

보안과제( ), 일반과제( 0 )

과제번호 106079-3

광조절을 통한 초화류 품질 향상 및 에너지 절감  
기술 개발에 관한 연구

(Development of quality potted plant production  
by photo-control for energy saving)

서울대학교

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “광조절을 통한 초화류 품질 향상 및 에너지 절감 기술 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2009 년 4 월 24 일

주관연구기관명 : 서울대학교

주관연구책임자 : 김 기 선

선 임 연 구 원 : 정 현 환

연 구 원 : 김 현 진

연 구 원 : 김 윤 진

연 구 원 : 신 종 화

연 구 원 : 강 보 경

참 여 기 업 : 상 현 영 농

조 합 법 인

참여 기업 대표 : 이 은 규

연 구 원 : 이 은 규

연 구 원 : 이 익 규

# 요 약 문

## I. 제 목

광조절을 통한 초화류 품질 향상 및 에너지 절감 기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

국제 원유가는 지속적으로 상승세에 있으며 겨울철 분화 재배에 있어 작물의 생육 적온을 맞추기 위해 온실 내 가온을 해야 하는 농가에 있어 난방비는 큰 부담이 되고 있다. 난방비를 아끼기 위해 야간에 온실내 기온을 너무 낮게 유지하면 작물의 생육이 더디게 되고 작물 출하 시기가 늦어지게 되므로 난방기간의 증가에 따른 생산비는 더 요구된다. 계속 상승하고 있는 유류비를 생각할 때 야간 온도를 최적 생육 온도에 맞게 높게 유지할 수도 없는 실정이다. 이렇듯 겨울철 원예작물을 재배하는 농민에게 있어 난방비 절감과 출하시기의 결정에 생기는 딜레마를 해결하는 것이 중요한 화두가 되고 있다. 난방비를 절감하면서도 즉, 온실 내 기온을 상대적으로 낮게 유지하면서도 화훼작물의 개화 시기를 앞당길 수 있는 방법에 대한 연구가 필요한 실정이다. 상대적 장일 식물의 경우 장일 조건에서 단일조건에 비해 상대적으로 빨리 개화하는 것으로 알려져 있으며 장일처리의 방법 중에 하나인 야파처리는 전조처리에 비해 에너지를 적게 투입하고도 좋은 효과를 얻을 수 있는 방법으로 알려져 있다. 야파처리의 변형으로 교호처리 또한 장일 식물의 개화를 앞당길 수 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 야파처리, 교호조명처리 효과는 모든 장일 식물에서 동일한 효과를 나타내는 것은 아니다. 또한 작물별로 효과적인 야파처리 방법과 야파처리 기간과 시간은 각기 다르게 나타난다. 따라서 에너지 절감을 위하여 각 작물에 맞는 일장처리 방법으로는 어떠한 것이 있으며 그 효과를 기대할 수 있는 작물은 어떠한 것이 있는지 알고자 본 연구를 진행하였다. 다양한 작물을 이용하여 여러 가지 일장 처리를 실시함으로써 에너지 절감을 위한 개화촉진 기술 개발과 고품질의 초화류 생산 방법에 대한 연구를 수행하였다. 또한 이와 같은 개화촉진 방법을 통하여 어느 정도의 생산비 절감 효과가 있는지에 대한 연구도 진행되었다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

1. 주요 초화류 중 장일 처리가 생장 및 개화 촉진에 효과적인 종/품종 선발
2. 최소 난방 하에서 장일 및 야파 처리에 의한 개화 및 생육 지연 완화 기술 개발

3. 야파처리용 광원의 광질과 적정 처리 시간 및 광도 구명
4. 관행 재배 대비 신기술의 경제성 분석

## IV. 연구 개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구 개발 결과

가. 시클라멘, 금어초, 제라늄, 유스토마, 카네이션, 팬지, 페츰니아, 프리물라 등의 주요 초화류를 이용하여 장일 처리가 생장 및 개화 촉진에 영향을 미치는를 알고자 실험해본 결과 시클라멘, 제라늄, 카네이션에서 야파처리를 해주었을 경우 개화가 촉진됨을 확인할 수 있었다.

나. 야파처리의 방법으로는 암기의 중간에 4시간(자정을 기준으로 앞뒤로 2시간씩) 동안 광을 조사해 준 결과 일부 작물에서 개화가 촉진됨을 알 수 있었고, 야파처리 시 주기적으로 광조사를 조절해주는 교호조명 처리도 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다.

다. 야파처리시의 적정 광도는 작물에 따라 다르지만 보통  $3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  내외의 약광에서도 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 현재 야파처리에 많이 사용하고 있는 형광등은 새로운 형태의 광원으로 주목받고 있는 LED로도 대체가능함을 알 수 있었다. 초화류의 품질을 위해서는 적색과 청색 LED를 일정비율로 혼합한 것을 이용하여야 한다.

라. 고유가로 인해 난방비가 큰 부담이 되고 있는 지금 시점에서 일장처리에 의한 개화촉진 기술은 생산비를 크게 절감할 수 있고, 일장처리 기술의 도입에서 새로운 형태의 광원인 LED를 이용할 경우 그 효과는 더 커지는것을 알 수 있었다.

### 2. 활용방안

본 연구에서 개발된 기술들은 여러 차례의 실증실험을 통해 그 효과를 검증하고 있다. 이를 통해 보완해야할 부분을 찾고, 작물의 특성과 연관한 연구를 계속하여 진행하면서, 교육이나 책자를 통한 기술의 보급이 요구된다. 학술적으로 의미 있는 연구 결과들은 국내외 학회에 발표하고 학술지에도 게재하고 있는 중이다. 계속적인 연구가 진행되고 여러 조직을 통해 기술 공급이 이루어지면 우리나라의 분화 생산 농가의 수준을 더욱 끌어 올릴 수 있을 것으로 생각된다.

# SUMMARY

## (영문 요약문)

### **Development of quality potted plant production by photo-control for energy saving**

#### **1. Flowering Response of Long-day Plants to Temperature and Photoperiod According to Growth Stages for Energy Cost Saving Production**

Heating during winter is unavoidable in winter production of spring flowering potted cyclamen. Long-day (LD) treatment to promote the flowering of many LD plants is considered as alternative methods to heating. This research is conducted to determine the flowering response to temperature and photoperiod according to growth stage (Stage I: flower bud initiation (5-unfolded leaves - 2 mm visible bud (VB)), Stage II: flower bud development (during 9 weeks after VB)). 'Metis Purple' cyclamen seedlings in Stage I and II were grown under growth chambers maintained at 8, 12, 16, and 20°C in combination with LD (16h) or short-days (SD, 8h). After treatments, all plants were transferred to a growth chamber maintained at 24/17°C (day/night). In Stage I, VB initiation was hastened by 8 to 13 days in plants grown at 16 and 20°C compared to those grown at 12°C. VB was not observed under either LD or SD at 8°C, and 8h at 12°C. However, total no. of days from planting to flowering was not affected. During Stage II, high temperature and LD hastened flowering. There was no difference in flowering between 8h at 20°C and 16h 16°C, and also no difference between 8h at 16°C and 16h 12°C, indicating that supplemental LD could substitute for expensive heating cost. The information is useful in low energy cost production without flowering delay in winter.

#### **2. Night Interruption and Cyclic Lighting Promote Flowering of Long-Day Plants under Low temperature**

Heating costs could be considered as a problem in winter flower production. Night interruption (NI) is used as an alternative method to heating for promoting long-day plant flowering. To investigate NI effects on flowering, long-day plants (Cyclamen persicum Mill., Eustoma grandiflorum 'El Paso Deep Blue', Pelargonium × hortorum 'Pinto Red', Antirrhinum majus) were grown under three different temperatures (12, 16, 20°C), four NI lightings (0, 2, 4, 6 h), and two cyclic lightings (CL) (6'/54', 6'/24' on/off)

around midnight. Photoperiods were 9/15 h day/night, and NI was provided by three-wave lamp with  $3\pm 1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  during the middle of the dark period. Plants grown at high temperature (20°C) came to flower earlier than those at low temperature (12, 16°C). NI and CL lighting hastened flower initiation and flowering in each temperature regime. Plants grown at 16°C with CL (6'/24') lighting reached flowering 10 days earlier than plants grown at 20°C. Plant growth and the number of flower buds and leaves at low temperature (12, 16°C) with NI lighting were similar to those of optimum temperature (20°C) without NI lighting. There were no significant differences in plant height and width at their treatments. These results indicated that NI and CL light treatments could replace heating for plant flowering. Moreover, NI lighting effects on the other long-day plants such as *Dianthus carthusianorum*, *Viola x wittrockiana* 'Matrix Scarlet', *Petunia* hybrid 'Mambo Red', *Primula malacoides* 'Libre Blue, Red') will be discussed.

### **3. Night Interruption Saves the Production Cost in Winter Long-day Plant Cultivation**

The night temperature used to drop below freezing in winter in South Korea. Greenhouse heating is essential to promote growth and flowering of plants during winter cultivation. But, as heating cost occupied large proportion on production cost and increased dramatically recently it is becoming a serious problem. Usually plants grown in winter are long-day plant (LDP) like a cyclamen in South Korea, and its flowering is promoted by long-day treatments such as day extension, night interruption (NI) and cyclic lighting (CL). Thus, NI and CL could be used as an alternative method to reduce heating cost for the same quality of flowers in LDP during winter. In addition, light quality is concerned in LDP flowering during NI and CL lighting. NI using specified spectrum light emitting diode (LED) treatment could reduce electricity cost than using fluorescent and incandescent lamps as light source. To investigate NI and CL effects on flowering and energy saving, young plants of *Cyclamen persicum* Mill. 'Metis Scarlet Red' were grown under three different night temperatures and six different daylengths in greenhouse. Night temperature regime was optimum temperature (20°C) and two low temperatures (12°C, 16°C). Natural daylength was 9 h in greenhouse. Light treatments consisted of four NI (0, 2, 4, or 6 h), and two CL (6'/54', 6'/24' on/off) around midnight. NI was provided by three-wave fluorescent lamps with photosynthetic photon flux  $3\pm 1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Night temperature was manipulated by oil heater and the amount of oil used for heating was recorded for calculation of heating cost. Electricity cost was estimated from the number of bulbs and the capacity of each bulb. To investigate additional energy saving by using LED, *Cyclamen persicum* Mill. 'Metis Scarlet Red' were grown under two different light duration by four different light quality treatment in growth chamber. NI (4 h) and CL (6'/24' on/off) was provided as light treatment. Red, far-red, and blue LED, and three-wave fluorescent lamp were used as light source



For details in cost saving, more economical analysis is necessary including both investment and operating cost of LED lamps in a commercial greenhouse.



# 목 차

제 1 장 연구 개발 과제의 개요 .....	10
제 2 장 국내외 기술 개발 현황 .....	11
제 1 절 국외 현황 .....	11
제 2 절 국내 현황 .....	12
제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과 .....	13
제 1 절 작물선별.....	13
제 2 절 저온 관리시 야파처리에 의한 개화 및 생장 촉진 기술 개발..	14
제 3 절 저온 조건에서 장일 처리가 개화를 촉진하는 종 선발 .....	42
제 4 절 적정 장일처리, 야파처리에 의한 에너지 절감 효과 .....	53
제 5 절 야파처리시 적정광원 구명 .....	54
제 6 절 결 론 .....	57
제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도 .....	58
제 5 장 연구 개발 결과의 활용 .....	59
제 6 장 연구 개발 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 .....	59
제 7 장 참고 문헌 .....	60

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

우리나라 분화 재배는 최근들어 수요가 증가하면서 양적, 질적으로 많은 발전을 이루어 왔다. 총 재배 생산에 있어서 아직 난류, 관엽식물이 상대적으로 큰 비중을 차지하고 있으나, 기타 초화류의 수요도 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 이와 같은 현상은 주거환경이 도심의 아파트 형태로 많이 바뀌고 있고, 웰빙 바람을 타고 인간이 식물과 조금 더 가까이 하고자하는 의지에 따른 결과라고 할 수 있을 것이다. 이러한 수요의 증가에 맞추기 위해 작형, 작물의 재배형태 등이 다양해지고 고품질화 자동화 재배기술들이 계속하여 발전하고 있다.

과거 토경재배에서 유기물, 인공배지를 이용한 양액재배 기술의 발전, 저면관수, 심지재배, 점적관수 등의 관수시설의 자동화 설비, 성장조절제 처리 및 식물의 생리에 대한 연구를 통한 개화조절 등이 이러한 것이다.

우리나라의 겨울철 기온은 영하권을 맴돌고 있으며 이러한 환경조건에서 화훼류의 재배를 위해서는 가온이 필수적이다. 가온을 필요로 하는 동기재배시 난방을 위해 우리나라에서는 현재 난방유를 이용한 기름 보일러가 주로 사용되고 있다. 최근 국제 유가의 급등으로 인해 우리나라에서 화훼작물의 동기 재배시 난방으로 인한 생산비의 비중이 커지고, 이로 인해 농가의 부담이 커지고 있는 실정이다.

이를 해결하기 위해 국부난방, 대체연료의 개발, 열 효율 증대를 위한 연구가 계속 진행되고 있으나 아직까지는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 소형 분화류 생산에 있어서 난방에 필요한 경유의 소비를 줄이기 위한 재배방법개발에 대한 방안을 제시하고자 한다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국외 현황

#### 1. 분화 재배 기술

화란, 덴마크, 일본, 미국 등 분화 선진국에서는 분화 전용 배지의 개발이 이루어지고 있고, 관수 시스템, 양액재배용 전용 양액 등 전용자재들이 개발되어 실용화되고 있는 실정이다. 특히 화란에서는 분화전용 양액인 Sonneveld액이 실용화되어 있고, 과채류, 엽채류 및 절화 작물별 전용양액을 개발하여 실용화하고 있다. 일본에서도 아이찌현 원예연구소에서 개발한 전용 양액을 농가에서 이용하고 있다.

재배 시스템의 경우, ebb & flow, 매트 및 심지 재배가 상용화되고 있고, 아프리카 마이올렛을 중심으로 식물 공장 시스템이 이루어졌으며, 작물별로 지역 특성에 적합한 다양한 설비들이 개발되고 있다.

고품질 묘 생산에 있어서는 각 작물별로 조직배양, 삽목, 실생묘의 대량 급속 증식 기술이 개발되고 있으며, 재배와 육묘업체가 분리되어 효율적인 생산이 이루어지며 기술 축적을 꾀하고 있다. 또한 사전 주문 생산 방식이 일반화되어 값비싼 시설의 이용 효율을 높이고 있다.

병충해 방제에서도 다양한 기술들이 개발되었는데, 병충해 예찰 시스템이 실용화되었고, *Pythium*, *Phytophthora* 등의 진단용 kit가 개발되었으며, 사전 검역에 의해 수출 시간을 최소화하고 있다.

분화류의 고품질 생산을 위한 연구도 활발한데, DIF나 PGR을 이용하여 초장을 조절하고 아담한 크기의 분화를 재배하고 있고, 광질, 온도, 일장 등을 조절하여 원하는 시기에 개화를 시킨다.

#### 2. 시설내 냉·난방 기술

분화류 선진국에서는 소형 분화루에 대한 부분 난방 기술과 작물체의 초장에 따라 난방 배관을 변화시킬 수 있는 시스템을 도입하여 작물의 생육을 최적화하고 있다. 또 온실 전체를 난방하는 대신 화분 속 배지만 냉난방하는 근권 냉난방 기술도 개발되었다. 이때 사용되는 배관 자재도 열전도율을 높여 에너지 효율을 크게 증가시켰고, 배관의 모양도 열 전달에 맞도록 고안하고 있다. 겨울철 난방뿐만 아니라 여름철 냉방 기술도 다양하게 개발되어 있어 분화류의 생육을 최적화하고 있다.

## 제2절 국내 현황

### 1. 분화 생산 기술

국내의 분화 재배는 주로 토경 재배 및 지상 관수에 의해 이루어지고 왔으며, 외국에서 도입된 ebb & flow 시스템도 우리나라 실정에 맞지 않아 일부 변형이 필요한 실정이다. 최근에 많이 보급되고 있는 매트 및 심지 재배도 자재 등이 열악하고 시스템에 맞는 재배기술이 부족하여 우리나라 실정에 맞는 시스템의 개발이 시급하다. 물론 최근 자재 및 기술의 발전은 주목할 만하다.

양액재배는 주로 채소와 절화 작물을 중심으로 행해지고 있는데, 원예연구소, 서울대, 서울시립대, 경상대, 전남대 등을 중심으로 양액개발이 진행 중이며, 배지 및 전용양액 개발에 많은 비중을 두고 있다. 분화의 양액재배는 국내 일부 대학에서 실험적 연구가 진행 중이지만, 분화의 양액재배 시스템 연구는 극히 초기 단계이다. 원예연구소와 서울시립대에서 연구가 수행중이며 포인세티아, 칼랑코에, 고무나무, 아잘레아 등이 중점적으로 연구되고 있지만, 아직 실용화하기에는 미흡하다. 본 연구팀이 1999년부터 2003년까지 수행한 연구가 체계적인 분화류 연구의 시작이 아닐까 판단된다.

국내의 병해충 예찰 시스템은 아직 개발 및 실용화가 미흡한 실정이며, 주로 채소 작물에서 집중적으로 연구되고 있다. 고품질 규격품 분화생산의 경우 PGR을 이용한 초장조절 기술이 개발 중에 있는 반면, 분화 생산 후 순화 및 포장, 수송을 위한 연구는 최근에야 시작되었다. 또한 균일한 품질의 상품생산기술이 절대적으로 부족하다.

### 2. 분화류 생산에 있어서 냉난방 기술

분화류 생산에 있어서 냉난방기술은 기존의 절화류나 채소류에서 이용하던 방법을 거의 그대로 이용하고 있는 실정이다. 다만 벤치 재배가 대부분이기 때문에 베드 위에 그 장치를 옮겨 놓았을 뿐이다. 이러한 방법들은 난방 효율을 고려하기보다는 작물의 생육 적온에 맞게 기온이나 근권부 온도를 맞추는 정도이다. 따라서 대부분의 온도 조절은 경험적으로 이뤄지고 있다.

작물의 초장에 관계없이 시설 전체를 공간 난방하기 때문에 과도한 난방비가 소요되고 있다. 또한 시설 내 온풍 난방으로 시설의 전·후면 및 고저에 따른 온도 편차가 크며, 시설 내 전 공간을 냉·난방하고 있어서 냉·난방 효율이 떨어진다.

국제 유가의 상승으로 인해 난방 효율을 높이기 위한, 또는 난방 공간을 줄이기 위한 연구들도 진행되고 있으나 연구하기 편한 엽채류 위주라 화훼류에 바로 적용하기에는 문제가 있다.

# 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

## 제 1 절 작물선발

1. 작물의 선발은 관련 문헌 조사 및 전문가(농가, 업체)의 의견을 종합하여 결정하였다.

### (1) 참고 문헌

Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 1999. Floriculture: Principles and species. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Fisher, P.R. and E. Runkle. 2004. Lighting up profits. Meister Media Worldwide, Willoughby, OH.

Thomas, B. and D. Vince-Prue. 1997. Photoperiodism in plants. 2nd ed., Academic Press, San Diego, CA.

(社)農山漁村文化協會. 1993. 農業技術大系. 凸版印刷(株), 東京, 日本.

小西國義, 今西英雄, 五井正憲. 1988. 花卉の開花調節. 養賢堂, 東京, 日本.

농림부. 2006. 2005년 화훼재배현황.

### (2) 선발된 초화류

국명	영명	학명	일장 반응		
			Fisher & Runkle	Thomas & Vince-Prue	최근 연구
시클라멘	cyclamen	<i>Cyclamen persicum</i>	DNP+FI	DNP	FLDP
금어초	snapdragon	<i>Antirrhinum majus</i>	FLDP+FI	FLDP	
꽃도라지	lisianthus	<i>Eustoma grandiflorum</i>	FLDP	FLDP	
제라늄	zonal geranium	<i>Pelargonium x hortorum</i>	DNP+FI	DNP	
카네이션	carnation	<i>Dianthus caryophyllus</i>	FLDP	FLDP	
페튜니아	petunia	<i>Petunia x hybrida</i>	FLDP	FLDP	
팬지	pansy	<i>Viola x wittrockiana</i>	FLDP	-	
프리물라	primula	<i>Primula malacoides</i>	OSDP	-	
	campanula	<i>Campanula carpatica</i>	Quantitative		
나리	lily	<i>Lilium spp.</i>	FLDP	OLDP*	

\* FLDP: 상대적 장일식물, OLDP: 절대적 장일식물, DNP: 중성식물, FI: 광량 반응 식물

## 제 2 절 저온 관리시 야파 처리에 의한 개화 및 성장 촉진 기술 개발

### 1. 생장상 실험

#### (1) 재료 및 방법

##### ① 환경 조건과 식물 재료의 준비

이 실험은 2006년 9월부터 2007년 1월까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 온도가 유지되는 growth chamber(다솔과학)를 이용하여 진행되었다(그림 2-1). 식물재료로는 시클라멘 'Metis Red'를 사용하였다. 광원으로는 형광등(FL20EX-D, Wooree Lighting Co., Ltd, Seoul, Korea)을 사용하였고,  $100 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 8시간 일장을 맞추어 주었다. 야파처리에는  $10 \pm 3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 형광등을 이용하여 조사해주었다. 'Sunshine Technigro 20-9-20 Plus' 양액을 이용하여  $1.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  농도로 저면관주해 주었다. 정식 후 개화까지의 온도, 광중단처리가 생육 및 개화 반응에 미치는 영향을 관찰하였다(그림 2-2).



그림 2-1. 온도와 일장 조절이 가능한 생육상의 외부(왼쪽), 내부 전경

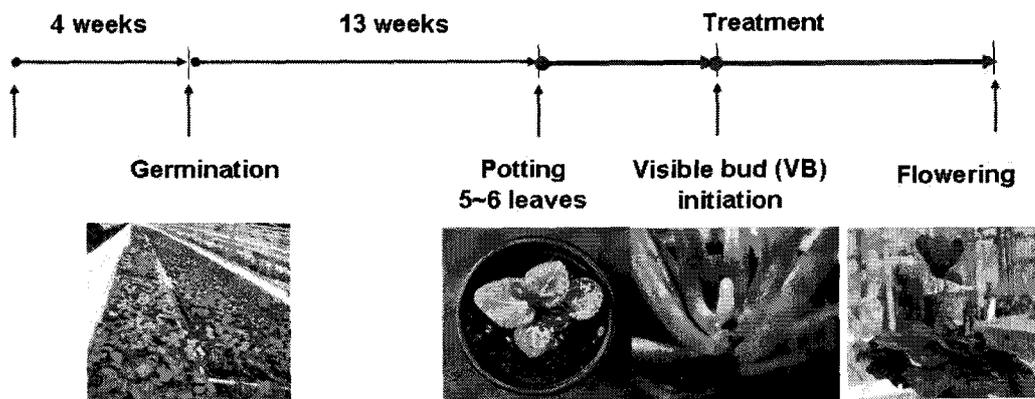


그림 2-2. 실험설계

##### ② 온도처리와 야파처리 조건

야파처리 시간은 0(SD), 2(2NI; 22:00-24:00), 4(4NI; 22:00-02:00)시간, 6/30분 교호

조명(CY: 22:00~22:06, 22:30~22:36, ... 01:30~01:36)으로 처리해 주었으며, Growth chamber내의 온도처리는 16, 20℃로 두가지 처리를 두었다.

(2) 결과 및 고찰

○ 처리 10주후 전개엽수에 차이가 있었는데, 고온과 긴 광중단이 앞의 전개를 촉진했다(그림 2-3). 또한 16℃에서 광중단 시간이 길어지면 20℃ 단일과 엽수가 유사하였다. 이를 통하여 광중단이 고온(난방)을 대체할 수 있는 가능성을 얻었다.

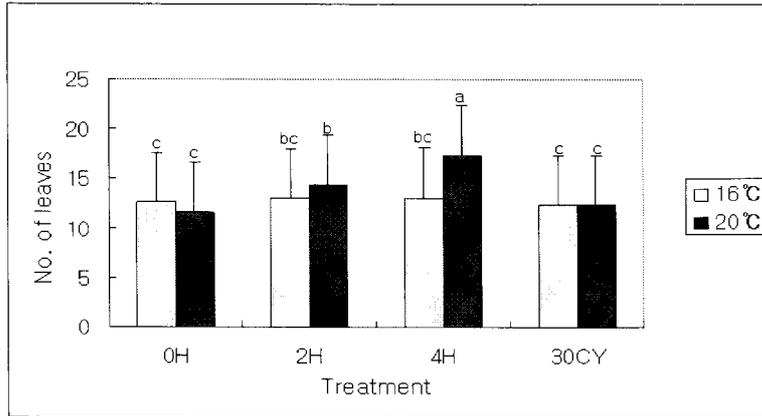


그림 2-3. 처리 10주후 전개엽수

○ 화아가 보일 때까지의 기간은 16℃ 단일을 제외하고는 유사하였다(그림 2-4).

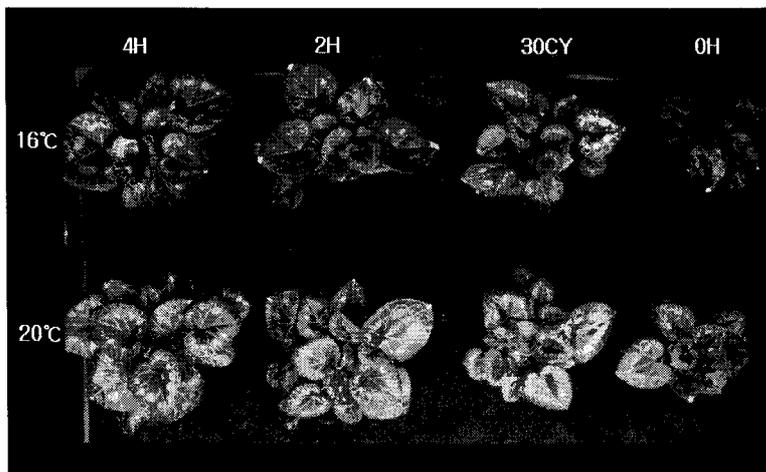


그림 2-4. 처리 10주 후 처리별 생육 양상

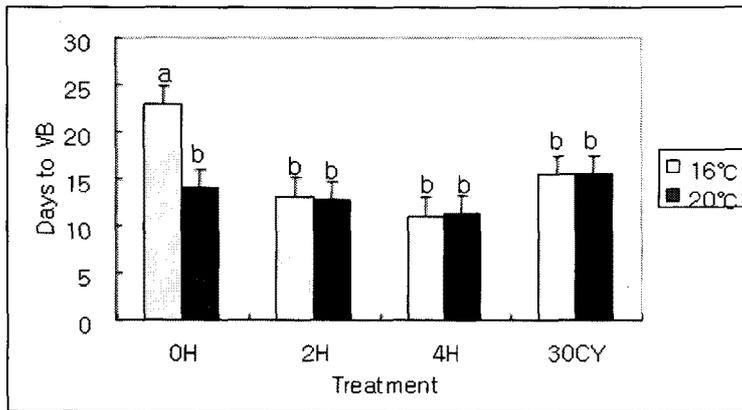


그림 2-5. 온도, 광중단에 따른 VB가 보이기까지의 소요일수

○ 처리 후 개화소요일수에 있어서는 20°C+4NI가 가장 짧았으며, 20°C+2NI도 16°C의 모든 광중단보다 개화를 촉진시켰다. 16°C+4NI와 20°C+CY도 개화 촉진 효과가 있었다. 특히, 16°C+4NI는 20°C+SD에 비해 2주 이상 개화를 앞당기는 것으로 보아 난방비 절감의 가능성을 알 수 있었다. 반면, 16°C+2NI 및 CY는 개화소요일수에 영향을 미치지 않았다(그림 2-5, 표 2-1).

표 2-1. 전체 개화 소요 일수

Treatment		Days to flowering
Temperature (°C)	Night interruption (h)	
16	0	103.1a <sup>z</sup>
	2	97.0ab
	4	86.3c
	Cyclic 6/24	101.4a
	0	102.5a
20	2	78.9d
	4	66.3e
	Cyclic 6/24	92.0bc
	0	92.0bc
Significance		***

<sup>z</sup>Duncan's multiple range test at P=0.05.

○ 처리 15주후 생육상태를 보면 엽아수에 있어서는 광중단 시간이 같을 경우 20°C에서 엽아수가 더 많았으며, 4NI에서 엽아수가 가장 많았다. 16°C+4NI는 20°C+SD보다 엽아수가 많았다. 16°C의 다른 광중단 처리는 효과가 없었다(그림 2-6). 엽수는 20°C+4NI에서 잎이 가장 많이 전개되었으며, 다른 처리들은 온도 및 광중단 처리에 관계없이 유사하였다(그림 2-7).

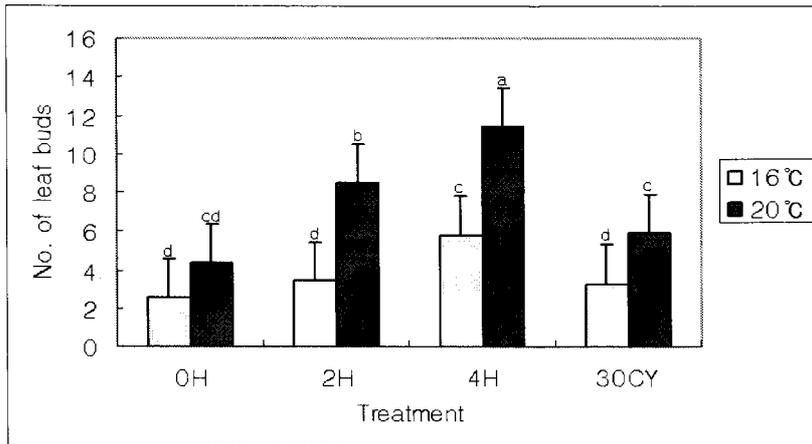


그림 2-6. 처리 15주 후 온도와 광중단 처리에 따른 엽아수

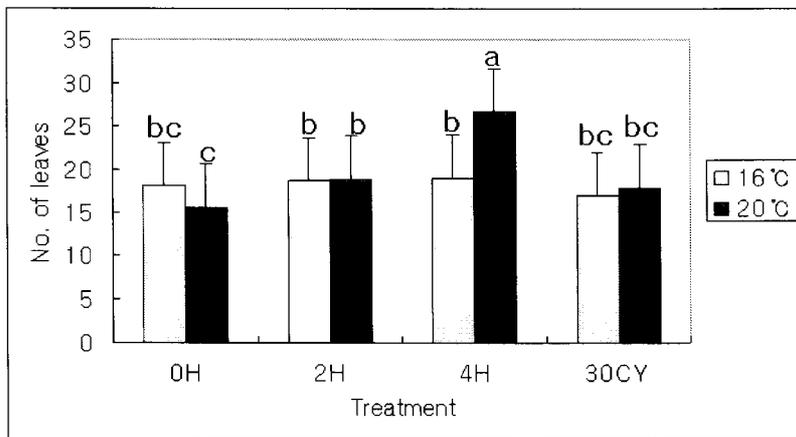


그림 2-7. 처리 15주후 온도와 광중단 처리에 따른 전개엽수

○ 시클라멘의 품질을 결정하는 요소 중의 하나는 잎의 볼륨감이다. 처리 15주후 엽면적을 보면 20°C+4NI에서 엽면적이 가장 커 볼륨감이 좋았다. 16°C+4NI도 20°C+SD와 엽면적은 유사하였으나 볼륨감은 좋았다(그림 2-4). 온도에 관계없이 4NI 이외의 광중단 처리는 엽면적에 영향을 미치지 못했다.

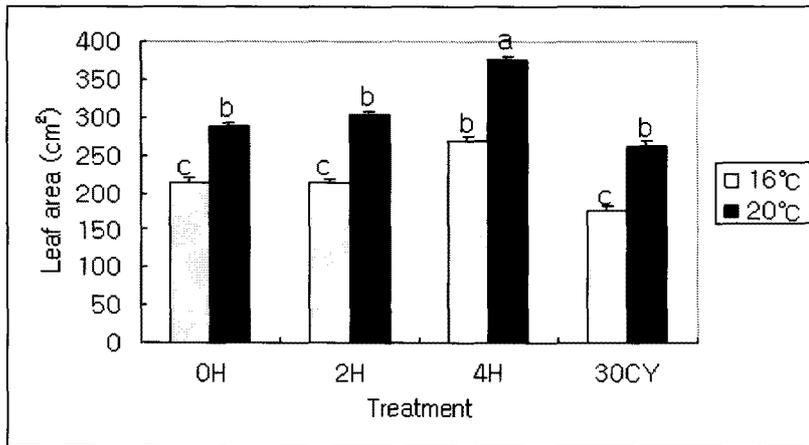


그림 2-8. 정식 15주 후 온도와 광중단 처리에 따른 엽면적 차이

○ 처리 15주후 화수에 직접 영향을 주는 화아수를 살펴본 결과, 전체적으로 20°C가 화아수를 증가시켰다. 20°C+4NI가 가장 많은 화아를 형성시켰고 2NI도 SD보다는 효과적이었다. 16°C+4NI도 16°C+SD보다 화아수를 증가시켰으며, 20°C+SD와 유사한 화아수를 보였다. 온도에 관계없이 CY의 효과는 화아수에서 나타나지 않았다.

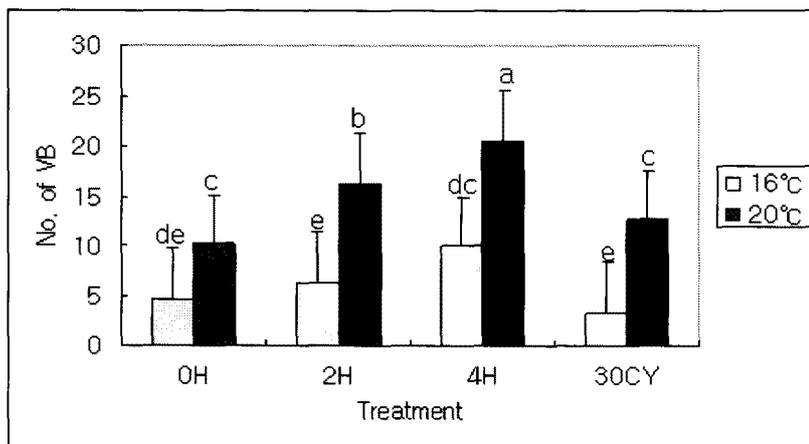


그림 2-9. 처리 15주 후 온도와 광중단 처리에 따른 화아수

○ 처리 15주후 개화수를 보면 20°C 4시간에서 가장 많은 개화 수를 보인 것을 알 수 있으며 고온에서 광중단을 해주는 것이 가장 좋은 결과를 가져오는 것을 알 수 있었다. 하지만 16°C 저온에서 4시간의 광중단은 20°C의 다른 처리와 비교하여 더 효과적인 것을 알 수 있었다(그림 2-10).

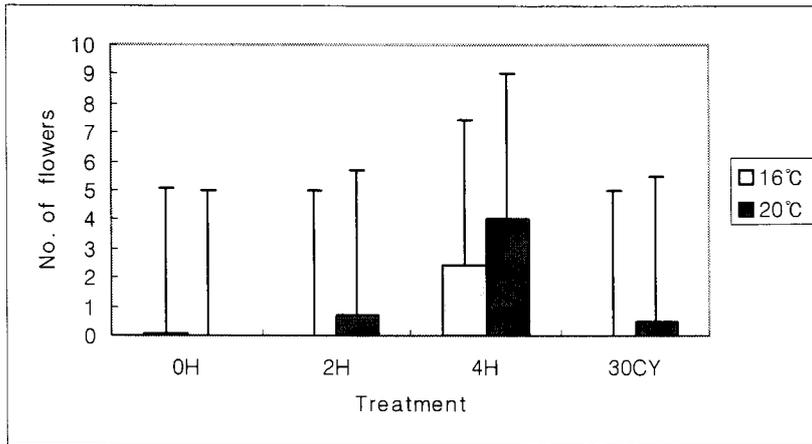


그림 2-10. 처리 15주후 온도와 광중단 처리에 따른 개화수.

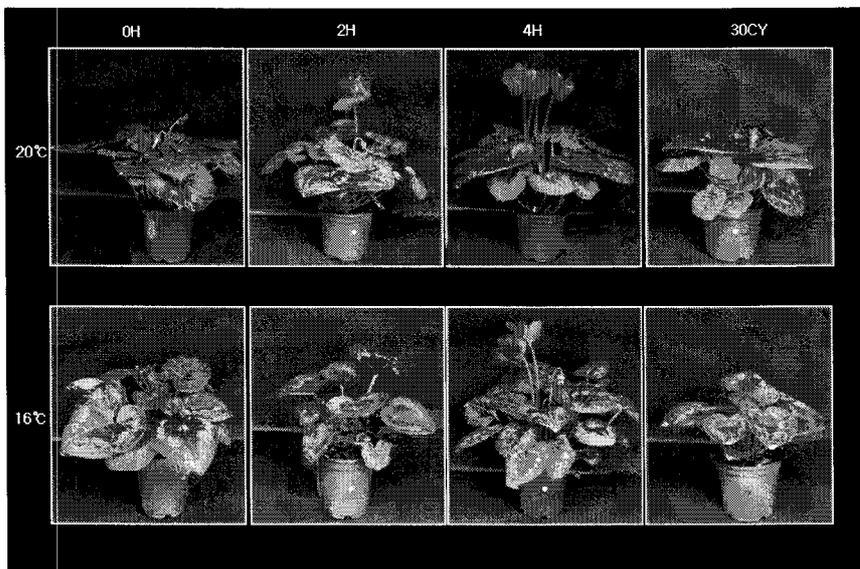


그림 2-11. 정식 15주후 처리별 생육 및 개화 양상.

○ 처리 15주후 생체중은 지상부, 지하부, 괴경 모두 20°C+4NI에서 가장 좋았다. 지상부에 있어서 16°C+4NI는 20°C+2NI와 같았고, 20°C+4NI 및 +CY과 비교하여 16°C 2시간 광중단 처리가 같은 효과를 나타낸 것을 알 수 있었다(표 2-2). 이를 통하여 지상부에 있어서는 2NI는 4°C의 온도를 대체할 수 있는 것을 알다. 뿌리에 있어서는 16°C+4NI가 20°C+SD보다 좋으며 2NI 효과와 비슷한 것을 알 수 있었다. 괴경에 있어서는 온도의 효과는 없었으나, 광중단의 효과는 컸다. 16°C+CY, +4NI, 그리고 20°C+4NI가 다른 처리에 비해 괴경이 무거웠다.

○ 처리 15주후 건물중은 지상부 및 뿌리의 경우 20°C+4NI가 가장 컸고, 20°C+2NI와 16°C+4NI도 단일이나 교호조명에 비해 생체중을 증가시켰다. 괴경에 있어서는 16°C+CY, +4NI 및 20°C+4NI가 가 다른 처리에 비해 무거웠다(표 2-3).

표 2-2. 온도와 광중단 처리에 따른 생체중

Treatment		Fresh weight (mg)		
Temperature (°C)	Night interruption (h)	Shoot	Root	Corm
16	0	20.2c <sup>z</sup>	3.3cd	1.2c
	2	22.4bc	3.0d	1.3c
	4	29.6b	4.7ab	1.7ab
	Cyclic 6/24	21.6c	3.4cd	1.8a
20	0	23.3bc	3.5cd	1.0c
	2	29.6b	4.4abc	1.3bc
	4	40.8a	5.4a	1.8a
	Cyclic 6/24	23.6bc	3.6bcd	1.2c
Significance		***	**	***

<sup>z</sup>Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

표 2-3. 온도와 광중단 처리에 따른 건물중

Treatment		Dry weight (mg)		
Temperature (°C)	Night interruption (h)	Shoot	Root	Corm
16	0	1.14c <sup>z</sup>	0.24bcd	0.14cd
	2	1.08c	0.19d	0.16bcd
	4	2.21b	0.31ab	0.20ab
	Cyclic 6/24	1.13c	0.22cd	0.24a
20	0	1.00c	0.22cd	0.10d
	2	2.19b	0.31ab	0.14cd
	4	3.38a	0.37a	0.19abc
	Cyclic 6/24	0.95c	0.29bc	0.12d
Significance		***	***	**

<sup>z</sup>Duncan's multiple range test at  $P=0.05$

## 2. 고휘도 성장상 실험

### (1) 재료 및 방법

#### ① 환경 조건과 식물 재료의 준비

이 실험은 2006년 5월부터 2007년 9월까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장 내 향온실에서 진행되었다(그림 2-12). 식물재료로는 시클라멘 'Metis Red'를 사용하였다. 광원으로는 형광등(FL20EX-D, Wooree Lighting Co., Ltd, Seoul, Korea)을 사용하였고,  $210 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 8시간 일장을 맞추어 주었다. 야과처리시에는  $20 \pm 3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 형광등을 이용하여 조사해주었다. 'Sunshine Technigro 20-9-20 Plus' 양액을 이용하여  $1.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  농도로 맞추어 심지관수 시스템을 이용해 관주해 주었다. 정식 후 개화까지의 온도, 광중단처리가 생육 및 개화 반응에 미치는 영향을 관찰하였다(그림 2-13).

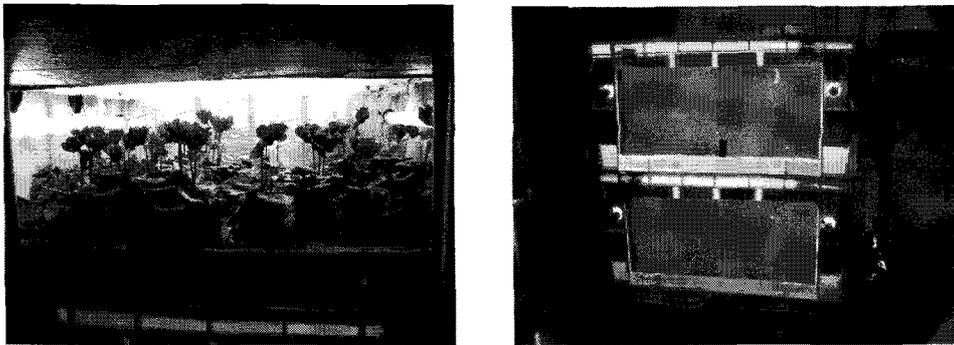


그림 2-12. 온도가 조절되는 저온실내 일장 조절이 가능한 생육상의 외부(왼쪽), 내부 전경

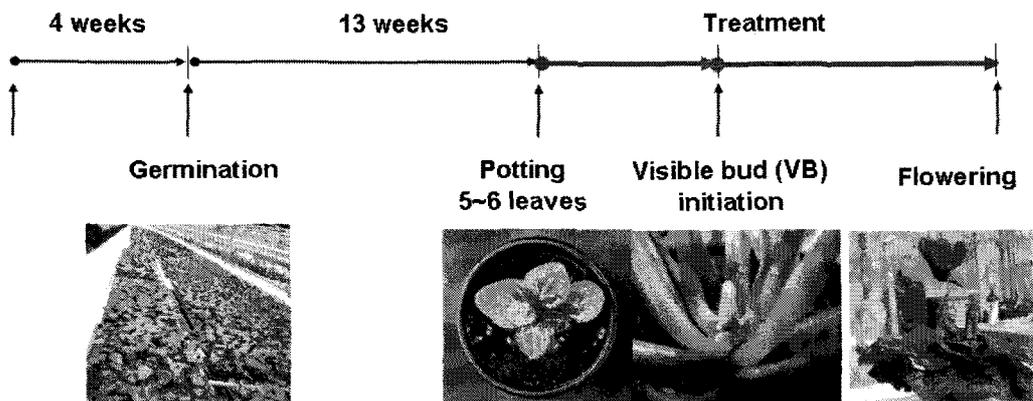


그림 2-13. 실험설계

#### ② 온도처리와 야과처리 조건

야과처리 시간은 0(SD), 2(2NI; 22:00-24:00), 4(4NI; 22:00-02:00)시간, 6/30분 교호조명(30CY: 22:00~22:06, 22:30~22:36, ... 01:30~01:36), 6/60분 교호조명(60CY: 22:00~22:06, 23:30~22:06, ... 01:00~01:06)으로 처리해 주었으며, growth chamber내의 온도처리는 16, 20°C로 두가지 처리를 두었다.

(2) 결과 및 고찰

○ 개화소요일수: 전반적으로 20℃가 16℃에 비해 개화가 빨랐으며, 광중단의 효과도 나타났다. 20℃+4NI의 개화소요일수가 가장 짧았고, 20℃+2NI도 개화를 촉진하였다. 16℃에서는 모든 광중단 처리가 효과적이었으며, 20℃+SD와 개화소요일수가 유사하였다(그림 2-14). 즉 20℃+SD로 관리하는 것보다 16℃에서 광중단 처리하는 것이 난방비를 절감할 수 있을 것이라는 가능성을 제시하였다.

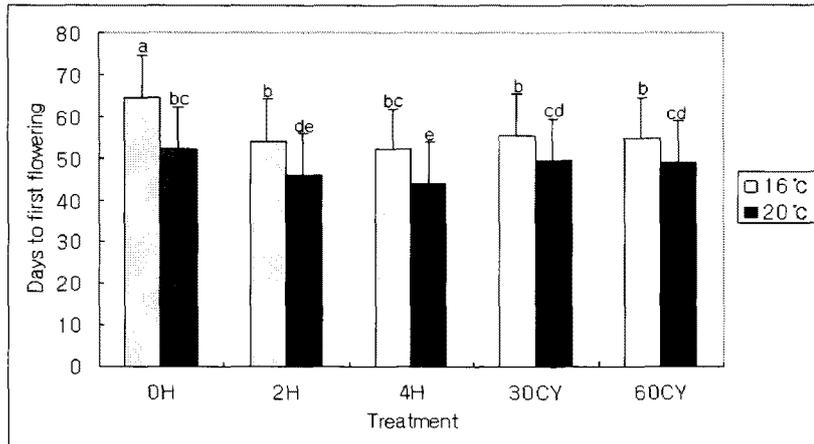


그림 2-14. 온도 및 광중단에 따른 개화소요일수

○ 처리 10주후 전개 엽수: 개화소요일수와 유사한 경향을 보였다. 전반적으로 20℃가 16℃에 비해 잎 전개가 빨랐으며, 광중단의 효과도 나타났다. 20℃+4NI의 엽수가 가장 많았고, 20℃+2NI도 엽수를 증가시켰다(그림 2-15). 16℃에서는 모든 광중단 처리가 효과적이었으며, 20℃+SD와 비슷한 엽수를 보였다.

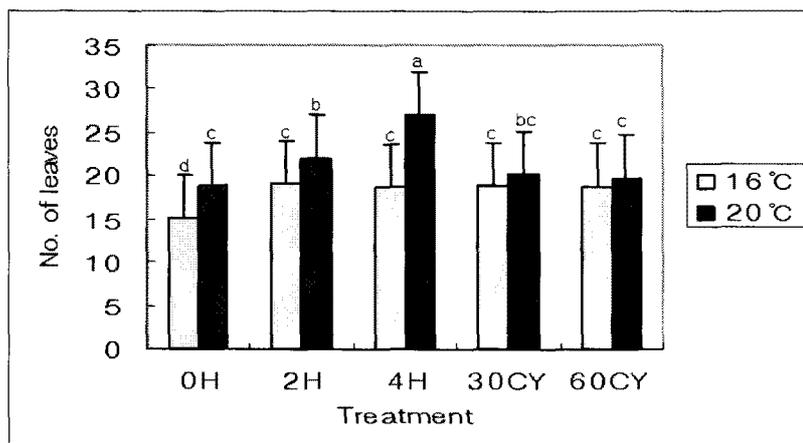


그림 2-15. 처리 10주 후 온도 및 광중단 처리에 따른 전개 엽수

○ 엽면적과 볼륨감: 전반적으로 20℃가 16℃에 비해 엽면적이 넓었으며 광중단 및 교호조명의 효과도 나타났다. 20℃에서는 4NI, 2NI, 그리고 60CL가 SD에 비해 넓은 엽면적을 보였다(그림 2-16). 16℃에서는 4NI와 30CL가 엽면적을 증가시켰으며, 이 처리들은 20℃의 SD나 60CL, 30CL와 통계적으로 차이가 없었다. 이 결과는 개체의 볼륨감과 관련이 있으며, 시각적으로 유사한 결과를 보였다(그림 2-17).

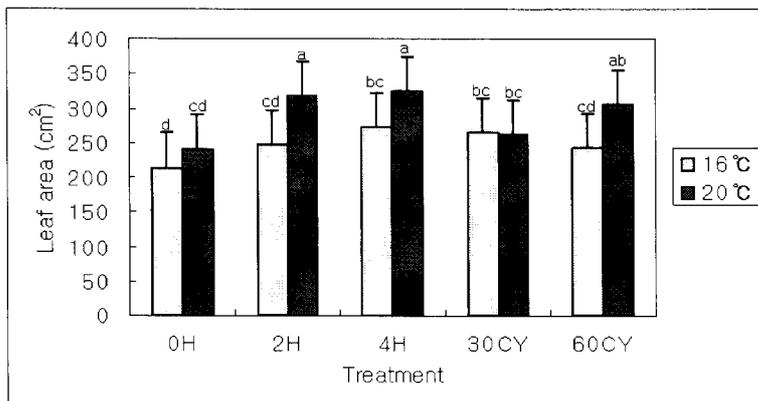


그림 2-15. 처리 10주 후 온도, 광중단 처리에 따른 엽면적.

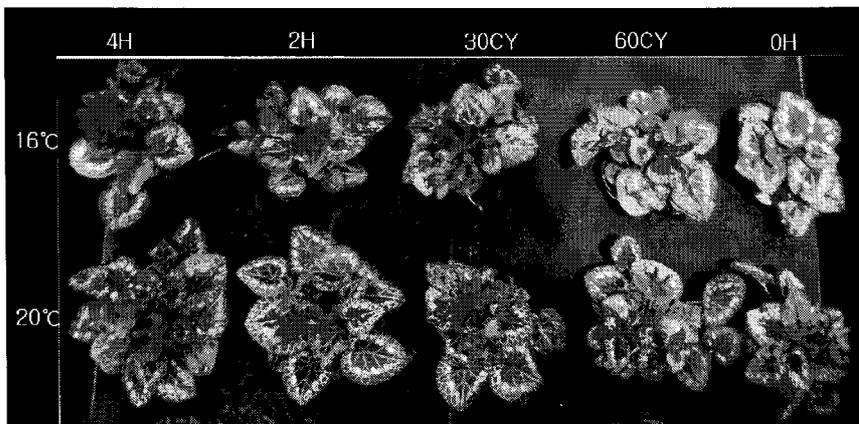


그림 2-16. 처리 10주후 온도 및 광중단 처리에 따른 생육 및 개화 양상.

○ 개화 반응(처리 10주후):

- 화아수: 전반적으로 20℃가 화아분화를 촉진하였으며, 모든 광중단 처리(CL 포함)들은 화아의 수를 증가시켰다. 20℃에서는 4NI > 2NI > 30CL = 60CL > SD의 순으로 화아수가 많았으며, 16℃에서는 4NI ≥ 2NI ≥ 60CL ≥ 30CL > SD의 순으로 더 많은 화아를 가졌다. 특히 16℃+4NI는 20℃+SD보다 화아수를 더 증가시켰으며, 20℃+CY와도 통계적으로 차이가 없었다(그림 2-17). 또 16℃의 2NI와 CY처리들도 20℃+SD와 유사한 화아수를 가졌다.

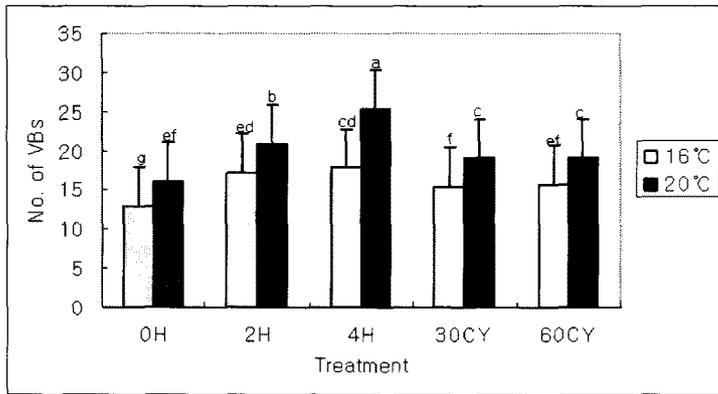


그림 2-17. 처리 10주 후 화아수

- 개화수: 개화수는 출하시기와 품질에 직접적으로 연결된다. 전체적으로 20°C가 16°C에 비해 개화를 촉진시켰으며, 광중단 처리의 효과도 나타났다. 광중단 처리의 개화 촉진 효과는 20°C에서는 뚜렷하게 나타났다. 반면 16°C에서는 광중단 처리가 개화를 촉진하는 경향은 보였지만 30CL만 통계적으로 의미있는 효과를 보였다(그림 2-18). 적정 출하시기까지 관찰할 경우 광중단의 효과를 볼 수 있을 것으로 생각되어 지속적인 관찰을 하고 있는 중이다. 다만 처리 10주차에도 16°C 광중단 처리들이 20°C+SD와 유사한 화수를 보였다.

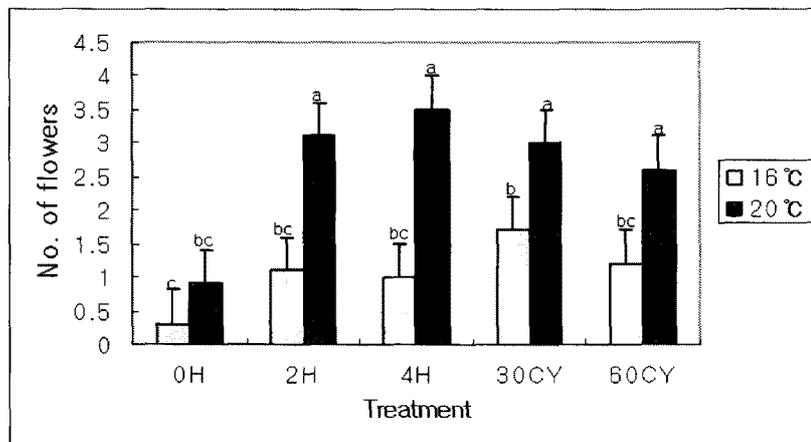


그림 2-18. 처리 10주 후 온도 및 광중단에 따른 개화수

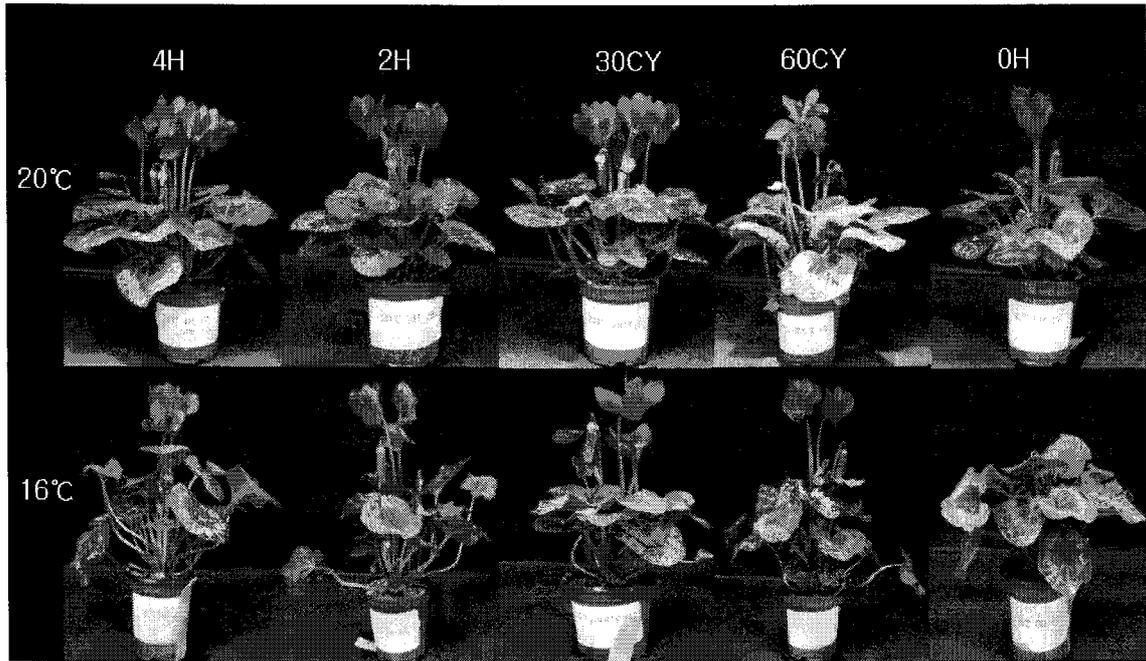


그림 2-19. 처리 10주 후 온도 및 광중단에 따른 개화 양상.

○ 이상의 성장상 연구를 종합해 볼 때, 시클라멘 동계재배 시 생육 적온(20°C)보다 낮은 16°C로 온도를 관리하면서 광중단 처리를 할 경우 개화 지연이나 품질의 저하 없이 난방비를 절감할 수 있을 것이라는 가능성을 보았다. 이 결과를 토대로 온실에서 실증실험을 수행하기 위하여 연구온실과 재배 농가의 플라스틱 온실에서 실증 실험을 수행하였다.

### 3. 연구온실 실험

#### (1) 재료 및 방법

##### ① 환경 조건과 식물 재료의 준비

이 실험은 2006년 9월부터 2007년 4월까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장 내 플라스틱 하우스에서 진행되었다(그림 2-20). 연동 플라스틱 온실(2중 플라스틱 피복) 내부에 작은 온실을 짓고 세 칸으로 나누어 3개의 온도처리를 할 수 있도록 하였다. 그리고 각 칸에는 저면관수 베드를 3개씩 설치하고 터널을 만들어 자동 개폐가 가능한 흑색 비닐로 개폐가 가능하도록 하였다(그림 2-21, 2-22). 각 칸에는 온풍난방기가 있어 야온을 각각 조절할 수 있으며, 컴퓨터와 연결된 데이터로거(CR10X)에 환경 계측 센서를 연결하여 온실 내 환경 요소들을 측정하고, 또한 양액 자동공급기를 이용하여 관수를 실시하였다(그림 2-23). 각 저면관수 베드는 6칸으로 나누어져 있으며, 각각 일장을 조절할 수 있도록 각 베드에 위치한 광원과 연결하여 각각 타이머로써 조절할 수 있다(그림 2-24). 온실의 주간 온도는 온도에 의해 개폐가 조절되는 측창환기에 의해 조절된다. 식물재료로는 시클라멘 'Metis Red'를 사용하였다. 자동으로 개폐되는 검은색 비닐의 차광장치를 이용하여 자연일장을 모든 처리에 동일하게 9시간으로 맞추어 주고 주간에는 자연광을 이용하여 실험을 진행하였다. 야파처리시에는  $3 \pm 1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 삼파장 형광등을 이용하여 조사해주었다. 'Sunshine Technigro 20-9-20 Plus' 양액을 이용하여  $1.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  농도로 맞추어 ebb & flow 관수 시스템을 이용하여 관주해 주었다. 이외의 처리는 생육상에서의 실험과 동일하게 맞추어 주었다.



그림 2-20. 연구 온실의 외부 전경



그림 2-21. 실험이 수행 되고 있는 시설 내부 베드들의 모습

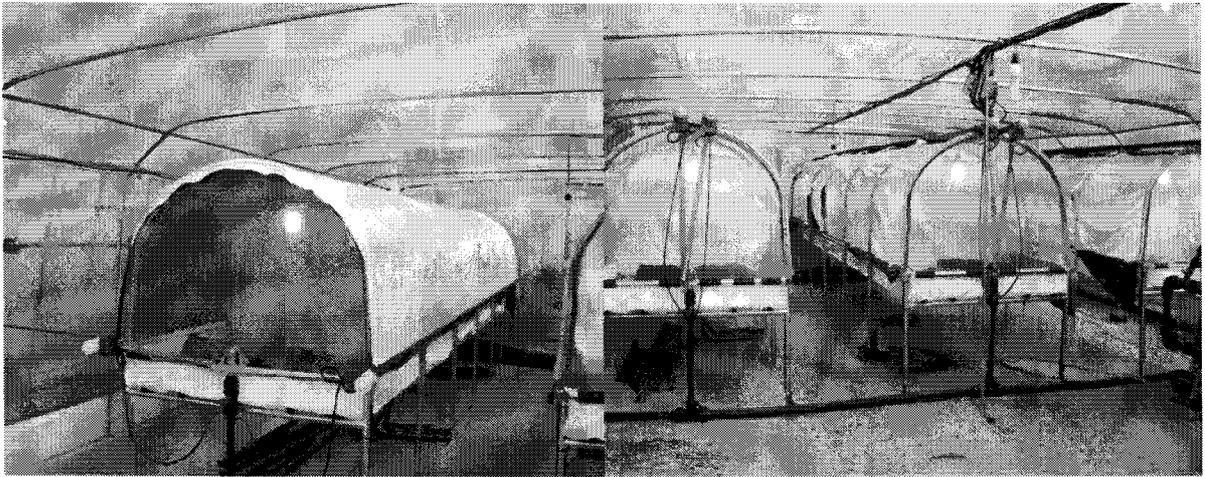


그림 2-22. 동일한 일장(9h)을 유지시킬 수 있는 터널개폐시스템.

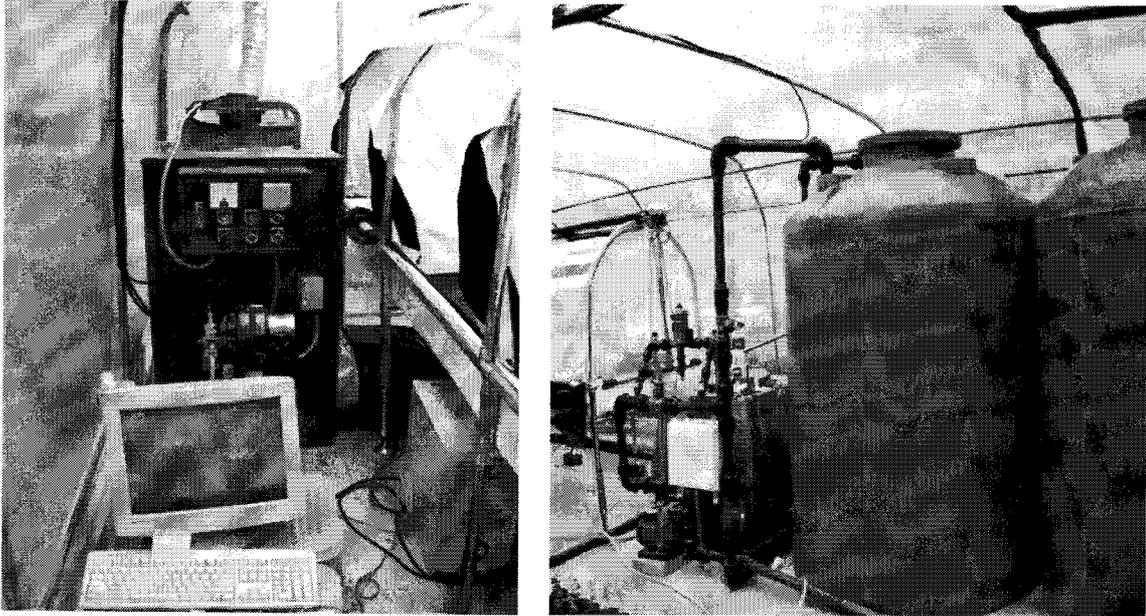


그림 2-23. 각 방에 설치된 난방기와 환경계측시스템(왼쪽)과 자동양액공급장치(왼쪽)

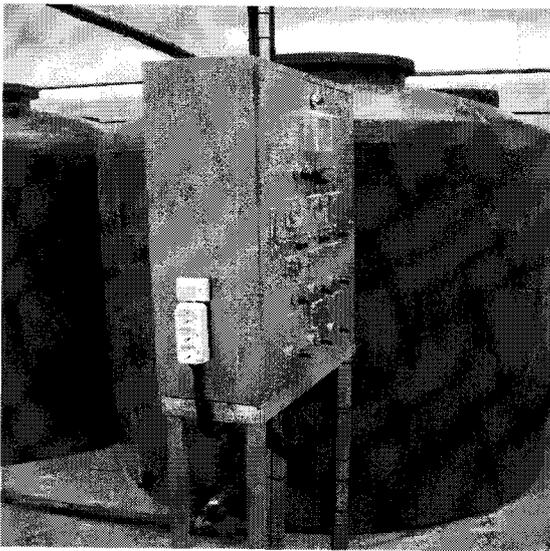


그림 2-24. 온실 온도, 암막 개폐, 일장 조절을 위한 컨트롤 판넬.

## ② 온도처리와 야파처리 조건

야파처리 시간은 0(SD), 2(2NI; 22:00-24:00), 4(4NI; 22:00-02:00)시간, 6/30분 교호 조명(CY: 22:00~22:06, 22:30~22:36, ... 01:30~01:36), 6/60분 교호조명(CY: 22:00~22:06, 23:30~22:06, ... 01:00~01:06), 6시간 일장연장(6DE; 18:00~21:00, 06:00~09:00)으로 처리해 주었으며, 플라스틱 온실내의 온도처리는 야온을 기준으로 12, 16, 20℃의 세가지 처리를 두고 온도와 야파처리를 조합하여 총 18처리를 두었다.

(2) 결과 및 고찰

○ 처리 후 잎 수와 꽃 수는 20°C 단일처리와 16°C 야파, 교호조명 처리, 그리고 16°C 단일처리와 12°C 야파, 교호조명 처리를 비교하면 모두 저온에서 야파, 교호조명 처리가 잎수와 꽃 수가 각각 더 많음을 알 수 있었다(표 2-4). 식물의 초폭은 온도, 일장이 조합된 모든 처리에서 유의성이 나타나지 않았다. 이로 미루어 시클라멘의 재배에 있어서 온도와 일장이 시클라멘의 영양생장에는 크게 관여치 않는다는 것을 알 수 있었다.

표 2-4. 처리 12주 후 온실내의 시클라멘의 생육.

Temp. (°C)	Light treatment <sup>z</sup>	No. of		Plant width (cm <sup>2</sup> )
		leaves	flowers	
12	0	22.3d <sup>y</sup>	0.5f	13.9e
	2 h NI	32.1ab	2.2bcd	15.3 cde
	4 h NI	32.6ab	2.1bcd	14.7 cde
	6'/24' CL	32.7ab	2.5bcd	15.2 cde
	6'/54' CL	31.6ab	1.7cde	14.7 cde
	6 h DE	30.0ab	2.7bc	16.0 bcd
16	0	23.4cd	0.7ef	14.4 de
	2 h NI	31.9ab	2.3bcd	16.6 bc
	4 h NI	30.3ab	2.2bcd	18.2 ab
	6'/24' CL	31.3ab	2.3bcd	16.4 abc
	6'/54' CL	32.8ab	2.4bcd	16.6 abc
	6 h DE	30.1ab	2.1bcd	16.2 a-d
20	0	22.7d	1.0ef	15.6 cde
	2 h NI	28.2bcd	3.0ab	16.6 abc
	4 h NI	30.3ab	3.9a	18.2 a
	6'/24' CL	28.1bcd	2.5bcd	16.5 abc
	6'/54' CL	29.3abc	2.8bc	17.0 abc
	6 h DE	35.7a	3.8a	18.3 a
Temperature (Temp)		* <sup>x</sup>	***	***
Night interruption (NI)		***	***	**
Temp. x NI.		*	*	*

<sup>z</sup> NI: night interruption; CL: cyclic lighting for 4hr; DE: day extension with 3hr lighting both in the morning and evening.

<sup>y</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

<sup>x</sup> NS, \*,\*\*,\*\*\* Nonsignificantly or significant at  $P=0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

○ 낮은 온도에서 야과, 교호조명 처리는 화아출현을 앞당기고 개화를 촉진하는 결과를 보였다. 시클라멘의 야간 적온도로 알려진 16°C에서의 단일처리와 비교하여 12°C에서의 야과 처리가 화아의 출현일수와 개화일수가 각각 4~5일, 3~8일 빨라지는 결과를 볼 수 있었다. 또한 동일 온도 내에서는 야과 처리시의 기간과 방법에 의한 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다(표 2-5, 그림 2-25). 교호조명을 실시하였을 경우에도 2, 4h 야과처리를 실시한 경우와 큰 차이가 없는 것으로 보아 교호조명을 이용한 야과처리로 전기에너지 절감을 기대할 수 있었다.

표 2-5. 이식 후 시클라멘의 화아출현 일수와 개화일수.

Temperature (°C)	Light treatment <sup>z</sup>	Days to	
		VBs	flowering
12	0	22.7a <sup>y</sup>	101.6 a
	2 h NI	16.9bc	88.9 c
	4 h NI	16.1bcd	92.3 c
	6'/24' CL	16.3bcd	91.7 c
	6'/54' CL	16.9bc	92.7 c
	6 h DE	14.0cd	87.5 cd
	16	0	21.0ab
2 h NI		10.7def	85.5 def
4 h NI		10.0ef	84.1 ef
6'/24' CL		10.8def	82.7 f
6'/54' CL		14.7cde	85.1 def
6 h DE		11.6def	85.1 def
20		0	14.0cd
	2 h NI	9.8ef	75.0 g
	4 h NI	10.0ef	76.7 g
	6'/24' CL	10.0ef	78.4 g
	6'/54' CL	9.2ef	83.4 ef
	6 h DE	8.0f	76.9 g
	Temperature (Temp)		*** <sup>x</sup>
Night interruption (NI)		***	***
Temp x NI		*	*

<sup>z</sup> NI: night interruption; CL: cyclic lighting for 4hr; DE: day extension with 3hr lighting both in the morning and evening.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

<sup>x</sup>NS \*,\*\*,\*\*\* Nonsignificant or significant at  $P=0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

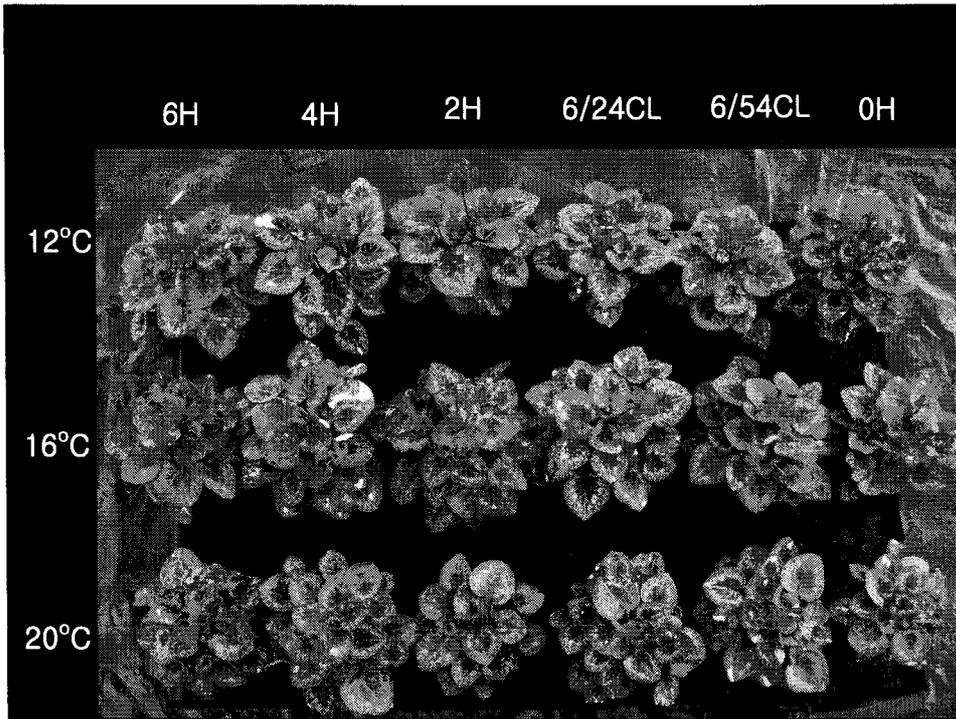


그림 2-25. 처리 12주 후 시클라멘의 개화 양상.

#### 4. 농가 실증실험

##### 가. 1차년도

##### (1) 재료 및 방법

##### ① 환경 조건과 식물 재료의 준비

이 실험은 2006년 11월부터 2007년 4월까지 경기도 고양시 일산구 설문동에 위치한 참여기업인 상현영농조합법인의 농가에서 실시되었다. 식물재료로는 시클라멘 'Metis Red'와 분화용 카네이션을 사용하였다. 실험 재료들은 엽수, 엽면적, 초장 등이 균일한 것을 선발하여 사용하였다(그림 2-26). 야과 처리시의 광원으로는 28W 삼파장 형광등을 사용하여, 식물체 높이에서  $10 \pm 3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도를 맞추어 주었다(그림 2-27). 상토와 양액의 조성은 기존 농가에서 사용하는 방법에 맞추어 실시하였다. 매트재배 시스템을 사용하여 양액과 물을 적정시기에 관수·관주 해주었다.

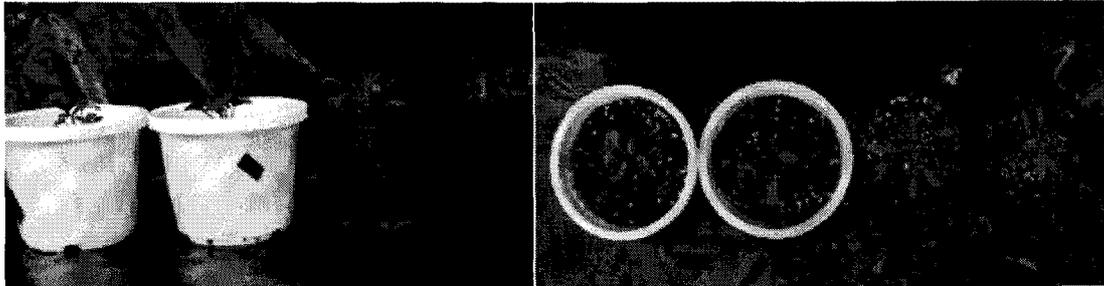


그림 2-26. 처리 시작 전 식물체의 상태.



그림 2-27. 재배농가 현장 실증 연구 전경. 왼쪽은 주간, 오른쪽은 야간의 모습

② 온도처리와 야파처리 조건

광조건은 자연일장(SD)와 자연일장 + 야파처리 4(4NI; 22:00-02:00)시간의 두 처리를 두었고, 재배온도는 야간 최저기온을 기준으로 시클라멘과 카네이션의 생장에 적합한 16℃로 맞추어 주었다.

(2) 결과 및 고찰

○ 처리 2주 후 광중단이 카네이션의 초장과 엽수를 증가시켰다. 또 무처리에 비해 볼륨감도 향상되는 경향을 보였다(그림 2-28, 2-29).



그림 2-28. 처리 2주 후 카네이션 생육 상태. 자연일장(왼쪽), 광중단(오른쪽)

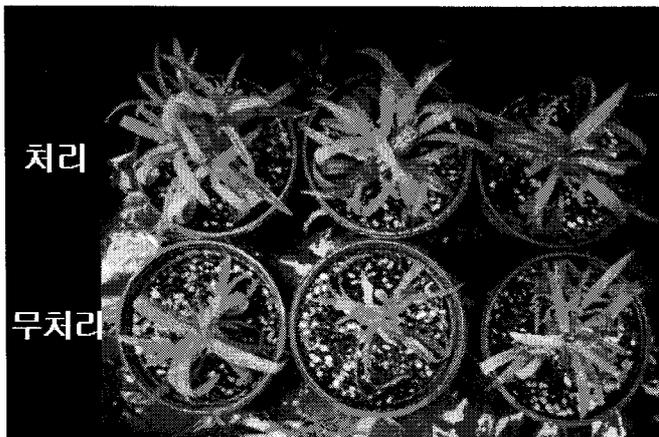


그림 2-29. 처리 2주 후 카네이션 생육 상의 변화

○ 처리 2주후 시클라멘에 있어서는 큰 변화는 보이지 않고 있는데 이는 초기 생육이 느린 시클라멘의 생육 때문이다. 하지만 엽면적에 있어서는 약간의 차이가 보였다(그림 2-30).

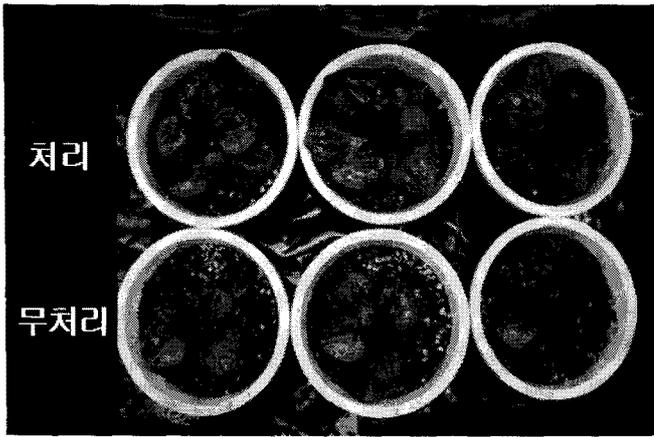


그림 2-30. 처리 2주 후 시클라멘의 생육 상의 변화

나. 2차년도

(1) 재료 및 방법

① 환경 조건과 식물 재료의 준비

이 실험은 2007년 12월부터 2008년 3월까지 경기도 고양시 덕양구에 위치한 농가에서 실시되었다(그림 2-31). 식물재료로는 시클라멘 'Metis scarlet Red', 'Metis scarlet purple'과 제라늄 'Meribluе', 'Meriholiday'가 사용되었다. 실험 재료들은 엽수, 엽면적, 초장 등이 균일한 것을 선발하여 사용하였다(그림 2-32, 2-33). 야간에는 암막으로 이용하여 빛을 차단하였고, 주간에는 커튼을 열어 광도를 높여 주었다. 야과 처리시의 광원으로는 55W 삼파장 형광등을 사용하여, 식물체 높이에서  $10 \pm 3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도를 맞추어 주었다(그림 2-34). 상토와 양액의 조성은 기존 농가에서 사용하는 방법에 맞추어 실시하였다. 매트재배 시스템을 사용하여 양액과 물을 적정시기에 관수·관주 해주었다.



그림 2-31. 실험 전경.

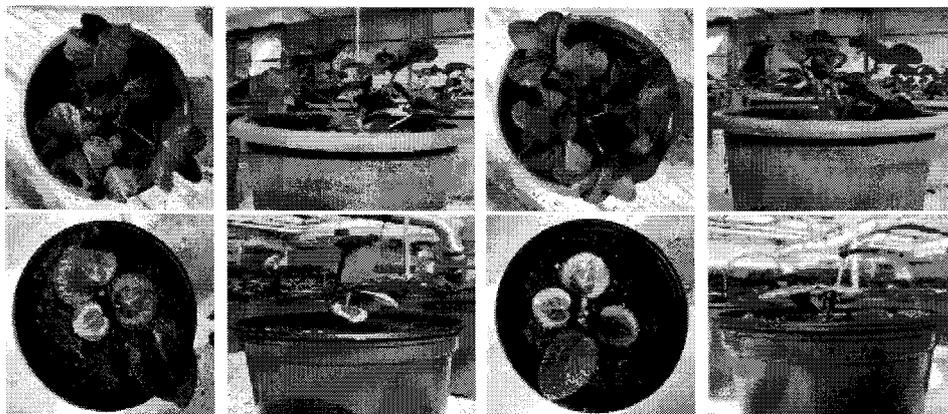


그림 2-32. 처리 시적 전 품종별 식물체의 상태.

제라늄 'Meribluе'(왼쪽위), 제라늄 'Meriholiday'(오른쪽위),  
시클라멘 'Metis scarlet Red'(왼쪽아래), 시클라멘 'Metis purple' (오른쪽아래)



그림 2-33. 처리 시작 전 품종별 식물체의 상태.

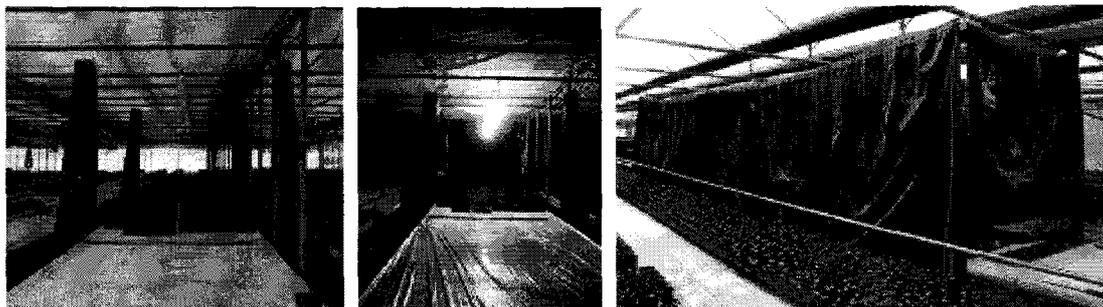


그림 2-34. 암막 커튼

② 온도처리와 야파처리 조건

광조건은 자연일장(SD)와 자연일장 + 야파처리 4(4NI; 22:00-02:00)시간의 두 처리를 두었다. 실험 기간 동안 야간 최저 온도는 농가에서 관행으로 재배하는 12~13℃ 이하로 내려가지 않도록 온풍난방을 실시하였다(그림 2-35).

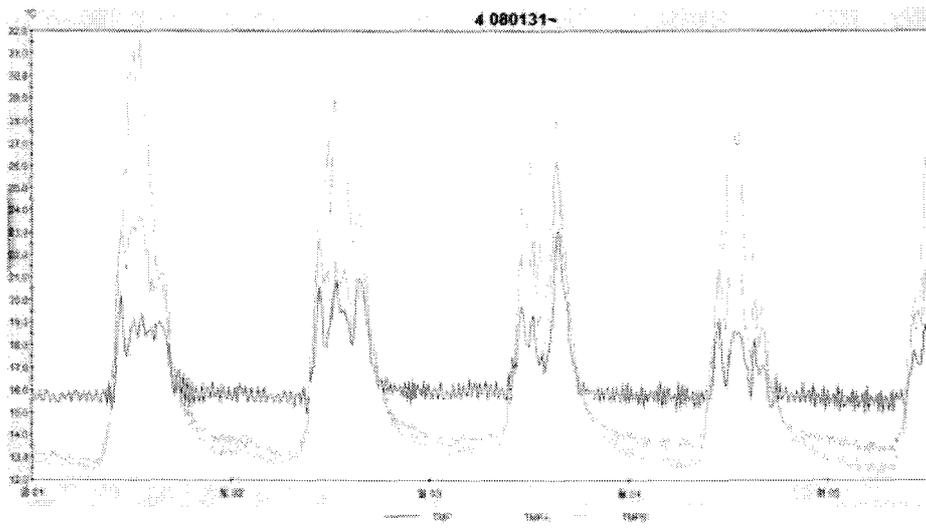


그림 2-35. 실험 기간내 온실 안의 온도변화 추이.

(2) 결과 및 고찰

○ NI 처리를 했을 경우 제라늄의 개화가 앞당겨 지는 경향을 보이고 엽수와, 초장의 식물 생육은 차이를 보이지 않았다(그림 2-36).

제라늄 'Meriblu'

제라늄 'Meriholiday'



그림 2-36. 처리 13주 후 제라늄 생육상의 변화. 야파처리(왼쪽), 자연일장(오른쪽)

○ NI 처리를 했을 경우 시클라멘에 있어서는 화아의 발달이 촉진되고 전체적인 엽면적이 증가함을 보였다. 또한 NI 처리시 무처리구와 비교해 엽수에는 큰 차이가 없었지만 화아수에 있어서는 증가하는 경향을 보였다(표 2-6, 그림 2-37)..

시클라멘 'Metis scarlet red'

시클라멘 'Metis purple'

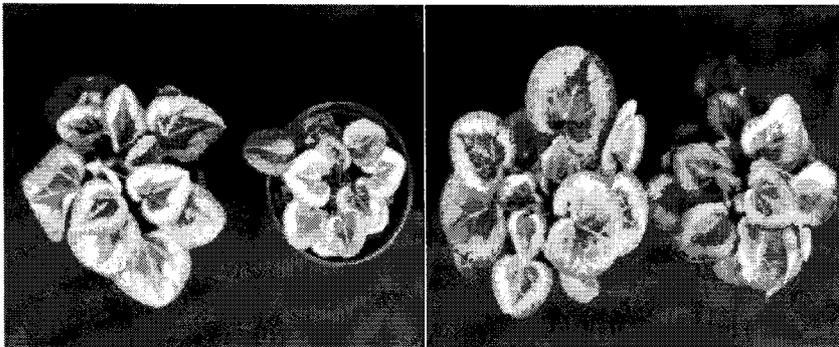


그림 2-37. 처리 13주 후 시클라멘 생육상의 변화. 야파처리(왼쪽), 자연일장(오른쪽)

표 2-6. 시클라멘 재배에 있어서 무처리구에 비해 야파처리시의 엽수, 화아수

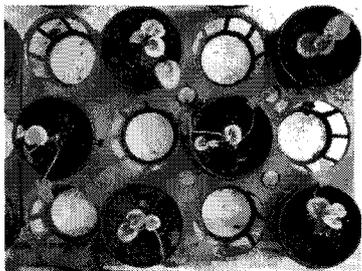
	No. leaf	No. visible buds
Non	27 a	8.2 b
NI	26.3 a	10.15 a

### 다. 3차년도

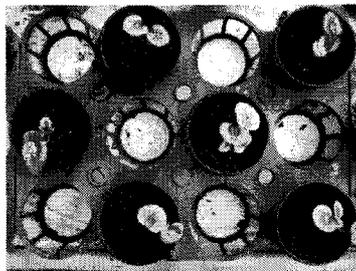
#### (1) 재료 및 방법

##### ① 환경 조건과 식물 재료의 준비

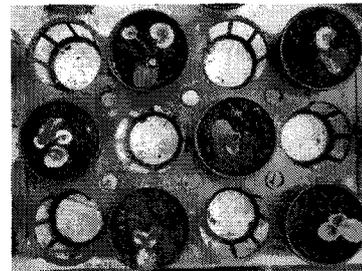
이 실험은 2008년 11월부터 2009년 3월까지 2차 년도에서 실험을 수행한 바 있는 경기도 고양시 덕양구에 있는 농가에서 실시하였다. 식물재료로는 시클라멘 미니종인 'Metis scarlet Red', 'Metis Sterling Purple', 'Metis Sterling Wine', 'Metis Sterling White'과 제라늄 'Meribblue', 'Meriholiday'가 사용되었다. 실험 재료들은 엽수, 엽면적, 초장 등이 균일한 것을 선발하여 사용하였다(그림 2-38). 야간에는 암막으로 이용하여 빛을 차단하였고, 주간에는 커튼을 열어 광도를 높여 주었다. 야과 처리시의 광원으로는 55W 삼과장 형광등을 사용하여, 식물체 높이에서  $10 \pm 3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도를 맞추어 주었다. 상토와 양액의 조성은 기존 농가에서 사용하는 방법에 맞추어 실시하였다. 매트재배 시스템을 사용하여 양액과 물을 적정시기에 관수·관주 해주었다.



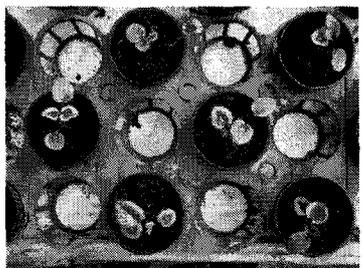
<Metis scarlet Red>



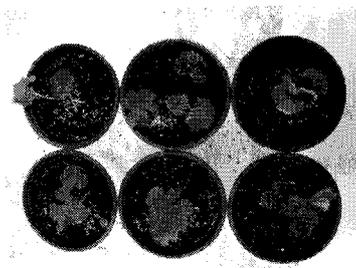
<Metis Sterling Purple>



<Metis Sterling Wine>



<Metis Sterling White>



<제라늄>

그림 2-38. 처리 시작 전 품종별 식물체의 상태

##### ② 생육단계에 따른 야과처리 조건

시클라멘의 생육단계에 따라 일장 처리를 달리 하여 일장 처리에 민감한 생육 시기를 구명하고자 하였다.

생육단계는 아래와 같이 3가지 생육단계로 나누었다.

생육단계-1: 정식부터 시클라멘의 화아가 보이기 시작하는 시기(그림 2-39)까지  
(잎이 10개 정도 전개 되었을 때, 정식 후 4주)

생육단계-2: 화아가 보이기 시작한 때부터 개화가 시작되는 시기(그림 2-40)까지  
(생육단계-1 이후 10주)

생육단계-3: 개화 이후 시기(그림 2-41)  
(생육단계-2 이후)

생육단계에 따라 각각 장일처리(야파처리)와 단일 처리(자연일장)를 해 주었다.  
광조건은 2차년도 실험과 동일하게 자연일장(SD)와 자연일장 + 야파처리 4(4NI; 22:00-02:00)시간의 두 처리를 두었다. 실험 기간 동안 야간 최저 온도는 농가에서 관행으로 재배하는 12~13℃ 이하로 내려가지 않도록 온풍난방을 실시하였다.  
제라늄은 생육단계를 나누어서 실험을 진행하지 않고 정식 이후에 개화 때까지 광처리를 하였다.

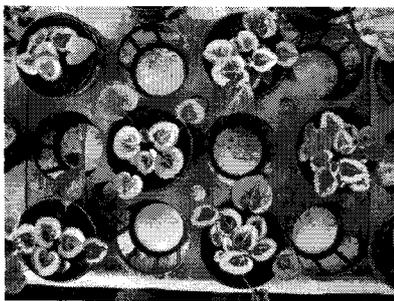


그림 2-39. 정식 후 4주가 지난 모습

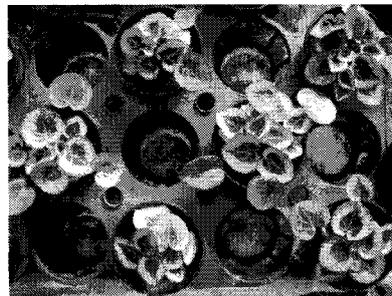


그림 2-40. 정식 후 9주가 지난 모습



그림 2-41. 정식 후 14주가 지난 모습

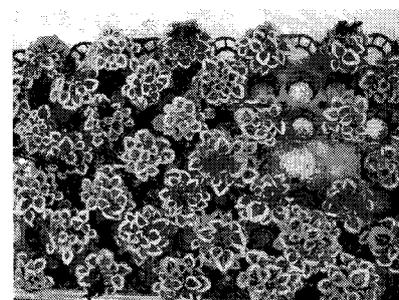


그림 2-42. 개화(정식 후 15주)

## (2) 결과 및 고찰

○ 생육단계-1에서의 장일처리는 화아 유도를 앞당겼다(그림 2-43).

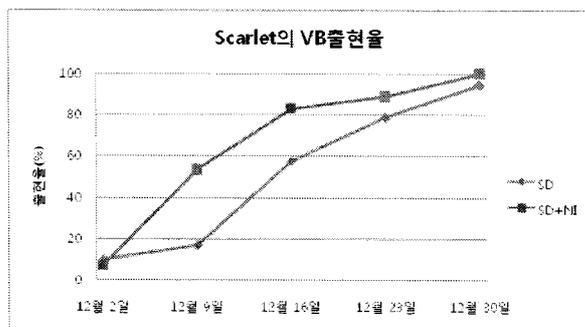


그림 2-44. 일장처리에 따른 화아 출현율 변화

○ 개화에 있어 2차년도 실험 결과와 같이 장일처리의 경우 단일처리에 비해 시클라멘과 제라늄의 개화가 빨리 일어나는 경향을 보였다(그림 2-45).

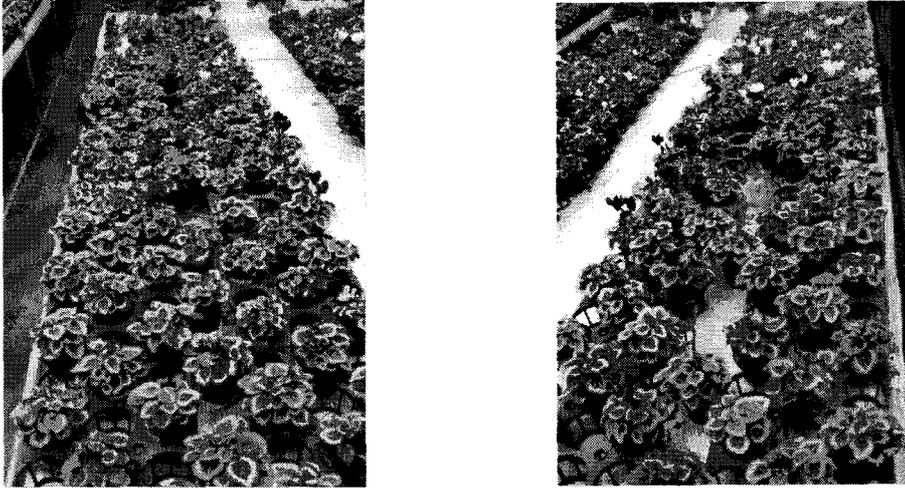


그림 2-45. 정식 후 15주 때의 개화, 왼쪽은 자연일장 오른쪽은 장일처리

○ Metis Sterling White의 경우 유의성 있게 4일 정도 개화가 앞당겨졌으며 그 외 다른 품종에서는 유의적인 차이는 없었지만 야과 처리를 했을 때 개화를 약간 앞당겼다.

○ 생육단계에 따른 일장처리의 효과에 있어서 유의성 있게 결과가 나오지는 않았지만 Metis Sterling White에서 생육단계에 따른 일장처리가 개화소요일수에 영향을 주었음을 알 수 있으나 그 경향을 파악하기는 힘들다(그림 2-46).

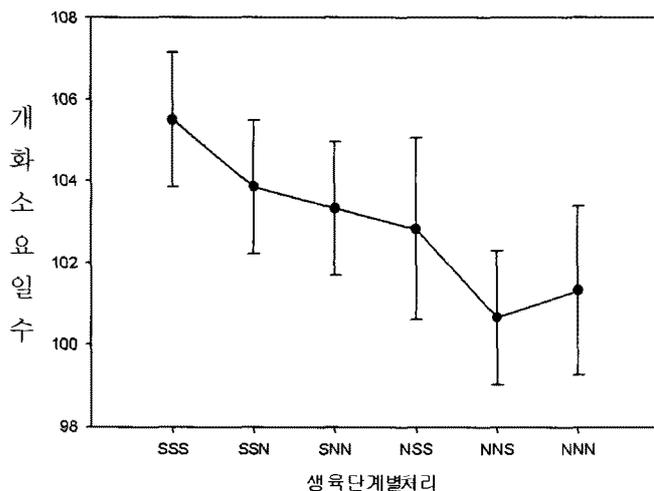


그림 2-46. 생육단계에 따른 일장처리가 개화 소요일수에 미치는 영향  
 (SSS- 생육단계 1,2,3에 자연일장  
 NSS- 생육단계1에는 장일처리, 생육단계2,3에는 자연일장처리)

○ 제라늄에서는 1월 28일부터 개화하기 시작하였으며 2월 4일에 개화율을 조사 하였을 때 자연일장에서는 개화율이 61%였지만 장일처리에서는 84%로 개화율이 높았으며 벌써 낙화가 시작되는 개체도 많이 보였다(그림 2-47).



그림 2-47. 제라늄의 개화, 왼쪽은 자연일장 오른쪽은 장일처리

### 제 3 절 저온 조건에서 장일 처리가 개화를 촉진하는 종 선발

#### (1) 재료 및 방법

##### ① 환경 조건과 식물 재료의 준비

이 실험은 2006년 9월부터 2008년 5월까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장 내 플라스틱 하우스에서 두차례에 걸쳐 진행되었다(그림 3-1). 연동 플라스틱 온실(2중 비닐 피복) 내부에 작은 온실을 짓고 세 칸으로 나누어 3개의 온도처리를 할 수 있도록 하였다. 그리고 각 칸에는 저면관수 베드를 3개씩 설치하고 터널을 만들어 자동 개폐가 가능한 흑색 비닐로 개폐가 가능하도록 하였다(그림 3-2, 3-3). 각 칸에는 온풍난방기가 있어 야온을 각각 조절할 수 있으며, 컴퓨터와 연결된 데이터 로거(CR10X)에 환경 계측 센서를 연결하여 온실 내 환경 요소들을 측정하고, 또한 양액자동공급기를 이용하여 관수를 실시하였다(그림 3-4). 각 저면관수 베드는 6칸으로 나누어져 있으며, 각각 일장을 조절할 수 있도록 각 베드에 위치한 광원과 연결하여 각각 타이머로써 조절할 수 있다(그림 3-5). 온실의 주간 온도는 온도에 의해 개폐가 조절되는 측창환기에 의해 조절된다. 자동으로 개폐되는 검은색 비닐의 차광장치를 이용하여 자연일장을 모든 처리에 동일하게 9시간으로 맞추어 주고 주간에는 자연광을 이용하여 실험을 진행하였다. 야과처리시에는  $3 \pm 1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 삼파장 형광등을 이용하여 조사해주었다. Sunshine Technigro 20-9-20 Plus 양액을 이용하여  $1.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  농도로 맞추어 ebb & flow 관수 시스템을 이용하여 관주해 주었다. 이외의 처리는 생육상에서의 실험과 동일하게 맞추어 주었다.

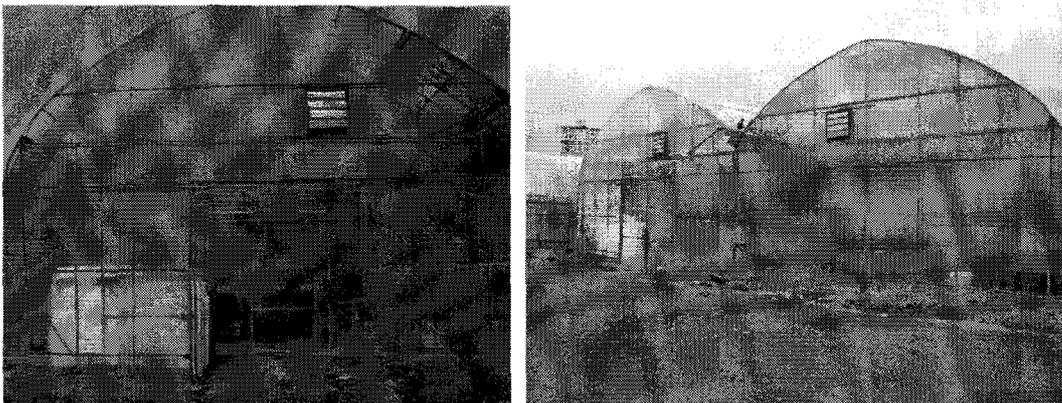


그림 3-1. 연구 온실의 외부 전경



그림 3-2. 실험이 수행되고 있는 시설 내부 베드들의 모습

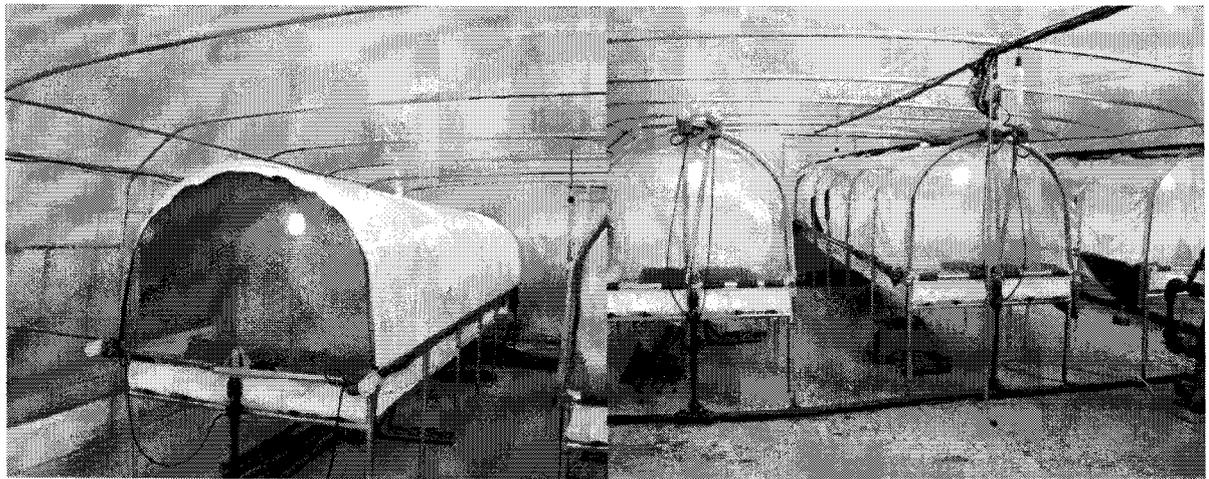


그림 3-3. 동일한 일장(9h)을 유지시킬 수 있는 터널개폐시스템.

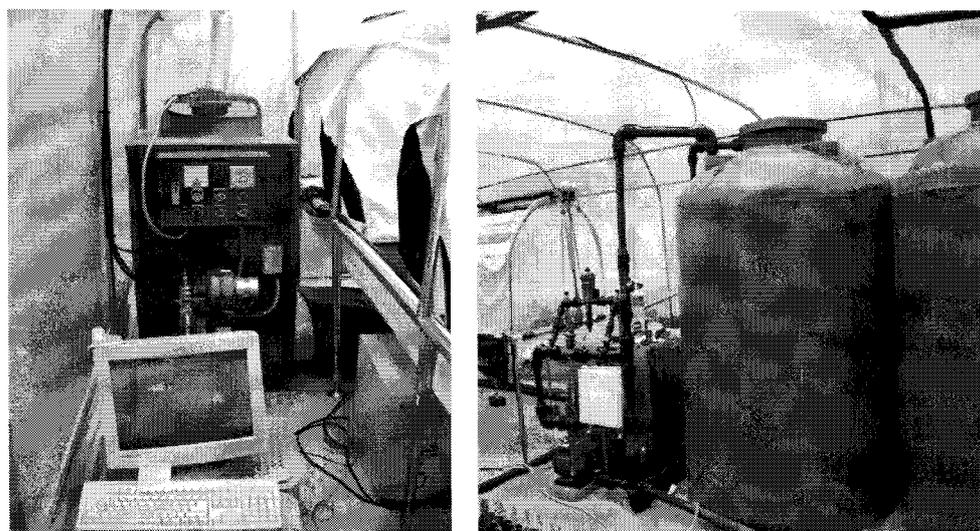


그림 3-4. 각 방에 설치된 난방기와 환경계측시스템(왼쪽)과 자동양액공급장치(왼쪽)

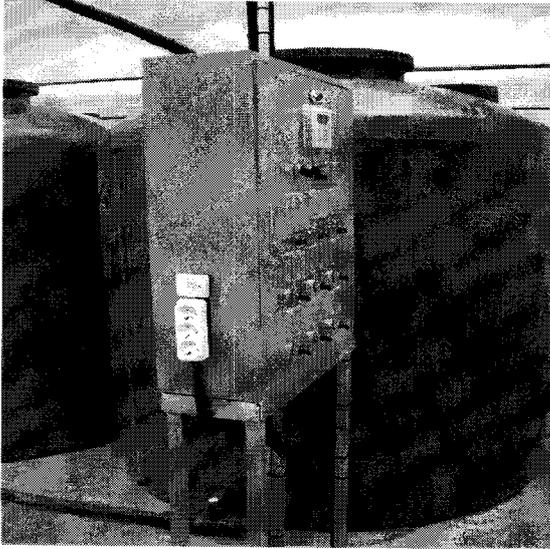


그림 3-5. 온실 온도, 암막 개폐, 일장 조절을 위한 컨트롤 판넬.

② 식물재료

식물재료로는 1차 년도에 시클라멘, 금어초, 제라늄, 유스토마를 사용하였고(그림 3-6, 3-7), 2차 년도에는 카네이션, 팬지, 페츰니아, 프리몰라를 사용하여 실험하였다(그림 3-8, 3-9, 3-10). 실험에 들어가기 앞서 처리 효과의 정확성을 높이기 위해 같은 지역의 유리온실에서 생육 단계를 맞추어 주었다.



그림 3-6. 식물체 꽃도라지, 금어초, 제라늄(왼쪽부터).



그림 3-7. 실험전 식물체의 모습. 초장(왼쪽) 및 엽면적(오른쪽) 비교.

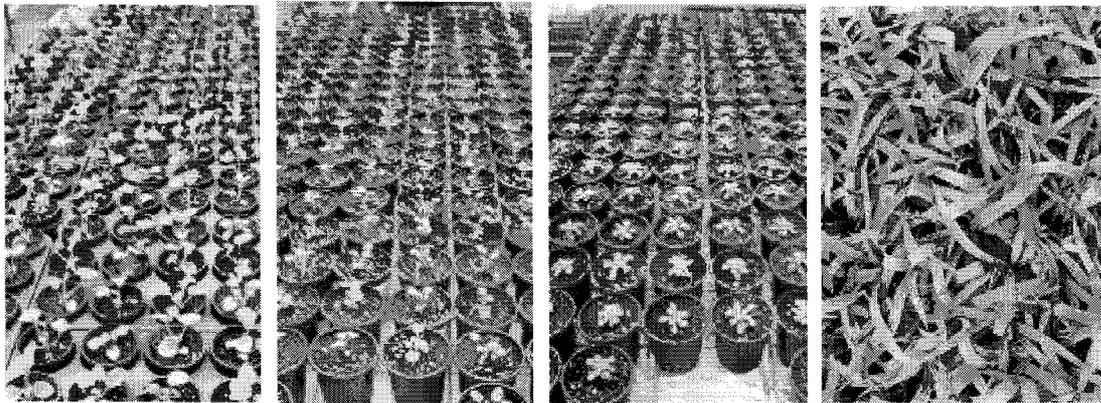


그림 3-8. 식물체 프리플라, 팬지, 페튜니아, 카네이션(왼쪽부터).



그림 3-9. 처리전 다양한 식물체의 모습

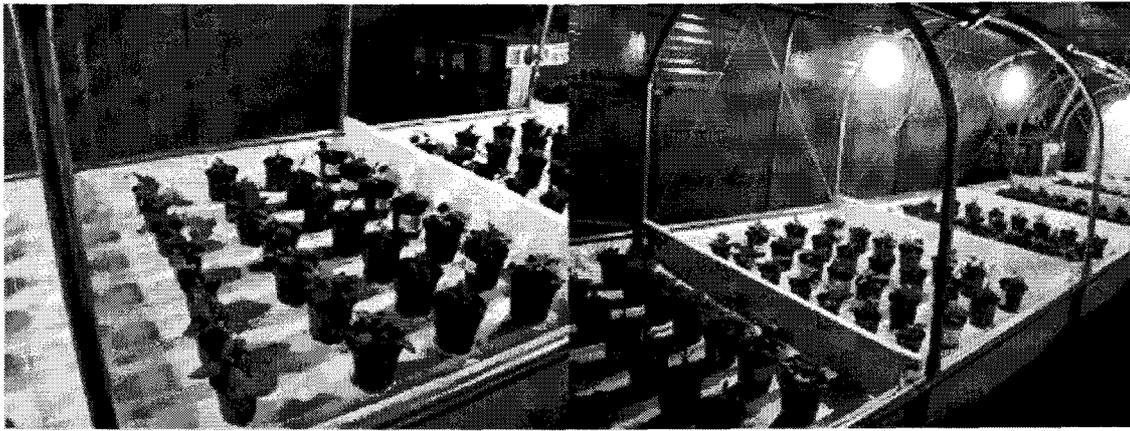


그림 3-10. 실험 진행중인 작물(카네이션, 팬지, 페튜니아, 프리물라)

### ③ 온도처리와 야파처리 조건

야파처리 시간은 0(SD), 2(2NI; 22:00~24:00), 4(4NI; 22:00~02:00)시간, 6/30분 교호조명(CY: 22:00~22:06, 22:30~22:36, ... 01:30~01:36), 6/60분 교호조명(CY: 22:00~22:06, 23:30~22:06, ... 01:00~01:06), 6시간 일장연장(6DE; 18:00~21:00, 06:00~09:00)으로 처리해 주었으며, 플라스틱 온실내의 온도처리는 야온을 기준으로 1차 년도에는 12, 16, 20℃의 세가지 처리를 두었고, 2차 년도에는 대체적으로 호냉적 작물로 실험을 하여 6, 10, 14℃의 세가지 처리를 실시하였다.

## (2) 결과 및 고찰

### ① 시클라멘

○ 시클라멘의 경우 3장 2절 3의 실험에서 결과를 기술하였다.

### ② 제라늄

○ 식물의 영양생장과 관련한 측정 항목으로 엽수, 건물중, 생체중에서는 처리 간 유의차가 나타나지 않았지만, 초장과 초폭에 대해서는 처리별 차이가 있었다. 전체적으로 온도가 증가함에 따라 초장은 증가하였다(표 3-1).

○ 같은 온도 조건에서의 야파처리는 단일 처리구와 비교하여 12℃와 16℃ 온도구에서 평균 5일, 20℃ 온도구에서 평균 15일 정도 화아의 출현을 앞당겼다(표 3-2). 그리고 12, 16, 20℃ 온도구에서 각각 평균 5, 7, 9일 정도 개화를 앞당겼다. 하지만 야파 시간에 따른 통계적 차이는 없었다. 16℃ 온도구의 4시간 야파처리와 6시간 명기연장 처리를 비교하면 후자가 DLI가 더 많음에도 화아의 출현이 3일정도 늦었고, 마찬가지로 20℃ 온도구의 2시간과 4시간 야파처리를 비교할 경우도 4시간 야파처리(NI)에서 6일 정도 개화가 늦어지는 결과를 보였다.

표 3-1. 처리 8주 후 각 처리에 따른 잎수, 소화수, 초장, 초폭, 건물중, 생체중.

Temp. (°C)	Light Treatment <sup>z</sup>	No.of		Plant		Weight(g)	
		leaves	florets	height (cm)	Width (cm <sup>2</sup> )	fresh	dry
12	0	42.0 ab <sup>x</sup>	5.3 gh	31.2 h	757.9 d	133.7 e	14.3 e
	2 h NI	41.8 ab	3.4 h	33.4 fg	895.7 abc	164.0 a-e	17.8 a-e
	4 h NI	42.8 ab	4.6 gh	32.9 gh	912.1 abc	181.3 ab	19.7 a-d
	30 CL	45.2 ab	2.3 h	33.8 fg	817.4 d	185.7 a	20.0 abc
	60 CL	46.8 ab	4.7 gh	32.6 fg	823.8 cd	148.7 b-e	16.1 b-e
	6 h DE	41.8 ab	8.3 efg	33.4 fg	846.2 bcd	176.0 abc	19.7 abc
16	0	43.7 ab	8.3 efg	35.2 ef	883.3 a-d	171.0 a-d	18.4 a-e
	2 h NI	38.1 b	11.2 ef	37.8 cd	916.4 abc	157.7 a-e	17.5 a-e
	4 h NI	43.8 ab	7.9 fg	38.5 c	990.0 a	174.3 abc	19.0 a-d
	30 CL	43.4 ab	7.7 fg	36.1 de	1013.1 a	148.7 b-e	19.2 a-d
	60 CL	43.6 ab	8.6 efg	37.8 cd	958.6 abc	183.7 ab	19.5 a-d
	6 h DE	41.0 b	18.9 d	38.9 c	931.1 abc	179.3 abc	20.3 ab
20	0	43.3 ab	12.1 e	39.0 c	914.6 abc	167.3 a-e	18.5 a-e
	2 h NI	45.8 ab	24.1 c	39.6 bc	1002.9 a	137.0 de	15.3 de
	4 h NI	43.0 ab	40.5 a	42.1 a	969.2 ab	166.0 a-e	21.4 a
	30 CL	46.1 ab	20.3 cd	40.7 b	1029.2 a	144.7 cde	15.7 cde
	60 CL	44.3 ab	21.1 cd	41.2 ab	1018.8 a	144.3 cde	17.2 a-e
	6 h DE	50.7 a	28.0 b	38.4 c	940.6 abc	174.3 abc	19.8 abc
Temperature (Temp)		NS <sup>y</sup>	***	***	***	NS	NS
Night interruption(NI)		NS	**	*	*	*	NS
Temp x NI		NS	*	NS	NS	*	NS

<sup>x</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

<sup>y</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or Significant at  $P=0.05$ , 0.01 and 0.0001, respectively.

<sup>z</sup> NI : night interruption, CL : cyclic lighting(30 CL : 6'/24', 60 CL : 6'/54'),

DE : day extantion

표 3-2. 제라늄의 화아 출현일수와 개화일수

Temp.(°C)	NI	Days to	
		VBs	flowering
12	0	56.1 a <sup>z</sup>	77.4 a
	2 NI	49.9 b	71.0 b
	4 NI	50.2 b	71.4 b
	30 CL	49.5 b	71.1 b
	60 CL	49.2 b	71.2 b
	6 DE	50.8 b	73.9 ab
16	0	45.4 bc	72.3 b
	2 NI	39.6 de	63.8 c
	4 NI	36.6 ef	62.8 c
	30 CL	38.9 e	65.3 c
	60 CL	40.5 cde	66.1 c
	6 DE	39.7 de	62.2 c
20	0	45.0 bcd	66.4 c
	2 NI	30.1 g	50.3 fg
	4 NI	29.9 g	56.0 de
	30 CL	31.0 g	48.0 g
	60 CL	33.3 fg	57.3 d
	6 DE	29.1 g	53.0 ef
Temperature (Temp)		*** <sup>y</sup>	***
Night interruption (NI)		***	***
Temp x NI		***	***

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

<sup>y</sup> NS \*\*\*,\*\*\* Nonsignificant or Significant at  $P=0.05$ , 0.01 and 0.0001, respectively.

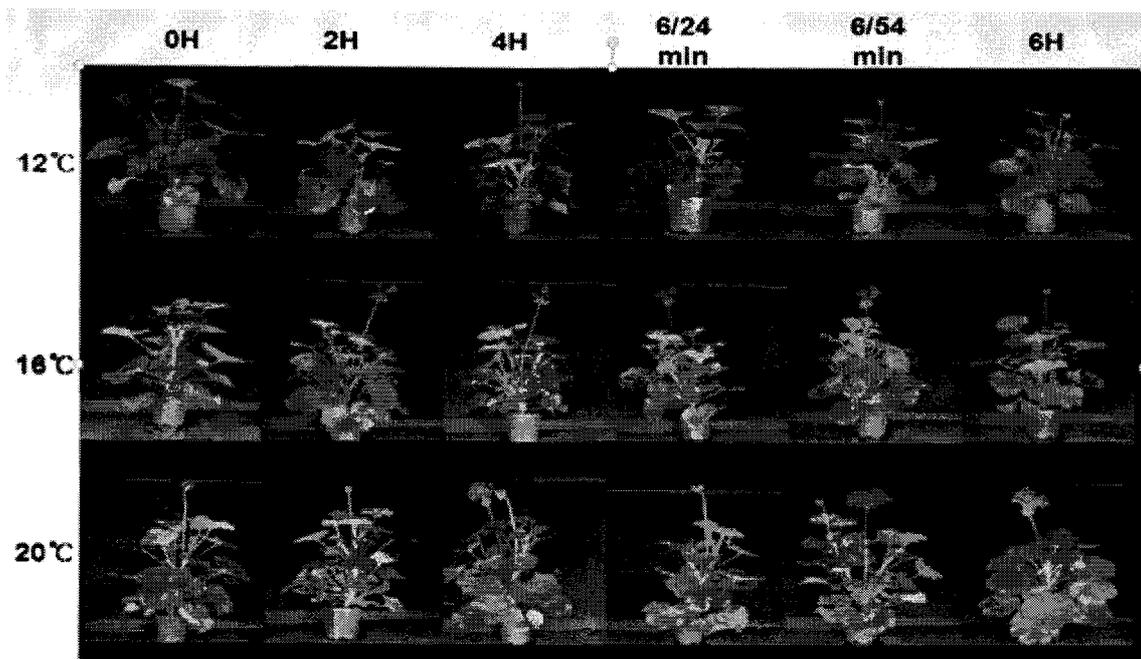


그림 3-11. 처리 후 8주차의 제라늄 생육 양상.

③ 유스토마

○ 식물체의 초장, 초폭, 마디수, 화아수에 있어서는 야간온도의 상승에 따라 평균적으로 초장, 초폭에서 각각 최대 3cm, 2cm<sup>2</sup> 차이를 보였고 마디수에 있어서는 온도에 따라 최대 평균 1마디의 차이를 보였으며 화아수에서는 최대 약 3개의 차이를 보였다. 화아수를 제외한 항목에서의 이와 같은 차이는 식물체 전체 초장, 초폭, 마디수의 5% 내외로 그 차이가 미묘하다고 할 수 있으며, 또한 측정값들간의 통계적 유의차도 볼 수 없었다. 하지만 화아수에 있어서는 20℃ 야온구를 제외하고는 동일 온도구 내에서는 단일조건에 비해 야파처리시에 화아수가 증가함을 실험을 통해 알 수 있었다. 또한 동일한 단일조건들 간에는 야간온도의 상승에 따라 화아수가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 온도처리와 야파처리를 종합하여 분석해보면 광이 가장 부족하다고 할 수 있는 12℃ 야온구의 단일처리, 60CY처리, 16℃ 야온구의 단일처리와 온도와 광조건이 충분한 20℃ 장일처리를 제외하고는 화아수에 있어서 통계적으로 유의차가 없었다(표 3-3).

표 3-3. 처리 15주차의 유스토마 잎 수, 화아수, 초장, 초폭, 마디수.

Temp. (℃)	NI (h)	No. of Plant				No. of nodes
		flowers	VBs	height (cm)	Width (cm <sup>2</sup> )	
12	0	0.0 g	5.2 d	52.3 ab	13.8 b	16.0 bc
	2 NI	0.1 fg	11.4 b	62.3 a	15.9 ab	16.0 bc
	4 NI	0.3 efg	11.1 b	56.2 ab	16.1 ab	16.3 abc
	30 CL	0.0 g	9.4 bc	58.7 ab	16.4 ab	16.7 abc
	60 CL	0.1 g	7.4 cd	57.7 ab	15.1 b	16.3 abc
	6 DE	0.6 efg	10.4 b	60.5 a	16.3 ab	15.7 bc
16	0	0.0 g	5.2 d	48.9 b	15.2 b	16.3 abc
	2 NI	1.4 def	11.0 b	64.0 a	16.1 ab	17.0 abc
	4 NI	1.6 de	11.6 b	62.1 a	17.2 ab	16.7 abc
	30 CL	0.6 efg	9.9 bc	62.3 a	15.6 b	18.3 abc
	60 CL	0.6 efg	10.6 b	58.9 ab	17.4 ab	19.7 a
	6 DE	4.1 c	12.3 b	63.7 a	19.7 a	19.0 ab
20	0	0.3 efg	10.8 b	52.9 ab	16.2 ab	17.7 abc
	2 NI	5.5 b	12.1 b	58.0 ab	15.7 b	17.3 abc
	4 NI	6.0 ab	9.8 bc	61.7 a	13.9 b	17.7 abc
	30 CL	4.9 bc	10.3 b	60.0 ab	16.2 ab	18.3 abc
	60 CL	2.5 d	12.5 b	61.0 a	13.7 b	17.3 abc
	6 DE	7.1 a	16.5 a	57.3 ab	17.6 ab	15.3 c
Temperature (Temp)		NS	NS	NS	NS	NS
Night interruption (NI)		NS	NS	NS	NS	NS
Temp x NI		NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

<sup>y</sup> NS \*\*\*,\*\*\* Nonsignificant or Significant at  $P=0.05$ , 0.01 and 0.0001, respectively.

○ 재배적온 범위내에서 대체적으로 재배온도가 증가함에 따라 개화가 촉진됨을 알 수 있었다. 실험에서 광처리를 해주지 않은 단일조건에서는 12, 16, 20℃ 온도구에서 화아 출현 일수가 각각 95.0, 83.1, 84.4일 임을 알 수 있었고, 개화일수는 각각 127.2, 122.1, 111.9일로 화아출현과 개화가 앞당겨짐을 알 수 있었다(표 3-4). 유스토마 재배의 적온으로 알려진 14~16℃(Hamrick, 2003) 보다 약 4℃ 더 높은 20℃ 온도까지도 온도의 증가에 따라 초장의 변화없이 개화촉진 효과가 있음을 알 수 있었다.

표 3-4. 유스토마의 화아출현일수, 개화일수.

Temp. (℃)	NI (h)	Days to	
		VBs	flowering
12	0	95.0 a	127.2 a
	2 NI	77.5 fg	115.6 cd
	4 NI	79.7 e	113.2 de
	30 CL	83.8 cd	118.3 c
	60 CL	86.8 b	117.7 c
	6 DE	81.9 d	116.3 cd
16	0	83.1 cd	122.1 b
	2 NI	76.0 g	106.6 f
	4 NI	75.7 g	113.7 de
	30 CL	77.7 efg	116.3 cd
	60 CL	78.6 ef	112.2 e
	6 DE	76.1 g	100.5 g
20	0	84.4 c	111.9 e
	2 NI	67.4 i	98.4 gh
	4 NI	67.0 i	93.3 i
	30 CL	69.5 h	97.2 h
	60 CL	78.4 ef	107.6 f
	6 DE	67.6 i	91.8 i
Temperature (Temp)		***	***
Night interruption (NI)		*	*
Temp x NI		*	**

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

<sup>y</sup> NS \*\*,\* Nonsignificant or Significant at  $P=0.05$ , 0.01 and 0.0001, respectively.

#### ④ 팬지

○ 팬지는 일반적으로 온도가 올라감에 따라 개화가 빨라지는 경향을 보였다. 그리고 개화수에 있어서는 같은 온도내에서는 통계적으로 유의차가 나타나지 않았다. 하지만 온도처리에 있어서 처리온도가 높아질수록 개화가 빨라지는 경향을 볼 수 있었다(표 3-5). 하지만 광처리에 의한 개화조절의 효과는 볼 수 없었다.

⑤ 프리물라

○ 프리물라의 초장, 초폭, 화서 길이는 온도와 일장에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 화아수에 있어서도 광처리간에는 유의차가 나타나지 않았지만 온도처리에 있어서 10℃와 14℃조건에서 6℃보다 화아수가 많음을 관찰하였다(표 3-5). 이러한 결과로 프리물라의 화아수는 광주기가 아닌 온도처리에 크게 영향을 받는것임을 알 수 있었다.

⑥ 페튜니아

○ 페튜니아에서는 개화가 6℃에서 가장 빠르게 진행되었고, 그 뒤를 이어 14℃와 10℃에서 개화가 진행되었다. 그리고 6℃와 14℃에서는 단일처리에 비해 야파처리에서 개화가 촉진됨을 알 수 있었다(표 3-5). 하지만 6℃와 14℃ 모두 개화 결과 있어서는 광처리를 통해 난방을 대체할 수 있을 것이라는 실험의 궁극적인 목적에 크게 기여하지는 못한다.

⑦ 카네이션

○ 카네이션의 실험에서는 10℃와 14℃에서 초장은 차이가 없었으나 6℃ 저온에서 초장이 길어지는 것을 확인할 수 있었다(그림 3-12). 카네이션에 있어서는 야파처리에 의한 개화촉진 효과를 기대할 수 있었다. 14℃ 단일처리구와 10℃ 야파처리, 교호조명처리구를 비교해 보았을 경우 비슷한 개화소요일수를 나타내었다. 하지만 6℃에서는 개화에 소요되는 시간이 너무 길게 나타나 야파처리 효과를 기대할 수는 없었다(표 3-5). 이러한 결과로 미루어 카네이션의 재배에 있어서는 야온을 재배적온인 14℃에서 4℃낮추고 야파처리를 해줌으로써 개화가 촉진됨을 알 수 있었다.

표 3-5. 온도와 일장에 의한 장일식물(카네이션, 프리물라, 페튜니아, 팬지)의 생장과 개화반응.

Temp. (°C)	Photoperiod	carnation			petunia		pansy		primula		
		Height	Days to VB	No. of VBs	Days to	Height	No. of	Height	Length of	No. of VBs	
6	0	18.4 b	125.3 a	1.2 g	112.0 cd	10.6 f	2.0 cd	11.6 abc	10.3 ab	3.1 g	
	2NI	22.0 a	117.3 a	3.7 def	102.7 f	14.6 cd	4.3 c	11.7 abc	10.4 ab	4.9 efg	
	4NI	21.0 a	117.3 a	3.1 ef	100.7 f	15.1 cd	4.3 c	12.7 a	13.6 ab	5.6 def	
	30CL	20.6 a	124.7 a	1.4 g	99.3 f	13.1 de	4.6 c	11.1 a-d	12.6 ab	4.7 efg	
	60CL	17.9 b	124.0 a	1.2 g	104.3 ef	12.8 def	4.1 c	12.4 ab	9.3 b	4.1 fg	
6DE	20.5 a	118.7 a	2.3 fg	102.3 f	14.7 cd	4.4 c	12.4 ab	18.1 a	5.0 ef		
10	0	11.7 f	102.0 b	5.1 bcd	123.0 a	10.6 f	0.8 d	9.3 d	10.5 ab	8.3 a	
	2NI	13.8 cde	88.0 cd	6.1 ab	121.7 ab	14.5 cd	3.2 cd	10.5 bcd	18.6 a	7.2 a-d	
	4NI	14.4 cd	96.0 bcd	5.9 abc	122.3 ab	15.9 bc	2.7 cd	10.8 a-d	11.8 ab	6.4 a-e	
	30CL	13.3 def	89.0 bcd	6.2 ab	118.7 abc	14.1 cd	4.3 c	10.8 a-d	16.9 ab	7.9 ab	
	60CL	11.9 ef	100.0 bc	6 ab	123.0 a	11.6 ef	1.7 cd	11.0 a-d	17.9 a	7.7 abc	
6DE	13.5 def	86.7 cd	5.4 bcd	123.3 a	14.4 cd	3.0 cd	9.8 cd	18.3 a	7.7 abc		
14	0	12.4 ef	91.0 bcd	4.2 cde	117.0 a-d	15.0 cd	7.9 b	11.7 abc	17.0 ab	6.6 a-e	
	2NI	15.5 c	84.3 d	7.4 a	112.7 cd	18.5 a	9.7 ab	12.0 ab	15.1 ab	5.9 c-f	
	4NI	12.7 def	82.3 d	6.6 ab	113.0 cd	19.6 a	10.2 ab	11.6 abc	17.2 ab	6.2 b-e	
	30CL	13.6 c-f	85.3 d	5.2 bcd	112.3 cd	19.5 a	8.3 b	10.8 a-d	18.4 a	6.0 b-f	
	60CL	13.7 cde	86.0 cd	6.3 ab	115.3 bcd	13.6 cd	10.4 ab	11.8 abc	18.8 a	7.0 a-d	
6DE	14.5 cd	82.7 d	7.5 a	109.7 de	18.0 ab	11.4 a	11.7 abc	17.1 ab	6.3 b-e		
light		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
temp		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
light × temp		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

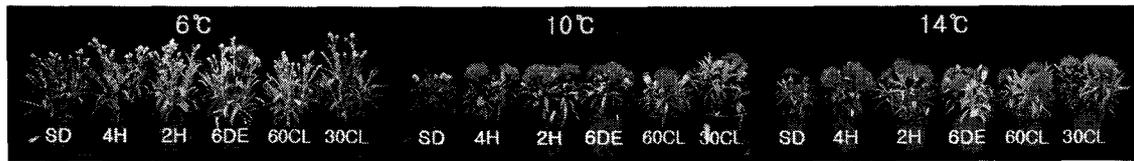


Fig. 1. Flowering of *Dianthus carthusianorum* grown under 6, 10, or 14°C combined with different NI or CL at 19 weeks after treatment in the greenhouse.

그림 3-12. 6, 10, 14°C 온도 처리와 일장조절 후 19주차의 카네이션의 생육과 개화

#### ⑧ 종합결론

위의 결과를 종합하여 보면 팬지, 페츄니아, 프리물라의 경우 저온성 작물로 일장의 효과 보다는 온도에 민감하게 개화반응을 하는것을 볼 수 있었다. 또한 금어초 같은 경우에도 일장에 크게 관여치 않고 영양생장 후 개화가 진행되는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 현재 장일 식물로 알려진 시클라멘, 제라늄, 금어초, 유스토마, 카네이션, 팬지, 페츄니아, 프리물라의 8가지 작물중 앞서 실험을 통해 알아낸 광조절에 의한 개화조절에 효과가 있는 작물로는 실험한 식물 중 시클라멘, 제라늄, 카네이션의 3가지 작물에 국한됨을 알 수 있었다.

#### 제 4 절 적정 장일처리, 야파처리에 의한 에너지 절감 효과

연구온실 실험에서 야파처리 및 교호조명 처리와 4℃ 높은 온도구의 단일처리를 비교하였을 때 대부분의 작물에서 개화와 생장이 차이가 없음을 알 수 있었다. 야파처리를 통하여 가온에 필요한 유류비를 전기료로 대체함으로써 에너지 절감 효과를 얻을 수 있었다. 20℃에서의 단일 처리와 16℃에서 야파처리 효과를 나타내는 2시간 야파처리를 비교한 경우를 보면, 실제로 농업용 경유를 L당 710원으로 계산하였을 경우, 10a 면적을 4℃ 높이는 데는 2,715,750원이 필요하고, 같은 면적을 2시간의 야파처리를 실시할 경우 399,345원의 전기료가 필요하다. 따라서 우리나라의 장일식물 겨울 재배에서 가온으로 인한 에너지를 야파처리를 통한 전기에너지로 대체함으로써 10a 면적당 약 1,500,000원의 생산비를 절감할 수 있을 것이라 예상된다.

또한 야파처리를 이용한 실험에서 작물의 개화와 생육에 있어 시클라멘, 제라늄, 유스토마는 적정 온도보다 낮은 온도에서 야파처리 뿐만 아니라 교호조명 또한 야파처리와 같은 효과가 나타남을 알 수 있었다. 이와 같은 처리를 이용하면 전기료 또한 최대 2시간 연속 야파처리의 1/5까지도 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

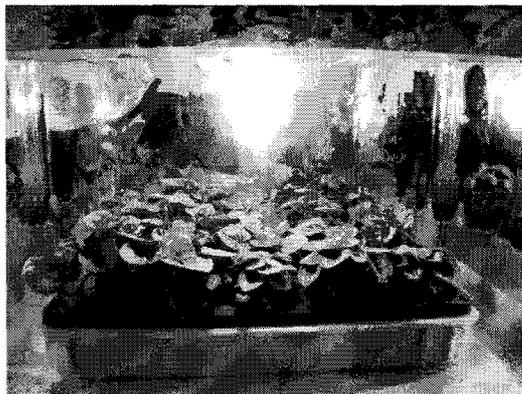
## 제 5 절 야파처리시 적정광원 구명

### 1. 성장상 실험

#### (1) 재료 및 방법

##### ① 환경 조건과 식물 재료의 준비

이 실험은 2008년 5월부터 2008년 12월까지 서울대학교 농업생명과학대학 화훼학 연구실 항온 챔버내에서 제작한 성장상을 이용해 진행되었다(그림 5-1). 식물재료로는 시클라멘 'Metis Scarlet Red'와 'Metis Scarlet Purple'를 사용하였다. 주간에는 23W 삼파장 형광등 4개를 이용하여  $300 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 맞추어 주었다. 모든처리에서 기본 일장은 9시간으로 맞추어 주었다. 야파처리에는  $20 \pm 8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 red, far-red, blue LED를 이용하여 4시간 야파처리와 4시간동안 교호조명 처리해 주었다. Sunshine Technigro 20-9-20 Plus 양액을 이용하여  $1.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  농도로 맞추어 저면관수해 주었다. 정식 후 개화까지 광중단 처리시 광원에 따른 생육 및 개화 반응을 관찰하였다



Fluorescent



LED(far-red)



LED(red)



LED(blue)

그림 5-1. 온도가 조절되는 저온실내 파장이 다른 LED를 설치한 생육상의 내부 전경

② 온도처리와 야파처리 조건

기본일장은 9(09:00-18:00)시간으로 맞추어 주었고, 야파처리 시간은 0(SD), 4(4NI; 22:00-02:00)시간, 6/30분 교호조명(CY: 22:00~22:06, 22:30~22:36, ... 01:30~01:36)으로 처리해 주었으며, Growth chamber내의 온도는 모든 성장상에서 주간 24±1℃, 야간 16±1℃로 맞추어 주었다.

(2) 결과 및 고찰

○ 시클라멘의 재배에 있어서 단일처리에서의 개화는 야파처리와 교호조명 처리에 비해 개화가 늦어지는 것을 알 수 있었다. 야파처리시의 파장은 시클라멘의 개화뿐만 아니라 엽병장의 신장에도 관여함을 실험을 통해 알 수 있었다. 엽병장의 신장의 시클라멘의 시장 상품성과도 밀접한 관련이 있다. 시클라멘의 경우 잎이 compact하게 화분을 덮고 꽃이 일정한 높이에서 개화하는 것이 시장에서의 높은 가치를 가진다. 실험에서 red LED는 엽병장의 신장을 억제하는 것으로 나타났다(그림 5-2). 또한 red LED를 이용한 교호조명 처리에서 far-red LED를 이용한 교호조명 처리구 보다 시클라멘의 개화가 촉진되는 것을 알 수 있었다(표 5-1).

표 5-1. 시클라멘 'Metis Scarlet Red'의 처리후 16주차의 생육과 개화.

Light duration	Light quality	Stalk length		Days to flowering
		leaf	flower	
SD		4.4 d	9.1 c	115 a
NI	FL	5.0 bcd	9.9 bc	96 b
	R	5.5 abc	10.9 bc	103 ab
	FR	5.6 ab	8.7 c	103 ab
	B	5.4 abc	12.5 ab	97 b
CL	FL	5.1 bc	11.0 bc	109 ab
	R	5.2 bc	8.3 c	104 ab
	FR	5.9 a	14.4 a	114 a
	B	4.8 cd	10.1 bc	103 ab
Light duration * light quality		***	***	**

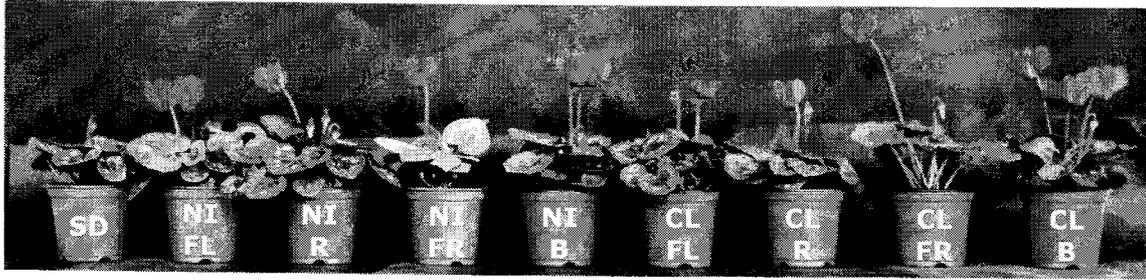


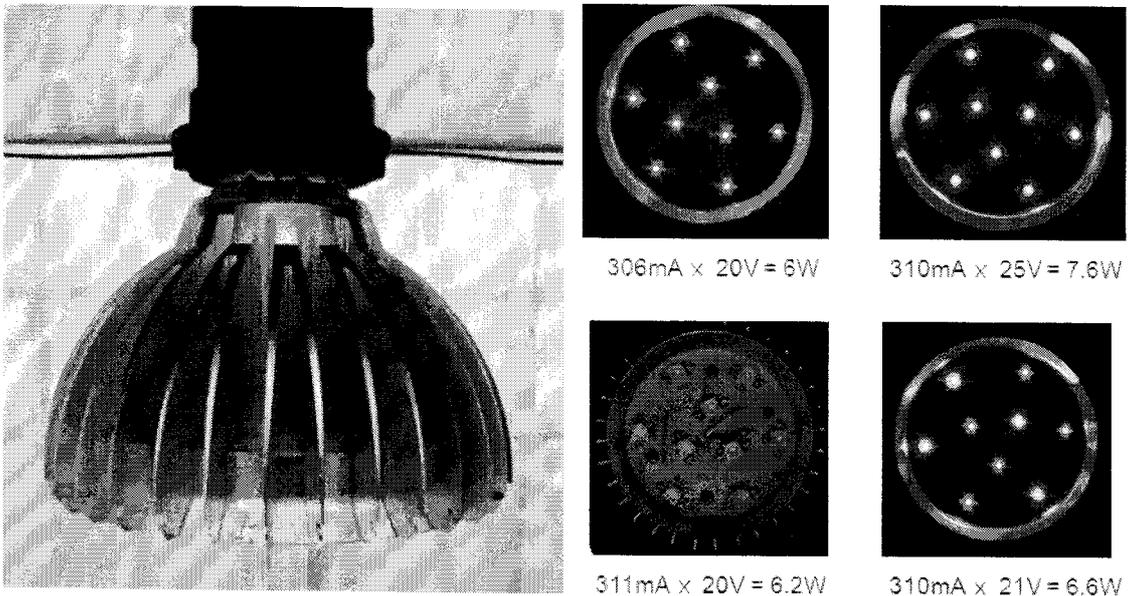
그림 5-2. red, far-red, blue LED를 이용한 야과처리, 교호조명 처리시 16주 후의 시클라멘 'Metis Scarlet Red'의 생육과 개화

## 2. LED등의 설치 높이 제안

야과 처리를 위해서는 저광도의  $4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도만을 필요로 하며 수원실에 있는 베드에서 LED등을 부착하여 적정 LED 높이를 설정하였음

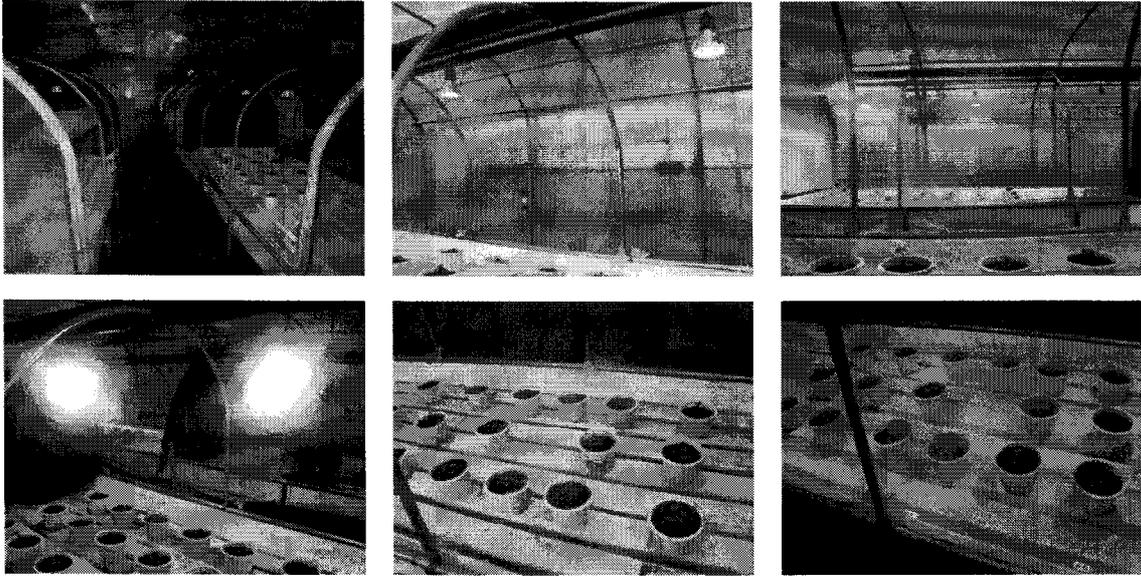
### ① LED등의 종류

(주)좋은인상에서 주문 제작한 LED이다. LED소자의 수는 1개의 등 마다 9개이며, 교류 전원을 바로 이용할 수 있게 제작하여 기존에 베드위에 형광등이나 백열등 소켓이 설치된 농가에서는 바로 사용할 수 있는 장점이 있다. 소비 전력은 그림에서 설명된 바와 같다.



### ② LED등의 설치 개수와 높이

LED등은 길이 1m, 폭 1.5m의 면적을 기준으로 두 개를 설치하였다. 그리고 등 높이는 90cm로 설정하였으며 이때의 광도를 측정하였는데 베드에  $3 \sim 6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  정도로 베드에 균일하게 광이 조사됨을 확인하였다. 설치된 모습은 다음과 같다.



## 제 6 절 종합결론

위 실험의 내용으로 장일 식물중 일부는 야파처리에 의한 장일처리로 개화가 촉진될 수 있음을 확인 하였다. 그 대표적인 작물은 시클라멘, 제라늄, 카네이션 등이다. 이러한 야파처리로 인한 개화촉진의 목적은 현재 유가상승으로 인한 생산비의 증가를 대비한것이라 할 수 있다. 우리나라의 겨울철 가온을 위한 난방시 기름 보일러를 사용이 불가피하고, 유가상승으로 인한 생산비의 부담은 농민이 전적으로 떠안아야 하는 실정이다. 따라서 본 실험에서 개발한 야파처리를 통한 개화촉진 방법을 사용하여 출하시기를 앞당기면 재배기간의 단축으로 인한 생산비의 절감 효과와 재배온도의 하강으로 인한 난방비의 절감 효과를 기대할 수 있다. 또한 각 작물별 적정 장일 처리 시간과 방법에 대한 연구를 통해 작물에 맞는 장일 처리를 해줌으로써 야파처리시의 전기료 절감과 더불어 고품질의 분화 생산도 기대할 수 있다. 또한 야파처리시 적정 광원의 구멍을 통해 시클라멘의 경우 시장요구에 맞는 분화의 생산이 가능함을 알 수 있었다. 적정광원으로는 적색과 청색의 LED의 혼합광을 이용하는 것이 고품질의 분화생산에 가장 효과적임을 알았다.

## 제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

### 1. 목표 달성도

연구개발의 목표	연구개발의 내용	목표 달성도
저온 조건에서 장일 처리가 개화를 촉진하는 종 선발	문헌 및 현장 조사를 통한 후보 작물(품종) 선정 온도와 일장에 따른 개화 반응 구명을 통해 저온에서 야파처리가 효과적인 종(품종) 선발: 3~5종	달성
적정 장일 처리 방법 개발	야파처리의 적정 시기와 에너지 절감을 위한 최소한의 광조사 시간을 연구 야파처리시 적정광원 선정	달성
실용적인 광원 종류 구명	야파처리시 적정광원 선정 - LED	달성
실증실험을 통한 실용성 여부 확인	실제 농가에서 겨울철 재배시 장일 처리에 대한 개화촉진효과를 확인	달성

### 2. 관련 분야 기여도

연구결과	기여도	관련분야
적정 장일 처리 방법 개발	개화촉진 기술을 이용한 생산비 절감	분화류 재배농가
저온조건에서 장일처리가 개화를 촉진하는 종 선발	부가가치가 높은 작목 선택	분화류 재배농가
일장처리시의 적정 광원 구명	저전력소비 광원에 대한 생산비 절감 고품질 분화 생산	분화류 재배농가

## 제 5 장 연구 개발 결과의 활용

본 연구의 결과들은 광조절을 통하여 장일식물의 개화를 조절함으로써 겨울 재배 시 고유가로 인한 생산비의 증가에 부담을 느끼고 있는 농가에 보급함으로써 그 의미가 있다고 할 것이다. 또한 일장조절로 효과를 기대할 수 있는 작물에 대한 연구를 통하여 농가에서 작목 선택시에 본 연구에서 개발한 기술의 기여도를 예상할 수 있다. 이를 위해 학회, 연구회, 작목별 교육 행사 등을 통해 기술을 보급함은 물론, 연구 보고서 및 재배 매뉴얼의 배포 등을 통해 생산 농가의 재배 기술 수준을 올리고 나아가 우리나라 분화 수출에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

## 제 6 장 연구 개발 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

## 제 7 장 참고 문헌

Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 1999. Floriculture: Principles and species. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Fisher, P.R. and E. Runkle. 2004. Lighting up profits. Meister Media Worldwide, Willoughby, OH.

Thomas, B. and D. Vince-Prue. 1997. Photoperiodism in plants. 2nd ed., Academic Press, San Diego, CA.

(社)農山漁村文化協會. 1993. 農業技術大系. 凸版印刷(株), 東京, 日本.

小西國義, 今西英雄, 五井正憲. 1988. 花卉の開花調節. 養賢堂, 東京, 日本.

농림부. 2006. 2005년 화훼재배현황.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.