용하여 UPGMA(비가중평균결합) 방법으로 phenogram을 작성하면 Fig. 2-3과 같다.

모데미풀 자생지 4지역은 유사도 0.78정도에서 4개 자생지별로 명확하게 구별되었다. 자생지 내 변이는 유사도 값 0.82-1.0사이로 매우 높은 유사성을 보였으며 외부형태에서 나타난 결과 처럼 태기산 집단은 다른 3지역과 구별이 가능하였다.

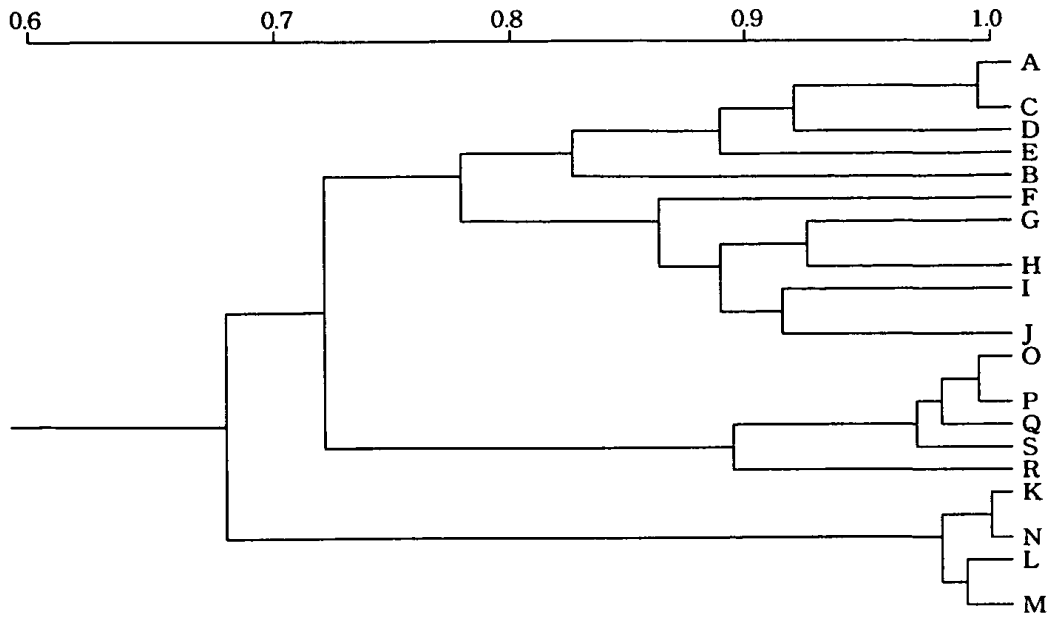


Fig. 2-3. Phenogram for *Megaleranthis saniculifolia* 4 different habitats based on analysis of RAPD fragments(A,B,C,D,E : Mt. Sobaek, F,G,H,I,J : Mt. Jumbong, K,L,M,N :Mt. Taeki, O,P,Q,R,S : Mt. Kwangdeok)

4. 모데미풀의 변이체 수집

모데미풀의 꽃은 대개 홑겹의 5개 꽃잎으로 구성되어 있으나 복엽으로 꽃잎이 23~35개의 변이체를 발견하였다. 현재 이 변이체의 유전특성 및 후대검정을 진행 중에 있으며 앞으로 모데미풀의 변이체로 등록하고 육종소재로 활용할 계획이다.



모데미풀 개화



모데미풀 복엽 개화

제4절 적 요

금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화를 위한 연구를 효율적으로 수행하기 위하여 자생지별 수집 및 특성평가 한 결과 아래와 같은 연구결과를 도출하였다.

1. 모데미풀과 금강초롱꽃의 자생지를 확인하고 화훼화에 필요한 종자를 수집하여 주관 연구기관에서 수행중인 실험재료로 제공하였다.
2. 지금까지 밝혀지지 않은 모데미풀의 자생지 식생을 조사하여 환경특성을 밝혀 재배기술 개발의 기초자료를 제공하였다.
3. 외부형태에 의한 형태적 변이 개체를 화훼화를 위한 재료로 제공하였다.
(예: 모데미풀 꽃대가 분지하는 개체, 모데미풀 꽃대가 5cm 이상으로 길게 신장한 개체, 복엽체 등)
4. 금강초롱꽃과 모데미풀의 외부형태 변이 및 DNA분석 등의 연구로 자생지내, 종내 변이 정도를 파악한 결과 대부분의 형질은 연속적 경향을 보이는 것으로 나타났다.

제5절 인용문헌

- Andersen, W. R. and Fairbanks, D. J. 1990. Molecular markers: important tools for plant genetic resource characterization. *Diversity*. 6 : 3-4, 51-53.
- Hyunchur Shin. and K. C. Hong. 1997. A taxonomic study on *Thymus* in Korea: Numerical analyses of morphological characters. *Kor. J. Plant Tax.* 21(2) : 95-103
- Rafalski, J. A., S. V. Tingey and J. G. K. Williams. 1991. RAPD markers - a new technology for genetic mapping and plant breeding. *AgBiotech News and Information*. 3(4) : 645 - 648.
- Quiros, C. F., Hu, J., This, P., Chevre, A. M. 1991. Delseny,-M Development and chromosomal localization of genome-specific markers by polymerase chain reaction in *Brassica*. *Theoretical and Applied Genetics*. 82(5) : 627-632.
- Waugh, R. and W. Powell. 1992. Using RAPD markers for crop improvement. *Trends in Biotechnology* 10(6) : 186-191.

제3장 대량증식 기술체계 확립

제1절 서 론

금강초롱꽃과 모데미풀은 한국특산속 식물로서 국내는 물론 세계적으로도 그 희귀성이 돋보이는 자생식물이다.

최근 우리 고유의 자생식물에 대한 관심이 급속히 증대되어 산채류 뿐만 아니라 자생 화훼류의 수요가 급격히 증대되고 있다. 특히 금강초롱꽃은 특산속 식물 중에서도 일반 대중매체를 통하여 널리 알려져 희귀성과 대중성을 모두 갖춘으로써 화훼 작물로서 상품성을 확보하고 있으며 모데미풀은 이른 봄에 개화하는 유망한 분화적합 화종으로 평가되고 있다.

기존의 자생식물 상품화는 종자, 영양체 분주, 삽목 등을 이용한 증식기술의 개발을 통한 재배기반 구축보다는 대부분 자생지에서 무분별한 굴취로 이루어진 것이다. 따라서 자생지의 손괴에 따른 환경파괴와 함께 늘어나는 수요에 능동적으로 대응하지 못함으로 자생화의 체계적 화훼산업화 기반 구축이 곤란하였다.

본 시험은 이러한 문제점을 근본적으로 해결하기 위해 첫째 금강초롱꽃과 모데미풀의 종자발아기술 개발을 통하여 발아율 향상 및 발아기간 단축으로 안정적 수량조절과 신품종 육성을 위한 기본기술을 확립하고자 하였다. 둘째, 규격묘 생산에 따른 품질 균일화로 상품성 증대를 위한 공정육묘기술을 개발하고자 하였다. 셋째, 자생화훼류의 대부분이 그러하듯 종자발아에서 상품화 가능한 묘령까지 2~3년 장기간 소요되는 문제점을 해결하기 위한 영양번식 가능성과 조건을 구명하여 경영비 절감 기술을 개발하고자 하였다. 넷째, 조직배양기술 개발로 무균묘의 대량증식과 더불어 첨단육종기술 적용을 위한 기본기술을 개발하고자 하였다.

이와같이 금강초롱꽃과 모데미풀 재배의 기본기술인 대량증식기술체계를 확립함으로써 환경보존은 물론 새로운 화훼농가 소득원으로서의 기반을 안정적으로 구축코자 본 연구를 수행하였다.

제2절 종자발아율 향상 기술 개발

1. 금강초롱꽃의 발아율 향상을 위한 저온처리 조건과 GA농도 및 발아적온 구명

가. 연구내용

금강초롱꽃의 종자발아기간 단축과 발아율 향상을 위해 적정 저온처리온도와 처리기간을 구명하였고 광조건을 명·암 두 처리를 두어 종자발아에 미치는 광반응을 구명하였다. 저온처리보다 빠른 발아율 향상을 위한 성장조절제 지베렐린 처리효과를 구명하고자 농도 및 처리기간을 시험하였다.

나. 재료 및 방법

1998년 10월 하순에 강원도 인제군 향로봉에서 채취한 종자를 선별 후 1% NaOCl 수용액에 15분간 진탕 소독 후 시험에 이용하였다. 발아시험은 직경 9cm의 petri-dish에 Toyo No.1 여과지 2매를 깔고 증류수를 가한 후 100립 씩 치상 하였다. 처리내용은 Table 3-1과 같이 저온처리, 성장조절제인 gibberellin(지베렐린수용액, 동부한농화학 제품, 이하 GA₃) 처리로 나누어 수행되었다.

저온처리는 종자를 물에 적신 후 형겅으로 싸서 0, 4, 8 °C의 냉장고에서 20, 30, 40일간 하였으며, 광의 유무에 따른 발아율을 조사하고자 저온처리 후 명과 암 상태로 나누어 치상 후 발아시켰다. 명상태는 20W 백색 형광등 2개(2,000 lux)를 사용하여 유지하였으며, 암 처리는 petri dish를 aluminium foil로 2겹 싸서 차광하였다.

성장조절제 처리는 GA₃ 100, 300, 500 mg · L⁻¹ 농도에서 1, 2, 3 일 침지한 후 명상태에서 발아시켰다.

각각의 처리 후 온도 20°C가 유지되는 incubator로 옮긴 후 50일 동안의 발아율을 조사하였으며 모든 시험은 5반복으로 수행하였다.

Table 3-1. Experimental conditions for seed germination of *Hanabusaya asiatica*.

Germination media	Treatment	Treatment periods(days)	Light condition	
Water	Low temp. (°C)	0	0	
		4	20	
		8	30	
		40	Dark	
	GA (mg · L ⁻¹)	0	1	
		100	2	
		300	3	
		500		
				Light

다. 결과 및 고찰

저온처리에 의한 휴면종자의 발아촉진효과는 오래 전부터 잘 알려진 사실(Hartmann 등, 1990)로 적정 저온과 그 처리기간에 따라 그 효과는 식물에 따라 다르게 나타나게 된다. 금강초롱꽃의 종자는 저온요구도에 의하여 종자의 휴면이 타파되는 식물임을 알 수 있었다. 즉 모든 저온처리에 있어서 무처리에서 보다 발아율이 향상됨을 볼 수 있었고, 처리 온도 중 가장 낮은 0°C에서 발아율이 가장 높았다(Fig. 3-1).

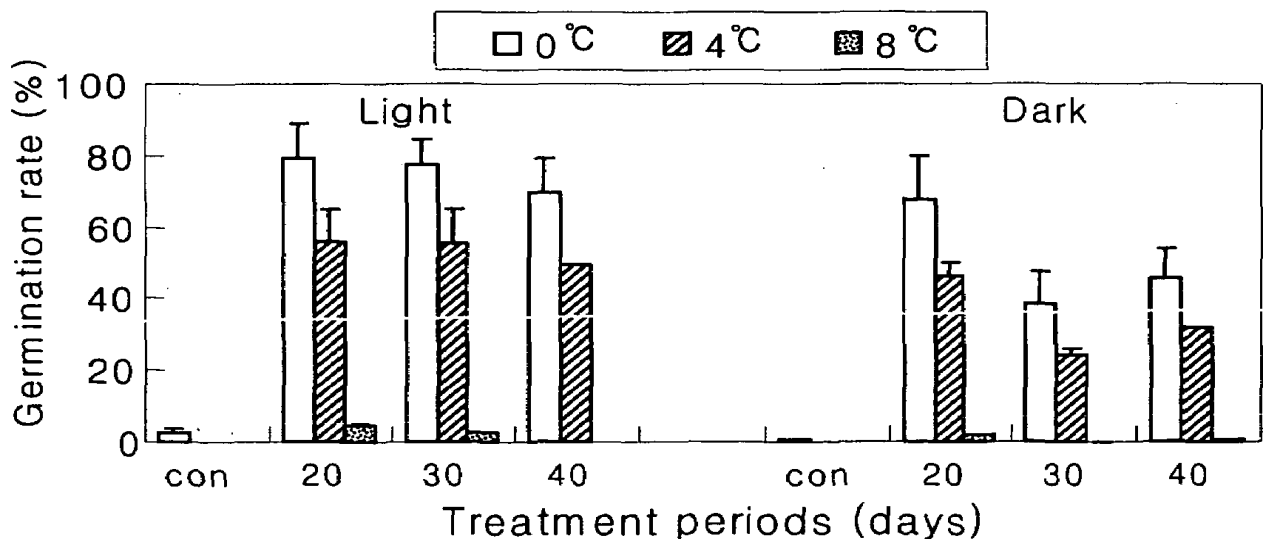


Fig. 3-1. Germination rate of *Hanabusaya asiatica* seeds in the low temperature and treatment periods. Means of five replications is reported with the standard error.

4℃ 처리구에 있어서도 명조건하에서 처리기간에 관계없이 50%이상의 발아율을 보였지만 8℃의 처리에 있어서는 저조한 발아율을 나타내어 금강초롱꽃의 종자휴면타파를 위한 저온요구는 0 ~4 ℃의 낮은 온도에서 충족되어진다고 보여진다. 이러한 저온효과는 20일 정도 처리한 것이 발아율이 가장 높았고 처리기간이 길어질수록 발아율이 약간 감소하였는데, 이러한 경향은 암조건에서 더 뚜렷하였다(Fig. 3-1).

종자발아에 미치는 광의 영향에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으나 이에 대한 결과는 일관성이 없는 것으로 보여진다. 잔디종자의 발아에는 광이 결정적인 발아요인으로 작용하고(Yu 등, 1974), 쑥갓종자의 발아에는 광의 영향이 거의 나타나지 않았으며(Chiang와 Park, 1994), *Pinus virginiana* 종자는 온도조건에 따라 발아에 미치는 광의 효과가 다르게 나타난다고 보고한 바 있다. 이러한 차이는 작물의 종류와 다양한 환경조건에 대한 생리생장반응에 기인한 것으로 보여진다. 그러나 야생식물과 야생수목의 원예화에 관한 연구가 진행되면서 대부분의 야생식물이나 수목의 종자가 발아하는데 있어서 온도가 주 요인이며 광은 거의 영향을 미치지 못하거나 명 상태에서 발아가 되는 호광성종자로 보고된 바도 있다(Kim 등, 1987 ; Kim 등, 1988). Yang와 Kim(1993)에 의하면 냉이나 닭의장풀, 머느리배꼽과 같은 야생식물의 발아에 광은 크게 관여하지 않고 15~17 ℃ 정도의 낮은 온도나 변온이 발아에 필요한 조건임을 강조하였다. 금강초롱꽃의 경우에도 저온처리를 하였을 경우 광의 유무에 관계없이 모두 발아하였고, 발아율은 무처리에 비해 모두 높았다. 그러나 명상태에서의 발아율이 암상태에서 보다 전체적으로 높은 경향이였다. 이러한 결과로 보아 야생식물인 금강초롱꽃도 발아에 미치는 주 요인은 온도이며 0℃에 가까운 저온에서 20일 정도 경감해야 휴면타파에 필요한 저온요구도가 충족될 수 있음을 알 수 있었다

GA가 저온에 의한 휴면을 단축시키거나 타파시킴으로 종자발아를 촉진시킬 수(Park 등 1998)있다는 예는 여러 식물에서 나타나고 있다. 참취를 비롯한 대부분의 산나물 종자의 발아나, 개미취와 같은 야생화의 종자발아에 있어서도 GA의 효과는 크다고 보고(Cho 등, 1985)되었다. 금강초롱꽃 종자의 발아를 촉진시키기 위해 GA를 처리한 결과 300 mg · L⁻¹ 농도에서 3일 정도 침지한 처리구가 발아율이 가장 높았다. 대체로 무처리구에 비해 100~300mg · L⁻¹의 농도에서 발아율이 향상되었으며, 침지기간이 길수록 발아율이 높았다. 그러

나 $500\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 농도 처리구는 무처리와 비슷하게 발아율이 저조하여 과잉농도로 추정된다(Fig. 3-2).

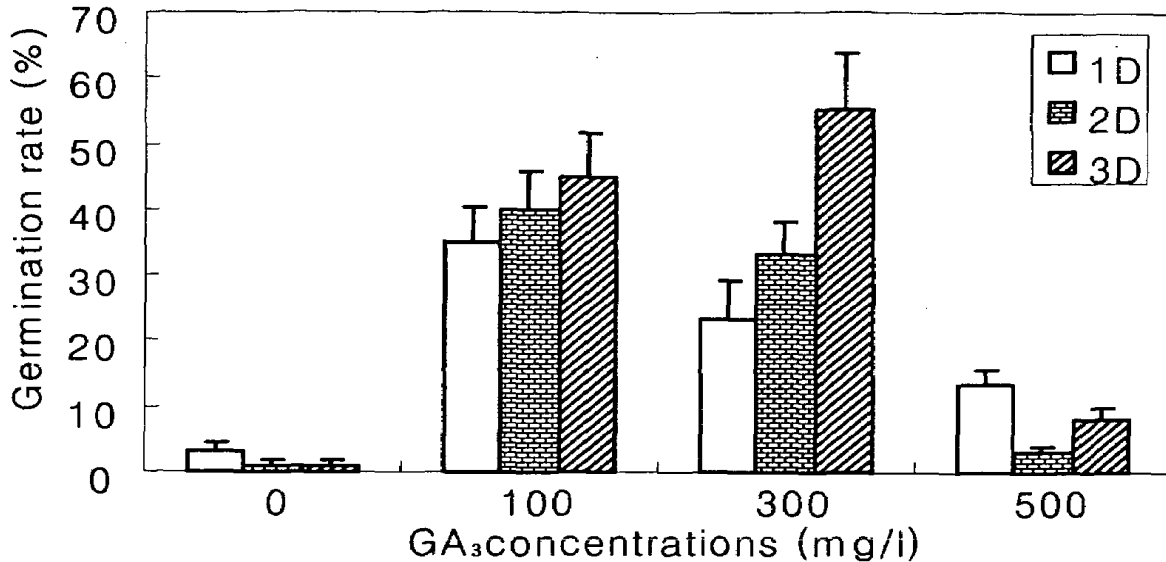


Fig. 3-2. Effects of varied concentrations and treatment periods of gibberellin(GA) on germination rate of *Hanabusaya asiatica* seeds. Means of five replications is reported with the standard error.

GA처리와 저온처리에 따른 발아율 결과를 비교해 보면 저온처리가 GA처리 보다 휴면 타파에 의한 종자발아에 더 효과적이었다. 이러한 결과는 GA가 금강초롱꽃의 저온요구를 일부분 대신할 수 있지만 완전히 저온을 대체하지는 못하는 것으로 생각되며 금강초롱꽃의 종자발아를 위해서는 저온처리가 가장 효과적이라고 판단되었다.

라. 적 요

한국특산속 식물인 금강초롱꽃의 보존과 생산을 위한 대량증식방법을 개발하고자, 종자 발아에 적당한 환경조건 구명 및 GA 처리 효과를 살펴보았다. 종자를 0°C 에서 20일 처리시 발아율이 80%정도로 가장 좋았으며, 명상태에서 발아율이 높았다. GA $100\sim 300\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 농도에서 3일 처리하였을 때 무처리구에 비해 55% 정도 발아율이 향상되었으나, 그 효과는 저온처리에 비해 낮았다.

2. 모데미풀 종자발아를 위한 온도 및 생장조절제 처리 효과

가. 연구내용

일반적으로 발아가 어려운 미나리아재비과에 속하는 모데미풀의 종자생리는 종자가 형성되어 탈립시 배의 미성숙으로 성숙될 때까지 일정기간을 필요로 하며 성숙 후 휴면을 거쳐 발아하는 2차 휴면 특성을 보이고 있어 발아조건을 구명하는 것이 대단히 어렵다고 알려져 있다. 본 시험은 모데미풀의 대량증식을 위해 휴면생태와 발아 특성을 구명하고 발아기간 단축 및 발아율 향상을 목표로 종자저온처리와 생장조절제 활용 및 기내배지내 발아조건 등을 구명코자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) *in vitro* 발아조건

종자는 소백산 자생지에서 1999년 6월 하순에 채집하여 사용하였다. 채집한 종자를 선별 후 저온처리기간, 조건, 발아온도 등의 조건에 따라 발아시험은 MS 배지에 3% Sucrose와 0.8%의 agar를 포함 살균된 페트리디쉬 당 10립 씩 5반복으로 치상하여 발아율을 조사하였다.

- 저온 (4℃) 처리기간 : 무처리, 10, 20, 30, 40, 50일 ○ 저장 조건 : 건조, 습윤
- 발아온도 : 25℃, 15℃ ○ 발아조건 : Light, Dark ○ GA₃ 농도 : 0, 1, 3, 5mg/L

(2) *in vivo* 발아조건

2000년 6월 하순 소백산에서 채취한 종자를 선별 후 1% NaOCl 수용액에 15분간 진탕 소독 후 시험에 이용하였다. 발아시험은 직경 9cm의 petri-dish에 Toyo No.1 여과지 2매를 깔고 증류수를 가한 후 100립 씩 치상 하였다. 처리내용은 자발휴면기간을 파악하기 위하여 온도조건을 4, 15℃의 항온조건과 25/15, 30/15℃의 주/야간 14시간/10시간 변온조건 하에서 2, 4, 6주 처리 후 4℃로 옮겨 발아율을 측정하였다. 발아율향상을 위한 조건구명을 위해 GA(지베렐린수용제, 동부화학) 250mg/L에 1일 침지 후 각각 4, 15, 25/15, 30/15℃의 온도조건에 옮겨 발아율을 측정하였다. 대조구는 GA처리를 제외한 같은 온도처리구에 각각 두었다.

온도처리 중 주·야간 온도처리는 주간은 광조건으로 야간은 암조건으로 수행하였다. 광조건은 20W 백색 형광등 2개(2,000 lux)를 사용하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) *in vitro* 발아조건

모데미풀의 대량증식을 위하여 기내 발아에 관한 기초 자료를 얻고자 저장조건, 발아 온도, 광조건 및 GA₃ 처리에 대한 발아율을 조사한 결과 저온처리기간이 길어질수록 발아율이 향상되었으나 30일 이상 처리 시 발아율이 감소하였다. 저장조건에서 습윤저장은 발아가 거의 이루어지지 않았으며 발아온도는 25℃보다 15℃에서 높은 발아율을 나타내었다. 10일간 건조저온처리 후 GA₃ 5mg/L가 포함된 배지에 치상후 15℃ 광조건에서 95.4%의 가장 높은 발아율을 나타내었다(Table 3-2).

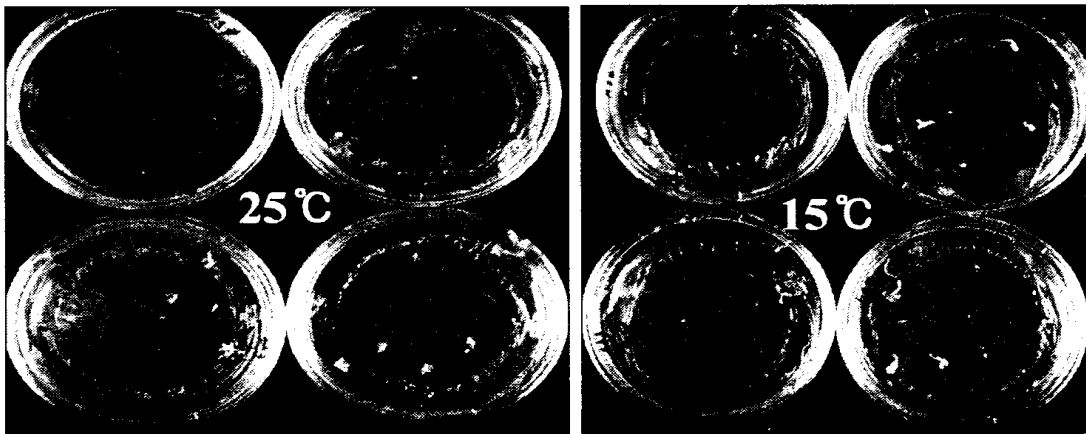


Fig. 3-3. Germination status on seed of *Megaleranthis saniculifolia* as affected by temperature and GA₃ concentration in MS media.

Table 3-2. Seed germination rate of *Megaleranthis saniculifolia* as affected by germination temperature, cold treatment period, and GA₃ concentration in MS media

Germination temp.	Conditions during low temp. treatment		Days for Low temp. treatment							
	Moisture	Light	None				10 days			
			GA ₃ (mg/L)				GA ₃ (mg/L)			
			0	1	3	5	0	1	3	5
25℃	Dry	Light	0.0	54.4	20.9	15.8	47.1	47.7	17.2	87.1
		Dark	2.2	75.0	60.5	37.8	17.7	59.4	54.1	86.2
	Wet	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0
		Dark	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0
15℃	Dry	Light	8.9	32.6	6.7	43.9	11.8	81.8	78.6	95.4
		Dark	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	66.7	88.2	89.5
	Wet	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	8.3	24.0
		Dark	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	7.1

continued

Germination temp.	Conditions during low temp. treatment		Days for Low temp. treatment							
			20 days				30 days			
	Moisture	Light	GA ₃ (mg/L)				GA ₃ (mg/L)			
			0	1	3	5	0	1	3	5
25°C	Dry	Light	10.3	40.0	28.6	12.5	32.1	62.9	63.3	47.2
		Dark	0.0	12.1	15.4	50.0	16.7	75.7	70.0	72.2
	Wet	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Dark	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15°C	Dry	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Dark	2.8	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0
	Wet	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Dark	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

continued

Germination temp.	Conditions during low temp. treatment		Days for Low temp. treatment							
			40 days				50 days			
	Moisture	Light	GA ₃ (mg/L)				GA ₃ (mg/L)			
			0	1	3	5	0	1	3	5
25°C	Dry	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Dark	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Wet	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Dark	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15°C	Dry	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Dark	2.8	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0
	Wet	Light	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Dark	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(2) *in vivo* 발아조건

가) 모데미풀의 자발휴면기간 구명

모데미풀의 1,2 차 휴면기간을 구명하기 위해 4, 15, 25/15, 30/15°C 온도조건 하에서 각각 2, 4, 6 주 처리 후 4°C로 옮긴 결과 모든 온도처리구에서 2주 처리한 것이 저온(4°C)으로 옮긴 후 발아소요기간과 발아율 모두 높게 나타났다. 2주 처리한 경우 8주 후부터 발아가 시작되었고 4주처리는 10주, 6주처리는 12주 이후 발아가 진행되었다. 발아율이 높은 2주처리구를 살펴보면 15°C와 주야간 변온조건인 경우 12주 후 65~68%로 큰 차이

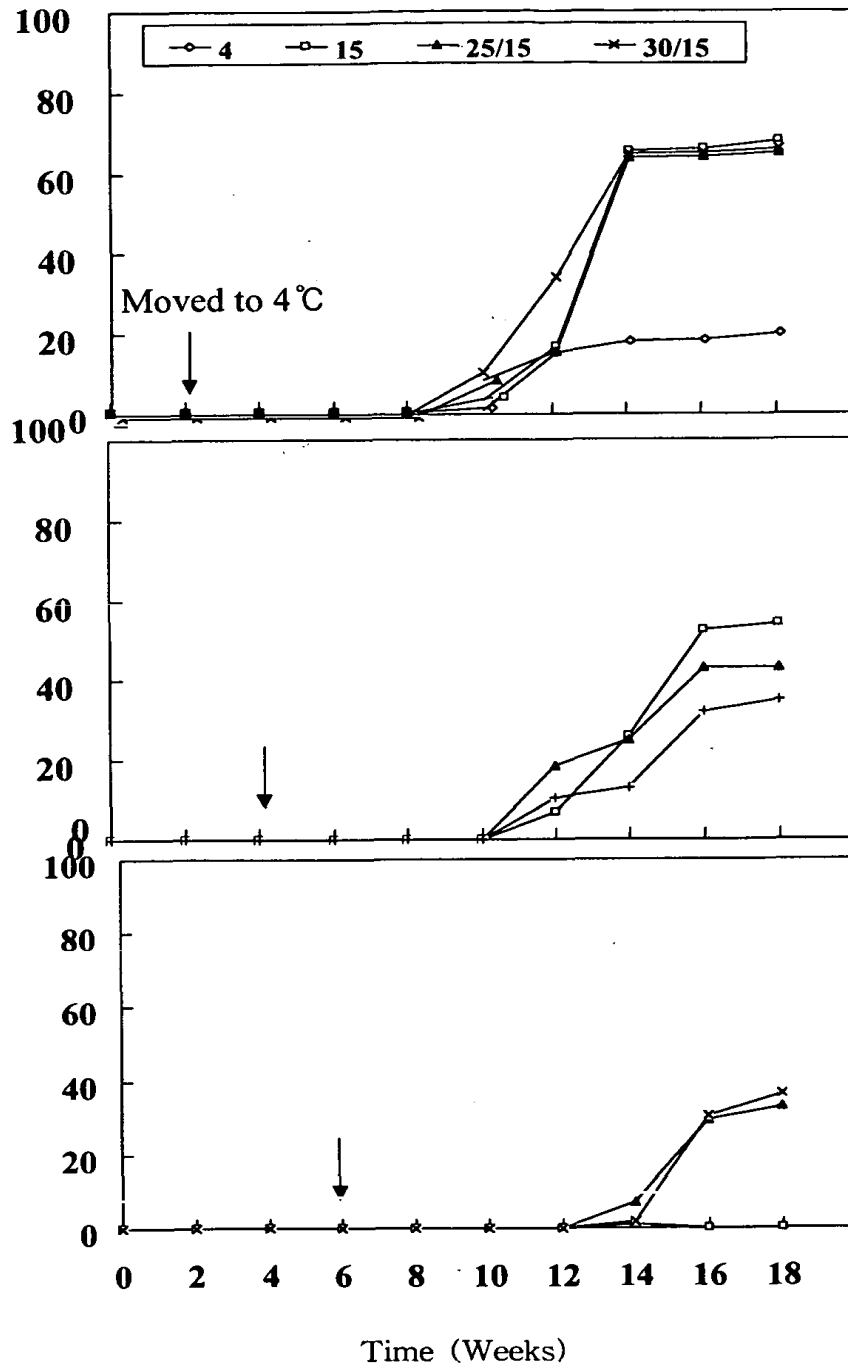


Fig. 3-4. Germination percentages of *Megaleranthis saniculifolia* seeds treated 4°C for various periods of time following 2, 4, 6 weeks of incubation at 5, 15, 25/15, and 30/15 °C, respectively.

없이 높게 나타났다. 계속 4℃로 처리한 경우 발아율이 20%로 가장 낮게 나타났다. 이로써 모데미풀은 1차 휴면은 고온이 필요하고 2차는 저온이 필요한 특성을 알 수 있었다. 1차 고온 휴면기간은 2주 정도이고 2차의 저온자발휴면기간은 12주 정도의 비교적 긴 기간임을 알 수 있었다(Fig. 3-4).

나) 모데미풀의 종자발아율 향상조건 구명

GA₃ 250mg/L에 1일간 침지 후 각 온도별 처리한 결과 각 온도의 GA₃ 무처리인 대조구 대비 발아소요기간이 감소하였고 발아율이 현저히 높아졌다(Fig. 3-5). 같은 온도처리 내에서 GA₃를 처리하지 않은 대조구는 모든 온도처리구에서 8주까지 발아가 전혀 진전되지 않았다. GA₃를 처리한 것 중 온도별로는 주간 온도차이를 둔 25/15℃와 30/15℃ 처리구가 처리 2주 후부터 발아가 시작되어 빠른 경향을 보였다. 그러나 이들 처리구는 6주 후에 발아율이 높아지는 경향을 보였다. 4℃ 저온처리구는 처리 4주 후에 발아율이 현저히 높아져 8주 후에는 다른 처리구보다 높은 발아율을 보였다.

8주 후의 생존율은(Table 3-3) 4℃처리 후 GA₃ 처리한 것이 90.0%로 가장 높았으며 발아온도 조건이 가장 높은 주간 30℃, 야간 15℃ 처리구가 22.8%로 가장 낮았다. 발아온도가 높아질수록 발근이 빨랐으나 생존율이 저하되었는데 이는 고온조건에서 곰팡이 발생의 밀도가 높아져 생성된 유근의 고사가 원인이었다.

이와같은 결과를 종합하면 모데미풀 종자발아를 위하여 GA₃ 처리 후 8주정도 4℃ 저온 처리하는 것이 가장 효과적이라 볼 수 있다. 자연상태에서 9~10개월 정도 휴면상태에 들어가서 50~60%정도의 낮은 발아율을 보이는 모데미풀의 종자발아를 7~8개월 정도 앞당겨 발아시킬 수 있으며 발아율도 90%로 높일 수 있었다.

라. 적요

한국특산속 식물인 모데미풀의 대량증식을 위한 종자발아기술을 개발하기 위하여 먼저 모데미풀의 자연휴면특성을 파악하고자 시험한 결과 1차 휴면은 고온으로 2주 정도 소요되었으며 이 후 2차 휴면은 저온으로 12주 정도의 긴 시간을 요구하였다.

모데미풀의 발아율을 향상시키기 위하여 기내 발아에 관한 기초자료를 얻고자 저장조건, 발아온도, 광조건 및 GA₃ 처리에 대한 발아율을 조사한 결과 10일간 건조저온처리 후 GA₃ 5mg/L가 포함된 배지에 치상 후 15℃ 광조건에서 95.5%의 가장 높은 발아율을 나타냈다.

기내가 아닌 일반조건에서 발아율 향상을 위해서는 GA₃ 250 mg/L에 1일 침지 처리 후 8주정도 4℃ 저온처리하는 것이 발아율 90%로 무처리구 보다 7~8개월 앞당겨 발아시킬 수 있어 가장 효과적이다.

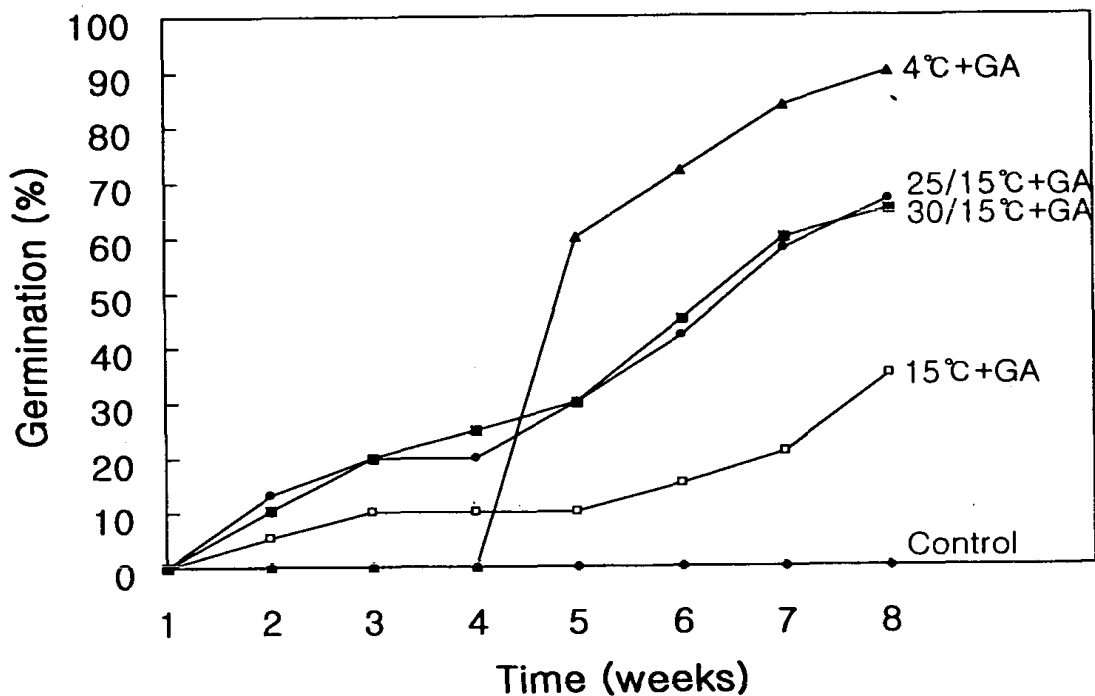
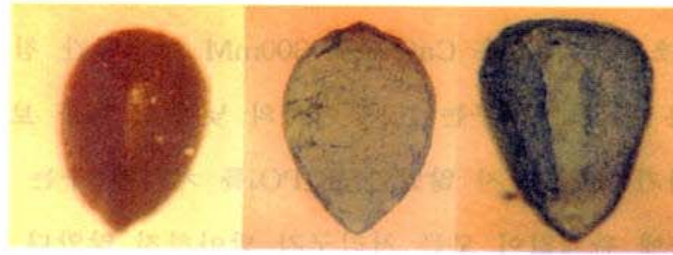


Fig. 3-5. Cumulative germination percentages of *Megaleranthis saniculifolia* seeds in light during 8 weeks at varied different temperatures in GA 250 mg/L. Control means no treatment of GA₃ at 4 15 25/15 and 30/15 °C, respectively.

Table 3-3. Survival rate of *Megaleranthis saniculifolia* seeds treated with GA₃ 250 mg/L at varied different temperatures.

Treatment	4°C	15°C	25/15°C	30/15°C
Survival rate (%)	90.0	61.2	35.4	22.8



종자의외부형태 무처리 GA처리 2주 후



GA처리 3주 후 5주 후 8주 후

그림 3-6. 모데미풀의 GA처리에 의한 발아과정

3. Priming 처리에 의한 발아율 및 균일도 증대 효과

가. 연구내용

금강초롱꽃과 모데미풀의 발아 시 균일도 향상을 위한 priming 처리효과를 구명하여 공정육묘의 기초기술로 활용하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

1999년 향로봉에서 채취한 금강초롱꽃 종자와 소백산에서 채취한 모데미풀 종자를 선별 후 사용하였다. priming 처리는 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 를 50, 100, 200, 300mM 농도로 K_2PO_4 는 5, 10, 15, 20mM 농도에 1, 2, 3, 4일 침지 처리하였다. 처리 후 9cm petri-dish 에 Toyo No.1 여과지 2매를 깔고 증류수를 가한 후 50립 씩 치상한 후 광조건은 20W 백색 형광등 2개(2,000 lux)를 사용하여 20℃에서 8주간 발아율을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

금강초롱꽃과 모데미풀의 균일한 발아를 위하여 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 와 K_2PO_4 를 농도별로 1~4 일 간 침지한 결과 금강초롱꽃의 경우 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 300mM 에 4일간 침지한 경우 30%로 가장 높게 나타났으나 다른 모든 처리구는 15% 이하의 낮은 결과를 보였다. 모데미풀의 경우는 모든 처리에서 발아가 전혀 되지 않았다. K_2PO_4 를 처리한 구는 금강초롱꽃과 모데미풀 모두 농도와 침지일수에 관계없이 모든 처리구가 발아하지 않았다.

금강초롱꽃과 모데미풀의 균일한 발아를 위한 priming 처리는 효과가 없었다. 금강초롱꽃과 모데미풀은 종자 휴면생리를 먼저 구명하고 휴면타파를 위한 저온처리 등 휴면타파 처리와 함께 균일한 발아를 위한 기술개발이 필요할 것으로 생각되었다.

Table 3-4. Seed germination rate of *Hanabusaya asiatica* and *Megaleranthis saniculifolia* as affected by dipping method as concentration and dipping days of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Concentration (mM)	Days for dipping	Rate of germination (%)	
		<i>Hanabusaya asiatica</i>	<i>Megaleranthis saniculifolia</i>
None	1	0	0
	2	5	0
	3	0	0
	4	5	0
50	1	0	0
	2	5	0
	3	0	0
	4	5	0
100	1	15	0
	2	0	0
	3	10	0
	4	10	0
200	1	0	0
	2	5	0
	3	5	0
	4	10	0
300	1	0	0
	2	5	0
	3	5	0
	4	30	0

라. 적 요

금강초롱꽃과 모데미풀의 균일한 발아를 위하여 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 과 K_2PO_4 를 이용한 결과 금강초롱꽃은 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 300mM 용액에 4일 침지한 후 20℃의 광조건에서 30%의 낮은 발아율을 보였다.

K_2PO_4 사용시 금강초롱꽃과 모데미풀 모두 발아가 되지 않았다. 따라서 금강초롱꽃과 모데미풀 종자에 priming 처리는 효과가 없었다.

4. 참고문헌

- Ahn, H.K., S.K. Kim, and J.H. Oh. 1984. Seed germination of *Actinidia arguta* as affected by chilling, gibberelin, kinetin, and light. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 25(4):290-296.
- Chiang, M.H. and K.W. Park. 1994. Effects of temperature, light and mechanical treatment on the seed germination of *Chrysanthemum coronarium* L. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 35(6):534-539.
- Cho, J.T., K.I. Yeon, G. Sam, and K.C. Kwon. 1985. A study on seed germination, growing, and inorganic constitutions of *Aster tataricus* L. var. *hortensis* Nakai. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 26(3):220-225.
- Kim, B.W., B.Y. Lee, and K.D. Kim. 1987. Studies on seed propagation method of *Oenanthe stolonifera* DC. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 28(4):289-299.
- Kim, I.S., J.L. Joog, K.P. Han, and K.E. Lee. 1987. Studies on the germination of seeds in native *Actinidia* species. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 28(4):335-342.
- Kim, J.S., I.T. Hwang, S.J. Koo, and K.Y. Cho. 1987. Effects of light and storage condition on the germination of *Oenothera lamarckiana* seeds. Kor. J. Weed Sci. 7(2):130-138.
- Kim, J.S., I.T. Hwang, S.J. Koo, and K.Y. Cho. 1988. Interaction between light and other factors affecting germination of *Oenothera lamarckiana* Ser. seed. Kor. J. Weed Sci. 8(1):15-22.
- Kim, W.B., K.S. Choi, B.H. Kim, J.K. Kim, J.H. Kim, K.O. Yoo, W.T. Lee, and H.T. Lim. 1996. Physiological characteristics of *Hanabusa asiatica*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:561-567.

- Kwon, T.R., S.K. Kim, G.G. Min, J.H. Jo, S.P. Lee, and B.S. Choi. 1995. Seed germination of *Aralia cordata* Thunb. and effect of mulching methods on yield and blanching. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36(5):620-627.
- Lee, C.B. 1993. Illustrated flora of Korea. p.723. Hyangmoonsa, Seoul.
- Lee, H.S., S.Y. Ryu, J.E. Jang, and D.L. Yoo. 2001. Effect of Gibberellin on Break Dormancy and Some Enzyme Activity of *Hanabusaya asiatica*. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 19:47 (Abstr.)
- Sang, C.K., E.H. Kim, and H.Y. Kim. 1993. Germination and life span of *Pulsatilla cernua var. koreana* seeds. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34(3):207-212.
- Shim, K.K., B.K. Seo, N.H. Cho, K.H. Kim, and S.C. Shim. 1993. Study on the korean native stewartia (*Stewartia koreana*) II. seed germination and softwood cutting of korean native stewartia (*Stewartia koreana*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34(2):160-166.
- Song, J.S. 1996. The situation of utilization on wild flower and development of new flower varieties. 1996 Native Plant Symposium, J. Kor. Soc. Hort. Sci. pp.21-40.
- Yang, Y.J, and Y.S. Kim. 1993. Seed germination of Korean wild medicinal plants: *Capsella bursa-pastoris*, *Persicaria perfoliata* and *Commelina communis*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34(5):315-319.
- Yu, T.Y., D.Y. Yeom, and Y.J. Kim. 1974. Germination-promoting effect with seed-coat scarification in korean lawn grass (*Zoysia japonica* Steud) seeds. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 15(2):187-193.
- 정연옥, 강남준, 조정래, 김재환. 1994. Priming 조건이 토마토 종자의 초기발아율 향상에 미치는 영향. 한국원예학회지. 35(6):574-580.
- 박권우, 이금표, 박광우, 정진철. 1998. 몇가지 한국 산채종자의 priming 처리가 발아에 미치는 영향. 한국원예학회지. 39(2):135-139.
- 유근창, 김종화, 용영록, 이상호. 1996. Priming 처리가 박종자의 발아율 향상에 미치는 영향. 한국원예학회지. 37(1):42-46.

제3절 공정육묘 기술 개발

1. 연구내용

최근 일반 초화류의 육묘는 대부분 공정육묘가 경쟁력있는 육묘체계로 자리잡혀 있다. 플러그 트레이를 이용한 공정육묘는 단위면적 당 균일한 묘소질을 가진 묘의 대량생산이 가능하고 비용도 최소화 할 수 있는 잇점이 있다.

초화류는 대부분 당해연도에 개화하는 관계로 육묘기간이 비교적 짧아 60일 이상 육묘하는 것이 매우 드물다. 그러나 금강초롱꽃과 같은 자생화훼류는 대부분 개화까지 2년 이상 소요되는 것이 대부분이다. 따라서 이를 육묘할 경우 대부분 포트에 이식하여 1년 이상 육묘하는 것이 일반적으로 많은 육묘면적과 노동력이 요구된다.

또한 대부분의 자생화는 체계적인 육묘기술 개발이 미흡하여 적정 육묘온도 등 최적육묘조건을 구명하는 것이 화훼화를 위해 시급하다.

본 연구는 육묘기간이 긴 자생화의 공정육묘 가능성을 검정하여 육묘비용을 절감하고 아울러 고품질의 균일한 묘의 대량생산 가능성을 검정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 적정 플러그 크기 구명

금강초롱꽃 종자는 점봉산과 오대산에서 1998년 채취하여 사용하였다. 종자발아를 위해 습윤종자를 0℃에서 20일 저온처리 후 20℃ 광조건에서 발아시켜 플러그 트레이에 이식하였다. 플러그 트레이는 플러그 상토를 채운 72 128 200 288공을 사용하였다. 육묘는 익년 5월부터 대관령 자연일장과 온도, 50% 차광조건의 유리온실에서 수행하였다. 시비는 하이포넥스 2,000배 액을 20일 간격으로 시용하였고 관수는 트레이별 상토 표면이 건조한 뒤 각각 저면관수 하였다. 묘소질 조사는 이식 후 100일에 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

전 플러그에서 초장이 1.7~2.0cm로 생육이 저조하였다. 플러그 공수가 적을수록 개당 면적이 크나 생육은 72공의 경우 초장 및 엽장, 엽폭 등 생육량이 다른 처리보다 저조한 것으로 나타났다. 즉 플러그 수가 증가할수록 초장이 신장하는 경향을 보였다. 288공을 제외한 모든 트레이에서 금강초롱꽃은 묘소질이 크게 차이가 나지는 않았으며 288공은 전반적으로 다른 공수보다 초장이 가장 길었다. 따라서 금강초롱꽃을 육묘하는데는 128공이나 200공 정도가 적합한 것으로 생각되었으나 단위면적 당 200공 플러그트레이가 많은 개체 수를 확보하게 되므로 200공이 유리하였다.

Table 3-5. Growth characteristics of *Hanabusaya asiatica* at raising seedling stage according to different plugtray.

Plugtray	Plant height(cm)	Length of leaf(cm)	Width of leaf(cm)	No. of leaves/plant
72 plugs	1.7±0.06 ^z	1.3±0.03	1.4±0.02	3.5±1.42
128 plugs	1.8±0.03	1.5±0.04	1.6±0.05	3.4±0.76
200 plugs	1.8±0.02	1.4±0.03	1.5±0.02	3.6±0.76
288 plugs	2.0±0.06	1.5±0.02	1.6±0.03	3.4±0.76

^z Standard error

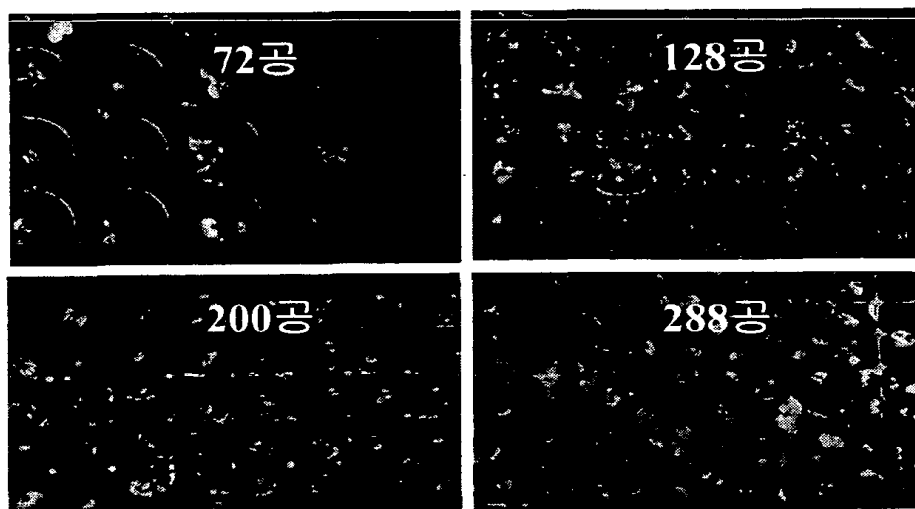


Fig. 3-7. Growth of raising seedling according to plugtray on *Hanabusaya asiatica*

4. 적요

금강초롱꽃의 공정육묘를 위한 적정 플러그 트레이 구멍에 관한 시험결과 72공과 122, 200 및 288공 모두 생육에 큰 차이는 없었다. 발아 후 100일 후의 생육량 변화가 처리별 큰 차이가 없을 뿐만 아니라 생육량이 매우 더딘 점으로 미루어 금강초롱꽃의 공정육묘를 위해서는 적정 용토를 우선 구멍하는 것이 필요할 것으로 생각되며 본 시험의 결과로는 200공이 적정한 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

- 김영봉, 황연현, 신원교. 1999. 육묘용기의 크기와 묘령이 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국원예학회지. 40(2):163-165.
- 이지원, 김광용. 1999. 토마토 육묘시 셀 크기 및 시비체계가 묘소질과 수량에 미치는 영향. 한국원예학회지. 40(4):407-411.
- 정병룡, 임미영, 황승재. 1999. 공정육묘 연계를 위한 딸기 미세번식방법의 개발. 한국원예학회지. 40(3):297-302.
- 최종명, 안주원, 구자형, 이영복. 1997. 고추의 플러그 육묘시 몇가지 배양토 재료의 혼합비율이 토양물리성과 묘생장에 미치는 영향. 한국원예학회지. 38(6):618-624.

제4절 영양번식 기술 개발

1. 연구내용

금강초롱꽃과 모데미풀은 종자발아에서 개화까지 2~3년이 소요된다. 이와 같이 상품화까지 많은 시간이 소요되므로 상품화 기간 단축을 위한 삽목기술의 개발이 시급하다. 본 연구는 금강초롱꽃과 모데미풀의 삽목 가능성 여부와 삽목시 최적 삽목부위 및 삽목용토를 구명하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 금강초롱꽃의 삽목발근에 미치는 삽목용토와 삽목방법의 영향

공시재료는 금강초롱꽃 실생 3년생묘로 2000년 봄부터 가을까지 고령지농업시험장 비가림하우스에서 재배하여 꽃과 잎이 하고된 2000년 11월 8일에 분갈이 한 후 평균온도가 낮 20~25℃, 밤 10~15℃가 유지되는 유리온실로 옮겨 생육하였다. 2000년 2월에 온실에서 휴면타파된 후 계속 생육한 금강초롱꽃을 삽수재료로 이용하였다. 삽수는 초장이 15~20cm 정도 되는 영양생장단계에서 채취하였고, 길이 7~8cm로 2~3장의 잎이 포함되었으며, 잎의 1/3정도만 남기고 나머지는 제거한 후 삽목하였다. 삽목용토는 모래, 펄라이트, 피트모스, 피트모스+펄라이트(1 : 1)를 사용하였고 삽목방법은 줄기 끝에 있는 성장점을 포함한 경정삽과 경정이 제거된 일반 마디삽이었다. 삽목 후 공중습도 70~80%, 광도 1,000~3,000 lux(청명한 날 오후 2시 기준), 온도 20~25℃를 유지하는 온실에서 생육시켰다.

조사항목으로는 삽목 60일 후 발근율과 뿌리수, 근장, 발근대 등으로, 뿌리수는 근장이 0.5cm 이상인 것을, 발근대는 callus에서부터 뿌리가 나오기 시작한 기점까지의 길이를 측정하였다.

IAA oxidase 활성측정을 위해서 경정삽과 마디삽의 잎이 모두 제거된 줄기의 생체중 1g을 취해서 0.02M phosphate buffer(pH 6.2) 5mL를 첨가하여 유발에 넣고, 4℃에서 액체 질소를 이용하여 미세하게 마쇄한 후 700g로 4℃, 10분간 원심분리하여 상등액을 얻어, 이를 효소활성 측정의 시료로 사용하였다.

IAA oxidase 활성도는 IAA solution 2mL와 0.01M phosphate buffer 2mL, MnCl₂ 1mL, 증류수 2.5mL을 혼합한 용액에 2.5mL 효소추출액을 가한 후 상온에서 75분 반응시켰다. 반응액 2mL에 발색시약인 Salkowski reagent(28% w/v HClO₄, 0.016M FeCl₃)를 첨가하여 발색시킨 후 640nm에서 흡광도를 측정하였다(Hillman과 Galston, 1957) 효소활성의 단위는 마디삽을 100%로 기준하여 환산하였다.

나. 모데미풀의 삽목발근에 미치는 삽목용토와 삽목방법의 영향

모데미풀 자생지에서 5월 중순과 6월 상순에 개화하지 않은 줄기와 개화한 줄기를 구분하여 채취하였다. 채취한 잎을 모래, 훈탄, 펄라이트, 피트모스의 용토에 잎의 절반을 절취한 후 발근촉진제(루톤)를 묻혀 삽목하여 15, 20℃ 온도조건과 약광의 12시간 일장조건의 생육상에서 시행하여 캘러스 형성과 발근율을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 금강초롱꽃의 삽목발근에 미치는 삽목용토와 삽목방법의 영향

삽목번식시 발근율은 식물체내의 발근호르몬의 함량이나 영양물질의 균형 등의 내적인 요인(Jung, 1981 ; Yoo와 Kim, 1996 ; Hwang 등, 1998)과 삽목용토, 온도, 수분, 광선 등의 외적요인(Hartmann 등, 1990)이 관여한다. 식물의 삽목번식에 흔히 사용하는 삽목용토로는 모래, 혹은 인공용토로서 버미큐라이트, 펄라이트 등이 주로 사용되나 식물의 종류에 따라서 그 반응이 다르게 나타날 수 있다. 금강초롱꽃의 줄기삽목시 펄라이트를 삽목용토로 사용한 것이 경정삽, 마디삽 모두 발근율이 가장 높았다. 모래를 사용한 처리구에 있어서도 발근율이 높은 편이었지만 피트모스가 섞이거나 피트모스 단용 상태는 발근율이나 생존율이 상당히 저조하였다(Fig. 3-8, 9).

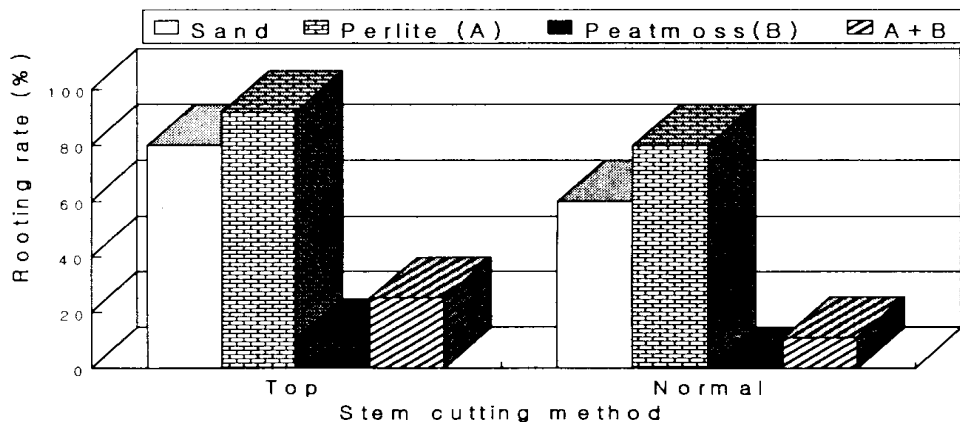


Fig. 3-8. Rooting rate according to cutting medium and part of stem cutting in *Harabusaya asiatica*



Fig. 3-9. The root growth of *Hanabusaya asiatica* influenced by cutting medium

따라서 금강초롱꽃 삽목번식을 위해서는 피트모스를 사용하는 것은 바람직하지 못하다고 판단되었다. 삽목용토로는 보수력이 양호하여 뿌리가 형성되기 전까지 삽수가 활력을 유지할 수 있도록 적당한 수분을 공급할 수 있어야하고, 부정근의 분화를 위해서 충분한 산소의 공급도 될 수 있도록 통기성이 좋아야 한다(Mathita, 1974). Shim 등(1985)과 Jeong(1999)은 산철쭉이나 등근잎평의비름의 삽목시 피트모스 단용구에서 발근율이 가장 낮았으나, 피트모스에 일정량의 모래나 펄라이트 등을 혼합해서 적당한 보수능력 뿐 아니라 배수성과 통기성을 증가시키면 발근율이 좋아진다고 하였다. 그러나 본 실험 결과 피트모스와 펄라이트를 혼용한 용토에서도 생존율이나 발근율이 낮은 것으로 보아 금강초롱꽃의 삽목발근에 있어서는 용토의 배수성과 통기성이 가장 중요한 인자인 것으로 생각된다.

발근촉진제의 처리 없이 금강초롱꽃의 어린 줄기를 삽목 한 결과 삽수부위에 따라 발근력의 차이가 큰 것으로 나타났다. 정아를 포함한 경정삽이 마디삽 보다 생존율이나 발근율이 높았으며, 근수도 많았고 근장도 길었다(Table 3-6, Fig. 3-8, 10).

Table 3-6. Rooting characteristics according to cutting medium and stem cutting part in *Hanabusaya asiatica*.

Stem cutting method	Cutting medium	No. of roots	Length of root (cm)	Rooting zone (cm)
Top	Sand	3.7±0.70 ^z	3.8±0.71	1.0±0.13
	Perlite(A)	4.1±0.70	3.5±0.70	0.8±0.07
	Peatmoss(B)	0.2±0.08	0.1±0.08	0.1±0.02
	A + B	0.6±0.04	0.1±0.02	0.1±0.07
Normal	Sand	0.6±0.21	0.5±0.23	0.6±0.03
	Perlite(A)	1.2±0.36	0.9±0.21	0.7±0.06
	Peatmoss(B)	0	0	0
	A + B	0.1±0.02	0.1±0.01	0.1±0.01

^z Means ± SE (n=5)

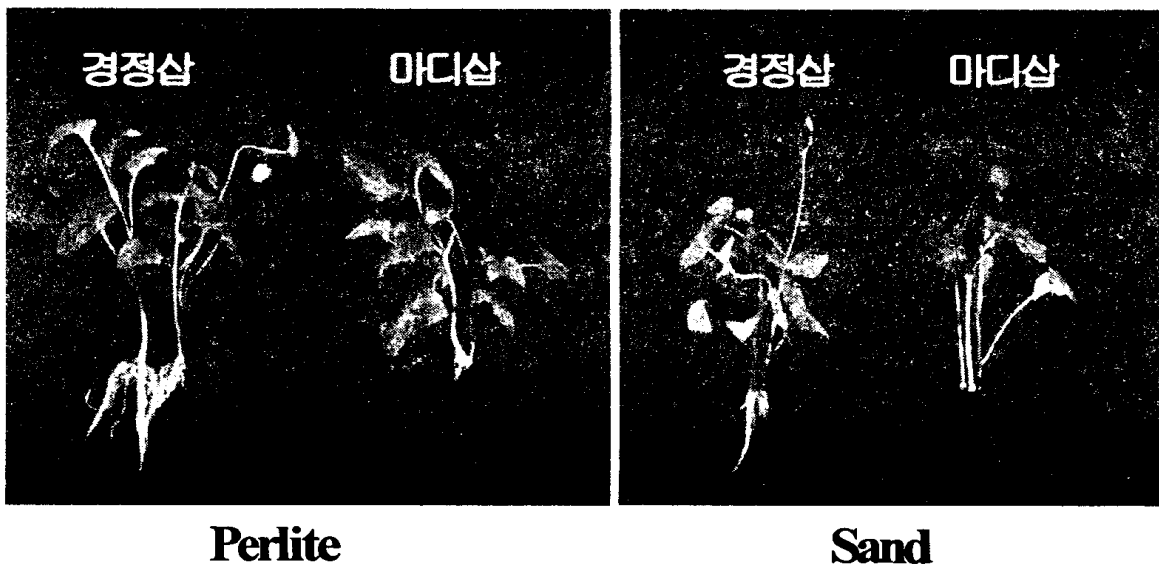


Fig. 3-10. The root growth of *Hanabusaya asiatica* influenced by part of stem cutting.

삽목 전 경정삽과 마디삽의 삽수내에 존재하는 IAA oxidase의 활성을 측정한 결과 경정삽이 마디삽에 비해 약 82% 활성이 높았다(Table 3-7).

Table 3-7. IAA oxidase activity of top and normal cutting in *Hanabusaya asiatica*.

Part of stem cutting	IAA oxidase (%) ^z
Top	182
Normal	100

^z IAA oxidase activity of normal cutting was regarded as 100%

IAA oxidase는 삼수 내에 존재하는 IAA를 산화시켜 발근에 직접적으로 관여하는 rhizocaline 을 생성시키는 중요한 효소이다(Hartmann 등, 1990). 경정삼이 마디삼에 비해 IAA oxidase의 활성이 월등히 높기 때문에 발근특성이 우수한 것으로 보여진다. 식물의 성장점 부분에서 auxin이 생성되며, 생성된 auxin이 하향이동하여 기부에 축적되어 발근에 관여하게 된다(Hartmann 등, 1990). 대부분의 식물에 있어서 auxin의 합성장소인 정아를 포함한 경정삼이 발근에 효과적으로 알려져 있으나 삼수하단부를 이용한 삼목시(관삼) 경정삼에 비해 월등한 발근효과를 보았다는 보고(Jeong, 1999)도 있다.

한편, 경정삼 이용시 빠른 시일에 발근율을 높이기 위해서나, 번식방법에 마디삼을 이용하여 발근력을 증가시키기 위해서는 발근촉진제의 사용이 효과적일 것으로 보여진다. 효과적인 발근촉진제의 사용을 위해 처리될 발근촉진제의 종류나 적당한 농도구명 및 처리 시기 등의 연구가 앞으로 수행되어야 할 것으로 보여진다.

이상의 결과로 보아 금강초롱꽃의 줄기삼목에 있어서 마디삼 보다는 경정삼을 이용하고, 삼목용토로는 배수성과 통기성이 우수한 펄라이트나 모래를 이용하는 것이 효과적이라 생각된다.

나. 모데미풀의 삼목발근에 미치는 삼목용토와 삼목방법의 영향

모데미풀의 삼수를 개화하지 않고 자란 줄기와 개화 후 종자 채취한 줄기를 대상으로 온도조건과 삼목용토를 처리로 하여 삼목을 한 결과 개화하지 않은 줄기를 사용한 처리구가 캘러스 형성이 약간 이루어졌으나 개화 후 채취한 줄기는 캘러스를 형성하지 않았

으며 발근은 모든 처리에서 이루어지지 않았다. 삼목온도는 서늘한 15℃ 조건이 20℃보다 캘러스 형성이 많았으나 큰 차이는 없었으며 삼목배지 간에는 모래와 혼탄이 캘러스 형성이 이루어졌으나 펄라이트와 피트모스는 캘러스 형성이 이루어지지 않았다(Table 3-8).

본 시험 결과 모데미풀의 삼목은 잘 되지 않는 것으로 나타나 추후 성장조절제 및 엽병기부 부착 등 삼목 조건의 추가 검토가 필요한 것으로 생각된다.

Table 3-8. Effect of cutting medium and temperature on rooting of *Megaleranthis saniculifolia* at two different growth stages.

Growth stage ^z	Temperature	Cutting medium	Callus formation ^y	No. of roots
Vegetative	15℃	Perite	-	-
		Peatmoss	-	-
		Sand	+	-
		Carbonized rice humm	+	-
	20℃	Perite	-	-
		Peatmoss	-	-
		Sand	+	-
Reproductive	15℃	Carbonized rice humm	-	-
		Perite	-	-
		Peatmoss	-	-
		Sand	-	-
	20℃	Carbonized rice humm	-	-
		Perite	-	-
		Peatmoss	-	-
		Sand	-	-
		Carbonized rice humm	-	-

^zvegetative : stems had been not flowering, reproductive : stems had been flowering

^y bad + --- +++ good, - not formation

4. 적 요

한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 대량증식은 물론 종자발아로부터 개화까지 2년 이상의 긴 소요기간을 효율적으로 단축하기 위해 삼목용토와 삼수부위에 따른 발근 효과를 살펴보았다.

금강초롱꽃은 펄라이트와 모래에 삼목시 발근이 양호하였으며, 피트모스를 포함한 삼

목용토는 발근이 저조하였다. 정아를 포함한 경정삽이 마디삽에 비해 발근이 우수하였으며, IAA oxidase의 활성은 경정삽이 마디삽에 비해 82% 높았다.

모데미풀은 개화하지 않은 줄기와 개화한 줄기를 구분하여 적정 발근 온도와 삽목용 토를 구명하고자 하였다. 모데미풀은 모래와 훈탄에서만 켈루스를 형성하였고 서늘한 15℃의 온도조건이 좋았으나 발근은 이루어지지 않았다.

5. 참고문헌

- Cho, K.S., J.E. Jang, D.L. Yoo, S.Y. Ryu, and Y.R. Yong. 2001. Effects of low temperature and GA3 treatment on the growth and flowering of *Hanabusaya asiatica*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:116-120
- Davies, F.T., Jr. and H.T. Hartmann. 1988. The physiological basis of adventitious root formation. Acta Hort. 227:113-120.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester, and F. T. Davis. 1990. Plant propagation : Principles and practices. 5th ed. Prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hillman, W.S. and A.W. Galston. 1957. Inductive control of indoleacetic acid oxidase activity by red and near infrared light. Plant Physiol. 32:129-135.
- Hwang, S.K., H.J. Hwang, and K.S. Kim. 1998. Effect of cutting dates and rooting promoters on rooting of *Rhododendron mucronulatum* Turcz. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 16:33-36.
- Jeong, J.H. 1999. Influence of the several factors on the rooting of *Sedum rotundifolium* stem and leaf cuttings. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40(5):631-634.
- Kim, W.B., K.S. Choi, B.H. Kim, J.K. Kim, J.H. Kim, K.O. Yoo, W.T. Lee, and H.T.
- Lim. 1996. Physiological characteristics of *Hanabusa asiatica*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:561-567.
- Kwack, B.H., D.B. Lee, and M. Kyu. 1989. Effects of NAA, IBA and ethycholazate on rooting of *Ficus benjamina* and *Ficus nitida* stem cuttings. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 30(3):248-256.
- Lee, C.B. 1993. Illustrated flora of Korea. p.723. Hyangmoonsa, Seoul.
- Lee, C.K. and F.W. Perkwins. 1979. Effects of different moisture content of cutting medium in the closed moist room on the rooting of *Rhododendron catawbiense*

- 'Bosursault, and *Cupressocyparis leylandii*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 20(1):66-71.
- Lee, H.S., S.Y. Ryu, J.E. Jang, and D.L. Yoo. 2001. Effect of Gibberellin on Break Dormancy and Some Enzyme Activity of *Hanabusaya asiatica*. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 19:47 (Abstr)
- Lee, J.S., J.Y. Kim, and T.J. Lee. 1999. Effect of NAA, IAA on rooting of *Syringa velutina* 'Miss Kim' stem cuttings. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40(3):392-394.
- Lee, S.T., Y.M. An, and K.R. Park. 1986. Palynological relationship of *Hanabusaya asiatica* Nakai within the Campanulaceae. Kor. J. Plant Tax. 16:25-37.
- Mathita, H. 1974. About cuttings. Seibundoshinkousya, Tokyo.
- Ryu, S.Y. Lee, H.S., J.E. Jang, and D.L. Yoo. 2001. Effect of uniconazole and diniconazol on growth and flowering in gibberellin - treated *Hanabusaya asiatica* for pot culture. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 20: (Abstr.)
- Shin, H.J. and J.M. Lee. 1979. Effect of propagation method and growth regulators on the rooting of chrysanthemum cuttings. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 20(1):111-116.
- Song, J.S. 1996. The situation of utilization on wild flower and development of new flower varieties. 1996 Native Plant Symposium, pp.21-40 J. Kor. Soc. Hort Sci.
- Um, S.H. and D.Y. Yeam. 1987. Studies on the propagation of *Forsythia Species* by cutting. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 28(1):77-87.
- Yoo, K.O., W.T. Tchul, N.S. Kim, J.H. Kim, and H.T. Lim. 1996. Comparative studies on the and its allied groups based on randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:324-328.
- Yoo, Y.K. and K.S. Kim. 1996. Seasonal variation in rooting ability, plant hormone, cabohydrate, nitrogen, starch, and soluble sugar contents in cuttings of white forsythia (*Abeliophyllum distichum* Nakai). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:554-560.

제5절 조직배양 기술 개발

1. 서 언

자생식물이 관상용으로서 일반의 관심을 끌기 시작한 것은 1980년대 초반으로, 90년대 말부터 현저히 증가되어 자생화 연구의 필요성이 강조되었다. 또한 일부 자생식물은 무분별한 남획으로 인해 멸종 위기에 몰려 있기도 하다. 특히 한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀은 세계적으로 우리나라에만 분포하는 희귀성과 꽃의 높은 관상가치가 인정되어 분화로 재배 시 새로운 화훼작물로 그 가치가 높아 내수는 물론 수출 가능성도 높은 것으로 평가되고 있다.

금강초롱꽃과 모데미풀을 화훼작물로 개발하기 위해서는 우선 이들 개체의 대량증식방법을 구명해야할 필요성이 대두된다. 그러나 이들의 종자발아가 어렵고 특히 모데미풀의 경우 매우 저조한 발아율과 발아소요기간이 매우 긴 것으로 나타나 대량증식의 조기실현이 곤란한 실정이다.

또한 금강초롱꽃과 모데미풀을 화훼작물로 개발하기 위해서는 자생지 환경조건과 상이한 평남지의 고온조건에서 소비되어야 하는 점과 분화로서 재배되는 경우 과도한 초장 및 부족한 화경수 등 분화상품성을 저하시키는 요인의 개량이 필수적이다. 따라서 이의 개선을 위한 육종이 시급하다. 이의 개선을 위해서는 전통적 교잡육종은 물론 첨단 생명공학기술을 응용한 기술접목이 절실히 요구된다. 특히 형질전환 기술은 조직배양에 의한 재분화조건의 확립이 필수 요건으로 내재해성 및 고품질 작물 개발 등 분자육종 기술을 응용한 신품종 육성이 필요한 시점이다.

따라서 본 연구는 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화를 위한 대량증식과 분화용 화훼로서 재배시 열성형질이 개량된 신품종을 분자육종기법을 이용하여 개발코자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 금강초롱꽃

1) 켈루스발생을 통한 기내 대량 번식

금강초롱꽃의 기내 대량 증식을 위하여 고령지농업시험장 온실에서 재배중인 3년생 금강초롱꽃의 잎을 사용하였다. 금강초롱꽃의 잎을 채취한 후 70%에탄올에 30초간 침지한 다음 1% NaOCl 용액에서 10분간 소독 후 멸균수로 3회 세척하여 이용하였다. MS기본배지 (pH 5.7, sucrose 3%, agar 0.8%)를 이용하였으며 재분화 조건을 확립하기 위하여 성장조절제 2,4-D 0.1, 1, 2, 3, 5mg/l 과, NAA, Kinetin, BAP를 각각 0.5, 1mg/l 의 농도로 단독 또는 혼합 처리하여 켈루스 형성 능력을 조사하였다.

2) 금강초롱꽃 생장점 배양

고령지농업시험장 온실에서 재배중인 1년생 금강초롱꽃의 생장점을(2-3mm) 이용하여 생장조절제 GA₃ 1, 3, 5mg/l 와, NAA 0.2, 0.5, 1mg/l 그리고, BAP 0.5, 1, 2mg/l 의 농도로 각각 첨가된 MS 기본배지 (pH 5.7, sucrose 3%, agar 0.8%)에 배양을 시도하였다. 각 처리별 10개의 생장점을 현미경하에 적출 후 테스트 튜브에 한 개체씩 10반복으로 25℃에서 16/8시간 광주기로 배양 3주 후 shoot 발생된 개체수를 집계하였다.

나. 모데미풀

1) 모데미풀의 잎 절편에서의 배발생 켈루스 형성

공시재료는 소백산, 태기산에서 채집하여 고령지농업시험장 온실에서 1년간 재배한 모데미풀의 잎을 이용하였다. 재료의 소독은 70% 에탄올에서 1분간, 1% sodium hypochlorite 수용액에 15분간 진탕 소독한 후 멸균수로 3회 수세하였고, MS 기본배지 (pH 5.7, sucrose 3%, agar 0.8%)에 charcoal 0.3%를 첨가하였다. 성장조절제는 BAP 0.2, 0.5, 1mg/L, zeatin 0.5, 1mg/L 2,4-D 1 mg/L 등을 단독 또는 혼합처리 하여 25℃ 조건에서 배양하였다.

2) 식물체 재분화 및 순화

체세포배의 발아를 위하여 어뢰형의 체세포배를 MS 기본배지로 옮겨 발아 및 재분화를 유도하였고 재분화된 유식물체는 인공배양토(발효, 부엽, 모래 1:2:1)가 담긴 흑색 비닐 포트에 옮겨 초기에는 상대습도 80%이상을 유지하다가 습도를 낮춰가며 4주간 순화

과정을 거친 후 이식하여 재배하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 금강초롱꽃

1) 켈루스 발생을 통한 기내 대량 번식

배양된 잎의 절편에서 켈루스 유기를 위하여 30조합을 처리한 결과 켈루스 형성은 2,4-D 1 또는 2mg/ℓ 와 BAP 0.5 또는 1mg/ℓ 의 조합처리에서 일부 발생하였고(Table 3-9) 다른 처리구에서는 갈변하여 켈루스로 분화되지 않았다. 켈루스 형성은 주로 절단부위와 배지의 접촉면에서 발생하였고 색깔은 유백색으로 일부 유기된 켈루스를 연속적으로 계대 배양 하였으나 체세포배 형성이나 shoot가 형성되지 못하고 갈변 고사하였다(Fig. 3-11). 대량증식 체계를 확립하기 위하여 체세포배 형성을 유도하기 위하여 polyamine류인 spermine을 처리하였으나 켈루스 형성에 효과를 나타내지 않았다(자료 제시하지 않음). 기내배양에서 식물체 재분화는 유전자형, 배지조건, 채취당시의 생리적 특성 등 여러 가지 조건이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 금강초롱꽃의 잎의 경우 치상 직후 잎의 대부분이 검은색으로 변하며 괴사하는 동시에 검은색의 물질이 절편 주위에 분비되어 조직부위에 성장조절제 흡수를 방해하여 식물체의 탈분화를 유기하지 못한 것으로 판단된다.

Table 3-9. The effects of plant growth regulators on the callus formation of *Hanabusaya asiatica*.

Plant Growth Regulators (mg/ℓ)	NAA		Kinetin		BAP	
	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
2,4-D 0.1	-	-	-	-	-	-
1.0	-	-	-	-	+	+
2.0	-	-	-	-	+	+
3.0	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-

↓: -(none), +(poor)

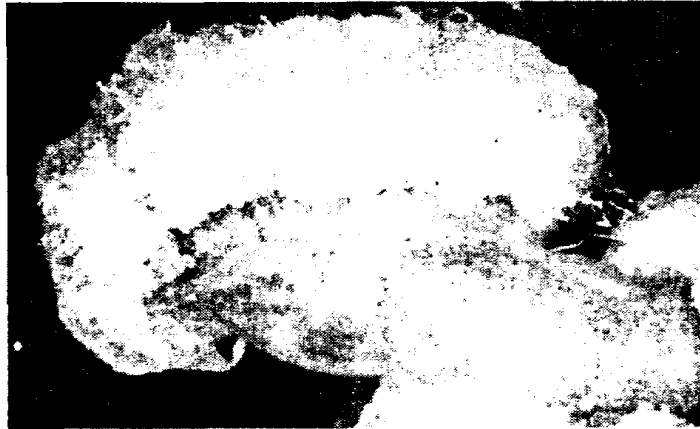


Fig 3-11. The callus formation of *Hanabusaya asiatica* in MS medium containing 2,4-D 1mg/ℓ and BAP 0.2mg/ℓ

2) 금강초롱꽃 성장점 배양

켈루스 발생을 통한 대량번식 대신 성장점 배양을 통한 대량증식방법을 검토하였다. 금강초롱꽃의 성장점 배양 결과 GA₃가 첨가된 배지에서는 20~30%의 shoot발생율을 나타내었고 BAP를 단독으로 첨가한 경우 농도가 높아질수록 감소하는 경향이었으며 특히 GA₃ 3mg/l 처리배지에서는 뿌리도 발생되었다(Talble 3-10). Zeatin이 첨가된 배지에서는 shoot발생율이 GA₃의 단독 첨가 배지보다 높았고 multiple shoot도 형성되었으나 식물체 뿌리발생은 되지 않았고 shoot 발생 후 갈변고사하는 식물체도 발생하였다(Fig. 3-12). 성장점 배양을 통해 생성된 multiple-shoot는 한 개체씩 분리하여 MS 기본 배지로 이식하여 정상식물체로 성장하였다(Fig. 3-13). 그러나 기내 식물체의 재분화 조건시 식물생장 조절제의 절대적인 양보다는 auxin과 cytokinin의 비율에 의해 많은 영향을 받는다는 기존의 결과와 유사한 경향을 나타내어 auxine류인 2,4-D 와 NAA가 단독으로 처리된 배지에서는 shoot가 발생되지 않아 금강초롱꽃의 성장점으로부터 shoot발생에는 auxin류 단용처리는 효과적이지 않았고 zeatin 첨가배지에서 가능할 것으로 판단되었다(Talble 3-10).

Table 3-10. The effects of plant growth regulators on the regeneration of *Hanabusaya asiatica* via shoot apex culture.

Plant Growth Regulators					No. of explants cultured	No. of regenerated plant(%)
2,4-D	NAA	zeatin	BA	GA ₃		
-	-	-	-	-	10	0
-	-	-	-	1.0	10	2(20)
-	-	-	-	3.0	10	3(30)
-	-	-	-	5.0	10	3(30)
-	-	-	0.5	-	10	3(30)
-	-	-	1.0	-	10	1(10)
-	-	-	2.0	-	10	1(10)
-	-	0.5	-	-	10	4(40)
-	-	1.0	-	-	10	7(70)
-	0.2	-	-	-	10	0
-	0.5	-	-	-	10	0
-	1.0	-	-	-	10	0
0.5	-	-	-	-	10	0
1.0	-	-	-	-	10	0
0.5	-	0.5	-	-	10	6(60)
1.0	-	0.5	-	-	10	2(20)
0.5	-	1.0	-	-	10	3(30)
1.0	-	1.0	-	-	10	5(50)

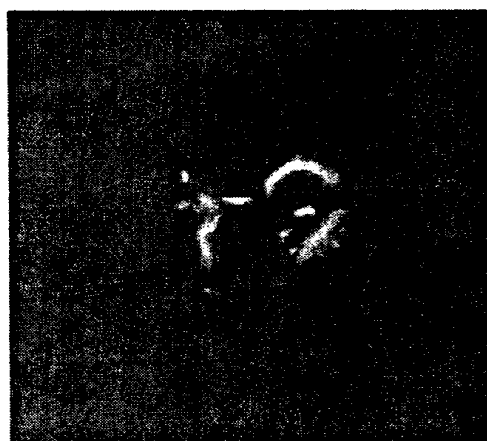
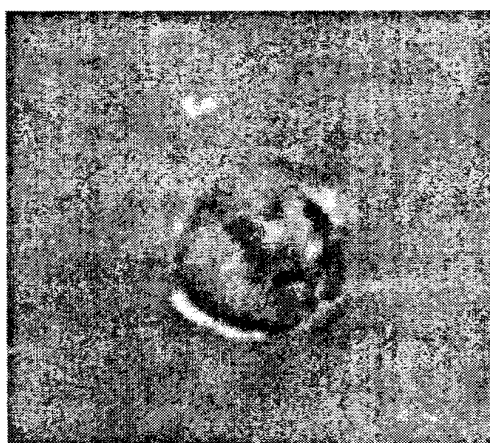


Fig. 3-12. Plant regeneration of *Hanabusaya asiatica* via shoot apex culture



Fig. 3-13. Multiple-shoot formation of *Hannabusaya asiatica* from shoot apex culture and plant regeneration

나. 모데미풀

1) 모데미풀의 잎 절편에서의 배발생 켈루스 형성

모데미풀의 기내배양을 위해 초기에는 charcoal을 첨가하지 않고 시험을 수행하였으나 절단면으로부터 phenol 화합물로 추정되는 암갈색의 분비물이 분비되어 켈루스 형성을 유도할 수 없었다. 그러나 charcoal 0.3%를 추가로 처리 한 후 2주후부터 절편체가 부풀어 오르고 4주후에는 켈루스 표면에 체세포배를 관찰할 수 있었다(Fig. 3-14). 2,4-D, zeatin 또는 BAP의 단독처리에서는 체세포배가 발생하지 않았으나 혼합하여었을 때 체세포배의 형성율이 높았다(Table 3-11). 또한 2,4-D와 zeatin의 혼합보다는 BAP의 혼합이 양호한 결과를 나타내었다.

2) 식물체 재분화 및 순화

체세포배는 MS 기본 배지(생장조절제 첨가하지 않음)에 계대배양 하였을 때 완전한 소식물체로 재분화 하였고 상대습도를 80%이상 높게 유지하며 순화과정을 한 결과, 4주 후에는 활착 단계를 거쳐 분화재배가 가능한 상태로 성장하였다 (Fig. 3-15). 또한 재분화한 식물체는 형태적인 변이 없이 정상 성장하여 체세포배 발생을 통한 대량증식 체계가 가능하리라 판단되었다.



Fig. 3-14. Callus formation and somatic embryogenesis by leaf culture of *Megaleranthis saniculifolia*



Fig. 3-5. Plant regeneration by somatic embryogenesis *Megaleranthis saniculifolia*

Table 3-11. The effects of plant growth regulators on the somatic embryogenesis of *Megaleranthis saniculifolia* from leaf culture.

Plant growth regulators(mg/L)			No. of leaves used	No. of somatic embryogenesis (%)
2,4-D	Zeatin	BAP		
-	-	-	60	0
-	0.5	-	60	0
-	1	-	60	0
-	-	0.2	60	0
-	-	0.5	60	0
1	-	-	60	1(1.7)
1	-	0.2	60	10(16.7)
1	-	0.5	60	15(25.0)
1	0.5	-	60	2(3.3)
1	1	-	60	3(5.0)
1	0.5	0.2	60	5(8.3)
1	0.5	0.5	60	7(11.7)
1	1	0.2	60	9(15.0)
1	1	0.5	60	13(21.7)

3. 적요

본 실험은 금강초롱꽃과 모데미풀의 기내 대량 증식 조건을 확립하여 분자육종을 위한 기초자료를 얻기 위하여 켈루스 유기, 성장점 배양, 체세포배 배양 조건 및 재분화 조건을 조사한 결과 다음과 같다.

가. 금강초롱꽃의 켈루스 유기 조건은 2,4-D 1 또는 2mg/l 와 BAP 0.5 또는 1mg/l 의 조합처리에서 양호하였으나 shoot 유기나 체세포 발생은 나타나지 않았다. 성장점 배양 결과 Zeatin 0.5과 2,4-D 0.5mg/L이 첨가된 배지에서는 multiple-shoot가 발생되어 대량증식에 이용할 수 있었다.

나. 모데미풀의 배발생 켈루스를 통한 체세포배의 유기는 2,4-D 1mg/L와 BAP 0.5mg/L 의 조건에서 가장 높았고 이렇게 형성된 체세포배는 발아 과정을 거쳐 완전한 식물체로 재분화되어 대량증식 방법으로 이용할 수 있었다.

4. 참고문헌

- 김무렬, 이상태. 1987. 모데미풀과 근연식물의 화분학적 유연관계. 식분지. 17:13-20.
- Kim, M. Z. and Y. R. Kim. 1984. Basic studies on the induction of microspore originated callus or embryos in the anther culture of *Capsicum annuum* L. K. J. Plant tissue culture. 12(2):75-112.
- 김정희, 박용구. 1990. 기내 배양에 의한 감나무의 대량증식. K. J. Plant tissue culture. 17(1):9-15.
- Lee CW. Thomas JC. 1985. Tissue culture propagation of buffalo gourd. HortSci. 20:218-219.
- 문정길, 추병길, 두홍수, 권태호, 류점호. 2000. 참외 자엽절편으로부터 식물체 재분화에 미치는 성장조절물질의 영향. K. J. Plant tissue culture. 27(1):1-6.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant 15:473-497.
- 박충현, 성낙술, 백기엽, 이철희. 1998. 지황의 켈러스 배양에 의한 기내 대량증식. K. J. Plant tissue culture. 25(3):171-175.
- 신영철; 김재길; 이동진; 박영달. 1995. 한국산 야생초화에 관한 연구. 충북대농업과학연구.

12(2):41-52.

이만상; 오기홍. 1993. 할미꽃 기내증식에 관한 조직학적 연구. 한국약용작물학회지. 1(2):137-157.

이상태a. 1990. 모데미풀의 분류학적 위치에 관하여. 식물분류학회지. 20(1):1-8.

이상태b. 1992. *Calathodes* 속과 근연속간의 화분학적 유연관계. 한원지. 22(1):23-30.

이승엽, 김현순, 이영태, 박충현. 1988. 참깨 약배양에 미치는 성장조절제, 저온처리 및 genotype의 영향. 농시논문집. 30(1):74-79

이창복. 1980. 대한식물도람. 향문사.

한태진, 김인현, 김송림, 김준철, 임창진, 진창덕. 1999. 아기장대 잎 절편에서의 기관형성 특히 naphthaleneacetic acid의 농도에 따른 부정근, 모용 및 캘러스 형성과 determination time. K. J. Plant tissue culture. 26(3):211-217.

제6절 종합결과

한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 화훼화를 위하여 대량증식을 통한 수요기반을 구축하고 유용형질의 삽입 등 품질개량을 위하여 육종 효율을 높이기 위한 기초기술 개발을 연구한 결과는 다음과 같다.

금강초롱꽃 종자의 발아율 향상을 위해 종자를 0℃에서 20일 처리시 광조건에서 80%의 발아율을 보였다.

모데미풀은 2차 휴면을 하는 특성을 가지고 있어 1차 휴면은 고온으로 2주 정도 소요되었고 2차 휴면은 저온으로 12주 정도의 긴 시간을 요구하였다. 기내에서는 10일간 건조저온처리 후 GA₃ 5mg/L가 포함된 배지에 치상 후 15℃의 광조건에서 95.5%의 발아율을 나타냈다. 일반조건에서는 GA₃ 250mg/L에 1일 침지 후 8주 4℃ 저온처리하는 것이 발아율 90%로 무처리구 보다 발아소요기간을 7~8개월 앞당겼다.

공정육묘 실현을 위한 기초기술로 균일한 발아를 위한 priming 처리결과 금강초롱꽃과 모데미풀 모두 효과가 없었다. 공정육묘 기술개발을 위한 적정 플러그트레이 규격은 금강초롱꽃은 200공이 적합한 것으로 생각되었다. 금강초롱꽃의 개화소요기간을 효과적으로 단

축하고 상품을 조기 생산하기 위한 삼목 관련기술을 개발한 결과 삼목용토는 퍼라이트와 모래가 발근율이 높았고 정아를 포함한 경정삼이 마디삼보다 발근이 우수하였다. 모데미풀은 15℃ 조건의 모래와 훈탄에서 켈루스만 형성하였을 뿐 발근은 이루어지지 않았다.

대량증식 방법과 신품종 육성을 위해 첨단 유전자 활용기술을 접목하기 위한 기초기술로 조직배양조건을 시험한 결과 금강초롱꽃의 켈루스 유기 조건은 2,4-D 1 또는 2mg/l 와 BAP 0.5 또는 1mg/l 의 조합처리에서 양호하였으나 shoot 유기나 체세포 발생은 나타나지 않았다. 생장점 배양 결과 Zeatin 0.5과 2,4-D 0.5mg/L이 첨가된 배지에서는 multiple-shoot가 발생되어 대량증식에 이용할 수 있었다.

모데미풀의 배발생 켈루스를 통한 체세포배의 유기는 2,4-D 1mg/L와 BAP 0.5mg/L의 조건에서 가장 높았고 이렇게 형성된 체세포배는 발아 과정을 거쳐 완전한 식물체로 재분화되어 대량증식 방법으로 이용할 수 있었다.

제4장 고품질 재배기술 개발

제1절 서 론

금강초롱꽃은 현재 자생화에 대한 관심이 1980년대 이후 급속도로 고조되고 있는 시기에 한국특산속이라는 희귀성과 대중에 비교적 널리 알려져 있는 점으로 그 수요가 폭발적으로 늘고 있는 유망 자생화이다. 이러한 금강초롱꽃을 분화로 재배하기 위하여 금강초롱꽃의 생육 및 개화생리를 이해하는 것이 무엇보다 중요하다. 생리생태를 기본적으로 파악하고 개화조절을 통한 주년생산체계를 구축하고 품질향상 기술을 개발하여 화훼작물로 상품성을 높여 소비요구에 적극 대응하는 것이 어려움에 처한 우리나라 화훼산업의 새로운 돌파구로서 자생화의 가치가 두드러지는 계기가 되리라 생각한다.

본 연구는 고품질 분화재배를 위한 금강초롱꽃의 상품화 기술을 개발하고자 하였다. 첫째, 자생지 환경조건 중 광은 약 70% 이상 차광되는 조건임을 감안하여 재배시 적정 차광 정도를 구명하여 기본적 재배조건을 확립하고자 하였다. 둘째, 금강초롱꽃의 개화생리를 파악하고 품질향상을 위해 일장과 광원의 종류별 성장량을 분석하여 최적의 광 환경조건을 구명하고자 하였다. 셋째, 식물성장조절제와 저온처리를 통한 휴면타파로 개화기 조절 기술을 개발하여 평년지와 고랭지 연계재배기술을 확립하여 주년생산체계를 확립하고자 하였고 분화로 이용하기에 비교적 큰 초장을 억제하여 스마트한 분화생산을 위한 적심과 생장억제제처리를 통해 상품가치를 높이고자 하였다. 넷째, 금강초롱꽃 재배시 가장 치명적이고 심각한 증상인 안토시아닌 집적에 의한 잎의 적엽화와 이어지는 생육후기인 개화기에 잎의 고사문제를 해결하고자 발생원인인 광 조건을 경제적으로 충족시키는 방법과 안토시아닌 집적과 관련된 시비기술을 개발하여 근본적 상품화 제어인자를 해결하고자 하였다. 마지막으로 실제 재배를 담당할 농가에서 금강초롱꽃 분화재배를 위한 최적의 분화용토를 개발하기 위한 시험을 수행하여 금강초롱꽃 관련 고품질 재배기술의 조기이전에도도하였다.

이와 같이 금강초롱꽃의 고품질 재배를 위한 관련 재배기술을 일관적으로 수행함으로써 유사 유망자생화의 분화용 화훼재배화를 위한 모델로 개발하고자 본 시험을 수행하였다.

제2절 일장 및 광처리에 따른 생육 특성

1. 차광처리가 금강초롱꽃 및 모데미풀의 생육 및 개화에 미치는 영향

가. 서 언

금강초롱꽃과 모데미풀의 자생지는 1,000m 이상의 고원에 분포되어 있어 생육기간 중의 기온조건은 서늘하다. 금강초롱꽃의 개화기는 가을로 삼림이 울창한 여름을 지나 개화하게 된다. 따라서 자연 차광율이 70% 이상 되는 조건에서 생육하게 된다. 모데미풀은 이른 봄, 아직 주변의 초목이 우거지기 전 개화하게되어 비교적 차광이 적으나 결실기인 6월 중순경은 주변 초목의 성장에 따라 70% 이상의 차광조건에서 생육한다.

이 시험의 목적은 자생지가 저온이며 차광율이 높은 지역인 금강초롱꽃과 모데미풀의 고령지 고품질 분화재배를 위해 적정 차광정도를 구명하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

금강초롱꽃 종자를 1997년 오대산과 광덕산에서 채집 후 종자발아 시켜 1998년 1년 생육 후 2년생을 육묘상토(바이오)로 채워진 직경 15cm 플라스틱 화분에 정식하였다. 차광은 무처리와 차광망 30% 70%를 대관령의 고령지농업시험장 비닐하우스 위에 각각 덮어 활용하였다. 관수는 처리별로 용토가 건조할 때 주었으며 시비는 하이포넥스 2000배액을 2주 간격으로 주었다.

모데미풀은 소백산과 태기산에서 채집한 모주를 2년 간 증식 후 포기나누기를 하여 육묘상토(바이오)로 채워진 직경 15cm 플라스틱 화분에 정식하여 사용하였다. 차광처리와 관수 및 시비는 금강초롱꽃과 같은 방법으로 수행하였다.

차광처리별 광에너지는 pyranometer 센서(Li-cor)를 Data logger(LI-1400, Li-cor)에 부착하여 맑은 날과 흐린 날 측정하였고, 엽록소함량은 엽록소측정기(minolta)를 이용하여 SPAD로 표시하였다. 화색의 농도를 측정하기 위해 Chroma meter(CR-200, minolta)를 이용하여 Hunter의 방법으로 표시하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 차광별 광특성

차광처리별 광량은 맑은 날 무차광은 340 Wm^{-2} 이고 30%, 70% 차광량은 각각 210 Wm^{-2} , 85 Wm^{-2} 이었고 흐린 날은 무차광 135 Wm^{-2} , 30% 85 Wm^{-2} , 70% 23 Wm^{-2} 로 나타났다(Fig. 4-1).

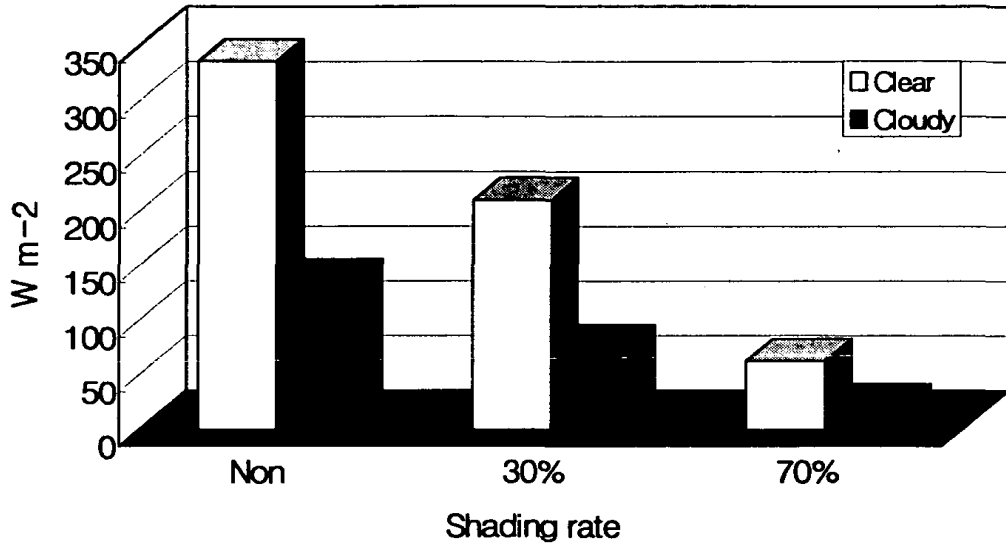


Fig. 4-1. Differences of light intensity on the shading rate at the rain sheltered plastic house as affected by sunshine condition in highland area

2) 금강초롱꽃

차광에 따른 금강초롱꽃의 생육특성은 초장은 차광율이 높아질수록 증가하였고 무차광은 23.5cm로 가장 작았다. 이는 자생지 광환경조건이 자연광의 70% 이상 차광되거나 노지 강광에 놓인 경우 잎의 고사로 생장이 억제된 것으로 생각된다. 최대 엽장과 엽폭은 처리별 차이가 없었으며 엽수는 차광율이 높아질수록 많아지는 경향이었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 이는 마디 하나에 잎이 한 장씩 생성되는 금강초롱꽃의 특성으로 무차광의 경우 잎은 발생되었으나 마디 길이가 줄어들고 초장이 왜화되는 결과를 보였다. 줄기의 수도 처리간 차이가 없었다(Table 4-1).

Table 4-1. Characteristics of growth on *Hanabusaya asiatica* as affected by shading rate in highland area.

Shading rate	Plant height (cm)	Length of leaf (cm)	Width of leaf (cm)	No. of leaves/ plant	No. of stems/ plant
None	23.5 c ²	6.2 a	4.6 a	28.8 a	3.1 a
30%	54.0 b	6.4 a	4.5 a	29.1 a	3.4 a
70%	65.0 a	6.3 a	3.5 a	30.6 a	3.2 a

² LSD($p=0.05$)

차광처리별 잎의 고사율은 무차광이 전체엽수 28.8개의 61.5%인 17.7개가 고사하였고 차광율이 증가할수록 잎의 고사율은 감소하여 70% 차광구는 전체엽수가 30.6개 중 18.3%인 5.6개만이 고사하였다. 차광율이 높은 70%구 잎의 고사형태는 주로 아랫부분에 집중되어있어 그 원인이 광에 장기간 노출된 것에 있다고 생각되나 한편 비료를 포함한 영양생리적 현상의 가능성도 있어 추후 연구가 필요하다. 무차광의 경우는 식물체 전체적으로 고사가 발생하여 금강초롱꽃 잎의 고사는 광 조건이 큰 요인임을 확인하였다. 결국 광도가 강할수록 잎 고사에 따른 영양부족으로 식물생육이 저조하였다.

Table 4-2. Blight rate of leaf on *Hanabusaya asiatica* as affected by shading rate.

Shading rate	No. of leaves/ plant(A)	No. of blight leaves /plant(B)	Rate of blight leaves (%)
None	28.8 a	17.7 a	61.5
30%	29.1 a	9.9 a	34.0
70%	30.6 a	5.6 a	18.3

차광 처리별 잎의 엽록소 함량은 무차광이 28.2, 30% 35.2, 70%는 37.0 SPAD로 차광율이 높을수록 엽록소 함량이 증가되었다. 이는 무처리의 경우 강광 조건에서 엽육이 두꺼워지고 엽록소 함량은 감소한다는 결과와 유사하였으나 특히 강광에 의한 잎 조직의 부분적 고사 발생에 따른 것으로 생각된다(Table 4-2). 이와같은 결과로 강광 하에서의 금강초롱

꽃의 생육은 강광에 의한 잎의 고사와 잎 내 엽록소 함량의 저하로 초장 등 생육량 감소 결과를 확인할 수 있었다.

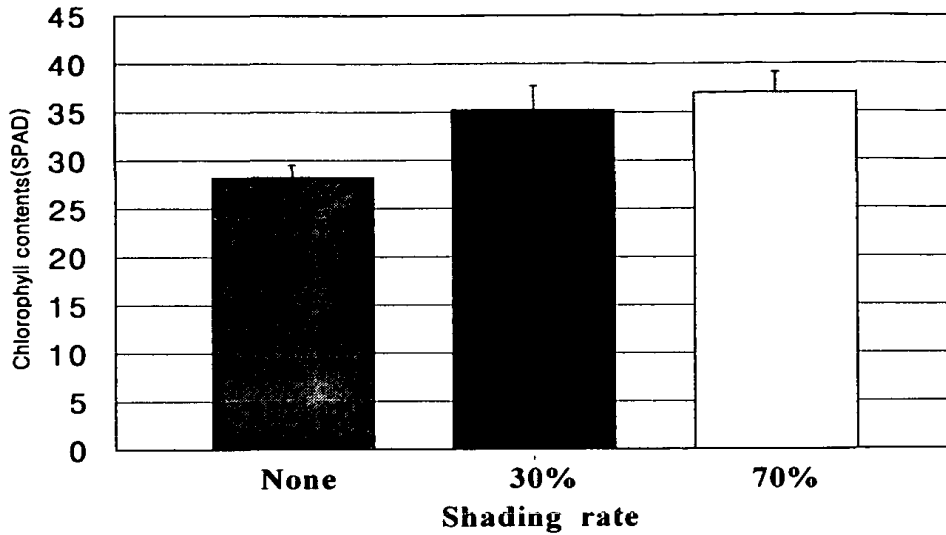


Fig. 4-2. Characteristics of chlorophyll contents in the leaf as affected by shading rate on *Hanabusaya asiatica* in highland area.

Mean \pm SE

광 차광을별 금강초롱꽃의 꽃수는 무차광의 경우 0.9개로 가장 적었으며 30%의 경우 12.6개, 70% 차광이 14.8개로 차광율이 높을수록 증가하였다. 무차광의 경우 강광에 의한 잎의 고사를 증대와 엽록소함량 감소에 의한 양분부족이 꽃의 발달을 저해하였을 것으로 생각되며 차광율이 높을수록 잎 고사를 저하에 따른 잎 수와 엽록소함량 증가에 기인한 것으로 생각된다.

그러나 꽃의 화색발현을 살펴보면 무차광의 경우 화색이 가장 짙었으며 차광율이 높아질수록 화색이 열리는 것을 알 수 있었다. Hunter 방법에 의한 L의 기준은 수치가 증가할수록 백색이 증가하고 낮아질수록 흑색이 증가하는데 무차광의 경우 46.77로 30%와 70% 각각 50.38, 59.05 보다 화색이 짙어졌고 차광율이 높아질수록 열었다.

Hunter의 화색기준은 a 수치는 증가할수록 적색, 감소하면 녹색이 짙은 것이고, b 수치는 증가하면 황색, 감소하면 청색이 짙음을 표시한다.

금강초롱꽃의 화색이 보라색에 가까운 남색인 점을 상기하면 a 수치는 무처리(가) 12.03으로 차광구보다 크게 높아 적색이 많이 포함되어있고, b 수치는 -17.15로 가장 낮아 청색이 많이 포함되어 있음을 알 수 있었다. 이와같은 결과는 무차광이 화색이 가장 짙게 발현되었으며 이는 주당 화수가 0.9개에 불과한 것에도 영향이 있을 것으로 생각되나 차광율이 높아질수록 화색이 열리는 것으로 보아 화색발현에는 광조건의 영향이 큰 것으로 생각되었다.

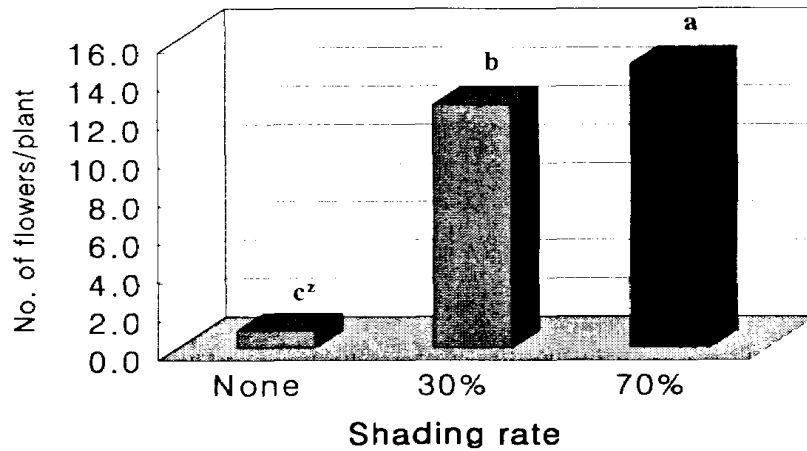


Fig. 4-3. Differences of number of flowers on *Hanabusaya asiatica* as affected by shading rate in highland area
²LSD ($P=0.05$)

Table 4-3. Effect of shading rate on the flower color value as Hunter's on *Hanabusaya asiatica* in highland area.

Shading rate	L ^z	a	b
None	46.77	12.03	-17.15
30%	50.38	9.60	-14.04
70%	59.05	7.70	-12.20

^z L: +White--Black-, a: +Red--Green-, b: +Yellow--Blue-

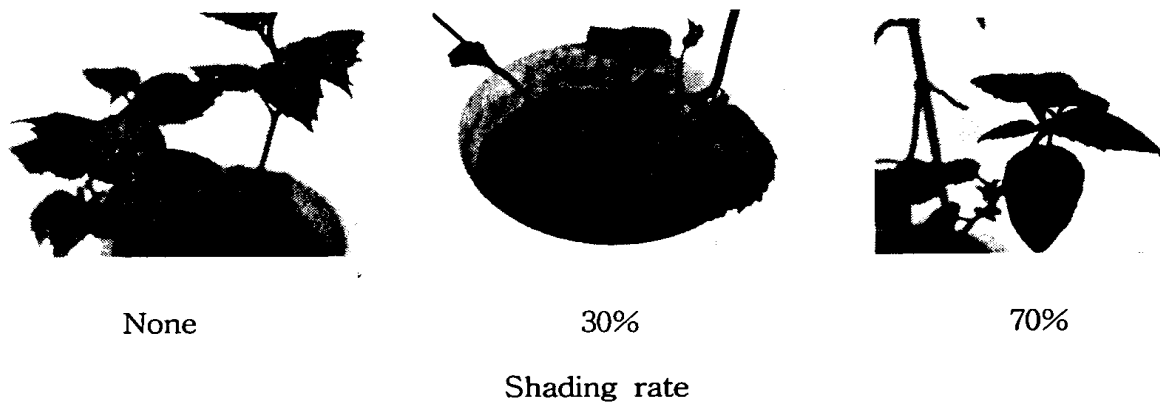


Fig. 4-4. Status of leaves on *Hanabusaya asiatica* as affected by shading rate in highland area.

3) 모데미풀

모데미풀은 이른 봄에 개화하는 작물로서 개화 후 차광처리별 생육상태를 살펴보면 무차광의 초장이 10.5cm로서 가장 짧았고 차광율이 높아질수록 초장은 증가하여 70% 차광일 경우 18.2cm로 가장 길었다. 엽장도 무차광이 5.2cm로 차광처리구보다 작았으며 차광율이 높아질수록 잎의 길이도 신장하여 70% 차광은 8.3cm에 이르렀다. 잎 수도 초장, 엽장과 같은 경향으로 무처리구가 가장 적었다. 이는 강광에 의한 잎의 고사 엽수가 많은 데 기인한 것으로 생각된다(Table 4-4).

Table 4-4. Characteristics of growth on *Megaleranthis saniculifolia* as affected by shading rate in highland area.

Shading rate	Plant height (cm)	Length of leaf (cm)	No. of leaves/ plant
None	10.5 c ²	5.2 bc	5.8 c
30%	15.8 b	7.6 ab	8.6 b
70%	18.2 a	8.3 a	12.7 a

² LSD($p=0.05$)

모데미풀의 차광처리에 따른 잎의 엽록소함량은 무차광이 22.0으로 30%차광이 25.1, 70% 차광이 26.3(SPAD)으로 차광율이 높을수록 엽록소 함량이 증가되었고 차광처리구 간에는 큰 차이가 없었다.

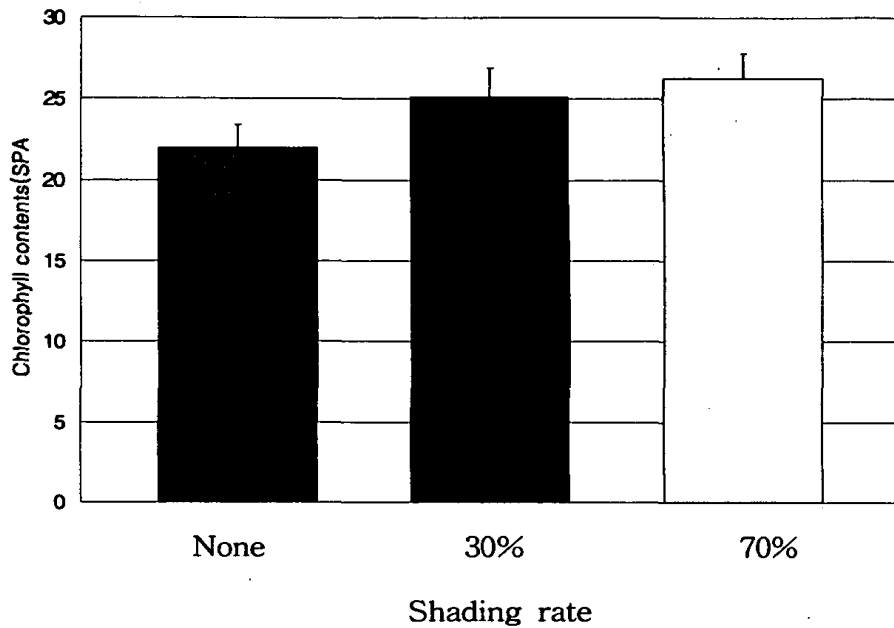


Fig. 4-5. Effect of shading rate on chlorophyll contents of leaves in *Megaleranthis saniculifolia*. Mean \pm SE

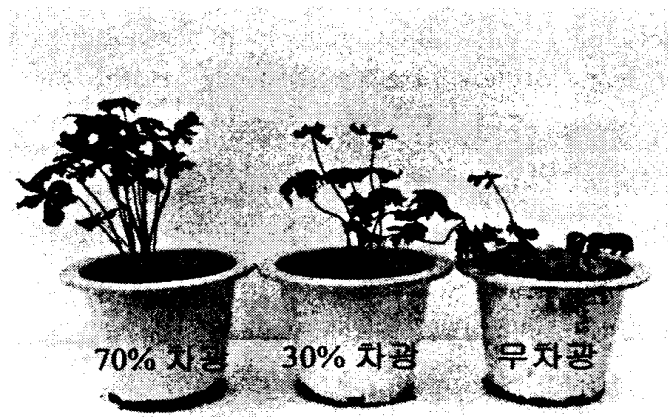


Fig. 4-6. Growth of *Megaleranthis saniculifolia* as affected by shading rate in highland area.

라. 적요

자생지가 고산지역인 금강초롱꽃과 모데미풀의 고품질 재배를 위하여 적정 차광정도를 구명하고자 시험한 결과는 다음과 같다.

금강초롱꽃은 차광율 30% 이상 차광하에서 생장 및 개화가 양호하였고 잎의 고사율도 차광이 높을수록 저하되었다. 차광율이 높아질수록 금강초롱꽃 잎의 엽록소함량도 높아져 화수가 늘어나는 등 품질향상이 가능하였다. 그러나 차광율이 높아질수록 화색은 감소되는 경향이었으나 그 정도가 심하지 않아 크게 영향을 미치지 않아 70% 차광이 효과적이었다.

모데미풀도 금강초롱꽃과 비슷한 경향으로 차광율이 높을수록 잎의 과 생육량이 증가하여 70% 차광이 재배에 효과적이다.

라. 참고문헌

- Aoki, S. Changes in the photosynthetic capacities of tea leaves by shading. 1982. Study of Tea (Japan). (no.62) : 8-13.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiology 28 : 355-377.
- Kamimura, I., Hanaoka, Sato, S. 1983. Effect of the beginning time of shading on the growth and flowering of Chinese monkshood. SO: Bulletin of the Gunma Horticultural Experiment Station (Japan). (no.11) p. 65-66.
- Nygren M., Kellomaeki, S. T.I. 1983. Effect of shading on leaf structure and photosynthesis in young birches, *Betula pendula* Roth. and *B. pubescens* Ehrh. Forest-Ecology-and-Management (Netherlands) 7(2) : 119-132.
- Ota, S. Effects of shading on the growth and development of *Ophiopogon japonicus*. 1982. J. Japanese Institute of Landscape Architects (Japan). (Feb 1982). 45(3) : 168-174.
- William W. A.III, W.Klaus, S. Ulrich, and S. Peter. 1990. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics in relationship to changes in pigment and element composition of leaves of *Platanus occidentalis* L. during Autumnal Leaf Senescence. Plant Physiology 93 : 1184-1190

2. 일장 및 광원종류에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화 특성

가. 서 언

금강초롱꽃의 재배를 위해서는 금강초롱꽃의 생리를 구명하는 것이 무엇보다 우선되어야 할 과제이다.

금강초롱꽃을 화훼작물로 개발하기 위해서는 가을뿐만 아니라 사계절 모두 개화토록 하여 상품소비 주기를 주년으로 확대하는 것이 가장 큰 과제라 할 것이다. 이와 같은 주년재배를 위해서는 금강초롱꽃의 개화생리를 파악하여 응용하는 것이 기본이다.

또한 분화로서 재배하기 위해서는 초장 왜화 및 분지수 증대 등 여러 가지 해결해야 할 과제가 많다. 고품질의 분화를 생산하기 위해서는 광 조건에 따른 생육 및 개화 반응을 구명하여 실제 재배에 적용함으로써 상품성을 높여 소비를 촉진할 수 있다.

따라서 본 연구는 금강초롱꽃의 일장과 광원에 따른 생육과 개화특성을 구명하여 광조건이 고품질의 분화재배에 미치는 영향을 파악하여 화훼작물로 자리매김을 위한 기초자료로 활용코자 하였다.

나. 재료 및 방법

본 시험은 2000년과 2001년 2년에 걸쳐 수행하였다. 사용한 재료는 금강초롱꽃 2년생 묘를 마사토와 부엽을 1:1로 섞은 배양토로 채운 직경 15cm 플라스틱 화분에 정식하여 사용하였다.

일장은 70% 차광된 유리온실내의 자연 일장으로 일몰 후 밤 10시까지 전조한 장일조건(16시간)과 아침 9시부터 오후 5시까지 8시간 자연일장으로 처리한 후 차광비닐로 덮은 단일조건을 두었다.

광원은 고압나트륨등(400W×2), 백열등(60W×6), 형광등(40W×8)을 베드 1.4×3.6m 위에 설치하여 장일조건외의 광원으로 사용하였고 자외선 등(20W×3)은 일조시간 중 10시부터 1시간 조사하였고 자연일장으로 처리하였다.

재배는 해발 800m 인 대관령 고령지농업시험장 내 유리온실에서 수행하였다. 시비는 하이포넥스 1,500배액을 20일 간격으로 시용하였고 관수는 처리별로 표토가 마른 후 관수하

여 지나친 과습이 되지 않도록 하였다.

조사는 생육 및 개화특성과 잎의 광합성 및 광 관련 특성, 엽록소와 안토시아닌 함량을 측정하였다. 광합성은 탄산가스 공급기가 부착된 휴대용광합성측정기(LI-2400, Li-cor)를 활용하여 탄산가스 농도를 400umol에 맞추고 챔버내의 온도를 25℃로 유지하였다. LED를 이용한 광조사장치의 광도를 0, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000umol로 조절하여 광합성량을 측정함으로써 광포화점과 보상점을 구명하였다. 광원별 광과장 특성은 Spectroradiometer(LI-1800, Li-cor)를 사용하여 광원별 광과장 특성을 분석하였고, 각 광원에서 생육한 금강초롱꽃 잎의 광활용 특성을 분석하였다. 잎의 엽록소 함량은 엽록소측정기(minolta)를 이용하여 SPAD로 표시하였다.

잎 내의 안토시아닌 함량은 각 처리구에서 잎 1g씩 채취하여 95% ethanol과 1.5N HCl을 85:15(v/v)로 혼합한 추출액에 미세하게 마쇄하여 4℃에서 overnight 시킨 후 10,000g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 얻어진 용액을 535nm에서 흡광도를 측정하여 total anthocyanin 함량을 산출(Fluleki와 Francis, 1968)하였다.

화색의 농도를 측정하기 위해 Chroma meter(CR-200, minolta)를 이용하여 Hunter의 방법으로 표시하였다

다. 결과 및 고찰

1) 광원의 광 특성

시험에 사용된 광원 중 자외선을 제외한 광원을 재료 및 방법에서 기술한 대로 설치한 후 실제 식물체에 영향을 미치는 위치에서 광관련 측정개념을 달리하여 측정한 결과 고압나트륨등이 전체 광에너지와 광합성유효광 및 조도 모두에서 가장 높았으며 백열등은 전체 에너지에서는 고압나트륨등의 68%를 차지하였으나 광합성유효광량은 불과 13.3%로 광합성 효율이 낮았고 주로 열선에 의한 온도상승 효과가 인정되었다. 조도에서는 형광등이 백열등과 큰 차이가 없었다. 형광등의 총 광에너지는 백열등의 5.3%에 불과하나 광합성 유효광량은 55.8%로 형광등이 발생하는 광의 상당부분이 광합성에 유효한 파장대임을 알 수 있었다.

Table 4-5. Characteristics of light energy on irradiance lamp.

Light source	Irradiance (W/m ²)	Quantum ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Illuminance (Klux)
High pressure sodium lamp ^z	68.5 (100) ^y	163.3 (100)	18.45 (100)
Incandescent lamp	46.6 (68.0)	21.7 (13.3)	1.02 (5.5)
Fluorescent lamp	2.47 (3.6)	12.1 (7.4)	0.93 (5.0)

^z HPS : high pressure sodium lamp(400W×2), In : incandescent lamp(60W×6),
Fl : fluorescent lamp(40W×8)

^y ratio to high pressure sodium lamp

광원의 파장별 광량을 보면 고압나트륨등과 형광등이 적색 : 원적색의 비율이 높아 적색 부분의 광량이 많은 것으로 나타났고 백열등은 원적색대의 광량이 많아 비율이 1.1에 불과하였다. 청색대는 형광등이 4.77 μmol 로 백열등보다 많이 발생하였고 백열등은 원적색대의 광량이 8.6 μmol 로 고압나트륨등보다 더 많이 분포하였다.

Table 4-6. Spectral light quantity of light source for light period extension.

Light Source ^z	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$				
	UV (300-380nm)	BLUE (400-500nm)	RED (600-700nm)	FAR RED (700-760nm)	R : FR ratio
HPS	0.755	17.80	69.8	8.4	8.3
In	0.065	1.20	9.6	8.6	1.1
Fl	0.166	4.77	2.8	0.3	9.0

^zHPS : high pressure sodium lamp(400W×2), In : incandescent lamp(60W×6),
Fl : fluorescent lamp(40W×8).

^y PAR : photosynthetically active radiation.

2) 광원 종류별 생육한 잎의 광 이용특성

각각 다른 광원 하에서 생육한 금강초롱꽃 잎의 광 이용특성을 살펴보면 UV 등 처리구에서 생육한 잎이 광흡수율이 가장 높았다. 광 흡수량은 광량이 많은 광원일수록 흡수

량이 많았고 광량이 적을수록 감소하였으며 자외선 처리구는 예외적으로 흡수량이 많았다.

광 투과율은 자외선 처리구가 가장 적었으며 광 흡수와 반대로 광 노출 강도가 적을수록 많아졌다. 이는 광 강도가 높을수록 엽육이 두꺼워진 것에 기인한 것으로 생각되며 자외선의 경우 엽록소 이외의 색소 침적에 의한 광흡수 증대와 투과 감소인 것으로 생각되었다.

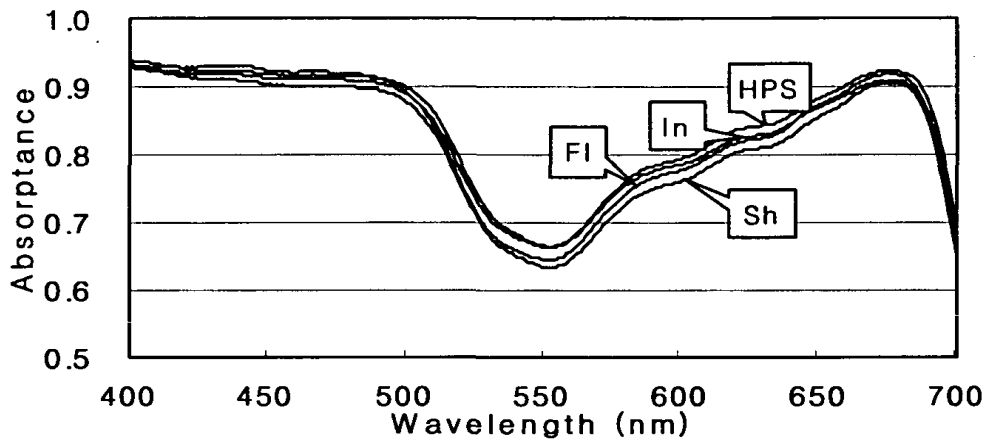


Fig. 4-7. Characteristics of spectral absorbance on the leaf of *Hanabusaya asiatica* after treatment of light source and photoperiod for cultivation in highland area.

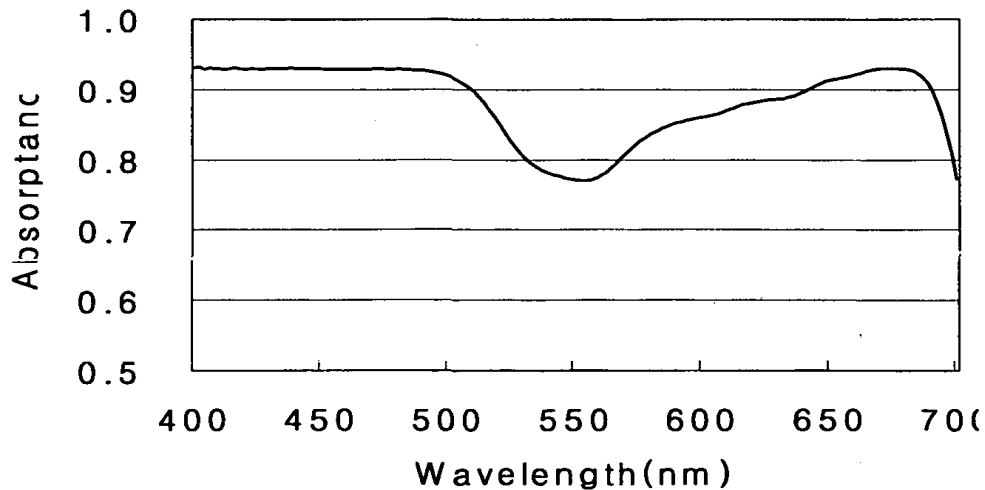


Fig. 4-8. Characteristics of spectral absorbance on the leaf of *Hanabusaya asiatica* after treatment of UV light source for cultivation in highland area.

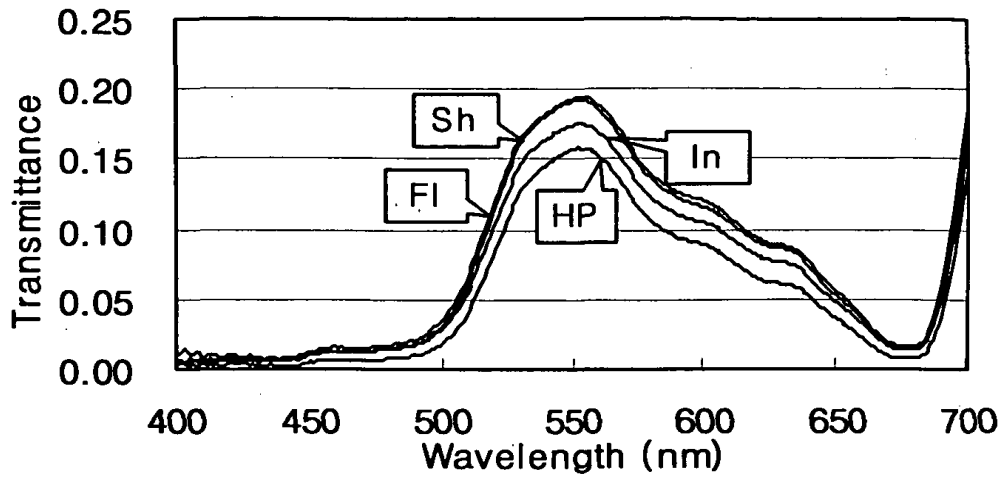


Fig. 4-9. Characteristics of spectral transmittance on the leaf of *Hanabusaya asiatica* after treatment of light source and photoperiod for cultivation in highland area.

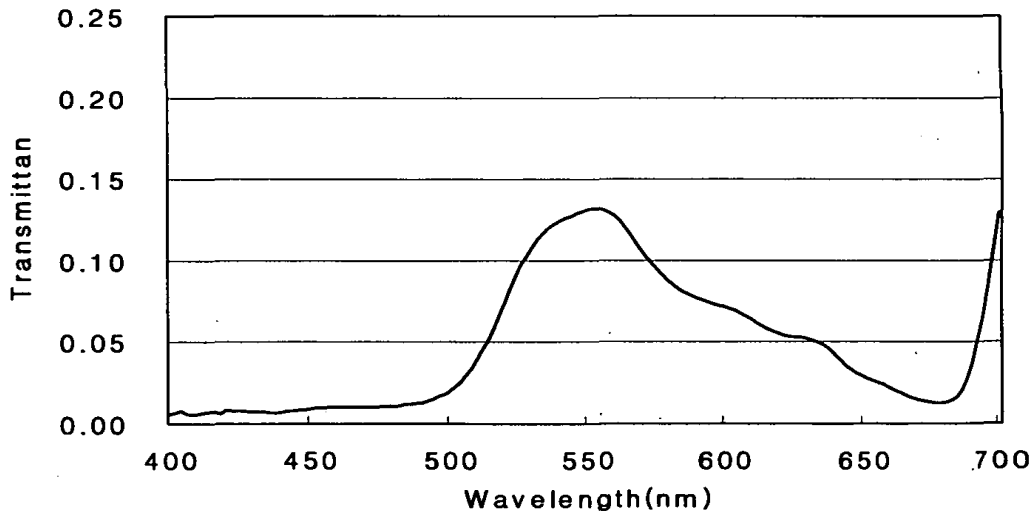


Fig. 4-10. Characteristics of spectral transmittance on the leaf of *Hanabusaya asiatica* after treatment of UV light source for cultivation in highland area.

3) 광원 종류별 잎의 광합성 특성

광원처리별 잎의 엽록소 함량은 고압나트륨 등에 의한 장일처리구가 가장 많았고 자외선 처리구가 가장 적었다. 백열등과 형광등 단일처리구는 통계적 유의성은 없었으나 광조사량이 적을수록 엽록소는 많아졌다. 이는 고압나트륨등은 광합성 유효파장대의 광량

이 다른 광원보다 월등히 높아 엽육이 두터워지고 엽록소 함량이 증가된 것으로 보이고 백열등의 경우 전체 광조사 에너지는 형광등보다 많으나 광합성유효파장대의 광량은 큰 차이가 없고 적색대에 주로 모여있는 것이 잎 내의 엽록소 함량이 저하된 원인이라 생각되었다. 자외선 조사구는 일부 엽록소의 자외선에 의한 파괴에 기인 한 것으로 보이며 엽록소가 적음에도 앞서 광흡수율이 높은 것은 카로티노이드와 같은 색소의 증가에 기인 한 것으로 생각된다.

Table 4-7. Differences of chlorophyll contents of leaves on *Hanabusaya asiatica* as affected by light source and photoperiod during summer season cultivation in highland area

Photoperiod	Light source ^z	Chlorophyll contents (SPAD)
Longday	HPS	47.54 a
	In	42.84 bc
	Fl	43.11 bc
Shortday	-	46.25 bc
Natural daylength	UV	40.91 c

^z HPS : high pressure sodium lamp, In : incandescent lamp, Fl : fluorescent lamp, UV : ultra violet lamp(one hour exposure in daylight)

광원처리별 광합성량은 수광량이 적을수록 많아지는 경향이었으며 자외선처리구는 엽록소 함량이 낮아 광합성량도 가장 적었다. 고압나트륨등 처리구는 잎의 엽록소가 많음에도 과 백열등의 광합성율이 낮은 것은 광합성 측정시 챔버내의 온도가 25℃로 설정되어 있어 고온에 의한 광합성 저하인 것으로 생각되며 광보상점이 다른 처리구보다 높은 것으로 보아 호흡량이 많은 것을 알 수 있다.

광 연장에 의한 야간의 광원별 광합성 량을 측정한 결과 고압나트륨등이 많은 광량으로 3.25로 가장 높았고 백열등이 0.82 형광등이 0.28로 적었다. 광원모두에서 호흡량보다 광합성량이 많아 금강초롱꽃의 자생지 조건이 70% 이상 차광된 점을 감안하면 적은 빛으로 광합성이 가능한 것으로 생각된다.

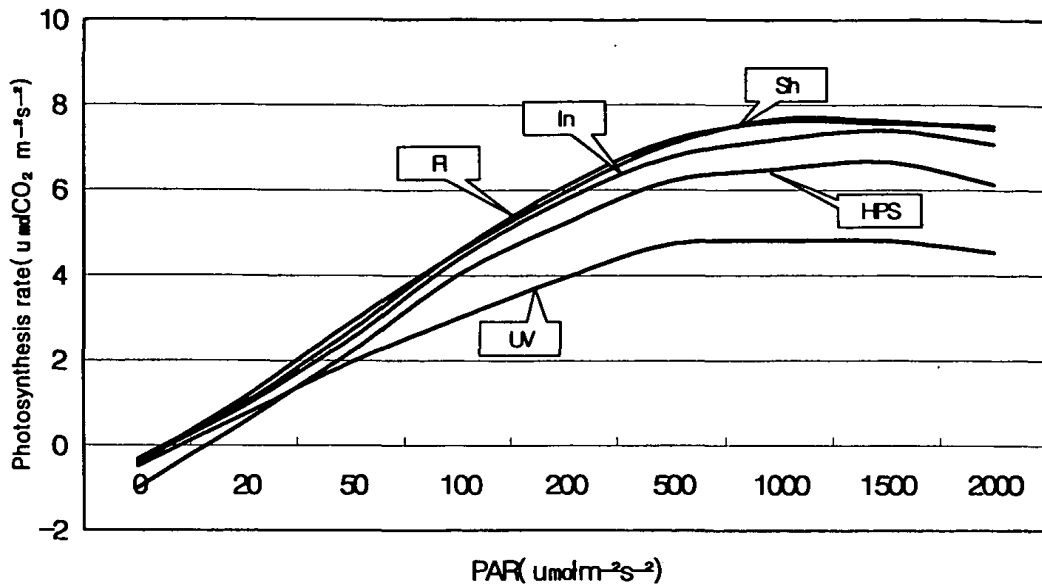


Fig. 4-11. Characteristics of photosynthesis rate according to light source and photoperiod during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*

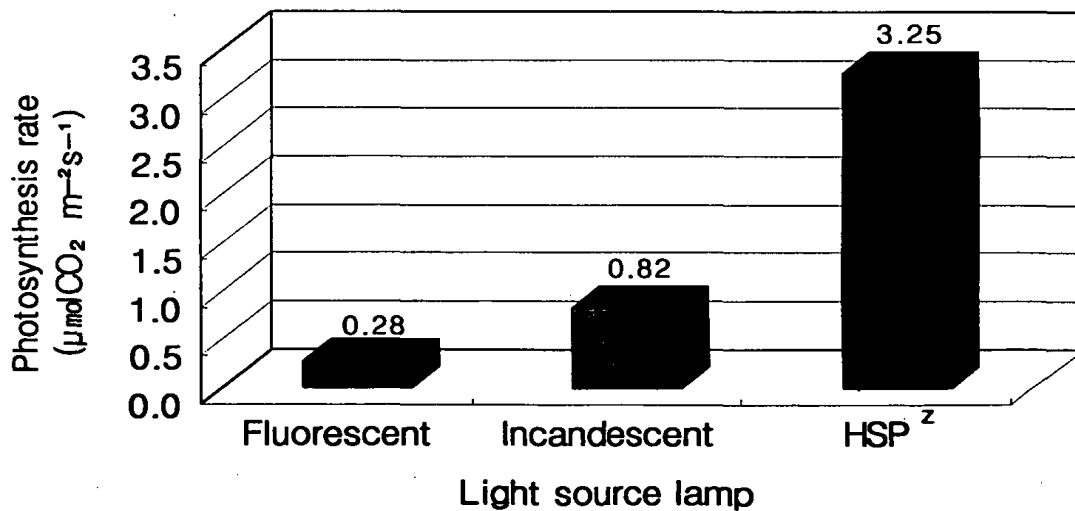


Fig. 4-12. Differences of photosynthesis rate according to light source at day extension light period on *Hanabusaya asiatica*

^z HPS : high pressure sodium lamp

4) 광원 종류별 생육특성

광원 종류별 금강초롱꽃의 생육은 광량이 많은 고압나트륨등이 앞의 엽록소 함량

도 많고 야간의 약 4시간의 강광하에서 광합성이 추가되는 등 광합성 총량이 가장 많아 생육량이 많았고 적색 : 원적색 비율이 낮은 백열등 처리구가 초장이 가장 길었다. 자외선 처리구는 잎의 엽록소 함량이 낮아 광합성량이 감소하여 엽장, 잎수가 가장 적어 자외선이 식물생육 전체를 억제하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 4-8. Characteristics of growth as affected by light source and photoperiod during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*.

Photoperiod	Light source ^z	Plant height (cm)	Length of leaf (cm)	No. of leaves/plant	No. of stems/plant	Diameter of stem (mm)
Longday	HPS	91.1 a	10.3 a	27.6 a	2.0 a	3.8 a
	In	95.4 a	8.3 b	27.6 a	2.0 a	3.2 b
	Fl	73.3 b	7.6 b	27.8 a	2.0 a	2.9 b
Shortday	-	76.9 b	8.5 b	28.2 a	2.0 a	2.9 b
N.D. ^y	UV	73.6 b	6.1 c	23.2 b	2.0 a	2.6 b

^zHPS : high pressure sodium lamp(400W×2), In : incandescent lamp(60W×4),
Fl : fluorescent lamp(40W×8), UV : ultra violet B(20W×3)

^y Natural daylength

5) 광원 종류별 금강초롱꽃의 개화특성

광원에 따른 개화를 살펴보면 고압나트륨등 처리구와 단일처리구가 개화가 빨랐다. 금강초롱꽃의 개화는 장일에 의해 현저히 촉진되지 않는 것으로 나타났으며 수광량이 많을수록 빠른 경향이었고 가을에 개화하는 특성상 단일조건에서 개화가 빨라진 것으로 생각된다. 아울러 금강초롱꽃의 개화에 관하여 관련 성장호르몬의 분석이 추가로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

개화관련 꽃의 생육량을 광원별로 살펴보면 꽃수는 광량이 많은 순으로 수량이 결정되어 고압나트륨등이 주당 35.6개로 가장 많았고 단일처리구가 17.8개로 현저히 감소하였다. 광량이 많을수록 꽃이 달린 화경의 길이가 길어져 고압나트륨등은 12.6cm로 길어 잠재되어 있는 꽃눈이 개화하여 꽃수가 늘어난 반면 단일처리구는 화경의 길이가 5.6cm로 짧아

꽃수가 감소하였다. 꽃 자체의 특징인 화장, 화폭장은 큰 차이가 없었다.

Table 4-9. Effect of light source and photoperiod quality on flowering of *Hanabusaya asiatica* during summer season cultivation in highland area.

Photoperiod	Light source ^z	Date of flower bud formation	Date of flowering
Longday	HPS	Aug. 6	Sept. 12
	In	Aug. 8	Sept. 15
	Fl	Aug. 10	Sept. 18
Shortday	-	Aug. 6	Sept. 12
N.D. ^y	UV	Aug. 10	Sept. 19

^z HPS : high pressure sodium lamp(400W×2), In : incandescent lamp(200W×4),
Fl : fluorescent lamp(40W×8), UV : ultra violet B(20W×3)

^y Natural daylength

Table 4-10. Characteristics of flowering as affected by light source and photoperiod during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*.

Photoperiod	Light source ^z	No. of flowers/plant	Length of flower (cm)	Width of flower (cm)	Length of flower stem (cm)
Longday	HPS	35.6 a	5.6 a	3.4 a	12.6 a
	In	28.8 ab	5.6 a	3.0 a	13.4 a
	Fl	25.0 ab	5.4 a	2.8 a	7.9 b
Shortday	-	17.8 b	5.3 a	2.8 a	5.6 b
N.D. ^y	UV	18.3 b	5.3 a	2.8 a	9.8 ab

^z HPS : high pressure sodium lamp(400W×2), In : incandescent lamp(200W×4),
Fl : fluorescent lamp(40W×8), UV : ultra violet B(20W×3)

^y Natural daylength

화색의 농도도 광량이 많을수록 짙어진 것으로 나타났다. 금강초롱꽃 화색이 자색을 구성하는 색으로 적색과 청색을 보면 고압나트륨등과 백열등이 화색이 진했으며 형광등과 단일처리구의 화색이 옅어졌다. 자외선 처리구의 화색농도는 금강초롱꽃에서 자외선 추가 조사는 화색의 발현에 큰 영향을 미치지 못한 것으로 생각된다.

Table 4-11. Effect of light source and photoperiod for flower color value by Hunter's on *Hanabusaya asiatica*

Photoperiod	Light source	L	a	b
Longday	HPS ^z	66.37	10.10	-16.59
	In	68.48	10.46	-16.23
	Fl	70.02	9.32	-15.23
Shortday	-	70.33	9.84	-14.71
Natural daylength	UV	73.86	8.22	-13.32

^z HPS : high pressure sodium lamp, In : incandescent lamp, Fl : fluorescent lamp, UV : ultra violet lamp(one hour exposure in daylight)

^y L : +White--Black-, a : +Red--Green-, b : +Yellow--Blue-

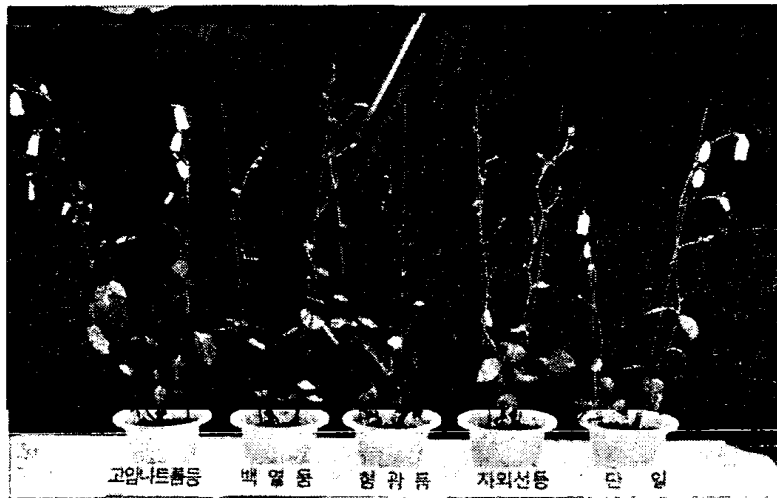


Fig. 4-13. Growth characteristics of *Hanabusaya asiatica* as affected by light source and photoperiod during summer season cultivation in highland area.

다. 적요

금강초롱꽃의 개화생리를 구명하고 고품질의 분화생산을 위하여 장일과 단일조건의 일장과 고압나트륨등 등 광원 종류별 재배한 결과는 다음과 같다.

개화는 장일조건에서 촉진되지 않았으며 단일조건에서도 크게 촉진되지 않아 일장이 개화에 크게 영향을 미치지 않았다.

금강초롱꽃의 성장량과 품질은 장일조건의 광량이 많을수록 향상되었으며 자외선 처리

는 성장량과 화색을 감소시켰다.

금강초롱꽃의 일장 및 광원처리는 개화조절이 아닌 품질향상에 중점을 두고 시행하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

다. 참고문헌

- Barnes, P.W., Flint, S. D., Caldwell, M. M. 1987. Photosynthesis damage and protective pigments in plants from a latitudinal arctic/alpine gradient exposed to supplemental UV-B radiation in the field. *Arctic and Alpine Research*. 19(1) : 21-27
- Barro, F., P. de la Haba, J. M. Maldonado, A.G. Fontes, De-la-Haba,-P. 1989. Effect of light quality on growth, contents of carbohydrates, protein and pigments, and nitrate reductase activity in soybean plants. *J. Plant Physiology* 134(5) 586-591.
- Beyschlag, W., Barnes, P. W., Flint, S. D., Caldwell, M. M. 1988. Enhanced UV-B irradiation has no effect on photosynthetic characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena fatua* L.) under greenhouse and field conditions. *Photosynthetica*. 22(4) : 516-525
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant Physiology* 28 : 355-377.
- Deitzer, G. F. 1984. Photoperiodic induction in long-day plants. p.51-63. In: *Light and the flowering process*. Vince-Prue, D., B. Thomas, K. E. Cockshull (Ed.). Academic press.
- Gribova, ZP, Antonovskii, VL. 1991. Institute of Chemical Physics, Academy of Sciences of the USSR, Moscow, USSR. *Biology Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*. 18: 1, 35-40; 11 ref., translated from *Izvestiya Akademii Nauk SSR, Seriya Biologicheskaya* (1991) No. 1, 51-5.
- Inagaki, N. Maekawa, S. Terabun, M. 1986. Effect of ultraviolet radiation on growth and photosynthetic ability of turnip (*Brassica campestris* L.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 55(3) : 296-302; 15 ref.
- Kristiansen, K. 1986. Effect of light quality and daylength on *Campanula carpatica*. *Gartner Tidende* 102(4) 106-107.
- Maas, F. M. 1989. Effects of light quality on the growth and carbon metabolism of internodes of *Phaseolus vulgaris* L.. Report Centre for Agrobiological Research, Netherlands. No. 100, p 31

- McMahon, M. J., J. W. Kelly. 1990. Influence of spectral filters on height , leaf chlorophyll, and flowering of *Rosa X hybrida* 'Meirutral'. J. Environmental Horticulture 8(4) : 209-211.
- McMahon, M. J., J. W. Kelly, D. R. Decoteau, R. E. Young, R. K. Pollock. 1991. Growth of *Dendranthema × grandiflorum*(Ramat.) Kitamura under various spectral filters. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(6) : 950-954.
- Moe, R. 1988. Growth and flowering in roses. Acta Horticulturae 218 p.121-130
- Moe, R. and R. Heins. 1990. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. Acta Horticulturae 272 p.81-89
- Norton, C. R., M. E. Norton, T. Herrington, D. Phillips. 1988. Light quality and light pipe in the micropropagation of woody ornamental plants. Acta Horticulturae No. 226 Vol. II p413-416.
- Pushnik, J. C., Miller, G. W., Jolly V.D., Brown, J. C. Davis, T. D. Barnes, A. N.. Influences of ultra-violet (UV)-blue light radiation on the growth of cotton. II. Photosynthesis, leaf anatomy, and iron reduction. 1987. J. Plant Nutrition. 10(17) : 1183-1197.
- Salisbury, F. B. Plant adaptations to the light environment. 1985. Plant production in the north [edited by Kaurin, A.; Junntila, O.; Nilsen, J.]. p. 43-61. Norwegian University Press.
- Downs R. J. and J. F. Thomas. 1982. Phytochrome regulation of flowering in the long-day plant, *Hyoscyamus niger*. Plant Physiology 70(3) : 898-900
- Siedlecka, M. and E. Romanowska. 1993. Effect of abscisic acid and blue radiation on photosynthesis and growth of pea plants. Photosynthetica 28(4) 583-587
- Smith, H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. Ann. Rev. Plant Physiology 33 : 481-518.
- Teramura, A.H., Sullivan, J. H., Ziska, L. H. 1990. Interaction of elevated ultraviolet-B radiation and CO₂ on productivity and photosynthetic characteristics in wheat, rice and soybean. Plant Physiology. 94(2) : 470-475
- William W. A.III, W. Klaus, S. Ulrich, and S. Peter. 1990. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics in relationship to changes in pigment and element composition of leaves of *Platanus occidentalis* L. during autumnal leaf senescence. Plant Physiology 93 : 1184-1190.

3. 금강초롱꽃 재배시 잎의 안토시아닌 축적 방지를 위한 청색필터 처리효과

가. 서언

금강초롱꽃은 희귀성과 대중성을 모두 갖춘 자생식물로 분화용으로 개발 가치가 충분한 조건을 가지고 있다. 그러나 금강초롱꽃을 분화용으로 재배하기 위해서는 여러 가지 해결해야 할 과제가 많다. 지나치게 긴 초장은 분화용으로 적합하지 못하여 왜화가 필요하고 가지수가 적어 분화용으로 화분에 꽂 차지 못하는 초세도 문제가 된다.

금강초롱꽃의 재배를 위하여 해결해야 할 가장 큰 문제는 개화기인 생육후기 잎의 안토시아닌 침적현상에 따른 잎의 고사로 대부분 잎의 부재상태로 개화하는 증상이다. 이러한 현상은 자생지에서는 그 정도가 경미하여 큰 문제가 되지 않으나 재배시에는 상품성 분화생산에 치명적 결함으로 대두된다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 청색필터에 의한 안토시아닌 생성 억제를 시도하였다. 이 과정에서 청색 단색광 처리는 상당한 비용을 요구하고 있어 실제로 실험실 수준에서만 구현이 가능하여 대상 식물체의 생리현상을 구명하는데 주로 사용되고 있다. 본 시험은 이와 같은 문제를 경제적으로 적용 가능한 소재인 청색 투명아크릴판을 사용하여 문제를 해결하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

사용한 재료는 금강초롱꽃 2년생 묘를 마사토와 부엽을 1:1로 섞은 배양토로 채운 직경 15cm 플라스틱 화분에 정식하여 사용하였다. 광질처리는 차광망 70%를 사용한 대조구와 청색, 적색, 원적색 4처리를 두었다. 광질처리는 반사필름으로 둘러싼 50×80cm 투명아크릴 상자 위에 적색광처리는 적색투명아크릴판을 덮어 조성하였고 청색은 청색 투명아크릴판을 덮었고 원적색은 청색과 적색 투명아크릴판을 두 개 덮었다. 각 처리의 파장별 광특성은 그림4-14와 같다. 재배는 해발 800m 인 대관령 고령지농업시험장 내 유리온실에서 수행하였다. 시비는 하이포넥스 1,500배액을 20일 간격으로 시용하였고 관수는 처리별로 표토가 마른 후 관수하여 지나친 과습이 되지 않도록 하였다.

조사는 생육 및 개화특성과 잎의 광합성 및 광 관련 특성, 엽록소와 안토시아닌 함량을 측정하였다. 광합성은 탄산가스 공급기가 부착된 휴대용광합성측정기(LI-2400, Li-cor)를 활용하여 탄산가스 농도를 400umol에 맞추고 LED를 이용한 광조사장치의 광도를 0, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000umol로 조절하여 광합성량을 측정함으로써 광포화점과 보상점을 구명하였다. 광원별 광파장 특성은 Spectroradiometer(LI-1800, Li-cor)를 사용하여 광원별 광파장 특성을 분석하였고, 각 광원에서 생육한 금강초롱꽃 잎의 광활용 특성을 분석하였다. 잎의 엽록소 함량은 엽록소측정기(minolta)를 이용하여 SPAD로 표시하였다.

잎 내의 안토시아닌 함량은 각 처리구에서 잎 1g씩 채취하여 95% ethanol과 1.5N HCl을 85:15(v/v)로 혼합한 추출액에 미세하게 마쇄하여 4℃에서 overnight 시킨 후 10,000g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 얻어진 용액을 535nm에서 흡광도를 측정하여 total anthocyanin 함량을 산출(Fluleki와 Francis, 1968)하였다.

화색의 농도를 측정하기 위해 Chroma meter(CR-200, minolta)를 이용하여 Hunter의 방법으로 표시하였다

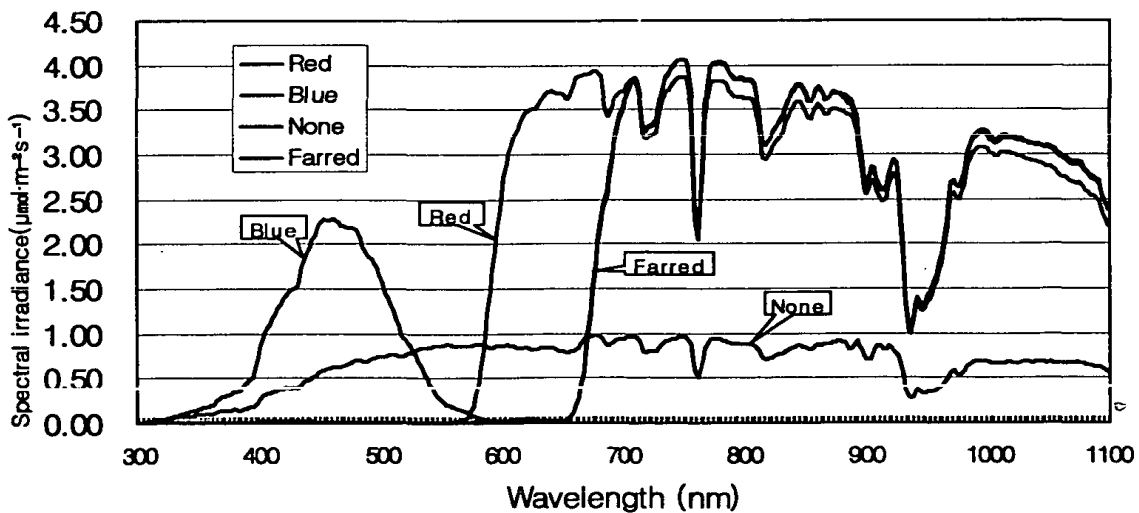


Fig. 4-14. Distribution of spectral irradiance on spectral light filter through the transparent acrylic color plate in highland area.

다. 결과 및 고찰

1) 처리의 광과장 특성

단과장 광 조건을 경제적으로 구현하기 위해 사용한 투명적색, 청색 아크릴판을 투과한 광 특성은 적색 투명아크릴판은 청색부분은 완전히 제거 되고 적색부분과 원적색부분을 투과시켰고 청색 투명아크릴판은 청색과 원적색부분을 투과시키고 적색부분은 제거되었으며 원적색을 위한 적, 청색 투명아크릴판을 사용한 경우 과장의 청색과 적색 영역이 제거되고 원적색부분이 주로 투과하였다.

각 처리의 광과장별 특성을 살펴보면(Table 4-12) 대조구인 차광구는 일반 노지의 광특성과 같은 경향을 나타냈으며 원적색과장보다 적색 과장의 량이 많아 비율이 1.6 이었고 광합성 유효과장대의 광량은 112.1 μmol 을 나타냈다. 적색광 처리의 과장별 특성은 청색대가 0.4 μmol 로 거의 제거되었으며 적색과 원적색의 비율은 1.7로서 차광처리구와 같은 경향을 보였다. 청색 처리구는 청색대가 가장 높았고 적색 : 원적색의 비율은 0.4로 차광처리와 적색 처리구와는 반대 경향을 보였다. 원적색 처리구는 광합성 유효광량이 39.4 μmol 로 가장 작았으며 적색 : 원적색 비율은 청색과 같은 경향을 보였다.

Table 4-12. Spectral light quantity of spectral light filter through the transparent acrylic color plate in highland area.

Spectral light filter	Irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				
	Blue (400-500nm)	Red (600-700nm)	Far red (700-760nm)	R : FR ratio	PAR ^z (400-700nm)
None	27.4	44.1	27.3	1.6	112.1
Red	0.4	182.3	110.0	1.7	197.2
Blue	91.6	40.1	113.4	0.4	154.4
Far red	0.3	38.9	112.8	0.3	39.4

^z Par : photosynthetically active radiation

2) 생육 및 개화 특성

광 처리에 따른 생육 및 개화특성은 Table 4-13, 14와 같다. 화퇴형성은 처리간 큰 차이가 나지 않았으며 개화는 적색과 대조구가 빠른 경향이었으며 원적색처리과 청색광 처리구는 늦었다. 이는 적색 : 원적색 비율이 대조구와 적색광처리구가 높아 negative DIF 처리효과가 있는 것으로 생각되어 조기 개화가 된 것으로 생각되며 청색과 원적색처리구는 이와 반대로 positive DIF 처리효과와 비슷한 결과를 보여 개화가 다소 지연되는 결과를 보였다. 초장과 엽수, 경경 등 생육 특성과 꽃수 등 개화특성은 처리간 조사항목간 통계적 유의성은 없었으나 초장은 원적색구와 대조구가 큰 경향이었고 청색광처리구가 가장 작은 경향이였다. 이는 대조구와 원적색 처리구가 광합성유효과장이 적은 관계로 식물체 도장에 기인한 것으로 판단되며 엽수와 엽장 경수 등은 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 화수는 청색광 처리구가 31.3개로 가장 많고 적색광 처리구가 20.3개로 가장 적어 화수에는 청색 파장대의 광량이 크게 작용하는 것으로 생각된다.

적색과 원적색 파장 비율은 대조구와 적색광 처리구는 높고, 청색과 원적색 처리구는 낮았다. 강광 하에서 생육한 경우 청색광에서 생육한 결과와 유사한 생장을 보인다고 보고한 것과 관련하여(Lichtenthaler 등, 1980) 본 시험에서도 초장이 적어지는 경향을 보였다.

Table 4-13. Effect of spectral light filter on flowering of *Hanabusaya asiatica* during summer season cultivation in highland area.

Spectral light filter	Date of flower bud formation	Date of flowering
None	Aug. 8	Sept. 18
Red	Aug. 8	Sept. 15
Blue	Aug. 10	Sept. 21
Farred	Aug. 10	Sept. 19

Table 4-14. Characteristics of growth and flowering as affected by spectral light filter during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*.

Spectral light filter	Plant height (cm)	No. of leaves /plant	No. of flowers /plant	Length of leaf (cm)	No. of stems /plant	Stem diameter (cm)
None	85.8	24.0	27.7	6.0	2.0	3.2
Red	80.9	23.3	20.3	6.6	2.0	3.0
Farred	82.1	25.3	29.7	6.5	2.0	3.3
Blue	79.6	24.7	31.3	6.6	2.0	3.4

N.S. ($p=0.05$)

3) 광 처리에 따른 잎의 광학적 특성변화

광 처리에 따른 잎의 유효파장대의 광흡수 특성을 Fig. 4-15에서 살펴보면 대조구가 녹색대 영역에서 가장 많이 흡수하였고 청색광에서 생육한 잎의 흡수율이 가장 적었다. 또한 청색광처리 잎이 광합성유효파장영역인 400~700nm에서 전체 광흡수량도 가장 적었으며 녹색에서 적색으로 이어지는 파장대에서 흡수율이 적었다. 이는 청색 필터가 적색광을 거의 차단하여 이를 흡수하는 엽록소의 기능이 저하된 것에 기인한 것으로 생각된다.

광 처리별 잎의 광 반사 특성은 청색광에서 생육한 식물체 잎이 가장 많이 반사하였다 (Fig.. 4-16). 광의 투과 특성은 그림 4-17에서 보는 바와 같이 대조구를 제외한 모든 처리구가 유사한 특성을 보였고 대조구에서 생육한 잎이 가장 적게 투과하였다. 이 결과를 종합하면 청색광 하에서 생육한 금강초롱꽃의 잎은 광합성유효파장대인 400-700nm의 흡수량이 적색과 원적색 및 대조구보다 적었으며 이는 클로로필의 광과장 흡수영역인 적색부분 기능이 저하된 것으로 생각된다.

5) 광 처리에 따른 잎의 광합성 특성

광처리에 따른 잎의 엽록소 함량은 대조구가 가장 많이 분포하였고 적색, 청색, 원적색 순으로 감소하였다. 본시험에서 차광구인 대조구는 적색광처리보다 광합성유효광량이 적었으나 일반 노지의 태양광과 같은 파장대를 형성하여 엽록소의 a b 모두 수광을 통한

정상 활동이 있었을 것으로 생각되어 잎의 엽록소 함량이 높아진 것으로 생각된다. 광합성 유효파장대의 광량이 가장 적은 원적외선 처리구가 엽록소 함량이 가장 적은 것으로 나타났다.

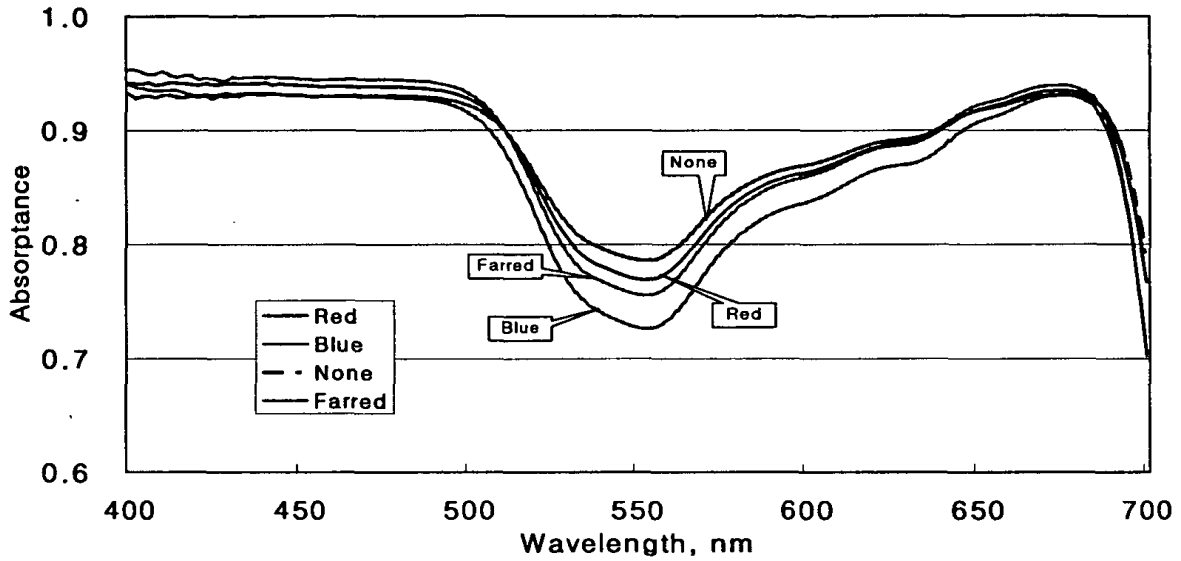


Fig. 4-15. Characteristics of spectral absorbance on leaf of *Hanabusaya asiatica* after treatment of spectral light filter through the transparent acrylic color plate.

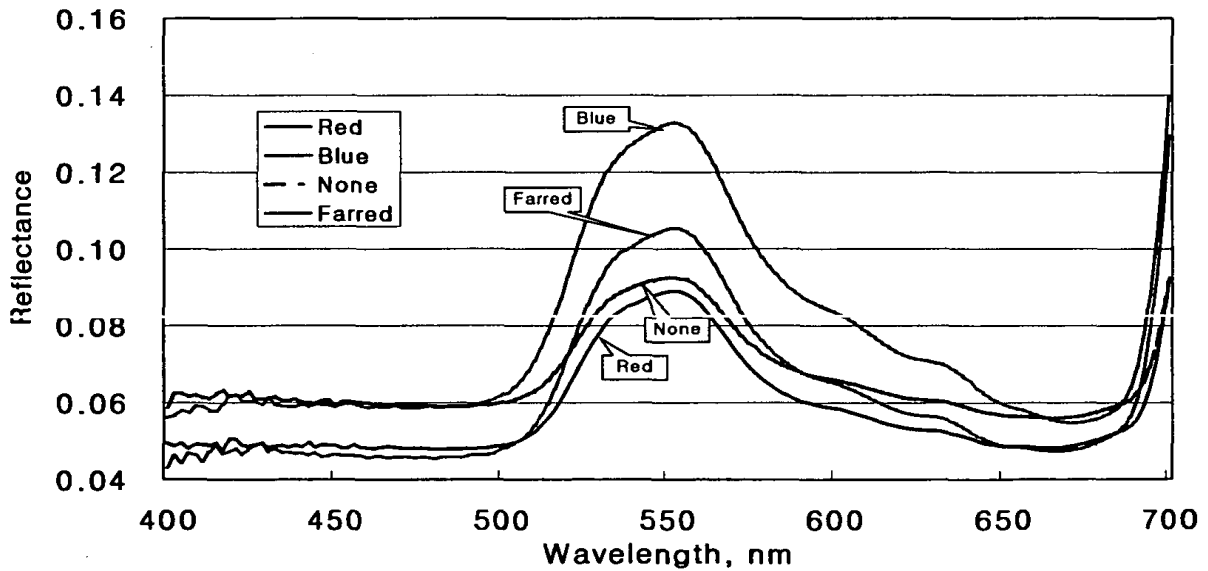


Fig. 4-16. Characteristics of spectral reflectance on leaf of *Hanabusaya asiatica* after treatment of spectral light filter through the transparent acrylic color plate.

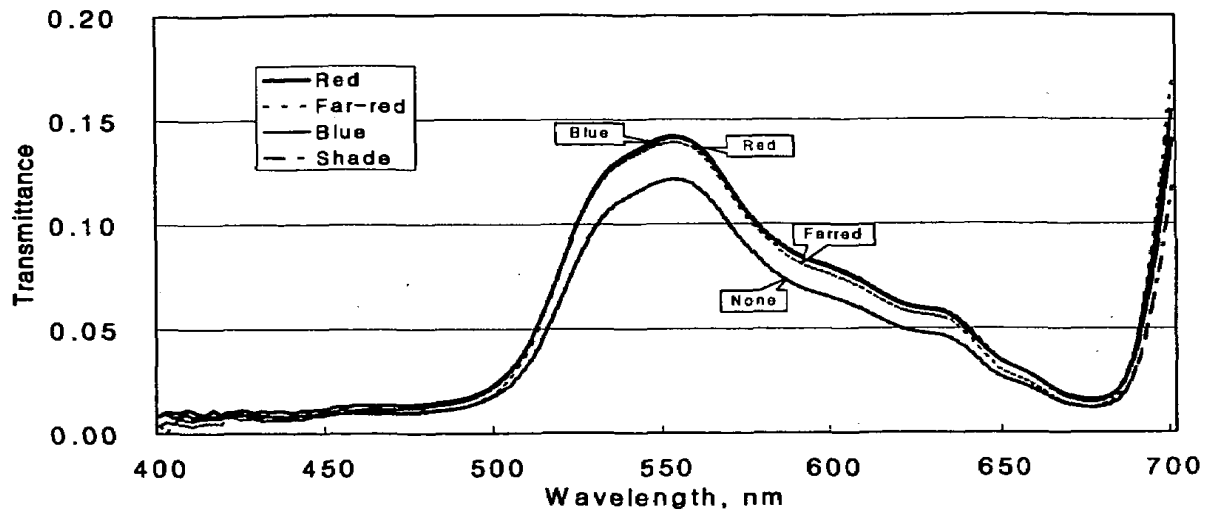


Fig. 4-17. Characteristics of spectral transmittance on leaf of *Hanabusaya asiatica* after treatment of spectral light filter through the transparent acrylic color plate.

광처리구 별 광합성 특성을 살펴보면 잎의 엽록소 함량과 같은 경향을 보였다(Fig. 4-18). 광보상점은 청색광이 약간 높았으며 다른 처리구는 모두 유사하였다. 광포화점은 대조구인 차광구가 1,500umol 인데 비해 기타 처리구는 모두 1,000umol 로 나타났다. 이는 대조구만이 엽록소 a b 모두의 광흡수 피크파장인 적색과 청색 모두를 수용한 결과 광 활용 능력이 향상된 것으로 생각된다.

Table 4-15. Differences of chlorophyll contents of leaves as affected by spectral light filter during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*.

Spectral light filter	Chlorophyll contents (SPAD)
None	46.3 a
Red	45.1 ab
Blue	44.1 ab
Farred	42.1 b

^z Duncan ($P=0.05$)

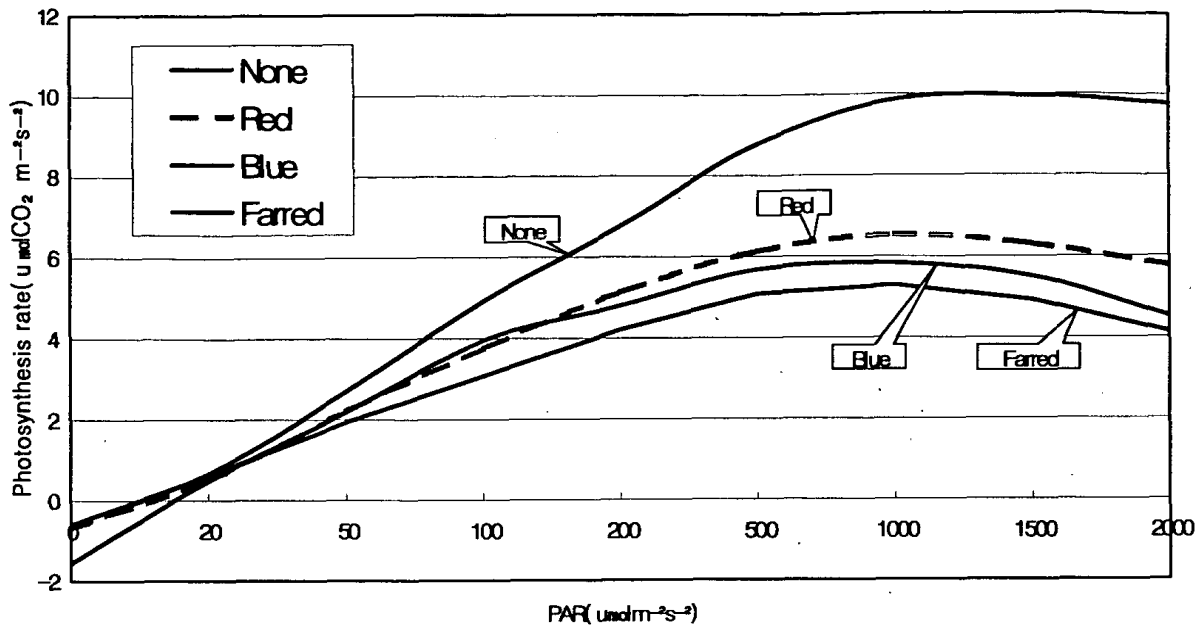


Fig. 4-18. Characteristics of photosynthesis on *Hanabusaya asiatica* according to spectral light filter.

6) 광 처리에 따른 적엽 발생을

광 처리별 잎의 안토시아닌 함량은 대조구가 가장 높았고 청색광 처리구가 0.37mg/g로 가장 낮았으며 파장별로 적색부분이 많은 대조구와 적색광 처리구 잎의 안토시아닌 함량이 많았다. 청색광 처리구의 경우 대부분 적엽발생을 확인할 수 없어 가시적으로 확인되는 안토시아닌 함량은 0.37mg/g 이상인 것으로 생각된다. 적엽발생은 무처리구가 15매로 전체 24매의 62.5%에 발생하여 가장 높았고 적색광처리가 37.3%, 원적색이 11.3%, 청색광이 1.6%로 가장 낮았다. 적색 : 원적색 비율이 높은 처리구인 대조구와 적색처리구가 적엽율이 높았고 적색 : 원적색 비율이 낮은 청색과 원적색의 비율이 낮은 것으로 보아 안토시아닌 생합성에 phytochrome이 관여된 것으로 생각되었다. 또한 원적색처리구의 적엽발생율이 청색광처리구보다 높은 것은 안토시아닌 합성억제에는 청색광처리가 보다 효과적임을 알 수 있었다. 이는 일반적으로 안토시아닌 생합성에는 청색광이 촉진하는 것으로 알려진 것과 비교하면 정반대의 결과를 보였으며 이에 관한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Table 4-16. Differences of anthocyanin contents of leaf as affected by spectral light filter during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*

Spectral light filter	Anthocyanin contents(mg/g F.W)
None	0.65
Red	0.43
Blue	0.37
Farred	0.40

^z Duncan ($P=0.05$)

Table 4-17. Rate of red leaves to total leaves as affected by spectral light filter during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*

Spectral light filter	No. of leaves/ plant(A)	No. of red leaves /plant(B)	Rate of red leaves (%)
None	24.0	15.0	62.5
Red	23.3	8.7	37.3
Blue	25.3	0.4	1.6
Farred	24.7	2.8	11.3

7) 광 처리에 따른 화색특성

단색광처리별 화색 농도는 청색광 처리구가 적색을 나타내는 a의 수치가 5.50, 청색을 나타내는 b의 수치가 -8.68로 금강초롱꽃의 화색인 남색을 구성하는 색의 농도가 가장 낮게 나타났다. 이는 잎의 적엽을 발생시키는 색소인 안토시아닌은 화색발현에도 관계하는 바 청색광의 안토시아닌 합성 억제 효과로 꽃색이 열리는 것으로 생각된다.

Table 4-18. Effect of spectral light filter for flower color value by Hunter's during summer season cultivation in highland area on *Hanabusaya asiatica*.

Spectral light filter	L ^z	a	b
None	72.81	6.68	-11.21
Red	63.66	12.06	-17.49
Blue	73.34	5.50	- 8.68
Farred	70.28	8.65	-13.14

^z L : +White--Black-, a : +Red--Green-, b : +Yellow--Blue-



None

Red

Blue

Fig. 4-19. Differences of anthocyanin accumulation in the leaf on *Hanabusaya asiatica* as affected by single spectral light filter treatment during summer season cultivation in highland area

라. 적요

금강초롱꽃 재배시 생육후기에 잎내의 안토시아닌 침적에 따른 적엽발생 및 잎의 고사로 상품가치를 저하시키는 문제를 해결하기 위해 단색광 처리한 결과는 다음과 같다.

대조구와 적색광처리구는 적색 : 원적색 비율이 높았으며 청색과 원적색 처리구는 비율이 낮았다. 개화는 비율이 높은 적색과 대조구가 빠른 경향이었으며 청색광은 강광 하에서 생육한 것과 같은 경향을 보여 초장이 감소하는 경향이였다.

청색광처리구의 잎은 빛의 흡수율이 가장 낮고 반사율이 높은 특징을 보였으며 엽록소 함량도 낮고 광합성량도 낮았다.

대조구의 광포화점은 1,500umol이었고 기타 단색광처리구는 모두 1,000umol로 낮아졌다.

잎의 안토시아닌 함량은 청색광이 가장 적었으며 적엽율도 1.6%로 가장 낮았으나 화색 농도도 낮아지는 문제점을 나타냈다.

본 시험결과 금강초롱꽃의 고품질 분화재배를 위해서는 본엽 5매부터 청색 투명아크릴 판을 활용하여 안토시아닌의 잎 침적을 방지하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

마. 참고문헌

- Allen, J. C. 1985. Dictionary of plant names. p. 119. Collingridge.
- Barro, F., P. de la Haba, J. M. Maldonado, A.G. Fontes, De-la-Haba,-P. 1989. Effect of light quality on growth, contents of carbohydrates, protein and pigments, and nitrate reductase activity in soybean plants. J. Plant Physiology 134(5) 586-591.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiology 28 : 355-377.
- Brian, T. and V. Daphne. 1997. Photoperiodism in Plants. p.361. Academic Press.
- Choi, S. Y., J. T. Cho, K. J. Pack, J. C. Park, J. D. Kim, S. J. Cho. 1989. Development of cultivated and wild flower cultivation techniques. Development of cropping system on cultivated flowers and wild flowers and production of high quality seedling. Ann. Rep. Chungbook Agri. Research & Extension. 248-255
- Deitzer, G. F. 1984. Photoperiodic induction in long-day plants. p.51-63. In: Light and The Flowering Process. Vince-Prue, D., B. Thomas, K. E. Cockshull (Ed.). Academic press.
- Joung, H. Y. 1999. Development of new flower crops for highland cultivation. in The active plans for highland floriculture. Symposium. p. 77-104. NAAES.
- Kristiansen, K. 1986. Effect of light quality and daylength on *Campanula carpatica*. Gartner Tidende 102(4) 106-107.
- Lang, A. 1965. Physiology of flower initiation. In: Encyclopedia of Plant Physiology(old series), Ruhland, W., ed., Vol. 15, p1380-1535. springer-Verlag, Berlin.
- Lee, T. B. 1993. Illustrated flora of Korea. p.611. Hangmunsa.
- Lichtenthaler, H. K., C. Buschmann and U. Rahmsdorf. 1980. The importance of blue light for the development of sun-type chloroplasts. In: The Blue Light Syndrome. Senger, H. Ed. Springer Verge. Berlin, Heidelberg and New York. p. 485-494.
- Maas, F. M. 1989. Effects of light quality on the growth and carbon metabolism of internodes of *Phaseolus vulgaris* L.. Report Centre for Agrobiological Research, Netherlands. No. 100, p 31
- McMahon, M. J., J. W. Kelly. 1990. Influence of spectral filters on height , leaf chlorophyll, and flowering of Rosa X hybrida 'Meirutal'. J. Environmental Horticulture 8(4) : 209-211.
- McMahon, M. J., J. W. Kelly, D. R. Decoteau, R. E. Young, R. K. Pollock. 1991.

- Growth of *Dendranthema* × *grandiflorum*(Ramat.) Kitamura under various spectral filters. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(6) : 950-954.
- Moe, R. and R. Heins. 1990. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. Acta Horticulturae 272 p.81-89
- Norton, C. R., M. E. Norton, T. Herrington, D. Phillips. 1988. Light quality and light pipe in the micropropagation of woody ornamental plants. Acta Horticulturae No. 226 Vol. II p413-416.
- Nelson, P. V. 1991. Greenhouse Operation and Management. p.366-370.
- Downs R. J. and J. F. Thomas. 1982. Phytochrome regulation of flowering in the long-day plant, *Hyoscyamus niger*. Plant Physiology 70(3) : 898-900
- Semeniuk, P. and D. T. Krizek. 1972. Long days and cool night temperature increase flowering of greenhouse grown *Limonium* Cultivars. HortScience 7 : 193
- Semeniuk, P. and D. T. Krizek. 1973. Influence of germination and growing temperature on flowering of six cultivars of annual *Statice*(*Limonium* cv.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 140-142
- Siedlecka, M. and E. Romanowska. 1993. Effect of abscisic acid and blue radiation on photosynthesis and growth of pea plants. Photosynthetica 28(4) 583-587
- Smith, H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. Ann. Rev. Plant Physiology 33 : 481-518.
- William W. A.III, W. Klaus, S. Ulrich, and S. Peter. 1990. Photosynthesis and Chlorophyll Fluorescence Characteristics in Relationship to Changes in Pigment and Element Composition of Leaves of *Platanus occidentalis* L. during Autumnal Leaf Senescence. Plant Physiology 93 : 1184-1190.

제3절 개화조절 및 품질향상 기술 개발

1. 저온 및 GA₃ 처리가 금강초롱꽃의 생육과 개화에 미치는 영향

가. 서언

금강초롱꽃은 초롱꽃과에 속하는 속근성 식물로 한국특산 자생식물이며 세계적으로도 희귀하다. 자생지역은 금강산, 설악산, 태백산, 점봉산, 명지산 등 중북부 산간지역으로 자생지는 해발 850~1,400m, 경사 5~43°의 비교적 고산지역이며 토양산도 pH 5.4의 비옥한 토양에서 생육한다(Kim 등, 1996). 외부 형태적 특성으로 전체에는 털이 없고 줄기는 직립하며 30~90cm 정도로 자란다. 잎은 호생하고 형태는 난상형(卵狀形)이며 8~9월에 연한 자주색 종 모양의 꽃이 피어 관상가치가 높다(Lee, 1993). 그러나 그 동안 무분별한 남획으로 멸종위기에 처해 환경부 지정 특정야생식물로 보호되고 있어 보존 및 화훼화를 위한 연구가 절실히 필요한 상황이다.

한편 자생식물에 대한 관심이 높아져 금강초롱꽃의 개발가치는 더욱 증가하고 있지만 금강초롱꽃의 화훼화에 관한 연구는 아직 초보적인 단계에 머무르고 있다(Song, 1996). 일부 초롱꽃류에 대한 여러 연구가 보고되고 있으나(Ko 등, 1996; Kim 등, 1996; Cho 등, 1993) 금강초롱꽃의 재배화에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 금강초롱꽃은 고산성 식물로 평지에서 번식이 잘 안되거나 생육은 해도 도장하는 등 비정상적인 생육을 해 이에 관한 기초연구도 필요하다. 또한 자연저온과 GA₃를 이용한 휴면타파에 관한 실험이 여러 구근류, 속근류에서 수행되어 왔으나, 자생식물에서는 원예화를 위한 기초연구가 단편적으로 수행되고 있다(Kim 등, 1996; Yang, 1997). 지베렐린은 장일과 저온에 대체 효과가 있어 식물의 성장과 개화에 현저한 영향을 미치며, 종자 및 식물 영양체의 휴면타파에도 효과가 큰 것으로 알려져 있다. 특히 저온처리를 받아야만 개화하는 식물에서 지베렐린 처리만으로 추대, 개화시킬 수 있다는 것이 알려져 있다(Krishnamoorthy, 1981).

이에 본 연구는 금강초롱꽃의 저온 및 GA₃ 처리가 생육 및 개화에 미치는 영향을 구명함으로써 화훼화를 위한 육종 및 재배의 기초기술을 개발하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 저온처리 기간에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화

자생식물인 금강초롱꽃(*Hanabusaya asiatica* Nakai)의 모주를 1994년 오대산 일대에서 수집하여 고령지농업시험장 시험포장에 정식 후 이들 개체에서 종자를 수확하여, 1995년 파종한 뒤 묘를 직경 18cm, 높이 15cm 화분에 심어 3년간 재배 후 재료 식물로 이용하였다. 금강초롱꽃(3년생)을 1998년 4월 28일부터 10일간 4℃에서 20, 30, 40, 50일 처리한 후, 5월 18일부터 4회에 걸쳐 재식거리 20×20cm로 정식하였다. 정식 후 비가림하우스에 50% 차광망을 씌워 재배하였고 3일마다 점적관수하였다. 공시 개체수는 처리 당 10개체를 난괴법 3반복으로 하였다.

조사는 1년차에 출아기와 정식 후 40일부터 10일 간격으로 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 경경, 경수, 추대시기를 조사하였고, 개화는 개화기, 개화수, 화경수, 화경장, 화폭, 개화종료일 등을 조사하였다. 출아 및 개화소요일수는 정식일을 기준으로 하였다. 2년차 조사는 1년차와 같은 방법으로 하였다. 기온과 지온은 Campbell 21X Data Logger(Campbell Scientific, Inc.)를 이용하여 5월 상순부터 10월 중순까지 2시간 간격으로 조사하였다.

(2) GA₃ 처리에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화

종자를 1998년 2월 27일 288공 플러그 트레이에 파종하여 40일간 육묘한 뒤 직경 15cm 포트에 4월 6일 이식하였다. GA₃ 처리는 3엽기(6월18일)에 무처리, 200, 500, 1000 mg·L⁻¹의 농도로 엽면살포하였다. 공시 개체수는 처리당 10개체로 난괴법 3반복으로 하였다. 생육 초기에는 차광하지 않았으나 GA₃ 처리 이후부터는 비가림하우스에서 50% 차광망을 씌워 재배하였다. 생육조사는 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 경수, 경경을 10일 간격으로 하였고 개화특성은 개화기, 개화수, 화경수, 화경장, 화폭, 개화종료일 등을 조사하였다.

(3) GA₃ 처리횟수에 따른 금강초롱꽃의 생육

3년생 묘를 4℃에서 1998년 8월 21일부터 30일간 저장한 뒤 1998년 9월 21일에 직경 30cm의 화분에 정식하고 GA₃ 200mg·L⁻¹을 본엽 3매 출현시부터 7일 간격으로 무처리, 1, 2, 3, 4회 엽면살포하였다. 유리온실에서 50% 차광망을 씌워 재배하면서 3일 간격으로 관수하였다. 공시개체수는 처리당 5개체로 난괴법 3반복으로 하였다. 출아기, 신초수 등을 조사하였고, 생육은 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 경수, 경경을 10일 간격으로 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

금강초롱꽃의 고랭지 비가림하우스 재배기간 중 50% 차광 하에서 측정 한 1998년 5월 상순부터 10월 중순까지 기온은 최고 27.3℃, 최저 8℃, 평균 13~23.3℃의 분포를 보였고, 1999년 4월 상순에서 10월 중순까지의 기온은 최고 24.3℃, 최저 1.8℃, 평균 7.1~21.7℃의 분포를 보였다(Fig. 4-20).

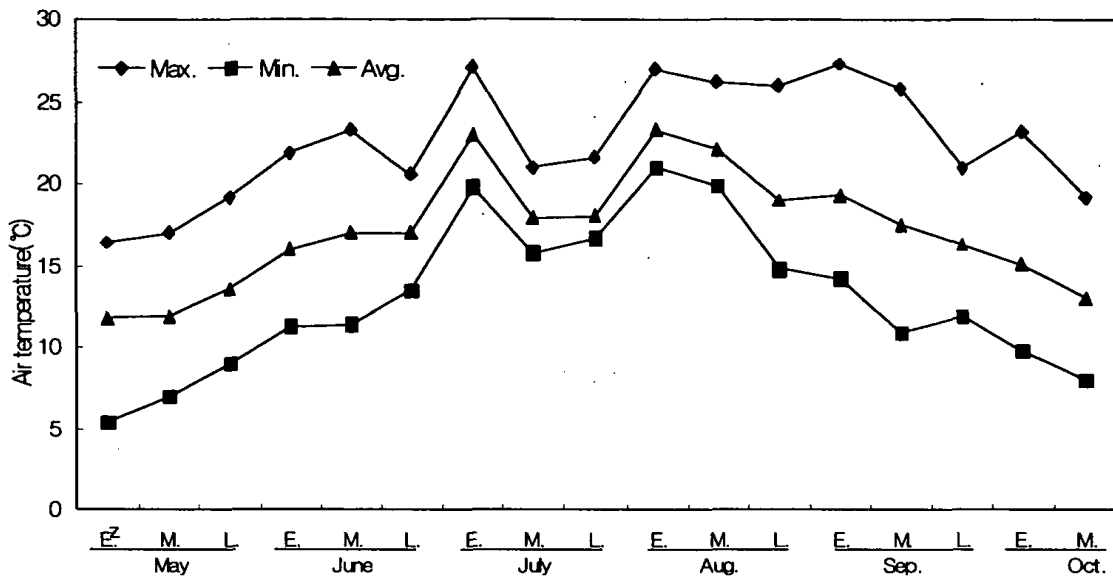


Fig. 4-20. Monthly change of air temperature at rain shelter house in highland. (800m, sea above, 1998)

²E : the first ten days of a month, M : the middle ten days of a month, L : the last ten days of a month

가. 저온처리에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화

저온처리 기간에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화는 Table 4-19, 20과 같이 저온처리 기간이 길수록 출아소요 일수가 줄어들어 20일 저온처리의 경우 20일이 소요되었으나 40일 이상 처리에서는 10일이 소요되었다. 이는 금강초롱꽃에서 자연저온경과시간이 길수록 출아율이 향상되고 출아소요일수가 줄어든다는 것과 같은 결과를 나타내었다(Yang, 1997). 또한 초롱꽃에서 가온시기가 늦어질수록 개화시기는 늦어졌으나 개화소요일수가 단축되었다는 것과 같은 결과이다(Cho 등, 1993). 2년차 재배에서는 저온처리기간에 관계없이 출아

소요일수 및 생육이 비슷하여 1년차 생육이 2년차 생육에는 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 1년차 재배에서 초장은 저온 처리기간이 증가함에 따라 초장이 증가하여 50일간 저온처리 한 것이 25.1cm로 가장 컸다(Table 4-19).

Table 4-19. Effects of low temperature period on the growth of *Hanabusaya asiatica* in 1998 and 1999.

Low temperature treatment	Date of shoot emergence	Days to shoot emergency	Plant height (cm)	No. of leave / plant	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	No. of stem / plant	Stem diameter (mm)
1998								
AC 20 ²	June 8	20	10.2	18.5	4.3	5.1	2.0	2.6
AC 30	June 10	12	19.1	31.6	4.8	5.9	3.8	2.5
AC 40	June 18	10	24.8	21.6	4.9	5.8	2.5	2.7
AC 50	June 28	10	25.1	23.3	5.0	6.2	3.1	2.8
LSD(P=0.05)	-	-	5.0	NS	NS	NS	NS	NS
1999								
AC 20	Apr. 19	-	18.8	37.7	6.9	5.1	5.0	3.6
AC 30	Apr. 21	-	26.1	32.9	7.4	5.2	4.1	4.0
AC 40	Apr. 24	-	25.9	32.0	7.2	4.9	3.2	3.7
AC 50	Apr. 25	-	30.5	35.4	7.3	5.1	4.2	3.8
LSD(P=0.05)	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS

²AC 20:20 days treatment at 4°C. AC 30:30 days treatment at 4°C.

AC 40:40 days treatment at 4°C. AC 50:50 days treatment at 4°C.

초장의 변화를 살펴보면, 저온을 20일, 30일 처리한 경우 초장의 변화가 거의 없었으나 40일, 50일의 경우 화경의 신장으로 개화기에 초장이 증가하였다. 저온처리기간에 따른 개화특성은 20일 저온처리에서 개화소요일수가 92일인 반면 저온처리기간이 길어짐에 따라 줄어들었다. 이것은 저온처리기간이 길수록 출아소요일수가 줄어들어 생육이 빨라지므로 개화시기 역시 빨라지는 것으로 추측된다. 일반적으로 자생 초화류에서 파종시기가 늦어질수록 개화소요일수가 단축된다는 Jeong과 Hong(1987)의 결과와 유사하다. 화경수는 50일 저온처리에서 2.6개로 가장 많았다. 그러나 2년차에의 개화특성은 처리간 유의성이 인정되지 않았다.

Table 4-20. Effects of low temperature period on the flowering of *Hanabusaya asiatica* in 1998 and 1999.

Low temperature treatment	Flowering time	Days to flowering	No. of flower stalks /plant	Length of flower stalk(cm)	Floral width (mm)	Periods of flowering
1998						
AC 20 ^z	Aug. 18	92	1.5	5.7	26.3	7.5
AC 30	Aug. 14	78	2.3	6.6	28.7	6.3
AC 40	Aug. 18	71	2.1	10.2	28.5	7.3
AC 50	Aug. 14	57	2.6	8.2	29.0	5.6
LSD(P=0.05)	-	-	1.0	NS	NS	NS
1999						
AC 20	Aug. 8	111	3.7	4.8	28.9	6.7
AC 30	Aug. 4	105	3.4	7.8	29.1	7.7
AC 40	Aug. 7	105	2.8	8.4	28.3	9.5
AC 50	Jul. 31	97	3.9	7.9	28.5	7.5
LSD(P=0.05)	-	-	NS	NS	NS	-

^zAC 20 : 20 days treatment at 4°C. AC 30 : 30 days treatment at 4°C
 AC 40 : 40 days treatment at 4°C. AC 50 : 50 days treatment at 4°C

나. GA₃ 처리에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화

GA₃농도별 처리에 따른 금강초롱꽃의 생육 및 개화 특성은 Table 4-21과 같다. 일반적으로 금강초롱꽃은 파종 후 1년 내에는 추대 및 개화하지 못하고 파종 2년 후에야 개화가 가능하다고 알려져 있다(Kim 등, 1996). 저온처리에 의하여 휴면이 타파되는 식물은 때때로 GA₃가 저온을 대신하는 경우가 있다(Boodley 등, 1959). 온대성 구근류인 튜립의 경우, GA₃가 저온처리 효과를 대신함으로써 개화를 촉진하고 (Van Brugt와 Zijlstra, 1971), 저온처리가 필요한 범부채의 종자 발아에도 저온을 대신하여 GA₃ 100mg · L⁻¹을 처리했을 때 발아가 촉진된다(Park 등, 1995)고 하였다. 본 실험에서 금강초롱꽃은 GA₃ 무처리의 경우 신초가 발생하지 않고 근생엽만 출현하였고 개화 또한 이루어지지 않았으나 GA₃ 처리의 경우 농도가 높을수록 신초 수와 초장이 증가하였으며, 특히 GA₃ 1000mg · L⁻¹처리에서 신초수가 17.3개로써 GA₃에 민감한 반응을 보여 금강초롱꽃의 경우 휴면타파에 필요한 저온을 GA₃가 대체할 수 있음을 알 수 있었다. 초장은 무처리의 경우 4.2cm로

GA₃ 1000mg · L⁻¹ 처리시 20.7cm로 신장하였다.

엽장은 1000mg · L⁻¹ 처리에서 6.4cm로 나타났으나 엽폭은 처리간 차이가 거의 없었다. GA₃ 처리농도에 관계없이 모두 개화되었으며 고농도일수록 개화기가 빨랐다. 개화수 역시 GA₃ 1000mg · L⁻¹ 에서 주당 4.3개로 가장 많았고 화폭도 3.0cm로 가장 넓었다(Table 4-23).

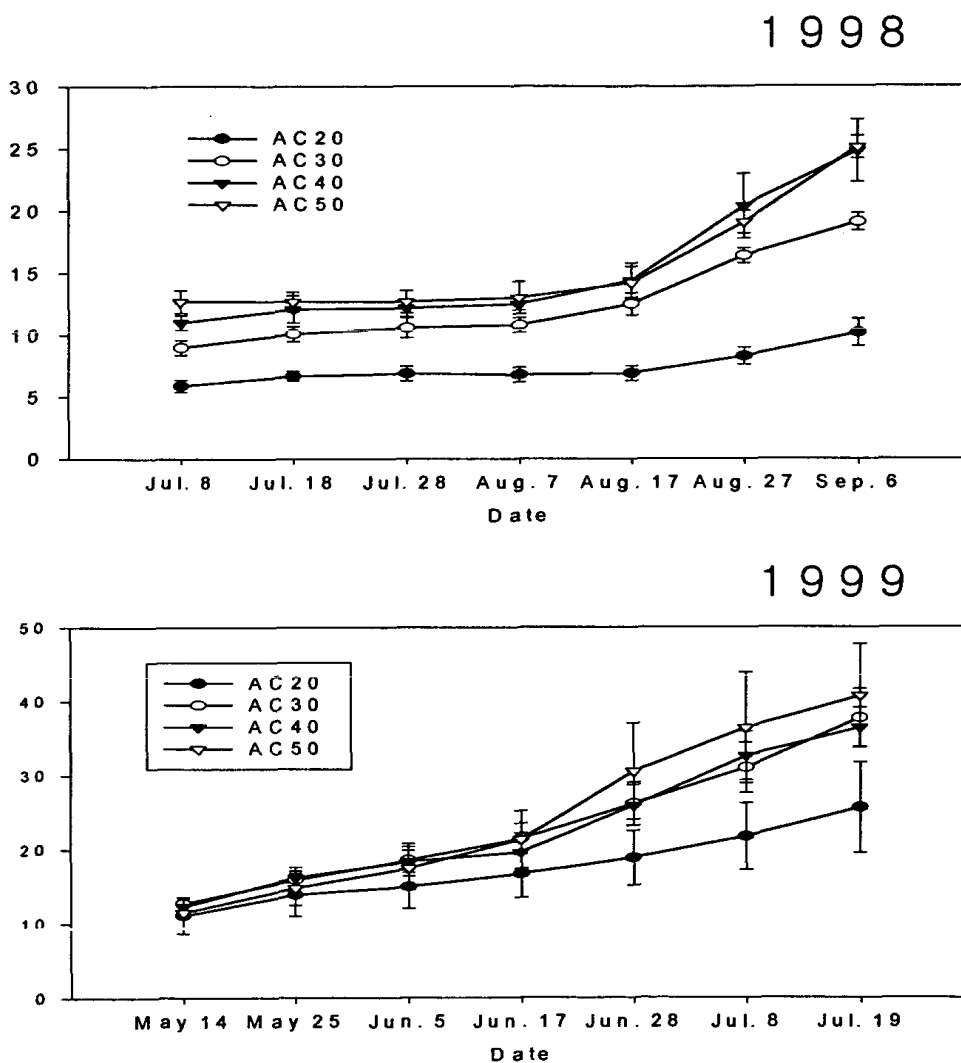


Fig. 4-21. Monthly change of plant height according to low temperature period in *Hanabusaya asiatica*.

AC20 : 20 days treatment at 4°C. AC30 : 30 days treatment at 4°C.

AC40 : 40 days treatment at 4°C. AC50 : 50 days treatment at 4°C.

Each point represent the average value for plant height ± SE.

Table 4-22. Effects of GA₃ concentrations by foliar spray application on the growth of *Hanabusaya asiatica*.

GA ₃ Conc. (mg · L ⁻¹)	No. of Shoots /plant	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves /plant
0	3.0	4.2	3.8	3.1	4.0
200	12.8	14.9	5.1	2.8	20.0
500	12.3	14.1	4.9	2.6	11.4
1,000	17.3	20.7	6.4	2.7	18.9
LSD(P=0.05)	5.6	11.4	0.7	NS	8.0

Table 4-23. Effects of GA₃ concentrations by foliar spray application on the flowering of *Hanabusaya asiatica*.

GA ₃ Conc. (mg · L ⁻¹)	Flowering time	Days to first flowering	No. of flowers /plant	Length of flower stalk(cm)	Floral width (mm)	Periods of flowering
0	-	-	-	-	-	-
200	Aug. 29	145	2.3	5.3	26.9	10.0
500	Aug. 28	144	2.8	3.7	28.0	10.2
1000	Jul. 21	106	4.3	6.3	30.1	10.6
LSD(P=0.05)	-	-	1.5	2.1	4.1	-

GA₃를 고농도로 처리하였을 때 개화수가 증가하는 것은 신초수가 증가하였기 때문으로 판단된다. 이것은 Yang(1997)이 금강초롱꽃에서 저온에 의한 휴면타파 이전에는 GA₃에 의해 출아율이 증가되었고, 저온에 의한 휴면타파 이후에는 생육 및 개화율이 향상되었다고 보고한 것과 같은 결과이다. GA₃ 무처리 경우 개화되지 않았으나 GA₃ 처리구에서는 초장이 너무 신장되어 관상가치가 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 4-22). 따라서 생육초기에 GA₃를 처리하여 추대시키고 추대후에는 초장을 억제하여 관상가치를 증진시키는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

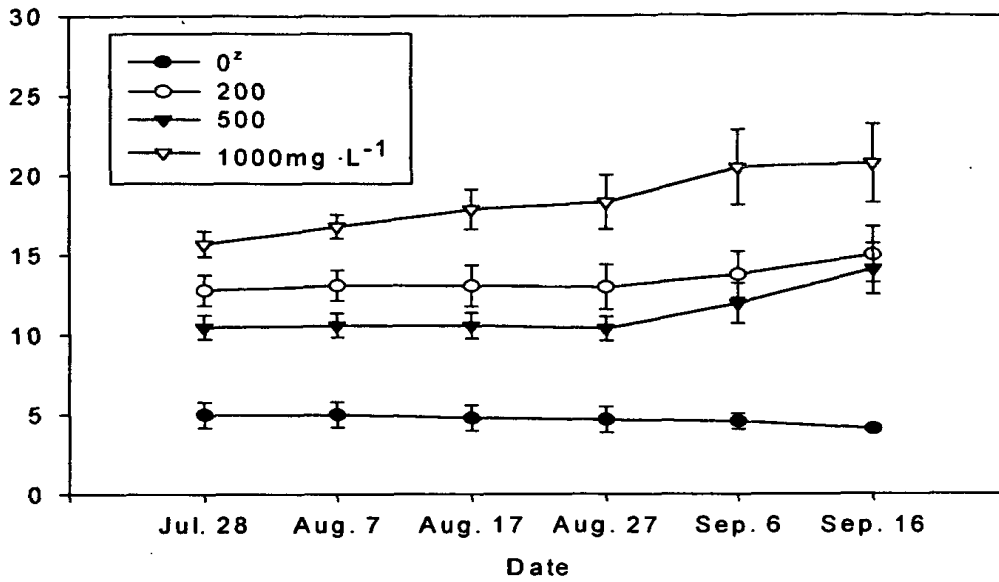


Fig. 4-21. Monthly change of plant height according to GA₃ concentrations of *Hanabusaya asiatica*.

^z:GA₃(mg · L⁻¹) Each point represent the average value for plant height ± SE.

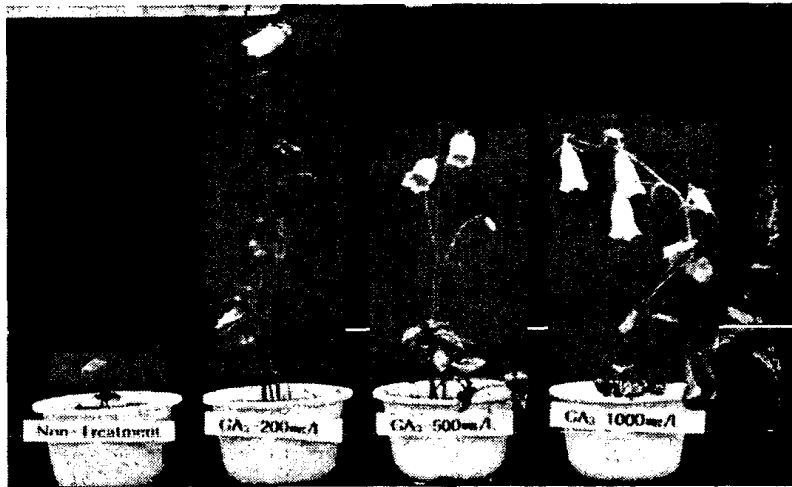


Fig. 4-22. Flowering characteristics of *Hanabusaya asiatica* according to GA₃ concentrations.

다. GA₃ 처리횟수에 따른 금강초롱꽃의 생육특성

GA₃처리 횟수에 따른 금강초롱꽃의 생육은 Table 4-24와 같다. 무처리에서는 신초발생이 4.9개인 반면 3회 엽면살포에서는 20.2개로 4배이상 증가하였다.

Table 4-24. Effects of GA₃ foliar spray^z application times on growth of *Hanabusaya asiatica*.

Application times	No. of Shoots /plant	Plant height (cm)	No. of leaves / plant	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of stems / plant	Stem diameter (mm)
0	4.9	8.8	25.0	6.5	5.4	0	0
1	6.7	10.4	31.2	6.6	5.5	1.0	1.9
2	12.0	19.3	44.1	7.6	5.1	1.6	1.3
3	20.0	18.2	65.1	8.4	5.0	3.0	1.5
4	14.2	22.8	54.5	8.5	5.1	3.0	1.5
LSD(P=0.05)	5.7	8.3	15.2	1.0	NS	1.0	1.5

^z:200mg · L⁻¹ of GA₃ was sprayed at Oct. 6

4회 처리시 초장은 22.8cm, 엽장 8.5cm로 증가하였으며 엽장 또한 2cm정도 신장되었다. GA₃ 200mg/L 2회 처리가 생육에 좋은 효과를 보였고 처리횟수를 증가해도 유의성있는 차이는 없는 것으로 나타나 실용적으로는 2회처리가 바람직한 것으로 판단되었다.

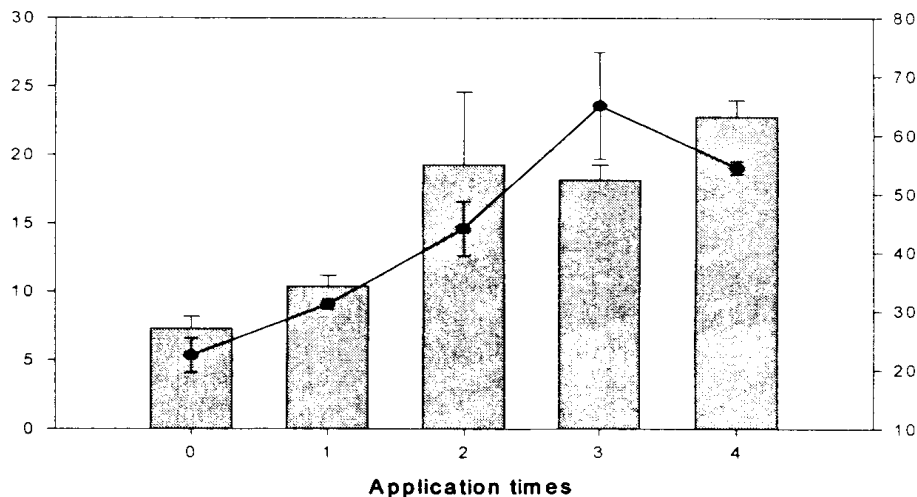


Fig. 4-23. Plant height and number of leaves according to applications times of GA₃ foliar spray of *Hanabusaya asiatica*.

Each point and vertical bars represent the average value for plant height and No. of leaves ± SE respectively.

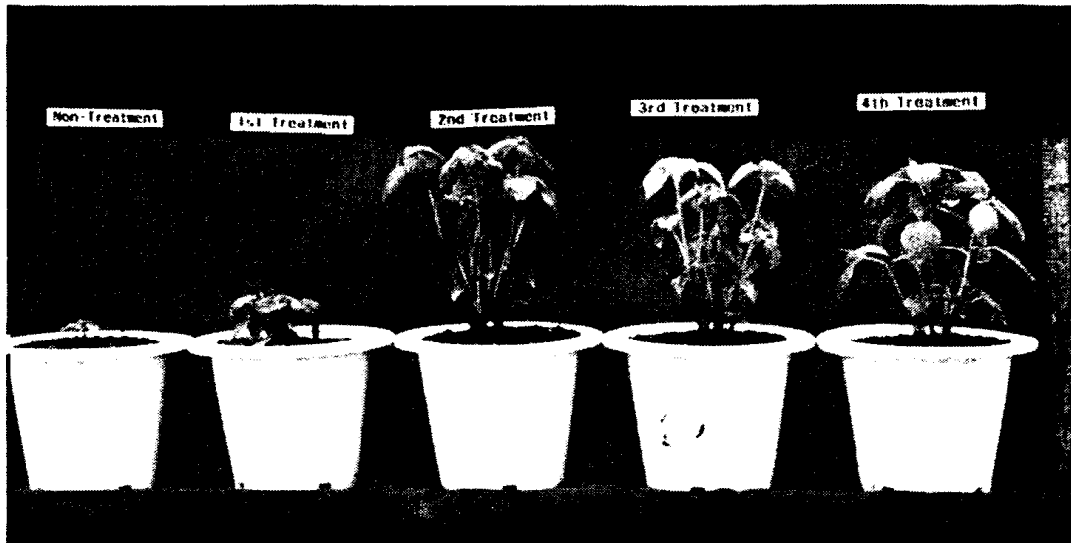


Fig. 4-24. Growth characteristics of *Hanabusaya asiatica* according to GA₃ foliar spray application times. 200mg · L⁻¹ of GA₃ was sprayed 0 to 4 times by 7 days interval.

4. 적 요

본 연구는 금강초롱꽃의 고품질 분화생산 결과를 얻기 위해 저온 및 GA₃처리가 생육 과 개화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 저온처리기간, GA₃ 처리농도 및 처리횟수를 달리하여 수행하였다. 저온처리기간을 4수준, GA₃ 농도별 처리를 3수준, 및 GA₃ 200mg · L⁻¹ 엽면살포 처리횟수를 4수준으로 처리하였다. 금강초롱꽃의 생육 및 개화는 1년차 에는 저온처리기간이 길수록 싹출현 일수가 단축되었고 초장과 화경장이 컸으며 30일간 저온 처리 시 가장 많은 화수를 나타내었다. 그러나 2년차 재배에서는 생육 및 개화에 차이가 없는 것으로 나타났다. 금강초롱꽃의 1년생 묘의 생육 및 개화는 GA₃ 200mg · L⁻¹ 이상의 농도 처리 시 싹출 발생 및 화경의 출현으로 개화가 가능했고 1,000mg · L⁻¹ 처리 시 초장과 화경장이 가장 컸다. 금강초롱꽃의 휴면은 GA₃ 200mg · L⁻¹ 2회 이상의 처리 하였을 때 타파되어 금강초롱꽃의 휴면타파를 위해서는 저온처리 20일 이상 및 GA₃ 처리가 효과적인 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- Aung, L.H., A.A. De Hertogh, and G. Staby. 1969. Temperature regulation of endogenous gibberellin activity and development of *Tulipa gesneriana* L. *Plant Physiol.* 44:403-406.
- Boodley, J.W and J.W. Mastalerz. 1959. The use of gibberellic acid to force azaleas without a cold temperature treatment. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74:681-685.
- Cho, J.T., S.D. Kim, Y.K. Hong, S.Y. Choi, and H.R. Cho 1993. Studies on several factors for forced flowering in *Campanula punctata* Lam. *RDA. J. Agri. Sci.* 35:422-426.
- Ha, S.G., J.K. Chun, and S.T. Choi. 1988. Studies on flower bud differentiation and forcing of *Pulsatilla koreana*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 29:46-52.
- Jeong, J.H and Y.P. Hong. 1987. Effect of seedling time on the flowering of several garden annuals(I. Studies on the 10 annuals including Marigold, Petunia Salvia etc). *Res. Rept. RDA(Hort).* 29:77-87.
- Kim, T.J., K.Y. Paek, T. Yun, J.T. Cho, and I.J. Jeong. 1996. Effects of chilling treatments on growth and flowering of *Cypripedium macranthum* SW. native to Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:435-441.
- Kim, W.B., K.S. Choi, B.H. Kim, J.K. Kim, J.H. Kim, K.O. Yoo, W.T. Lee, and H.T. Lim. 1996. Physiological characteristics of *Hanabusaya asiatica*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:561-567.
- Kim, W.S., K.Y. Huh, D.W. Lee, and J.S. Lee. 1996. Effect of sowing date on the flowering of seedling *Campanula takesimana* Nakai native to Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:815-818.
- Ko, J.Y and K.K. Lee. 1996. Effect of plant growth regulators on growth and flowering of potted *Lychnis cognate*, *Aster koraiensis* and *Campanula takesimana*. *RDA. J. Agri. Sci.* 38:627-634.
- Krishnamoorthy, H.N. 1981. Plant growth substances. Including applications in agriculture. p. 49-87. Tata McGraw-Hill Publishing Compy. New Dehli
- Lee, C.B. 1993. Illustrated flora of Korea. p. 723. Hyangmoonsa. Seoul.
- Park, I.H and S.T. Choi. 1989. Effects of planting dates on the flowering of *Liatris spicata* cv Floristan Violet in outdoor cut flower cultivation. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 30:331-335.

- Park, Y.J., S.O. Yoo, G.W. Choi, and Y.O. Chung. 1995. Studies on the seed germination of blackberry lily (*Belamcanda chinenses* (L.) DC.) native to Korea. J. Kor. Flower Res. Soc. 4:35-40.
- Roh, S.M. 1978. Dormancy and maturity in the bulbil of *Lilium lancifolium*. 1. The influence of low temperature, gibberellic acid, and ABA on the sprouting response and endogenous growth substances in mature bulbil. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 19:82-88.
- Roh, S.M., D.Y. Yeom, and Y.J. Kim. 1979. Native bulb materials in wild and their production for the cultivation as a floricultural crop. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 20:84-93.
- Song, J.S. 1996. The situation of utilization in wild flower and development of new flower varieties(1996 Native plant symposium, Kor. Soc. Hort. Sci. 21-40.).
- Van Brugt, J and F.A. Zijlstra. 1971. Effect of gibberellins on flowering of *Tulipa* cv. Apleldoorn. Z. Pflanzenphysiol. 64:139-144.
- Yang, M.H. 1997. Effect of accumulative hours of low temperature and gibberellic acid treatment on the dormancy breaking of wild flowers. MsD Diss., Seoul City Univ., Seoul.
- Yu, T.Y and D.Y. Yeom. 1970. The effects of gibberellin application on flowering of incompletely vernalized *Tulipa gesneriana* L. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 7:47-50.

2. 금강초롱꽃 조기휴면타파를 위한 gibberellin 처리시 생리적 활성 변화 및 성장 반응 가. 서 언

한국 특산 속 자생식물인 금강초롱꽃은 금강산, 설악산, 태백산, 점봉산 등 중 북부 산간지역에 일부 자생하고 있으며 그 수가 적어 희귀 식물로 지정되어 있다(Kim 등, 1996 ; Lee, 1993). 다른 희귀식물과 마찬가지로 무분별한 남획으로 인해 멸종위기에 처해있어 특정야생식물로 보호되고 있지만 보존을 위한 증식기술 개발이 시급한 식물이기도 하다 (Song, 1996).

금강초롱꽃은 자생지에서 8월부터 10월에 걸쳐 개화하는데, 연한 남보라 색을 띤 종모양의 꽃이 피며, 꽃의 관상가치가 매우 높고 개화기간이 두 달 이상 정도로 길어 화훼작물로 개발가치가 높은 야생식물임에도 현재로서 이러한 분야의 연구는 미흡한 실정에 있다.

금강초롱꽃을 화훼화 할 경우 우선 년중개화를 위해서는 인위적이고 효율적인 휴면타파 방법이 구명되어야 할 것이다. 앞서 발표된 조 등(2001)의 연구결과 20일 이상 저온처리와 gibberellin(이하 GA₃)처리가 금강초롱꽃의 휴면타파에 효과적임을 보고한 바 있다.

식물체의 휴면타파는 휴면호르몬인 abscisic acid (이하 ABA)와 성장촉진호르몬인 GA₃의 비율에 따른 휴면물질의 감소에 의해 이루어지는 것으로 알려져 있다(Kentzer, 1966). 저온에 의해 ABA 합성이 감소되면서 상대적으로 GA₃에 대한 비율이 낮아져 휴면물질이 감소되고, GA₃처리에 의해서는 식물체내 ABA함량에 비해 GA₃의 비율이 높아지게 되어 휴면이 타파된다고 하였다(Ross과 Bradbeer, 1971).

한편, 식물은 휴면타파가 되면서 여러 가지 생화학적 변화를 가져오는데, 특히 식물생장과 발달에 중요한 역할을 하는 peroxidase와 catalase 등의 산화환원효소의 변화는 식물체내 대사작용의 활력정도를 판별하는 주요 지표로 이용되고 있다(Gianinetti 등, 1993 ; Wang와 Faust, 1994).

따라서 본 연구에서는 금강초롱꽃의 휴면타파를 위한 GA₃처리시 휴면유발물질인 ABA 함량변화 및 peroxidase와 catalase의 활성 측정을 통해 식물체내에 생리적 활성변화를 조사하고, 아울러 생육 및 개화 반응을 검정함으로써 금강초롱꽃의 분화식물 개발을 위한 가능성을 검토하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

실험에 사용된 공시재료는 금강초롱꽃 실생 2년생과 3년생묘로 2000년 봄부터 가을까지 고령지농업시험장 비가림하우스에서 재배하여 꽃과 잎이 하고된 2000년 11월 8일에 분갈이 한 후 평균 온도가 낮 20~25℃, 밤 10~15℃가 유지되는 유리온실로 옮겨 생육하였다. 재배화분은 내경 17cm인 플라스틱 백색분에 발효과 부엽토가 1:1로 배합된 상토를 사용하였다. 금강초롱꽃의 조기 개화를 유도하기 위해 화분에서 휴면상태로 있는 식물체에 2000년 12월 20일에 GA₃(지베렐린수용제, 동부한농화학 제품)를 포트당 10mg씩 토양에 관주 하였다. 이후 15일 간격으로 휴면타파율과 생육 및 개화 특성을 조사하였다. 식물체 내의 대사작용의 활성정도를 알기 위해, GA₃처리 후 30일 되었을 때 잎과 뿌리의 abscisic acid (이하 ABA)함량과 효소 peroxidase와 catalase의 활성을 분석하였고, 또한 잎의 엽록소함량을 측정하였다.

ABA함량은 식물체의 잎과 뿌리를 각각 2.5g씩 채취하여 80% methanol로 추출, 여과하고 여액을 37℃ 감압장치를 이용하여 methanol을 제거한 후 용액을 1N HCl로 pH를 3.0으로 조정하였다. 조정된 용액에 ethyl acetate를 혼합하여 여러번 흔든 후 분액깔대기의 상층부 즉 ethyl acetate부분을 취하는 과정을 4회 반복하여 얻어진 용액을 37℃에서 감압장치를 이용하여 ethyl acetate를 제거한 후 2% sodium bicarbonate 용액과 혼합하고 분액깔대기의 하층부를 4회 취하여 50ml의 용액을 얻었다. 이 용액을 다시 37℃에서 감압장치를 이용하여 ethyl acetate를 제거한 후 methanol 1ml에 녹인 액에서 100μl를 취해 monoclonal antibody를 이용한 Phytodetek ABA detection Kit(Agdia incorporated, catalog No. PDK 09347)를 이용하여 분석하였다(Hedden, 1993).

효소의 활성은 잎과 뿌리의 생체중 1g을 취해서 0.1M sodium phosphate buffer(pH 7.2) 5ml를 첨가하여 유발에 넣고, 4℃에서 액체질소를 이용하여 미세하게 마세한 후 10,000g로 4℃, 30분간 원심분리하여 상등액을 얻어, 이를 효소활성 측정의 시료로 사용하였다.

Peroxidase 활성도는 0.1M acetate buffer(pH 5.2) 235ml, 1% H₂O₂ 10ml, guaiacol 0.5ml을 혼합한 반응액 2.9ml에 효소 추출액 0.1ml을 가하여 500nm에서 1분간 흡광도를 측정하였다(Kossatz와 Huystee, 1976). Catalase 활성도는 0.1M phosphate buffer (pH 7.0)

2.8ml, H₂O₂ 1.0% 0.1ml을 혼합한 반응액에 효소 추출액 0.1ml을 가하여 240nm에서 1분간 흡광도를 측정하였다(Puntararulo 등, 1988). 이 두 효소의 Specific activity는 unit · mg⁻¹protein min⁻¹로 계산하였다.

엽록소함량은 식물체에 GA₃를 처리 후 30일 되는 날 각각의 처리구에서 잎 1g씩 채취하여 80% acetone에 마쇄한 후 10,000g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 얻어진 용액을 645, 663nm에서 흡광도를 측정한 후 Arnon법(Arnon, 1949)에 의해 엽록소 a와 엽록소 b의 량을 산출하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) GA₃처리에 의한 조기휴면타파와 생육반응

식물체가 휴면상태에 있는 2년생과 3년생 금강초롱꽃은 GA₃처리 한 경우, 30일만에 각각 90%, 60% 정도 휴면이 타파, 맹아되었다. 온실에서 온도에 의해서만 감응하여 휴면이 타파된 무처리구의 금강초롱꽃은 맹아소요기간이 110 ~ 115일정도 되었다(Table 4-25). 그러나 GA₃처리시 출아소요기간이 약 30~50일정도로 무처리구에 비해 60~90일정도 조기 휴면타파가 가능하였다.

이러한 결과는 GA₃가 여러 화훼식물이나 종자발아에서 저온에 의한 휴면을 단축시키거나 타파시킴으로 개화시기를 앞당기거나(Boodley와 Mastalerz, 1959 ; Cho 등 1993), 종자발아를 촉진시킬 수(Park 등 1995)있다는 여러 보고내용과 비슷하다. 또한 GA₃가 금강초롱꽃의 휴면타파에 필요한 저온감응기간을 대신한다는 조 등의 보고(2001)와 일치한다.

Table 4-25. Effects of GA₃ soil drenching (10mg/pot) on breaking dormancy of *Hanabusaya asiatica*.

Plant age	Treatment	Breaking dormancy rate (%)			Days to shoot emergency
		15 ^z	30	120	
2 years	Control	15.4	29.9	92.3	110
	GA ₃	69.0	90.6	92.7	27
3 years	Control	16.8	23.2	90.4	115
	GA ₃	31.4	60.5	94.7	52

^z Days after GA₃ treatment

금강초롱꽃은 GA_3 에 의해 민감한 반응을 보임으로 조기휴면타파 뿐만 아니라 신초수를 증가시켰다(Fig. 4-25, 26). 즉, GA_3 처리시 2년생의 경우 주당 평균 4~5개, 3년생은 11개 정도로 묘령이 클수록 GA_3 에 의한 신초형성에 더욱 민감한 반응을 보였다. 나리나 tulip, 칼라와 같은 구근 화훼류에 GA_3 처리시 절간신장과 함께 조기 맹아와 다소 증가된 개화주를 얻을 수 있다는 보고(Aung 등 1969, Roh 1978, Roh 등, 1979)처럼 GA_3 는 식물의 절간신장 뿐만 아니라 신초수 증가에 관여한다고 보여진다. 즉, 저온감응에 의해서 미처 출아되지않는 잠재된 눈(잠아)이 GA_3 에 의해 민감하게 반응을 보여 출아되는 현상(Krishnamoorthy, 1975)과 관련된 것으로 보여지나, 생리학적 원인을 규명하기 위해서는 GA_3 처리 후 뿌리에 존재하는 잠아의 해부학적 검토나 출아반응에 대한 일련의 연구 등이 심도있게 계속 진행되어야 할 것으로 보여진다.

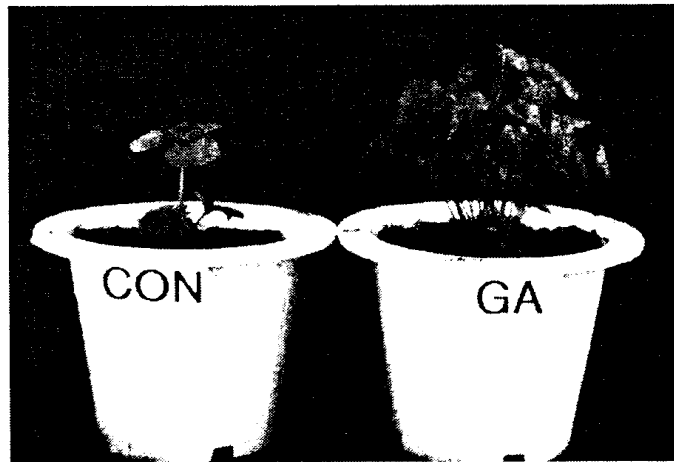


Fig. 4-25. The growth of *Hanabusaya asiatica* on 30 days after GA_3 10mg/pot soil drenching.

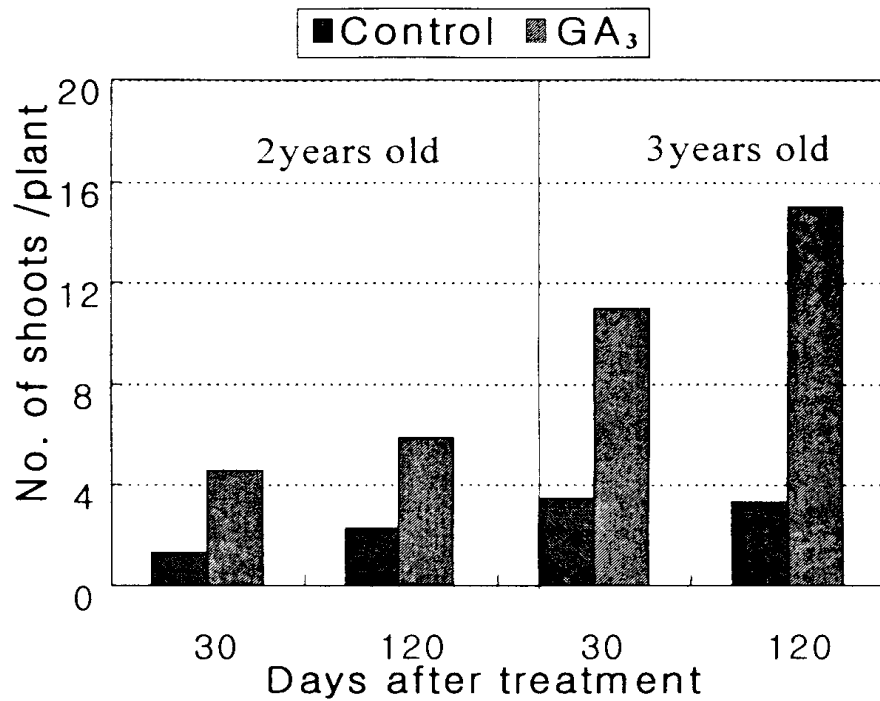


Fig. 4-26. Effect of GA₃ soil drenching (10mg/pot) on the number of shoots in two or three years old *Hanabusaya asiatica*.

금강초롱꽃은 자생지에서 여러 주가 균락을 이룸으로 최대의 관상가치를 지니고 있지만, 분화로 재배할 경우 한 주당 1~2개 정도의 신초형성으로 관상가치가 상당히 떨어지는 단점이 있다. 따라서 GA₃처리는 많은 신초수를 형성함으로 이러한 결점은 보완할 수 있으리라 본다. 또한 GA₃처리시 증가된 신초 뿐 아니라 엽수와 엽장이 증가된 결과를 보여, 다소 고품질의 분화를 만들 수 있다고 생각된다.

GA₃처리시 무처리에 비해 식물체의 초장이 3~4배 이상으로 과도하게 증가되었고(Table 4-26), 엽수도 같이 증가하였으나 잎의 엽록소 함량은 감소(Table 4-28)되는 결과를 나타내어 GA₃처리로 인해 분화로 개발하기에는 이러한 결점을 보완하기 위한 다른 방법이 요구된다.

Table 4-26. Effects of GA₃ soil drenching(10mg/pot) on the growth of *Hanabusaya asicatica* at 120 days after treatment

Plant age	Treatment	Shoot height (cm)	No. of leaves/pot	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
2 years	Control	8.0±1.77 ^z	9.3±1.49	6.5±0.53	4.7±0.28
	GA ₃	31.9±2.53	20.5±2.68	8.6±0.51	5.2±0.29
3 years	Control	4.7±0.83	4.2±0.83	3.4±0.64	2.5±0.35
	GA ₃	31.6±4.96	40.0±3.51	7.2±0.85	4.6±0.27

^z Mean±S.E. (n=100)

GA₃처리 결과, 2, 3년생 모두 4월 20일 경에 개화하기 시작하여, 첫 꽃이 개화하는데 필요한 소요기간은 약 120일 정도로 무처리에 비해 약 65일 정도 개화시기를 앞당길 수 있었다(Table 4-27). 이는 다른 화훼식물(vari Brugt와 Zijlsta, 1971, Krishnamoorthy, 1981)에서도 볼 수 있듯이 금강초롱꽃의 GA₃처리 효과는 조기 휴면타파 뿐 아니라 개화시기를 촉진함으로써 년중재배의 가능성을 보여준 결과라 판단된다.

Table 4-27. Effects of GA₃ soil drenching (10mg/pot) on the flowering of *Hanabusaya asicatica* on 120 days after treatment.

Plant age	Treatment	Flowering time	Days to first flowering	No. of flowers/plant	Flower size (width/length)
2 year	Control	July 3	195	4.3	2.5/4.0
	GA ₃	April 20	123	8.0	2.7/4.6
3 year	Control	July 5	197	5.6	2.5/4.5
	GA ₃	April 22	125	11.8	2.5/4.6

(2) GA₃에 의한 생리적 활성변화

GA₃처리 한 후 30일째 되었을 때 휴면 타파된 잎의 엽록소함량은 무처리에 비해 감소되

었다(Table 4-28). 이는 GA₃처리에 의해서 잎 세포 크기가 커지면서 엽록소를 합성하는 grana가 충분히 발달되지 못함으로 무처리된 잎에 비해 엽록소합성이 저하된 것 (Krishnamoorthy, 1975)으로 보여진다.

식물체의 휴면과 관련된 생리 기작은 ABA와 GA₃의 비율에 의해 조절되는 것으로 알려져 있다.(Badr 외, 1971). GA₃와 ABA는 식물 체내 중간대사물질인 mevalonic acid에서 함께 출발하여 파생된 물질의 합성과정으로 형성된다(Taiz와 Zeiger, 1991). 즉, 식물이 휴면 상태에 있을 때는 GA₃의 합성보다 ABA합성이 커지며, 반대로 휴면이 타파되어 생리적 활성이 활발해지게 되면 GA₃합성이 많아지게 된다. 인위적인 휴면타파 방법인 저온처리에 의해 ABA의 합성이 저해되어 GA₃의 비율이 높아지게 되고, 또 다른 휴면타파 방법인 GA₃처리는 ABA에 비해 GA₃의 함량 비율이 높아지게 되면서 휴면이 타파된다(Orr 외, 1986, Samet와 Sinclair, 1980).

본 연구결과 GA₃ 처리 후 금강초롱꽃의 잎과 뿌리의 휴면호르몬인 ABA함량을 측정한 결과 2년생, 3년생 모두 GA₃처리가 무처리에 비해 감소되었다. 이러한 결과는 GA₃처리시 다른 일반적인 식물체의 경우와 마찬가지로 ABA에 대한 GA₃ 함량 비율이 높아지고 이어서 인위적인 휴면타파 후 휴면을 유도하는 ABA합성이 감소된 때문으로 보여진다.

Table 4-28. Leaf chlorophyll contents, ABA contents and enzyme activity of *Hanbusaya asiatica* at 30 days after GA₃ soil drenching (10 mg/pot).

Plant age	Organ	Treatment	Chlorophyll (mg/g F.W.)	ABA (μ g/g F.W)	Enzyme activity (mg-1 · protein · min-1)	
					Peroxidase	Catalase
2 years	Leaf	Control	5.0	12.5	0.61	1.57
		GA ₃	4.6	7.5	0.81	3.79
	Root	Control		20.0	3.60	1.38
		GA ₃		12.5	5.34	1.63
3 years	Leaf	Control	6.0	9.0	1.96	0.76
		GA ₃	4.2	6.5	4.00	3.73
	Root	Control		12.5	11.05	0.67
		GA ₃		10.5	13.65	1.12

Peroxidase와 catalase는 식물체내에 널리 존재하면서 산화적 생리작용을 이행하는 효소로서 보통 이들 효소의 활성정도가 식물의 활력을 판단하는 기준으로 이용된다(Kossatz 등, 1976, Puntararulo, 1988). 이들 효소는 식물체내의 유해물질인 superoxide(O_2^-)를 산화, 또는 환원시켜 H_2O 를 생성하는데 관여한다(Spikes, 1977). Superoxide는 빛에 의해 유도되어 축적되는 물질로 식물이 휴면상태에 있을 때는 거의 형성되지 않는다. 그러나 휴면이 타파되어 맹아 되면서 점차 O_2^- 가 축적되고, 과다축적된 O_2^- 를 분해하기 위해 peroxidase와 catalase의 활성이 증가하게 된다(Kim 외, 1996). 특히 휴면이 타파된 후나 개화가 시작되는 초기단계에서 이들 효소의 활성이 증가한다((Kruger과 LaBerge, 1974). 따라서 GA_3 처리에 의해서 두 효소의 활성이 증가된 본 연구 결과는 인위적인 휴면타파에 의한 생리적 활성증가와 관련되어진다고 보여진다. 또한 이들 효소의 활성이 잎 보다 뿌리에서 높게 나타난 결과는 다른 부위에서 보다 뿌리에서 이들 효소의 생리적 역할이 중요하다는 Leopold와 Khidedednan의 보고(1975)를 뒷받침 해준다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 금강초롱꽃의 분화재배 시 GA_3 처리는 인위적 휴면타파와 조기개화를 가능하게 하고 다신초 묘를 얻을 수 있어 년중생산을 위한 분화용 금강초롱꽃 재배에 유용하리라고 생각된다. 또한 나타나는 GA_3 의 처리효과는 금강초롱꽃 내부의 휴면호르몬(ABA)의 함량감소에 관여하여 정상적으로 휴면이 타파되고, 이어지는 생체대사작용의 활성 증가에 따른 것으로 보여진다.

한편, 휴면타파나 다신초형성에는 탁월한 효과를 나타내는 GA_3 처리는 금강초롱꽃의 엽색을 흐리게 하고 초장을 도장시키는 문제점을 보여주므로 이에 대한 보완연구가 필요할 것으로 생각된다.

라. 적 요

본 연구는 금강초롱꽃의 분화식물 개발을 위해 GA_3 처리에 의한 인위적인 휴면타파와 이후 생리적인 활성변화를 검정하였다. GA_3 처리에 의해서 무처리에 비해 60~90일 정도 조기휴면타파가 가능하였고, 많은 신초수(3년생의 경우 평균 11개)를 형성하였다. 또한 65일정도 개화시기를 앞당길 수 있었다. GA_3 에 의해 조기휴면타파 된 금강초롱꽃의 잎

과 뿌리내의 ABA함량은 감소되었고 peroxidase나 catalase의 활성은 증가되었다. 그러나 무처리에 비해 4~5배 이상의 과도한 초장을 보였고 엽록소함량이 감소되었다.

마. 참고문헌

- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-14
- Aung, L.H., A.A. De Hertogh, and G. Staby. 1969. Temperature regulation of endogenous gibberellin activity and development of *Tulipa gesneriana* L. Plant Physiol. 44:403-406.
- Badr, S.A., G.C. Martin, and H.T.Hartmann. 1971. A modified method for extraction and identification of abscisic acid and gibberellin like substances from the Oliv(*Olea europaea*). Physiol. Plant 24:191-198.
- Boodley, J.W. and J.W. Mastalerz. 1959. The use of gibberellic acid to force azaleas without a cold temperature treatment. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74:681-685
- Cho, J.T., S.D. Kim, Y.K. Hong, S.Y. Choi, and H.R. Cho. 1993. Studies on several factors for force flowering in *Campanula punctata* Lam. RDA. J.Agr. Sci. 35:422-426
- Cho, K. S., J. E. Jang, D. L. Yoo, S. Y. Ryu, and Y. R. Yong. 2001. Effects of low temperature and GA3 treatment on the growth and flowering of *Hanabusaya asiatica*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:116-120
- Gianinetti, A. M. Cantoni, C. Lorenzoni, F. Salamini and A. Marocco. 1993. Altered levels of antioxidant enzymes associated with two mutations in tomato. Physiologia Plantarum 89:157-164. Hedden, P. 1993. Modern methods for the quantitative analysis of plant hormones. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 44:107-129.
- Kentzer, T. 1966. Gibberellin-like substances and growth inhibitors in relation to the dormancy and after ripening of ash seed (*Fraxinus excelsior* L.). Acta Soc. Bot. Pol. 35:575-585.
- Kim, T.J., K.Y. Paek, T. Yun, J.T. Cho, and I.J. Jeong. 1996. Effects of chilling treatment on growth and flowering of *Cypripedium macranthum* SW. native to Korea. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:435-441
- Kim, W.B., K.S. Choi, B.H. Kim, J.K. Kim J.H. Kim K.O. Yoo, W.T. Lee, and H.T. Lim. 1996. Physiological characteristics of *Hanabusaya asiatica*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:561-567

- Kossatz, V. C. and R. B. van Huystee. 1976. The specific activities of peroxidase and ALA dehydrogenase during the growth cycle of peanut suspension culture. *Can. J. Bot.* 54:2089-2094.
- Krishnamoorthy, H. N. 1975. *Gibberellins and plant growth*. John Wiley & Sons, Inc., New York. pp.91-100
- Krishnamoorthy, H.N. 1981. *Plant growth substances. Including applications in agriculture*. p. 49-87. Tata McGraw-Hill Publishing Co., New Dehli.
- Kruger, J. E. and D. E. LaBerge. 1974. Changes in peroxidase activity and peroxidase isozyme patterns of wheat during kernel growth and maturation. *Cereal Chem.* 51:345-352.
- Leopold, A. C. and P. E. Khidedednan 1975. *Plant growth and development*. pp. 113~115. Mcgraw-Hill Book Co. Inc., New York
- Leul, M. and W. J. Zhou. 1999. Alleviation of waterlogging damage in winter rape by uniconazole application effects on enzyme activity, lipid peroxidation, and membrane integrity. *J. of Plant Growth Regul.* 18:9-14.
- Orr, W., W. A. Keller and J. Sinᄁ. 1986. Introduction of freezing tolerance in embryogenic cell suspension culture of *Brassica napus* by abscisic acid at room temperature. *J. Plant Physiol.* 126:23-32
- Park, Y.J., S.O. Yoo, G.W. Choi, and Y.O. Chung. 1995. Studies on the seed germination of blackberry lily (*Belamcanda chinenses* (L.) DC.) native to Korea *J. Kor. Flowering Res. Soc* 4:35-40
- Puntararulo, S., R. A. Sanchez and A. Boveris. 1988. Hydrogen peroxide metabolism in soybean embryonic axes at the onset of germination. *Plant Physiol.* 86:626-630.
- Roh, S.M. 1978. Dormancy and maturity in the bulbil *Lilium lancifolium*.1. The influence of low temperature, gibberellic acid, and ABA on the sprouting response and endogenous growth substances in mature bulbil. *J. Kor. Soc. Hort Sci.* 19:82-88
- Roh, S.M., D.Y. Yeom, and Y.J. Kim. 1979. Native bulb materials in wild and their production for the cultivation as a floricultural crop. *J. Kor. Soc. Hort Sci.* 20:84-93
- Ross, J. D. and J. W. Bradbeer. 1971. The content of endogenous gibberellin in seed of *Corylus avellana*. *Planta* 100:288-302.
- Samet, J. S. and T. R. Sinclair. 1980. Leaf senescence and abscisic acid in leaves of field-grown soybean. *Plant Physiol.* 66:1164-1168.

- Song, J.S. 1996. The situation of utilization on wild flower and development of new flower varieties. 1996 Native Plant Symposium, pp.21-40 J. Kor. Soc. Hort Sci.
- Spikes, J. D. 1977. The science of photobiology. Plenum Press, New York.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin Cummings Pub. Com.
- Van Brugt, J. and F.A. Zijlsta. 1971. Effect of gibberellins on flowering of *Tulipa* cv. Apledoorn. Z. Pflanzenphysiol. 64:139-144
- Van Huystee, R. B. and W. L. Cairns. 1982. Progress and prospects in the use of peroxidase to study cell development. Phytochemistry 21:1843-1847.
- Wang, S.Y. and M. Faust. 1994. Changes in the antioxidant system associates with budbreak in 'Anna' apple (*Malus domestica* Borkh.). J. of Ame. Soc. Horti. Sci. 119:735-741

3. 금강초롱꽃 분화재배에 있어서 Uniconazole과 적심 처리에 따른 생육 및 개화 반응

가. 서언

금강초롱꽃은 환경부 지정 한국특산속식물로 보호되는 자생식물로 관상가치가 높고 개화기간이 길어 분화식물로 개발가치가 높은 야생식물이라 할 수 있다(Kim 등, 1996; Song, 1996). 전 보고(Lee 등 2001)에 의하면 gibberellin(이하 GA₃)처리로 금강초롱꽃의 인위 휴면타파와 조기개화가 가능하였으며 다신초묘를 얻을 수 있어 적은 신초수를 가진 금강초롱꽃의 분화용으로의 관상가치 저하의 문제점을 해결 할 수가 있었다. 그러나 GA₃처리는 앞서 언급한 문제점을 해결시켜 준 반면, 생장이 계속 진행되면서 초장이 크게 신장되어 분화로서의 가치를 저하시키는 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하여 분화에 적당한 정도로 생장을 조절하는 또 다른 연구가 필요하였다.

식물체를 화분에 알맞게 조절하기 위한 방법으로 성장조절제 처리에 의한 화학적 방법(Curry, 1989 ; Lee와 Kwack, 1991 ; Lee와 Kwack, 1993)과 적심이나 재식본수를 조절하여 식물의 생육을 조절하는 물리적인 방법(Larson, 1980 ; Lee와 Kwack, 1994) 등이 있다. 여러 가지 성장왜화제 중 uniconazole은 처리의 용이성이나 저농도에서의 큰 왜화효과가 인정되어 화훼식물에서 다양하게 연구, 이용되고 있는 화학적 방법(Hamada 외, 1990 ; Newman 외, 1989)이다. 또한 'Pompom type' 국화에 개화 100일 전 경정을 적심해 주므로 다분지성 분화용 국화를 생산하는 것과 같이 적심을 통한 성장왜화 방법(Janick, 1979)은 성장조절 뿐아니라 관상가치를 증진시킨다는 측면에서 매우 유용한 물리적 성장조절 방법이라 할 수 있겠다.

따라서 본 연구에서는 GA₃처리에 의한 식물체 휴면타파와 다신초 형성 후 uniconazole 처리에 의한 화학적 방법과 적심에 의한 물리적 방법 등을 사용하여 금강초롱꽃의 초장을 분화식물에 알맞은 크기로 조절코자 하였다. 즉, 분화용 금강초롱꽃에 알맞은 초장 조절에 적당한 uniconazole 처리 농도와 적심방법을 구명하고 아울러 이들 방법의 처리시 생육 및 개화반응에 미치는 영향을 검정하여 금강초롱꽃의 고품질 분화식물 개발을 위한 가능성을 검토하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) Uniconazole 처리효과

실험에 사용된 공시재료는 금강초롱꽃 실생 2년생과 3년생묘로 2000년 봄부터 가을까지 고령지농업시험장 비가림하우스에서 생육하고 꽃과 잎이 하고된 2000년 11월 8일에 분갈이 한 후 평균 온도가 20~25℃가 유지되는 유리온실로 옮겨 생육하였다. 분갈이 시 발효과 부엽토가 1:1로 배합된 배양토와 부피 1,600 ml (내경 16 cm)분을 이용하였다. 조기 개화와 다신초 형성을 목적으로 금강초롱꽃이 휴면상태에 있는 2000년 12월 20일에 gibberellin(지베렐린, 동부한농화학 제품, 이하 GA₃) 10 mg/pot를 토양에 관주하였다.

GA₃를 처리하여 조기 휴면타파 시킨 후 신초장이 7~8cm 정도 자란(GA₃처리후 약 30일경) 2년생과, 3년생의 금강초롱꽃에 uniconazole(동방아그로 제품) 0.1, 0.2, 0.5, 1 mg/pot 농도로 토양관주하였다. 이후 30일 간격으로 신초장의 증가량을 측정하였으며 처리 후 90일되었을 때 신초수, 엽수, 엽장, 엽폭을 측정하였다.

(2) 적심 처리

시험에 사용된 공시재료는 실생 2년생묘로 2001년 4월 9일에 발효과 부엽토가 1:1로 배합된 배양토와 부피 1,600ml (내경 16 cm)분을 사용하여 정식하였다. 정식 7일 후 신초형성을 많이 하기 위해 GA₃ 200mg/ℓ을 엽면살포하였다. GA₃ 처리 시 엽면에 충분히 약제가 흡수되도록 계면활성제인 tween-20을 2방울 섞어 사용하였다. 적심 처리는 1회, 2회, 그리고 1회 적심과 생장왜화제 복합처리로 하였다. 1회 적심은 신초가 2개의 마디수를 가졌을 때 경정부부분을 잘라주었으며, 2회 적심은 1회 적심후 30일 후 되었을 때 가장 긴 신초의 경정을 잘라주었다. 적심과 왜화제의 복합처리는 1회 적심과 동시에 uniconazole 0.1 mg/pot 토양관주하였다. 처리 후 90일되었을 때 생육 및 개화 특성을 조사하였으며 조사항목은 uniconazole 처리 시험과 동일하였다.

생육 및 개화 특성 : 신초장은 가장 긴 신초의 길이를, 신초수는 토양에서 출현되는 1cm 이상의 신초의 수를 조사하였다. 엽수는 엽장이 1cm이상인 잎의 수를 엽장과 엽폭은 가장 큰 잎의 길이와 폭을 측정하였다. 개화특성조사는 제일 처음 개화한 시기, 한 화분에 개화

된 총 꽃수, 가장 긴 화경의 길이, 완전 만개했을 때의 꽃의 길이와 폭, 꽃잎이 열릴 때부터 완전 시들 때까지의 개화기간을 측정하였다.

엽록소함량 : Uniconazole처리 후 30일 되는 날(영양생장기) 각 처리구에서 잎 1g씩 채취하여 80% acetone에 마쇄한 후 10,000g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 추출된 용액을 645, 663nm에서 흡광도를 측정한 후 Arnon법(Arnon, 1949)에 의해 엽록소함량을 산출하였다.

안토시아닌함량 : Uniconazole처리 후 90일 되는 날(개화기) 각 처리구에서 잎 1g씩 채취하여 95% ethanol과 1.5N HCl을 85:15(v/v)로 혼합한 추출액에 미세하게 마쇄하여 4℃에서 overnight 시킨 후 10,000g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 얻어진 용액을 535nm에서 흡광도를 측정하여 total anthocyanin 함량을 산출(Fluleki와 Francis, 1968)하였다.

다. 결과 및 고찰

1) Uniconazole 처리효과

금강초롱꽃에 GA₃처리는 조기휴면타파와 개화촉진, 그리고 많은 신초형성으로 인해 분화재배에 대한 가능성을 보여주었다(Cho 등, 2001 ; Lee 등, 2001). 그러나 과도한 초장과 엽록소함량의 감소로 초래되는 관상가치의 저하문제를 보완해야하는 시험이 요구되어졌다. GA₃ 생합성 과정에서 일부분을 막아 GA₃에 의한 절간신장을 억제하는 식물왜화제의 처리로 식물의 초장억제와 잎의 엽록소함량의 증가에 대한 연구결과가 여러 식물에서 보고되었다(Lee와 Kwack, 1991, Lee와 Kwack, 1993).

본 연구에서 사용된 uniconazole은 다른 왜화제에 비해 아주 적은 농도에서 효과가 나타나며 그 왜화 효과가 오래 지속될 수 있는 장점을 가지고 있다(Davis 등, 1988 ; Wang과 Blessington, 1990). 본 시험에 uniconazole을 처리한 결과 실생 2년생, 3년생 모두 그 농도가 증가할수록 신초장의 증가량이나 잎 크기(엽장과 엽폭)가 감소되었다(Table 4-29, Fig. 4-27).

Table 4-29. Effects of varied levels of uniconazole on the growth of *Hanabusaya asiatica* treated with GA₃(10 mg/pot) for breaking dormancy.

Plant age	Treatment (mg/pot)	No. of shoots/pot	No. of leaves/pot	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
2 years	Control	5.8±0.99 ^z	20.5±2.68	8.6±0.51	5.2±0.29
	U-0.1 ^y	5.3±0.98	16.6±2.27	6.8±0.74	4.4±0.55
	U-0.5	4.0±0.47	16.3±2.07	4.4±0.47	5.1±0.42
	U-1.0	5.0±0.96	16.9±3.10	4.0±0.31	3.0±0.21
3 years	Control	15.0±1.72	40.1±3.51	7.2±0.86	4.6±0.27
	U-0.1	11.3±2.42	26.5±7.77	5.4±0.86	4.2±0.54
	U-0.5	7.6±1.21	22.9±3.79	4.6±0.25	4.0±0.46
	U-1.0	9.6±1.73	26.0±4.06	4.8±0.23	4.1±0.25

^z Mean±SE (n=20)

^y U-0.1 symbolizes uniconazole 0.1 mg/pot soil drenching

신초수, 엽수, 꽃수는 uniconazole처리시 농도간 경향은 없었지만 무처리에 비해 감소하였다. 개화시기는 4월 20일 전 후로 전 처리구간에서 비슷하였으나 uniconazole 10 mg/pot의 처리구에서는 다소 늦어졌다.

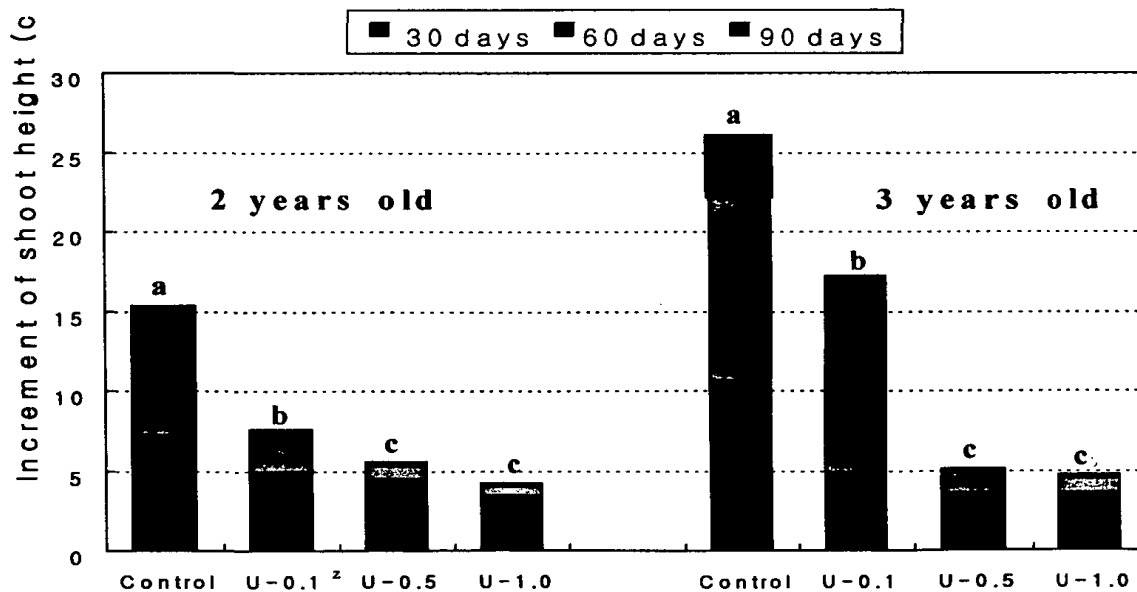


Fig. 4-27. Effect of varied levels of uniconazole on the increment of shoot height of *Hanabusaya asiatica* treated with GA₃(10mg/pot) for breaking dormancy.

Mean separation within treatments by Duncan's multiple range test at the 5% level.

Table 4-30. Effects of varied levels of uniconazole on the flowering of *Hanabusaya asiatica* treated with GA₃ (10 mg/pot) for breaking dormancy.

Plant age	Treatment (mg/pot)	First Flowering Date	No. of Flowers/plant	Flower size(cm) (width/length)
2 years	Control	April 20	8.5	2.5/5.0
	U - 0.1 ²	April 18	5.4	2.5/4.3
	U - 0.5	April 25	4.7	2.6/3.5
	U - 1.0	May 5	6.3	2.3/3.5
3 years	Control	April 20	11.8	2.4/4.5
	U - 0.1	April 22	6.3	2.7/4.2
	U - 0.5	May 4	4.7	2.7/3.8
	U - 1.0	May 7	6.8	2.3/3.8

² U-0.1 symbolizes uniconazole 0.1 mg/pot soil drenching

금강초롱꽃은 묘를 이식하였을 경우나 분식 후 생육이 진행되면서 개화기에 접어들 때 자생지에서 볼 수 없었던 적엽현상을 볼 수 있다. 특히 개화시기에는 이러한 적엽현상이 심해져서 결국은 괴사 또는 낙엽된다(Fig. 4-28).

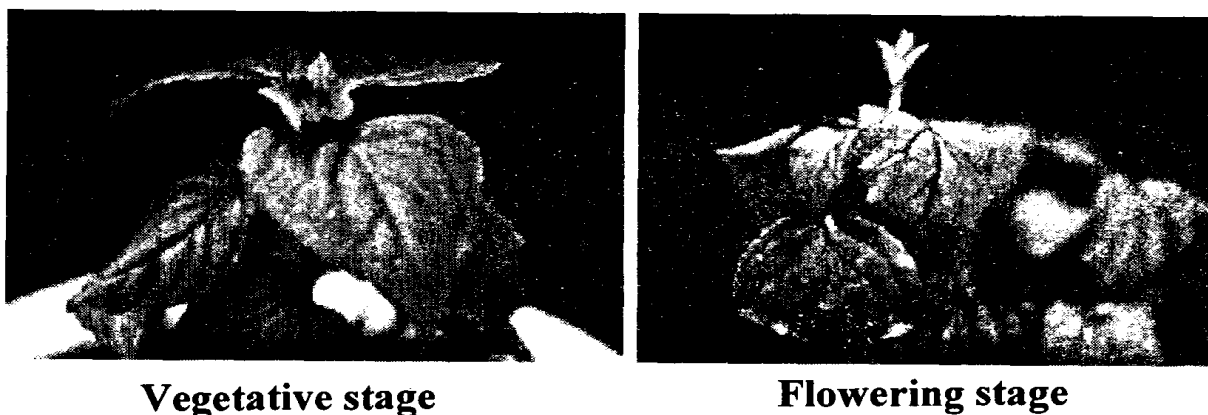


Fig. 4-28. Leaf of *Hanabusaya asiatica* on vegetative stage or flowering stage.

이러한 현상을 잎내 엽록소함량과 안토시아닌함량으로 나타낼 때, 영양생장단계나 개화기(uniconazole처리 30일과 90일 후) 모두 uniconazole처리시 농도가 증가됨에 따라 엽록소 함량이 증가되어 GA₃ 처리시 나타났던 흐려진 엽색으로 인한 문제점을 보완할 수 있었다

(Fig. 4-30).

그러나 개화기(처리 90일 후)에 들어가면서 나타난 적엽상태를 안토시아닌함량으로 분석한 결과 일정한 경향없이 모든 처리구에서 안토시아닌이 축적되었다(Fig. 4-30). 특히 가장 고농도인 uniconazole 1.0 mg/pot의 처리구에서는 적엽정도가 심해 안토시아닌함량이 가장 높았다. 이러한 적엽현상은 금강초롱꽃이 개화시기에 특별한 영양분을 요구하는 것으로 보여지며, 영양분 부족 뿐아니라 자생지와는 다른 재배환경에서의 순화정도와의 관련되어진다고 판단된다. 금강초롱꽃의 화훼화를 위해서는 이러한 적엽을 경감시킬 수 있는 연구가 반드시 수행되어야 할 것으로 보여진다.

이러한 결과를 종합해 볼 때 조기휴면타과와 다신초 형성을 목적으로 GA₃가 처리된 금강초롱꽃의 왜화를 위한 uniconazole 처리는 대체로 0.1~0.5 mg/pot 농도범위에서 이루어지는 것이 효과적이라 생각되며 1.0 mg/pot 농도 이상은 과잉농도로 식물체에 피해를 줄 수 있다고 판단된다.

(2) 적심효과

적심은 화분식물에 적당한 크기로 식물의 키를 조절하고 많은 측지를 발달시켜 풍성한 개화양상을 나타내게 하는 방법으로 이미 많은 화훼식물에서 유용하게 시도되어 왔다(Janic, 1979). 그러나 이러한 적심은 1회의 처리만으로 뚜렷한 효과를 얻는 경우도 있지만 대상 식물에 따라 몇차례의 처리를 필요로 하는 경우도 있다. 본 연구에서 적심 처리된 금강초롱꽃의 초장은 무처리에 비해 감소되었고 1회 적심과 uniconazole 복합처리시 초장 왜화 효과는 컸다(Fig. 4-29, 30).

적심의 원리는 정아우세성을 감퇴시켜 측지의 발달을 촉진시킴으로써 잎크기나 절간장과 같은 다른 생육에는 영향을 주지 않으면서 신초수만을 증가시키는 것이라 할 수 있다(Larson, 1980). 금강초롱꽃의 경우(Table 4-31), 적심 처리에 의해 여러 개로 분지되었기 때문에 경경이 감소되었지만 무처리에 비해 많은 신초수와 엽수를 보여, 다소 아담하고 치밀한 분식물의 형태를 만들 수가 있었다.

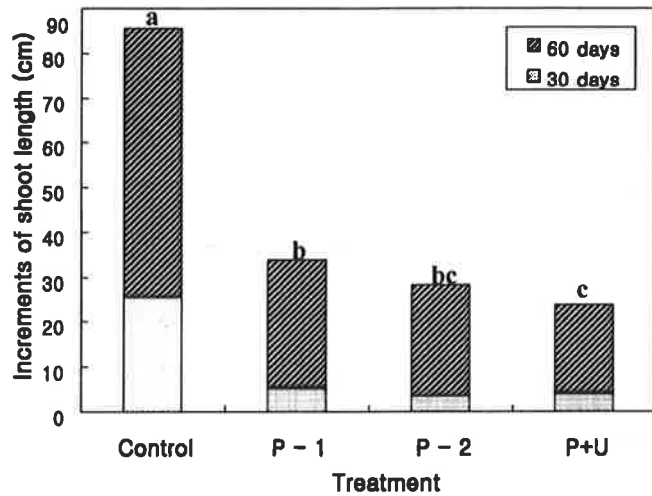


Fig. 4-29. Increments of shoot length affected by pinching and uniconazole after dormancy breaking by GA_3 10mg/pot in *Hanabusaya asiatica*. Mean separation within treatments by Duncan's multiple range test at the 5% level. (P-1 : pinched once, P-2 : pinched twice, P+U : pinched once and uniconazole 0.1mg/ pot soil drenched at the same time)

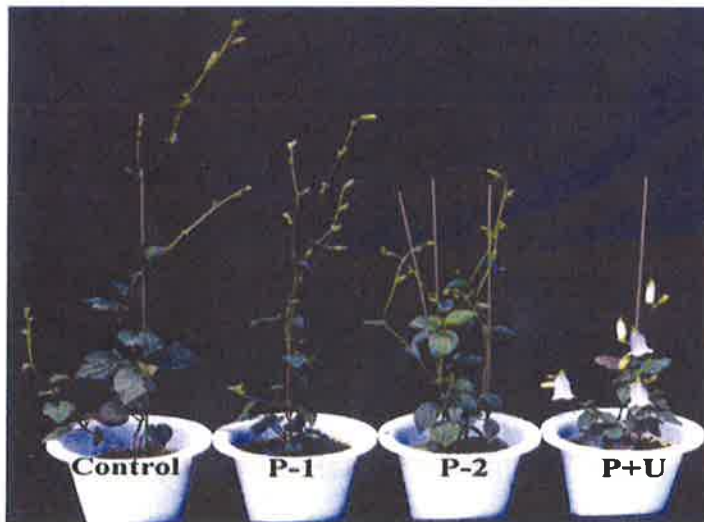


Fig. 4-30. Growth retardation affected by pinching and uniconazole after dormancy breaking by GA_3 10mg/pot in *Hanabusaya asiatica*. (P-1 : pinched once, P-2 : pinched twice, P+U : pinched once and uniconazole 0.1 mg/pot soil drenched at the same time)

그러나 생식생장기에 접어들면서 화경장의 세력이 왕성해지는 금강초롱꽃의 식물학적 특성과 다신초형성을 목적으로 생육초기에 처리된 GA₃의 계속적인 영향때문에 적심만 처리되었을 경우 왜화된 초장에 비해 다소 화경이 긴 것으로 보여진다. 그러므로 2회 적심으로 분지된 신초에서 성장하는 초장이나 화경장이 무처리에 비해 억제되나(Table 4-31, Fig. 4-29, 30) 분화용으로서의 관상가치를 감안하여 볼 때 1회 적심 처리와 함께 식물의 절간생장을 억제하는 uniconazole 0.1 mg/pot의 복합처리가 적당하다고 보여진다. 이러한 복합처리는 금어초나 *Physostegia*, *Chelone* 를 분화용으로 만들기위해서 적심만으로는 적당한 왜화효과를 얻지 못하여 적심과 triazol 계통의 왜화제 paclobutrazol이나 uniconazole 을 처리하여 관상가치가 높은 분화식물을 만들 수 있었다고 보고된 것처럼(Beatie 등, 1990 ; Wainwright 등 1987) 최근에 다양하게 시도되고 있다.

Table 4-31. Growth characteristics affected by pinching and uniconazole after dormancy breaking by GA₃ 10mg/pot in *Hanabusaya asiatica*.

Treatment	No. of shoots	No. of leaves	Shoot diameter
Control	7.0±0.51	15.0±2.27	3.3±0.88
Pinching 1 ^z	12.2±1.75	22.4±2.68	2.1±0.50
Pinching 2	16.2±2.07	28.3±3.12	2.2±0.74
Pinching 1+ Uni 0.1 ^y	12.5±1.28	25.3±2.07	2.3±0.68

^z Mean ± SE (n=20)

^y The number of times of handing-pinching during the culture period.

^x Once pinching and uniconazole 0.1mg/pot soil drenching were treated at same time

꽃수에 있어서는 적심 처리시 감소되었는데, 이는 내부 영양물질이 측지로 분산되어 개화시 필요한 영양물질을 충분히 공급받지 못하기 때문(Larson, 1980)인 것으로 보여진다 (Table 4-32). 그러나 개화시기가 적심처리나 적심과 왜화제 uniconazole 0.1 mg/pot의 복합처리시 10일정도 앞당길 수 있었고 꽃크기나 개화기간에 있어서는 처리간 차이가 없었다(Table 4-32).

Table 4-32. Flowering characteristics affected by pinching and uniconazole after dormancy breaking by GA₃ 10mg/pot in *Hanabusaya asiatica*.

Treatment	No. of flowers	Length of flower stalk (cm)	First flowering date	Flower size (width/length)	Flowering periods/flower
Control	15.8±2.14 ^z	38.6±2.53	Aug. 18	2.8/5.0	11.6
P - 1 ^y	7.9±2.90	24.5±1.84	Aug. 7	2.5/4.5	11.0
P - 2	9.4±1.72	18.5±2.01	Aug. 7	3.0/4.3	11.4
P1 + Uni. 0.1 ^x	10.1±0.96	13.8±1.41	Aug. 6	2.8/4.8	11.0

^z Mean±SE (n=20)

^y P and number symbolize pinching and number of times during the culture period, respectively.

^x Once pinching and uniconazole 0.1 mg/pot soil drenching were treated at the same time.

이상의 결과를 종합해 볼 때 금강초롱꽃의 화분에 알맞은 생장억제와 더불어 개화시기를 앞당길 수 있으며, 많은 분지수와 엽수로 인해 아담하고 치밀한 형태의 관상가치가 높은 분식물을 만들기 위해서는 1회 적심과 0.1 mg/pot의 농도의 uniconazole를 동시에 처리하는 것이 효과적이라 보여진다.

라. 적 요

본 연구는 금강초롱꽃의 분화식물 개발을 위해 GA₃ 처리에 의해 조기 휴면타파되고 많은 신초수가 형성된 후 uniconazole 과 적심을 처리하여 분식물에 알맞은 왜화 정도와 개화 반응을 검정하였다. Uniconazole 0.1~0.5 mg/pot의 농도처리나 1회 적심과 uniconazole 0.1 mg/pot의 복합 처리에 의해서 분에 알맞은 초장조절과 GA₃에 의해 흐려진 엽색을 회복할 수 있었다. 적심 처리시 무처리에 비해 분지수와 엽수가 많았고, 개화시기를 약 10일 정도 앞당길 수 있었다.

마. 참고문헌

- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-14
- Beattie, D. J., E. J. Holcomb, and C. F. Deneke. 1990. Effects of uniconazole and

- paclobutrazol on plant height and flowering in *Physostegia virginiana* and *Chelone obliqua*. PGRSA Quarterly 18:187-193.
- Cho, K. S., J. E. Jang, D. L. Yoo, S. Y. Ryu, and Y. R. Yong. 2001. Effects of low temperature and GA3 treatment on the growth and flowering of *Hanabusaya asiatica*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:116-120
- Curry, E. A. 1989. Managing plant growth by hormonal control. Chronica Horticultrae 29:37-38
- Davis, T.D., G. L. Steffens, and N. Sankhla. 1988. Triazole plant growth regulators. Hort. Rev. 10 : 63-105
- Fuleki, T. and F.J Francis. 1968. Quantitative methods for anthocyanin. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. J. Food Sci. 33:72-77.
- Janick, J. 1979. Horticultural science. W. H. Freeman and Company pp. 241-245.
- Kim, W.B., K.S. Choi, B.H. Kim, J.K. Kim J.H. Kim K.O. Yoo, W.T. Lee, and H.T. Lim 1996. Physiological characteristics of *Hanabusaya asiatica*. J. Kor. Soc. Hort Sci. 37:561-567
- Larson, R. A. 1980. Introduction to floriculture. Academic Press. pp. 29-30, 60-62.
- Lee, H.S. and B.H Kwack. 1991. Effects of paclobutrazol and gibberellin on the growth and flowering of *Phlox paniculata*. J. Kor. Soc. Hort Sci. 32:256-262.
- Lee, H.S. and B. H. Kwack. 1993. Effect of uniconazole, GA and light intensity on the growth of *Hibiscus syriacus* for pot culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34:81-89.
- Lee, H.S., S. Y. Ryu, J. E. Jang, and D. L. Yoo. 2001. Effect of Gibberellin on Break Dormancy and Some Enzyme Activity of *Hanabusaya asiatica*. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 19:47 (Abstr)
- Newman, S.E., S. B. Tenney, and M. W. Follett. 1989. Use of uniconazole to control height of *Hibiscus rosa-sinensis*. HortScience. 24:1041.
- Song, J.S. 1996. The situation of utilization on wild flower and development of new flower varieties. 1996 Native Plant Symposium, pp.21-40 J. Kor. Soc. Hort Sci.
- Wainwright, H. and H. L. Irwin. 1987. The effects of paclobutrazol and pinching on antirrhinum flowering pot plants. J. Hort. Sci. 62:401-404.

제4절 분화품질 향상을 위한 시비조건 구명

1. 서 언

금강초롱꽃의 분화재배시 가장 큰 문제점은 잎에 안토시아닌의 침적에 의한 적엽화 현상이다. 이와같은 현상은 생육초기에 발생하였다가 이후 생육후기이며 상품가치가 형성되는 개화 무렵에 이르러 매우 심각하게 발생한다. 계속 진전되면 잎의 고사에까지 이르게 되며 상품가치를 완전히 상실하게 된다. 잎의 검은 무늬가 발생하는 현상은 인산 성분의 부족 시 발생하는 생리현상과 유사하다.

본 연구는 분화용으로 쓰이는 발효과 부엽을 섞은 배지에 인산질 성분 부족에 기인한 것으로 가정하고 이를 개선함으로써 안토시아닌의 잎 축적을 방지하여 금강초롱꽃의 분화 상품성을 향상시키고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

묘령 3년인 금강초롱꽃을 발효과 부엽을 1:1로 혼합한 용토를 채운 직경 15cm 플라스틱 포트에 정식하여 대관령에 위치한 고령지농업시험장 비닐하우스 내 베드 위에 두었다. 비닐하우스 위에 55% 차광망을 1겹 피복하여 반음지(30천~35천 Lux) 와 3겹 피복하여 음지(6천~10천 Lux) 조건을 두었다.

시비기준은 N-P-K=100:100:100 기준으로 실제 사용된 비료 및 양은 화분 당 요소 0.43+용과린 0.26+엽화카리 0.33g를 기비로 시비하고 이후 2회 추비하였다. 처리내용은 비료를 주지 않고 발효과 부엽을 부피대비 1 : 1로 혼합한 무처리구와 P0 (질소 : 인산 : 칼륨 = 1:0:1), P1 (질소 : 인산 : 칼륨 = 1:1:1), P3 (질소 : 인산 : 칼륨 = 1:3:1) 구를 두었다.

생육 및 개화특성 조사와 적엽율과 엽색소인 엽록소 및 안토시아닌 함량을 분석하였다. 엽록소는 처리별로 신선한 잎 1g을 정량하여 80% 아세톤과 함께 유발에서 분쇄한 후 저온 4℃에서 overnight 한 후 10,000g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 추출된 용액을 645, 663nm에서 흡광도를 측정 한 후 Arnon법(Arnon, 1949)에 의해 엽록소함량을 산출하였다.

안토시아닌함량은 각 처리구에서 잎 1g씩 채취하여 95% ethanol과 1.5N HCl을 85:15(v/v)로 혼합한 추출액에 미세하게 마쇄하여 4℃에서 overnight 시킨 후 10,000g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 얻어진 용액을 535nm에서 흡광도를 측정하여 total anthocyanin 함량을 산출(Fluleki와 Francis, 1968)하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 금강초롱꽃 생육단계별 적엽발생을

반음지와 양지 조건의 비닐하우스에서 3년생 금강초롱꽃을 인산질 함량이 다른 조건에서 재배한 결과 정식한 후 7일째 되는 경우는 음지조건에서 시비하지 않은 무처리구의 적엽 발생율이 27.1%로 인산을 제외한 질소와 가리를 시용한 처리구와 인산을 추가한 처리구보다 높았다. 그러나 반음지 조건에서는 처리간 차이를 보이지 않았으며 음지보다 광밀도가 높은 반음지가 적엽율이 높았다. 금강초롱꽃의 적엽율이 급격히 증가하는 화퇴형성기와 개화시의 경우 반음지가 음지보다 적엽율이 높아졌으며 인산처리 농도가 높을수록 적엽율이 급격히 낮아졌다. 화퇴형성기에는 인산질 비료를 처리한 구간에는 음지와 반음지 차이가 크지 않았으나 개화기에는 반음지 보다 음지의 적엽율이 낮아졌고 특히 인산질 비료를 3배 시비한 경우 8.1%로 가장 낮았다(Table 4-33).

처리간 잎의 안토시아닌 함량은 음지와 반음지 모두에서 무처리와 인산비료 무시용구가 높았고 인산시비량이 증가할수록 잎의 안토시아닌 함량은 감소하였다(Table 4-35). 특히 광도가 높은 반음지 조건보다 음지에서 안토시아닌 함량이 0.24%로 적엽율이 크게 감소하였다. 이로서 금강초롱꽃의 적엽증상을 발생하는 조건은 광도가 높을수록 높아지는 특성을 보여 광 영향이 크게 작용하는 것을 알 수 있었다.

나. 광도와 인산질 처리에 따른 생육특성

광도와 인산질 처리에 따른 생육은 신초수의 경우 시비를 하지 않은 무처리구가 음지 6.0개와 반음지 5.9개로 가장 적은 경향을 보였고 신초장의 경우 처리간 큰 차이는 없었으나 시비하지 않은 무처리구가 음지 41.3cm, 반음지 42.6cm로 인산을 시비한 처리구의

44.6~46.6cm 보다 낮은 경향을 보였다. 엽수는 음지 무처리구가 19.0개로 인산비료가 높아 질수록 엽수가 증가하였으나 반음지의 경우 무처리구가 22.1개, 인산함량이 3배인 처리구 19.0개로 인산질비료가 증시 될 수록 감소하는 경향이였다(Table 4-34).

광도와 인산질 시비량에 따른 금강초롱꽃의 엽록소 함량은 생육특성과 유사한 경향을 보여 음지의 경우 무처리가 2.45mg/g 이고 인산질 비료량이 3배 시비된 처리구의 경우 3.79mg/g 으로 인산질 시비량이 증가할수록 엽록소 함량도 증가하는 경향이였다. 반음지의 경우도 무처리가 2.12mg/g 이고 인산질비료를 질소와 가리비료와 동량으로 시용한 구의 3.15mg/g 보다 낮았다.

음지와 반음지의 경우 광 강도가 높은 반음지가 음지보다 잎의 엽록소 함량은 감소하는 결과를 보여 일반적으로 광 강도가 높을수록 엽육이 두꺼워지고 엽록소함량이 감소하는 추세와 유사하였다(Table 4-35).

Table 4-33. The percentage of red leaf at different growth stage of *Hanabusaya asiatica* as affected by light intensity and phosphorus fertilization.

Light intensity	Phosphorus fertilization	Growth stage ^y		
		I	II	III
6,000~10,000 lux	None ^z	27.1 a ^x	63.7 a	59.8 a
	P-0	12.9 b	44.8 b	26.3 b
	P-1	23.0 ab	19.9 cd	17.2 b
	P-3	14.3 b	12.3 d	8.1 c
30,000~35,000 lux	None	26.5 a	65.7 a	54.5 a
	P-0	30.1 a	42.3 b	45.6 a
	P-1	28.9 a	17.4 cd	19.7 b
	P-3	27.4 a	11.0 d	14.1 b

^z None means no fertilization.

^y I: 7 days after transplanting, II: flower bud stage, III: flowering stage

^x DMRT 0.05

Table 4-34. Growth characteristics affected by light intensity and phosphorus fertilization in pot culture of *Hanabusaya asiatica*.

Light intensity	Phosphorus fertilization	No. of shoots	Shoot height (cm)	No. of leaves
6,000~10,000 lux	None ^z	6.0±1.05 ^y	41.3±4.41	19.0±4.38
	P-0	6.0±1.22	46.6±3.11	21.3±5.54
	P-1	9.2±2.51	44.6±5.76	21.8±4.11
	P-3	6.8±0.79	46.5±3.30	23.3±5.54
30,000~35,000 lux	None	5.9±1.33	42.5±6.12	22.1±4.81
	P-0	8.0±1.27	46.5±6.09	24.0±5.23
	P-1	6.4±1.19	45.0±5.77	20.4±2.46
	P-3	6.8±0.60	46.6±4.58	19.0±1.07

^z None means no fertilization.

^y Mean ± SE (30 samples)

Table 4-35. Chlorophyll and anthocyanin contents of *Hanabusaya asiatica* leaf at flowering states according to light intensity and phosphorus fertilization condition.

Light intensity	Phosphorus fertilization	Chlorophyll contents (mg/g Flesh weight)	Anthocyanin contents (mg/g Fresh weight)
6,000~10,000 lux	None ^z	2.45 c ^y	0.88 b
	P-0	3.46 ab	0.76 c
	P-1	3.69 a	0.24 e
	P-3	3.79 a	0.24 e
30,000~35,000 lux	None	2.12 c	0.74 c
	P-0	2.42 c	0.98 a
	P-1	3.15 b	0.40 d
	P-3	2.65 bc	0.36 d

^z None means no fertilization.

^y DMRT 0.05

3. 적요

금강초롱꽃 재배시 잎의 안토시아닌 침적에 의한 적엽은 개화기 무렵 잎의 고사로 이어지는 치명적인 결함을 지니고 있다. 이러한 문제점을 해결하여 상품가치를 높이기 위해 인산질비료의 사용효과를 구명한 결과는 금강초롱꽃 적엽증상은 광의 강도가 높을수록 적엽율이 증가하며 화분당 요소 0.43g, 용과린 0.78g, 염화加里 0.33g을 기비 사용하고 생육 중 2회 동일량 추비하면 적엽증상이 경감된다.

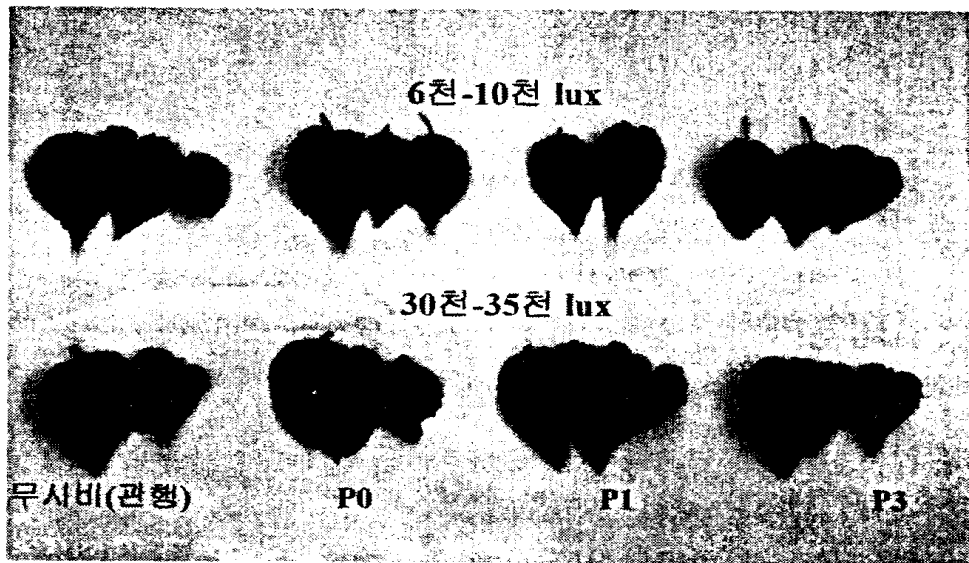


Fig. 4-31. Red leaf appearance of *Hanabusaya asiatica* at flowering stage as affected by light intensity and phosphorus fertilization (None : no fertilization, P-0 : N:P:K=1:0:1, P-1 : N:P:K=1:1:1, P-3 : N:P:K= 1:3:1)

4. 참고문헌

- Anatoly A. et al. 2001. Optical properties and nondestructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. *Phytochem. & Photobio.* 74:38-45
- 김태중 외. 1996. 유기질비료 및 Hyponex시비가 자생복주머니 난의 생육과 개화에 미치는 영향. *한원지* 17:313-316
- 이호선 외. 2001. GA에 의해 휴면타파된 금강초롱꽃 의생육 및 개화에 미치는 uniconazole 과 diniconazol처리효과. *한과지* 19:47(발표요지)

제5절 농가실증시험

1. 금강초롱꽃 분화재배시 적정배양토 개발

가. 서언

금강초롱꽃의 분화재배기술을 개발하는데 있어 개발된 기술의 보다 신속한 농가로의 보급을 위해 농가에서 시험을 공동으로 수행하는 것이 매우 중요하다. 재배현장의 애로점과 개발된 기술의 적용을 위한 개선점을 도출하여 연구에 반영하는 것 또한 보다 활용도 높은 기술개발이 가능하다. 본 시험은 금강초롱꽃의 분화재배에 있어서 가장 기본이라 할 적정 분화재배용토를 구명하고자 하였다. 아울러 시험을 농가와 공동으로 수행함으로써 기타 개발된 기술의 이전 효율을 높이고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

이 시험은 양구에 위치한 바우농장의 농가 플라스틱하우스에서 수행하였다. 금강초롱꽃 재료는 파종 후 2년 된 묘 중에서 줄기 수가 2개인 묘를 선택하여 본엽 3~4매에 직경 20cm 플라스틱 화분에 6월 상순에 정식하였다. 적정 분화용토를 구명하기 위해 양분이 거의 없는 마사토에 부엽을 부피기준으로 1 : 1로 섞은 용토와 인공상토인 바이오상토(홍농종묘)와 마사토를 부피기준 1 : 1로 섞은 것과 100% 인공상토만을 사용한 처리구를 두었다. 화분은 플라스틱하우스에 70% 차광망을 씌우고 철제 파이프로 행거를 만들어 화분 밑 부분이 땅에 닿지 않게 하였다. 관수는 과습하지 않게 건조한 후 관수하였으며 모든 토양에 같이 적용하였다. 처리별 100개의 화분을 두었고 용토별 토양분석과 뿌리 활착율과 생존율을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

금강초롱꽃을 분화재배하기 위한 적정 용토를 구명하기 위해 시험에 사용된 주요 용토의 화학적 특성을 검정한 결과 주로 농가에서 사용하고 있는 마사토에 부엽을 부피 대

비 1 : 1로 섞은 용토의 pH는 5.0으로 약 산성을 나타내었고 자생지 토양은 3.9로 비교적 강 산성을 띄고 있다. 한편 인공상토로 쓰인 바이오상토 1호는 중성에 가까운 6.1을 나타냈다. EC는 인공상토가 가장 높았고 마사토가 섞인 용토가 가장 낮은 것으로 나타났다 (Table 4-36).

Table 4-36. Analysis of three different soil medium in pot culture of *Hanabusaya asiatica*.

Soil medium	pH	EC (μ s/cm)
Artificial soil ^x	6.1	675
Sand ^y + leaf mould (1:1) ^z	5.0	284
Habitat (Mt. Odae)	3.9	352

continued

Soil medium	NH ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Artificial soil ^x	433.0	524.0	529.0	3,120.0	5,400.0	1,624.0
Sand ^y + leaf mould (1:1) ^z	28.4	165.6	158.9	115.0	1,725.0	244.0
Habitat (Mt. Odae)	408.4	12.7	92.7	102.0	643.0	184.0

^x biosangto No. 1 (Heungnong Co.) analysis by Soil & Plant Laboratory(USA)

^y media from mountain called as Masato

^z volume to volume

시험처리에 사용된 용토는 마사토와 부엽의 1 : 1 혼합한 것과 마사토와 인공상토를 부피대비로 1 : 1로 섞은 용토, 그리고 인공상토만 100% 사용한 용토 세가지를 가지고 시험한 결과는 Table 4-37과 같다.

화분에 정식 후 30일 후 조사한 뿌리의 활착은 인공상토가 첨가되지 않은 마사토와 부엽을 1 : 1로 섞은 토양에서 97.7%의 활착율을 보였으며 인공상토가 50% 섞인 마사토에서도

65.6%로 저조하였다. 100% 인공상토를 활용한 분화용토는 47.7%로 50%에도 미치지 못하

는 결과를 보였다. 또한 정식 100일 후의 생존율은 인공상토가 섞인 용토는 2.5~9.6%를 보여 10%의 생존율을 보여 지극히 저조한 생존율을 보였으며 마사토와 부엽을 섞은 용토는 97.6%로 높은 생존율을 보였다. 이는 금강초롱꽃의 자생지 토양 pH가 3.9로 비교적 강산성 토양에 적응된 결과로 인공상토의 pH가 6.1로 중성에 가까워 뿌리 발육 장애발생에 기인한 것으로 생각된다. 이것은 인공상토가 50% 섞인 배지에서도 활착이 어려운 것으로 보아 금강초롱꽃의 분화재배를 위해서는 분화용토의 pH는 5.0 이하가 되어야 할 것으로 생각되었다.

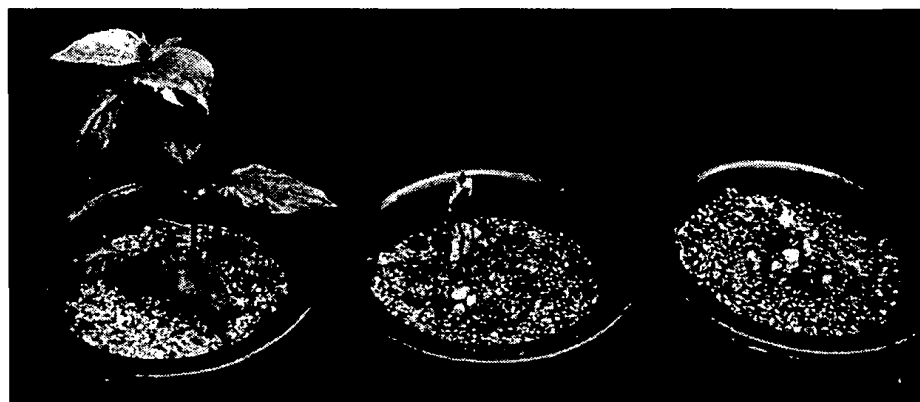
Table 4-37. Taking root rate at 30 days and survival rate at 100 days after transplanting on three different soil medium in pot culture of *Hanabusaya asiatica*.

Soil medium	Taking root rate(%)	Survival rate (%)
Artificial soil ^x	47.7	2.5
Artificial soil + sand ^y (1:1) ^z	65.6	9.6
Sand + leaf mould (1:1)	97.7	97.6

^x biosangto No. 1 (Heungnong Co.)

^y media from mountain called as Masato

^z volume to volume



A

B

C

Fig. 4-32. Status of growth according to three different soil medium in pot culture of *Hanabusaya asiatica*.

A → Sand : 부엽=v:v=1:1 B → 마사토:인공상토=v:v=1:1 C → 인공상토
라. 적요

금강초롱꽃의 분화재배를 위한 적정 분화용토 조건을 구명하기 위해 농가의 포장에서 세가지 분화용토를 가지고 시험한 결과 금강초롱꽃의 분화재배를 위해서는 마사토와 부엽을 부피대비 1:1 로 혼합하여 사용하는 것이 가장 좋았으며 이는 금강초롱꽃의 분화재배용토는 pH가 5.0이하인 산성토양이 적합한 것으로 생각되었다.

마. 참고문헌

- Hong, H. O., Lee, K. E., and K. C. Yoo. 1984. Studies on the wild *Rhododendron brachycarpum* in Korea(3). J. Kor. Soc. Hort Sci. 25(1):50-55
- Hyun, K. J., K. W. Kim. 1997. Effects of co-pigments and pH on blue to red flowercolor expression of Korean wild plants. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(5):569-574.
- Kim, W.B., K.S. Choi, B.H. Kim, J.K. Kim J.H. Kim K.O. Yoo, W.T. Lee, and H.T. Lim 1996. Physiological characteristics of *Hanabusaya asiatica*. J. Kor. Soc. Hort Sci. 37:561-567
- Lee, J. S., B. Y. Ryu. 1996. Effects of pH, EC and physical properties in the mixed media made of organic materials on the growth of *Euphorbia pulcherrima* W. Kor. Soc. Hort. Sci. 37(6):810-814.
- Nam, C. W., Kim, W. B., Yoo, D. L., Han, B. H., Kim, B. H., Kim, J. K. and K. S. Choi. RDA. J. Agri. Sci. 36(2):464-470.
- Park, C. H., H. D. Chung. 1987. The physicochemical properties of the media soils by mixing sphagnum peat moss and vermiculite and its effects of the growth of cucumber plants. J. Kor. Soc. Hort Sci. 28(1):9-17
- Ryu, B. Y., J. S. Lee. 1996. Property changes in mixed media for pot flower made of several organic materials. Kor. Soc. Hort. Sci. 37(1):127-135.
- Ryu, B. Y., J. S. Lee. 1996. Effect of media compositions made by several organic materials on the growth of *Ficus benjamina*. Kor. Soc. Hort. Sci. 37(2):292-298.

제6절 종합결과

한국특산속식물인 금강초롱꽃과 모데미풀의 고품질 분화재배를 위하여 관련기술을 개발한 결과는 다음과 같다.

금강초롱꽃과 모데미풀의 재배를 위해서는 30% 이상의 차광이 필요하며 70% 차광이 적합하였다.

금강초롱꽃은 장일성 단일성식물이 아닌 일장에 영향을 크게 받지않는 중일성식물이며 성장과 품질은 장일조건과 광량이 많을수록 증가하였다.

금강초롱꽃 재배시 적엽발생에 의한 상품성 저하를 방지하기 위해 청색광 처리로 적엽 발생율을 62.5%에서 1.6%로 낮추었다. 또한 인산질비료를 증시하여 분당 N-P-K=100 : 300 : 100 ppm(요소 0.43g, 용과린 0.78g, 염화가리 0.33g) 시용이 적엽을 경감시켰다.

금강초롱꽃의 개화조절을 위한 휴면타파를 위해 저온처리는 4℃ 20일 이상이 필요하였고 GA₃ 200mg/L를 2회 처리하는 것이 효과적이었다. 또한 GA₃ 처리로 무처리 대비 60~90일 조기휴면타파 되었고 신초수가 증가되어 분화품질향상이 기대되었다.

금강초롱꽃에 GA₃를 처리하여 휴면을 타파 시킨 후 1회 적심과 uniconazole 0.1mg/pot를 동시에 처리하면 초장이 왜화되고 개화촉진과 함께 분지수가 증가되어 고품질의 분화를 생산하는데 효과적이다.

금강초롱꽃의 재배시 적합한 분화용토는 마사토와 부엽을 1 : 1(v/v)로 혼합하여 사용한 것이 적합하였고 pH는 5.0이하인 산성토양이 적합하였다.

제5장 평난지 적응 재배기술 개발

제1절 서론

금강초롱꽃과 모데미풀의 자생지는 대부분 해발 1,000m 이상의 지역임을 감안할 때 적절한 생육조건이 서늘한 기후임을 알 수 있다. 평난지에서 재배하는 경우에는 고온에 의한 여러 가지 생리 및 병해충 장애가 발생할 가능성이 예상되고 있다. 또한 대다수의 최종 소비자는 평난지 거주민임을 감안할 때 과연 저온에서 생육한 금강초롱꽃과 모데미풀이 분화상품으로서 만족한 역할을 해낼지 의문이다.

따라서 본 연구는 첫째, 평난지 소비 및 재배 가능여부를 검토하고 이와 관련하여 발생된 제 문제를 해결하여 평난지 재배기술을 개발하고자 수행하였다. 연구내용은 재배기간의 평난지 고온조건을 경감하는 것을 주축으로 차광조건을 구명하고 대표적 고온에 의한 품질저하 요인인 화색발현 정도가 열리는 문제를 해결하기 위하여 습도조절에 의한 품질향상 조건을 구명하고자 하였다.

둘째, 온도조절이 양호한 계절인 평난지 동계생산을 위해 고랭지와 연계하여 휴면타파를 통한 동계재배기술을 개발하고자 하였다.

이와 같은 내용으로 본 연구는 고품질의 금강초롱꽃과 모데미풀의 고품질 주년재배기술 체계를 구축하는데 평난지 역할을 확립하고자 수행하였다.

제2절 평난지 재배를 위한 적정 차광 정도

1. 서언

금강초롱꽃과 모데미풀의 자생지는 대부분 해발 1,000m 이상인 고지대에 분포하고 있다. 자생지 주변의 환경은 대부분 북향의 습지로 습도가 높고, 울창한 산림의 아래쪽에 위치하여 광의 투과가 지극히 미미하다. 온도는 고산지인 관계로 평난지에 비해 8~10℃ 정도 낮다.

이러한 환경에서 적응한 금강초롱꽃과 모데미풀을 고온지역인 평난지에서 재배하기 위해서는 생육온도를 낮추는 것이 필수적이라 할 것이다. 실제로 내서성을 검정하기 위해 평

난지에서 재배한 결과 대부분 생장이 억제되고 잎의 고사에 이어 식물체 고사주율이 매우 높았다.

본 시험은 금강초롱꽃과 모데미풀의 평난지 재배를 위해 적정 차광정도를 구명함으로써 평난지재배 가능성을 검증하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 금강초롱꽃

금강초롱꽃 2년생 묘를 마사토와 부엽을 1 : 1로 채운 직경 20cm 플라스틱 화분에 정식하여 사용하였다. 차광처리는 30%, 50%, 70% 차광망을 씌운 비닐하우스를 활용하였다. 시험은 해발 20m인 강릉대학교 시험포장에서 수행하였다. 관수는 차광별로 표토가 마른 후 관수하였고 과습되지 않도록 주의하였다. 시비는 하이포넥스 1,000배액을 15일 간격으로 주었으며 관수와 동시에 시비하였다.

처리별 각각 20개체를 두었고 2000년부터 2년간 시험하였다.

차광별 온도 측정은 Data logger 21X(campbell, USA)에 써머커플(T형)을 부착하여 측정하였고 차광별 광량은 LI-1400(Li-cor, USA)에 광센서를 부착하여 측정하였다. 엽록소함량은 휴대용광합성측정기(Minolta, Japan)를 사용하여 SPAD로 표시하였다. 차광별 화색농도를 측정하고자 Chroma meter(CR-200, minolta)를 이용하여 Hunter의 방법으로 표시하였다

나. 모데미풀

모데미풀은 자생지에서 채취한 묘를 분주하여 1년간 생육 후 2년째 묘를 사용하였다. 발흙에 부엽을 1 : 1로 섞은 흙을 채운 20cm 플라스틱 화분에 정식하여 금강초롱꽃과 같은 조건에 두었다. 시비와 관수 등은 금강초롱꽃과 같은 방식으로 수행하였고 온도를 비롯한 측정기기도 같은 기종을 사용하여 동시에 측정하였다.

처리당 개체수를 10개체로 하여 2000년부터 2년간 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 차광처리별 온도변화

차광율이 높을수록 최고 및 최저 온도는 낮아졌다. 혹서기이며 개화기인 8월과 9월의 최고기온은 70% 차광구가 31.5℃로 30% 차광구의 33.7℃보다 2.1℃ 낮았다. 최저기온은 70%와 50%의 처리구가 큰 차이 없이 비슷하여 이는 50% 차광 이상의 조건은 시험수행지역인 강릉의 야간온도와 비슷한 경향을 보였으며 30% 차광구 만이 평균 1.2℃정도 높았다.

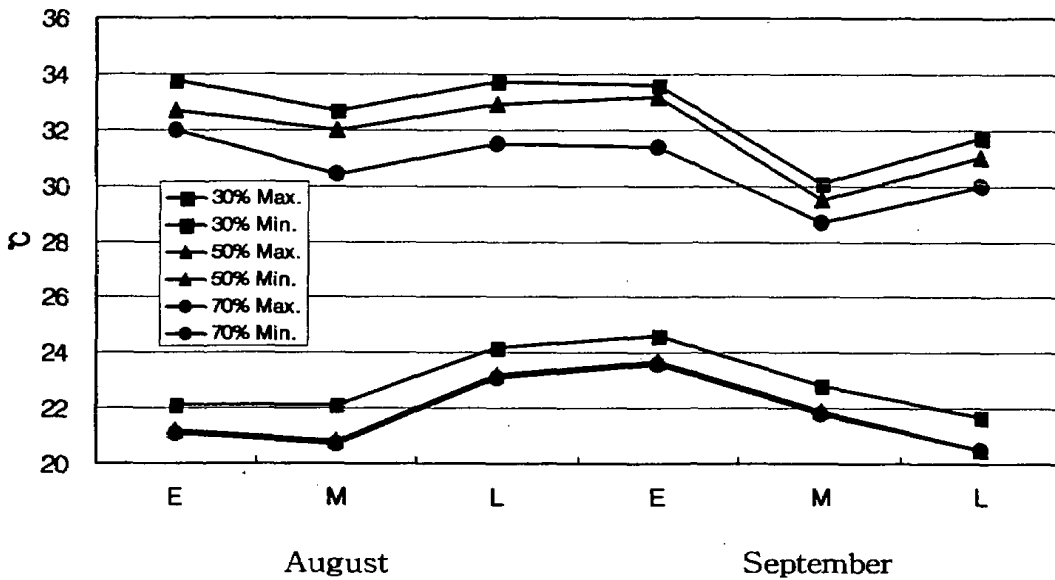


Fig. 5-1. Changes of air temperature on August and September as hot weather period as affected by shading rate under the structure in lowland area.

E : the first ten days of a month, M : the middle ten days of a month,

L : the last ten days of a month

나. 차광처리별 광 특성

차광별 광 특성은 8월 중순 맑은 날 오전 10시 20분 경 노지 대비 시설내 무차광과 차광처리별로 전체 광 에너지와 광합성유효파장대의 광량과 밝기를 기준으로 세가지 광센서를 부착 동시 측정하였다.

시험에 사용된 시설의 자연차광율이 노지대비 약 30%에 달하였고 30% 차광처리구는 노지대비 약 80%가 감소되었다. 차광처리간 광량 차는 노지를 기준으로 10%에 불과하였으

나 30% 차광구를 기준으로 보면 70%차광은 약 30% 대에 불과하였다. 검은 차광망을 사용시 특정 파장대를 부분적으로 차단하는 것이 아니고 전 파장대가 고루 차단되었다.

Table 5-1. Characteristics of light energy according to shading rate.

Shading rate	Irradiance (W/m ²)	Quantum (umol/m ² /s)	Illuminance (Klux)
Natural light ^z	737.5 (100) ^y	1,470 (100)	82.97 (100)
0%	462.2 (62.7)	1,014 (69.0)	56.28 (67.8)
30%	118.2 (16.0)	250 (17.0)	11.41 (13.8)
50%	70.9 (9.6)	163 (11.1)	7.87 (9.4)
70%	36.3 (4.9)	87 (5.9)	4.43 (5.3)

^z Out of structure.

^y ratio to natural light

This data were measured at 10:17 with full sun on August.

다. 금강초롱꽃

1) 차광처리별 생육특성

차광처리별 초장의 변화는 차광율이 높을수록 초장은 길어지는 경향이었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 이는 평nan지에서의 기온이 차광율이 높아졌음에도 불구하고 기온의 차이가 기본적으로 크게나지 않은 것이 원인이라고 생각된다. 개체당 잎 수는 차광율이 높을수록 많아졌는데 이는 잎의 고사에 원인이 있다고 생각되며 초장의 경우는 온도가 영향을 미치는 것으로 보이나 잎의 고사는 광량에 직접적 원인이 있기 때문으로 생각된다. 엽장과 엽폭도 차광율이 높을수록 길어졌으나 큰 차이는 없었으며 줄기의 마디수도 차이가 없었다.

2) 차광처리별 개화특성

개화특성은 차광처리별 화뢰출현기와 개화기 모두 차이가 나지 않았다. 차광에 따른 광량의 감소와 온도 저하가 화뢰출현과 개화에 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다. 이는 앞서 지적한 생육차이 개념과 동일한 원인으로 생각되며 평nan지 온도를 비롯한 환경

조건이 금강초롱꽃의 개화에 영향을 미칠 정도의 효과가 없다고 판단되었다.

Table 5-2. Characteristics of growth as affected by shading rate during summer season cultivation on *Hanabusaya asiatica* in lowland area.

Shading rate	Plant height (cm)	No. of leaves per plant	Length of leaf (cm)	Width of leaf (cm)	No. of nods per main stem	Diameter of stem (cm)
30%	46.28 a ^z	9.0 b	7.3 a	4.5 a	15.0 a	3.16 a
50%	48.85 a	17.0 a	7.1 a	5.1 a	14.8 a	2.74 a
70%	51.68 a	11.3 ab	8.3 a	5.6 a	14.3 a	3.06 a

^z Duncan ($P=0.05$)

Table 5-3. Effect of shading rate on flowering of *Hanabusaya asiatica* during summer season cultivation in lowland area.

Shading rate	Date of flower bud formation	Date of flowering
30%	Aug. 2	Sept. 7
50%	Aug. 3	Sept. 9
70%	Aug. 2	Sept. 9

차광처리별 화수의 변화를 보면 차광율이 낮을수록 화수는 많아지는 것을 알 수 있었으며(Fig. 5-2) 이는 광량이 화수를 증대시키는 효과가 있음을 알 수 있었다. 이는 강광에 의해 잎의 고사율이 증가하여 잎이 감소하였음에도 화수가 증가한 것은 금강초롱꽃이 생육 후기 잎의 적엽에 의한 완전 고사의 경우에도 개화가 이루어지는 것을 감안하면 화수가 증가한 것은 단지 광합성에 의한 산물에만 의존하지 않고 뿌리 등 축적된 양분의 활용이 추측된다. 이와 관련하여 보다 세밀한 연구가 요구된다.

화색의 발현은 차광율이 높을수록 화색이 짙어졌다(Table 5-4). 70% 차광 처리구에서 금강초롱꽃색을 구성하는 적색과 청색의 농도가 각각 6.10과 -8.17로 가장 진하였다. 이는 화색을 구성하는 안토시아닌 색소의 집적이 광량이 많을수록 많아지는 것이 금강초롱꽃 잎의 적엽화를 통해 일반적으로 이해되나 높은 광도로 인해 수반되는 고온이 잎의 안토

시아닌의 합성을 저해한 것으로 생각된다. 또한 자생지별 화색을 조사한 결과에 따르면 지대가 높은 곳일수록 화색이 짙어지는 경향이 있어 화색을 결정짓는 안토시아닌 합성은 광량뿐 만 아니라 온도도 크게 작용하는 것으로 생각된다. 따라서 평nan지 재배시 고품질의 금강초롱꽃을 만들기 위해서는 무엇보다 생육온도의 저하가 주 요인인 것으로 생각된다.

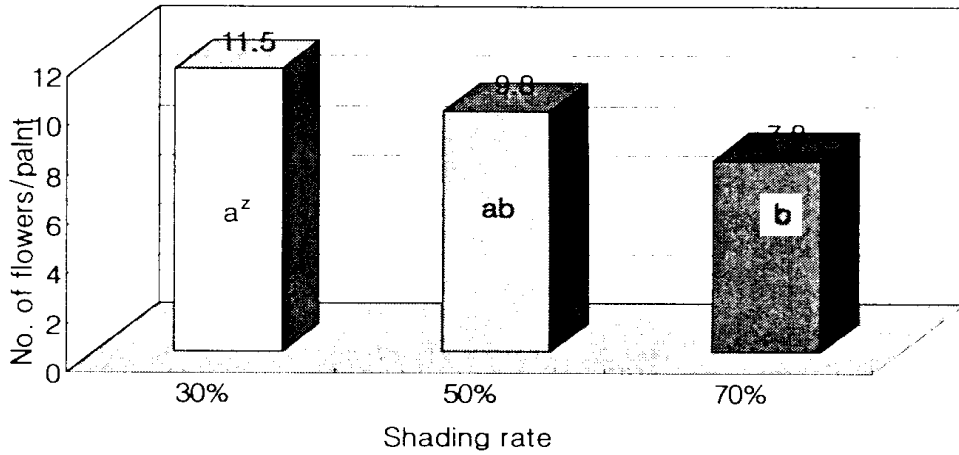


Fig. 5-2. Number of flowers as affected by shading rate during summer season cultivation on *Hanabusaya asiatica* in lowland area.

^z Duncan 0.05

Table 5-4. Effect of shading rate for flower color value by Hunter's on *Hanabusaya asiatica*.

Shading rate	L	a	b
30%	71.86	5.41	-7.07
50%	70.53	5.82	-7.23
70%	69.60	6.10	-8.17

L : +White--Black-, a : +Red--Green-, b : +Yellow--Blue-

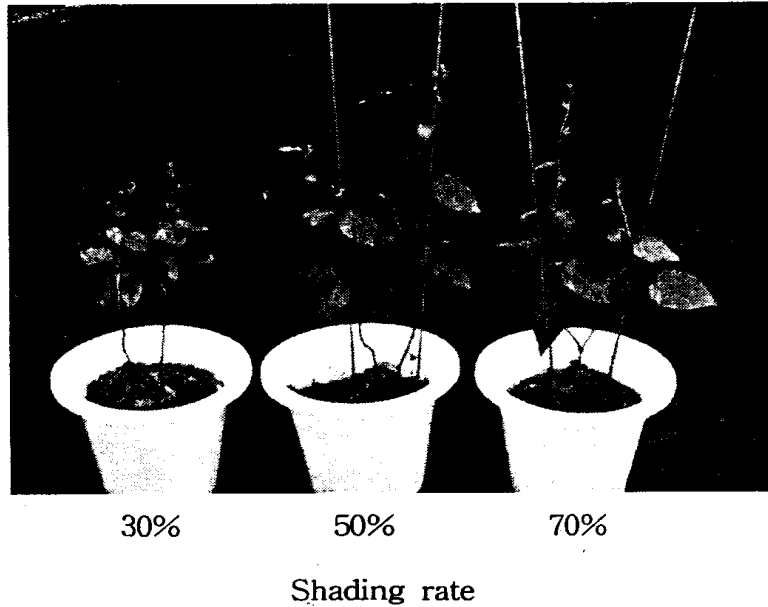


Fig. 5-3. Status of growth of *Hanabusaya asiatica* as affected by shading rate during summer season cultivation in lowland area.

라. 모데미풀

본 시험에서는 모데미풀의 개화기가 이른 봄인 점을 감안하여 개화 후 모데미풀의 생육을 조사하였다. 차광처리별 생육특성은 차광율이 적을수록 생육량은 줄었으나 잎 수만이 차광율이 30%일 때 20.3개로 적었고 초장과 잎의 크기는 큰 차이가 없었다. 모데미풀은 자생지가 고산지대임에도 불구하고 비교적 평난지 환경조건에 잘 적응하는 것으로 나타났다.

Table 5-5. Characteristics of growth as affected by shading rate during summer season cultivation in lowland area on *Megaleranthis saniculifolia*.

Shading rate	Plant height (cm)	No. of leaves /plant	Width of leaf (cm)
30%	16.3 a	20.3 b	9.8 a
50%	18.8 a	22.6 a	10.4 a
70%	19.6 a	22.8 a	10.8 a

^z Duncan 0.05

모데미풀 잎의 엽록소 함량은 차광율이 70%에서 가장 많았으나 처리간 유의성이 인정되지 않았다. 잎의 고사 염수도 차광율이 높을수록 감소하였으나 개체간 균일성이 인정되지 않았다. 이로써 모데미풀은 고산지가 자생지임에도 비교적 평nan지에서 잘 적응하는 것으로 나타났고 평nan지 적응을 시험하기 위한 무차광 재배시 고사한 것을 제외하고 차광처리간 생육차이를 인정할 수 없었다.

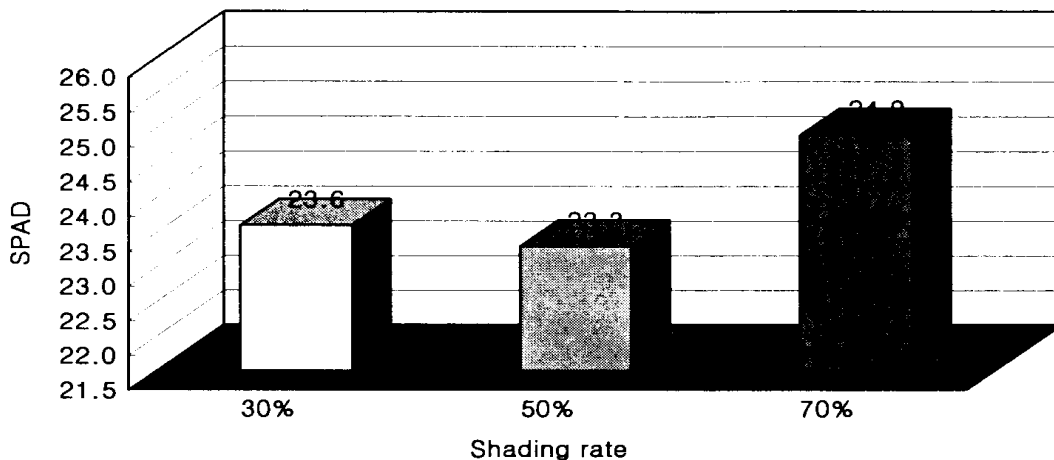


Fig. 5-4. Differences of chlorophyll contents of leaves on *Megaleranthis saniculifolia* as affected by shading rate during summer season cultivation in lowland area.

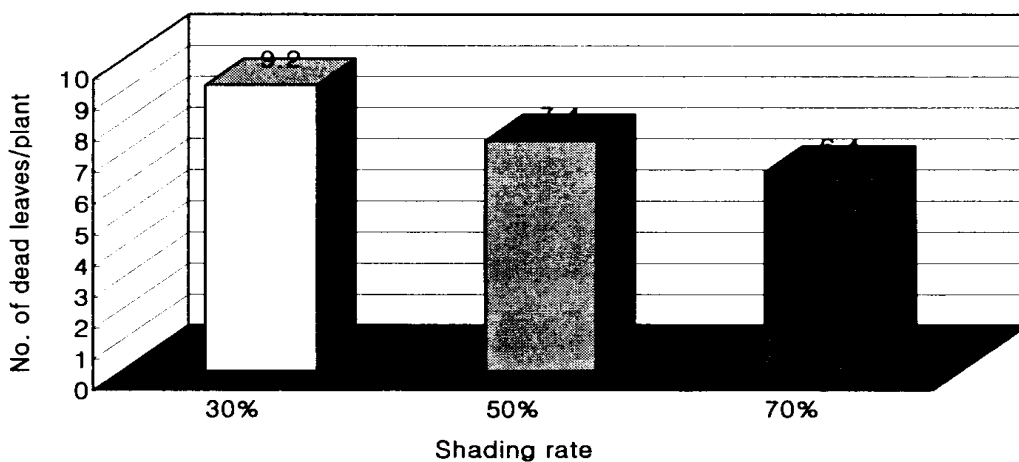


Fig. 5-5. Number of dead leaves on *Megaleranthis saniculifolia* as affected by shading rate during summer season cultivation in lowland area

3. 적 요

평nan지에서 금강초롱꽃 재배시 고품질의 분화생산을 위해서는 적정 차광을 50% 이상이 바람직하며 아울러 차광이외의 방법으로 기온을 더 낮추는 것이 요구된다.

모데미풀은 비교적 평nan지에서 잘 적응하는 화종으로 생각되며 차광에 따른 큰 품질 및 생육의 차이가 없었으나 70% 차광시 생육량이 많은 경향으로 평nan지 재배시 70% 차광이 적합한 것으로 생각된다.

제3절 화색증진을 위한 습도조절 효과

1. 서언

금강초롱꽃의 평nan지 재배는 주로 고온기인 여름을 경과하므로 차광에 의한 온도강하가 기본이나 앞서 시험한 결과 차광만으로는 생육촉진과 생육량 향상, 화색의 발현 등 품질을 향상시키기 곤란하였다. 또한 금강초롱꽃 자생지는 주로 습도가 높은 지역에 분포하는 점을 감안할 때 금강초롱꽃의 정상적인 생육을 위해서는 습도가 높은 조건이 필요할 것으로 생각되었다.

본 연구는 평nan지에서 금강초롱꽃의 품질향상을 위하여 생장기간 중 적정 공중습도를 구명함으로써 기온 강하 효과는 물론 자생지와 유사한 환경조성을 통한 품질향상의 극대 효과를 검정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

금강초롱꽃 2년생 묘를 마사토와 부엽을 1 : 1로 채운 직경 20cm 플라스틱 화분에 정식하여 사용하였다. 습도처리를 위한 포장은 유리온실 내 비닐을 씌운 0.8×1.5m 구조물에 70% 차광망을 씌워 사용하였다. 습도처리는 60%, 70%, 80%를 두었고 습도유지는 가습기와 미스트기를 2 Way 방식의 습도센서(하니웰 H615A)를 부착하여 조절하였고 과습도 시 흡습제가 채워진 플라스틱관에 팬을 부착하여 센서에 연결 제습하였다.

구조물 내의 환기는 4면 중 1면을 비닐피복하지 않고 차광망만을 활용하여 환기하였

다. 관수는 습도처리별로 표도가 마른 후 관수하였고 분화용토가 과습되지 않도록 주의하였다. 시비는 하이포넥스 1,000배액을 15일 간격으로 주었으며 관수와 동시에 시비하였다.

처리별 각각 20개체를 두었고 2001년 시험하였다.

습도처리별 온도 측정은 Data logger 21X(campbell, USA)에 써머커플(T형)을 부착하여 측정하였고 엽록소함량은 휴대용광합성측정기(Minolta, Japan)를 사용하여 SPAD로 표시하였다. 습도처리별 화색농도를 측정하고자 Chroma meter(CR-200, minolta)를 이용하여 Hunter의 방법으로 표시하였다

3. 결과 및 고찰

가. 습도처리별 기온변화

습도처리별 기온변화는 습도가 높을수록 기온하강 폭이 커 80% 습도처리구 최고기온이 25.5~28.9℃로 30도를 넘지 않았으며 60% 습도구의 29.2~32.6℃ 와 약 3.4~3.9℃ 온도차이를 보였다. 최저기온도 80% 습도처리구가 19.4~22.0℃로 60%습도구인 22.3~24.8℃보다 2.8~3.3℃ 낮았다. 70% 습도처리구와의 온도차이는 최고 2.8~3.3℃, 최저 1.2~2.2℃로 60% 차이와 비교하여 온도하강 효과가 적었다. 이로서 80% 습도처리구가 금강초롱꽃의 평난지 재배시 온도를 가장 효과적으로 낮출 수 있었다.

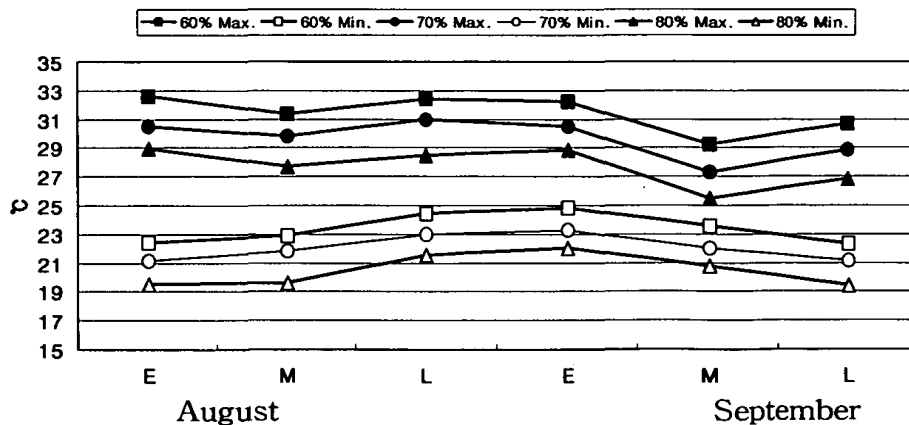


Fig. 5-6. Changes of air temperature on August and September as hot weather period as affected by percentage of relative humidity in lowland area.
 E : the first ten days of a month, M : the middle ten days of a month,
 L : the last ten days of a month

나. 습도처리별 생육특성

습도처리별 생육특성은 60%습도처리구가 37.7cm로 습도가 낮을수록 초장이 감소하였고 엽폭이 4.5cm로 감소하는 경향이었으며 엽수와 마디수 등은 처리간 차이가 없었다. 초장이 고습도에서 신장율이 우수한 것은 고온일수록 생육이 억제되었으며 습도를 높인 것이 기온을 낮추어 주는 효과가 있음에 기인한 것으로 생각된다.

Table 5-6. Characteristics of growth of *Hanabusaya asiatica* as affected by percentage of air relative humidity during summer season cultivation in lowland area.

Air relative humidity	Plant height (cm)	No. of leaves per plant	Length of leaf (cm)	Width of leaf (cm)	No. of nods per main stem	Diameter of stem (cm)
60%	37.7 a ²	12.2 a	7.3 a	4.5 a	15.0 a	3.16 a
70%	39.3 ab	10.0 a	6.6 a	5.1 a	14.8 a	2.74 a
80%	48.9 b	12.8 a	7.5 a	5.6 a	14.3 a	3.06 a

다. 습도처리별 개화특성

습도처리별 개화특성은 습도가 높을수록 화퇴형성과 개화가 빨라지는 것으로 나타났다. 금강초롱꽃은 개화가 일장에 크게 영향을 받지 않는 중일성식물로 처리간 화퇴형성과 개화에 큰 차이가 나지는 않았으나 습도가 높을수록 개화가 촉진되는 현상을 보인 것은 가을에 개화하는 특성상 기온이 서늘한 조건에서 개화로의 생육상이 전환하는 관련 물질의 조성이 관여한다고 생각된다.

Table 5-7. Effect of percentage of air relative humidity on flowering of *Hanabusaya asiatica* during summer season cultivation in lowland area.

Air relative humidity	Date of flower bud formation	Date of flowering
60%	Aug. 3	Sept. 9
70%	Aug. 2	Sept. 7
80%	July 30	Sept. 3

또한 주당 화수는 습도가 가장 높은 80%처리구가 10개로 습도가 낮아질수록 화수도 감소하여 60%습도처리구는 5.0개로 가장 적었다. 이도 수분에 의한 영양공급 및 기타 촉진효과라기보다는 온도저하에 그 영향이 큰 것으로 생각되며 온도저하에 따른 호흡량 감소 및 광합성 증대에 기인한 것으로 생각된다.

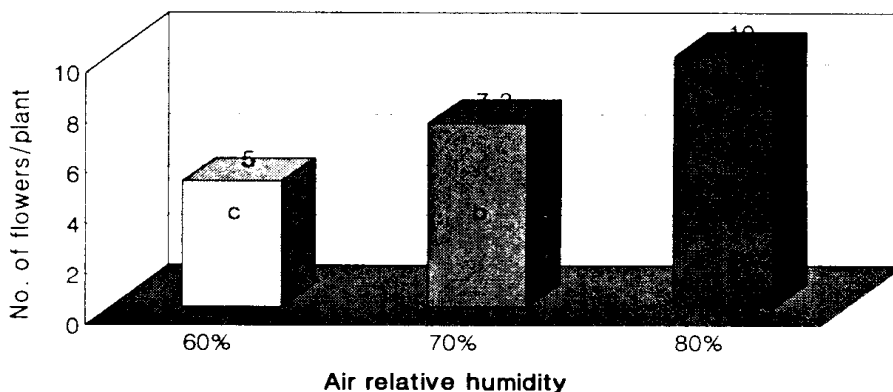


Fig. 5-7. Number of flowers of *Hanabusaya asiatica* as affected by air relative humidity during summer season cultivation in lowland area

^z Duncan 0.01

개화한 꽃들의 특성중 화장과 화폭은 큰 차이가 없어 꽃과 관련한 생장은 환경적 요인보다 유전적 요인이 크게 관여하는 것으로 나타났다. 환경에서는 습도율이 높을수록 길어지는 경향이었으나 개체간 차이가 심하여 유의성이 인정되지 않았다.

Table 5-8. Characteristics of flowering of *Hanabusaya asiatica* as affected by percentage of air relative humidity during summer season cultivation in lowland area.

Air relative humidity	Length of flower (cm)	Width of flower (cm)	Length of flowerstem (cm)
60%	3.9 a ^z	1.3 a	2.3 a
70%	3.8 a	1.3 a	3.0 a
80%	3.9 a	1.4 a	3.7 a

^z Duncan 0.01

습도처리별 화색을 보면 습도율이 높을수록 적색과 청색의 농도가 증대되는 것을 알 수 있었으며 이는 금강초롱꽃의 자생지 조사한 결과 지대가 높을수록 화색농도가 증대되는 것을 확인할 수 있어 화색의 발현에 광뿐만 아니라 온도가 크게 작용하는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 시험에서도 습도가 높을수록 온도하강 효과가 커 화색의 농도가 높아진 것으로 생각된다. 그러나 개체간 화색의 차이가 크게 인정되지 않아 유의성이 인정되지 않았다. 이는 80% 습도처리구와 기타 처리와의 온도차이가 보다 더 커야함을 암시하고 있고 특히 여름 고온기가 길고 심했던 2001년 시험에서는 그 차이가 보다 명확히 나타나지 않은 것으로 생각된다. 또한 습도를 높게 조절하기 위한 시설 및 방법을 보다 경제적으로 추진하기 위한 연구가 추가로 검토되어야 할 것으로 생각되었다.

Table 5-9. Effect of percentage of air relative humidity for flower color value by Hunter's on *Hanabusaya asiatica*.

Air relative humidity	L	a	b
60%	71.23	5.04	-6.32
70%	70.73	5.14	-6.55
80%	67.77	5.85	-7.56

L : +White--Black-, a : +Red--Green-, b : +Yellow--Blue-

4. 적 요

평nan지에서 금강초롱꽃의 고품질 특히 화색의 발현을 증대시키기 위한 적정 습도향상 조절기술을 개발하기 위한 시험 결과는 다음과 같다.

금강초롱꽃의 화색증진과 생육량 향상을 위해서는 80%습도조건을 유지하여 줌으로써 고온기 생육기온을 효율적으로 낮추는 것이 유리할 것으로 생각되었으며 추후 이러한 조건의 경제성을 검토하여야 할 것이다.

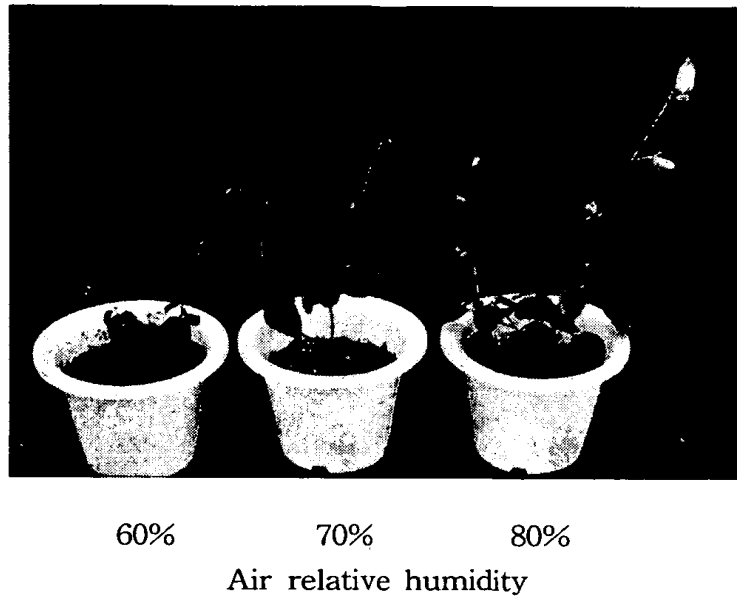


Fig. 5-8. Status of growth of *Hanabusaya asiatica* as affected by air relative humidity during summer season cultivation in lowland area.

제4절 동계재배를 위한 저온처리 효과

1. 서언

금강초롱꽃과 모데미풀의 주년생산체계를 구축하기 위하여 평nan지에서의 재배환경조건이 좋은 시기인 겨울철재배기술을 개발코자 하였다. 모데미풀과 금강초롱꽃의 휴면타파를 위한 적정 저온처리온도와 기간을 구명함으로써 평nan지 동계재배시 고랭지에서 자연저온을 활용한 휴면타파 시기를 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 금강초롱꽃

금강초롱꽃 2년생 묘를 고랭지에서 아직 생육이 되지 않은 2001년 5월 초순 지상부를 제거하고 뿌리를 털어내어 비닐로 포장한 다음 저온처리하였다. 저온처리는 4℃에서 무처리구와 30일, 60일, 90일 120일간 처리하여 마사토와 부엽을 1 : 1로 섞은 분화용토를 채운

20cm 플라스틱 화분에 각각 6월 18일, 7월 18일, 8월 20일, 9월 19일 정식하였다. 정식 후 10월 중순까지 고랭지에서 관리 후 10월 하순 평남지로 이동하여 재배하였다.

출아율을 조사하여 최적 저온처리기간을 구명하였다.

나. 모데미풀

모데미풀 휴면타파를 위한 적정 저온처리기간을 구명하기 위해 4℃조건에서 무처리, 15일, 30일, 40일, 50일의 3가지 처리기간을 두고 시험하였다. 모데미풀 묘는 3년생을 고랭지에서 생육정지 후인 8월 중순 뿌리를 털어 비닐에 싹 후 저온처리하였고 처리기간별로 마사토와 부엽을 1 : 1로 채운 20cm 플라스틱 화분에 정식한 후 10월 중순까지 고랭지에서 관리 후 10월 하순 평남지로 옮겨 재배하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 금강초롱꽃

금강초롱꽃은 4℃에서 30일 처리구에서 출아까지 14.7일 소요되었고 60일처리구에서 9.4일 소요되었으며 이후 90일과 120일 처리구에서도 9.6일과 9.7일로 차이가 없었으며 무처리구는 출아하지 않았다. 이는 30일 처리구는 휴면타파는 되었으나 출아일이 길어져 완전히 타파되지 못한 것으로 나타났고 60일 이후 처리구는 60일과 출아일의 차이가 없어 자발휴면이 완전히 타파되는 기간은 4℃에서 60일이라고 생각된다.

Table 5-10. Effect of periods of cold treatment on sprouting of *Hanabusaya asiatica*.

Period of cold treatment (days)	0	30	60	90	120
Days to sprouting	not yet	14.7	9.4	9.6	9.7

나. 모데미풀

모데미풀은 이른 봄에 출아와 함께 개화되는 특성을 지니고 있어 출아기와 첫 개화

기를 살펴보면 무처리와 4℃에서 15일 처리는 출아하지 않았고 30일처리구는 12.3일로 40일과 50일처리구보다 빨리 출아하였다. 40일과 50일처리구는 출아소요일수가 16.5일과 16.6일로 차이가 없었다. 첫 개화까지 소요일수는 저온처리일수가 많아질수록 짧아져 50일처리구가 24일로 가장 짧았다. 40일처리는 26일로 50일과 큰 차이가 없었으나 30일처리는 37일로 큰 차이가 나타났다. 이로서 30일처리는 출아는 빨리되었으나 개화가 늦어지는 것으로 보아 자발적 휴면타파가 완전히 이루어진 것으로 보기에 어렵고 40일처리와 50일 처리와 차이가 없는 것으로 미루어 휴면의 완전타파가 이루어진 것으로 생각된다.

Table 5-11. Effect of periods of cold treatment on sprouting and flowering of *Megaleranthis saniculifolia*.

Periods of cold treatment (days)	0	15	30	40	50
Days to sprouting	not yet	not yet	12.3±1.38	16.5±1.99	16.6±0.84
Days to first flowering	not yet	not yet	37	26	24

3. 적요

금강초롱꽃과 모데미풀의 동계생산을 위한 휴면타파 기간을 구명하기 위하여 4℃의 저온처리 한 결과는 다음과 같다.

4℃에서 금강초롱꽃은 60일 이상, 모데미풀은 40일 이상 처리해야 휴면타파가 정상적으로 이루어졌다.

제5절 참고문헌

Baskin, J. M., C. C. Baskin. 1989. Ecophysiology of seed germination and flowering in *Liatris squarrosa*. The Bulletin Torrey Botanical Club (USA). 116(1) : 45-51.

Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiology 28 : 355-377.

Chandler, J., C. Dean. 1994. Factors influencing the vernalization response and flowering time of late flowering mutants of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Journal of Experimental Botany (United Kingdom). 45(278) : 1279-1288.

- Erwin, J. E., Engelen Eigles, G. 1998. Influence of simulated shipping and rooting temperature and production year on Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) development. American Society for Horticultural Science (USA). 123(2) : 230-233.
- Fedorov, A. K. 1987. The effect of vernalization and photoperiod on the length of the growing season of cereals. Genetika-a-Slechteni-UVTIZ (Czechoslovakia). 23(4) : 257-264.
- Garcia Luis, A., M. Kanduser. 1995. Changes in dormancy and sensitivity to vernalization in axillary buds of satsuma mandarin examined in vitro during the annual cycle. Annals of Botany (United Kingdom). 76(5) : 451-455.
- Kamimura, I., Hanaoka, Sato, S. 1983. Effect of the beginning time of shading on the growth and flowering of Chinese monkshood. SO: Bulletin of the Gunma Horticultural Experiment Station (Japan). (no.11) pp. 65-66.
- Reid, J. B., Murfet, I. C. 1975. Flowering in *Pisum*: the sites and possible mechanisms of the vernalization response. Journal of Experimental Botany (UK). 26(95) : 860-867.
- Roh, S. M., Wilkins, H. F. 1977. The effects of bulb vernalization and shoot photoperiod treatments on growth and flowering of *Lilium longiflorum* Thunb. cultivar Nellie White. Journal American Society for Horticultural Science (USA). 102(3) : 229-235.
- Sfakiotakis, E. M. 1981. A method and instrument to measure hours of chilling temperatures required for vernalization or breaking of dormancy of plants. Georgiki-Erevna (Greece). 5(1) : 95-104.

제6절 종합결과

금강초롱꽃과 모데미풀의 평난지 고품질 분화재배기술을 개발하기 위해 관련 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

평난지에서 금강초롱꽃과 모데미풀의 분화생산을 위한 적정차광정도는 금강초롱꽃은 50%이상, 모데미풀은 70% 차광이 적합한 것으로 생각된다.

금강초롱꽃의 평난지 하·추계 생산시 화색증진 등 품질 고급화를 위한 습도조건은 80%가 온도를 낮추는 효과 등 바람직할 것으로 생각된다.

금강초롱꽃과 모데미풀의 동계 평난지 재배를 위한 휴면타파 일수는 4℃에서 금강초롱꽃은 60일 이상, 모데미풀은 40일 이상이다.