

최 종
연구보고서

공장형 장미 생산기술 및 시스템 개발

Development of Plant Factory System and
Production Technology of Rose

주관연구기관: 서울시립대학교

협동연구기관: 원예연구소

전남농업기술원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “공장형 장미 생산기술 및 시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 1일

주관연구기관명 : 서울시립대학교

총괄연구책임자 : 이 용 범

연 구 원 : 여경환, 이주현

연 구 원 : 이동수, 조성상

연 구 원 : 이혜진, 양은영

연 구 원 : 박금순, 박삼기

연 구 원 : 손정민

협동연구기관명 : 원예연구소

협동연구책임자 : 김 완 순

연 구 원 : 노영순, 최창숙

협동연구기관명 : 전남농업기술원

협동연구책임자 : 나 택 상

연 구 원 : 류 미 현

요 약 문

I. 제 목

공장형 장미 생산기술 및 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라 농업 기술은 1960년대 들어 현대적인 농업기술이 본격적으로 도입되었고, 1970년대 주곡인 쌀의 자급자족을 이룩한 녹색혁명, 1980년대 시설재배에 의한 원예작물의 계절성 극복, 토지이용성의 획기적인 제고, 작물재배 환경의 인위적 조절에 의한 생산성과 품질향상을 이룩한 백색혁명, 1990년대 들어서 정밀농업에 의한 작물의 획기적인 생산성 증대와 더불어 환경친화형 농업으로의 전환이 이루어져 왔다.

앞으로 21세기 농업은 규모화 된 시설에서 작물의 생산성과 환경친화성이 높으면서 지속 가능한 농업기술이 되어야한다. 그러기 위해서 전자, 신소재, 정보통신등과 같은 주변 첨단기술이 농업에 본격적으로 이용될 것이고 결국 실질적인 정보화, 지식산업에 적합한 기술개발 체계로 전환될 것이고, 또한 농업은 환경과 농촌문화를 고려한 환경친화형 녹색기술이 중심이 될 것이다. 우리나라 농업인구는 1970년 1400만명에서 2002년대 말에는 약 70% 이상이 감소되어 농업인구 비율이 8% 수준으로 줄어들고 있으며, 청장년층의 도시유출로 인한 농업인구의 고령화 현상(60세 이상 30%)이 심화되고 있다. 식량 자급율도 90년대 들어 급속히 낮아져 28%로 낮아지고 있는 실정이다. 우리나라 시설원예는 원예산업이 안고 있는 노동력 부족, 고령화, 부녀화 라는 악조건에서 4계절 신선하고 안전한 농산물 생산을 위하여 1990년 초반부터 시설면적의 급격한 증가와 시설의 현대화가 이루어지면서 재배면적도 약 53,000ha를 나타내고 있으며, 농업에서 유일하게 원예산업을 수출산업으로 이끌어 가고 있는 분야다. 수경재배 면적도 1990년까지 10ha미만이었지만 2002년에는 780ha로 급속히 증가되어 왔다.

이와 같은 외형적인 생장은 뚜렷하게 나타내고 있지만 기술적인 측면에서 아직도 많은 문제점을 안고 있다.

국내 시설원예 농가의 환경 및 재배생산 수준은 노동집약적 생산시스템이 대부분으로 단위 면적당 생산성과 노동생산성이 선진국에 비해서 대단히 낮다. 화훼작물의 생산성은 유럽의 40% 이하를 나타내고 있고, 노동 투하량도 유럽에 비해서 1.5~2.0배 높은 실정이다. 이처럼 기존 생산시스템에서 작물생산은 환경조건(지상부, 지하부) 및 영양상태의 불균형과 공간활용효율이 낮아 작물의 잠재 생산능력발현이 한계점에 도달했다고 볼 수 있다. 따라서 시설원예에서 토지생산성과 노동생산성의 비약적인 향상을 위해서는 기존생산방식을 탈피한 고도 기술집약형인 식물공장 생산 기술 개발이 시대적 요구를 충족시킬 수 있는 새로운 기술이라고 할 수 있다. 즉, 식물공장(plant factory)이란 ‘인공환경 조건이 주어진 특수한 시설 내에서 최적 재배환경을 유지하면서 연중 균일한 품질의 식물을 생산할 수 있는 시스템’ 또는 ‘고도의 환경제어로 식물을 주년 생산하는 시스템’이라고 할 수 있다.

최근 국민소득향상에 따른 화훼 소비증가와 함께 연중 저렴한 가격의 절화를 손쉽게 구입할 수 있는 casual flower에 대한 수요가 급증하고 있다. 그러나 제한된 재배면적, 부적합한 재배 환경, 인건비 상승과 농업에 대한 기피 등은 소비자의 수요 요구를 만족시킬 수 없을 뿐 아니라 농업의 사회적 요구도를 충족하기 위해 앞으로의 식물 생산 시스템은 자동화된 공장적 생산 방식으로의 전환이 필요하다. 이러한 인식의 변화와 함께 미국, 네덜란드, 일본 등 선진국에서는 자동화 시설과 복합환경 제어 시스템이 구비된 환경친화적인 시설에서 작물 생산을 극대화시키는 공장적 생산 방식인 식물공장의 실용화가 이루어지고 있다. 즉 식물공장과 같은 고도 환경제어형 시설 재배의 실용화는 작물의 생육 장애요인을 제거함으로써 생산성을 향상시키고, 품질 향상과 상품의 균일화와 연중계획생산을 이룩할 수 있는 것이다. 이와 같은 고도화된 작물 생산 시설에는 생육환경 자동제어 시스템이 필수적으로 요구된다. 그러므로 절화 장미 식물공장과 같은 새로운 개념의 식물공장에 대한 연구는 앞으로 국내 시설원예 발전에 크게 기여할 수 있으며, 현재 상태대로 계속 연구가 진행된다면 선진국보다도 앞선 기술을 확보할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

“공장형 장미 생산기술 및 시스템 개발” 과제에서 수행한 주요 연구내용 및 범위를 요약하면 다음과 같다.

세 부 과 제	연 구 내 용
1. 장미 공장생산시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 장미 공장생산시스템의 모델 설정 - 장미 공장생산시스템의 양액 재배시스템 개발 - 장미 공장생산시스템의 설계 및 제작 - 장미 공장생산시스템의 인공광원 및 조명기술 - 장미 공장생산시스템의 경제성 및 실용화
2. 장미 공장생산시스템에 적합한 품종 선발	<ul style="list-style-type: none"> - 공장시스템에 적합한 장미 계통별 적품종 선발 (대형계 14종, 중형계 40종, 스프레이계 20종) - 식물공장의 환경적응력이 높은 품종선발 - 공장시스템에 적합한 장미 계통별 적품종 선발 (대형계 200종, 중형계 80종, 스프레이계 20종) - 식물공장에서 생산성과 품질이 우수한 품종선발 - 식물공장 전용품종 개발 및 재료선발 - 재배경과 연수별 밀식적응성, 품질 및 수량성 구명
3. 장미 공장생산시스템의 최적환경 제어 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 동계 절화 생산성향상을 위한 보광기술 개발 - 순환식 최적 배양액 개발 - 생육단계별 배양액 관리 기술 - 지하부환경의 최적 제어 기술 개발 - 생육단계별 급액 제어 기술 개발 - 순환식 배양액 내 최적 이온 제어 기술 개발 - 재배환경과 배양액의 종합 관리기술 구축
4. 장미 공장생산시스템형 고도 생산기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산용 묘 생산기술 체계화 - 묘 생산단계별 적정 재식 밀도 확립 - 재절화기술 확립을 위한 채화절위별 채생력 평가 - 공장생산시스템에서의 수확 횟수 구명 - 생산성 극대화 종합 재배기술 체계 확립 - 공장생산 전용 품종별 최적 재배법 모델 개발

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

시설원에 기술의 발전과 더불어 농업에서 첨단 재배기술이라 하면 농업기술혁신의 총아인 식물공장이라 할 수 있다. 농업과 생물공학에서 이루어진 생물학적 지식은 식물의 대량 생산시스템인 ‘식물공장’에서 계획적인 생산공정을 거쳐 원예작물을 생산하는 차세대 농업생산 시스템으로서 사회적으로도 큰 기대를 모으고 있다. 이러한 첨단 기술은 주변 학문에 미치는 파급효과도 크기 때문에 선진국을 중심으로 하여 연구가 진행되어 왔고 실용화 되어가고 있는 실정이다.

그러나 그동안 자연 환경 하에서 재배하던 경험과 시설 내에서 환경을 제어하면서 이루어놓은 농업기술은 어느 정도 필요한 수준에서 집대성되어 있으나 장미 식물공장 시스템과 같은 새로운 분야 연구는 유럽 일부 국가에서 최근 들어서 시도되고 있는 정도다. 따라서 장미 공장 시스템과 더불어 작물에 적합한 환경을 인위적인 환경제어를 통해 최적의 환경제어기술과 작물재배 기술 개발은 화훼 작물의 공장생산시스템으로의 전환에 획기적인 전기가 될 수 있을 것이다.

본 과제에서는 장미 공장시스템과 같은 폐쇄된 환경 하에서 장미 생산과 관련된 기술개발에 역점을 두고 수행하였던 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

가. 장미 공장생산시스템 개발

- 장미 공장생산시스템의 모델 설정
- 장미 공장생산시스템의 설계 및 제작
- 장미 공장생산시스템의 수경재배 시스템 개발
- 장미 공장생산시스템의 인공광원 및 조명기술
- 장미 공장생산시스템의 경제성 및 실용화 경제성

나. 장미 공장생산시스템에 적합한 품종 선발

- 공장시스템에 적합한 장미 계통별 적품종 선발 및 식물공장의 환경적응력이 높은 품종선발(대륜계 140종, 중륜계 40종, 스프레이계 20종)

다. 장미 공장생산시스템의 최적 환경제어 기술 개발

- 동계 절화 생산성 향상을 위한 보광기술 개발
- 순환식 최적 배양액 개발
- 생육단계별 배양액 관리 기술
- 지상부 환경의 최적 제어 기술 개발
- 지하부 환경의 최적 제어 기술 개발
- 생육단계별 급액 제어 기술 개발
- 순환식 배양액 내 최적 이온제어 기술 개발

라. 장미 공장생산시스템형 고도 생산기술 개발

- 공장 생산용 묘 생산기술 체계화
- 재절화기술 확립을 위한 채화절위별 재생력 평가
- 공장생산시스템의 수확횟수 구명

2. 활용에 대한 건의

- 한국형 식물공장 생산 시스템의 해외보급 또는 수출
- 원예 작물의 공장적 생산 방식과 생산 시스템의 연구개발 활성화 유도
- GR에 대비한 새로운 생산시스템으로 활용
- 농가, 연구단체 및 관련 시설원예 산업에서 결과 활용 및 파급 효과
- 재배 농가에 공장적 생산 방식과 시스템의 단계적 도입 계획 지원
- 국내 관련 기업체로의 기술 이전을 통한 민간기업 식물공장 연구 유도
- 고부가가치의 균일한 절화 생산에 적용 가능
- 연구 결과를 국제학회 및 국내학회 발표를 통한 학문 발전에 기여
- 연구개발된 최적 환경제어기술과 배양액 관리시스템의 교육 및 연구시설로의 활용
- 미래에 전개되는 우주농업 연구의 기초자료 제공

그 동안 국내에서 실질적인 식물공장 시스템과 작물재배 기술개발은 서울시립대학과 농업기계화 연구소에서 일부 연구 외에는 거의 없었다.

본 과제를 수행하면서 만들어진 식물공장 시스템을 활용할 수 있는 기초 및 응용연구와 실제 운영 과정에서 연구된 많은 결과들은 앞으로 국내 식물생산 시스템을 한 단계 높이는데 필요한 기술로써 사용할 수 있으리라 본다. 또한 21C 생물공학 및 원예산업의 발전은 결국 인위적인 환경 제어하에서 공간활용을 극대화하고 시설 내 작업은 자동화, 기계화된 시설 내에서 이루어질 수밖에 없을 것이다.

이런 점을 감안하여 본 과제의 연구결과를 효율적으로 이용하기 위한 방안은 다음과 같다.

- ①연구결과 중 산업재산권이 가능한 중요한 것들은 특허출원하고 산업체에서 유상으로 활용할 수 있도록 한다.
- ②식물공장과 관련이 있는 정부 산하 연구기관 및 산업체에 연구결과를 무상 또는 유상으로 기술이전 하도록 한다.
- ③식물공장과 관련된 연구결과를 연구기관, 생산자 단체, 학회 등에서 심포지움 및 세미나를 통해서 그 중요성을 알리고 활용할 수 있도록 한다.
- ④연구결과 보고서를 관련기관 및 개인 수요자에게 배부한다.
- ⑤시설원예, 수경재배, 조직배양, 묘생산 농가를 대상으로 필요한 교육을 주기적으로 실시한다.
- ⑥국제학회, 한국원예학회, 생물생산환경조절학회 등에 연구결과를 발표하여 많은 연구자들에게 알린다.
- ⑦가능한 2~3년 내에 관련연구 내용을 중심으로 “원예작물 공장생산”라는 실용서와 “신고 시설원예” 교과서 편찬 시(2003년 12월) 자료를 충분히 활용하여 다음 세대를 책임질 젊은 학생들에게 21C 첨단 학문분야를 준비하도록 한다.

SUMMARY

I. Title

Development of Plant Factory System and Production Technology of Rose

II. Outline of Research

Plant factory is a new plant production system that enables high quality, year-round and planned production by controlling the environment.

The objective of this research were to development of plant system and production technology in rose plant factory.

Sub-subject	Content of R&D
Development of rose plant factory system	①Design and manufacture of rose plant factory ②Development of hydroponic system for rose plant factory ③Development of supplemental lighting technique for production of high quality cut flower ④Development of automatic control system for rose plant factory
The selection of suitable roses variety for plant factory production.	①The selection of proper cultivar for rose production in plant factory ②The study on adaptability for high density cultivate at rose plant factory
Development of controlling system for optimal environment in rose plant factory	①Development of optimal nutrient solution for single-stemmed rose ②Determination of optimal root environment ③Determination of optimal aerial environment ④Controlling technique of nutrient solution

III. Results of Research and Development

1. Design and manufacture of rose plant factory

This study was carried out to develop of plant factory and production system of rose. The rose factory system with 48m² (4m×12m) of production-line consists of frame set, transportation system, transfer conveyors, irrigation system and control system.

Table 1. Rose plant factory system

Composition	Component
Frame set	Aluminum (30×30, 30×60, 30×90mm)
Transportation system	Air regulator, Limit switch, Cylinder sensor, Lift Cylinder, Guide motor, Proximity sensor
Transfer conveyor	Guide roller, Chain conveyer motor, Proximity sensor, Gear, Coupler
Irrigation system	20mm PE pipe, filter (120mesh), Pump, Tank, Mist nozzle
Control system	PC, Relay, Digital IO card, UPS

2. Development of hydroponic system for rose plant factory

This study was conducted to determine the optimum substrate and hydroponic system for pre- and post- transplanting in a rose plant factory.

Shoot initiation rate was higher in nutrient film technique(NFT) and ebb & flow system than in polyester mat system, and mortality was highest in polyester mat system. Plant growth in vermiculite, rockwool cube, granulated rockwool and

perlite + vermiculite showed higher shoot initiation rate than those grown in other substrate. Photosynthesis and transpiration rate were also higher in plant grown in substrate in which plant showed higher shoot initiation rate. Mortality was higher in plant grown in peatmoss, perlite and perlite + granulated rockwool.

It was found that shoot initiation rate and mortality was affected by water content of substrate. Plant grown in perlite and perlite + granulated rockwool which containing water below 65% and peatmoss which containing water above 90%, showed lower shoot initiation rate and higher mortality.

Growth and days to visible flower bud and anthesis after transplanting were not different significantly by hydroponic system. Days to visible flower bud and anthesis were also not different significantly by substrate except peatmoss. Plant grown in peatmoss required more days to visible flower bud and anthesis and plant growth rate was lower in peatmoss. After transplanting, plant growth rate was less affected by water content of substrate than before transplanting. But in peatmoss, plant root didn't develop normally because of low air space.

3. Growth responses of single-stemmed rose in different plant factory system.

Single-stemmed rose was grown in two plant factory system (closed plant factory with artificial lighting, plant factory with natural and artificial lighting) and glasshouse. The treatment condition were 16/8h (day/night), 60~80% (RH) and 1500~2000mg · L⁻¹ (CO₂) in closed plant factory with artificial lighting (metal halide + high pressure sodium lamp), 16/8h (day/night), 60~80% (RH) in plant factory with natural and artificial lighting (high pressure sodium lamp) and natural lighting in glasshouse. The plant factory systems provided plant with greater, stem length, stem diameter and dry weight without statistically significant differences in two system. Generally, among the three different systems, the growth and quality of single-stemmed rose were highest in closed plant factory , while there was the lowest growth in the a glasshouse.

4. Development of supplemental lighting technique for production high-quality cut flower

This experiment was conducted to find out the effect of artificial light source (high pressure sodium lamp, metal halide, and fluorescent lamp) on growth of single-stemmed rose in rose plant factory. Single-stemmed rose grown in HSP (high pressure sodium lamp) and HPS + MH (metal halide) light showed the best growth in fresh weight, dry weight and flower length. Single-stemmed rose grown under fluorescent lamp showed the lowest growth considering the growth of single-stemmed rose and efficiency of lamp it is worth using HPS lamp in rose plant factory.

5. The selection of suitable roses variety for plant factory production.

For selection of proper cultivars for rose production in plant factory, large flower size 277 varieties, medium flower size 138 varieties and spray flower 85 varieties were investigated. According to growing season, varieties, rooting rate of which was more than 95%, was 71~80 %. Therefore, rooting rate appeared high comparatively regardless of season. Days to shooting was various, from 15 days to 29 days, and days to shooting of medium flower size rose was shortest, and then those of spray flower and large flower size were orderly increasing. Days to flowering is various according to cutting time as that rate of variety which flowered within 50 days were 42.8%, 49.0% and 99.8% in first, second and third season respectively, and days to flowering of spray is short comparatively. There are difference in cut flower length between variety, and growing seasons pedigree, and cut flower length increased in order of Vital > Move Star > John Bright > Collect0110 in large flower size, Gold Mary > Denides > Eskimo > 95-10299 in medium flower size and Sentina > Princes > Truit Mimi > Scarlet Mimi in spray flower. Most varieties had weak resistance in field for powdery mildew

The proper variety were John Bright, Vital, Move Star, Collect110, Collect33,

Collect51, Dalas, Osiana, and 95-03791, in large flower size, 95-10299, 95-07861, Sweet Honey, Aferift, Collect0124, 93-3403, Espanish Sun in medium flower size and Mascarasd, Princes, Truit Mimi, Scarlet Mimi and Morning Star in spray flower, in considering condition for rose production in plant factory such as length of cut flower, days to flowering, adaptability for high density culture, propagation potential by cutting, vigorous growth in nursery plant stage, plant resistance and adaptability for hydroponics.

The days to flowering was faster to three days in second flowering by recutting than first flowering, but cut flower length and quality were not affected by planting density. The vase life showed various result, which were from 2 to 12 days, and vase life of Joseph Skirt was longest as 12 days.

In the result of examination for superior cultivars, quality of cut flower showed various characteristics. Therefore, it is necessary to develop proper cultivation for each variety because of the growth difference of rose variety and pedigree at growing condition

6. Development of optimal nutrient solution for single-stemmed rose

The objective of this study was to develop optimum nutrient solution for single-stemmed rose in a factory system. To develop a nutrient solution for single-stemmed rose in a plant factory, rose plant (*Rosa hybrida* L.) cultivar 'Red velvet' was grown in the greenhouse from February 10, 2001 to March 24, 2001. The plants were grown by aeroponics and ebb & flood for the study and were irrigated with the nutrient solution of National Horticulture Research Station of Japan ($\text{NO}_3\text{-N}$ 16.0, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.3, $\text{PO}_4\text{-P}$ 4.0, K 8.0, Ca 4.0, Mg 4.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$). Electrical conductivity (EC) levels of the nutrient solution were adjusted to 0.9 (1/3 S; strength), 1.2 (1/2 S), 2.3 (1 S) and 3.7 (3/2 S) $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ for this study, with the pH levels of 5.5 ± 1.5 . All of the nutrient solutions at 1/2 S in both aeroponics and ebb & flood were more stable than other concentrations, and the

EC and pH at 1/2 S kept balance compared to other concentrations although there was not significant differences on the growth in the different concentrations. As the result, concentrations of nutrient solution at 1/2 S ($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, P 2.0, K 4.8, Ca 4.0, Mg $2.0 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$ in aeroponics and $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.9, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.73, P 2.2, K 4.8, Ca 4.1, Mg $1.7 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$ in ebb & flood) might be good for single-stemmed rose to grow in a plant factory.

To examine the suitability of the nutrient solution developed by nutrient-water (n/w) absorption ratio in the above experiment, 'Red Velvet' roses were grown in both aeroponics and ebb & flood from April, 23. 2001 to May 28, 2001 with different solutions and concentrations: The nutrient solution of Research Station for Greenhouse Vegetable and Floriculture of the Netherlands (PBG) of 1 S, the nutrient solutions developed in the above experiment (UOS) of 1/2 S, 1 S and 2 S.

Overall, the growth of single-stemmed rose grown in the nutrient solutions at 1 S of UOS was better than other treatments between aeroponics and ebb & flood. Especially, the growth of the single-stemmed rose in the concentration at 1 S in UOS was better than other treatments for stem length and number of five-leaflet leaves between aeroponics and ebb & flood. Consequently, even though the plant growth season of the first experiment and the second experiment was different, the nutrient solutions at 1 S of UOS ($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, P 2.0, K 4.8, Ca 4.0, Mg $2.0 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$ in aeroponics and $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.9, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.73, P 2.2, K 4.8, Ca 4.1, Mg $1.7 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$ in ebb & flood) might be optimum for single-stemmed rose in a plant factory.

7. Determination of optimal root environment

This study was conducted to determine optimum root zone environment conditions such as electrical conductivity (EC), pH, temperature and dissolved oxygen (DO) of nutrient solution in single-stemmed rose production.

The growth and quality of the single-stemmed rose were not significantly

different from each other with the EC of the nutrient solutions $1.0\sim 3.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, which resulted in concluding high concentration of the nutrient solutions were not necessary. The optimum range of the EC for single-stemmed rose was $1.5\sim 2.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ considering plant growth, photosynthetic and transpiration rates.

The optimum range of the pH good plant growth without any visible physiological disorder was $4.0\sim 6.0$. Therefore, to keep the pH of the nutrient solution for rose low compared to other plants was beneficial for plant growth and uptake of the mineral ions.

The DO level in the nutrient solution influenced the physiological reaction of the rose. The beneficial effect of the concentration of the DO in the nutrient solution was in the order of 15, 20 and $11 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

The optimum temperature of the nutrient solution for growth, photosynthetic and transpiration rates for 'Red Velvet' was $15\sim 20^\circ\text{C}$. Whereas the optimum temperature for 'Vital' was $10\sim 15^\circ\text{C}$ with almost no growth at 30°C , resulting in concluding the adaptation of 'Vital' to high temperature was poor in comparison with 'Red Velvet'.

Based on the results the study, it is possible to control root zone of a single-stemmed rose factory and to produce year-round, planned and mass production of casual flower efficiently.

8. Determination of optimal aerial environment

This study was conducted to determine optimum aerial environments for single-stemmed rose in rose plant factory.

Optimum aerial environments were determined to be $> 500\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for photosynthetic photon flux density (PPFD), $27/17^\circ\text{C}$ or $24/14^\circ\text{C}$ (day/night) for air temperature, $> 60\%$ for relative humidity (RH) and $700\pm 100\text{ppm}$ for CO_2 concentration. and $1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ air velocity

9. Controlling technique of nutrient solution

This study was conducted to determine nutrient management system for single-stemmed rose culture in rose factory. Nutrient solution was managed by 5 different control methods; macro and micro elements control (M&M), macro elements control (M), nutrient solution supplement control (S), EC control in aeroponics (EC-A), EC control in DFT (EC-D). Photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency, root activity and growth were higher in mineral nutrient control system than the others. Changes of pH, EC and mineral nutrient concentration in nutrient solution were most stable in mineral nutrient control system. As a result, it is more desirable for single-stemmed rose production through mineral nutrient control to maintain optimum root environment in economic and environmental aspects.

10. Development of irrigation control system in rose factory

This study was conducted to determine the effect of irrigation control by timer and integrated solar radiation on the growth of single-stemmed rose. The frequency of irrigation was controlled by time clock (15min/30min, 15min/1hr, 15min/2hr, 24hr, 30sec/15min, 1min/15min, 2min/15min) and integrated solar radiation ($0.42, 0.84, 1.26 \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) in aeroponics system. The growth of single-stemmed rose was the highest in 15min/1hr, 30sec/15min of time clock and $0.84 \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ of integrated solar radiation.

11. Development of Controlling System for Optimal Environment in Rose Plant Factory

For single-stemmed roses of rose plant factory system, single node cuttings were estimated in different levels of growth stage of mother plants for cutting, node position for cutting, and leaf area of cuttings. Among the three treatments, leaf area affected most to rooting and shooting of single node cuttings and

marketable qualities of flowering shoots from the cuttings. Following leaf area, effect of node position for cutting on flowering shoot qualities increased to the base of mother shoot. The optimal cuttings for more qualified flowers from single node cuttings should be selected on the fourth to the sixth node from the top node with fully unfolded 5 leaflets according to the results of these experiments.

Optimal plant density of single node cuttings for rose plant factory system seemed 7.5×7.5cm until visual bud initiation when leaf area index of single node cuttings reach about 1, after then did 7.5×15cm respectively.

For recycling the used cuttings, it was most in benefit to cut primary flowering shoots from single node cuttings leaving three 5 leaflets only. It would be possible to recycle the cuttings three or four times economically. However the times of recycling them should depend on a producing system and controlled environments condition of the system.

Therefore at last year, to improve flowering qualities of single node cuttings, effects of light intensity and length and concentration of nutrient solutions for cuttings were estimated on the environment-controlled growth cabinets. The total light energy to plant accelerated fast flowering and high qualities of flowers regardless of light intensity or light length. These acceleration by light energy increased more with high concentration in nutrient solutions: EC 0.7 dS · m⁻¹ to EC 2.1 dS · m⁻¹. Radiation use efficiency of 0.446 in EC 0.7 dS · m⁻¹ rose 0.521 in EC 2.1 dS · m⁻¹, which means that nutrient concentration as one of limiting factors to improve cut flower quality. From the comparing of two producing systems with different irrigation methods, an ebb and flow irrigation system more effective on cut flower production with single node cuttings than deep flow technique system (DFT). Especially a plant density of 15×15cm was more efficient in this system than that of 7.5×15cm.

CONTENTS

Chapter I. Introduction	
1. Objectives and Necessity of Research	22
2. Contents and Scopes of Research	24
Chapter II. Status of Research and Development in Rose Plant Factory	25
Chapter III. Results and Discussion	
1. Development of Manufacturing Technique	28
2. Selection of Suitable Variety for Rose Plant Factory	112
3. Development of Controlling System for Optimal Environment in Rose Plant Factory	150
4. Development of Hight Quality Production Technique for Rose Plant Factory	277
Chapter IV. Achievement of Goal and Contribution	331
Chapter V. Master Plan of Research and Development Results	333
Chapter VI. Oversea Science and Technology in Information	334
Chapter VII. Reference	353
Appendix	366

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	
제 1 절 연구 개발의 필요성	22
제 2 절 연구 개발의 목적과 범위	24
제 2 장 국내외 기술개발 현황	25
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	
제 1 절 장미 공장생산시스템 개발	
1. 장미 공장생산시스템의 모델설정	
가. 장미 공장생산시스템의 모델설정	28
나. 장미 공장생산시스템 내 생산라인의 배치 모델	31
2. 장미 공장생산시스템의 수경재배 시스템 개발	
가. 재료 및 방법	32
나. 결과 및 고찰	35
3. 장미 공장생산시스템의 설계 및 제작	
가. 장미 공장생산시스템의 설계	63
나. 장미 공장생산시스템의 제작	67
4. 장미 공장생산시스템의 인공광원 및 조명기술	
가. 재료 및 방법	98
나. 결과 및 고찰	99
5. 장미 공장생산시스템의 경제성 및 실용화	
가. 장미 공장생산 시스템의 실용화	102
나. 장미 식물공장 single-stemmed 장미의 생산 수익성	105
6. 적요	110

제 2 절 장미 공장생산시스템에 적합한 품종 선발	
1. 장미 공장생산시스템에 적합한 장미 계통별 적품종 선발	
가. 재료 및 방법	112
나. 결과 및 고찰	124
2. 재배경과 년수별 밀식 적응성 구명	
가. 재료 및 방법	144
나. 결과 및 고찰	144
3. 적요	148
제 3 절 장미 공장생산시스템의 최적 환경제어 기술 개발	
1. 동계 절화 생산성 향상을 위한 보광기술 개발	
가. 재료 및 방법	150
나. 결과 및 고찰	151
2. 순환식 최적 배양액 개발	
가. 재료 및 방법	153
나. 결과 및 고찰	156
3. 생육단계별 배양액 관리기술 개발	
가. 재료 및 방법	185
나. 결과 및 고찰	186
4. 지하부 환경의 최적 제어기술 개발	
가. 재료 및 방법	205
나. 결과 및 고찰	208
5. 지상부 환경의 최적 제어기술 개발	
가. 재료 및 방법	224
나. 결과 및 고찰	227
6. 생육단계별 급액 제어기술 개발	
가. 재료 및 방법	245
나. 결과 및 고찰	247

7. 순환식 배양액 내 최적 이온 제어기술 개발	
가. 재료 및 방법	253
나. 결과 및 고찰	255
8. 장기 공장생산 시스템내 환경제어 체계화	
가. 재료 및 방법	264
나. 결과 및 고찰	265
9. 적요	275
제 4 절 장미 공장생산시스템형 고도 생산기술 개발	
1. 공장생산용 묘 생산기술 체계화	
가. 재료 및 방법	277
나. 결과 및 고찰	279
2. 묘 생산단계별 적정 재식 밀도 확립	
가. 일별 SNC 성장변화 특성	291
나. 2차 개화시 재식 간격별 SNC 개화반응	295
3. 재절화기술 확립을 위한 체화절위별 재생력 평가	
가. 재료 및 방법	297
나. 결과 및 고찰	298
4. 공장생산시스템에서의 수확 횟수 구명	
가. 재료 및 방법	305
나. 결과 및 고찰	307
5. 생산성 극대화 종합 재배기술 체계 확립	
가. 재료 및 방법	313
나. 결과 및 고찰	316
6. 적요	329
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	
1. 연구개발 목표의 달성도	331
2. 관련분야에서의 기여도	332

제 5 장 연구개발결과의 활용계획	333
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	334
제 7 장 참고문헌	353
부 록	366
Appendix I. 장미 식물공장 시스템 프로그램	366

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구 개발의 필요성

(1) 기술적 측면

- 현재 생산환경에서는 장미의 생산 능력이 한계점 도달함
- 장미 생산성, 환경, 에너지 및 작업환경의 자동화를 동시에 해결할 수 있는 21세기형 작물 고도생산시스템 개발의 필요성
- 장미 생산성과 품질의 비약적인 향상을 위한 고도 기술집약형 생산 체계화가 필요함
- 국민 대부분이 저렴한 가격에 이용할 수 있는 casual flower에 대한 수요가 선진국을 중심으로 급증하고 있음(일본에서 수입을 강력히 원하고 있음)
- 국제 경쟁력을 확보하기 위한 높은 생산성과 가격 경쟁력을 갖출 수 있는 생산 시스템의 개발이 필요함

(2) 경제적·산업적 측면

- 연중 안정적으로 장미를 대량 생산하여 국제경쟁력 향상
- 농가의 공장 생산 참여는 농외소득 증대효과와 동일시 볼 수 있음
- 장미 절화 수급의 다양화 추세에 부응한 생산방식이 필요함
- 장미 절화의 연중 안정 생산 공급으로 시장경제활성화 및 안정화
- 장미 공장생산시스템 개발에 의한 수입대체효과
- 수확, 선별, 포장 시스템 개선을 통한 부가가치 증대
- 계획적 공장 생산방식에 의한 수급안정 및 가격 안정 도모
- 경쟁력 있는 casual flower의 수출 산업화(수출업체에서 강력히 요구 중)
- 우리환경에 맞는 독자적인 첨단 공장생산시스템을 자체 개발함으로써 시설원예 산업의 국제 경쟁력강화

(3) 사회적인 측면

- 오염원의 철저한 차단으로 환경친화적 장미 생산공급
- 연중 안정적으로 casual flower 공급으로 수요 충족 및 수출
- 새로운 생산방식에 의한 과학영농의식 고취로 차세대 농민에 대한 희망과 자신감 부여
- 노동생산성의 획기적 향상으로 농촌노동력 부족의 근원적 해소 필요
- 발전된 전자, 기계산업기술의 농업생산에서 활용은 시대적 요구임
- 공장적 기계화, 자동화, 생산방식의 의한 노동력 절감
- 자동화 공장생산 방식에 의한 고품질 장미를 생산, 공급함으로써 국민에게 농업의 첨단산업 이미지를 심어줌

제 2절 연구 개발의 목적과 범위

공장형 장미 생산기술 및 시스템 개발 과제에서 수행한 주요 연구내용 및 범위를 요약하면 다음과 같다.

세 부 과 제	연 구 내 용
1. 장미 공장생산시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 장미 공장생산시스템의 모델 설정 - 장미 공장생산시스템의 양액 재배시스템 개발 - 장미 공장생산시스템의 설계 및 제작 - 장미 공장생산시스템의 인공광원 및 조명기술 - 장미 공장생산시스템의 경제성 및 실용화
2. 장미 공장생산시스템에 적합한 품종 선발	<ul style="list-style-type: none"> - 공장시스템에 적합한 장미 계통별 적품종 선발 (대형계 14종, 중형계 40종, 스프레이계 20종) - 식물공장의 환경적응력이 높은 품종선발 - 공장시스템에 적합한 장미 계통별 적품종 선발 (대형계 200종, 중형계 80종, 스프레이계 20종) - 식물공장에서 생산성과 품질이 우수한 품종선발 - 식물공장 전용품종 개발 및 재료선발 - 재배경과 연수별 밀식적응성, 품질 및 수량성 구명
3. 장미 공장생산시스템의 최적환경 제어 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 동계 절화 생산성향상을 위한 보광기술 개발 - 순환식 최적 배양액 개발 - 생육단계별 배양액 관리 기술 - 지하부환경의 최적 제어 기술 개발 - 생육단계별 급액 제어 기술 개발 - 순환식 배양액 내 최적 이온 제어 기술 개발 - 장기 공장생산 시스템 내 환경제어 체계화 - 재배환경과 배양액의 종합 관리기술 구축
4. 장미 공장생산시스템형 고도 생산기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산용 묘 생산기술 체계화 - 묘 생산단계별 적정 재식 밀도 확립 - 재절화기술 확립을 위한 체화절위별 채생력 평가 - 공장생산시스템에서의 수확 횟수 구명 - 생산성 극대화 종합 재배기술 체계 확립 - 공장생산 전용 품종별 최적 재배법 모델 개발

제 2장 국내외 기술개발 현황

장미는 세계 3대 절화 중 하나이며, 국제 기호성이 커서 1992년 이후 유리온실의 보급과 유통지원 사업의 확대로 국내 재배면적이 급격히 증가되어 2002년말 현재 770.9ha에 이르고 있다. 장미 절화 생산량은 853백만본, 생산액은 1,679억원에 달하여 국내 화훼 전체 면적의 12.0%, 생산액의 21%를 차지하고 있다(농림부, 2002).

장미는 우리 나라 화훼 수출 중 IMF 이후부터 큰 비중을 차지하여 수출액은 1999년에 6,624천 달러, 2001년에 10,200천 달러로써 1992년 27천 달러보다 각각 245배, 378배 증가하였다(농림부, 2002). 주요 수출 대상국은 일본으로 장미 수출액의 95% 이상을 차지하고 있다(농수산물 유통공사, 2002). 이러한 절화 장미는 수경재배면적의 증가로 절화 장미의 생산성과 상품생산 기술이 향상되어 고품질의 절화를 생산할 수 있게되었다. 또한 주요 수출 대상국인 일본에서의 절화 장미 생산량이 제한적인데 비해 소비량이 매년 증가하여 우리 나라에 대한 절화 장미의 수입의존도가 점점 늘어나고 있다. 최근 국내 절화 장미가 일본시장에서 품질을 인정받고 있어 국내·외적인 여건을 고려해 볼 때 절화 장미의 수출전망은 밝다고 할 수 있다. 그러나 다른 나라와의 수출경쟁력 확보를 위한 품질향상과 생산단가 인하가 시급한 실정이다.

근래 저렴한 가격에 이용할 수 있는 casual flower에 대한 수요가 선진국을 중심으로 급증하고 있으며, 특히 일본에서 수입을 강력히 원하고 있는 실정이나 이에 대한 생산과 연구는 이루어지지 않고 있다. 따라서 노동집약적인 장미 생산체계는 기술 집약적인 공장생산체계로의 전환이 절실히 요구되고 있으나 이를 위한 관련기술과 시스템이 아직 취약한 실정이다. 또한 제한된 재배 면적, 부적합한 재배 환경, 인건비 상승과 농업에 대한 기피 인식 등이 소비자의 수요 욕구를 만족시킬 수 없기 때문에 식물 생산을 자동화 할 수 있는 공장적 생산방식으로서의 전환이 필연적이다.

시설원예 기술의 발전과 더불어 농업에서 첨단 재배기술이라 하면 농업기술혁신의 총아인 식물공장이라 할 수 있다. 농업과 생물공학에서 이루어진 생물학적 지식은 식물의 대량생산 시스템인 식물공장에서 계획적인 생산공정을 거쳐 생산하는 차세대 농업생산 시스템으로서 사회적으로도 큰 기대를 모으고 있다.

식물공장이란 재배시설 내에서 최적 재배환경을 유지하면서 연중 균일한 품질의 식

물을 자동 생산할 수 있는 시스템 또는 고도의 환경제어로 식물을 주년 생산하는 시스템이라 할 수 있다(Park과 Kim, 1999). 즉 식물공장과 같은 고도 환경제어형 시설 재배는 작물의 생육 장애 요인을 제거함으로써 생산성을 향상시키고, 품질 향상, 상품의 균일화 및 계획생산을 이루기 위한 것이다. 그러나 화훼작물을 대상으로 한 식물공장에 관련된 연구는 기본설계수준에 머물고 있는 상태이다(Weel, 1996).

장미 재배에 있어 이러한 식물공장 시스템에 적합한 재배방식으로는 single-stemmed rose 방식이 있다. 이는 짧은 재배기간에 단위면적당 균일한 장미를 더 많이 생산할 수 있는 장점을 갖는다(Anderson, 1990; Bredmose and Hansen, 1996a; Bredmose and Hansen, 1996b; de Vries et al., 1997; Stoltz and Anderson, 1988; van Weel, 1996). 따라서 장미 생산의 자동화를 위해서는 포트를 이용한 single-stemmed rose 재배방식이 필수적이다.

이러한 single-stemmed rose에 관한 연구는 Bredmose와 Hansen(1996)이 삼수의 채취위치가 생육과 개화에 미치는 영향과, 또한 광량과 재식밀도에 따른 생육에 대한 연구를 하였다. 공장형 장미 생산기술 관련 연구의 현황과 문제점을 요약하면 다음과 같다.

- 기존 시설원예산업에서 장미의 생산성 향상에 필요한 생산기술이 한계점에 도달하고 있음
- 현재 장미생산이 노동집약적인 체계이므로 이를 기술 집약적인 공장 생산체계로 전환이 필요하나 관련기술과 시스템이 아직 취약한 상태임
- 국내에서 엽채류에 대한 공장시스템과 양액관리 자동화체계가 확립되어가고 있으나 생산체계가 다른 장미 등에서 사용할 수 없고 이에 대한 연구도 시도되지 않고 있음
- 농업노동력 부족과 노동기피에 대처 할 수 있는 생력화된 장미 공장생산체계 도입이 필요한 상황임
- 국내 장미 생산체계는 일본과 서구의 자본, 기술집약형을 목표로 발전시키고 있으나 기술의 모방 상태를 벗어나지 못하고 있음
- 장미소비의 다양화, 기능화, 고급화에 따른 소비자의 기호에 맞는 다양한 장미를 안정적 계획생산기술의 필요성이 증대되고 있음

- 장미 생산성이 선진국에 비해서 낮음
 - 한국 ▷ 400-420본/m²
- 장미 생산기술은 국내가 토양재배 70%, 수경재배 30%이나 화란은 토양재배 10%, 수경재배 90% 이며 장미 식물공장에 대한 생산기술연구가 이루어지고 있음
- 장미생산환경이 적합하지 않아 국내생산성과 품질이 낮다.
 - 한국 ▷ 태양광의존형 재배시스템
 - ▷ 에너지 절약형 환경제어 체계
 - (CO₂사용, 습도 및 적온관리가 이루어지지 않고 있음)
 - 화란 ▷ 인공광 + 태양광 병용형 생산시스템
 - ▷ 작물 생산성과 품질을 고려한 최적 환경제어시스템임
 - (CO₂사용, 적온관리, 보광, 적습관리, 기류속도유지 등)
- 외국(화란 : IMMAG, PBG)에서는 화훼작물의 공장생산시스템 연구가 활발하게 이루어지고 있음

제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 장미 공장생산시스템 개발

1. 장미 공장생산시스템의 모델설정

가. 장미 공장생산시스템의 모델설정

장미 생산용 식물공장 시스템은 기존의 엽채류 및 herb 생산용 식물공장과는 다른 형태의 생산시스템이 요구된다. 이에 알맞은 형태의 식물공장을 선정하기 위한 다양한 형태 재배시스템(육묘, 수경, 자동스페이싱, 이송관리 등)에 대해서 검토하여 시설비가 저렴하면서도 장미 생산성이 높은 형태를 검토하였다.

장미용 식물공장 시스템은 고가의 완전제어형 식물공장과 저가의 태양광 이용형 식물공장 보다는 운영비와 경제성이 중저가이면서 생산성이 극히 높은 인공광 병용형(태양광 병용형) 식물공장으로 1차 선정하는 것이 타당한 것으로 판단되었다(Table 1-1).

Table 1-1. Economical efficiency of plant factory for rose production.

System+light source	Working expenses	Productivity	Economical efficiency
Plant factory with artificial light	Very high	Very high	Medium
Plant factory with artificial and natural light	Medium-high	Very high	Very high
Plant factory with natural light	Low	Low	Medium

Table 1-2. Characteristics of production systems in rose factory.

Growing system	Space application	Cost	Productivity	Valuation
Intensive & movable	Very high	Very high	High	Medium
Horizontal & Movable	High	High	High	Very high
Intensive & fixed	Medium-high	High	Medium-high	Medium
Horizontal & fixed	Low	Low	Low	Low

인공광 병용형 식물공장의 재배장치별 특성을 평가한 결과 입체이동식은 공간활용과 생산성은 높으나 시설비용이 많이 든다. 그러나 평면 고정식과 입체 고정식은 경제성이 중저가로 나타나지만 생산성이 낮은 반면에 공간활용, 시설비, 생산성이 높은 평면 이동식으로 선정하는 것이 타당할 것으로 보였다. (Table 1-2) 장미 공장의 재배장치중 스페이싱은 체인 컨베이어식, 콘베이어 벨트식, 기계식 자동 스페이싱 등의 방법들을 모두 사용가능 할 것으로 보이며 이송장치는 가능한 선택하여 재배장치의 효율성을 높이는 것이 바람직 할 것으로 보인다. (Table 1-3)

Table 1-3. Automatic spacing and transfer device of production system in rose factory.

Automatic spacing	Transfer device	Cost	Valuation
Chain conveyor	○	Low	High
Conveyor belt	○	Low	High
Mechanical automatic spacing	○	Low	High

장미 식물공장의 재식판은 사각형, 원형, 재식판넬 중에서 재식 패널을 선택하는 것이 바람직 할 것으로 보이며 재식 판넬의 수지는 ABS 수지나 스티로폼이 사용가능 할 것으로 보였다. (Table 1-4)

Table 1-4. Planting channel and board of production system in rose factory.

Planting	Form	Resin	Valuation
Channel	Round	ABS	Poor
Channel	Rectangular	ABS	Good
Board	Squire panel	ABS	Very good
	Squire panel	Styrofoam	Very good

ABS : acrylnitril-butadien-styren-copolymer

재식판용 재배 포트는 원형 플라스틱 포트(φ4-6 cm), 암면 큐브, 피트모스 블록등이 사용가능할 것으로 판단되고 사용가능한 배지는 Coir, 질석, 입상면 등이 가능성이 높을 것으로 판단된다. (Table 1-5)

Table 1-5. Pot substrate of seedlings and transplanting system in rose factory.

Seedling pot	Substrate	Cost	Planting adaptation	Valuation
Round plastic	Coir	Low	very good	○
	Vermiculite	Medium	very good	○
	Perlite	Medium	poor	×
	Rockwool granulate	Medium	very good	○
	Peatmoss	Medium	poor	×
Rectangular plastic	Coir	Low	very good	△
	Vermiculite	Medium	very good	△
	Perlite	Medium	poor	×
	Rockwool granulate	Medium	very good	△
	Peatmoss	Medium	poor	×
Rockwool cube	Rockwool	High	very good	△
Organic block	peatmoss	Medium	good	×
	Coir	Low	good	△

나. 장미 공장 생산 시스템내 생산라인의 배치 모델

장미용 식물공장내 육묘, 정식, 수확, 선별 및 포장 및 저장실의 배치 양상은 이송라인을 갖추지 않는 경우 (Fig. 1-1) 이송라인을 갖추는 경우 (Fig. 1-2)를 상정하여 1ha 규모로 그림처럼 모델화 해나갈 계획이다.

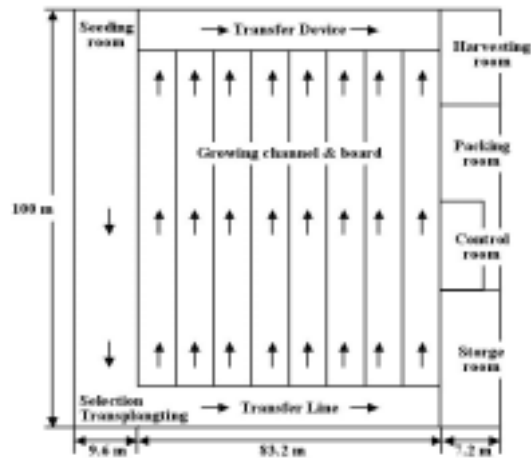


Fig. 1-1. 자동 spacing 시스템을 갖춘 장미공장 모델

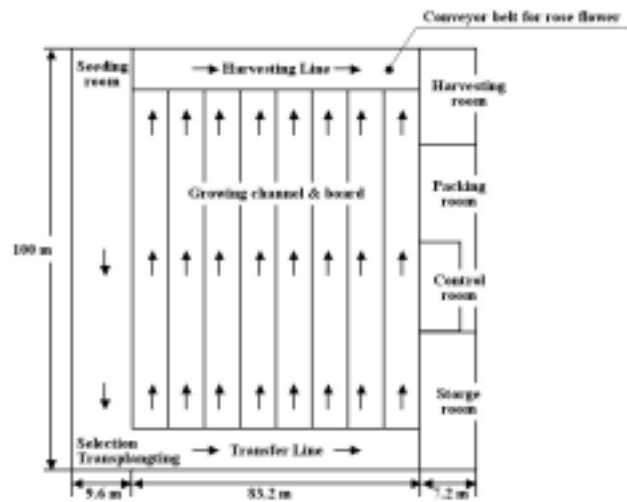


Fig. 1-2. 자동 spacing과 이송장치를 갖춘 장미 공장 모델

2. 장미 공장생산시스템의 수정배배 시스템 개발

가. 재료 및 방법

1) 육묘에 적합한 배지 및 수정배배 시스템 구명

가) 공시작물

2000년 6월 20일에 절화용 장미 품종인 'Cardinal'을 삽목하여 시험재료로 사용하였다. 삽수는 채화 가능한 정도로 꽃이 핀 충실한 줄기를 대상으로 액아가 발달하지 않은 5매잎 마디 중 정아로부터 아래로 2~4매디를 이용하였다. 발근을 촉진하기 위하여 합성오옥신으로 시판되고 있는 발근촉진제인 루톤(Rootone)을 처리하였다.

5잎 마디 위로 1cm, 아래로 3~4cm가 되게 자른 다음, 충분히 관수하여 함수물을 높인 배지에 2~3cm 정도 깊이로 삽목하였다.

나) 공시배지

자동화 시스템을 위한 적정배지 구명을 위하여 8가지 공시배로 사용한 배지는 펠라이트(삼손), 버미큘라이트(미성), 입상암면(서울암면), 암면큐브(그로단; 7.5×7.5×6.5), 코코피트, 피트모스를 단용한 것과, 혼합배지로는 펠라이트+버미큘라이트(7:3, v:v), 펠라이트+입상암면(7:3, v:v) 등이고, 포트(10×10 cm)에 균일하게 넣어서 사용하였다. 이들 배지는 사용 전에 물리성과 화학성을 조사하였다(Table 1-6, 1-7).

다) 배지의 물리성

배지의 물리성 조사는 가비중, 진비중, 공극률을 Gabriëls와 Verdonck(1991), Gabriëls 등(1993)의 조사 방법을 이용하였다.

(1) 진비중($g \cdot mL^{-1}$) 조사방법

시료를 100℃에서 14시간 건조시킨 후 건조기에 옮겨 냉각 후 칭량하고 전기로에서 700℃로 6시간 연소, 상온이 될 때까지 냉각 후 칭량하였다(Gabriëls and Verdonck, 1991).

$$C_p = \frac{1}{[Com/(100 \times 1550)] + [Cash/(100 \times 2650)]}$$

C_p (kg/m^3) = 진비중

Com = 유기물함량(%), Cash = 회분함량(%)

1550 = 유기물의 밀도, 2650 = 회분의 밀도

(2) 가비중($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) 조사방법

100 ml의 칭량병에 건조(풍건)한 배양토를 채우고 3~4회 다진 후 무게를 측정하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{가비중} = \frac{\text{건토의 무게(g)}}{\text{용기의 부피(mL)}}$$

(3) 공극률(%) 조사방법

위의 진비중과 가비중에 의해 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{공극률(\%)} = (1 - \text{가비중}/\text{진비중}) \times 100$$

라) 배지의 화학성

배지의 화학성으로는 pH, EC, $\text{PO}_4\text{-P}$, K, Ca, Mg 등을 농촌진흥청 토양화학분석법(1988)의 방법으로 조사하였다.

(1) pH와 EC 조사방법

시료 100ml의 칭량병에 넣고 증류수 500ml를 가한 후 1시간동안 진탕한 후 pH, EC meter로 측정하였다.

(2) 유효인산(ppm) 조사방법

1-amino-2-naphtol-4-sulfonic acid에 의한 몰리브덴(Mo) 靑法으로 침출하여 흡광광도계(Shimadzu, UV-Vis 2100) 720nm 파장에서 측정하였다.

(3) 치환성 양이온 조사방법

치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등은 암모늄 아세테이트 (pH 7.0)로 침출하여 원자 흡광분석기(Perkin Elmer 3100)를 이용하여 각 포장별로 무기 양이온 함량을 측정하였다.

마) 육묘에 적합한 배지 및 수경재배 시스템 구명

삼목한 'Cardinal'을 각 시스템별로 8개의 공시배지를 각 배지별로 10주씩 배치하여 2000년 6월 20일부터 7월 29일 까지 실험을 수행하였다. 공시시설로는 NFT (0.6×2.0m), Ebb & Flow(1.6×3.0m), 심지매트(Polyester mat; 1.6×3.0m) 등을 사용하였고, 각각의 시스템에 삼목 후 15일까지 45% 차광망을 설치하였다. 그리고 잎에서의 수분 증발을 억제하고, 엽온을 낮추기 위해 삼목 15일까지 흐린날을 제외하고 6시부터 18시까지 시간당 1분 간격으로 미스트 처리를 하였다.

배양액은 서울시립대 순환식 장미 배양액(NO₃-N 7.35, NH₄-N 0.92, PO₄-P 1.7, K 3.5, Ca 3.5, Mg 1.8, SO₄-S 1.8 me · L⁻¹; Fe 1.75, Cu 0.055, B 0.275, Mn 0.35, Zn 0.25, Mo 0.05 ppm)을 사용하여, 뿌리가 형성되지 않았던 삼목 15일까지는 원수(0.2 dS · m⁻¹)로 1일 2회, 15~20일까지는 0.8 dS · m⁻¹로 20일 이후에는 1.2 dS · m⁻¹로 1일 5회 공급하였고, pH는 5.5~6.0으로 관리하였다. EC는 휴대용 EC meter(TOA, CM-20E)로, pH는 휴대용 pH meter(TOA, HM-20E)를 사용하였다.

Bredmose(1998)의 방법에 따라 삼목 후 30~40일까지 5일 간격으로 신초의 발생수를 조사하였는데, 측아의 길이가 0.5 cm 이상인 것을 신초로 간주하였다.

삼목 후 45일 후에 신초발생과 고사된 주수를 조사하였고, 삼수로 쓰였던 줄기의 5매잎의 노화정도를 살펴보기 위하여 광합성과 증산량을 측정하였다. 광합성은 휴대용 광합성 측정기(Li-Cor, Li-6200)로, 증산량은 porometer(Li-Cor, Li-1600)를 사용하였다. 그리고 사용 후 배지의 물리성 · 화학성, 그리고 수분함량을 조사하였다.

2) 정식 후에 적합한 배지 및 수경재배 시스템 구명

삼목한 장미 품종 'Cardinal'은 Ebb & Flow에서 육묘실험과 동일한 환경조건에서

관리하여 사용하였다. 정식 후에 적합한 배지선발을 위하여 8가지의 공시배지에 2000년 7월 26일 정식하였고, 적합한 수경재배 시스템 구명을 위하여 NFT(0.6×2.0m), Ebb & Flow(1.6×3.0m), 담액형(DFT; 0.15×0.4×1.2m), 분무경(Aeroponic; 0.3×0.4×1.2m) 등을 이용하여, 각 시스템별로 8개의 공시배지를 각 배지별로 6주씩 배치하였다.

배양액은 서울시립대 순환식 장미 배양액을 사용하여 EC 1.4 dS · m⁻¹, pH 5.5~6.0으로 관리하였다.

처리 후 15일까지의 초기생육을 살펴보기 위하여 5일 마다 3회 신초의 초장과 경경을 조사하였고, 전반적인 생육 조사를 위하여 꽃눈이 처음으로 보였던 시기와 개화가 이루어진 시기에 생육을 조사하였다. 8가지 공시배지의 사용 전·후 물리·화학적 및 수분함량 변화의 측정은 실험이 끝난 후(2000년 9월 4일)에 실시하였다.

3) 삼수의 마디수가 생육에 미치는 영향

2000년 6월 20일에 절화장미인 'Cardinal' 품종을 입상암면으로 채워진 원형포트(8×7cm)에 삼목을 하였다. 삼목시 삼수의 마디를 1, 2, 3마디로 하였다. 수경재배 시스템으로는 Ebb & Flow(1.6×3.0m)를 이용하였으며, 발근시 환경조건 및 배양액 관리는 육묘실험과 동일하게 하였고, 신초 발달기에는 정식 후 실험과 동일하게 관리하였다. 삼수의 마디 수에 의한 생육의 변화를 살펴보기 위하여 꽃이 개화되었을 때 개화줄기의 생육을 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 육묘에 적합한 배지 및 수경재배 시스템 구명

사용하기 전 배지의 물리성으로는 가비중, 진비중, 공극률을 조사하였다. 가비중은 펠라이트·펠라이트+버미큘라이트·펠라이트+입상암면 등의 배지에서 0.22~0.23 g · cm⁻³으로 높았고, 무기물배지인 암면큐브와 유기물배지인 코코피트, 피트모스에서는 0.08~0.10 g · cm⁻³으로 낮았다. 진비중은 무기물배지에서는 2.55~2.64 g · cm⁻³ 정도

로 무기물배지의 1.58~ 1.63 g · cm⁻³ 보다 높았다. 공극률은 암면큐브가 96.83%로 가장 높았고, 펄라이트, 펄라이트 혼합배지, 그리고 코코피트에서 조금 낮았다(Table 1-6).

Table 1-6. Physical property of fresh substrate.

Substrate	Bulk density (g · cm ⁻³)	Particle density (g · cm ⁻³)	Pore space (%)
Perlite	0.22	2.62	91.60
Vermiculite	0.18	2.55	92.94
Per + Ver	0.23	2.62	91.22
Per + Rw	0.23	2.63	91.25
RW Cube	0.08	2.58	96.83
RW Gran.	0.17	2.64	93.56
Coir	0.10	1.63	91.87
Peatmoss	0.10	1.58	93.67

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3, v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-7. Chemical property of fresh substrate.

Substrate	pH	EC (dS · m ⁻¹)	PO ₄ -P (ppm)	K	Ca	Mg
				cmol · kg ⁻¹		
Perlite	7.04	0.04	8.50	0.17	0.47	0.13
Vermiculite	7.01	0.07	22.25	1.24	8.06	2.15
Per + Ver	7.04	0.06	16.50	0.37	2.30	1.00
Per + RW	7.60	0.07	19.00	0.16	1.21	0.35
RW Cube	7.42	0.05	21.00	1.29	0.91	3.37
RW Gran.	7.93	0.05	22.25	0.24	1.23	0.84
Peatmoss	4.35	0.08	17.50	0.28	3.61	5.48

pH, EC(substrate : water) = 1 : 5 (v:v),

RW = rockwool, Per+Ver = perlite+vermiculite (7:3, v:v)

Per+RW = perlite+granulated rockwool (7:3, v:v)

배지의 화학성으로는 배지의 pH · EC, PO₄-P, K, Ca, Mg 등을 조사하였다. 배지의

pH는 피트모스가 4.3로 가장 낮았으며, 입상암면, 암면큐브, 펠라이트 + 입상암면 등은 pH 7.42~7.93으로 높게 나타났다. EC는 코코피트에서 $0.19 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 펠라이트가 $0.04 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 전체적으로 유기물배지는 무기물배지보다 pH는 낮고, EC는 높았다(Table 1-7).

이상의 배지의 물리·화학적 특성은 이 등(1998, 2000)이 보고한 것과 수치적으로 조금의 차이는 있었으나, 그 경향은 유사하게 나타났다.

삼목한 장미는 삼목 7일 후부터 켈러스(Callus)의 형성이 이루어졌고, 15일 정도부터는 뿌리의 발생이 시작되었다. 뿌리가 형성되기 시작한 이 시기부터 차광망(45%)을 제거하고, 배양액(서울시립대 순환식 장미 배양액)을 공급하기 시작하였다. 그리고 이 시기까지 낮 동안 용토의 수분함량과 공중습도를 높이기 위해서 1시간에 1분씩 미스트를 처리하였다(Sang, 2000).

삼목한 장미의 뿌리 발생이 거의 완성되었고, 측아의 발생이 시작한 삼목 후 30일부터 5일 간격으로 신초가 발생된 식물을 조사한 결과는 Fig. 1-3 과 같다. 측아의 길이가 최소한 0.5 cm 이상인 것을 신초로 간주하였다(Bredmose, 1998).

수경재배 시스템별로 신초가 발생한 식물은 Ebb & Flow에서 가장 많았고, 심지매트에서 가장 적었다. 피트모스는 처리 40일까지 모든 수경재배 시스템에서 신초의 발생이 이루어지지 않았다.

NFT에서는 암면큐브·입상암면·코코피트·버미큘라이트·펠라이트+버미큘라이트 등의 배지에서, Ebb & Flow에서는 코코피트·암면큐브·입상암면·버미큘라이트·펠라이트+버미큘라이트·펠라이트+입상암면 등의 배지에서, 심지매트에서는 코코피트·버미큘라이트·펠라이트+버미큘라이트 등의 배지에서 신초의 발생이 양호하였다. 그러나 이들 배지 중에서도 신초가 발생된 식물수는 심지매트에서 가장 적었다.

신초 발생이 급격히 증가한 처리구는 NFT 에서 30~35일의 암면큐브, 35일 이후의 입상암면 등이었고, Ebb & Flow 에서 35일 이후의 코코피트였다. 따라서 묘의 균일성 측면에서는 짧은 기간동안 균일한 슈트가 발생한 것이 좋으므로, 이들 배지를 이용하는 것이 효율적이라고 생각된다.

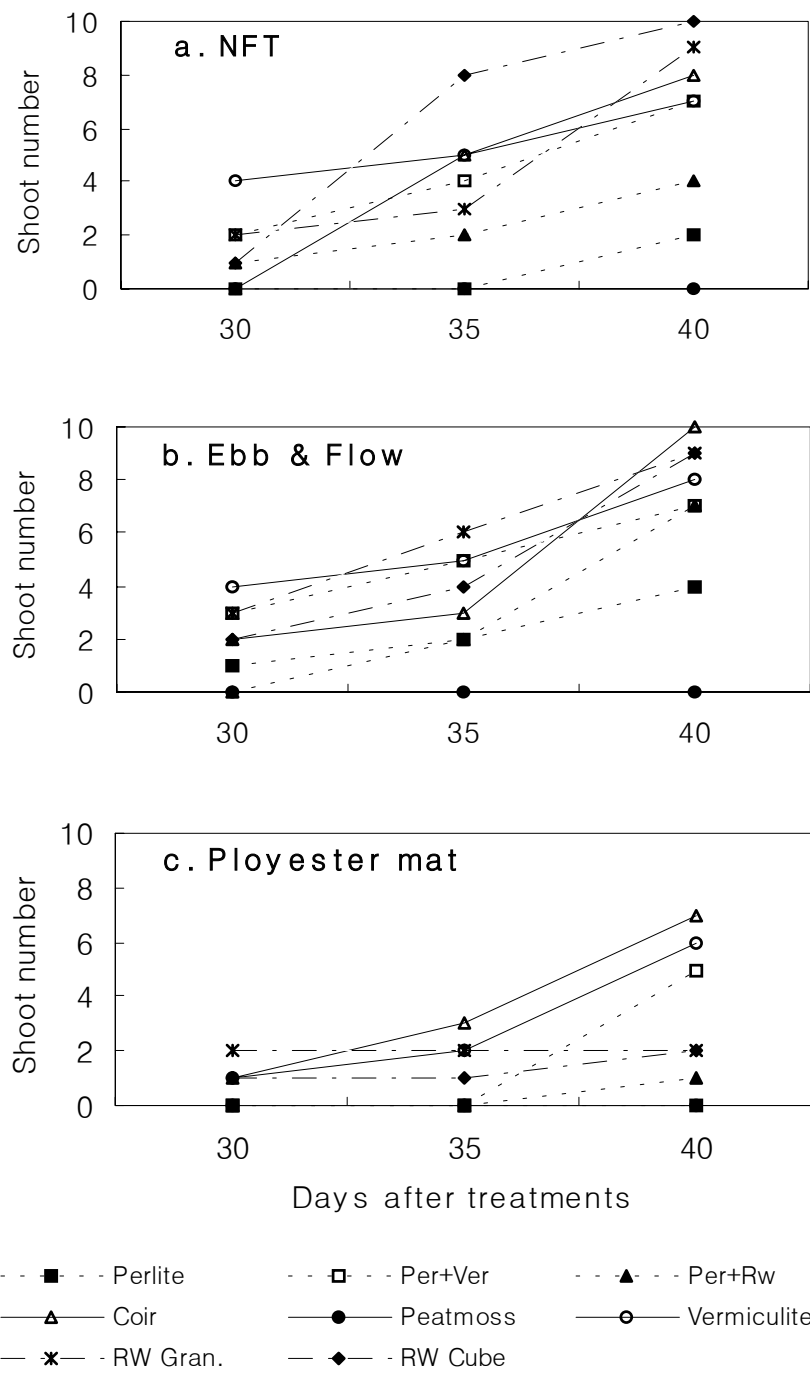


Fig. 1-3. Number of shoot for 45 days after treatment on hydroponic system.

삼목 45일 후에 슈트가 발생한 식물의 수와 고사율을 수경재배 시스템별로 조사한 결과는 Table 1-8 과 같다.

삼목 45일 후에 수경재배 시스템별로 신초가 발생한 식물은 Ebb & Flow와 NFT가 평균 59.2~67.5%로 많았고, 심지매트는 평균 20.0%로 적었다. 그리고 고사율은 반대로 심지매트가 56.7%로 NFT와 Ebb & Flow의 15.4~16.3%에 비해 3.6배 정도 높았다(Table 1-8).

Table 1-8. Effect of shoot initiation rate and mortality on hydroponic system at 45 days after cutting.

Hydroponic system	Shoot initiation rate (%)	Mortality (%)
NFT	59.2 a ^z	15.4 b
Ebb & Flow	67.5 a	16.3 b
Polyester mat	20.0 b	56.7 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

삼목 45일 후에 발생한 식물수와 고사율을 배지별로 조사한 결과는 Table 1-9 와 같다. 코코피트·버미큘라이트·암면큐브·입상암면·펄라이트+버미큘라이트 등의 배지들이 신초의 발생이 양호하였고, 피트모스·펄라이트·펄라이트+입상암면 등의 배지들은 고사율이 높았다. 특히, 피트모스의 경우에는 슈트가 발생한 식물은 없었고, 고사율은 70%로 가장 높았다(Table 1-9). 그러나 45일 이후에 고사되지 않았던 피트모스 처리구에서 신초가 발생하는 것을 볼 수 있었다. 이렇게 신초가 발생한 식물의 수와 고사율이 수경재배시스템과 배지에 따라 차이가 있는 것은 각각의 처리구간 수분함량이 다르기 때문이라고 생각된다.

삼수의 뿌리가 발생하기 전에는 수분의 흡수력이 떨어진다. 그래서 배지내의 적정 수분관리와 잎에서의 증산을 억제할 수 있도록 지상부 환경관리가 중요하다.

Table 1-9. Effect of shoot initiation rate and mortality on substrate at 45 days after cutting.

Substrate	Shoot initiation rate (%)	Mortality (%)
Perlite	20.0 cd ^z	43.3 b
Vermiculite	70.0 ab	3.3 c
Per + Ver	63.3 ab	6.7 c
Per + RW	40.0 bc	36.7 b
RW Cube	70.0 ab	0.0 c
RW Gran.	66.7 ab	0.0 c
Coir	83.3 a	6.7 c
Peatmoss	0.0 d	70.0 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

삼목 45일 후에 배지와 수경재배시스템에 따른 삼수의 신초발생율(Table 1-10)과 고사율(Table 1-11)을 조사하였다.

신초 발생율이 가장 높은 처리구는 NFT의 암면큐브와 Ebb & Flow의 코코피트였다. 그리고 피트모스 배지는 모든 수경재배 시스템에서 신초의 발생이 전혀 없었다. 신초의 발생이 양호하였던 처리구들은 Fig. 1에서 살펴본 것과 동일하게 나타났다.

NFT와 Ebb & Flow에서는 피트모스, 심지매트에서는 펄라이트·피트모스·펄라이트+입상암면에서 고사율이 높았다. 피트모스의 경우에는 어떠한 수경재배시스템에서도 고사율이 높게 나타났다.

심지매트시스템의 입상암면과 암면큐브는 신초의 발생율이 낮게 나타났으나(Fig. 1-3, Table 1-10), 고사된 식물은 없었다(Table 1-11). 그리고 이들 처리에서는 삼목 51일 후부터 신초의 발생이 급격히 증가하여 55일 후에는 100% 슈트발생이 되었다.

모든 수경재배 시스템에서 고사율이 높게 나온 것은 배지내 수분함량이 너무 많아 삼수의 절단부분에서 캘러스(callus)의 형성이 이루어지지 못하고 썩어버렸기 때문이다.

Table 1-10. Effect of shoot initiation rate on substrate and hydroponic system at 45 days after cutting.

Substrate	Shoot initiation rate(%)		
	NFT	Ebb & Flow	Polyester mat
Perlite	20.0	40.0	0.0
Vermiculite	70.0	80.0	60.0
Per + Ver	70.0	70.0	50.0
Per + RW	40.0	70.0	10.0
RW Cube	100.0	90.0	20.0
RW Gran.	90.0	90.0	20.0
Coir	80.0	100.0	70.0
Peatmoss	0.0	0.0	0.0

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-11. Effect of mortality on substrate and hydroponic system at 45 days after cutting.

Substrate	Mortality(%)		
	NFT	Ebb & Flow	Polyester mat
Perlite	20.0	20.0	90.0
Vermiculite	0.0	10.0	0.0
Per + Ver	10.0	0.0	10.0
Per + RW	30.0	10.0	70.0
RW Cube	0.0	0.0	0.0
RW Gran.	0.0	0.0	0.0
Coir	0.0	0.0	20.0
Peatmoss	40.0	90.0	80.0

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

삽수의 5매잎을 삽목 45일후에 광합성과 증산량을 조사하였다. 수경재배시스템별로 신초의 발생이 양호하였던 Ebb & Flow에서 광합성과 증산량이 높았고, 신초의 발생이 저조하였던 심지매트에서는 낮게 나타났다(Table 1-12).

심지매트 시스템에서는 다른 수경재배 시스템에 비해서 배지내 수분의 함량이 적었기 때문에 기공저항(stomatal resistance)과 확산저항(diffusive resistance)이 높았고, 이로 인해 광합성과 증산량이 저해되었을 것이라고 생각된다.

배지별 장미잎의 광합성은 코코피트·암면큐브·입상암면·버미큘라이트·필라이트+입상암면 등의 배지에서, 그리고 증산량은 암면큐브·입상암면·코코피트·버미큘라이트·필라이트+버미큘라이트 등의 배지에서 높았다. 따라서 5매잎의 광합성과 증산량이 높은 배지는 신초의 발생이 양호했던 배지들과 일치하였다(Table 1-13).

이는 광합성의 동화양분에 의해서 슈트가 발생되는데 광합성이 활발한 처리구에서는 신초가 발생되기 위해 필요로 하는 동화양분을 충분히 공급할 수 있었기 때문일 것이라고 생각된다. 실지로 국화의 삽목실험에서 차광을 하지 않은 처리가 차광을 한 것에 비해서 발근이 빨리 이루어 졌으며, 지상부의 생육이 좋았다(Sang, 2000). 광합성이 증가하면 체내 탄수화물의 함량이 증가되며(Davis and Potter, 1987), 탄수화물의 함량이 높은 것이 발근에 유리하다고 알려져 있다(Davis and Potter, 1981).

그리고 광합성과 증산량이 낮은 처리구의 식물은 잎의 노화에 의해서 낮았던 것으로 생각되어진다. 이렇게 잎이 노화되었을 경우에는 고사되지는 않더라도 광합성 저하에 의한 동화양분의 생성이 적어진다. 결국 신초의 발생 및 생장이 늦어지고, 절화의 상품성이 떨어지게 되므로 이들 배지 및 수경재배 시스템은 묘생산에 적합하지 않을 것이다.

Table 1-12. Effect of photosynthesis and transpiration on hydroponic system at 45 days after cutting.

Hydroponic system	Photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Transpiration ($\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Stomatal resistance (s cm^{-1})	Diffusive resistance (s cm^{-1})
NFT	10.48 b ^z	23.26 ab	0.403 b	1.211 b
Ebb & Flow	12.29 a	25.62 a	0.310 c	0.761 b
Polyester mat	9.83 b	20.91 c	0.467 a	1.890 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

Table 1-13. Effect of photosynthesis and transpiration on substrate at 45 days after cutting.

Substrate	Photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Transpiration ($\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Stomatal resistance (s cm^{-1})	Diffusive resistance (s cm^{-1})
Perlite	10.78 bc ^z	22.57 bc	0.377 bc	1.790 b
Vermiculite	12.01 ab	24.79 abc	0.383 bc	0.753 bc
Per + Ver	9.81 c	24.31 abc	0.435 b	0.794 bc
Per + RW	11.57 ab	21.45 c	0.343 c	1.026 bc
RW Cube	12.06 ab	28.77 a	0.315 c	0.604 c
RW Gran.	11.95 ab	27.62 ab	0.353 c	0.663 c
Coir	12.75 a	26.96 abc	0.345 c	0.684 c
Peatmoss	3.66 d	6.53 d	0.696 a	4.449 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3, v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

수경재배시스템별로 배지의 수분함량을 배지의 윗부분(0~4cm)과 아랫부분(4~8cm)으로 나누어서 조사해본 결과, NFT와 Ebb & Flow에서는 수분함량의 차이가 거의 없었고, 심지매트(polyester mat)의 수분함량은 위의 두 시스템에 비해서 낮은 것

을 볼 수 있었다(Table 1-14).

배지별로는 신초의 발생이 양호했던 배지들은 수분함량이 65~90% 정도였다. 신초의 발생이 저조했던 펄라이트와 펄라이트+입상암면은 65%이하, 그리고 피트모스의 경우에는 90%이상의 수분함량이었다. 하지만 이 수분함량은 고온기에 실험한 것이므로 저온기나 봄·가을 등에 적합한 수분의 함량은 차이가 있을 것이므로, 환경조건에 따른 적정 수분함량에 대한 더 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

Table 1-14. Water content of substrate in hydroponic system before transplanting.

Substrate	Pot height	Water content (%)		
		NFT	Ebb & Flow	Polyester mat
Perlite	top	57.4	58.1	23.5
	bottom	63.0	63.4	49.7
Vermiculite	top	81.8	81.8	78.7
	bottom	83.9	84.1	80.4
Per + Ver	top	66.2	65.6	59.2
	bottom	71.1	69.8	60.1
Per + RW	top	63.1	63.0	30.2
	bottom	66.9	67.3	45.2
RW Cube	top	89.6	88.3	85.3
	bottom	90.7	89.2	88.0
RW Gran.	top	69.2	71.0	68.3
	bottom	72.5	72.3	70.3
Coir	top	88.6	87.1	86.9
	bottom	89.9	88.8	88.4
Peatmoss	top	92.0	91.2	89.4
	bottom	93.0	92.7	90.8

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

피트모스의 경우 슈트의 발생이 저조한 이유는 높은 수분함량으로 인하여 배지중의 기상의 비율이 감소하였기 때문일 것으로 생각되어진다. 그래서 삼수의 절단부분에

캘러스(callus)가 정상적으로 형성되지 못하고 썩어버리거나, 뿌리가 발생되더라도 배지내로 충분히 뻗지 못하였다. 또한 발생한 뿌리의 활력도 저하되었을 것이라고 생각된다.

Sim 등(1985)은 산철쭉의 삽목실험에서 피트모스 단용구에서 발근율이 가장 낮았으나, 피트모스에 일정량의 모래나 펄라이트 등을 혼합해서 삽목상토로 사용하게 되면 발근율이 좋아진다고 하였고, 둥근잎꿩의비름의 삽목실험(Jeong, 1999)에서도 비슷한 결과를 밝혔다. 이들은 그 이유를 피트모스는 양이온치환능(CEC)도 높고 보수력도 뛰어나지만 상대적으로 다른 상토에 비해 통기성이 떨어져 삽목상이 쉽게 과습상태가 되기 때문이라고 하였다. 삽목에 좋은 상토는 보수력이 양호하여 뿌리가 형성되기 전까지 삽수가 활력을 유지할 수 있도록 적당한 수분을 공급할 수 있어야 될 뿐만 아니라, 부정근의 분화를 위해서 충분한 산소가 공급 될 수 있도록 통기성이 좋아야 한다(Mathita, 1974; Park and Kim, 1993).

배지의 윗부분과 아랫부분의 수분함량이 신초발생율과 고사율에 미치는 영향을 살펴 본 결과는 Fig. 1-4 와 같다.

신초의 발생율은 배지의 수분함량이 증가함에 따라 증가하여, 윗부분은 65~80%, 아랫부분은 75~80%에서 가장 높았다. 그리고 수분함량이 80% 이상으로 증가함에 따라 신초의 발생은 다시 감소하였다.

고사율은 배지의 수분함량이 증가함에 따라 점차 감소하여, 윗부분은 65~70%, 아랫부분은 70~80%에서 가장 낮았다. 그리고 수분함량이 그 이상으로 증가함에 따라 다시 감소하였다.

신초의 발생율이 가장 높고, 고사율이 가장 낮은 결과를 나타낸 배지내 수분함량의 범위는 배지의 윗부분 보다 아랫부분이 더 좁았다. 따라서 배지의 최적 수분관리는 배지의 윗부분 보다 아랫부분이 더 집중적으로 관리되어야 할 것이다.

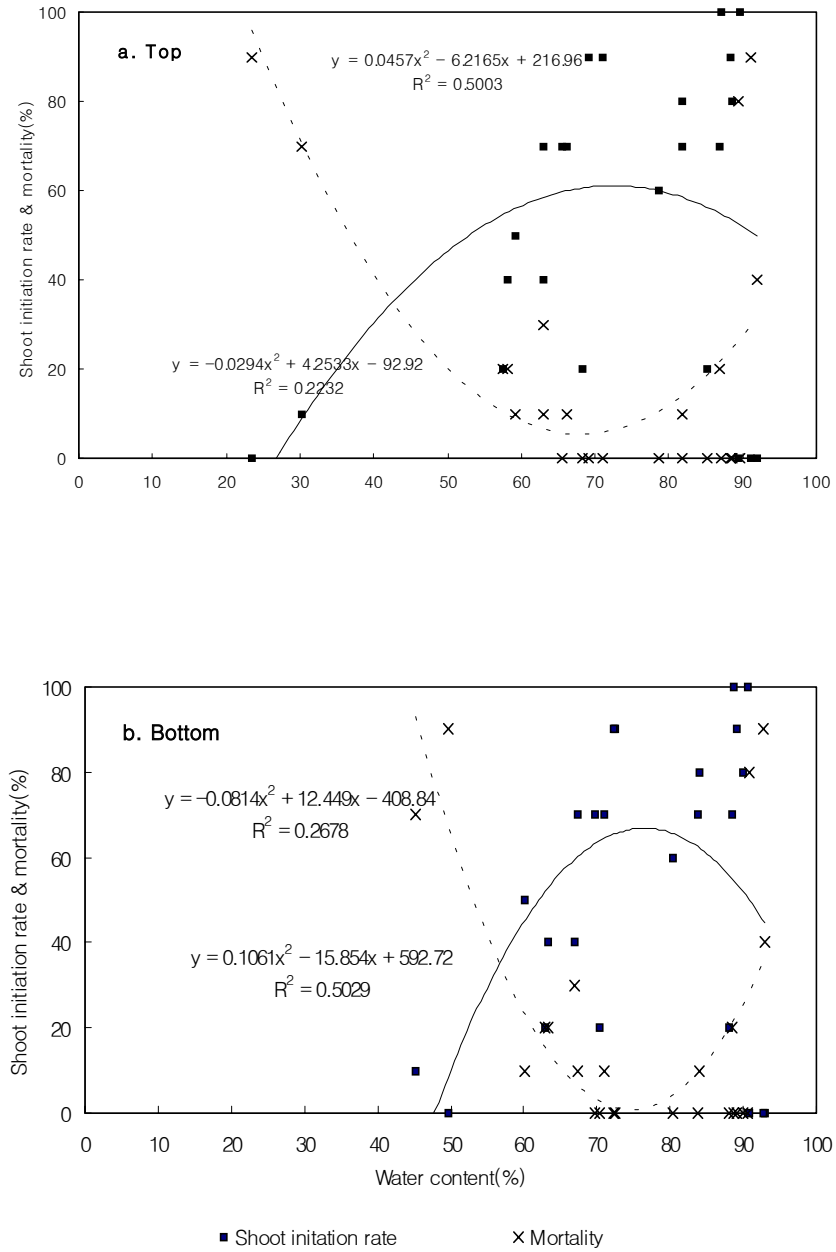


Fig. 1-4. Effect of shoot initiation rate and mortality on water content of substrate.

2) 정식 후에 적합한 배지 및 수경재배 시스템 구명

발근 및 육묘된 삼목묘를 식물공장에 정식한 후에 적합한 배지와 수경재배 시스템을 밝히기 위하여 실험한 결과는 Fig. 1-5와 같다.

수경재배 시스템별로 정식후 재배 초기의 생육을 살펴보기 위해서 정식 15일까지 5일 마다 초장을 조사하였다(Fig. 1-5). 모든 수경재배 시스템에서 처리 5일부터 생육의 차이를 보여준 처리는 피트모스 배지를 사용한 처리였으며, 피트모스를 제외한 다른 배지들간의 생육의 차이는 볼 수 없었다.

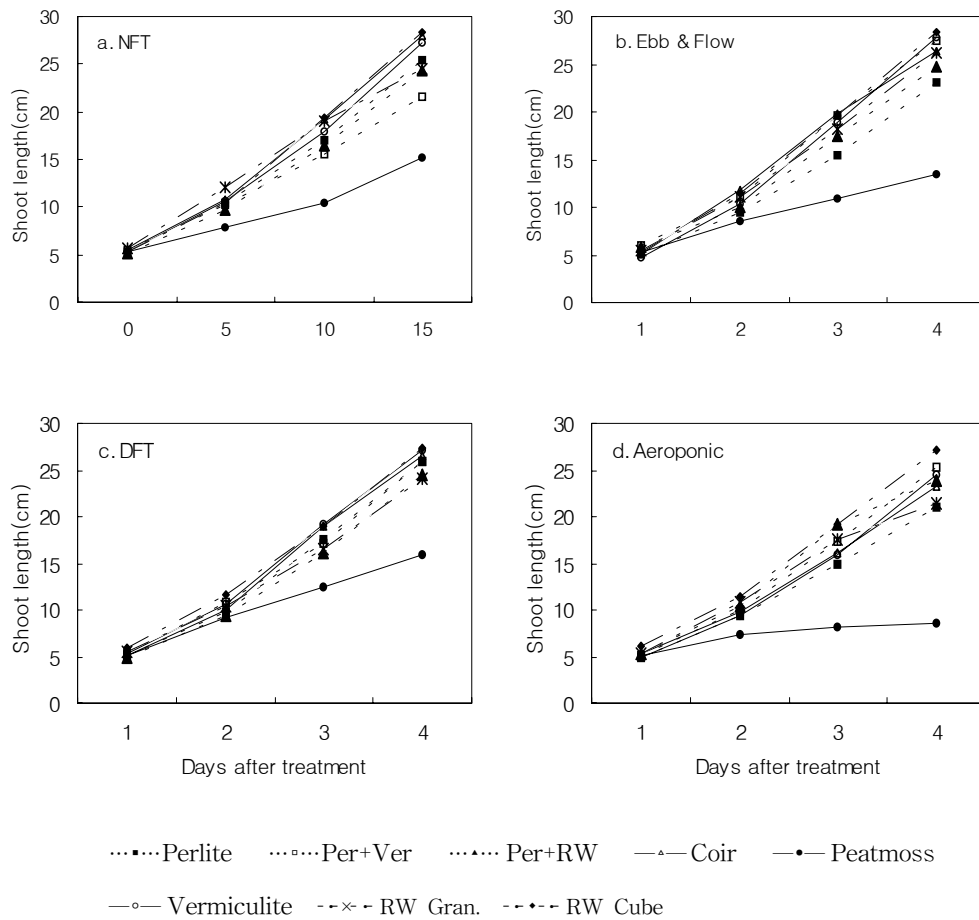


Fig. 1-5. Shoot length of single-stemmed rose for 15 days after treatment on hydroponic system.

수경재배 시스템별로는 분무경(aeroponic system)에서 초기생육이 조금 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 그리고 NFT 시스템의 펄라이트+버미큘라이트의 생육은 10일 이후부터 조금씩 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 분무경에서 생육이 떨어진 이유는 분무경에서 포트를 사용하였기 때문에 분무효과를 바로 볼 수 없는 것으로 생각된다.

꽃눈이 보이는 시기의 생육을 살펴보기 위하여 꽃눈 형성 때까지의 소요일수, 초장, 경경, 마디수, 절간장, 그리고 5매잎의 수를 수경재배 시스템과 배지별로 조사하였다 (Table 1-15, 1-16).

수경재배 시스템 별로 꽃눈 형성 때까지의 소요되는 일수는 19.36~20.40일로 차이가 없었다. 그러나 초장·경경·절간장 등의 생육은 통계적으로 차이를 보이지 않았으나 DFT에서 조금 떨어졌다. 그리고 분무경의 경우에는 절간장이 1.89 cm로 다른 수경재배 시스템에 비해 가장 짧았으나, 마디의 수가 가장 많아 초장에서는 차이가 없었다.

DFT에서 생육이 다른 수경재배 시스템에 비해 떨어진 이유는 배지내 수분이 과습하고, 이로 인해 근권의 산소공급이 원활하지 못하였기 때문이라고 생각된다.

배지별로는 암면큐브가 꽃눈 형성 때까지의 소요일수가 18.63일로 가장 짧았고, 피트모스는 소요일수가 22.38일로 가장 길고, 생육도 가장 떨어졌다. 그러나 피트모스를 제외한 다른 배지들 간의 소요일수 및 생육의 차이는 없었다.

피트모스는 배지의 과습에 의해 기상의 비율이 감소하게 되고, 이로 인해 뿌리가 정상적으로 발달하지 못하였다. 따라서 다른 배지에 비해 뿌리의 활력이 떨어져서 피트모스에서 생육이 떨어진 것으로 생각된다.

Table 1-15. Effect of growth on hydroponic system of single-stemmed rose at visible flower bud.

Hydroponic system	Days to visible flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet-leaves
NFT	19.64 a ^z	19.16 ab	0.37 ab	9.36 a	2.06 a	5.76 a
Ebb & Flow	20.40 a	19.80 a	0.38 a	9.91 a	2.01 ab	6.05 a
DFT	19.36 a	17.93 b	0.35 b	9.33 a	1.92 bc	5.67 a
Aeroponic	20.02 a	18.60 ab	0.38 a	9.98 a	1.89 c	5.74 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

Table 1-16. Effect of growth on substrate of single-stemmed rose at visible flower bud.

Substrate	Days to visible flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet leaves
Perlite	20.30 ab ^z	18.84 a	0.36 bc	9.57 ab	1.98 a	5.78 ab
Vermiculite	20.29 ab	20.22 a	0.38 a	10.29 a	1.98 a	6.25 a
Per + Ver	19.87 b	18.23 a	0.37 ab	9.35 ab	2.02 a	6.04 ab
Per + RW	19.92 b	18.61 a	0.35 bc	9.21 ab	2.03 a	5.21 bc
RW Cube	18.63 b	18.93 a	0.37 ab	9.63 a	1.97 a	5.83 ab
RW Gran.	19.50 b	18.88 a	0.37 ab	9.71 a	1.96 a	5.88 ab
Coir	19.67 b	19.17 a	0.39 a	10.08 a	1.90 ab	5.96 ab
Peatmoss	22.38 a	14.73 b	0.34 c	8.43 b	1.75 b	4.71 c

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

수경재배 시스템별로 꽃눈이 보이는 시기의 생육은 Table 1-17~20 과 같다. 모든 수경재배 시스템에서 피트모스는 다른 배지들에 비해 소요일수가 길며, 생육이 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 또한 브라인드 신초(blind shoot)는 피트모스에서만 나타났는데, 분무경의 피트모스는 100% 브라인드 신초였다. 그 이유는 뿌리의 발달이 부진하여 뿌리에서 물과 무기양분의 흡수가 정상적으로 이루어지지 못하였기 때문이라고 생각된다. 피트모스를 제외한 다른 배지들에서의 생육은 별다른 차이를 보이지 않았고, NFT와 Ebb & Flow에서 암면큐브는 모든 수경재배 시스템에서 소요일수가 17.67~19.17일로 가장 짧은 것을 볼 수 있었다. 그리고 전체적으로 NFT의 암면큐브와 입상암면의 소요일수가 17.67, 17.83일로 가장 짧았다.

Table 1-17. Growth of single-stemmed rose of substrate in nutrient film technique(NFT) system at visible flower bud.

Substrate	Days to visible flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Blind shoot (%)
Perlite	20.80 ab ^z	22.28 a	0.36 ab	9.80 a	2.27 a	6.20 a	0.0
Vermiculite	20.83 ab	21.57 a	0.40 a	10.17 a	2.14 ab	6.50 a	0.0
Per + Ver	19.40 b	17.62 ab	0.36 ab	8.60 a	2.11 ab	5.80 ab	0.0
Per + RW	20.83 ab	19.27 ab	0.35 b	9.17 a	2.12 ab	5.17 b	0.0
RW Cube	17.67 c	16.99 b	0.37 ab	8.67 a	1.94 b	5.83 ab	0.0
RW Gran.	17.83 bc	18.18 ab	0.35 b	9.17 a	2.02 ab	5.67 ab	0.0
Coir	19.33 ab	19.87 ab	0.40 a	10.17 a	1.95 b	5.67 ab	0.0
Peatmoss	22.50 a	15.15 c	0.33 c	8.50 a	1.76 c	4.50 c	66.7

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3, v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-18. Growth of single-stemmed rose of substrate in Ebb & Flow system at visible flower bud.

Substrate	Days to visible flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Blind shoot (%)
Perlite	21.67 ab ^z	19.35 a	0.36 b	9.83 a	2.01 ab	6.00 ab	0.0
Vermiculite	20.33 b	20.37 a	0.38 ab	10.50 a	1.96 ab	6.67 a	0.0
Per + Ver	20.17 b	20.32 a	0.39 ab	9.83 a	2.06 ab	6.17 ab	0.0
Per + RW	20.33 b	18.75 ab	0.34 b	9.50 b	1.97 ab	5.67 b	0.0
RW Cube	18.83 c	19.35 a	0.38 ab	9.67 a	2.01 ab	5.83 ab	0.0
RW Gran.	20.17 ab	20.43 a	0.39 ab	9.67 a	2.11 a	6.00 ab	0.0
Coir	20.00 b	21.00 a	0.41 a	10.50 a	2.02 ab	6.17 ab	0.0
Peatmoss	26.00 a	16.90 b	0.38 ab	9.50 b	1.78 c	5.50 b	66.7

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-19. Growth of single-stemmed rose of substrate in deep flow technique(DFT) system at visible flower bud.

Substrate	Days to visible flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Blind shoot (%)
Perlite	20.83 a ^z	16.88 ab	0.35 a	9.00 a	1.89 abc	5.33 abc	0.0
Vermiculite	19.50 a	20.02 a	0.37 a	10.00 a	2.03 abc	5.83 abc	0.0
Per + Ver	19.83 a	17.67 ab	0.35 a	8.83 b	1.98 abc	5.67 abc	0.0
Per + RW	20.00 a	19.30 a	0.36 a	9.67 a	2.00 abc	5.67 abc	0.0
RW Cube	18.83 a	18.35 a	0.35 a	9.50 a	1.92 abc	6.00 abc	0.0
RW Gran.	18.33 a	18.30 a	0.35 a	10.00 a	1.83 bc	6.00 abc	0.0
Coir	18.50 a	17.45 ab	0.36 a	9.17 a	1.91 abc	5.83 abc	0.0
Peatmoss	18.67 a	13.07 b	0.31 a	7.67 b	1.73 c	4.33 c	50.0

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-20. Growth of single-stemmed rose of substrate in Aeoroponic system at visible flower bud.

Substrate	Days to visible flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Blind shoot (%)
Perlite	20.50 a ^z	17.42 ab	0.36 a	9.67 ab	1.80 bc	5.67 abc	0.0
Vermiculite	20.50 a	18.93 ab	0.39 a	10.50 ab	1.80 bc	6.00 abc	0.0
Per + Ver	20.00 a	18.75 ab	0.39 a	10.00 ab	1.94 abc	6.50 a	0.0
Per + RW	19.17 a	17.13 b	0.35 a	8.50 b	2.05 abc	4.33 c	0.0
RW Cube	19.17 a	21.03 a	0.39 a	10.67 a	1.99 abc	5.67 abc	0.0
RW Gran.	20.00 a	18.60 ab	0.38 a	10.00 ab	1.89 bc	5.83 abc	0.0
Coir	20.83 a	18.25 ab	0.38 a	10.50 ab	1.73 c	6.17 abc	0.0
Peatmoss	-	-	-	-	-	-	100.0

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3, v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

개화기의 생육을 살펴보기 위하여 개화소요일수, 초장, 경경, 마디수, 5매잎의 수, 그리고 화고 등을 조사하였다(Table 1-21, 1-22). 꽃봉오리에서 꽃잎이 2~3매 정도 벌어진 것을 개화하였다고 간주하였다. 블라인드 신초(blind shoot)의 발생은 꽃눈이 보이는 시기(visible flower bud)때에 조사한 이후에는 더 이상 발생하지 않았다.

Table 1-21. Effect of growth on hydroponic system of single-stemmed rose at anthesis.

Hydroponic system	Days to flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Flower height (cm)
NFT	31.95 a ^z	32.92 a	0.41 a	11.02 a	3.00 a	6.23 a	3.12 a
Ebb & Flow	31.86 a	33.04 a	0.41 a	11.14 a	2.96 a	6.23 a	3.22 a
DFT	31.41 a	31.60 ab	0.40 a	11.11 a	2.85 b	6.23 a	3.23 a
Aeroponic	31.24 a	30.55 b	0.42 a	11.19 a	2.74 c	6.05 a	3.15 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

Table 1-22. Effect of growth on substrate of single-stemmed rose at anthesis.

Substrate	Days to flower	Flower shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Internode length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Flower height (cm)
Perlite	32.46 b ^z	31.91 ab	0.40 ab	10.92 a	2.94 a	6.21 abc	3.17 a
Vermiculite	32.08 b	33.97 a	0.42 a	11.58 a	2.91 a	6.46 a	3.19 a
Per + Ver	32.17 b	33.45 a	0.42 a	11.54 a	2.93 a	6.83 a	3.20 a
Per + RW	32.04 b	30.92 b	0.38 b	10.63 a	2.93 a	5.54 bc	3.13 a
RW Cube	29.04 c	31.72 ab	0.41 a	11.04 a	2.88 a	6.04 abc	3.32 a
RW Gran.	31.87 b	31.90 ab	0.41 a	11.26 a	2.85 a	6.13 abc	3.17 a
Coir	30.67 bc	32.00 ab	0.43 a	11.17 a	2.88 a	6.29 ab	3.18 a
Peatmoss	35.14 a	26.50 c	0.35 c	10.00 b	2.65 b	5.43 c	2.79 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3, v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

개화시의 생육을 조사한 결과 수경재배시스템간에 개화소요일수에는 별다른 차이가 없이 처리 후 31.24~31.95일 정도에 개화하였다. 그리고 NFT와 Ebb & Flow에서는 생육의 차이는 없었으나, DFT와 분무경에서 NFT나 Ebb & Flow에 비해서 초장과 절간장이 적은 것을 볼 수 있었다(Table 1-23~26).

배지 중에서 개화소요일수가 가장 긴 것은 피트모스로 정식후 35.14일 이었고, 가장 짧았던 것은 암면큐브로 29.04일 이었다. 그리고 생육은 역시 피트모스가 가장 떨어졌고, 이를 제외한 다른 배지들간의 생육의 차이는 없었다(Table 1-23~26).

Table 1-23. Growth of single-stemmed rose of substrate in nutrient film technique (NFT) system at anthesis.

Substrate	Days to flower	Flower shoot length (cm)	Dia-meter (cm)	No. of node	Fresh weight (g/plant)	Inter-node length (cm)	5-leaflet-leaves	Flower height (cm)
Perlite	32.50 b ^z	34.78 ab	0.42 a	11.17 ab	9.35 ab	3.13 a	6.83 a	3.19 ab
Vermiculite	33.67 b	36.22 a	0.43 a	11.83 a	9.75 a	3.09 a	6.67 a	3.15 ab
Per + Ver	31.50 b	32.17 ab	0.39 ab	10.67 ab	7.13 cd	3.04 a	6.50 a	2.97 bc
Per + RW	33.33 b	32.42 ab	0.38 ab	10.67 ab	8.55 abc	3.06 a	5.67 ab	3.05 bc
RW Cube	29.83 b	32.97 ab	0.40 a	10.83 ab	9.45 ab	3.05 a	6.33 a	3.40 a
RW Gran.	31.33 b	31.05 b	0.42 a	11.17 ab	7.50 bc	2.81 a	5.83 ab	3.00 bc
Coir	30.33 b	32.88 ab	0.43 a	11.33 ab	8.85 abc	2.92 a	6.17 ab	3.15 ab
Peatmoss	35.50 a	26.75 c	0.34 b	9.50 b	5.60 d	2.81 a	5.00 b	2.75 c

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3, v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-24. Growth of single-stemmed rose of substrate in Ebb & Flow system at anthesis.

Substrate	Days to flower	Flower shoot length (cm)	Dia-meter (cm)	No. of node	Fresh weight (g/plant)	Inter-node length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Flower height (cm)
Perlite	33.50 b ^z	32.42 a	0.38 a	10.83 a	7.45 bc	3.02 a	5.83 a	3.21 ab
Vermiculite	31.83 b	34.48 a	0.41 a	11.93 a	10.07 ab	2.93 a	6.83 a	3.30 a
Per + Ver	31.83 b	34.87 a	0.41 a	11.33 a	9.83 ab	3.09 a	6.83 a	3.31 a
Per + RW	31.67 b	30.93 a	0.37 a	10.50 a	8.40 abc	2.96 a	5.83 a	3.08 ab
RW Cube	30.17 b	33.55 a	0.41 a	11.33 a	10.70 a	2.97 a	5.67 a	3.45 a
RW Gran.	31.67 b	32.05 a	0.41 a	10.83 a	8.15 abc	2.99 a	6.17 a	3.13 ab
Coir	30.17 b	32.42 a	0.44 a	11.33 a	9.92 ab	2.88 a	6.33 a	3.17 ab
Peatmoss	38.50 a	29.85 a	0.39 a	11.00 a	6.65 c	2.70 a	6.50 a	2.84 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-25. Growth of single-stemmed rose of substrate in deep flow technique(DFT) system at anthesis.

Substrate	Days to flower	Shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Fresh weight (g/plant)	Inter-node length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Flower height (cm)
Perlite	31.00 b ^z	31.13 a	0.40 ab	10.50 ab	9.07 a	2.98 a	5.83 ab	3.20 a
Vermiculite	31.00 b	32.87 a	0.41 ab	11.50 ab	8.87 a	2.89 a	6.00 ab	3.26 a
Per+Ver	33.67 a	34.98 a	0.45 a	12.33 a	9.47 a	2.89 a	7.50 a	3.41 a
Per+RW	32.50 b	31.62 a	0.39 abc	11.17 ab	8.73 a	2.85 a	6.00 ab	3.22 a
RW Cube	28.50 b	30.58 a	0.42 ab	11.00 ab	8.67 a	2.78 a	6.17 ab	3.23 a
RW Gran.	32.60 b	32.04 a	0.38 bc	11.40 ab	7.70 ab	2.81 a	6.40 ab	3.18 a
Coir	30.17 b	31.70 a	0.40 ab	10.67 ab	9.67 a	2.98 a	6.33 ab	3.30 a
Peatmoss	32.67 a	24.23 b	0.33 c	9.67 b	5.93 b	2.52 b	5.00 b	2.79 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

Table 1-26. Growth of single-stemmed rose of substrate in aeroponic system at anthesis

Substrate	Days to flower	Shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Fresh weight (g/plant)	Inter-node length (cm)	No. of 5-leaflet leaves	Flower height (cm)
Perlite	32.83 a ^z	29.30 a	0.39 bc	11.17 ab	6.47 c	2.68 a	6.40 a	3.19 a
Vermiculite	31.83 ab	30.63 a	0.42 abc	11.17 ab	9.05 ab	2.76 a	6.33 a	3.04 a
Per + Ver	31.67 ab	31.90 a	0.44 ab	11.83 a	8.57 ab	2.72 a	6.50 a	3.11 a
Per + RW	30.67 ab	28.72 a	0.38 c	10.17 b	7.40 bc	2.84 a	4.67 b	3.19 a
RW Cube	27.67 b	29.78 a	0.42 abc	11.00 ab	10.07 a	2.72 a	6.00 a	3.18 a
RW Gran.	32.00 ab	32.50 a	0.42 abc	11.67 a	9.15 ab	2.80 a	6.17 a	3.37 a
Coir	32.00 ab	31.02 a	0.45 a	11.33 ab	9.72 a	2.74 a	6.33 a	3.12 a
Peatmoss	-	-	-	-	-	-	-	-

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3, v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

수경재배 시스템별로 개화시 생육을 알아보기 위하여 개화 소요일수, 초장, 경경, 마디수, 생체중, 절간장, 5매잎의 수, 화고 등을 조사하였다(Table 1-23~26). NFT와 Ebb & Flow에서는 피트모스, DFT에서는 펄라이트+버미큘라이트와 피트모스의 개화 소요일수가 가장 길었으며, 분무경의 피트모스에서는 100% 브라인트 신초(blind shoot)가 발생하였다. 그리고 모든 수경재배시스템에서 피트모스의 생육은 가장 떨어졌다. 역시 모든 수경재배 시스템의 암면큐브는 개화 소요일수가 가장 빠른 것을 볼 수 있었다. 이렇게 피트모스에서 개화 소요일수가 길고, 생육이 떨어진 이유는 과도한 수분함량에 의해서 배지 중 기상의 비율이 다른 배지에 비해서 적었기 때문에 뿌리의 발달이 정상적으로 이루어지지 않았기 때문이다.

Table 1-27. Water content of substrate and hydroponic system at after transplanting.

Substrate	Pot height	Water content (%)			
		NFT	Ebb & Flow	DFT	Aeroponic
Perlite	top	53.14	63.88	64.70	60.27
	bottom	69.38	69.70	71.57	67.17
Vermiculite	top	81.31	78.93	82.12	69.98
	bottom	83.53	83.21	83.96	80.87
Per + Ver	top	71.34	72.62	73.81	67.29
	bottom	72.31	76.32	76.58	69.13
Per + RW	top	63.26	64.60	65.73	62.32
	bottom	71.64	70.63	72.95	68.03
RW Cube	top	89.34	88.93	89.25	87.55
	bottom	89.54	89.18	90.00	89.14
RW Gran.	top	72.10	73.53	72.80	71.87
	bottom	74.28	74.23	74.55	73.50
Coir	top	88.75	86.20	83.04	88.12
	bottom	89.86	88.13	89.00	88.98
Peatmoss	top	91.63	90.20	91.99	90.14
	bottom	93.85	92.65	93.98	91.50

RW = rockwool, Per + Ver = perlite + vermiculite (7:3 ,v:v)

Per + RW = perlite + granulated rockwool (7:3, v:v)

실제로 프리물라 불가리스 묘를 기상의 비율이 적은 배지에서 재배하였을 경우 기상의 비율이 높은 배지에 재배한 것에 비해서 뿌리의 발생이 부진한 것을 볼 수 있었다(Bunt, 1983).

실험을 수행하는 동안 사용하였던 배지를 윗부분과 아랫부분으로 분리하여 수분함량을 조사하였다(Table 1-27). 포트의 부위별로는 윗부분에 비해서 아랫부분의 수분함량이 높은 것을 볼 수 있었다. 그리고 피트모스는 수분함량이 90.14~93.98%로 가장 높았는데, 이로 인해서 수분함량의 증가분 만큼의 기상의 비율이 감소하였다. 배지내

수분의 함량이 가장 적었던 것은 펠라이트로 53.14~71.57%였다. 수경재배 시스템으로
는 분무경에서 배지내 수분의 함량이 가장 적었다.

수경재배시스템에 따라 그리고 각각의 배지들에 따라 수분함량은 다양하게 나타났
다. 하지만 장미의 생육에는 큰 영향을 미치지 않았는데, 그 이유는 정식 후 5일 경부
터 장미의 뿌리가 포트 밖으로 나와서 직접 배양액과 접촉하였기 때문이라고 생각되
어진다. 그러나 피트모스의 경우에는 실험이 끝나는 무렵까지도 뿌리의 생장이 저조
하였기 때문에 뿌리가 포트 밖으로 나오지 못하였다.

Table 1-28. The chemical property of substrate after experiment in each
hydroponic system.

Hydroponic system	Pot height	pH	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	PO ₄ -P (ppm)	K Ca Mg		
					cmol · kg ⁻¹		
NFT	top	6.77	0.45	118.41	2.40	10.85	2.28
	bottom	6.52	0.20	110.94	1.64	7.66	1.52
Ebb & Flow	top	6.75	0.32	87.95	2.30	10.38	2.00
	bottom	6.44	0.19	82.41	1.53	7.37	1.44
DFT	top	6.65	0.30	144.63	2.32	11.83	2.16
	bottom	6.54	0.18	96.81	2.45	7.61	1.55
Aeroponic	top	6.45	0.53	105.75	3.08	11.87	2.35
	bottom	6.73	0.17	122.66	1.89	8.67	1.65

Table 1-29. The chemical property of substrate after experiment regardless of hydroponic system.

Substrate	Pot height	pH	EC (dS · m ⁻¹)	PO ₄ -P (ppm)	K	Ca	Mg
					cmol · kg ⁻¹		
Perlite	top	6.97	0.18	125.81	2.23	6.61	1.77
	bottom	6.59	0.11	41.00	0.65	2.00	0.55
Vermiculite	top	6.53	0.70	133.50	3.00	12.56	2.83
	bottom	6.91	0.23	157.19	2.07	8.50	2.19
Per + Ver	top	6.81	0.57	89.25	2.76	10.36	2.34
	bottom	6.59	0.14	116.25	0.95	4.29	1.10
Per + RW	top	7.21	0.35	95.69	1.76	7.49	1.51
	bottom	6.91	0.10	197.63	0.62	3.15	0.56
RW Cube	top	8.24	0.21	208.75	0.75	6.60	1.12
	bottom	7.72	0.30	142.38	0.89	2.85	0.57
RW Gran.	top	7.58	0.12	26.38	0.94	9.04	0.82
	bottom	7.66	0.11	39.56	0.87	4.30	0.50
Coir	top	5.88	0.45	178.31	4.77	24.73	3.75
	bottom	5.74	0.28	97.56	4.28	23.38	3.56
Peatmoss	top	4.02	0.33	55.81	3.97	12.49	3.46
	bottom	4.34	0.22	45.25	3.30	14.65	3.44

pH, EC = 1:5 (v:v), RW = rockwool, Per+Ver = perlite+vermiculite (7:3, v:v)

Per+RW = perlite+granulated rockwool (7:3, v:v)

실험에 쓰였던 배지의 사용후 물리성과 화학성을 조사하였다. 배지의 물리성은 사용 전(Table 1-6)과 별다른 차이가 없었다. 따라서 배지의 화학성을 수경재배시스템 별, 그리고 배지별로 살펴보았다(Table 1-28, 1-29).

배지의 pH는 수경재배시스템에서는 분무경, 그리고 배지에서는 버미큘라이트 · 입상암면 · 피트모스를 제외하고는 상부가 하부에 비해서 높았다. EC의 경우에는 모든 수경재배시스템에서, 그리고 배지별로는 입상암면을 제외한 나머지 배지에서 상부가 하

부보다 높은 것을 볼 수 있었다.

수경재배 시스템별로 pH의 차이는 별로 없었으나, EC는 분무가 가장 높았고, 그 다음으로 NFT·Ebb & Flow·DFT순으로 나타났다. 배지별로는 암면큐브와 입상암면의 pH가 가장 높았으며, 피트모스와 코코피트가 낮게 나타났다. EC는 버미큘라이트와 펄라이트+버미큘라이트에서 높았고, 입상암면이 가장 낮게 나타났다. 그리고 수경재배 시스템별로 K, Ca, Mg와 같은 양이온의 양은 차이가 없었으나, PO₄-P의 양은 차이가 있었는데, Ebb & Flow에서 가장 낮았다. 이렇게 사용 후 배지의 EC 및 이온의 함량이 다른 것은 배지의 양이온치환용량(CEC)에 의한 것으로 생각된다. 실제로 용기재배 용토 점토, 버미큘라이트, 피트모스, 부식유기물은 CEC가 높고 모래, 암면, 펄라이트, 왕겨 등은 낮다고 하였다(Kim, 1982)

수경재배 시스템별로 공급되었던 EC는 동일하였는데, 배지의 EC에 차이가 있었던 것은 배지의 수분함량이 영향을 미친 것으로 생각된다. 실제로 배지의 수분함량이 가장 높았던 DFT(Table 1-27)는 EC가 가장 낮았고, 수분의 함량이 적었던 분무경의 경우에는 EC가 높았다.

작물의 재배시에 고려해야할 배지의 조건은 식물생장에 적합한 pH정도와 수분의 침투, 이용이 원활하고 뿌리의 통기성이 좋아서 가스교환이 용이한 구조를 가지고 있어야 하는데(Davidson and Mecklenburg, 1981), 피트모스의 경우에는 낮은 pH와 높은 수분함량에 의한 낮은 기상의 비율에 의해서 장미의 생육이 저해된 것으로 생각된다.

3) 삼수의 마디수가 생육에 미치는 영향

일반적으로 장미의 번식은 삽목법과 접목법을 주로 이용하고 있다. 그러나 접목의 경우에는 전문적인 지식이나 기술이 필요하고, 접목 친화성이 있는 것들 간에 하여야 하는 단점이 있으므로, 일반적으로 재배농가에서는 삽목법을 주로 이용하고 있다 (Bredmose and Hansen, 1995).

삼수의 재료로는 채화 가능한 정도로 꽃이 핀 충실한 줄기를 대상으로 액아가 발달하지 않은 5매잎 마디를 이용하고, 삼수의 마디 수는 주로 1마디를 이용하는 것이 일반적이는데, 그 이유와 효과는 정확하게 알려지지 않았다.

Table 1-30. Effect of mortality on different node number of cutting.

	1 node	2 node	3 node
Mortality(%)	0.0	12.5	25.0

삽수의 마디수가 삽목시 고사율에 미치는 영향을 살펴보고자 고사율을 조사한 결과는 Table 1-30과 같다. 삽수의 마디수가 1마디일 때는 고사된 식물을 없었으나, 2·3마디에서는 고사율이 각각 12.5와 25.0%이었다. 즉, 마디의 수가 증가됨에 따라 고사율은 증가하였다. 삽수에 뿌리가 발생되기 전에는 수분의 흡수가 저조한데, 마디의 수가 증가됨에 따라 잎수가 많아지게 된다. 따라서 삽수의 수분 흡수가 잎의 증산량보다 적었기 때문에 고사율이 높아진 것으로 생각된다.

Table 1-31. Effect of growth on different node number of single-stemmed rose at anthesis.

No. of node	Days to flower	Shoot length (cm)	Diameter (cm)	No. of node	Fresh weight (g/plant)	Flower height	No. of 5-leaflet leaves
1node	56.60 a ^z	28.92 a	0.36 a	9.80 a	7.32 a	2.93 a	5.40 a
2node	50.63 b	29.61 a	0.39 a	9.38 ab	9.49 a	3.18 a	5.88 a
3node	51.63 b	28.76 a	0.38 a	8.88 b	9.20 a	3.15 a	5.38 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

삽목시 삽수의 마디수가 개화시 생육에 미치는 영향을 알아보려고 삽수의 마디수를 1·2·3마디로 처리하여 실험을 하였다(Table 1-31). 그 결과 1마디는 개화소요일수가 56.6일로 2·3마디의 개화소요일수인 50.63과 51.63일 보다 평균 5~6일 정도 늦어지는 것을 볼 수 있었다. 그러나 개화시 생육에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 식물재료의 효율적인 이용면에서는 1마디의 삽수를 이용하는 것이 더 효율적이라고 생각된다.

4) 발근촉진제가 발근에 미치는 영향

장미 삽목시 발근촉진제의 종류와 처리수준이 뿌리 발근에 미치는 영향을 조사하였다. 실험결과 루톤 처리구와 켈팩 처리구에서 근활력이 높게 났으며, 발근소요일수도 관행구에 비해 짧게 나타났다.



Fig. 1-6. 발근촉진제에 따른 삽목묘의 발근 상태

Table 1-32. 장미 삽목시 켈팩(Kelpak)의 사용이 고사율과 발근소요일수에 미치는 영향

	고사율(%)	발근소요일수(days)
관행구	16.6 b	41.2 c
Rootone	5.6 a	39.7 b
켈팩 1배	5.6 a	37.1 a
켈팩 10배	11.1 ab	36.9 a
켈팩 100배	11.1 ab	36.4 a

Table 1-33. 장미 삽목시 켈팩(Kelpak)의 사용이 장미의 근활력에 미치는 영향

	근활력(Formazan contents $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
관행구	0.393 bc
Rootone	0.294 c
켈팩 1배	0.521 ab
켈팩 10배	0.487 ab
켈팩 100배	0.583 a

3. 장미 공장생산시스템의 설계 및 제작

가. 장미 공장생산시스템의 설계

1) 연구용 식물공장 설계

최근 국내에서도 농업과 공업을 융합시킨 식물공장의 중요성이 확산되고 있다. 장미식물공장의 중심기술이 되는 수경재배기술, 생산설비기술, 재배기술, 환경제어기술을 개발 응용하였다. 기존의 엽채류용 식물공장과는 달리 절화용 장미 식물공장에 대한 연구는 거의 없기 때문에 안정적인 장미 묘생산시스템과 생산라인에서 재배기술등에 주안점을 두고 연구를 수행하였다. 그동안의 연구 결과로 미루어 casual flower 생산 가능성이 밝혀지면서 공장생산체계로 생산할 수 있는 체계, 규모화에 필요한 기존 기술을 확보하여 왔다. 그 결과 생산 시스템 규모 확대와 생력화, 효율화, 경제성등을 고려한 인공광 병용형 식물공장을 pilot scale(70m²)에서 설치할 수 있도록 설계를 하였고 현재 조달청 입찰이 이루어져 현재 공사가 이루어지기 시작하였다.

이번에 만들어지는 장미식물공장 시스템의 특징은 다음과 같은 점에 주안점을 두고 개발하였다.

- (1)경제성을 고려하여 태양광을 충분히 이용할 수 있는 베로온실을 이용한 태양광, 인공광 병용형을 채택하였다.
- (2)중심기술이 되는 수경재배기술은 분무수경 및 담액 수경을 병용으로 이용할 수 있는 체계로 하였다.
 - 환경친화형 수경재배 시스템
 - 2축 주간조절이 가능
 - 배양액 및 근권 환경관리의 최적화
- (3)뛰어난 기술 개발 결과 활용
 - 최신 환경제어 기술(PC제어)
 - 자동화에 의한 효율화, 생력화
 - 수량 및 품질 향상 기술

- 생산 및 관리 기술 측면에서 원가 절감
- (4)생산기술, 재배기술, 환경제어기술, 자동화기술을 조합하여 작물 생산 원가를 절감하여 경쟁력 있는 생산 시스템이 되도록 하였다.

(5)설비내용

- 온실형 : 벤로온실(측고 5.0m)
- 냉난방 : Fan and Fog 방식, 온수난방
- 차광, 보온 : AI 반사필름 + 부직포
- 육묘방식 : 개량형 Ebb & Flow 시스템(특허예정)
- 수경재배방식 : 분무수경, 담액수경
- 생산 line수 : 3 line
- 재배베드(흙통) : 플라스틱(ABS), 알루미늄
- 반입, 반출장치 : 스크루 기어 방식
- 주간조절장치 : 컨베이어 벨트 방식
- 온실환경제어 : PC에 의한 온도, 광도, CO₂, 습도제어

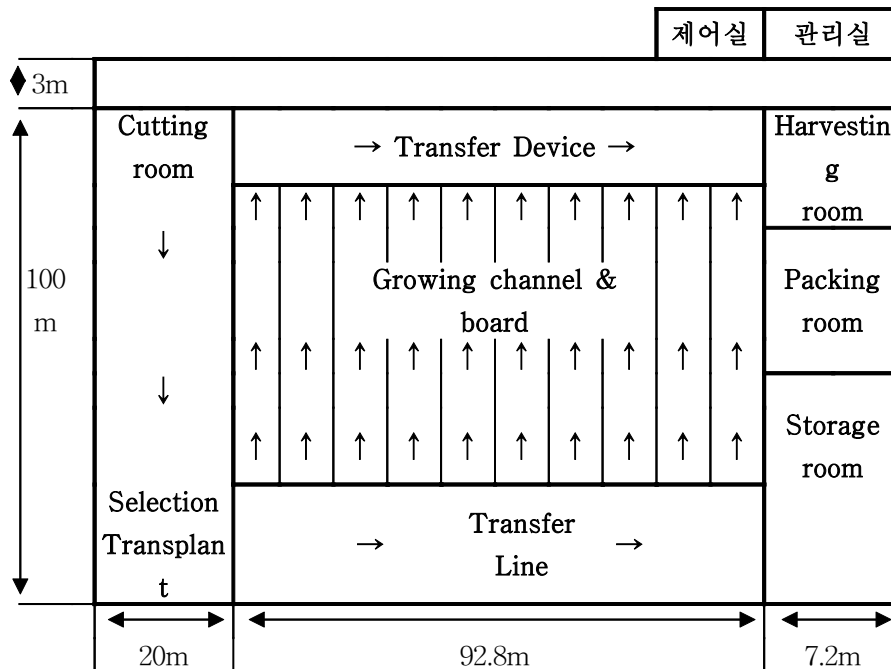


Fig. 1-7 자동 spacing 이동 장치를 갖춘 장미 공장 모델

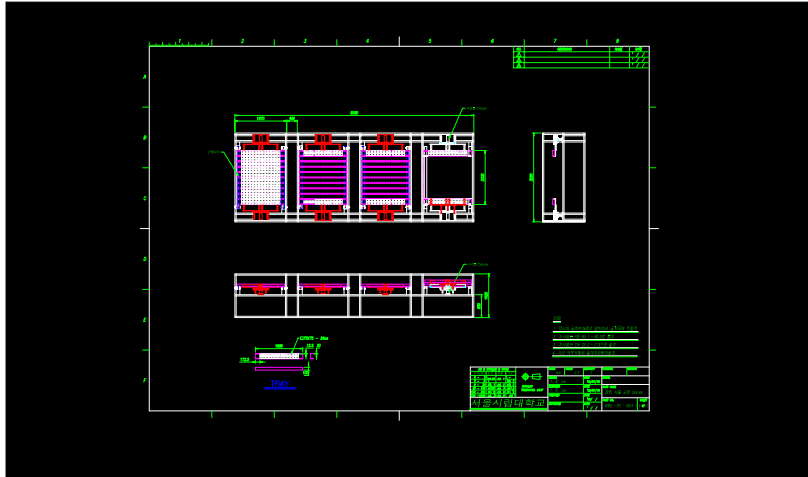


Fig. 1-8. 장미 공장생산 시스템 설계

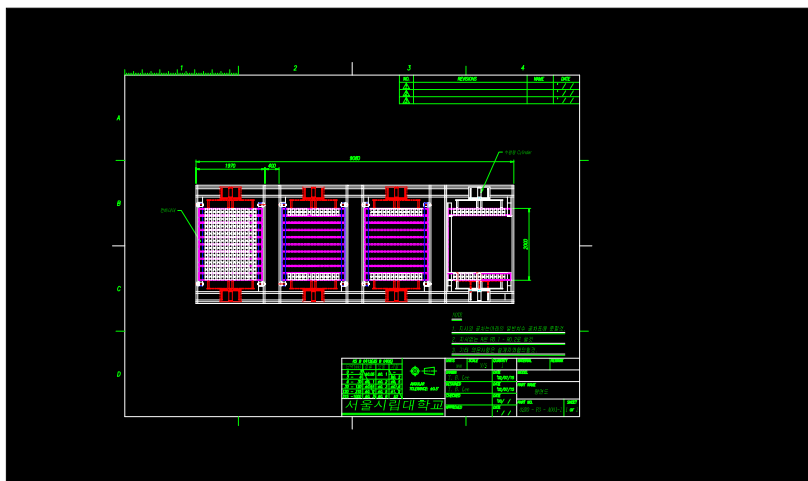


Fig. 1-9. 장미 공장생산 시스템 평면도

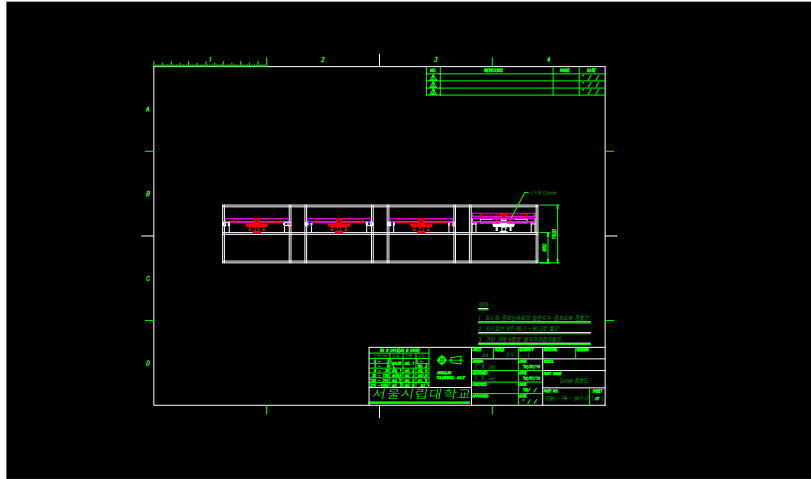


Fig. 1-10. 장미 공장생산 시스템 정면도

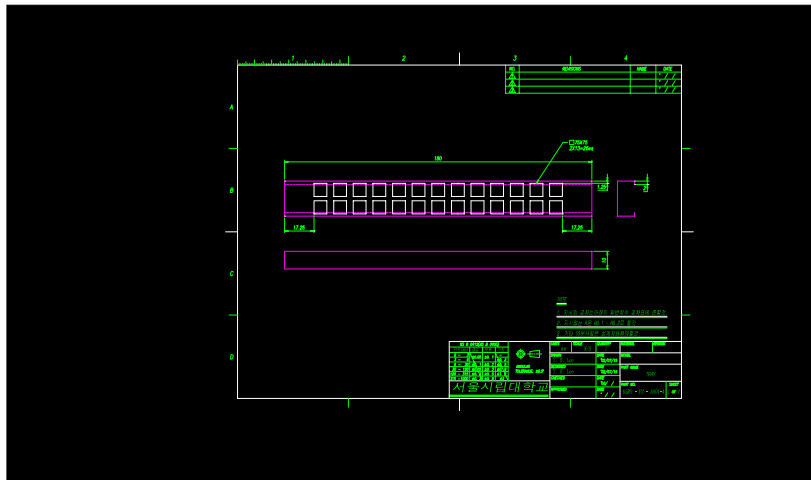


Fig. 1-11. 장미 공장생산 시스템 트레이

나. 장미 공장생산시스템의 제작

1) 장미 식물공장의 구조

본 연구에서 개발된 pilot plant의 장미 식물공장 시스템은 48m²(4m×12m) 수준으로 세 개의 이동 conveyer 장치를 갖추었으며, 식물 투입에서 생육, 수확에 이르기까지 설정된 스케줄과 관수방법에 의해 자동 또는 수동으로 casual flower를 생산하는 시스템이다. 이러한 장미 식물공장 시스템은 알루미늄 재질의 기초프레임과 이송장치, 이동컨베이어장치, 관수장치, 제어장치로 구성되어 있으며, 이의 구성도는 아래 그림과 같다.

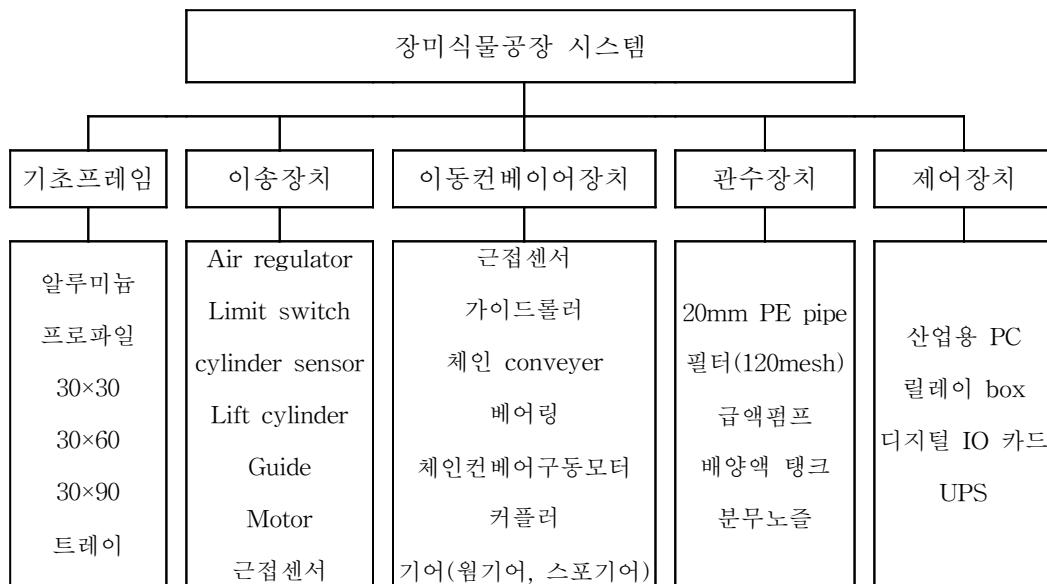


Fig. 1-12. 장미 식물공장의 구성도

가) 기초 프레임

기초 프레임은 알루미늄프로파일을 재질을 사용하였으며 규격(cm)은 30×30, 30×60, 30×90 세 가지 타입을 사용하였다.

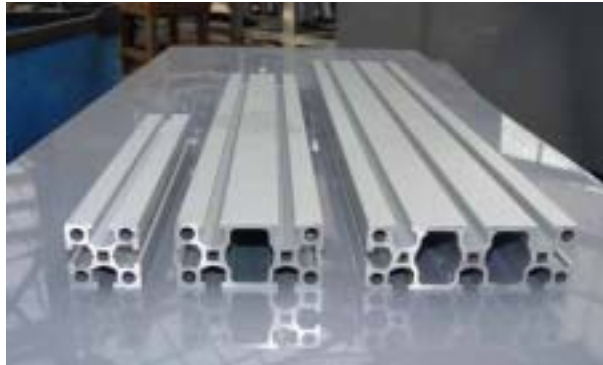


Fig. 1-13. 알루미늄프로파일

나) 트레이 설계

장미 식물공장 시스템에서 사용하기 위해 분무경에 적합한 정식 트레이를 제작하였다. 포트 육묘와 암면큐브 육묘를 위해 트레이 모양을 플라스틱 포트와 암면큐브에 맞게 설계하였으며, 트레이와 트레이간 재식거리와 식물과 식물사이의 트레이를 맞추기 위해 규격을 아래 그림과 같이 제작하였다.

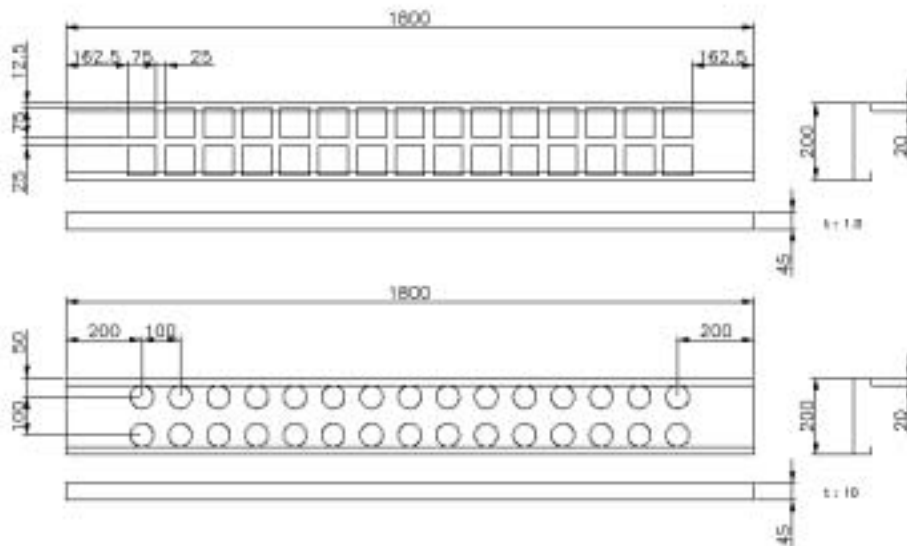


Fig. 1-14. 트레이 도면



Fig. 1-15. 장미 식물공장 시스템에 사용된 트레이

다) 이송장치

(1) 이송장치의 구성

이송장치는 트레이를 컨베이어로 이동시키기 위한 장치로서 트레이를 수직, 수평 방향으로의 위치이동이 가능하고, 트레이를 각각의 컨베이어 쪽으로 위치를 제어하며 이동시키는 장치이다. 이송장치는 Air regulator, Limit switch, Cylinder sensor, Lift cylinder, Guide, Motor, 근접센서 등으로 구성되어 있다.

(가) Lift cylinder

트레이를 수직, 수평 방향으로의 위치 이동을 시키기 위해 공압 실린더를 사용하였다.

표 1-34. 실린더 제원

	수직 실린더	수평 실린더
제조사	SEYANG Co., Korea	
모델명	SN-6A53-50-040-HSR	SN-6A63-50-040-HSR
사용압력 kgf/cm2	전자변 부착 사용, 2~7	
작동형식	복동	
CUSHION	NBR 고무	
TUBE내경 (mm)	50	
전자변	AC 220V	
SENSOR 스위치	DC 10~30V(무접점 스위치 RNB 2형)	

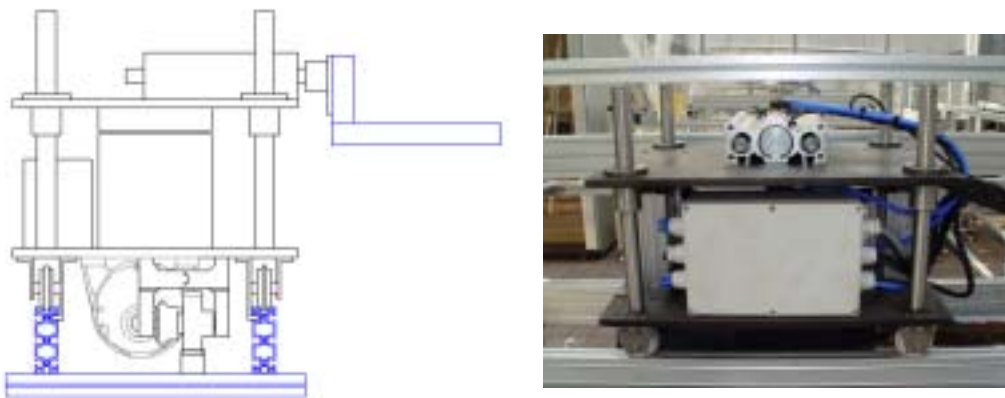


Fig. 1-16. 트레이 이송장치

(나) 구동 모터

트레이를 각각의 컨베이어 쪽으로 위치를 제어하며 이동시키기 위한 장치이다.

표 1-35. 구동모터 제원

제조사	SAMYANG MOTOR
모델명	SY-MMX-H002-75-F88
전원 전압	220V, 3-Phase, 0.2Kw
기어비	75 : 1
추가사항	브레이크 장착



Fig. 1-17. 구동모터와 윙기어

라) 컨베이어 구동부

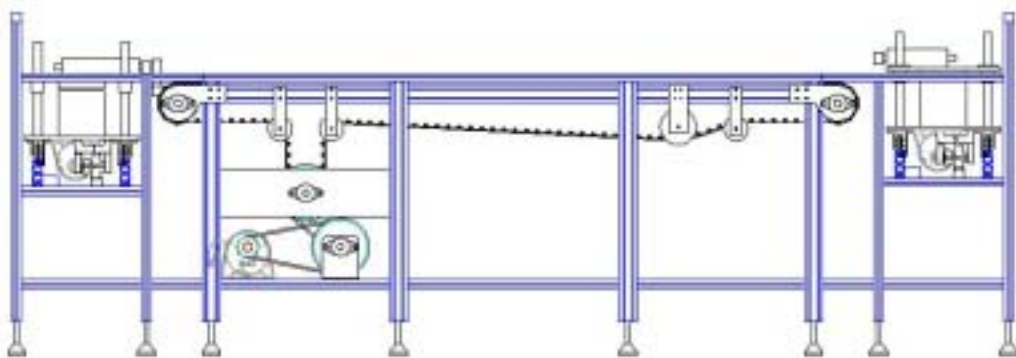


Fig. 1-18. 컨베이어 정면도



Fig. 1-19. 체인컨베이어



Fig. 1-20. 컨베이어 구동 모터

표 1-36. 컨베이어 제원

제조사	SAEKI RTN. Co., Korea
모델명	
크기(mm)	W 8680 × L 3315 × H 1140
Drum dia.(mm)	120
컨베이어 체인 사양	
Belt type	Stainless steel straight chains (Chrom-Nickel)
Belt width(mm)	82.5
Belt model	TT826
컨베이어 구동모터	
제조사	SAMYANG MOTOR
모델명	SY-MMX-H004-100-F105
전원 전압	220V, 3-Phase, 0.4Kw
기어비	100 : 1
추가사항	브레이크 장착

마) 관수장치

본 연구에서 개발한 장미 식물공장시스템에서는 양액공급 방식으로 분무경을 사용하였다. 관수장치의 구성을 살펴보면 20mm PE pipe, 필터(120mesh), 급액펌프, 배양액 탱크, 분무노즐 등이다.



Fig. 1-21. 관수장치 구성

(A:분무노즐, B:컨베이어 내 배관모습, C:분무되는 모습, D:급액펌프, E:필터)

2) 장미 식물공장의 제어

가) 센서부

(1) 고주파 발진형 근접스위치

(가) 원리

검출코일에서 발생하는 고주파 자계중에 검출물체(금속)가 접근하면 전자유도 현상에 의하여 검출물체(금속)에 와전류가 흐른다. 이 와전류는 검출코일에서 발생하는 자속의 변화를 방해하는 방향으로 발생하게 되어 내부 발진회로의 발진 진폭이 감소 또는 정지하게 된다. 이 상태를 이용하여 검출체의 유·무를 검출한다.

장미 식물공장에서는 트레이 적재 확인, 이송장치 위치 제어, 컨베이어 위치 확인을 위하여 고주파 발진형 근접스위치를 사용하였다.

(나) 특징

- ①반복 정밀도가 높다.
- ②응답속도가 빠르다.(DC)

표 1-37. 근접센서 제원

제조사	Autonics Korea
모델명	PSN 40-20DN
크기(mm)	40 × 40
전원 전압	DC 12~24V
검출거리	20mm±10%
응답주파수	200Hz
보호회로	서어지 보호회로, 전원 역접속 보호회로, 과전류 보호회로 내장
출력동작	NPN Nomal Open type

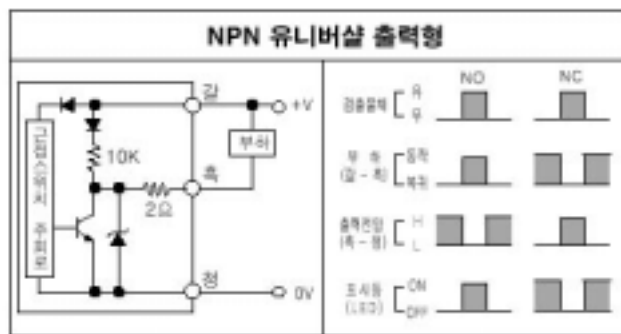
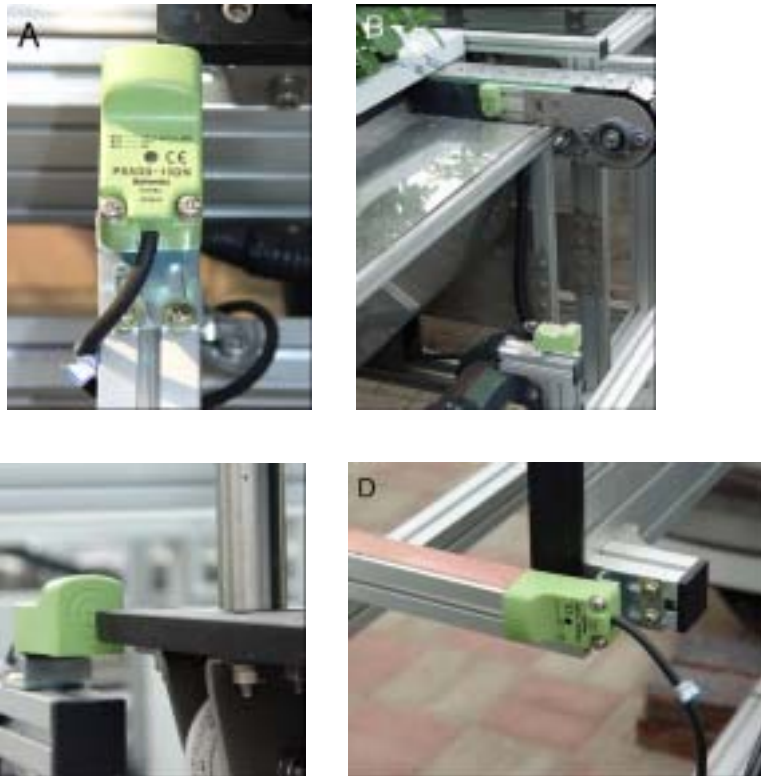


Fig. 1-22. 근접스위치 및 검출 회로

(A:고주파 발진형 근접 스위치, B:체인컨베이어 벨트에서 트레이를 감지하는 근접 스위치, C:이송장치의 위치를 감지하는 근접 스위치, D:이송장치의 트레이 받침대에서 트레이 위치를 감지하는 근접 스위치)

(2) 리미트 스위치

이송장치가 시스템에서 이탈하는 것을 방지하기 위하여 리미트 스위치를 부착하였다.



Fig. 1-23. 리미트 스위치

표 1-38. 리미트 스위치 제원

제조사	HANYOUNG AUTO CONTROLS Co., LTD. Korea
모델명	HY-L804
허용 전압	250V 5A
절연저항	100M Ω 이상 (DC 500V메가에서)
내충격성	자유위치 : 100m/s ² (약 10G)이상 동작한도 위치 : 300m/s ² (약 30G) 이상

(3) 실린더 위치 감지 센서

트레이를 컨베이어로 이동시킬 때 정 위치에 이동시키기 위해 실린더의 위치를 감지하는 센서를 부착하였다. 하나의 이송장치에 수평실린더, 수직실린더 2개가 부착되어 있고, 각각의 실린더에는 실린더의 위치를 감지하는 센서가 2개씩 부착되어 있다.

아래 그림에서 은색 판모양이 수평실린더 부분이고 빨간색의 동그라미 표시 부분이 실린더의 위치를 감지하는 센서인데 윗 부분이 실린더가 바깥쪽으로 내미는 동작을 감지하고, 아랫부분이 안쪽으로 당기는 위치를 감지하는 센서이다.



Fig. 1-24. 수평 실린더 위치 감지 센서

표 1-39. 실린더 센서 제원

제조사	SEYANG Co., Korea
모델명	RNB 2
접점형식	무접점 Nomal Open
전원전압	DC 10~30V, 5~100mA
평균동작시간	1msec

(나) 컴퓨터 제어

장미 식물공장 시스템을 제어하기 위하여 전용 프로그램을 제작하여 사용하였다. 장미 식물공장 전용 프로그램은 환경설정, 컨베어 설정, 관수설정, 시스템 관리, 사용자 관리, 로그기록, 수동작동, Tray 수정 등으로 구성되어 있다.



Fig. 1-25. 산업용 제어 컴퓨터

표 1-40. 산업용 제어 컴퓨터 제원

CPU	Celerone 1GHz
Memory	128M
Main Board	601TCF(For Socket 370)
VGA	Onboard VGA/Via VT 82C686B 16VM
확장포트	PS/2 keyboard and PS/2 mouse connectors Floppy disk drive connector ×1 Parallel port ×1 Serial port ×2 USB connector ×2, USB header ×2 Audio connector (Line-in, Line-out/MIC & Game Port)
확장슬롯	32-bit PCI slot ×3 AMR slot ×1 ISA slot ×1

장미 식물공장 시스템을 제어하는 메인 프로그램의 블록 다이어그램이다.

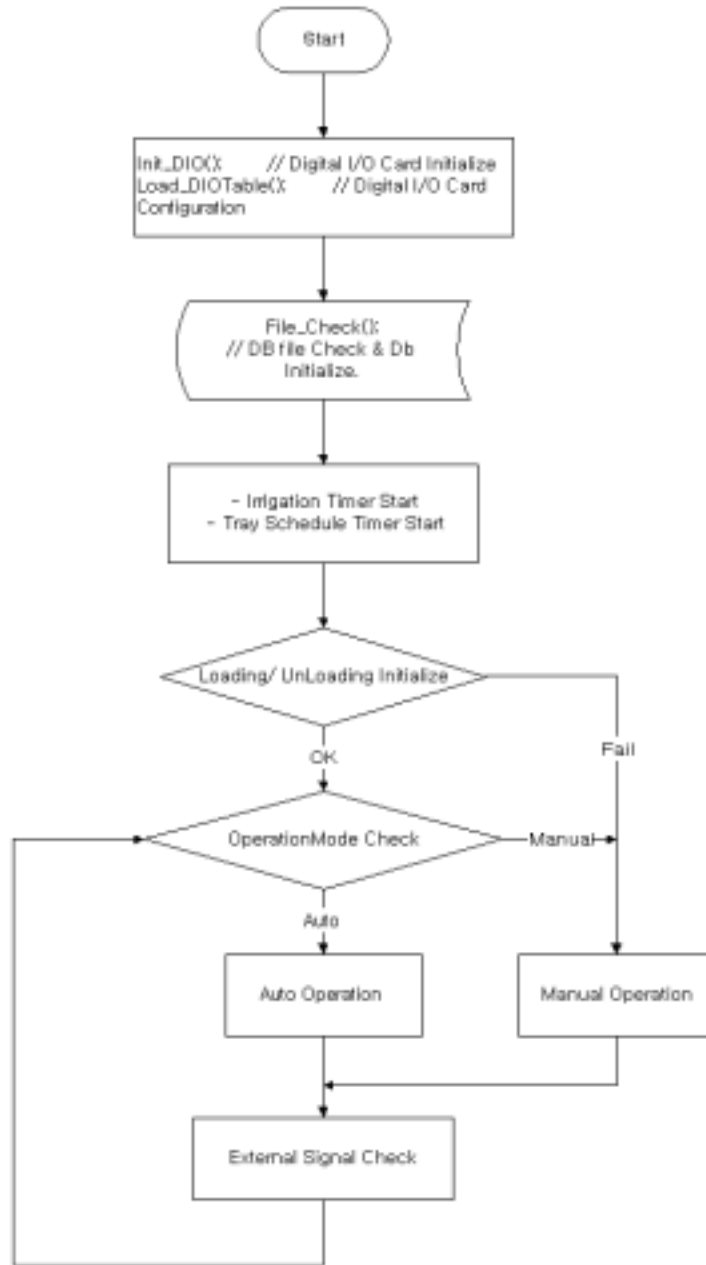


Fig. 1-26. 프로그램 메인 블록 다이어그램

이송장치 작동시 초기화 작업에 대한 제어 알고리즘으로 외부 신호를 감지한 후 현재 이송장치의 위치를 파악하여 트레이를 컨베이어의 제자리에 이동시킬 수 있는 이송장치의 제자리를 잡는다. 이송장치가 제자리를 잡은 후에 트레이를 들어올리고 이동하는 동작을 실시하고 동작이 끝나면 되돌아오게 된다.

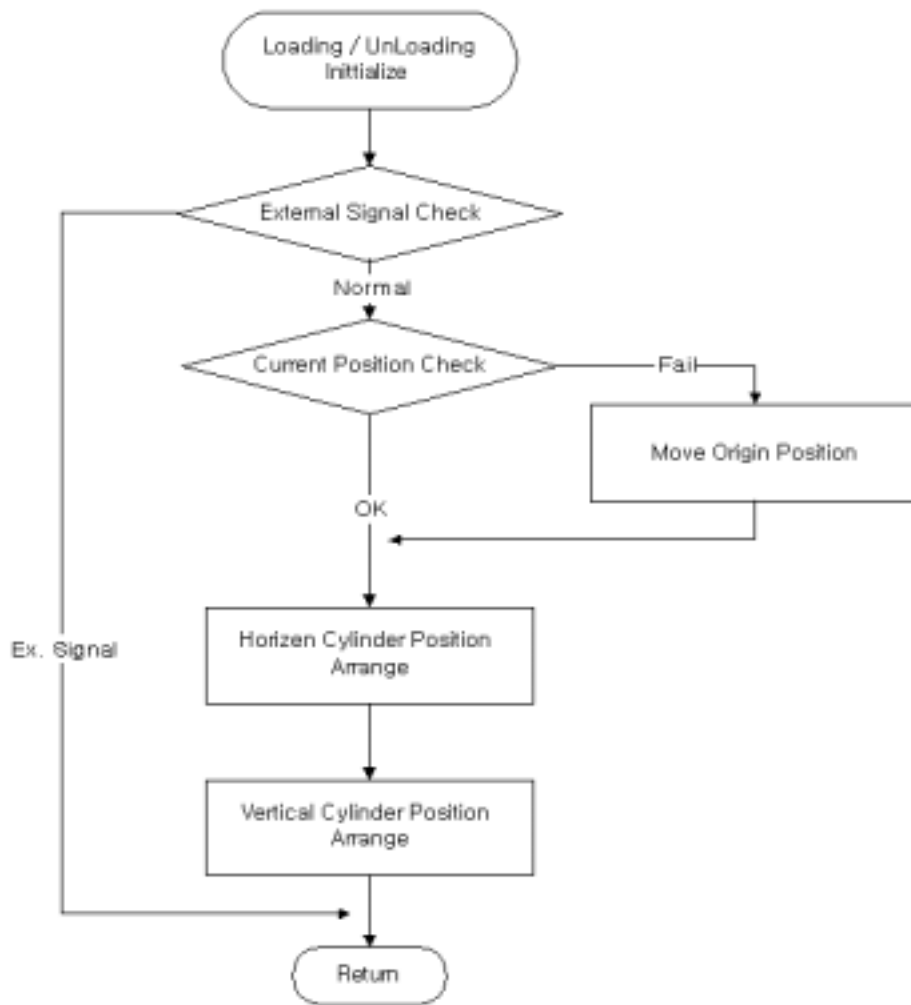


Fig. 1-27. 이송장치 초기 정렬 함수

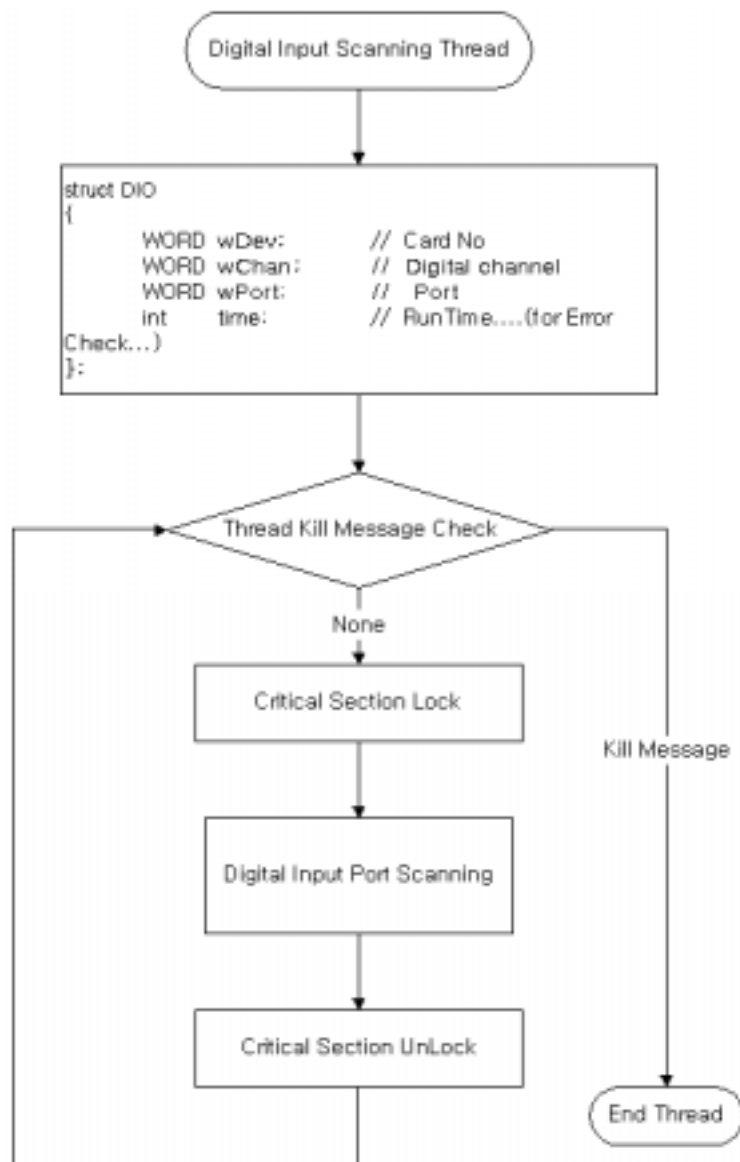


Fig. 1-28. 외부 센서 입력 상태 점검 Thread

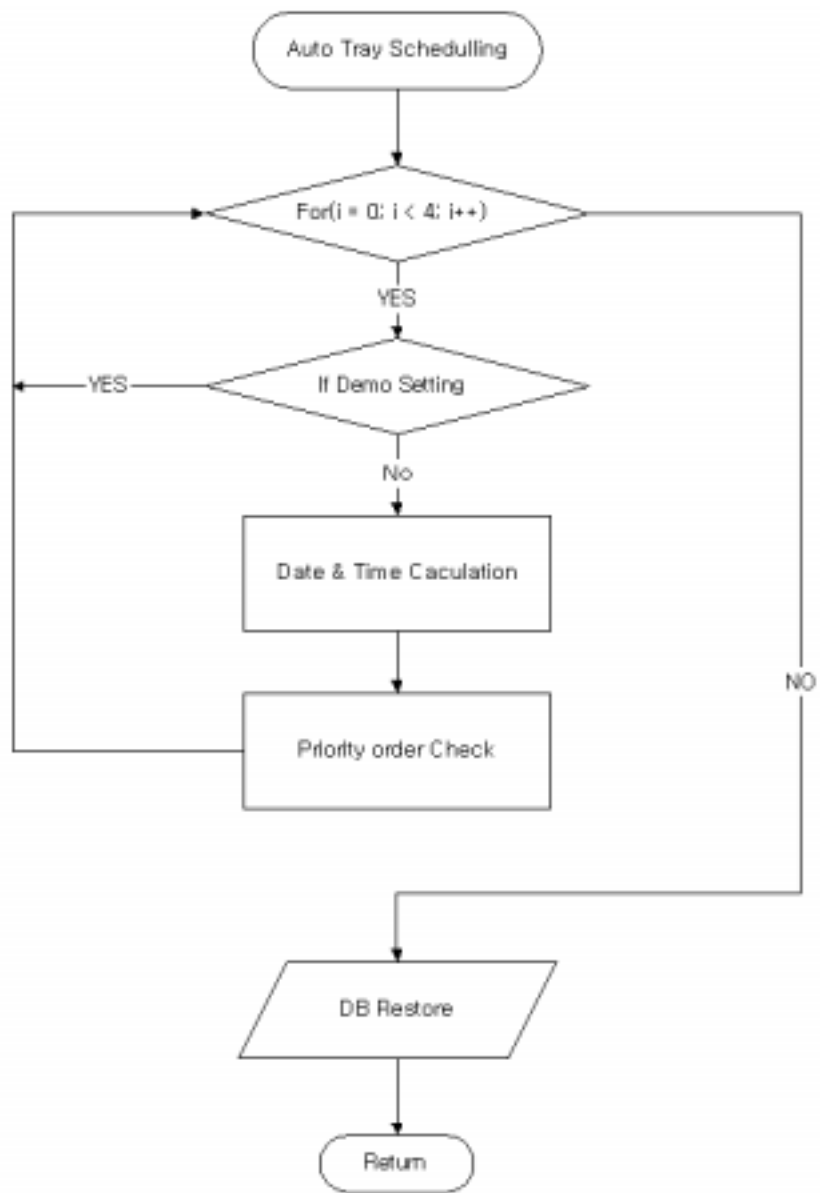


Fig. 1-29. Tray 스케줄링 함수

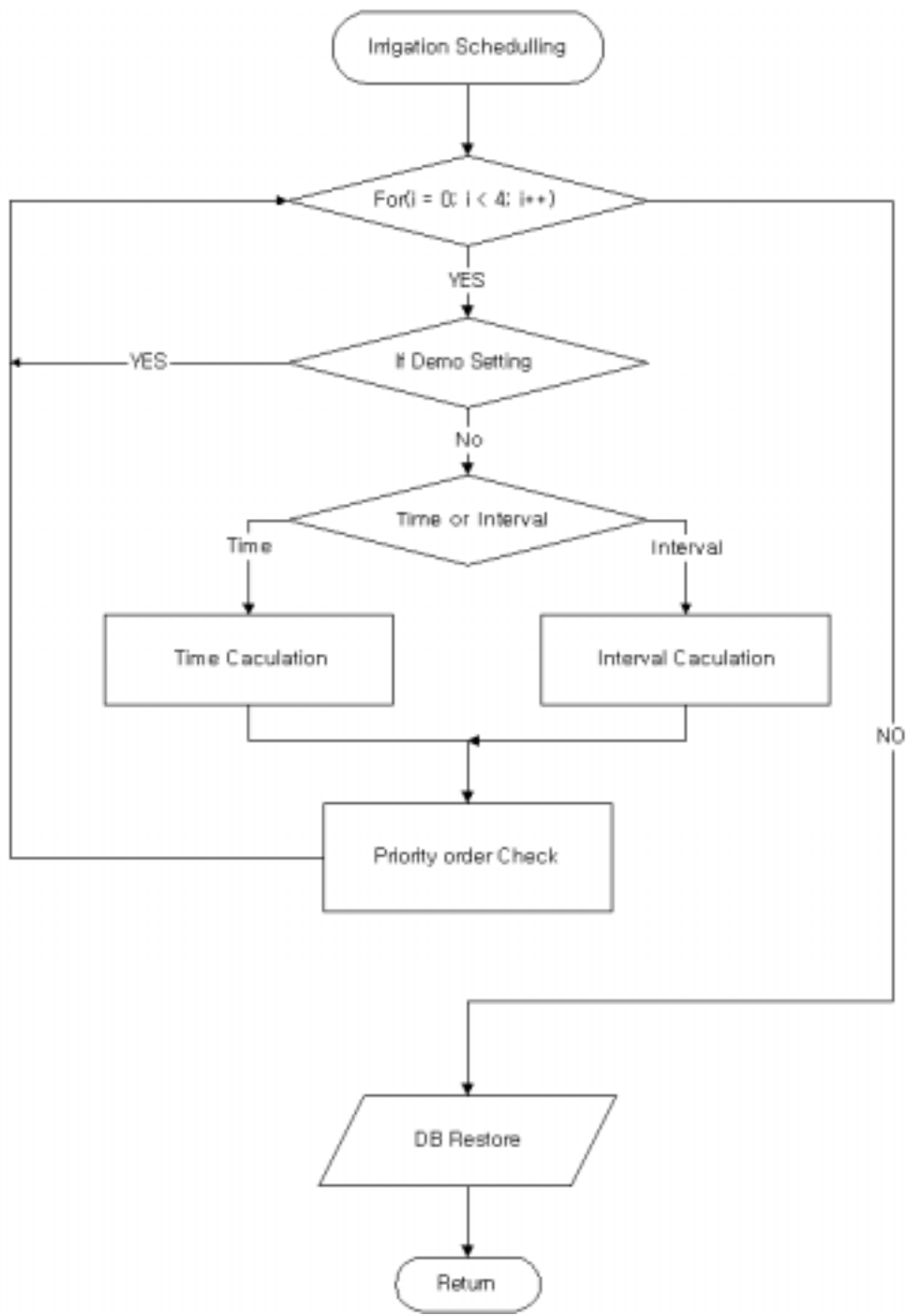


Fig. 1-30. 관수 스케줄링 함수



Fig. 1-31. Tray 자동 투입 함수

표 1-41. UPS 제원

모델명	SENSE PLUS 1000RM
입력정격	220V 단상 50~60Hz±5%
출력배터리전압	220V±5%
절환시간	2~4ms
EMI/RFI 필터	15MHz-10dB, 30MHz-50dB
배터리 type	Sealed, maintenance-free lead acid
배터리 충전시간	최소 4시간 (총용량의 90%까지)
크기(mm)	483 × 490 × 132

표 1-42. 디지털 IO 카드

모델명	AX5425P	
절연 입력	입력 개수	16ch
	입력 범위	5~24V DC
	입력 임피던스	1.2K/1W
릴레이 출력	출력 개수	16ch
	접점 용량	120VAC or 24VDC
	접점부 재질	Gold overlay silver-nickel
	서지 부하	Hight voltage : 6000v
Connector	37-pin male D-type connector	

3) 구동부 제어

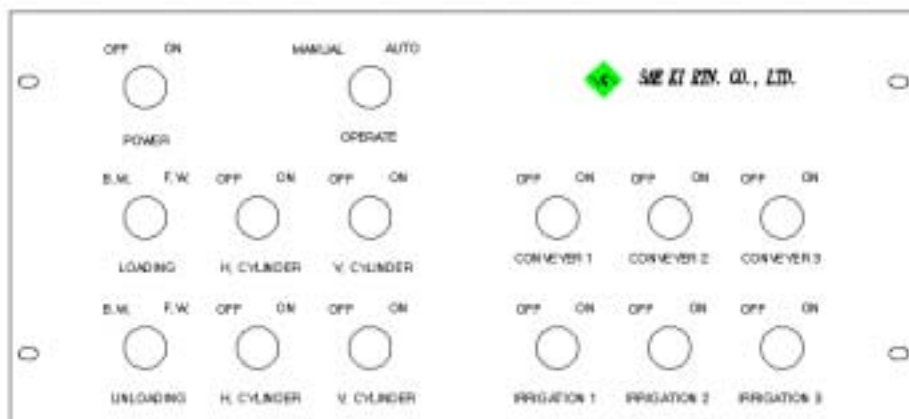


Fig. 1-32. 수동 작동 판넬

3) 장미 식물공장의 운영

가) 프로그램 구성



◆ 환경설정

- 시스템의 자동 / 수동 운전을 설정.
- Conveyor의 작동 우선순위 설정.
- Tray 투입 작업 Schedule 기간 설정.
- Demo Conveyor 설정.

◆ 컨베이어 설정

- 각 Conveyor 재배 기간 설정.- Tray 투입 작업 시간 설정.

◆ 관수 설정

- 관수 방법 설정(시간설정, 인터벌 설정).- 시간설정.

◆ 시스템 관리

- 시스템 초기화 작업.- 시스템 점검.

◆ 사용자 관리

- 사용자의 추가, 삭제.- 사용자 권한 설정.

◆ 로그기록

- 시스템의 시작, 에러, 종료 등의 기록 관리.

◆ 수동 작동

- 시스템의 수동 작동.

◆ 우측 하단의 버튼 이미지



- 정상 작동 중에는 아래와 같은 이미지가 나타나며, 이 버튼의 작동 시에는 모든 작동은 일시 정지 된다.



- 일시 정지 중에는 아래와 같은 이미지가 나타나며, 다시 이 버튼을 작동 시에는 정지상태가 해제 된다.



- 시스템 경고 발생 시에는 아래와 같은 이미지와 함께 경고음이 발생된다. 경보원인을 해제한 후 복구를 하려면 경고버튼을 작동 시킨다.

◆ 화면 하단부의 Conveyer 설정 상태

- 현재 각 Conveyer의 설정 상태를 표시하여 준다.

Conveyer 1 상태 : <input type="button" value="사용중"/>	Conveyer 2 상태 : <input type="button" value="사용중"/>	Conveyer 3 상태 : <input type="button" value="사용중"/>
우선 순위 : <input type="text" value="1"/>	우선 순위 : <input type="text" value="2"/>	우선 순위 : <input type="text" value="3"/>
재배 기간 : <input type="text" value="15"/>	재배 기간 : <input type="text" value="20"/>	재배 기간 : <input type="text" value="30"/>
관수 방법 : <input type="text" value="Interval"/>	관수 방법 : <input type="text" value="Interval"/>	관수 방법 : <input type="text" value="Time"/>

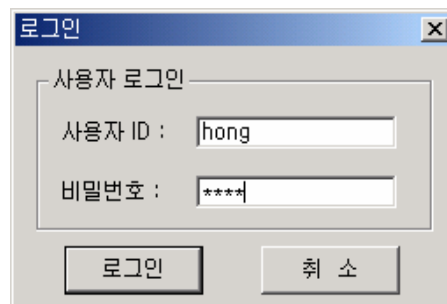
나) 사용자 로그인

모든 메뉴항목을 실행 시에는 사용자 인증과정을 거쳐야 한다.

사용자는 크게 3가지로 분류된다.

- 시스템 관리자 : 전문교육을 받은 본사의 기술자
- 전체 관리자 : 본 프로그램의 사용자 관리를 비롯한 모든 권한을 가진 사용자
- 실무 관리자 : 전체 관리자가 지정한 실무 사용자

한번의 사용자 인증을 거친 후에는 약 1분 동안 로그인이 유지된다.



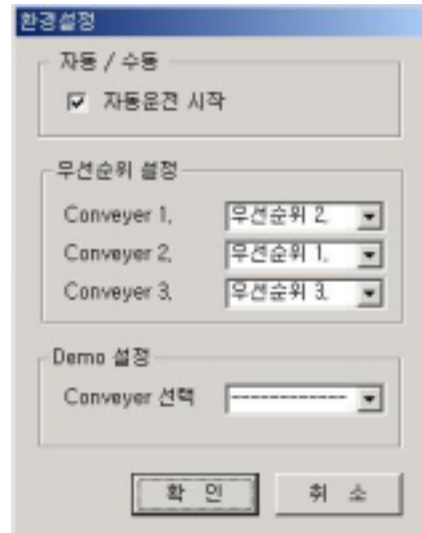
로그인 대화상자

사용자 로그인

사용자 ID :

비밀번호 :

다) 환경설정



- 자동운전 / 수동운전의 선택
- Conveyer의 우선순위 설정
- Demo 설정 : Demo가 필요한 경우에만 설정한다.

라) 이송 컨베이어 설정

이송 컨베이어 설정

Conveyer Input Setting

Conveyer 1

2003-07-21 Add

번호	스케줄
----	-----

작업 시간 설정

Tray 투입 작업 시간 : 10 시

확인 취소

- 작물 투입 날짜와 투입할 Conveyer, Tray 투입 작업 시간을 결정한다.
- 모든 작업은 이 시간에 의해 이루어진다.

마) 관수 설정

관수 설정

Conveyer 1 | Conveyer 2 | Conveyer 3

관수방법 선택

시간설정 인터발 관수 시간 : 1 Sec

관수 시간 설정

번호	설정시간

추가
삭제
모두 삭제

인터발 시간대 1

0 시 0 분 부터 6 시 0 분 까지
40 분 간격으로 관수

인터발 시간대 2

6 시 0 분 부터 20 시 0 분 까지
120 분 간격으로 관수

인터발 시간대 3

20 시 0 분 부터 23 시 59 분 까지
60 분 간격으로 관수

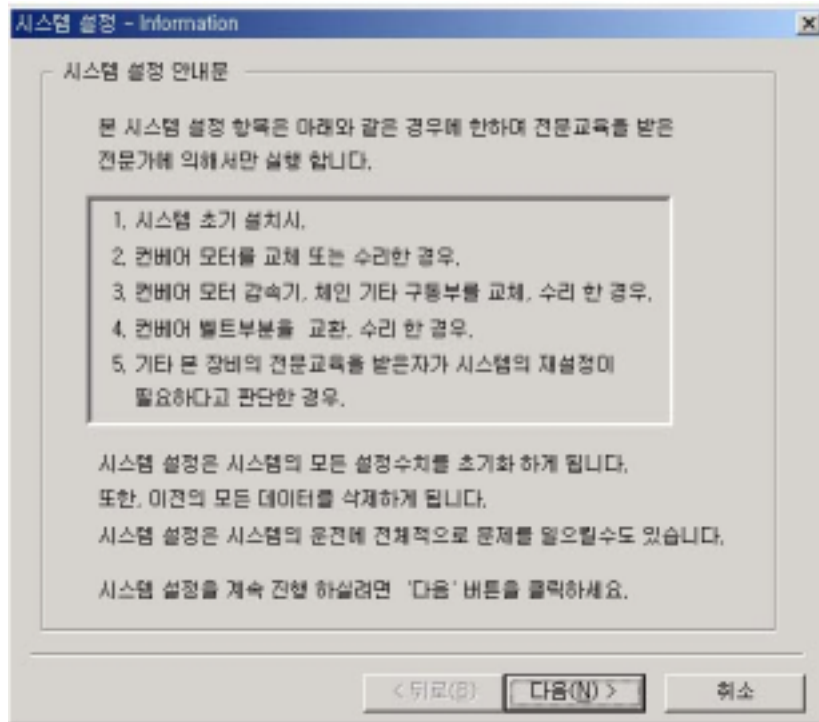
적용

확인 취소

- 관수 방법 설정 : 시간 또는 인터벌 관수를 필요에 따라 선택한다.
- 관수 시간 설정 : 양액이 공급되는 시간을 초 단위로 설정한다.

바) 시스템 관리

- 아래와 같이 시스템에 영향을 미치는 작업을 수행한 후에는 본사의 기술자에 의해서만 이루어지는 작업이다.

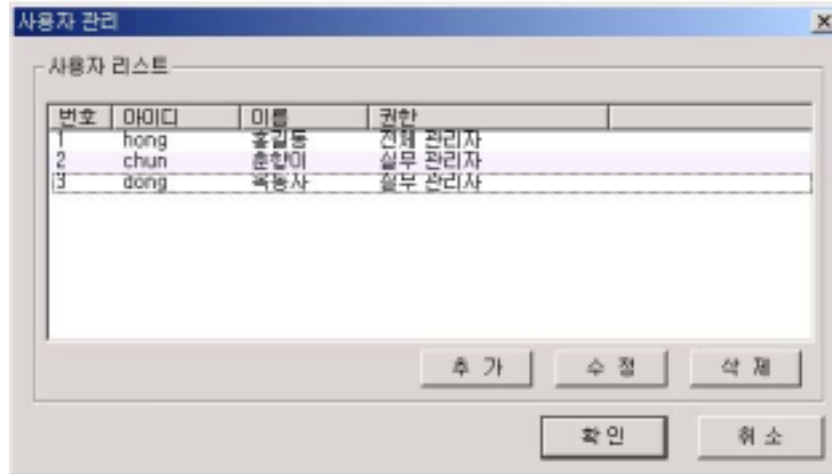


본 화면에서 “다음”을 선택하면 2가지 종류의 설정으로 나누어진다.

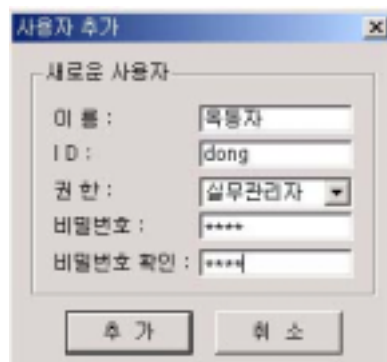
첫 번째는 시스템의 Run-Time 등을 설정하는 항목이고, 두 번째는 시스템의 출력 카드, 입력카드 점검 항목이다.

사) 사용자 관리

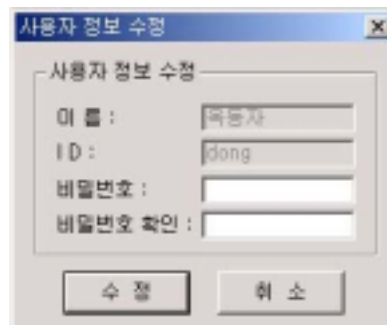
- 전체관리자 권한을 가진 사람만이 사용자를 추가, 수정, 삭제할 수 있다.



실무 관리자는 시스템의 설정, 작동 등의 권한을 가지고, 전체 관리자는 실무 관리자의 기능과 함께 사용자관리 기능과, 로그기록 관리의 권한을 가진다.



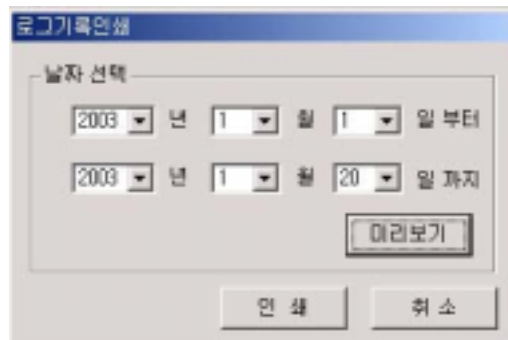
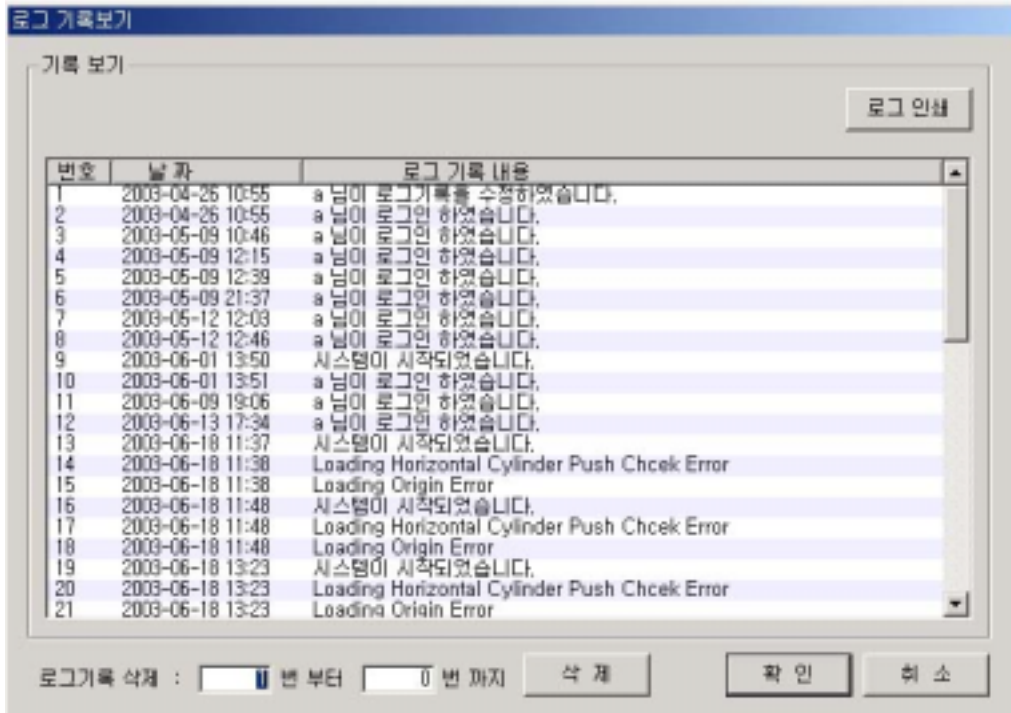
[사용자 추가 화면]



[사용자 비밀번호 수정]

아) 로그기록 관리

- 전체 관리자는 로그기록의 삭제가 가능하다. 너무 많은 로그 데이터는 시스템의 성능을 저하시킬 수 있으므로 주기적으로 관리하여야 한다.



자) 수동 작동



Function Switch 와 General Switch를 동시에 작동시킬 수 없다.
 Function Switch는 반드시 한번에 하나의 기능만을 작동한다.
 Function Switch 동작 완료 후에는 항상 Off 시켜야 한다.

◆ Function Switch

- Loading Origin : Tray-투입 장치의 초기 위치 정렬
- Unloading Origin : Tray-회수 장치의 초기 위치 정렬
- Conveyer 1 Input / Output : Conveyer 1 Tray 투입 / 회수
- Conveyer 2 Input / Output : Conveyer 2 Tray 투입 / 회수
- Conveyer 3 Input / Output : Conveyer 3 Tray 투입 / 회수

◆ General Switch

- Loading Motor : Tray-투입 장치의 전진, 후진, 정지
- Hor. Cylinder : Tray-투입 장치의 수평 실린더 스위치
- Ver. Cylinder : Tray-투입 장치의 수직 실린더 스위치
- Unloading Motor : Tray-회수 장치의 전진, 후진, 정지
- Hor. Cylinder : Tray-회수 장치의 수평 실린더 스위치
- Ver. Cylinder : Tray-회수 장치의 수직 실린더 스위치
- Conveyer 1 : Conveyer 1 이동
- Conveyer 2 : Conveyer 2 이동
- Conveyer 3 : Conveyer 3 이동
- Irrigation 1 : Conveyer 1 관수 작동
- Irrigation 2 : Conveyer 2 관수 작동
- Irrigation 3 : Conveyer 3 관수 작동

4. 장미 공장생산시스템의 인공광원 및 조명기술

가. 재료 및 방법

국내에서 동계 시설 내 광환경은 작물생육에 적합한 수준의 광량이 확보되지 않고 있다. 일반적으로 동계 광량은 지역에 따라 차이는 있으나 140~180 cal/cm/day 수준이기 때문에 장미의 생산성과 품질을 확보하기 위해서는 보광이 필수적이다. 특히 식물공장과 같은 생산시스템에서는 장미의 계획생산과 높은 생산성이 필수적이다.

본 실험은 Rote Rose 품종을 공지 작물로 하여 절화 생산성향상을 위한 보광기술을 개발하고자 실험을 수행하였다. 시험 1, 2, 3으로 나누어 수행하였다. 시험 1은 광원(메탈할라이드(MH), 고압나트륨등(HPS))에 따른 생장을 조사하고, 시험2는 광도에 따른 영향, 시험3은 보광시간에 따른 절화 생산성을 조사하였다.

◆삽목배지 : 압면 cube(7.5×7.5×6cm, grodan)

◆재배시스템 : Aeroponics

◆양수분관리 : 발근 후 서울시립대 순환식 배양액을 EC 1.5dS · m⁻¹, pH 5.5~6.5로 주간에는 15분 간격으로 10분간 분무, 야간에는 45분 간격으로 10분간 분무함 3일에 한번씩 양액의 EC와 pH를 보정하였고, 수확시까지 배양액 갱신은 하지 않음

1) 광원별 보광기술 개발

◆시험품종 : Rote Rose

◆재배시스템 : Aeroponics

◆처리내용 : Control, MH, HPS, MH+HPS

◆주요조사항목 : 광합성, 증산량, 생육조사

2) 보광 광도별 보광기술 개발

◆시험품종 : Rote Rose

◆재배시스템 : Aeroponics

◆처리내용 : 200(150~250) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$
 300(250~350) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$
 400(350~450) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$

◆주요조사항목 : 광합성, 증산량, 생육조사

3) 보광 시간별 보광기술 개발

◆시험품종 : Rote Rose

◆재배시스템 : Aeroponics

◆처리내용 : 일장 11h(control), 14h, 16h

◆주요조사항목 : 광합성, 증산량, 생육조사

나. 결과 및 고찰

1) 광원별 보광 기술

Table 1-43. Growth of Rote Rose grown under different light source at 20th day after transplanting.

	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Flower diameter (cm)	Flower height (cm)	Flower stalk (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	No. of 5-leaflet leaves	No. of 3-leaflet leaves	No. of 1-leaflet leaves
control	40.50	0.42	8.83	3.16	7.70	20.81	5.21	6.20	2.00	1.20
MH	42.50	0.29	7.65	2.28	12.25	11.67	2.44	4.00	2.00	1.25
HPS	52.58	0.43	9.95	3.70	12.83	29.00	6.86	6.43	1.14	1.00
MH+HPS	53.00	0.43	9.94	3.90	11.50	30.50	7.50	5.50	2.50	1.50

Table 1-44. Photosynthesis, transpiration rate and Diffusive resistance of Rote Rose grown under different light source at 20th day after transplanting.

	Photosynthesis	Cond	Transpiration	Diffusive Resistance
MH	8.37	0.139	18.31	1.1
HPS	2.04	0.012	2.34	9.63
MH+HPS	8.71	0.110	11.61	1.95

2) 보광 광도별 보광기술 개발

Table 1-45. Growth of Rote Rose grown under different supplemental lighting intensity at 20th day after transplanting.

	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Flower diameter (cm)	Flower diameter (cm)	Flower stalk (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	No. of 5-leaflet leaves	No. of 3-leaflet leaves	No. of 1-leaflet leaves
control	40.50	0.42	8.83	3.16	7.70	20.81	5.21	6.20	2.00	1.20
200 16h	43.13	0.45	10.40	4.32	10.14	29.06	7.84	5.25	1.25	1.00
300 16h	44.94	0.47	10.39	3.94	10.59	31.51	8.68	5.22	1.78	1.00
400 16h	47.36	0.47	11.08	4.14	10.53	35.38	9.57	5.43	1.86	1.00

Table 1-46. Photosynthesis, transpiration rate and Diffusive resistance of Rote Rose grown under different supplemental lighting intensity at 20th day after transplanting.

Treatment	Photosynthesis	Cond	Transpiration	Diffusive Resistance
control	13.82	0.203	5.86	3.13
200 16h	10.41	0.124	13.93	1.57
300 16h	11.14	0.110	13.59	1.5
400 16h	16.24	0.200	23.65	0.82

3) 보광 시간별 보광기술 개발

Table 1-47. Growth of Rote Rose grown under different supplemental lighting at 35th day after transplanting.

	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Flower diameter (cm)	Flower diameter (cm)	Flower stalk (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	No. of 5-leaflet leaves	No. of 3-leaflet leaves	No. of 1-leaflet leaves
control	40.50	0.42	8.83	3.16	7.70	20.81	5.21	6.20	2.00	1.20
300 16h	44.94	0.47	10.39	3.94	10.59	31.51	8.68	5.22	1.78	1.00
300 14h	40.50	0.39	9.58	3.20	9.27	22.36	6.83	5.00	1.67	1.00

Table 1-48. Photosynthesis, transpiration rate and Diffusive resistance of Rote Rose grown under different supplemental lighting at 35th day after transplanting.

Treatment	Photosynthesis	Cond	Transpiration	Diffusive Resistance
Control	13.82	0.203	5.86	3.13
300 14h	12.82	0.153	25.33	0.75
300 16h	11.4	0.110	13.59	1.5



Fig. 1-33. 장미 공장생산시스템의 인공광원 및 조명기술

6. 장미 공장 생산 시스템의 경제성 및 실용화

가. 장미 공장생산 시스템의 경제성 및 실용화

1) 재료 및 방법

장미공장 생산 시스템의 성능시험은 서울시립대학교 인공광 병용형 장미식물공장에서 수행하였다. 2003년 5월 20일 암면 큐브에 삽목하여 발근된 절화용 장미 'Versillia'와 'Vital' 품종을 시험재료로 사용하였다. 광원으로는 고압나트륨등(Philips, Son-t 400W)을 2×2(m)간격으로 설치하였다. PC를 이용해 광도 $800 \pm 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 상대습도 40-60%, CO_2 농도 $500 \mu\text{mol}^1$ 로 환경을 설정하고 부족한 광은 인공광원(나트륨등)으로 보광하였다. 배양액은 분무수경용 서울시립대 순환식 장미 배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, $\text{PO}_4\text{-P}$ 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2 me/L)를 사용하였다. 근권의 pH는 5.5-6.5, EC 1.5 ± 0.3 dS/m로 조절하였다. 수확 후 생육조사를 하였으며, 상품성을 파악하고자 초장에 따라 분류하였다.

장미 식물공장에서 재식 간격에 따른 생장특성을 보기위해서 서울시립대학교 인공광 병용형 장미식물공장에서의 앞의 환경조건에서 시험을 수행하였다. 재배품종은 'Vital'과 'Versillia'로 재식간격은 10×10cm, 14×14cm, 20×10cm로 재배하였다.

2) 결과 및 고찰

근래 저렴한 가격에 이용할 수 있는 casual flower에 대한 수요가 선진국을 중심으로 급증하고 있으며, 특히 일본의 수입이 증가하고 있는 실정이다. 장미 식물공장에서 생산한 single-stemmed 장미의 생육 특성을 조사하고, casual flower의 생산성을 분석하고자 초장에 따라 분류하였다. 장미식물공장에서 생산한 single-stemmed 장미의 생장은 평균적으로 'Vital'은 초장 55.16cm, 경경 46mm, 화고 4.24cm, 화폭 9.11cm으로, 'Versillia'는 초장 55.72cm, 경경 43mm, 화고 4.86m, 화폭 8.65cm로 나타났다. 'Vital'품종의 초장 생장은 40-50cm 31.3%, 50-60cm 31.03%로 60-70cm 24.13%,

70-80cm 8%, 30-40cm 5.1% 순으로, 'Versillia' 품종은 50-60cm 43.3%, 40-50cm 32.89%로 60-70cm 13.51%, 30-40cm 10.3%로 분류되었다. 본 실험결과 장미식물공장 에서 환경제어와 공장시스템을 이용하여 재배기간을 단축시키고, 연중 단위 면적당 생산량을 증가시키고 균일한 장미의 생산성을 확인할 수 있었다.

Casual flower로서 상품 성을 고려할 때 경장을 50 cm 기준으로 같다면 전체적으로 볼 때 50cm 이상을 보인 비율은 Versillia는 57% 이고, Vital은 64%임을 보였다. 경장은 40cm 이상으로 할 때는 Versillia 90%, Vital은 95% 수준의 상품성을 나타 낼 수 있는 것으로 보인다.

Table 1-49. Cut flower length Characteristics of single-stemmed roses 'Vital' and 'Versillia' in rose factory.

Cultivar		Cut flower length(cm)				
		30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Vital	Aver.	38.00	45.45	55.13	64.62	73.6
	%	5.1	31.03	31.03	24.13	8.0
Versillia	Aver.	37.64	44.45	56.0	62.57	-
	%	10.3	32.89	43.3	13.51	-

Table 1-50. Growth of Single-stemmed rose 'Vital' and 'Versillia' in rose factory.

Cultivar	Cut flower				Leaf			Flower	
	Stem length (cm)	Stem diam. (cm)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)	No.	Length (cm)	Width (cm)	Height (cm)	Diam. (cm)
Vital	55.16	0.46	23.70	5.42	12.4	14.5	12.0	4.24	9.11
Versillia	55.72	0.43	21.88	5.62	13.3	14.0	11.6	4.86	8.65

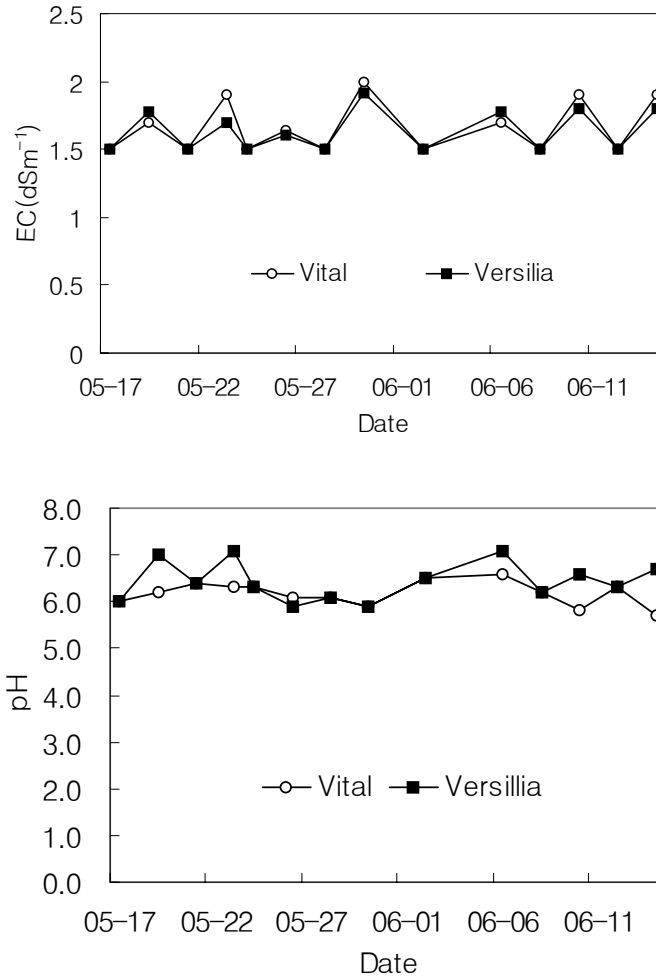


Fig. 1-34. Change of pH and EC of nutrient solution in single-stemmed rose 'Vital' and 'Versillia'.

식물공장에서 실질적인 장미 절화 시 재식 거리로 3수준으로 하여 실험하였다. 재식간격에 따른 single-stemmed rose의 초장, 경경, 생체중, 건물중, 화고, 화경 등의 생육조사를 하였다. 생육조사 결과 초장과 생체중, 건물중은 20×10cm이 높았으며 10×10cm, 10×14cm에서도 유의차를 나타내지 않았다.

품종에 따른 차이로 보면 'Versillia'는 재식거리에 따른 초장, 경경에서 차이가 없었

으나 'Vital'은 20×10cm에서 높은 경향을 보였다. 가리나 고온기인 6-7월에 실험이 이루어진 관계로 원하는 수준의 생육상태와 결과를 얻기는 어려웠다. 앞으로는 계절에 따른 single-stemmed rose의 생육에 대해 집중적인 연구가 필요하겠다.

Table 1-51. Effects of planting distance on the growth in single-stemmed rose 'Vital' and 'Versillia'

Cultivar	Treatment	Cut flower			No.	Flower				
		Stem length (cm)	Stem diam. (cm)	Fresh Wt. (g)		Dry Wt. (g)	Length (cm)	Width (cm)	Height (cm)	Diam. (cm)
Vital	10 × 10	46.89 b	0.44	19.67 a	4.09 b	9.93	11.51	9.93	3.18	8.17
	14 × 14	46.60 b	0.443	16.15 b	4.27 a	13.00	12.92	10.85	3.10	8.25
	20 × 10	50.50 a	0.46	19.95 a	4.17 a	9.65	11.63	10.19	3.22	8.18
Versillia	10 × 10	48.84 a	0.492	28.47 c	4.91 b	12.39	12.42	11.30	3.03	7.92
	14 × 14	48.49 a	0.476	30.02 b	5.02 b	12.42	12.78	10.70	3.08	8.21
	20 × 10	49.33 a	0.489	33.05 a	5.45 a	12.97	12.01	10.7	3.17	8.94

나. 장미 식물공장 single-stemmed 장미의 생산 수익성

평지 난방온실에서 주년 생산하는 장미 기본 작형의 수량성은 1ha 당 50,000주를 정식하여 1,260,000송이의 절화 생산이 가능하다. 년 평균 가격을 150원을 적용하면, 연간 조수익은 189,000,000원이며, 소득률 40%로 적용시 1ha당 75,600,000원의 소득을 올릴 수 있다. 장미식물공장에서 single-stemmed 장미를 생산할 경우, 정식 후 수확까지 소요일수가 년 평균 35일이 소요되어 연간 10회 수확이 가능하다. 정식간격이 10×10cm일 때, 1회에 면적당 83송이/m²를 생산하여, 연간 8,300,000송이/ha를, 정식간격이 10×20cm일 때 1회 면적당 생산량은 43송이/m²를 생산하여 연간 4,300,000송이/ha를 생산한다. 아울러 년평균 가격을 80원을 적용하면 연간 조수익은 10×10cm로 정식할 경우 1ha당 8,300,000송이를 생산하여년 소득이 664,000,000원이 되며, 소득률을 40%로 정하면 265,600,000원의 소득을 올릴 수 있다. 재식간격이 10×20cm 일 경우

1ha당 4,300,000송이를 생산하여 연간 조수익은 $4,300,000 \times 80 = 344,000,000$ 원이며 소득률을 40%로 정하면 137,600,000원의 소득을 올릴 수 있다. 장미 식물공장 생산을 통해 $126\text{송이}/\text{m}^2$ 생산성을 $630\text{송이}/\text{m}^2$ 로 증대시키고, 년중 계획 생산과 규격화된 상품 생산이 가능하며 수익을 극대화 시킬 수 있었다

Table 1-52. Single-stemmed 장미 공장생산 수익성 분석

	수확횟수 (회)	1ha당수확량 (천본)	1ha당총수익 (원)	1ha당순수익 (소득의 40%)
온실	5	1,260	252,000,000	100,800,000
10×10cm		8,300	830,000,000	332,000,000
식물공장 7.5×15cm	10	7,300	730,000,000	292,000,000
평균		7,800	780,000,000	312,000,000

※1,2등급=200원/본, 3등급=100원/본

Table 1-53. 장미 시설종류별 조수익 차이

시설종류	관행비닐하우스	자동화비닐하우스	유리온실	식물공장
재배형태	토경재배	토경재배	토경재배 수경재배	수경재배
조수량(본)	120,703	121,616	112,435 149,293	780,000
수익 단가(원)	129	170	292 308	80 120
금액(원)	15,570	20,674	32,831 45,982	62,400 93,600



Fig. 1-35. 장미 채화



Fig. 1-36. 수출용 casual flower와 장미 식물공장시스템에서 수확한 장미의 생육 비교

◆ 육묘 과정



Fig. 1-37. Ebb&Flow에서의 장미 삽목 및 육묘
(A, B, C : 암면큐브와 플라스틱 포트에 삽목 한 후 차광 및 가습하는 모습, D : 발근 후 정식 전까지 육묘하는 모습)

◆ 장미 식물공장 정식 과정

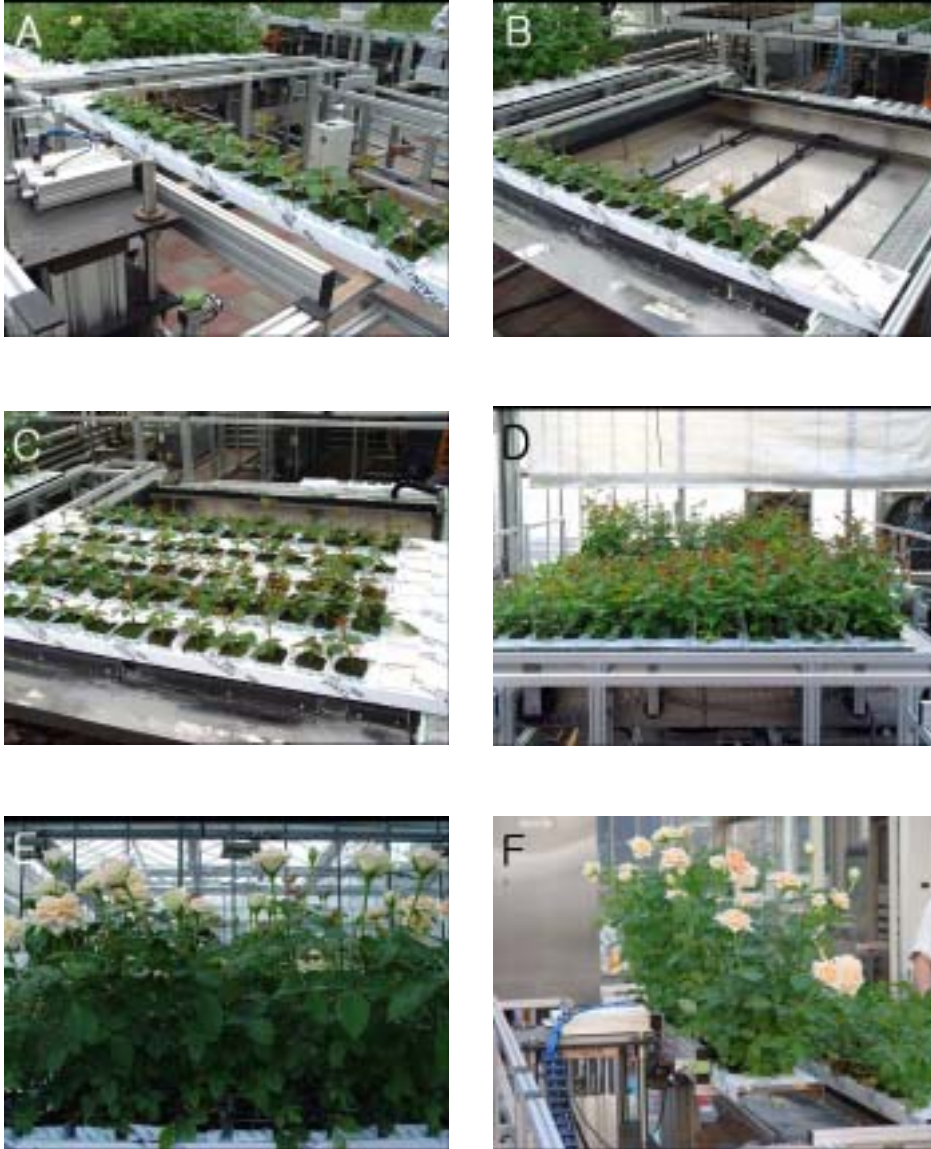


Fig. 1-38. 장미 식물공장에 장미 정식

(A : 정식한 트레이를 이송장치를 이용하여 컨베이어로 옮기는 모습, B : 이송된 트레이가 체인 컨베이어 벨트에 의해 전진하는 모습, C : 순서대로 컨베이어에 트레이가 정식된 모습, D : 정식 후 수확 전까지 식물공장에서 생육하는 모습, E : 수확 직전의 장미 모습, F : 수확할 트레이가 이송장치에 의해 수확 라인으로 옮겨지는 모습)

6. 적요

장미 식물공장 시스템은 고가의 완전제어형 식물공장과 저가의 태양광 이용형 식물공장보다는 운영비와 경제성이 중저가이면서 생산성이 높은 인공광 병용형(태양광 병용형) 식물공장으로 선정하는 것이 타당한 것으로 1-2년차 연구결과에서 밝혀졌다. 인공광 병용형 식물공장의 재배장치 별 특성을 평가한 결과 입체이동식은 공간활용과 생산성은 높으나 시설비용이 많이 든다. 그러나 평면 고정식과 입체 고정식은 경제성이 중저가로 나타나지만 생산성이 낮은 반면에 공간활용, 시설비, 생산성이 높은 평면 이동식으로 선정하는 것이 타당 할 것으로 보인다. 장미 공장의 재배 장치 중 스페이싱은 체인 컨베이어식, 콘베이어 벨트식, 기계식 자동 스페이싱(Spacing) 등의 방법들을 모두 사용가능 할 것으로 보인다. 장미공장 생산 시스템에서 이송장치를 가능한 방식을 선택하여 재배장치의 효율성을 높이는 것이 바람직 할 것으로 판단되어 이에 알맞은 생산시스템을 1ha규모로 하여 모델화 하였다.

장미 식물공장에서 이용 가능한 **수경재배시스템과 배지**는 발근 및 육묘에서는 NFT, Ebb&Flow, 분무수경이 사용 가능하고, 이때의 배지로는 피트모스를 제외한 모든 배지가 적합하였다.

1, 2년차 실험결과를 중심으로 경제성과 생산성을 고려하여 **태양광 병용형 식물공장**을 선정하였다. 재배장치는 공간활용, 시설비, 생산성이 높은 평면 이동식으로 선정하였다. 장미식물공장의 수경재배시스템은 발근 및 육묘에서 Ebb&Flow system에서 정식후에는 분무수경을 채택하였다. 2002년 10월에 서울시립대학교 벤로온실에 20평규모의 pilot plant scale의 장미식물공장을 설치하여 실용성을 검토하였다. 본 연구에서 개발된 pilot plant scale의 장미 식물공장 시스템은 식물투입, 생육, 수확과정을 자동, 또는 수동방식으로 제어하여 casual flower를 생산하는 시스템이다. **장미식물공장 시스템 구성**은 알루미늄 재질의 기초프레임과 이송장치, 이동컨베이어장치, 관수장치, 제어장치로 구성되어 있다. 장미 식물공장에서 생산한 single-stemmed 장미의 평균 초장생장은 55cm이며, casual flower로서 경장이 50cm이상의 비율은 60%, 경장 40cm이상의 비율은 할 때 93% 수준의 상품성을 나타냈다. single-stemmed 장미 공장생산 수익성 분석결과, 정식후 수확까지 소요일수가 년 평균 35일이 소요되어 연간 10회

수확이 가능하였다. 10×10cm 정식할 경우 83본/m², 7.5×15cm일 경우 73본/m²를 생산한다. 따라서, 1ha당 연간 평균 7,800,000본을 생산하여, 관행온실의 1,260,000본의 약 6배의 생산량 증대와 년중 계획 생산과 규격화된 상품생산이 가능하여 수익 증가를 이룰 수 있다.

제 2절 장미 공장생산시스템에 적합한 품종 선발

1. 공장시스템에 적합한 장미 계통별 적품종 선발

가. 재료 및 방법

장미는 품종간에 생리 생태적 차이가 많은 특성을 지니고 있다. 따라서 플라스틱 필름이나 유리온실에서 재배되는 품종 중에서 공장 생산시스템에 적응성이 높은 품종 즉 절화장이 길고, 도화일수가 짧으며, 밀식 적응성이 높고, 삼목 번식이 용이한 품종, 초기 묘소질이 왕성하고, 묘 재활용이 높은 품종, 내병충성이 높은 품종을 선발하고자 전남농업기술원 장미 유전자원 포장에 기 수집된 대형계 277품종, 중형계 138품종, 스프레이계 85품종 등 총 500품종[Table 2-1, 2-2, 2-3]을 전남농업기술원의 와이드스판형 유리온실에서 Ebb베드를 사용하여 수행하였다.

1차 년도에는 200품종을 1차 '00. 8. 26에, 2차 '00. 11. 14에, 3차 '01. 4. 2에 삼목하였고, 2차 년도에는 300품종을 1차 '01. 10. 17에, 2차 '02. 2. 7에, 3차 '02. 4. 18에 삼목하였다.



Fig. 2-1. 유전자원포장

또한 유통에서 가장 중요한 절화수명도 검토하여 식물공장 전용품종 개발을 위한 재료를 선발하고자 1, 2년차에 우수한 특성을 보인 50계통을 '03. 2. 20일에 재 삼목하여 재 특성과 절화수명을 조사하였다. 절화수명은 채화한 직후 기부 5cm를 수중절단하고 증류수에 꽂아서 실험실 실내환경(온도 : 최고 28℃ 최저 15℃ 습도 : 최고 98HR 최저32HR)에서 조사하였다. 실험은 반복당 3송이 3반복으로 절화수명은 화판의 청변화, 위조, 꽃자루굽음을 매일 조사하였는데 이들중 가장 빠르게 나타난 것을 기준으로 절화수명을 조사하였다.

삼목에 사용된 삼수는 줄기 하부 5소매엽 마디부터 상부 5소매엽 마디 내에서 1마디씩 채취하여 7.5×7.5×7.5cm 압면큐브에 삼목하였고, 재식밀도는 7.5×10cm로 하였다.

양액은 C. Sonneveld 순환식(N 4.3me/l -P 1.5 -K 2.3 - Ca 2.2 - Mg 0.8 - S 1.1)을 사용하였는데 여액은 순환되어 여액통으로 돌아와 재사용 하였으며 매번 공급시 10%의 새로운 물을 보충하여 공급하였다.

급액농도와 횟수는 일사량이 적을 때는 발근 전에는 EC 0.5dS · m⁻¹ 농도로 1일 1회, 발근 후에는 EC 2.0dS · m⁻¹ 농도로 2회 공급하였다. 일사량이 많을 때는 발근 전에는 EC 0.5dS · m⁻¹ 농도로 1일 2회, 발근 후에는 EC 2.0dS · m⁻¹ 농도로 3회 공급하였으며, 1회 공급량은 베드(1.6×5m)당 300ℓ로 저면급액하였고 양액온도는 22℃로 가온 하였다.

양액 pH와 EC는 일주일마다 양액을 채취하여 pH는 pH/ISE Meter(76P Istek Inc.)로 EC는 EC/Conductivity/TDS Meter(43C Istek Inc.)로 측정하였다. 그러나 교정을 위하여 별도의 이온은 첨가하지 않았다. 양액 이온 분석은 Membrance filter 0.45μm로 여과하여 30배로 희석시킨 다음 이온크로마토그래프(IC-761, Metrohm, Swiss)를 이용하여 분석하였다.

정밀한 환경관리를 위해서 재배상의 온도와 습도는 Data Logger(LI-1400 LI-Cor)를 이용하여 측정하였다. 보광을 위하여 1차는 '01. 10. 19~'02. 1. 4일까지, 2차는 '02. 2. 7~4. 11까지 6m×8m면적에 나트륨등(250W) 6개를 1.5m높이에 설치하여 17시부터 21시까지 보광하였다. 온실내 온도관리는 야간은 최저 16±0.5℃로, 주간은 22℃±0.5℃에서 측창, 27±0.5℃에서 천창이 열리도록 자동제어 하였고, 일사량이 650±25Wh/m²이상일 때 50% 차광되도록 하였다

Table 2-1. 대륜계 (277 품종)

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
1	카디날	Kordes	26	클라우디아	
2	레드산드라	"	27	콜벳	Kordes
3	롯데로제	京成薔薇園藝	28	카사노바	
4	비탈	Kordes	29	콘드라헨켈	
5	노블레스		30	필링	
6	가든파티		31	파바로티	京成薔薇園藝
7	가덴자마		32	파파메이앙	
8	달라스		33	풀문	
9	레드벨벳	Kordes	34	프레그란트레이디	
10	로비나		35	그라나다	
11	리라키스		36	가부끼	
12	메데오	京成薔薇園藝	37	그린석세스	
13	마갈리		38	골든마데론	
14	브라보	京成薔薇園藝	39	그랜드가라	
15	브라이달바우티		40	니콜	Kordes
16	사피어		41	나이나	
17	샤를드드골		42	다이아나	
18	실버		43	드프트볼케	
19	입센로랑	京成薔薇園藝	44	답시크리트	
20	오시아나	京成薔薇園藝	45	드프트차우버	
21	쥬베나		46	듀캣트	
22	체운		47	이모나	
23	칼랑카	京成薔薇園藝	48	라파엘라	
24	크리스탈라인	京成薔薇園藝	49	로라	
25	크리스토퍼콜롬보		50	라리니	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
51	롤라네		76	블루버드	京成薔薇園藝
52	루비		77	씨니스카이	
53	리비아	京成薔薇園藝	78	샤르프로피타	
54	칸도라		79	스타라이트	
55	레이저		80	소리도르	
56	로얄		81	산트리나	
57	라스베가스		82	샤롱95	
58	마가리		83	스프레스	
59	마리아칼라스		84	슈퍼카디날	Kordes
60	파르나스		85	선글로리	
61	미스더링컨		86	스위트니스	
62	피노키오		87	사하라	京成薔薇園藝
63	마스카라		88	씨커스	
64	마운트샤스타		89	스카이라인	京成薔薇園藝
65	무비스타		90	아마테우스	Kordes
66	마담샤찌		91	엑스타세	Kordes
67	멜로디		92	알렉스레드	
68	마르테보아		93	유젠	
69	마이하트		94	올란트	
70	매그넘		95	엘리자	
71	마이오리나	京成薔薇園藝	96	아모로사	
72	베로나91		97	엘로우버드	
73	벨아미		98	에볼루션	
74	바로크		99	오클라호마	
75	버디		100	안젤라	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
101	에스카다	京成薔薇園藝	126	피스	
102	아스트라	京成薔薇園藝	127	핑크산드라	
103	에스메랄다		128	파이어닌아이스	
104	유매		129	파이어볼	
105	잠브라93		130	파레오90	京成薔薇園藝
106	쟈스미나		131	훼리아	
107	자운		132	헬로	
108	주왕		133	화이트마제스틱	
109	진피스		134	강진 수집	
110	자카란다	京成薔薇園藝	135	건배	
111	쥬바나		136	그랑프리	
112	코사이		137	네게쉬	
113	크림프로피타		138	뉴-네게쉬	
114	콘페티		139	니콜(2)	Kordes
115	파바로티		140	다니	Kordes
116	카를리네드모나코		141	데레사	
117	퀸피던스		142	데이네	
118	칼레드		143	드림	Kordes
119	콜레드		144	라비그웨펜넬	
120	캐딜락		145	러브	
121	타임레스		146	레몬드림	Kordes
122	트로피칼		147	레이디로제	
123	토플레스		148	수집105	
124	텍사스		149	루스티카	
125	프린세스모나코		150	루주메이앙	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
151	35-11		176	92-10261	
152	리버스차우버		177	93-3629	
153	35-14		178	93-9062	
154	마담에레디		179	94-08246	
155	수집0122		180	95-03791	
156	마이크		181	수집0101	
157	수집0123		182	수집0102	
158	머라이케이		183	수집0104	
159	모나리자		184	수집0105	
160	모테리아		185	수집0106	
161	수집0125		186	수집0107	
162	무상		187	수집0110	
163	백은		188	수집0111	
164	변이지1		189	수집101	
165	변이지3		190	수집102	
166	변이지4		191	수집103	
167	복색		192	수집107	
168	빠빠옹		193	수집11	
169	산타페		194	수집110	
170	섬머드림		195	수집13	
171	섬머레이디		196	수집18	
172	세텐		197	브라이달뷰티	
173	셉턴버엘로		198	수집33	
174	소니아		199	수집48	
175	쇼우걸		200	수집50	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
201	수집51		226	AL0039	에버랜드
202	AL0001	에버랜드	227	AL0041	"
203	AL0003	"	228	AL0042	"
204	AL0004	"	229	AL0043	"
205	AL0005	"	230	AL0044	"
206	AL0007	"	231	AL0045	"
207	AL0008	"	232	AL0046	"
208	AL0009	"	233	스왑즈마돈나	
209	AL0010	"	234	스타링95	
210	AL0011	"	235	아틀	
211	AL0013	"	236	엔비	
212	AL0017	"	237	양지0002	
213	AL0018	"	238	양지0003	
214	AL0022	"	239	양지0004	
215	AL0023	"	240	양지0006	
216	AL0024	"	241	양지1	
217	AL0025	"	242	양지10	
218	AL0030	"	243	쉬라게	
219	AL0031	"	244	양지6	
220	AL0032	"	245	에밀리	
221	AL0033	"	246	다가루	
222	AL0034	"	247	엔젤	
223	AL0035	"	248	엘레강스	
224	AL0036	"	249	오다포스체크	
225	AL0038	"	250	오픈렌스	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
251	오리르버		265	푸루이트	
252	유로피아나		266	퓨어포어트리	
253	잭헨첼		267	프레지던트생고르	
254	존브라이트		268	프린세스마가렛	
255	칼라빌다		269	피리모	
256	제이드		270	피치크림	
257	콘라쉬		271	핑크피스	
258	퀸엘리자베스		272	하네가사	
259	메스메틱		273	하모니	
260	클라우드스토어테클		274	하이다르고	
261	탄초		275	헨스버슈렌	
262	탱고		276	화이트노블레스	京成薔薇園藝
263	파로이티		277	수집0112	
264	퍼스트레드				

Table 2-2. 증류계 (138 품종)

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
1	골드마리		26	잭프리스트	
2	네온	京成薔薇園藝	27	친친	
3	니콜로파카니니		28	카푸치노	
4	테니더스		29	카라트	京成薔薇園藝
5	람바다	Kordes	30	코코	
6	리틀실버	京成薔薇園藝	31	칼리브라	Kordes
7	람피온		32	코러스	
8	라이지라		33	카르느발	
9	맨하탄블루	京成薔薇園藝	34	크리스찬	
10	마치		35	타마라	京成薔薇園藝
11	마가렛메리		36	티나	
12	마리안텔		37	티네케	第一園藝
13	마틸다		38	티아모	Kordes
14	블루스카이		39	플러트	
15	스브닐		40	플로렌스	
16	핑크참	京成薔薇園藝	41	프로피타	
17	상그라아94		42	프리스코	
18	리틀마블		43	퍼플타이거	
19	세븐틴		44	화이트유토파	京成薔薇園藝
20	에스키모		45	웨어쉬	
21	유토피아나		46	골드게이트	Kordes
22	아루바		47	골든스트라이크	
23	아누시카		48	니콜로파갈리니	
24	아이스버그		49	마벨	
25	조춘		50	수집0124	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
51	라이스케달락		76	95-00551	
52	레드데빌		77	95-01038	
53	아페리트프		78	95-03965	
54	로얄드림	Kordes	79	95-04762	
55	로즈유미	Tantau	80	95-07861	
56	루블		81	95-08792	
57	맹고		82	95-10299	
58	우레라		83	95-2206	
59	박양박		84	95-7302	
60	변이지2		85	수집0108	
61	변이지5		86	수집0109	
62	변이지6		87	수집0113	
63	브라이달핑크		88	수집26	
64	블랙뷰티		89	수집7	
65	블루바조		90	AL0002	에버랜드
66	샤샤	Kordes	91	AL0015	"
67	솔레로		92	AL0020	"
68	수집0103		93	AL0021	"
69	92-4241		94	AL0026	"
70	92-4688		95	AL0027	"
71	93-1262		96	AL0069	"
72	93-13469		97	스위트허니	Kordes
73	93-3361		98	스파이시	Kordes
74	93-3403		99	스페니쉬션	Kordes
75	94-09936		100	스프렉스	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
101	썸머홀리데이		120	프리티우먼	
102	아메리칸프라이드		121	잉그리트웨이브	
103	양지0001		122	조셉스커트	
104	양지0005		123	조운	
105	양지0009		124	칼리브라	
106	양지11		125	지골레드	
107	양지13		126	차알스톤	
108	양지14		127	카니발	
109	양지15		128	카멜로트	
110	양지16		129	큰칠티노	
111	위싱밀		130	크림드림	
112	패피타		131	토키메이	
113	연핑크		132	톤라쉬	
114	엘로우리버		133	파스칼리	
115	오렌지버니		134	키스	京成薔薇園藝
116	올림픽터치		135	씨엔렌	
117	우키구모		136	하나가수미	
118	인더멧조		137	헨리폰다	
119	인더플로라		138	화이트메직	

Table 2-3. 스프레이계 (85 품종)

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
1	나이아덤		26	러블리리디아	
2	니키타	京成薔薇園藝	27	로사다	
3	레드다이아덤		28	로즈마린	
4	레드미미		29	화이트캔디	
5	러블리블루	京成薔薇園藝	30	마돈나	
6	레드마블		31	마릴린	
7	리디아		32	마스카라드	
8	마조리카		33	썬씨티	
9	밀리언핑크		34	모닝스타	
10	미야레드		35	문스트릭	
11	미미조니	京成薔薇園藝	36	사구라가스미	
12	스윙		37	센티나	
13	스칼렛미미	京成薔薇園藝	38	스벨크케니헌	
14	센타이너		39	스타리나	
15	에벌린		40	스트라이포스메이앙디나	
16	엘로우미미	京成薔薇園藝	41	신테렐라	
17	조이		42	썬플레어	
18	차밍	京成薔薇園藝	43	엘로우돏트	
19	트루투미미	京成薔薇園藝	44	엘로우메이앙디나	
20	퍼플프린스	京成薔薇園藝	45	춘무	
21	핑크탱고		46	콜리브리79	
22	프린세스	京成薔薇園藝	47	콜리콕	
23	골드코르다나		48	페트리콜리	
24	나이트스타		49	화이트젼	
25	데비비마스케랏트		50	95-14101	

품종번호	품종명	회사명	품종번호	품종명	회사명
51	수집92		69	AL0071	"
52	AL0016	에버랜드	70	AL0073	에버랜드
53	AL0051	"	71	AL0077	"
54	AL0052	"	72	AL0078	"
55	AL0053	"	73	AL0079	"
56	AL0054	"	74	AL0080	"
57	AL0055	"	75	AL0081	"
58	AL0056	"	76	AL0082	"
59	AL0058	"	77	AL0083	"
60	AL0061	"	78	AL0084	"
61	AL0062	"	79	AL0085	"
62	AL0063	"	80	AL0088	"
63	AL0064	"	81	AL0090	"
64	AL0065	"	82	핑크마리나코르다나	
65	AL0066	"	83	허니코르다나	
66	AL0067	"	84	레드코르다나	
67	AL0069	"	85	매직캐노셀	
68	AL0070	"			

나. 결과 및 고찰

1) 삼목 시기별 EC, pH, 근권 온도 및 수분변화

Fig. 2-2 는 삼목시기에 따른 장미의 생육기간 동안 양액내의 EC와 pH를 나타낸 것이다. 기간에 관계없이 EC는 생육 후반기까지 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 유의적인 큰 변화는 보이지 않았으나 생육후기로 갈수록 양액의 농도가 높아지는 경향을 보였다. 그러나 저온기에는 고온기에 비해 약간 낮게 나타났다. 이러한 경향은 고온기에 증발량이 많아

염류집적이 생긴 것으로 생각된다.

pH는 삼목시기에 관계없이 점차 낮아지는 경향을 보였는데 이것은 장미가 암모니아태 질소를 우선적으로 흡수하는 양분흡수의 특성과 뿌리가 고사하면서 발생하는 유기산의 분비도 pH를 저하시키는 원인들이로 생각되었다.

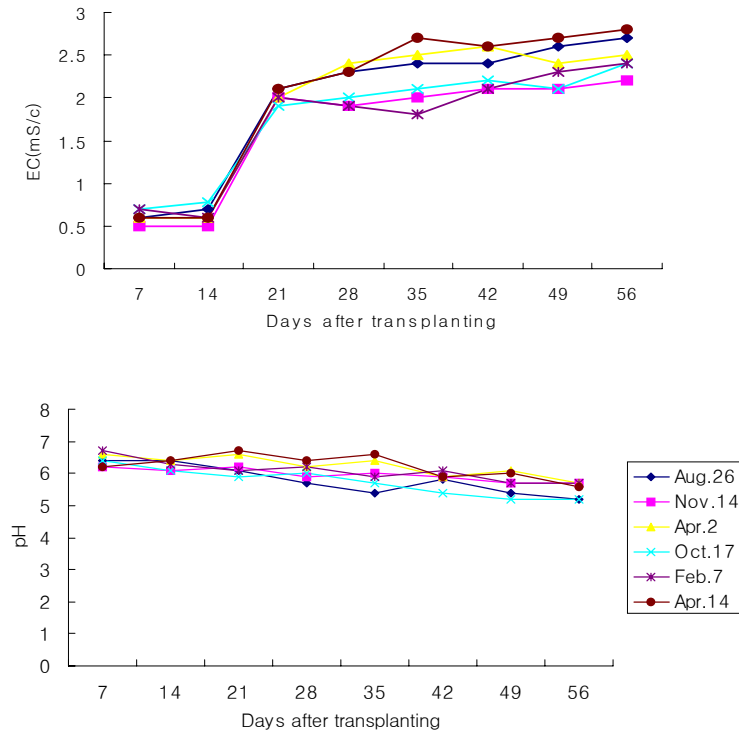


Fig. 2-2. The change of EC and pH in nutrient solution during cultivation period.



Fig. 2-3 시험 포장의 전경과 개화직전의 전경

Fig. 2-4는 육묘용 암면 큐브내의 온도변화를 나타내는 것인데 밤에 약간 낮아지는 경향이었으나 전체적으로는 큰변화가 없이 관리되었다.

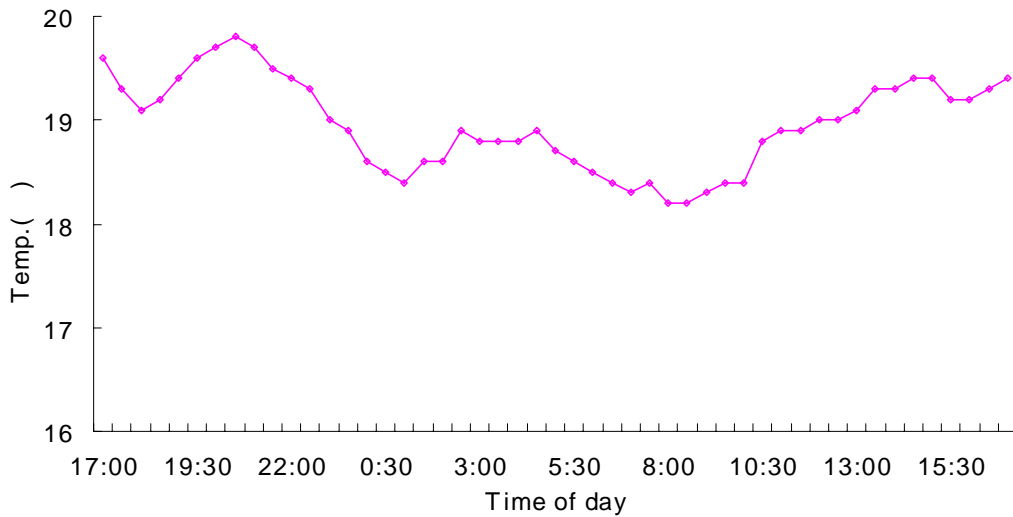


Fig. 2-4. The change of temperature in inside of cube during cultivation period.

Fig. 2-5는 공장생산 시스템에서 1일 급액 횟수를 검토한결과 일사량이 많은 날 ($18.8\text{MJ}/\text{m}^2$)은 급액하기 전 오전 8시에 큐브 무게가 약 260g이었던 것이 급액을 하면 285g으로 증가 하여 14:00시경에 260g으로 다시 감소되었다. 그리고 재 급액을 하면 큐브무게가 287g으로 증가하였다가 18:00시경에 다시 266g까지 감소되었다. 일사량이 적은날($13.5\text{MJ}/\text{m}^2$)은 오전 8:00에 큐브무게가 260g에서 급액을 하면 295g으로 증가하였다가 18:00경에 262g 정도로 감소되었다. 이와 같이 맑은 날과 흐린 날의 양액 흡수량과 수분 증발량의 차이가 큰 것으로 나타나 특히 고온기 수분 증발에 의한 염류 집적현상이 크므로 일사량에 따른 양액 공급 횟수 조절이 반드시 필요하다고 생각되었다.

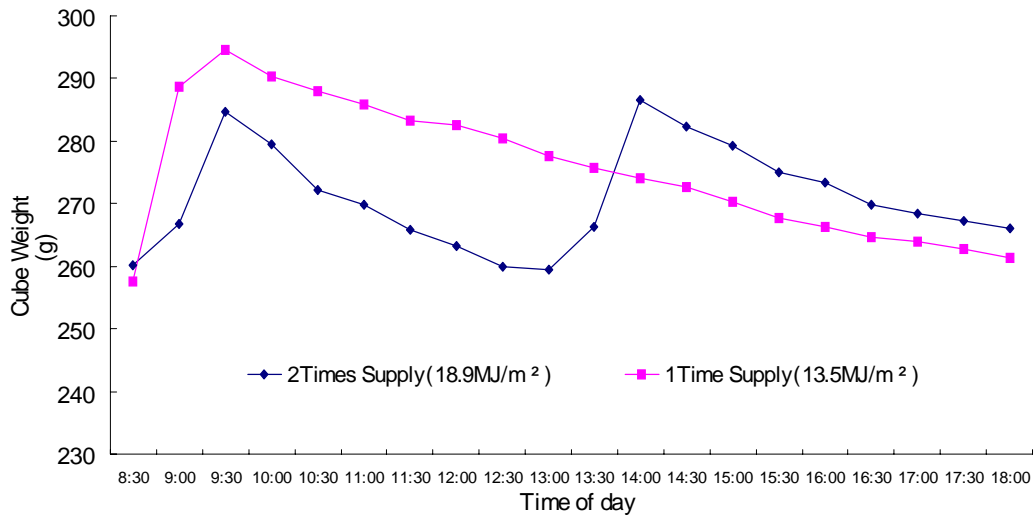


Fig. 2-5. The variation of rockwool cube weight as affected by supply times

2) 계통별 생육 및 개화 특성

가) 대형계

대형계 277종의 절화장은 6.5~72cm 까지 다양하게 분포하였는데 40cm 이상은 68품종, 특히 casual flower로 충분히 활용할 수 있는 50cm 이상도 현재 농가에서 많이 보급되고 있는 비탈 등 22품종이나 되었다. 맹아후 개화까지 소요되는 개화 소요일수는 37~85일까지 분포하였는데 특히 절화장이 50cm 이상이면서 개화소요일수가 50일 이내인 품종은 비탈이 41일로 가장 짧았고, 다음으로 AL0018, September Yellow 등 15 품종으로 나타났다. 이들 주요 품종의 꽃잎수는 18~37매, 화폭은 7.4~11.3cm로 품질이 관행 토양재배나 수정재배에 비해 약간 떨어지나 casual flower로서는 크게 손색이 없었다.



Fig. 2-6. 절화품질 비교



Fig. 2-7. 꽃의 품질 비교

Table. 2-4. The characteristic of cut flower and days to flowering on large flower size rose.

Variety	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal	Days to flowering
Collect 0122	72	4.3	10.8	5.4	10.0	25	47
Staring 95	71	3.9	9.6	6.1	11.2	19	58
AL 0036	60	3.4	9.2	5.7	11.0	31	46
AL 0034	59	3.8	12.0	4.9	9.8	29	52
Collect 110	58	4.6	15.2	5.1	9.8	27	52
Genbae	57	4.1	11.2	4.5	8.0	35	48
95-03791	57	3.9	9.0	4.3	9.5	37	47
35-14	56	3.8	11.6	4.3	9.3	29	54
Queen Elizabeth	56	3.3	7.6	4.1	9.4	24	48
September Yellow	55	2.8	8.6	4.6	8.8	19	44
AL 0018	55	3.2	7.8	5.1	7.9	28	43
Collect 51	54	3.3	10.8	3.9	8.4	24	49
93-9062	53	3.4	10.0	4.7	9.3	22	49
Vital	52	3.9	9.3	5.1	8.4	24	41
Collect 50	52	2.8	7.6	3.5	7.9	19	47
Collect 33	52	2.6	12.3	4.5	9.1	26	54
John Bright	51	2.9	10.6	4.8	8.6	28	48
Monalisa	51	3.4	12.2	4.2	8.6	31	52
AL 0046	51	3.5	12.6	4.6	7.5	29	52
First Red	51	4.0	10.5	5.6	7.9	27	47
Livers Chauver	50	3.3	9.2	5.5	8.5	27	49
Angela	50	2.5	7.7	5.1	8.1	28	45
Madam Lady	49	3.2	9.4	4.4	8.0	26	49
Move Star	49	3.3	9.3	5.0	8.6	33	44
Taeng go	49	2.9	8.8	4.3	8.4	28	54
93-3629	49	2.9	8.4	4.4	7.5	27	42
Sonia	49	3.3	9.0	4.8	8.8	32	47
35-11	49	3.0	7.8	5.1	8.7	32	50
AL0024	48	3.4	9.2	5.3	8.1	36	50
AL0017	48	3.8	8.6	6.8	7.4	28	48
AL0044	48	3.2	8.6	4.8	8.5	27	54
Openless	48	3.7	10.6	5.3	9.1	21	46
Dalas	48	3.1	7.7	5.0	9.0	29	44
AL0008	47	3.0	8.8	5.1	8.5	25	54
Mike	47	2.8	7.4	6.5	8.6	24	43
Collect 103	47	2.6	11.6	5.2	8.6	26	52
Grand Prix	46	3.5	9.0	4.3	9.1	31	47
Elegance	46	3.5	8.2	4.4	8.9	33	50
Swas Madona	46	3.0	11.0	5.6	7.9	36	46
New Negeish	46	3.3	9.4	4.7	8.9	29	41

continued.

Variety	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal	Days to flowering
Collect 0104	46	3.5	11.4	4.8	8.6	28	51
Atom	46	3.3	8.0	5.4	8.4	29	48
Amorosa	46	3.2	5.3	4.9	8.1	31	45
Ore River	45	3.3	8.6	4.6	7.9	31	46
Collect 13	45	3.7	8.2	4.6	8.1	22	44
Summer Lady	45	2.8	8.8	5.9	8.7	19	45
AL0023	45	3.6	10.8	5.1	8.6	22	49
Angel	44	3.3	9.2	5.8	10.0	23	54
Pink Cream	44	3.3	9.2	5.9	11.3	26	54
Yanggi 0006	44	2.6	10.0	6.0	10.0	27	49
Sateen	44	3.0	9.2	4.1	9.5	31	46
Bridal Beauty	44	2.6	6.5	5.0	9.1	36	45
AL0004	44	3.9	8.4	6.1	8.6	25	47
AL0035	43	3.7	9.8	5.0	8.9	26	44
Osiana	43	3.0	10.7	5.0	8.6	28	43
Color Builder	43	3.1	6.8	5.3	9.4	28	49
AL0011	42	3.4	10.0	6.1	9.4	22	46
Pirimo	42	3.2	9.4	6.1	8.9	19	54
Collect 18	42	4.4	15.0	5.1	8.1	22	54
AL0039	42	3.1	6.2	5.5	7.7	26	45
Show Girl	41	3.4	7.2	4.6	9.1	27	48
Collect 0123	41	2.7	7.0	4.9	8.2	27	51
Dream	41	2.9	7.4	4.5	8.6	26	48
Musang	41	3.2	7.8	4.4	7.6	21	46
Teresa	41	2.7	6.6	5.8	8.9	19	48
Collect 105	40	2.4	7.4	4.7	7.9	18	50
Lady Loge	40	2.7	9.4	5.1	8.7	22	49
Parotic	40	3.8	9.0	5.0	8.6	31	45

나) 중형계

중형계 138종의 절화장은 4.8~60cm 까지 분포하였는데 40cm 이상은 46품종 이었고, 50cm 이상도 12품종으로 나타났다. 개화소요일수는 38~85일 까지 분포하였는데, 특히 절화장이 50cm이상 이면서 개화소요일수가 50일 이내인 품종은 최근 인기가 많은 샹샤 등 11 품종으로 나타났다. 이들 품종의 꽃잎수는 24~38매, 화폭은 6.9~9.4cm 로 나타났다.

Table. 2-5. The characteristics of cut flower and days to flowering on medium flower size rose.

Variety	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal	Days to flowering
95-10299	60	3.3	10.8	3.2	9.1	26	41
95-01038	57	3.5	8.0	5.1	8.0	31	43
Summer holiday	57	3.5	10.4	4.8	9.4	35	36
Aperif	56	2.6	10.0	5.0	9.4	36	39
Mutant 6	55	4.0	8.2	4.8	8.5	37	52
Bridal Pink	55	2.9	9.2	4.9	9.0	29	39
Collect 0109	53	3.0	8.8	4.8	8.5	38	50
Joseph Skirt	53	3.5	11.8	3.7	6.9	29	44
Sweet Honey	52	3.5	8.8	4.0	7.4	29	43
Maeng Go	51	3.2	8.6	4.8	9.1	33	43
Collect 0124	51	2.6	10.2	3.2	8.7	28	39
ShaSha	50	3.1	8.6	4.2	6.9	34	41
Mutant 5	49	3.5	8.2	4.8	10.0	31	37
95-7302	47	3.5	7.6	4.4	9.2	36	36
Nicolelo Pagalini	47	3.7	8.4	4.7	8.2	22	44
Blue BaSho	47	3.4	8.4	4.0	7.0	26	39
Solero	47	2.8	7.8	4.3	8.8	28	40
Eskimo	47	3.1	6.3	5.1	8.1	31	44
Hanagasumi	47	3.9	9.5	6.0	9.5	29	36
95-08792	46	3.2	7.6	4.9	7.8	31	41
Spanish Sun	46	3.0	11.2	4.8	7.6	33	36
Rose Yumi	46	3.7	10.2	5.0	8.1	36	44
Yellow River	45	2.8	8.0	4.0	7.6	35	40
Henny Honda	45	2.9	7.4	4.2	7.3	34	44
95-2206	45	2.8	9.0	4.0	8.5	26	42
Olympic Touch	45	3.4	8.4	4.5	7.4	29	36
92-4688	44	3.0	8.8	5.0	8.5	33	38
93-3403	44	3.7	7.6	4.4	8.0	31	37
Rise Cadillac	43	2.8	7.0	5.4	7.1	32	48
Ice Burg	43	2.2	7.3	4.3	7.3	29	43
93-1262	43	3.0	7.0	3.8	6.8	33	44
In the Flora	43	2.3	7.2	4.0	7.1	39	36
95-07861	43	2.0	7.0	3.8	8.0	29	39
92-4241	42	2.7	8.0	4.5	7.3	28	44
Collect 0108	42	2.6	8.4	4.3	6.9	35	34
Red Devil	42	3.0	8.2	4.6	8.1	36	47
Urera	42	3.5	7.4	5.8	7.0	29	40
Orange Bunny	42	2.7	10.4	4.2	6.9	25	38
Royal Dream	42	3.0	6.8	5.2	7.5	27	43

Continued.

Variety	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal	Days to flowering
Collect 0103	41	2.9	4.2	5.0	9.1	25	38
Tokay May	41	2.8	9.6	4.4	8.5	26	38
Kiss	41	3.0	5.5	6.3	8.6	22	32
AL0015	41	2.8	7.4	5.3	7.9	31	32
White Magic	41	3.3	4.0	5.5	8.6	33	38
Collect 26	41	3.2	7.0	5.5	8.7	25	37
Yanggi 0009	41	3.0	7.6	3.9	8.8	19	44

다) 스프레이계

스프레이계 85품종의 절화장은 4.5cm~60cm 로 50cm 이상은 2품종에 불과하였다. 그러나 개화소요일수는 31~79일로 다양하였고, 특히 모닝스타와 문스트릭은 절화장이 53~60cm이면서 개화소요일수가 35~44일 밖에 소요되지 않았다.

Table. 2-6. The characteristics of cut flower and days to flowering on spray rose.

Variety	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	No. of Flower	Days to flowering
Morning Star	60	4.3	13.8	3.6	3.0	35
Moon Struck	53	3.4	9.6	3.7	8.0	44
Mascarad	46	3.1	10.6	3.9	6.3	43
Sentina	46	3.1	10.6	4.1	4.5	41
Sun Player	45	3.2	8.6	4.1	8.6	37
Princes	43	3.4	7.6	3.6	7.4	44
Night Star	43	4.0	7.8	3.1	8.6	41
Lovely Ledia	43	4.4	11.2	2.7	11.0	45
Yellow Dot	43	2.4	11.8	2.6	9.1	37
Sentainer	42	2.3	10.3	2.8	8.0	35
Lidia	42	1.9	10.4	2.2	8.4	41
Trut Mimi	40	2.6	12.2	2.9	9.2	42
Scaret Mimi	40	2.3	12.2	2.6	9.8	42

3) 재배시기별 생육 및 개화 특성

재배시기에 따른 환경적응성을 검토하고자 매년 3차례씩 암면 큐브에 삼목하여 연중 재배한 결과는 다음과 같다.

가) 발근율

장미의 켈러스 형성은 뿌리발달과 엽면적 확보에 중요한 요인이 되는데, 형성이 늦으면 고사할 확률이 높고 뿌리 발생이 늦으며 엽면적이 충분히 확보되지 않아 광합성량이 적어지며 신초생장 및 꽃눈 발달에 지장을 초래할 수 있어 장미의 초기 생육에 많은 영향을 미치는 발근율의 조사 결과는 [Table 2-7]과 같다. 대륜계, 중륜계, 스프레이계 모두 발근율이 95%이상 되는 품종이 1차 79.6% 로 비교적 높은 발근율을 보였고 2차 70.8%, 3차 77.4%로 전체적으로 계절에 관계없이 발근율이 높은 것으로 나타났다.

Table 2-7. The distribution of cultivar in the range of rooting ratio

	Rooting ratio(%)														
	70 under			70~80			80~90			90~95			95 above		
	1st ²	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
Large	5	7	4	6	11	2	23	30	8	20	58	50	223	171	213
Medium	6	2	1	0	4	4	8	6	7	10	21	18	114	105	108
Spray	12	0	2	1	0	0	2	6	3	9	1	14	61	78	66
Total	23	9	7	7	15	6	33	42	18	39	80	82	398	354	387
Ratio(%)	4.6	1.8	1.4	1.4	3.0	1.2	6.6	8.4	3.6	7.8	16.0	16.4	79.6	70.8	77.4

Cutting date : ²1st-'00. Aug. 26, '01. Oct. 17, 2nd-'00. Nov. 14, '02. Feb. 7,
3rd-'01. Apr. 2, '02. Apr. 18

나) 맹아소요일수

맹아가 빠른 것이 생육이 왕성하고 개화소요일수가 짧아져 공장생산에 알맞을 것으로 판단되는데 맹아 소요일수는 11~29일로 재배시기에 따라 다르게 나타났는데 15일

이내에 빨리 맹아 되는 비율은 1차에서 10%, 2차에서 57.6%, 3차에서 36.0%이었고, 품종별로는 대륜계는 1차에서 비탈, 무비스타, 브라이달뷰티, 마스크라, 머라이케이, 변이지3, 아톨, 양지 등이고, 2차에서 달라스, 수집51, 브라보, 실버97, 크리스탈라인, 자운, 수집50, AL0044, 스타링95 등이었으며, 3차에서 레드산드라, 달라스, 마갈리, 수집0123, 강진수집, 수집0102, 수집0105, 수집0105, 수집0106 등이었다.

중륜계는 1차에서 스위트허니, 95-07861, 95-10299, 리틀실버, 마틸다, 타마라, 등이고, 2차에서는 수집0124, 네온, 리틀실버, 95-01038, 마틸다, 아이스버그, 크리스찬, 변이지6, 브라이달핑크 등이고, 3차에서는 수집0124, 네온, 마틸다, 크리스찬, 골든게이트, 라이스케디락, 블루바조, 샨샤, 수집0113 등이었다.

스프레이계는 1차에서 트루트미미, 프린세스, 쉐타리니, 화이트캔디, 사구라가스미, 콜리브리79 등이었고, 2차에서는 마스크라드, 미미조이, 밀리언핑크, 골드코르다나, 선플레이어, 엘로우돏, 콜리브리97 등이었고, 3차에서는 쉐타이너, 스칼렛미미, 골드코르다나, 사구라가스미, 스타리나, 신데렐라, AL0078 등이 맹아가 빠른 것으로 나타났다. 전체적으로 맹아일수가 짧은 비율은 중륜계>스프레이계>대륜계 이었으며 1차 보다는 2차에서 빠른 경향을 보였다.

Table 2-8. The distribution of cultivar in the range of days to sprouting

	Days to sprouting														
	15 under			16~18			19~21			22~24			25 above		
	1st ^z	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
Large	16	138	89	9	1	46	9	1	13	14	25	93	229	112	36
Medium	24	88	42	10	1	44	14	4	9	13	5	32	77	40	11
Spray	10	62	49	9	2	10	7	0	4	12	2	7	47	19	15
Total	50	288	180	28	4	100	30	5	26	39	32	132	353	171	62
Ratio(%)	10.0	57.6	36.0	5.6	0.8	20.0	6.0	1.0	5.2	7.8	6.4	26.4	70.6	34.2	12.4

Cutting date : ^z1st-'00. Aug. 26, '01. Oct. 17, 2nd-'00. Nov. 14, '02. Feb. 7,
3rd-'01. Apr. 2, '02. Apr. 18

다) 개화소요일수

1년에 여러 차례 생산하는 공장시스템에서는 맹아 후 개화기까지 개화소요 일수가 짧은 것이 장미의 수확횟수를 증가시켜 장미수량을 늘일 수 있는 조건이 되는데, 본 시험에 사용된 500품종은 재배시기에 따라 개화 소요일수가 30~80일까지 소요되었다. 시험목적에 부합되는 맹아후 50일 이내에 개화되는 품종의 비율은 1차에서는 42.8%, 2차에서는 49.0%였으나 3차에서는 99.8%로 높았다. 이것은 생육시기가 4월로서 환경이 가장 좋았기 때문인 것으로 생각된다.

품종별로는 대륜계는 1차에서 비탈, 루비, 아모로사, 안젤라, 마스크라, 아톨, 앤비, 쇼우걸, 양지0002등이며, 2차에서는 마이크, 오시아나, 파바로티, 롯데로제, 풀문, 부라보, AL0110, 수집50, 뉴-네게쉬, AL0018, AL0022 등이고, 3차에서는 달라스, 무비스타, 오시아나, 수집33, 마갈리, 강진수집, 잭헨젤, 쇼우걸, AL0022 등이 50일 이내에 개화하였다.

중륜계는 1차에서는 네온, 골드마리, 핑크참, 티네케, 95-07861, 95-08792, 93-3403, 2차에서는 웨리쉬, 카프치노, 크리스찬, 프리스코, 93-3403, 변이지5, 변이지6, 변이지2, 수집1013등이었으며, 3차에서는 마틸다, 아이스버그, 마치, 95-10299, 브라이달핑크, 93-3361, 93-3403, 지골레드, 카멜로트 등이 좋았다.

스프레이계는 1차에서는 프린세스, 트루트미미, 미미조이, 썬타이너, AL0083, AL0081, AL0055 등이, 2차에서는 프린세스, 모닝스타, 트루트미미, 퍼플프린스, AL0055, 엘로우메이앙디나, 엘로우돛, 등이, 3차에서는 썬타이너, 레드다이아덤, 핑크탱고, 스타리나, 스벨크케니힌, 신데렐라, 수집92, AL0079 등이 개화소요일수가 짧았다. 특히 3차에서는 기상조건이 좋아 대부분의 계통이 50일 이내에 개화 되었다.

Table 2-9. The distribution of cultivar in the range of days to flowering

	Days to flowering														
	50 under			51~60			61~70			71~80			81 above		
	1st ^z	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
Large	136	91	276	24	83	0	84	103	0	28	0	0	5	0	1
Medium	50	91	138	11	7	0	50	39	0	23	0	0	4	1	0
Spray	28	63	85	24	3	0	25	18	0	7	1	0	1	0	0
Total	214	245	499	59	93	0	159	160	0	58	1	0	10	1	1
Ratio(%)	42.8	49.0	99.8	11.8	18.6	0	31.8	32.0	0	11.6	0.2	0	2.0	0.2	0.2

Cutting date : ^z1st-'00. Aug. 26, '01. Oct. 17, 2nd-'00. Nov. 14, '02. Feb. 7,
3rd-'01. Apr. 2, '02. Apr. 18

라) 절화장

장미의 품질을 크게 좌우하는 절화장은 공장 시스템에서 한정된 배지 용량 때문에 절화장이 짧아지는 경향이어서 이러한 환경에서도 절화장이 긴 품종을 선발하고자 500품종을 3 재배시기에 삼목하여 재배한 결과 절화장이 4.5~72cm로 다양하게 분포를 나타냈다.

Table 2-10. The distribution of cultivar in the range of length of cut flower

	Length of cut flower(cm)														
	20 under			20~29			30~39			40~49			50 above		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
Large	134	144	90	98	24	87	36	46	80	8	42	18	1	21	2
Medium	83	50	17	35	17	68	15	27	47	3	32	5	2	12	1
Spray	49	24	50	28	38	20	7	12	14	1	9	1	0	2	0
Total	266	218	157	161	79	175	58	85	141	12	83	24	3	35	3
Ratio(%)	53.2	43.6	31.4	32.2	15.8	35.0	11.6	17.0	28.2	2.4	16.6	4.8	0.6	7.0	0.6

Cutting date : ^z1st-'00. Aug. 26, '01. Oct. 17, 2nd-'00. Nov. 14, '02. Feb. 7,
3rd-'01. Apr. 2, '02. Apr. 18

절화장이 긴 품종은 대륜계의 경우 1차에서는 비탈, 무비스타, 안젤라, 마스크라, 존브라이트, 소니아, 수집0110, 변이지3, 머라이케이, 마이크, 브라이달뷰티, 오리르버 등이 40cm이상이었으며 이들중 존브라이트는 53cm로 가장 길었다. 2차에서는 잠브라93, 소리도르, 무비스타, 아모로사, 벨아미, 수집 0122, 스타링95, AL0036, AL0034, 수집 110, 존브라이트, 수집33, 수집 51, 95-03791 등이 길었으며 특히 수집0122와 스타링95는 70cm이상으로 가장 길었으나 첫 번째 세 번째 시기에서는 적었다. 3차에서는 무비스타, 달라스, 마갈리, 오시아나, 수집33, 수집110, 수집1014, 수집18 등이 길었으며 절화장 60cm이상은 수집33과 수집110 등으로 나타났다.

중륜계는 1차에서는 에스키모, 네온, 핑크참, 아이스버그, 95-10299, 95-07861, 스위트허니, AL0021, 93-3403 등이 길었으며 95-10299는 55cm로 절화장이 가장 길었다. 2차에서는 퍼플타이거, 웨리쉬, 카프치노, 크리스찬, 95-10299, 95-01038, 씬머홀리데이, 아페리프트, 스위트허니, 샨샤, 수집 0124, 로즈유미, 조셉스커트 등으로 이들 중 95-10299는 절화장이 60cm로 가장 길었다. 3차에서는 마틸다, 아이스버그, 마가렛미미, 마치, 아페리프트, 스페니쉬선, 95-10299, 수집0124, 93-1262 등이었으며 아페리프트는 50cm이상으로 가장 길었다.

Table 2-11. The varieties of the above 40cm length of cut flower in large flower size roses.

Length of cut flower						
50cmAbove			40~50cm			
1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	
John Bright	Jambra	Collect33	Vital	Vital	Collect0104	Move Star
	Collect0122	Collect110	Sonia	Move star	Atol	Dalas
	String95		Collect-0110	Mount shasta	Oriver	Magari
	AL0036		Mutant3	Parotic	Collect13	Collect-0104
	AL0034		Mekery	Amorosa	Summer lady	Collect18
	Collect110		Mike	Bellami	AL0023	Collect107
	Genbae		Bridal Beauty	Shalong	Angel	Collect51
	95-03791		Ore River	Esccada	Pink Cream	Collect13
	35-14			Modam lady	Yanggi0006	Bridal Beauty
	Queen Elizabeth			Tanggo	Sentem	95-03791
	September Yellow			93-3629	Bridal Beauty	Collect103
	AL0018			Snia	AL0004	Mutant3
	Collect51			35-13	AL0035	Musang
	93-9062			AL0024	Color Bolder	Collect-0102
	Collect50			AL0017	AL0011	Harmony
	Collect33			AL0044	Primo	AL0030
	John Bright			Openless	Collect18	John Bright
	Monariza			AL0008	AL0039	Collect-0110
	AL0046			Mike		
	First Red			Collect103		
Livers Chauver			Grand Prix			
			Elegance			
			Swas			
			Madona			
			New Negeish			
1	21	1	8	42	18	

Cutting date : '1st-'00. Aug. 26, '01. Oct. 17, 2nd-'00. Nov. 14, '02. Feb. 7,
3rd-'01. Apr. 2, '02. Apr. 18

Table 2-12. The varieties of the above 40cm length of cut flower in medium flower size roses.

Length of cut flower						
50cmAbove			40~50cm			
1st	2nd	3rd	1st	2nd		3rd
95-07861	95-10299	Aperif	93-3403	Popul Tiger	93-3403	Matilda
95-10299	95-01038		AL0021	Whrish	Rise Cadillac	Ice Burg
	Summer Holiday		Sweet Honey	Cafuchino	93-1262	Collect0124
	Aperif			Christan	In the Flora	Espanish Sun
	Mutant6			Fropita	95-07861	95-10299
	Bridal Pink			Mutant5	92-4241	
	Collect0109			95-7302	Collect0108	
	Joseph skirt			Nicolelo Pagalini	Red Devil	
	Sweet Hney			Blue BaSho	Urera	
	Manggo			Solero	Orange Bunny	
	Collect0124			Hanagasumi	Royal Dream	
	ShaSha			95-08792	Collect0103	
				Espanish Sun	Tokay May	
				Rose Yumi		
			Yellow River			
			Henny Honda			
			95-2206			
			Olympic Touch			
			92-4688			
2	12	1	3	32		5

Cutting date : 1st-'00. Aug. 26, '01. Oct. 17

2nd-'00. Nov. 14, '02. Feb. 7

3rd-'01. Apr. 2, '02. Apr. 18

스프레이계에서는 1차에서는 트루트미미, 미미조이, 스칼렛미미, 퍼플프린스, 마스크라드, 썬시티, 썬티나, 나이트스타 등으로 이들중 마스크라드가 44cm로 가장 길었다. 2차에서는 프린세스, 트루트미미, 스칼렛미미, 퍼플프린스, 모닝스타, 문스트릭, 마스크라드, 썬티나 등이 절화장이 길게 나타났으며 특히 모닝스타는 60cm로 가장 길었다. 3차에서는 레드다이덤, 핑크탱고, 썬타이너, 조이, 모닝스타, 러브리리디아, 썬티나, 춘무 등이 길었는데 모닝스타가 35cm로 가장 길었다.

Table 2-13. The varieties of the above 40cm length of cut flower in spray roses

Length of cut flower					
50cmAbove			40~50cm		
1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
	Moring Star Moon Struck		Mascarad	Mascarad Sentina Sun Player 95-14101 Night Star Lovely Ledia Yellow Dot Colivery97 AL0051	Red Diadun
0	2	0	1	9	1

Cutting date : 1st-'00. Aug. 26, '01. Oct. 17

2nd-'00. Nov. 14, '02. Feb. 7

3rd-'01. Apr. 2, '02. Apr. 18

마) 흰가루병에 대한 포장 저항성

Table 2-14은 장미 공장생산에서 흰가루병에 대한 포장 저항성을 알아보기 위하여 살펴본 것으로 전체적으로 약한 품종이 54%로 나타나 장미가 비교적 흰가루병에 약한 것으로 나타났고, 계통별로 약한 품종 비율은 대륜계 50%, 중륜계 58%, 스프레이계 56%로 나타났다. 저항성인 품종은 대륜계에서 니콜, 비탈, 노블레스, 가든파티, 파바로티등 이었고 중륜계는 네온, 람바다, 라이지아, 맨하탄블루, 마가렛 메리,유포피아나 등이었고, 스프레이계는 니키다, 러브리 블루, 밀리언 핑크, 옐로우 미미 등이었다.

Table 2-14. The distribution of cultivar in resistance for powdery mildew

	Powdery mildew				
	R	MR	MS	S	SS
Large	12	36	89	93	47
Medium	5	11	42	59	21
Spray	2	13	22	39	9
Total	19	60	153	191	77
Ratio(%)	3.8	12.0	30.6	38.2	15.4

Resistance index was rated for 5 steps using lesion area.

R: less than 1%, MR:2-5%, MS:6-25%, S:26-50%, SS:more than 51%.

4) 1, 2년차 주요 선발 품종에 대한 절화수명 및 품질

절화수명은 장미가 유통되어 소비자에게 가는 과정에서 품질을 보전하는데 중요한 역할을 한다. 식물공장에서 생산된 장미의 계통별 절화수명을 꽃자루 굵음, 꽃잎처짐, 위조 등을 조사하였는데 대륜계에서 마갈리, 레드산드라, 마르테보가 9일로 길었고, 중형계는 조셉스쿠트, 에스카다, 변이지6이 10일 이상으로 길었고, 스프레이계는 트루트미미가 7일로 길었다. 절화수명이 가장 긴 품종은 조셉스쿠트로 12일 이었다.

Table 2-15. The distribution of cultivar in the range of vase life of cut flower

	Vase life of cut flower(day)				
	2 under	3~5	6~8	9~12	12 above
Large	5	16	5	1	0
Medium	2	10	3	1	1
Spray	0	4	2	0	0
Total	7	30	10	2	1
Ratio(%)	14	60	20	4	2

Reference Period : '03. 3. 24 ~ 6. 4

2-16는 1, 2년차 시험에서 우수한 것으로 예상되는 50품종을 선발하여 재현성을 검토한 결과 계통별로 절화장 및 꽃의 품질은 앞질의 시험과 비슷한 경향을 보였다.

Table 2-16. The characteristics of cut flower and vase life in major varieties of roses .

Variety	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal	Vase life (day)
Angela	58	3.8	8.2	4.3	8.9	25	8
Dalas	57	2.9	9.4	3.2	7.4	33	10
Amorasa	56	3.6	7.4	4.3	9.4	33	9
Move Star	52	3.5	9.7	4.2	10.0	34	6
Vital	48	3.7	7.9	3.9	9.4	26	8
John bright	48	3.2	8.3	3.7	8.8	44	2
Eskimo	47	3.3	7.3	4.4	10.1	29	3
Queen Elizabeth	46	3.3	8.1	4.7	9.5	34	5
September Yellow	44	3.2	6.1	4.2	9.5	26	5
Jambra 93	44	3.7	8.8	4.9	11.4	20	7
Gaenbae	42	3.3	7.1	4.6	10.8	30	4
AL0018	42	2.7	6.2	4.0	9.2	27	7
Collect 124	41	2.8	7.9	4.2	9.8	21	6
Livia	40	3.1	7.3	3.9	8.8	20	4
Jasmina	40	3.1	7.4	3.4	8.8	35	5
Collect 0110	37	2.8	6.2	3.7	8.4	26	2
95-01038	55	4.1	10.8	4.5	10.7	45	6
Denides	48	3.4	11.1	4.3	10.0	23	3
95-07861	47	3.2	6.3	2.6	6.7	32	8
Joseph skirt	46	3.7	7.1	3.3	9.0	41	6
Neoin	44	3.7	8.6	3.7	9.2	30	5
Matilda	41	3.3	8.3	4.4	10.4	32	5
March	38	3.3	8.3	4.1	9.2	19	9
95-10299	38	3.2	8.2	3.1	7.4	39	3
Joy	49	3.9	14.3	3.3	-	-	8
Scarlet mimi	34	2.9	7.1	2.9	-	-	3
Spray Sentina	33	2.6	7.6	2.6	-	-	7
Lidia	33	2.9	6.3	3.6	-	-	6
Truit mimi	32	4.1	7.1	2.7	-	-	2

본 시험결과 어느 재배시기에나 절화장이 길고 개화소요일수가 짧으며 꽃 품질이 유망한 40여 품종과 절화수명이 우수한 7품종을 교배 모본으로 이용하여 앞으로 식물 공장 전용 품종을 개발 하고자 한다.

5) 적요

장미 식물공장 재배에 알맞은 품종을 선발하고자 대형계 277품종 중형계 138품종 스프레이계 85품종 등 500품종을 수집 조사하였다.

발근율이 95%이상 품종은 재배시기에 따라 71~80%로 계절에 관계없이 발근율이 비교적 좋아 발근에는 별 문제가 없었다.

맹아기는 11~29일까지 다양하게 나왔는데 15일 이내 품종은 1차에서 10%에 불과하였으나 2차 시기에는 57.6%까지 높아져 환경변화에 민감함을 알 수 있었다.

개화소요일수는 품종과 재배시기에 따라 30~80일로 넓게 분포를 나타냈는데 50일 이내에 개화되는 품종은 1차에서 42.8%, 2차에서 49.0%, 3차에서 99.8%로 삼목시기에 따라 민감하게 반응함을 알 수 있었고, 스프레이 계통이 개화소요일수가 비교적 짧았다.

절화장은 계통별, 재배시기에 따라 차이가 많았는데 대륜계에서는 존브라이트, 비탈, 수집110, 수집33, 수집51, 95-03791, 달라스, 오시아나, 무비스타, 아모로사, 소니아, 마이크, 무상, 변이지3, 수집0104, 수집0110, 수집103, 수집13, 수집18, 브라이달뷰티 등이, 중륜계에서는 95-10299, 95-07861, 스위트허니, 아페리프트, 수집0124, 93-3403, 스페니쉬션, 아이스버그, 에스키모, 로즈유미, 93-1262, 95-01038, 95-08792, 95-2206, 95-7302, 조셉스커트 등이, 스프레이계에서는 마스크라드, 트루트미미, 모닝스타, 프린세스, 센티나, 센타이너 등이 재배시기에 따라 비교적 안정적으로 40cm이상이 가능하였다.

흰가루병에 대한 포장 저항성은 대부분 약하게 나타났다.

Casual flower의 절화수명은 대륜계에서는 마갈리, 레드산드라, 마르데보아가 9일로, 중륜계에서는 조셉스커트, 에스카다, 변이지6이 10일로, 스프레이계에서는 트루트미미가 7일로 우수하였다.

장미 공장생산에 적합할 것으로 생각되는 절화장이 길고, 정식후 도화일수가 짧으며, 밀식 적응성이 높은 것, 삼목번식이 용이한 품종, 초기 묘소질이 왕성한 품종, 묘재활용이 높은 품종, 내병충성 양액재배에 대한 적응성 등을 고려 할 때 대형계는 존브라이트, 비탈, 무비스타, 수집110, 수집33, 수집51, 달라스, 오시아나, 95-03791등이,

중형계는 95-10299, 95-07861, 스위트허니, 아페리프트, 수집0124, 93-3403, 스페니쉬션 등이, 스프레이계는 마스카라드, 프린세스, 트루트미미, 스칼렛미미, 모닝스타 등이 식물공장 전용 품종으로 유망하였다.

2. 재배경과 년수별 밀식 적응성 구명

가. 재료 및 방법

밀식 적응성을 알아보기 위해서는 개화소요일수, 절화장 등 제 특성이 가장 우수한 비탈 품종을 상위 3마디와 하위 3마디는 사용하지 않고 5소매엽을 가진 일아삽을 7.5×7.5cm 암면큐브에 삽목하여 켈러스가 형성되고 발근이 된 후에 정식을 하였다. 재식거리는 7.5×10cm(133주/m²), 10×10cm (100주/m²), 7.5×15cm (89주/m²), 12×12cm (69주/m²)로 4처리를 하였다. 그리고 1회 재배한 묘의 재 사용가능성을 검토하기 위하여 1회 수확한 묘를 수확시 줄기아래 5소매엽 1개를 남기고 절단하여 재생능력과 품질을 조사하였다. 그리고 재 사용시 절단위치에 따른 재생능력과 품질을 알아보기 위하여 줄기아래 2마디, 3마디, 4마디를 각각 남기고 절단처리를 하였다.

나. 결과 고찰



Fig. 2-8. 삽목

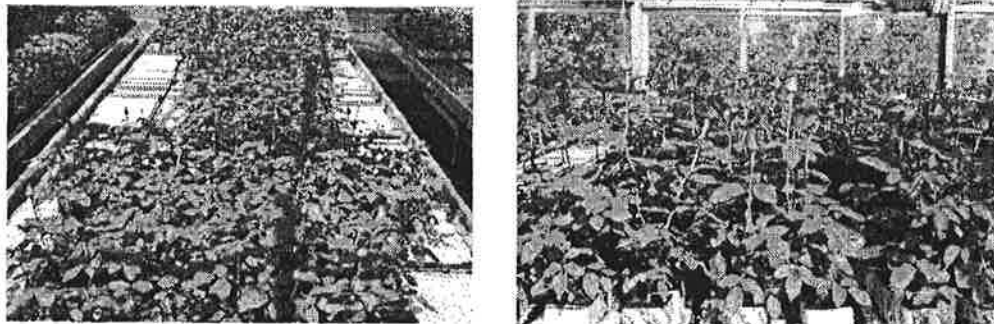


Fig. 2-9. 개화

재식밀도에 따른 발근율은 모든 처리에서 100%로 좋았다. 맹아 소요일수는 12일, 개화 소요일수는 52~3일로 처리간에 차이가 없었으며 절화수명도 9일 정도로 비슷하였다. 그러나 블라인드 발생율은 밀식 할수록 증가하였다.

Table 2-17. The characteristics of growth and vase life as affected by planting density.

Treatment	Rooting percentage (%)	Sprouting time (day)	Develment percentage of blind	Number of days to flowering	Vase life (day)
7.5×10cm (133/m ²)	100	12	54	53	9.1
10×10cm (100/m ²)	100	12	51	54	8.9
7.5×15cm (89/m ²)	100	12	48	53	9.0
10×15cm (66/m ²)	100	12	36	53	9.4

Cutting : '03. 20. Feb.

재식밀도에 따른 생장을 보면 (Table 2-18)절화장, 줄기직경, 줄기 무게는 모두 처리간에 유의성을 보이지 않았다. 또한 화고, 화폭, 꽃잎수도 재식밀도에 따른 차이가 크지 않았다.

Table 2-18. The quality of cutting flower as affected by planting density.

Treatment	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal	Weight of stem (g)
7.5×10cm (133/m ²)	43	4.0	8.9	4.3	9.2	22	19.2
10×10cm (100/m ²)	44	3.6	8.8	4.5	9.3	24	16.9
7.5×15cm (89/m ²)	45	3.8	9.3	4.4	9.1	24	17.4
10×15cm (66/m ²)	40	3.7	8.6	4.6	9.9	24	18.2

Cutting : '03. 20. Feb.

Table 2-19은 1회 삽목 후 재절화 한 후 재식밀도에 따른 고사주 발생율과 개화소요 일수를 나타내는 것으로 고사율은 7.5×15cm에서 가장 적었고, 10×15cm에서 약간 높게 나타났다. 맹아기는 8일, 개화소요일수는 약44일로 처리간에 차이가 없었다. 그러나 1회 삽목한 것에 비해서는 맹아가 4일, 개화소요일수가 9일 정도 빨라 연중 재배횟수 증가가 가능할 것으로 생각된다.

Table 2-19. The characteristics and vase life as affected by planting density at recutting rose.

Treatment	Withering rate (%)	Sprouting time (day)	Develment percentage of blind	Number of days to flowering	Vase life (day)
7.5×10cm (133/m ²)	5.3	8	26	44.5	7.3
10×10cm (100/m ²)	4.4	8	22	44.3	7.6
7.5×15cm (89/m ²)	3.4	8	22	44.1	7.5
10×15cm (66/m ²)	6.0	8	32	43.5	7.8

Recutting : '03. 13. May

Table 2-20은 1회 삼목한 묘를 여러번 재 사용 가능성을 구명하고자 재 절단하여 재식밀도에 따른 절화 품질을 살펴본 것으로 재식밀도 처리간에는 큰 유의적인 차이는 없었으나 절화장은 1회 삼목한 묘에 비해 약 13cm정도 짧았으며, 줄기 직경, 잎수, 줄기 무게도 상당히 떨어졌다. 또한 화폭도 3cm나 적었으나 꽃잎 수는 24매에서 21매로 약간 감소하였다. 이와 같이 재 절화시 생육이 저조한 결과는 절화 후 재충전을 위한 어느 정도의 휴면이 필요할 것으로 생각된다.

Table 2-20. The quality of cut flower as affected by planting density at recutting rose.

Treatment	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal	Weight of stem (g)
7.5×10cm (133/m ²)	30	2.6	6.5	3.5	5.2	21	14.2
10×10cm (100/m ²)	30	2.6	6.5	3.5	6.6	21	12.6
7.5×15cm (89/m ²)	29	2.6	6.5	3.5	6.7	21	13.2
10×15cm (66/m ²)	28	2.6	6.4	3.5	6.7	21	13.0

Recutting : '03. 13. May

Table 2-21은 재사용시 알맞은 절단위치를 구명하기 위하여 줄기 하부에 2마디, 3마디, 4마디를 남기고 절단한 처리 결과 고사율은 2마디를 남기고 절단한 처리에서 가장 높았고, 맹아기, 개화소요일수, 브라인드율, 절화수명은 처리간에 큰 차이 없이 비슷한 경향을 보였다. 따라서 고사주를 줄이기 위해서는 약간 높은 위치에서 자르는 것이 좋을 것으로 생각된다.

Table 2-21. The characteristics of grow and vase life as affected by made hight at ccutting rose.

Treatment	Withering rate (%)	Sprouting time (day)	Develment percentage of blind	Number of days to flowering	Vase life (day)
2 Node	11.5	8	29	53.5	9.2
3 Node	9.8	8	27	54.7	8.9
4 Node	4.4	8	27	54.4	9.0

재사용시 절단 위치에 따른 절화 품질은 2마디를 남기고 절단한 것에서 절화장이 약간 짧았으나 절화직경, 엽수, 화수, 화폭, 꽃잎수, 절화무게는 비슷한 경향을 나타냈다.

Table 2-22. The quality of cut flower as affected by made hight at cecutting rose.

Treatment	Length of stem (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of leaf/stem (EA)	High of flower (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of petal/stem (EA)	Weight of stem (g)
2 Node	30	2.7	6.4	3.4	5.3	22	14.2
3 Node	32	2.7	6.6	3.5	6.6	23	14.6
4 Node	32	2.7	6.5	3.4	6.5	22	15.0

3. 적요

장미 식물공장 재배에 알맞은 품종을 선발하고자 대형계 277품종 중형계 138품종 스프레이계 85품종 등 500품종을 수집 조사하였다.

발근율이 95%이상 품종은 재배시기에 따라 71~80%로 나타나는 경우도 있으나, 계절에 관계없이 발근율이 비교적 높아 발근에는 별 문제가 없었다.

맹아기는 11~29일까지 다양하게 나왔는데 15일 이내 품종은 1차에서 10%에 불과

하였으나 2차 시기에는 57.6%까지 높아져 환경변화에 민감함을 알 수 있었다.

개화소요일수는 품종과 재배시기에 따라 30~80일로 넓게 분포를 나타냈는데 50일 이내에 개화되는 품종은 1차에서 42.8%, 2차에서 49.0%, 3차에서 99.8%로 삼목시기에 따라 민감하게 반응함을 알 수 있었고, 스프레이 계통이 개화소요일수가 비교적 짧았다.

절화장은 계통별, 재배시기에 따라 차이가 많았는데 대륜계에서는 존브라이트, 비탈, 수집110, 수집33, 수집51, 95-03791, 달라스, 오시아나, 무비스타, 아모로사, 소니아, 마이크, 무상, 변이지3, 수집0104, 수집0110, 수집103, 수집13, 수집18, 브라이달뷰티 버실리아등이, 중륜계에서는 95-10299, 95-07861, 스위트허니, 아페리프트, 수집0124, 93-3403, 스페니쉬션, 아이스버그, 에스키모, 로즈유미, 93-1262, 95-01038, 95-08792, 95-2206, 95-7302, 조셉스커트 등이, 스프레이계에서는 마스크라드, 트루트미미, 모닝스타, 프린세스, 센티나, 센타이너 등이 재배시기에 따라 비교적 안정적으로 40cm 이상이 가능하였다. 한편, 흰가루병에 대한 포장 저항성은 대부분 약하게 나타났다.

Casual flower의 절화수명은 대륜계에서는 마갈리, 레드산드라, 마르데보아가 9일로, 중륜계에서는 조셉스커트, 에스카다, 변이지6이 10일로, 스프레이계에서는 트루트미미가 7일로 우수하였다.

장미 공장생산에 적합한 품종의 특성을 절화장이 길고, 정식후 도화일수가 짧으며, 밀식 적응성이 높은 것, 삼목번식이 용이한 품종, 초기 묘소질이 왕성한 품종, 묘 재 활용이 높은 품종, 내병충성 양액재배에 대한 적응성 등으로 고려 할 때 대형계는 존브라이트, 비탈, 무비스타, 수집110, 수집33, 수집51, 달라스, 오시아나, 95-03791등이, 중형계는 95-10299, 95-07861, 스위트허니, 아페리프트, 수집0124, 93-3403, 스페니쉬션 등이, 스프레이계는 마스크라드, 프린세스, 트루트미미, 스칼렛미미, 모닝스타 등이 식물공장 전용 품종으로 유망하였다.

제 3절 장미 공장생산시스템의 최적 환경제어 기술 개발

1. 동계 절화 생산성향상을 위한 보광기술 개발

가. 재료 및 방법

1) 롯데로제 품종

서울시립대 대형 컨테이너{12(L)×2(W)×3m(H)}에 완전제어형 식물공장 시스템을 설치하여 실험하였다. 대륵계 롯데로제와 레드벨벳 품종을 5매엽이 달린 삽수를 입상 암면에 삽목하여 실험하였다. 인공광원으로는 고압나트륨등(430W), 메탈할라이드등(250W)과 형광등(40W)을 사용하였다. 광합성 유효광자속 밀도는 $200\pm 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 조절하였다. 주야간온도는 25℃/18℃, 조명시간은 아침 6시부터 저녁 8시까지 14시간 조명하였다. 배양액은 서울시립대 single-stemmed 장미용 배양액을 사용하여 분무수경으로 재배하였다.

2) 레드벨벳 품종

본 시험은 서울시립대학교 환경원예학과 완전제어형 식물생산시스템인 대형 컨테이너{12(L)×2(W)×3m(H)}에서 절화용 장미 'Red Velvet'을 시험재료로 수행되었다. 2002년 4월 12일 삽목하여 발근된 묘를 2002년 6월 2일에 각 처리당 6주씩 10cm×10cm로 정식하였다. 재배시스템은 분무경 방식이고 배양액은 서울시립대학교 순환식 장미 배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, P 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2, S 2.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)을 사용하였다. 배양액의 EC는 EC meter(EC-93, Aalsmeer-Holland)을 사용하여 $1.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조절하고 pH는 pH meter(pH-93, Aalsmeer-Holland)를 사용하여 pH 5.5 ± 0.02 로 조절하였다. 배양액의 pH는 NaOH와 H_2SO_4 를 이용하여 조절하였다. 지상부 환경은 온도 $25\pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 60~70%, 주/야의 길이는 16/8 시간으로 설정하였다.

시험구는 광원에 따라 메탈할라이드등(metal halide lamp), 형광등(fluorescent

lamp), 고압나트륨등(high-pressure lamp), 고압나트륨등(high-pressure lamp)과 메탈 할라이드등(metal halide lamp) 혼합으로 나누어 처리하였다. 형광등을 제외하고 각 처리당 광합성 유효광양자속 밀도(Photosynthetic photon flux density, PPF)는 250~300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 조절하였고, 형광등 처리구는 PPF를 150~200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 조절하였다.

정식 6주 후 광합성(Li-6200, Li-COR, USA)과 증산량(Li-1600, Li-COR, USA)을 측정하였고, 생육조사로는 절화장, 생체중, 건물중, 경경, 최대엽장, 엽폭, 엽수등을 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

완전제어형 식물공장에서 광원에 따른 장미의 광합성속도는 HPS 처리구와 HPS와 MH 혼합처리구에서 FL과 MH처리구 보다 높게 나타났고, 기공저항은 MH에서 가장 낮은 값을 나타냈으며 HPS와 HPS와 MH 혼합처리구에서 높게 나타났다. 증산량은 FL처리구에서 가장 높게 나타났으며, 확산저항은 MH 처리구에서 가장 높게 나타났으며 FL 처리구에서 가장 낮은 값을 보였다.

Table 3-1. Effects of light sources in closed plant factory on photosynthetic rate, stomatal resistance, transpiration and diffusive resistance of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in aeroponics.

Light source	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Stomatal resistance ($\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Diffusive resistance ($\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$)
FL ^Y	3.52b ^z	0.501ab	12.69a	1.753b
MH ^X	5.89b	0.338b	10.53b	2.060a
HPS ^W	9.54a	0.56a	8.15b	1.960ab
HPS+MH ^V	12.74a	0.593a	9.91b	1.903ab
LSD 0.05	3.9664	0.1685	2.4461	0.5547

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

^YFL : fluorescent lamp

^XML : metal halide lamp

^WHPS : high-pressure lamp

^VHPS+MH : metal halide lamp and high-pressure lamp

완전제어형 식물공장에서 광원에 따른 장미의 생육은 전체적으로 HPS 처리구에서 높게 나타났으며, FL 처리구와 MH처리구에서 낮게 나타났다.

Table 3-2. Effects of light sources in closed plant factory on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in aeroponics.

Light source	Cut flower length (cm)	Cut flower fresh weight (g)	Cut flower dry weight (g)	Stem diameter (cm)	Max. leaf length (cm)	Max. leaf width (cm)	No. of leaves
FL ^Y	41.5 b ^z	14.6 b	5.2 c	0.55 c	13.8 b	12.2 b	10.6 c
MH ^X	46.9 ab	17.2 b	6.1 c	0.46 d	14.5 ab	11.7 b	12.0 a
HPS ^W	57.5 a	37.5 a	13.3 a	0.71 a	16.0 a	15.5 a	12.0 a
HPS+MH ^V	46.2 ab	34.4 a	10.5 b	0.60 b	15.3 ab	14.2 a	10.7 b
LSD 0.05	13.096	13.373	2.0295	0	1.8053	1.7153	0

^{z,y,x,w,v}See Table 3-1

2. 순환식 최적 배양액 개발

가. MATERIALS AND METHODS

1) Development of Optimum Nutrient Solution for Single-Stemmed Rose

Rose plant (*Rosa hybrida* L.) cultivar 'Red velvet' was grown in the greenhouse at the Department of Environmental Horticulture in the University of Seoul from February 10, 2001 to March 24, 2001. All of cuttings had five-leaflet leaf and were taken 0.5 to 1.0 cm above and 4.0 to 5.0 cm below the node, before beginning the experiment. The basal part of each cutting was treated with a commercial auxin containing rooting powder (rootone). When their roots grew outside the pot (top diameter 5 cm, height 5.7 cm), filled with granular rockwool, the plants were transplanted into each culture bed. Each bed contained 14 plants (40 cm × 120 cm × 18 cm) with two replication.

The plants were grown by aeroponics and ebb & flood for the study and were irrigated with the nutrient solution of National Horticulture Research Station in Japan ($\text{NO}_3\text{-N}$ 16.0, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.3, $\text{PO}_4\text{-P}$ 4.0, K 8.0, Ca 4.0, Mg 4.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$). The solutions were supplied to each culture bed through 10mm diametered hose pipe connected to submergible pump (30 W in aeroponics and 20 W in ebb & flood). Electrical conductivity(EC) levels of the nutrient solution were adjusted to 0.9 (1/3 S; strength), 1.2 (1/2 S), 2.3 (1 S) and 3.7 (3/2 S) $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ for this study in aeroponic and ebb & flow culture, respectively. Their solutions had pH of 5.5 ± 1.5 using 1N H_2SO_4 and 1N NaOH.

To develop the nutrient solution for a plant factory of single -stemmed rose, Yamazaki's nutrient-water (n/w) uptake formula was used. All of nutrient solutions in each container were calculated as follow;

When nutrition (n) and water (w), which is not pure water but mixture of

water and nutrient, were measured every week, it could have formula devised by Yamazaki, that is called n/w formula. To calculate with n/w, a that is initial volume of culture solution in each container (l), w that is the amount of water absorbed by plant (l), y that is the initial concentration of macronutrients in culture solution ($\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$) and y_1 that is the final concentration of macronutrients in culture solution ($\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$) have to be known exactly. There are two different formulas for the n/w depends on y and y_1 value. One is “ $n/w = a/w(y-y_1) + y_1$ ” if y value is higher than y_1 value, the other is “ $n/w = y_1 - a/w(y_1-y)$ ” if y_1 value is higher than y value (Yamazaki, 1984).

The EC and pH were measured at three times per week by an EC meter (CM-20E, TOA, Japan) and a pH meter (HM-20E, TOA, Japan). The amounts of water absorption were measured every week.

Two hundred milliliter of nutrient solution samples were regularly collected when the amounts of water absorption were measured, followed by analysis for the five major elements of N, P, K, Ca and Mg. Nutrient solutions were filtered with Whatman No. 6 filter paper before analyzing nutrient solutions for the study. Ammonium and NO_3^- in the nutrient solutions were determined by the Kjeldahl digestion (Büchi 323, Switzerland). Inorganic phosphorus was determined by a spectrophotometer (UV-Vis 2100, Shimadzu, Japan). Potassium, calcium and magnesium were measured by the atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer 3100, USA).

The fresh mass, stem length, flower diameter, stem diameter, flower stalk and number of five-leaflet leaves and three-leaflet leaves of the cut flower grown by aeroponics and ebb & flood. were recorded for comparison.

The means between the results were analyzed for significant differences using Duncan's multiple range test with the statistical analysis package SAS (Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA).

2) Suitability Examination of Developed Nutrient Solutions for Single-Stemmed Rose

The suitability of developed nutrient solutions were examined; Two were developed in this study at the University of Seoul (UOS) and one was developed by proefstion voor bloemisterij en glasgroenpe (PBG).

The plants were grown in the greenhouse at the University of Seoul from April, 23, 2001 to May 28, 2001. The EC of the developed nutrient solutions of UOS in aeroponics and ebb & flood were 0.7 (1/2 S), 1.4 (1 S) and 2.8 (2 S) $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, and the EC of the nutrient solutions of PBG had only 0.7 (1 S) $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (Table 3-6). After tansplanting, The EC was measured and adjusted by EC meter (CM-20E, TOA, Japan) three times a week, and pH had 6.0 ± 0.5 using 1N H_2SO_4 and 1N NaOH, and it was measured by pH meter (HM-20E, TOA, Japan).

Chemical analysis of all of nutrient solutions in the second experiment was performed by the same methods as described in the first experiment. To measure photosynthesis, diurnal measurements of the net CO_2 assimilation rate were performed on recent mature leaves in the upper canopy using a portable photosynthesis system (LI-6400, Li-Cor, USA). Sulfur was measured by the ion chromatography (DX-120, Dionex, USA).

The fresh mass, stem length, flower height, stem diameter, flower stalk and number of five-leaflet leaves and photosynthesis of the flowers by aeroponics and ebb & flood were recorded for comparison.

The means were analyzed for significant differences between the results using Duncan's multiple range test with the statistical analysis package SAS (Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA).

Table 3-6. Concentrations of macroelements in the nutrient solutions used in a plant for single-stemmed rose 'Red Velvet'.

Nutrient solution	Nutrient concentration ($\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)						
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	P	K	Ca	Mg	S
UOS-A ^z	8.8	0.67	2.0	4.8	4.0	2.0	2.0
UOS-E ^y	8.9	0.73	2.2	4.8	4.1	1.7	1.7
PBG ^x	4.3	0.5	1.5	2.3	2.2	0.8	1.0

^zNutrient solution of the university of Seoul (UOS) for single-stemmed rose in aeroponics.

^yNutrient solution of the university of Seoul (UOS) for single-stemmed rose in ebb & flood.

^xNutrient solution of proefstation voor bloemisterij en glasgroenpe (Sonneveld and Straver, 1992).

4. RESULTS AND DISCUSSION

1) Development of Optimum Nutrient Solution for Single - Stemmed Rose

To develop the nutrient solution suitable for single-stemmed rose in a plant factory, nutrient-water (n/w) uptake formula devised by Yamazaki was used in aeroponic and ebb & flood system. There were four levels of the nutrient concentrations in both aeroponics and ebb & flood (Table 3-3).

Before developing nutrient solution of single-stemmed rose, it was thought that there would be different composition in the nutrient solutions in aeroponics and ebb & flood. However, there were no significant effects of the composition of the nutrient solutions in aeroponics and ebb & flood (Table 3-3). The EC at 1/3 S and 1/2 S in aeroponics and ebb & flood kept balance compared to these at 3/2 S and 1 S, especially, the EC at 3/2 S in aeroponics and ebb & flood significantly increased up to 10.7 and 6.9 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ respectively (Fig. 3-1). These tendencies closely related to the nutrient(n)-water(w) uptake patterns. Due to that, it could be expected that the higher concentrations (3/2 S and 1 S) in both growing

systems were much enough to grow single-stemmed rose just in this study. On the other hand, the pH at 1 S and 1/2 S kept balance compared to these at 3/2 S and 1/3 S in aeroponics and ebb & flood. The pH at 3/2 S in both growing systems decreased while the pH at 1/3 S in both growing systems increased (Fig. 3-2). This result showed that the effect of the pH was closely related to NH_4^+ absorption pattern. It has been well known that the roses are so sensitive about N.

In generally, all of the nutrient solutions at 1/3 S and 1/2 S were stabilized in aeroponics and ebb & flood. Uptake rates between NO_3^- and NH_4^+ had difference at 3/2 S and 1 S in both growing systems. NH_4^+ at 3/2 S in aeroponics and at 3/2 S and 1 S in ebb & flood declined sharply after 2 weeks (Fig. 4). In contrast, NO_3^- at 3/2 S and 1 S in both growing system increased after 2 weeks (Fig. 3-3). For that reason, the initial pH was higher than the pH measured at 2 weeks later. It was demonstrated that the roses seemed to prefer to uptake NH_4^+ more than NO_3^- (Gato, 1994), and it was agreed that NH_4^+ was not a limiting nutrient for the roses (Cabrera et al, 1992). However, in this study, just for the lower concentrations (1/2 S and 1/3 S) had no significant change of NO_3^- and NH_4^+ until the flower shoots were harvested. It might be no effects about the rate between NO_3^- and NH_4^+ at the lower concentrations for single-stemmed rose. There were no significant differences to the growth of single-stemmed rose in both aeroponics and ebb & flood in this study, except only for fresh mass of root which showed the higher the concentration of the nutrient solutions the greater the fresh mass of root (Table 3-4, 3-5). This reason for greater fresh mass of root was not entirely clear, but it might be attributed to the balance of the growth between shoot and root for single-stemmed rose.

Table 3-3. Calculated n/w values of single-stemmed rose based on the Yamazaki's formula in aeroponics and ebb & flood.

Growing system	Nutr. con.	Items measured	Water (L)	Items measured	PO ₄ -P	K	Ca	Mg
					(me · L ⁻¹)			
Aeroponics	1/3 S ^z	a	15.00	y	1.41	3.36	3.00	1.42
		w	17.30	y ₁	1.21	4.87	3.06	2.02
		a / w	0.87	n / w	1.38	3.56	3.01	1.50
	1/2 S	a	15.00	y	2.01	4.67	4.02	1.99
		w	16.20	y ₁	1.91	6.42	4.79	2.97
		a / w	0.93	n / w	2.00	4.80	4.08	2.06
	1 S	a	15.00	y	3.88	9.18	7.71	3.80
		w	16.30	y ₁	4.65	16.72	12.06	6.18
		a / w	0.92	n / w	3.94	9.78	8.06	3.99
	3/2 S	a	15.00	y	6.72	16.14	13.02	6.48
		w	13.15	y ₁	8.56	30.56	17.60	13.00
		a / w	1.14	n / w	6.46	14.11	12.38	5.56
Ebb&Flood	1/3 S	a	20.00	y	1.41	3.36	3.00	1.42
		w	11.40	y ₁	1.19	3.36	2.03	1.52
		a / w	1.75	n / w	1.58	3.36	3.73	1.35
	1/2 S	a	20.00	y	2.01	4.67	4.02	1.99
		w	10.90	y ₁	1.67	4.45	3.84	2.31
		a / w	1.83	n / w	2.29	4.85	4.17	1.72
	1 S	a	20.00	y	3.88	9.18	7.71	3.80
		w	11.45	y ₁	3.92	13.21	9.18	5.03
		a / w	1.75	n / w	3.85	6.17	6.61	2.88
	3/2 S	a	20.00	y	6.72	16.14	13.02	6.48
		w	13.20	y ₁	7.24	26.90	16.67	9.73
		a / w	1.52	n / w	6.45	10.60	11.14	4.81

^zStrength of nutrient solution

n/w: The formula devised by Yamazaki to determine the amount of macronutrients and water uptake at regular intervals during aeroponic and ebb & flood culture.

$$\text{if } y > y_1, n/w = \frac{a}{w} (y - y_1) + y_1 \quad ; \quad \text{if } y < y_1, n/w = y_1 - \frac{a}{w} (y_1 - y)$$

a: Initial volume of culture solution in each container (l).

w: The amount of water absorbed by plants (l).

y: The initial concentration of macronutrients in culture solution (me · L⁻¹).

y₁: The final concentration of macronutrients in culture solution (me · L⁻¹).

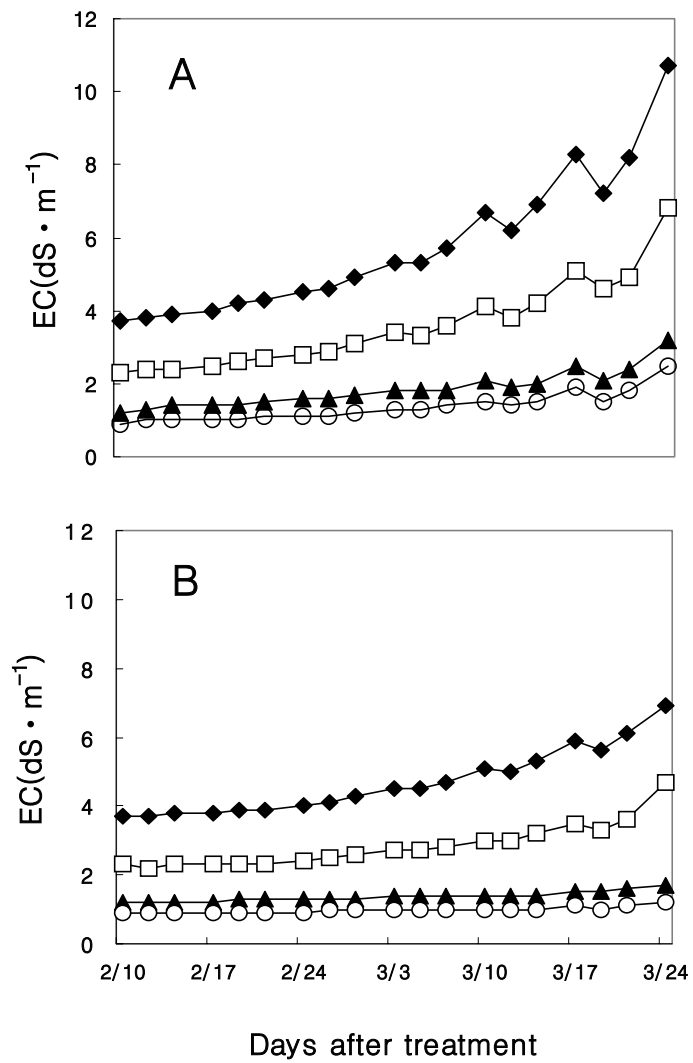


Fig. 3-1. Changes of EC in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [3/2 S (◆), 1 S (□), 1/2 S (▲), 1/3 S (○)].

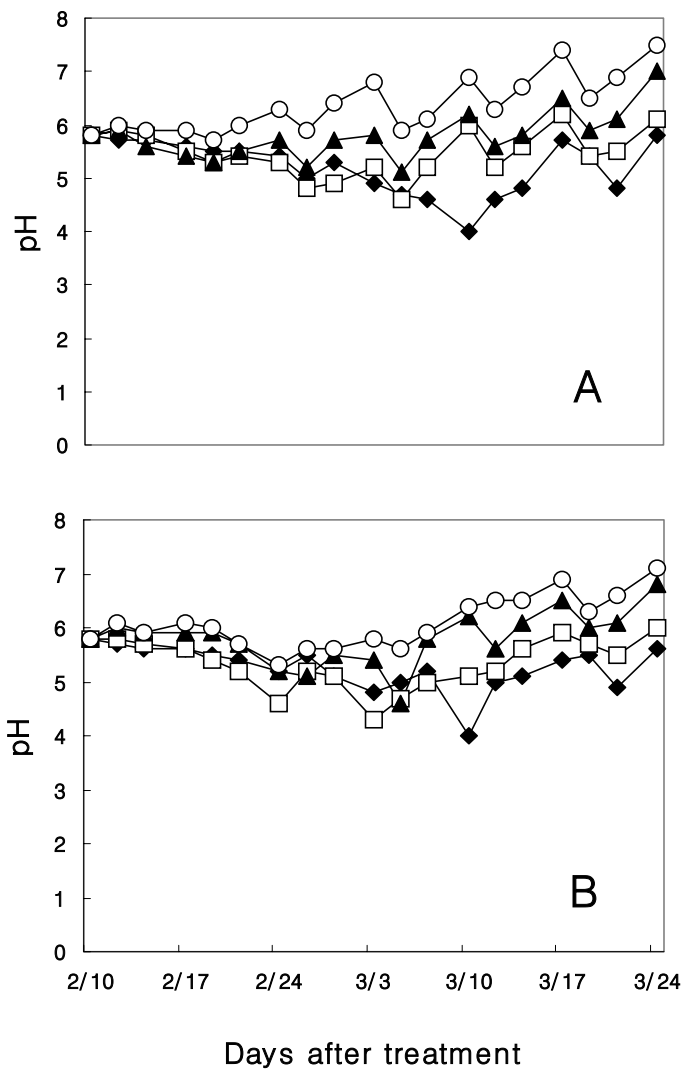


Fig. 3-2. Changes of pH in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [3/2 S (◆), 1 S (□), 1/2 S (▲), 1/3 S (○)].

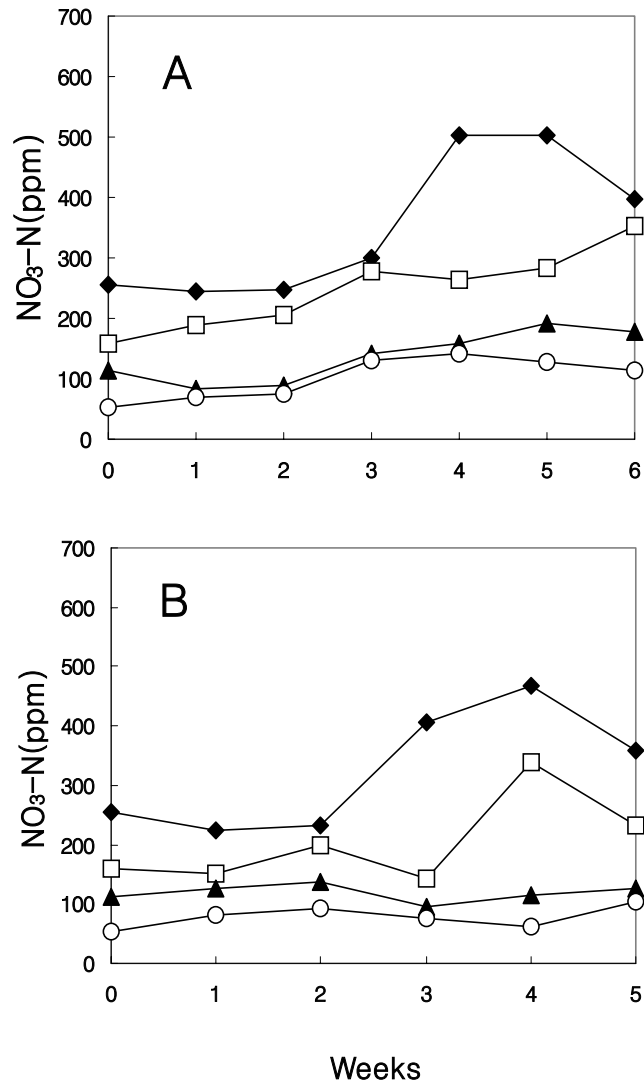


Fig. 3-3. Changes of $\text{NO}_3\text{-N}$ in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [3/2 S (◆), 1 S (□), 1/2 S (▲), 1/3 S (○)].

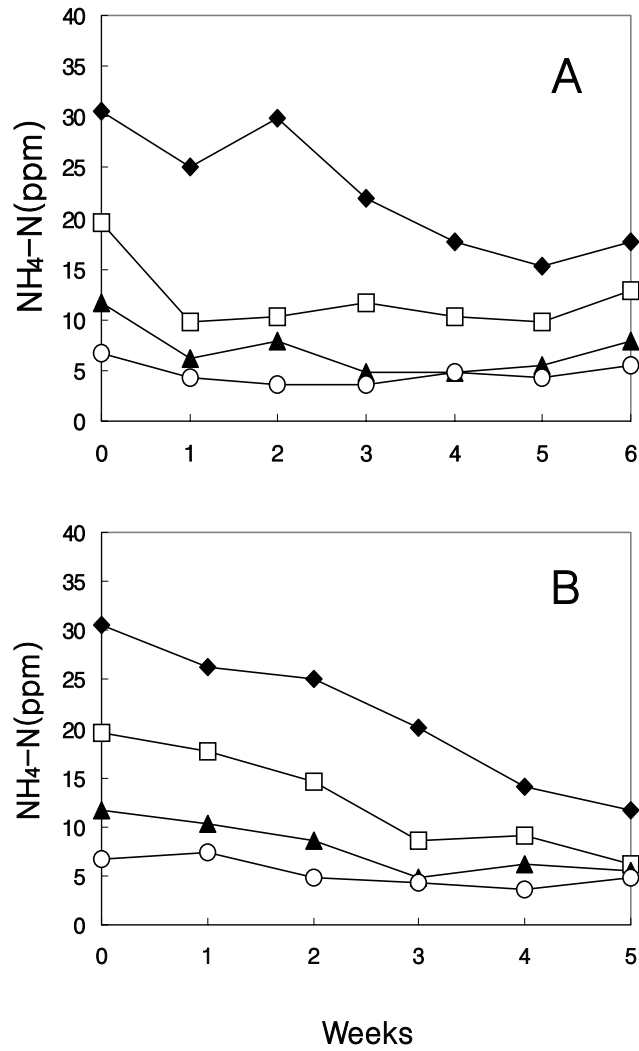


Fig. 3-4. Changes of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [3/2 S (◆), 1 S (□), 1/2 S (▲), 1/3 S (○)].

The uptake patterns for P, K, Ca and Mg were somewhat similar to that of NO_3^- . It showed that P in all of the concentration was stabilized in aeroponics and ebb & flood except for the concentration at 3/2 S in aeroponics (Fig. 3-5). Potassium and Ca at 3/2 S in aeroponics increased extremely compared to these at 1/2 S and 1/3 S in aeroponics and ebb & flood. Of course, K and Ca at 1 S in aeroponics fairly increased compared to these at 1/2 S and 1/3 S. Besides, K at 1 S in ebb & flood slowly increased (Fig. 3-6, 3-7). All of the concentrations in Mg rapidly increased after 4 weeks when flowers were developed (Fig. 3-8). This was might be due to the relationship between Mg and other cations at the shoot development stage. Thus, these results indicated that the uptake rates for these ions in the higher concentrations (3/2 S and 1 S) decreased when the shoot elongation rate was at its maximum.

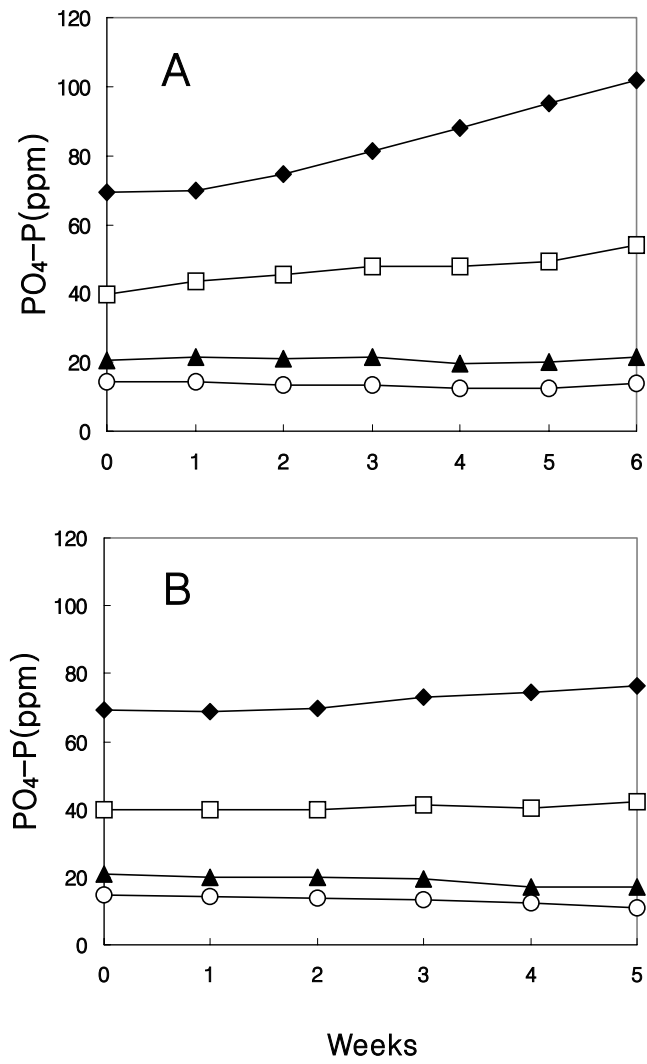


Fig. 3-5. Changes of $PO_4\text{-P}$ in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [3/2 S (◆), 1 S (□), 1/2 S (▲), 1/3 S (○)].

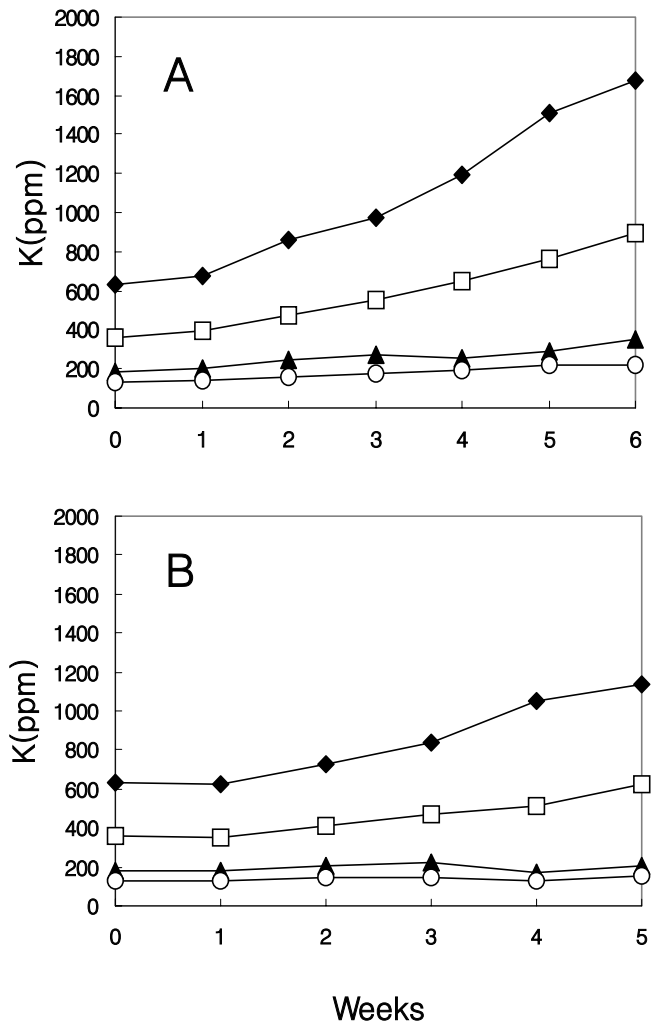


Fig. 3-6. Changes of K in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [3/2 S (◆), 1 S (□), 1/2 S (▲), 1/3 S (○)].

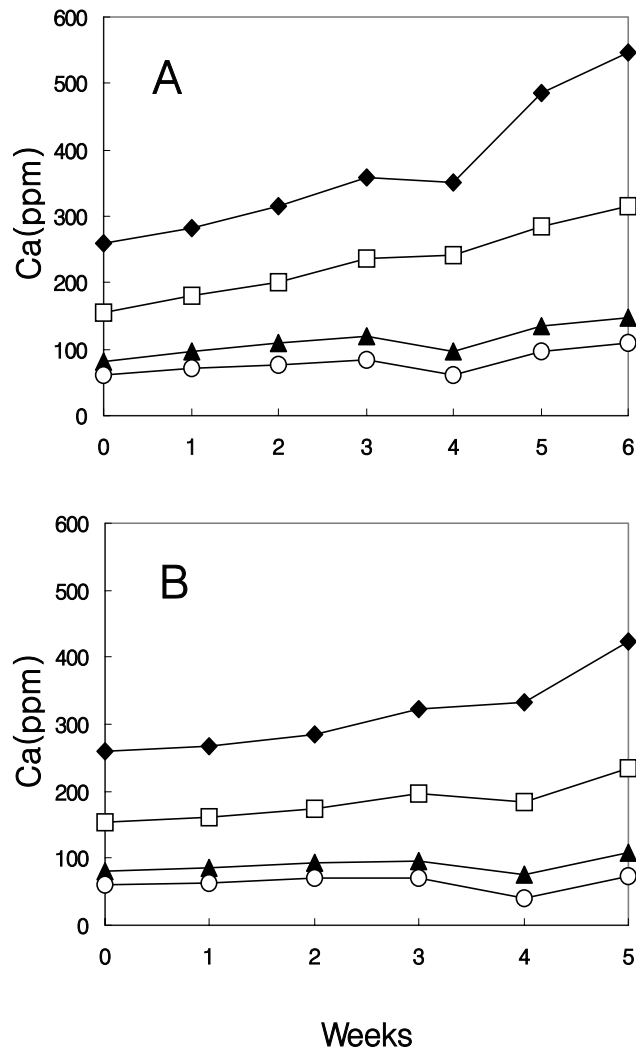


Fig. 3-7. Changes of Ca in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [$3/2$ S (◆), 1 S (□), $1/2$ S (▲), $1/3$ S (○)].

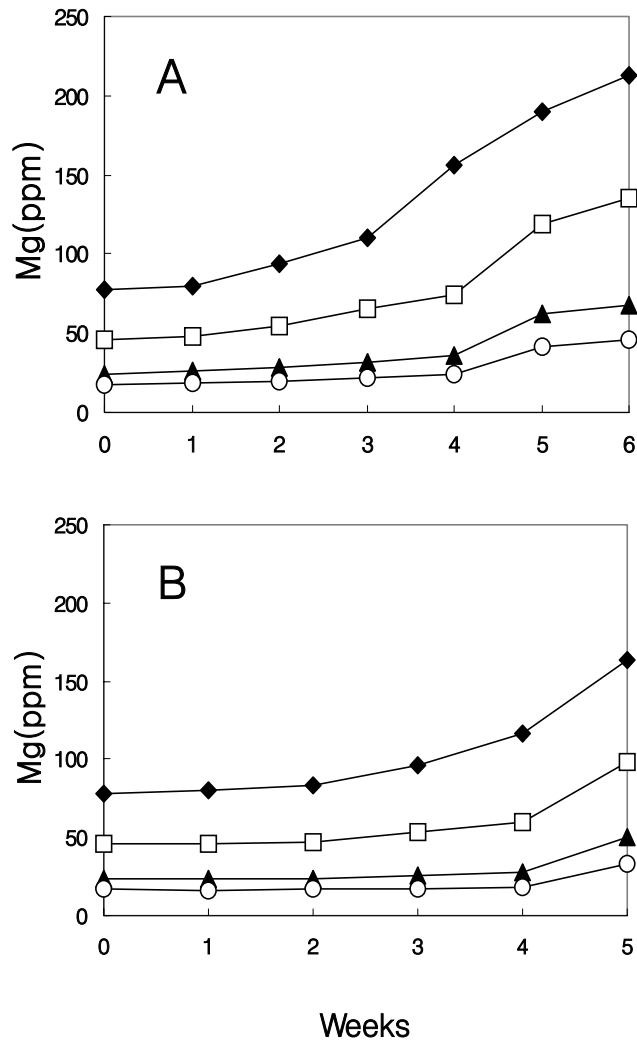


Fig. 3-8. Changes of Mg in the nutrient solution based on the different concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [3/2 S (◆), 1 S (□), 1/2 S (▲), 1/3 S (○)].

Overall, there were no significant differences among treatments in fresh mass of stem and root, stem length, flower diameter, stem diameter, flower stalk and number of five-leaflet leaves and three leaflet leaves in different growing systems. There, however, was significant difference for fresh mass of root by aeroponics and for stem diameter by ebb & flood (Table 3-4, 3-5).

The growth of single-stemmed rose growth by the developed nutrient solutions at different concentrations for aeroponics and ebb & flood was not significantly different. However, all of the nutrient solutions at 1/2 S were generally stable in aeroponics and ebb & flood. To choose the optimum nutrient solution for single-stemmed rose in a plant factory in this study, it has to be considered not only that ions and concentrations has less been changed but also that high quality production can be obtained without spending much fertilizer.

Therefore, maybe, the concentrations of nutrient solution at 1/2 S in both aeroponics and ebb & flood might be good for single-stemmed rose to grow in a plant factory, because the EC and pH at 1/2 S quite kept balance compared to these at other concentrations although there was not significant differences on the growth in the different concentrations. The nutrient solutions, $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0,67, P 2.0, K 4.8, Ca 4.0, Mg 2.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ in aeroponics and $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.9, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0,73, P 2.2, K 4.8, Ca 4.1, Mg 1.7 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ in ebb & flood, were given to the second experiment.

Table 3-4. Effects of different nutrient concentrations on the growth of single-stemmed rose in aeroponics using the nutrient solutions of National Horticultural Research Station in Japan.

Con.	Fresh mass (g/plant)		Stem length	Flower dia.	Stem dia.	Flower stalk	Five-leaf- let leaves	Three-leaf- let leaves
	Stem	Root	------(cm)-----				(No.)	(No.)
1/3 S	30.16a ^z	0.93b	43.40a	9.01a	0.59a	8.98a	8.80a	2.20ab
1/2 S	25.87a	1.84b	41.40a	8.67a	0.56a	7.90a	10.20a	1.60b
1 S	29.98a	3.66b	44.00a	8.98a	0.58a	8.89a	10.00a	2.40a
3/2 S	29.14a	8.63a	43.40a	9.05a	0.57a	8.23a	10.20a	2.20ab

^zThe values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

Table 3-5. Effects of different nutrient concentrations on the growth of single-stemmed rose in ebb & flood using the nutrient solutions of National Horticultural Research Station in Japan.

Con.	Fresh mass (g/plant)		Stem length	Flower dia.	Stem dia.	Flower stalk	Five-leaf- let leaves	Three-leaf- let leaves
	Stem	Root	------(cm)-----				(No.)	(No.)
1/3 S	26.83a ^z	2.97a	42.00a	9.16a	0.56a	9.43b	9.00a	2.00ab
1/2 S	24.76a	3.59a	38.80a	9.30a	0.44b	11.05a	8.20a	1.40b
1 S	25.96a	5.36a	40.20a	9.00a	0.48b	9.99ab	8.00a	2.20a
3/2 S	24.08a	4.32a	38.80a	9.14a	0.47b	8.76b	7.80a	2.20a

^zThe values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

2) Suitability Examination of Developed Nutrient Solutions for Single-Stemmed Rose

To work the suitability examination of the developed nutrient solutions in the first experiment, the plants were grown in aeroponic and ebb & flood system with different nutrient solutions at different concentrations (Table 3-6).

In general, all of the nutrient solutions in both aeroponics and ebb & flood did not change at the initial stage, whereas, they decreased at the later stage. Especially, the EC at the 2 S in UOS in both growing systems declined sharply at anthesis (Fig. 3-9). The EC changes were related to the strength of the nutrient solution concentration closely. When most flowers (e.g., rose, gerbera, sweet pea and so on) reach the harvest stage, the nutrient solutions in hydroponics are easy to accumulate, so the EC in the nutrient solution usually increases. However, it showed that the EC in all of the nutrient solutions decreased. The reason for this decrease was not known clearly but this may be due to an effect of the volume in the tanks and the different growing systems. The result of the pH at 2 S in UOS for the second experiment was similar to that of the first experiment. The pH at 2 S and 1 S in UOS in both aeroponics and ebb & flood was not stable compared to pH at 1/2 S in UOS and 1 S in PBG (Fig. 3-10). On the whole, most crops grow best when the pH range is between 5.5 and 6.5 in hydroponics and the normal pH range is between 5.0 and 7.0 in hydroponics (Kim, 1998). The pH affects salt absorption in various ways. At a low pH, the hydrogen ions usually decrease the absorption of cations, while anion absorption may be stimulated. The apparent reason for this is that hydrogen ions compete with cations for uptake sites, while hydroxyl or bicarbonate ions present at a higher pH compete with anions such as nitrate, phosphate because it influences the ionic charge (Schwarz, 1995). Plants were expected to absorb much absorbed cations in the higher concentrations (2 S and 1 S in UOS), while the plants grown at the lower concentrations (1/2 S in UOS and 1 S in PBG) had balance in uptaking between cations and anions.

The absorption pattern of NO_3^- by the plants in the study was not different until 5 weeks in all of the nutrient solutions in both growing systems except the concentration at 1 S in ebb & flood (Fig, 3-11). However, after 1 week in aeroponics and after 2 weeks in ebb & flood, the absorption pattern of NH_4^+ showed sharp decrease in the higher concentrations (2 S and 1 S in UOS) (Fig. 3-12). That was the reason why the pH of the higher concentrations (2 S and 1 S in UOS) often declined compared to these at others. In addition, the change of the pH for most nutrient solutions for most crops had a strong relationship with plant stage, as vegetative development involved relatively high N uptake so that more N was needed at vegetative development stages than these at reproductive growth (Goto et al., 1996).

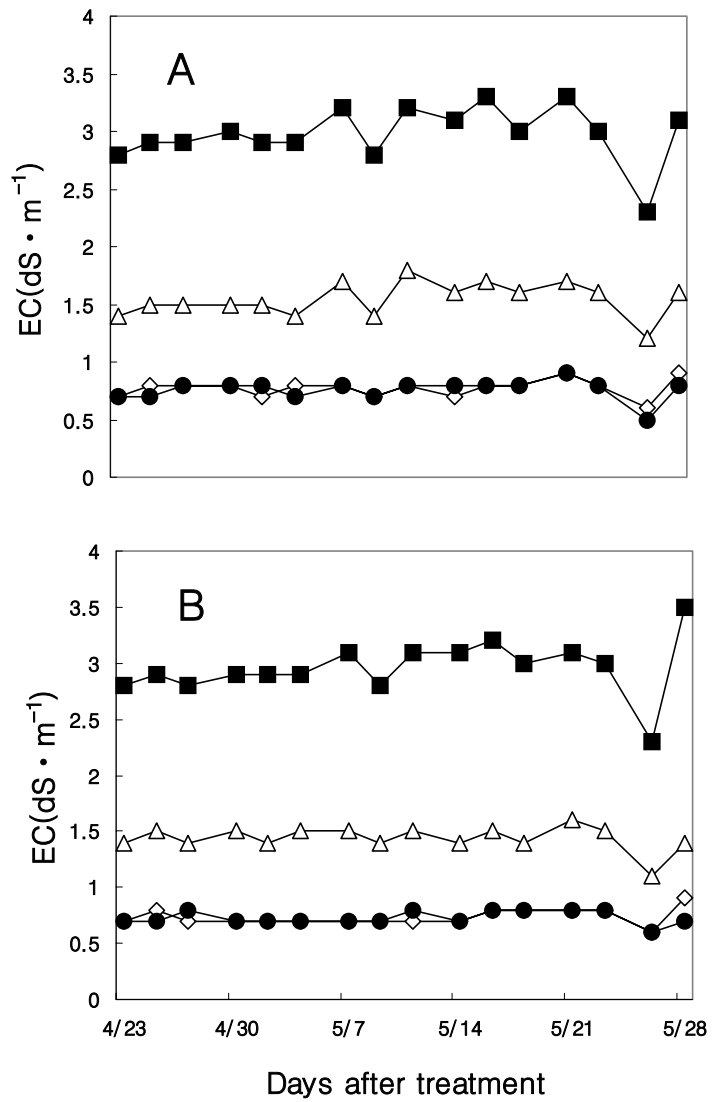


Fig. 3-9. Changes of EC in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

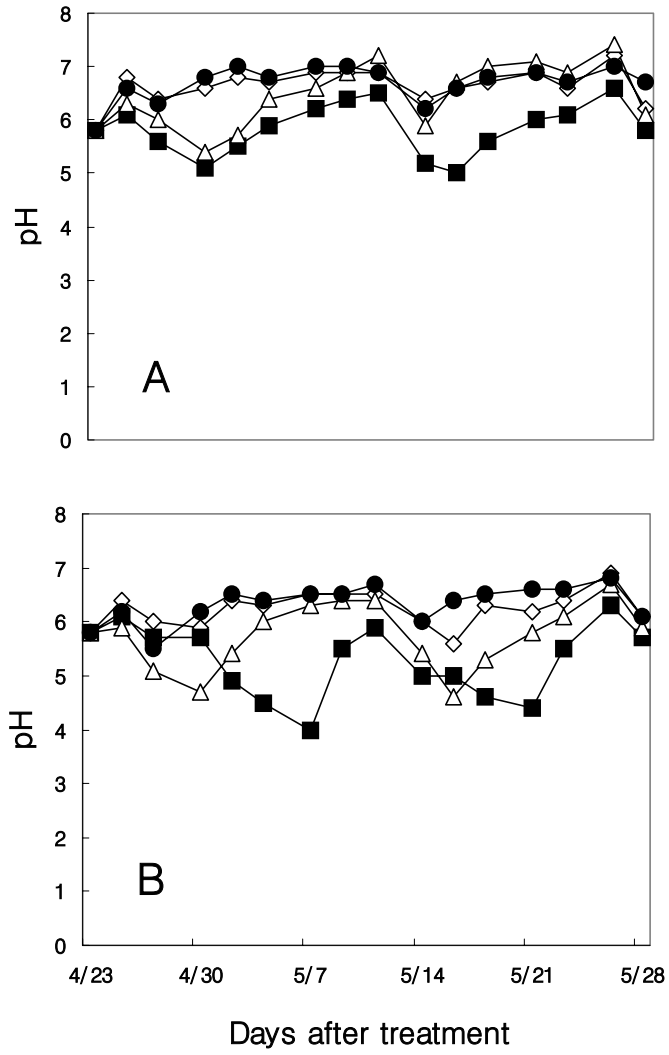


Fig. 3-10. Changes of pH in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

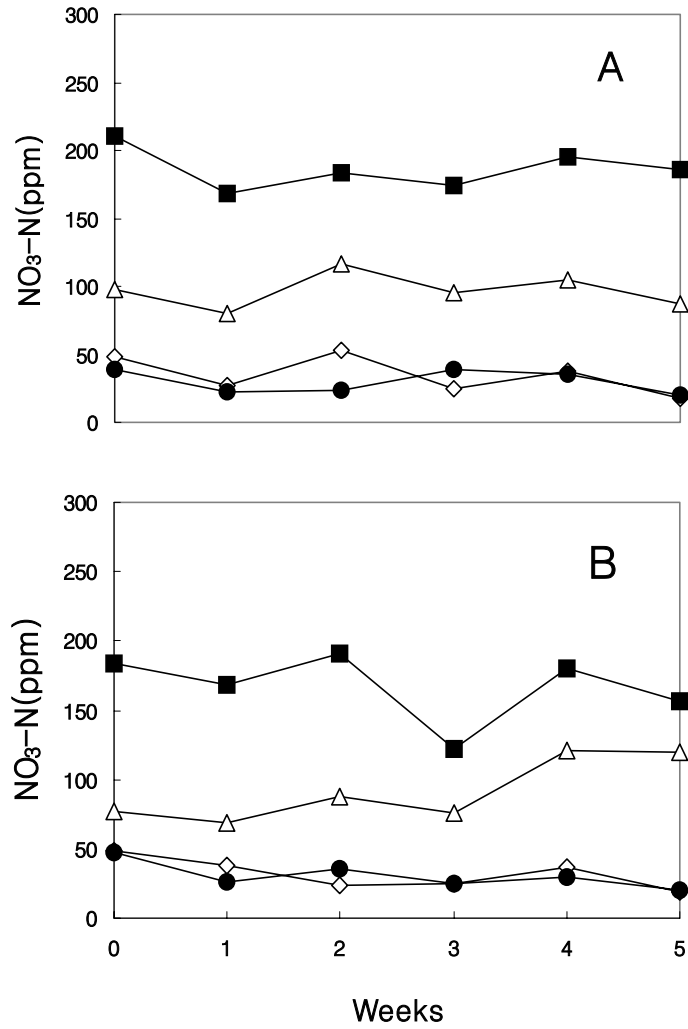


Fig. 3-11. Changes of $\text{NO}_3\text{-N}$ in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

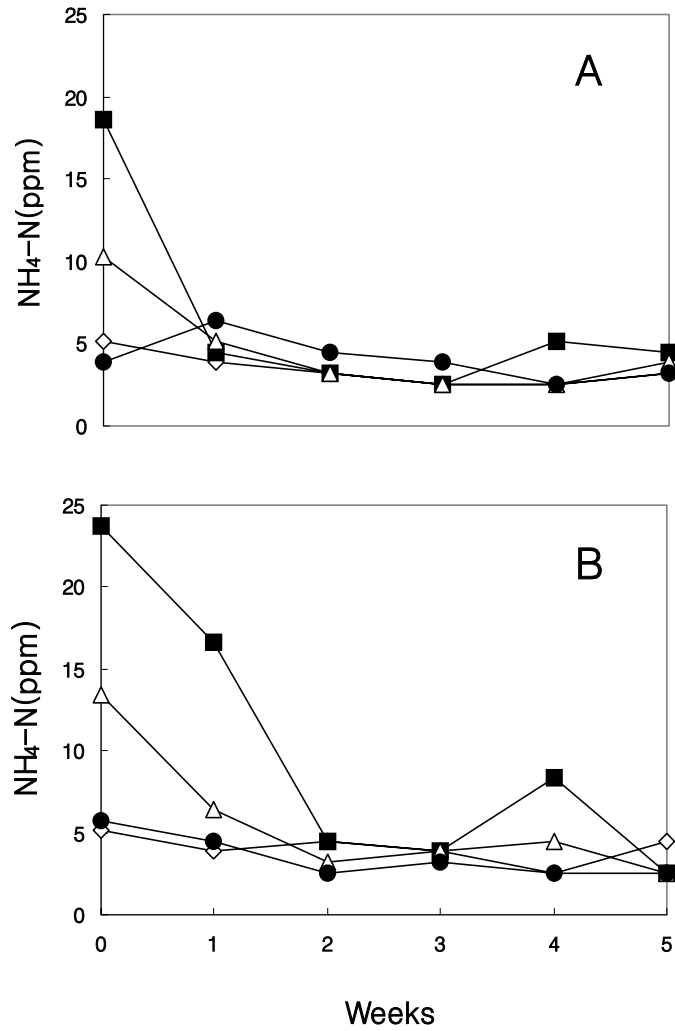


Fig. 3-12. Changes of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

The concentration of P at 2 S declined slowly, which was similar to the result by Kim (1998). If the plants are grown in low concentration ($2.0 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$), it seems to be good for shoot development, but if the plants are grown in high concentration ($6.0 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$), it tends to be hard for foliage and to improve the quality of the rose (Gato, 1994). The low P concentration to develop single-stemmed rose shoot quickly should be better than the high P concentration.

Even though the concentrations of K, Ca and Mg at 2 S in UOS in both growing systems increased slightly more than these at other concentrations, the uptake patterns in all of the concentrations in UOS and the nutrient solution of PBG were constant (Fig. 3-14, 3-15, 3-16). There was no direct relationship between the concentrations of K and Ca in the nutrient solution supplied and in the root environment. This result was similar to the report by Bloemhard and Moolenbroek (1995). The concentration of S in all of the nutrient solutions increased (Fig. 3-17). This results showed that the plants in this study seemed to prefer to uptake cations.

Calcium, Mg and SO_4 in particulate should be taken into consideration, as these ions are usually present in water sources and the input concentration could be higher than the uptake concentration (Goto et al., 1996). In general, factors that had positive effects on the Ca concentration in the plant, i.e. high Ca and low NH_4^+ concentrations in the nutrient solution, also had a positive influence on the longevity of the rose flowers and leaves (Nielsen and Starkey, 1999). There were different uptake patterns between the first experiment and the second experiment. In the first experiment, all of the nutrient solutions in the higher concentration tended to accumulate, but not in the second experiment. It might be due to seasonal variation and different methods between the first experiment and the second experiment.

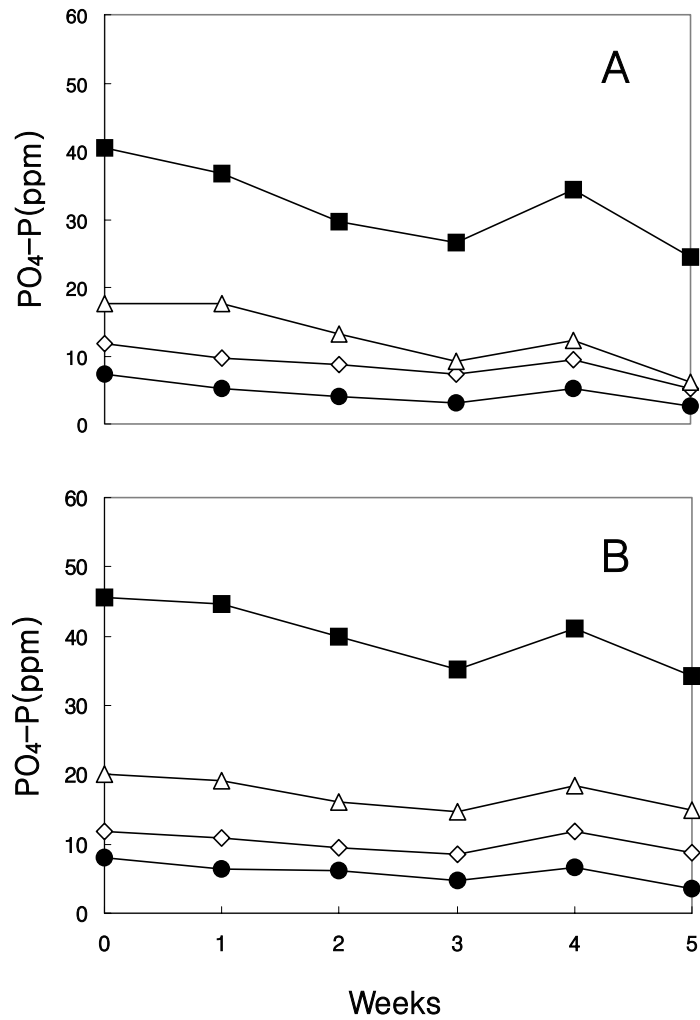


Fig. 3-13. Changes of PO_4-P in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

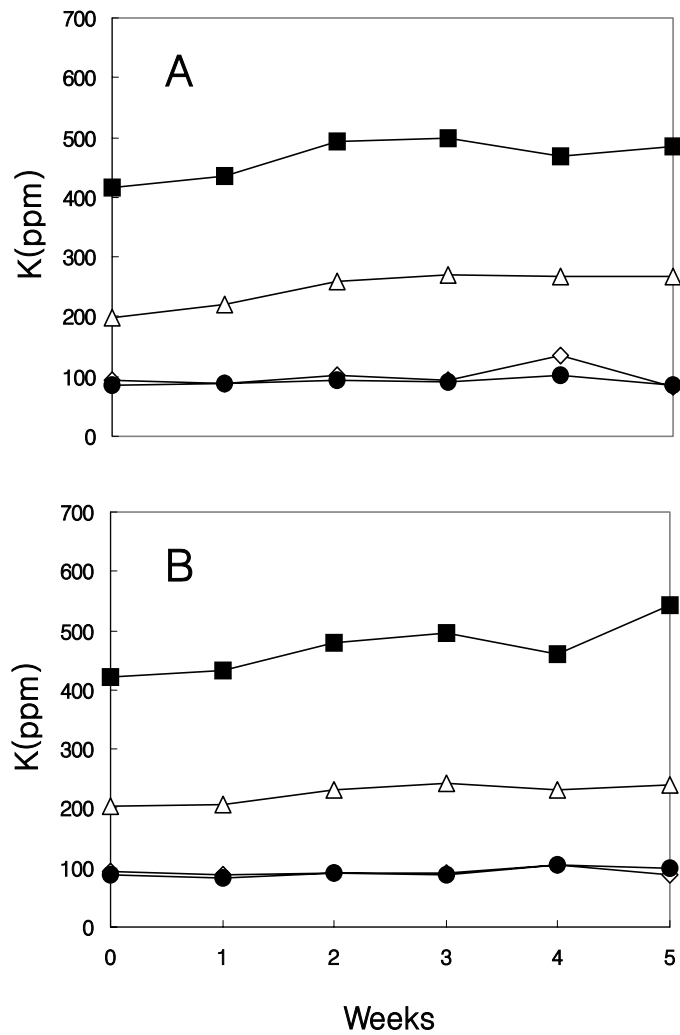


Fig. 3-14. Changes of K in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

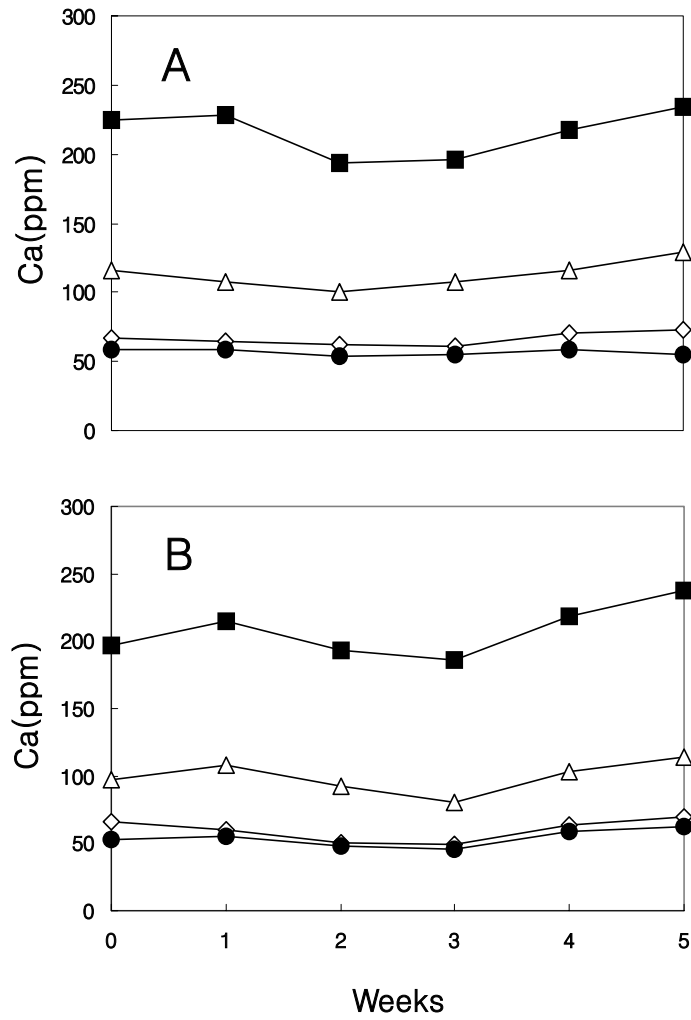


Fig. 3-15. Changes of Ca in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

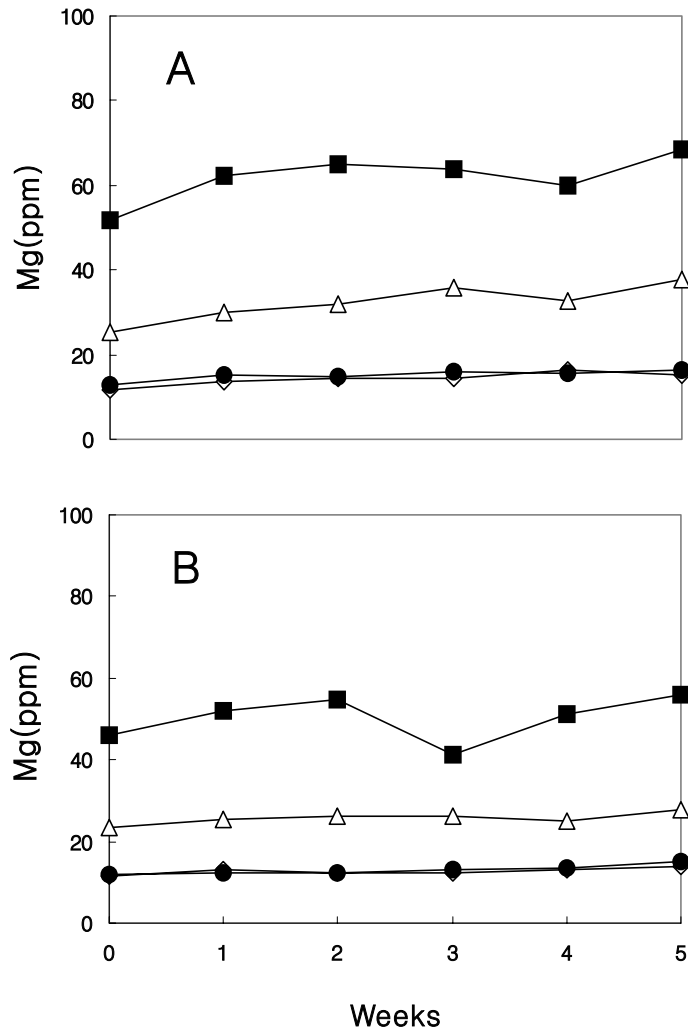


Fig. 3-16. Changes of Mg in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

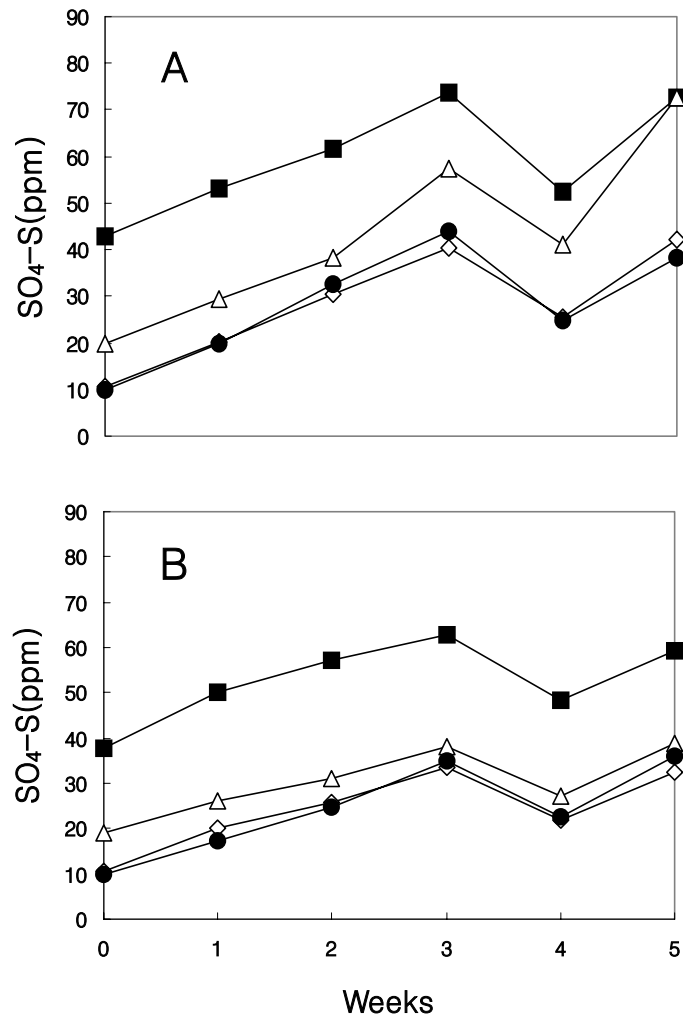


Fig. 3-17. Changes of $\text{SO}_4\text{-S}$ in the nutrient solution based on the different nutrient solutions and concentrations in aeroponics (A) and ebb & flood (B) [UOS: 2 S (■), 1 S (△), 1/2 S (●), PBG: 1 S (◇)].

Overall, plant growth such as fresh mass of stem and root, stem length, flower diameter, stem diameter, flower stalk and number of five-leaflet leaves and photosynthesis in all of the concentrations of UOS and the nutrient solutions of PBG in both growing systems did not show any significant differences among treatment (Table 3-7, 3-8). As shown in Table 3-7 and 3-8, however, the growth of single-stemmed rose grown at 1 S in aeroponics and ebb & flood was better than other treatments. Especially, stem length and number of five-leaflet leaves at 1 S in UOS was better than these at others between aeroponics and ebb & flood.. Although the changes in all of the nutrient solution at 1/2 S of UOS were similar to these in the nutrient solution of PBG for 5 weeks in both growing systems, shoot fresh mass and stem length of single-stemmed rose grown in the nutrient solutions of PBG was better than that at 1/2 S in UOS. There was a little growth difference in aeroponics and ebb & flood. The fresh mass of stem and root and stem length at different nutrient concentrations in aeroponics were significantly different, while not in ebb & flood.

Fresh mass of root of single-stemmed rose for fresh mass of root among different concentrations between the first experiment and the second experiment was different. This means that fresh mass of root for single-stemmed rose grown in the higher concentrations was heavier than that grown in the lower concentration in both aeroponics and ebb & flood in the first experiment. There were no significant differences for fresh mass of root for single-stemmed rose in ebb & flood in the second experiment, and fresh mass of root at 1/2 S had significant lower value than others. It was not known clearly why the result of the growth was different between the first experiment and the second experiment and between aeroponics and ebb & flood, but this might be due to an effect of the water temperature in the tanks and different growing system. This mean that the water temperature in each tank was about 20°C during the first experiment and the water temperature in each container was about 30°C during the second

experiment (Table 3-5, 3-6, 3-7, 3-8). Rockwool systems with intermittent recycling flow (usually through drippers) are being used in commercial rose production where root-zone warming would have to be effected by circulating warm (25 to 30°C) water through plastic pipes under the rockwool (Moss and Dagleish, 1984). According to the paper by Dieleman et al. (1998), plants at a root temperature of 11°C had white, succulent roots that were short and sparsely branched. At 26°C temperature, the roots were long, brown, thin, and well branched. At 20°C temperature, the roots were slightly shorter and less branched than at 26°C. Also, the higher the root temperature, the earlier the auxiliary shoots appeared. They indicated that the effects of root temperature on shoot growth might be mediated via synthesis of plant hormones, uptake of water and/or absorption of nutrients.

Consequently, even though the first experiment and the second experiment were carried out at different season, the nutrient solutions at 1 S of UOS might be optimum nutrient solution for single-stemmed rose in a plant factory. Of course, although there were divided growing systems to develop the nutrient solution in this study, there were no significant differences for the growth of single-stemmed rose and changes of the developed nutrient solutions in aeroponics and ebb & flood. Therefore, the optimum nutrient solutions for single-stemmed rose in a plant factory developed in this study were with the composition $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, P 2.0, K 4.8, Ca 4.0, Mg 2.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ in aeroponics and $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.9, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.73, P 2.2, K 4.8, Ca 4.1, Mg 1.7 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ in ebb & flood.

Table 3-7. Effects of different nutrient concentrations on the growth of single-stemmed rose in aeroponics using the nutrient solutions of UOS and PBG.

Con.	Fresh mass (g/plant)		Stem length	Stem dia.	Flower height	Flower stalk	Five-leaf- let leaves	Photo- synthesis
	Stem	Root	------(cm)-----				(No.)	($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)
PBG ^z	17.58a ^y	2.07ab	38.00ab	0.49a	4.34a	7.86a	7.20ab	10.17a
2 S ^x	18.01a	3.19b	35.75b	0.47a	4.14a	7.72a	6.75b	8.4a
1 S	17.54a	3.98a	40.00a	0.52a	4.37a	8.65a	8.00a	11.77a
1/2 S	14.25a	1.02ab	35.60ab	0.52a	4.06a	5.94a	7.65ab	10.04a

^yThe values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

^zNutrient solution of proefstation voor bloemisterij en glasgroenpe (Sonneveld and Straver, 1992).

^xNutrient solution of the University of Seoul (UOS).

Table 3-8. Effects of different nutrient concentrations on the growth of single-stemmed rose in ebb & flood using the nutrient solutions of UOS and PBG.

Con.	Fresh mass (g/plant)		Stem length	Stem dia.	Flower height	Flower stalk	Five-leaf- let leaves	Photo- synthesis
	Stem	Root	------(cm)-----				(No.)	($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)
PBG ^z	19.38a ^y	3.11a	39.40a	0.51a	4.49a	8.72a	7.60a	12.39a
2 S ^x	17.33a	3.34a	37.80a	0.49a	4.43a	9.04a	7.20a	11.86a
1 S	17.54a	3.98a	40.00a	0.52a	4.37a	8.65a	8.00a	13.22a
1/2 S	14.25a	3.01a	36.40a	0.47a	4.45a	8.06a	7.00a	11.61a

^yThe values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

^zNutrient solution of proefstation voor bloemisterij en glasgroenpe (Sonneveld and Straver, 1992).

^xNutrient solution of the University of Seoul (UOS).

3. 생육단계별 배양액 관리기술 개발

가. 재료 및 방법

1) 최적근권 이온 수준 설정

이 실험은 서울시립대학교 환경원예학과 인공광 병용형 식물생산 온실에서 수행하였다. 2001년 5월 30일과 11월 1일 절화용 장미품종인 'Red Velvet'을 삽목하여 하절기와 동절기의 근권내 최적 N, P, 및 K 수준 설정 실험에 사용하였다. 삽수는 충실한 줄기에서 액아가 발달하지 않은 5매엽을 정아로부터 2-5마디를 사용하여 충분히 포수시킨 입상암면 포트에 삽목하였다. 마디위 1cm, 아래 4.0-5.0cm이 되게 조제된 삽수는 발근을 촉진하기 위하여 합성 오옥신으로 시판되는 발근촉진제(루톤)를 처리하였다. 배양액은 분무수경용 서울시립대 순환식 장미 배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, $\text{PO}_4\text{-P}$ 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)을 EC 0.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 Ebb & Flow 시스템하에서 공급하였다. 뿌리가 발근된 삽수는 각각 6월 15일과 11월 23일 각 처리당 8주씩 $10 \times 10 \text{cm}$ 의 재식거리로 정식하여 분무수경(aeroponics)시스템으로 재배하였다.

근권내 최적 Ca, Mg 수준 구명을 위하여 절화용 장미 'Red Velvet' 품종을 실험재료로 사용하여 2002년 4월 15일 삽목하였다. 조제된 삽수는 루톤을 처리한 후, 충분히 포수된 암면큐브($7.5 \times 7.5 \times 6.5 \text{cm}$)에 삽목하고 발근된 묘는 5월 20일에 각 처리당 8주씩 정식하였다. 근권내 최적 이온수준을 설정하기 위해 배양액 내 무기원소는 각각 처리별로 농도를 다르게 하여 장미의 무기영양상태와 생육을 조사하였다. 배양액 내 pH는 KOH와 H_2SO_4 를 이용하여 5.80 ± 0.02 로 유지하였고 EC는 처리별로 1배액을 기준농도로 하여 보정하였다. 실험에 사용된 배양액의 양분조성은 표 1과 같다. 생육조사는 개화 후 수확시기에 수행하여 지상부, 지하부의 생체중, 건물중, 절화장, 엽수, 경경, 화경, 화폭, 화고 등을 조사하였다. 광합성은 개화직전에 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, LI-COR, USA)을 이용하여 제 5위엽의 5소엽을 기준으로 광합성량을 처리당 5회 반복하여 측정하였다. 엽록소 함량은 엽록소 측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용해 측정하였다. 안토시아닌 함량은 각 처리구당 5매엽을 대상으로 leaf disc($\Phi=1.0$

cm²)를 취한후 한 잎당 0.5g을 1% HCl-methylalcohol 10mL에 침적시킨 후, 4℃ 암소에서 36시간 추출한 다음, UV spectrophotometer(UV-2100, Shimadzu, Japan)을 이용하여 파장 530nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 µg f-1 FW 기준으로 계산하여 사용하였다(Boo et al., 1997). 모든 데이터는 SAS(Statistical analysis system) 프로그램을 이용하여 통계 처리하여 분석하였다.

Table 3-9. Nutrient composition of each nutrient solution used for experiment.

Treatments	Macro element(mg · L ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	0/10/50/100/ 150/200	20.6	187.7	80	24.4	32
P	132.6	0/10/20/40/ 80/100	187.7	80	24.4	32
K	132.6	20.6	0/10/50/100/ 150/200/250	80	24.4	32
Ca	132.6	20.6	187.7	0/10/20/40/ 80/160	24.4	32
Mg	132.6	20.6	187.7	80	0/10/20/40/80	32

나. 결과 및 고찰

1) 근권내 N, P, 및 K의 최적 수준 설정

가) 하절기

재배기간동안 근권 내 pH와 EC의 변화를 보면, 적정수준을 벗어난 저농도와 고농도에서 변화폭이 가장 크게 나타났고, 적정수준에서는 비교적 안정된 상태를 유지하였다. 근권의 pH는 양분의 유효도와 흡수에 있어서 가장 중요한 요소로서 pH의 변화가 큰 것은 양분의 흡수가 불균형적으로 이루어졌다고 볼 수 있다(Fig 3-18).

근권 내 최적 무기이온 수준설정을 위해 무기원소별 농도에 따른 장미의 생육과 생리적 반응을 조사하였다. 식물의 생육, 광합성, 증산량 및 기공전도 등은 배양액 내 무기원소 수준에 따라 다른 반응을 보였다. 전반적으로 각각 무기원소의 최저농도에

서 결핍증상과 함께 가장 낮은 생육을 보였고 농도가 증가할수록 생육과 수량이 높게 나타났다. 특히 질소처리시 저농도에서 생육이 현저하게 저하된 것을 볼 수 있었다. 인의 처리시 10 ppm 수준의 저농도에서 생육은 크게 저하되지 않았으나 꽃의 품질이 저하되었고 $2\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ 이상의 농도에서는 경엽의 신장과 꽃의 품질이 좋았다. 근권내 칼륨 농도가 증가할수록 생육이 왕성하지만 250 ppm의 고농도에서 꽃의 품질은 저하되었다(Table 3-10, 3-11, 3-12).

질소수준을 0, 10, 50, 100, 150, 200 ppm으로 처리하여 장미의 생리적 반응을 측정한 결과 광합성과 기공전도는 N 50 ppm에서 높아지기 시작하여 100~150 ppm 부근에서 최대를 나타내고 200 ppm에서는 다소 감소하는 경향을 보였다. 증산량은 근권내 농도가 증가할수록 점차 높아져 200 ppm에서 일정한 수준을 유지하였다.

인수준을 0, 10, 20, 40, 80, 100ppm으로 처리하여 생리적 반응을 측정한 결과 광합성과 기공전도는 40~80 ppm 범위에서 최대를 나타내고 80 ppm 이상에서는 감소하는 경향을 보였다. 증산량은 40~60 ppm에서 높아져 60 ppm 이상에서는 감소하는 경향이 뚜렷이 나타났다.

칼륨수준은 0, 10, 50, 100, 150, 200, 250 ppm으로 처리하여 생리적 반응을 측정한 결과 광합성과 증산량은 근권 내 농도가 증가할수록 높아져 100~150 ppm 범위에서 최대를 나타내었고 150 ppm 이상에서는 감소되었다. 그러나 근권의 칼륨농도에 따른 기공전도는 크게 나타나지 않았다.

근권 내 다량원소 농도가 증가할수록 광합성과 증산량은 어느 수준까지 점차 증가하여 최대가 되나 그 이상의 농도에서는 감소하는 경향을 보였다. 무기원소들은 적정농도 범위에서 광합성과 증산이 최대가 되고 적정농도 이상 또는 이하에서 감소하는 포물선을 그리며, 근권 내 농도에 따른 광합성과 증산에서 높은 상관관계가 나타났다. 따라서 이들 기초자료를 바탕으로 생체계측에 의한 근권 내 최적 이온농도의 설정과 무기이온 제어가 가능할 것으로 판단된다.

Table 3-10. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by nitrogen treated with six levels until for 50days after transplanting in the aeroponics.

N levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	------(cm)-----						5-leaflet leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
			Stem length	Flower dia.	Stem dia.	Flower stalk	Stem dia.	Flower stalk		
0	3.91 e	1.51 d	10.01 e	- c	0.40 c	- c	7.71 c	0.57 b		
10	9.00 d	2.98 c	26.17 d	7.69 b	0.42 bc	5.89 b	8.83 bc	1.43 a		
50	14.04 c	3.99 b	30.64 dc	8.01 b	0.46 ab	7.11 a	8.63 bc	1.25 ab		
100	15.78 bc	4.65 ab	34.03 bc	8.72 a	0.47 ab	8.18 a	9.20 b	1.20 ab		
150	17.22 b	4.97 a	35.53 ab	8.86 a	0.48 a	8.19 a	10.00 ab	1.00 ab		
200	19.79 a	5.07 a	43.75 a	9.17 a	0.49 a	7.71 a	12.43 a	1.43 a		

Table 3-11. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by phosphorus treated with six levels until for 50days after transplanting in the aeroponics.

P levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	------(cm)-----						5-leaflet leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
			Stem length	Flower dia.	Stem dia.	Flower stalk	Stem dia.	Flower stalk		
0	8.90 d	2.76 d	26.93 c	7.23 b	0.39 c	5.17 b	7.68 c	1.50 a		
10	14.20 c	4.18 c	33.99 ab	8.18 a	0.44 b	7.50 a	8.88 abc	1.50 a		
20	14.65 c	4.36 bc	30.16 bc	8.10 a	0.43 bc	7.60 a	8.38 bc	1.30 a		
40	15.71 bc	4.91 ab	36.47 a	8.32 a	0.46 ab	7.92 a	10.33 a	1.50 a		
80	17.18 ab	5.01 ab	35.62 ab	8.87 a	0.46 ab	8.00 a	9.63 ab	1.88 a		
100	18.62 a	5.39 a	38.31 a	8.88 a	0.48 a	8.26 a	9.57 ab	1.43 a		

Table 3-12. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by potassium treated with seven levels until for 50days after transplanting in the aeroponics.

K levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	------(cm)-----						5-leaflet leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
			Stem length	Flower dia.	Stem dia.	Flower stalk	Stem dia.	Flower stalk		
0	10.07 ca	3.01 e	33.58	7.85 c	0.44	6.93 b	8.60	2.00		
10	14.81 b	4.49 c	34.50	8.17 bc	0.45	6.94 b	9.00	1.60		
50	15.21 b	4.53 cd	34.30	8.35 abc	0.48	7.16 ab	9.50	1.29		
100	15.34 b	5.00 bcd	36.15	8.43 ab	0.47	7.52 ab	9.33	1.83		
150	15.56 b	5.15 bc	36.32	8.63 ab	0.46	8.37 a	9.40	1.71		
200	15.65 b	5.36 ab	36.68	8.75 a	0.49	8.47 a	9.71	1.71		
250	17.38 a	5.83 a	35.13	8.50 ab	0.46	8.55 a	9.00	2.25		

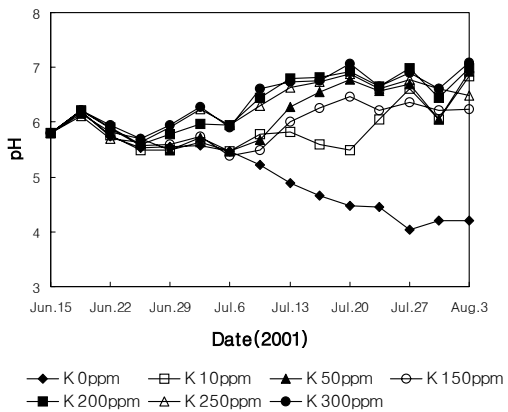
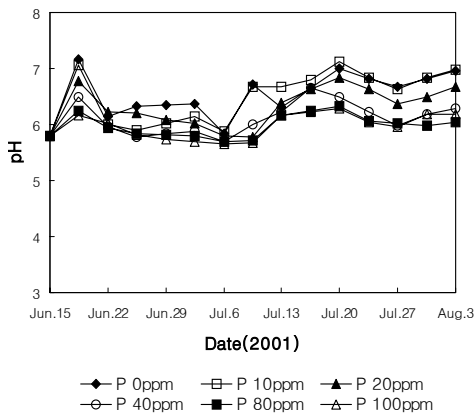
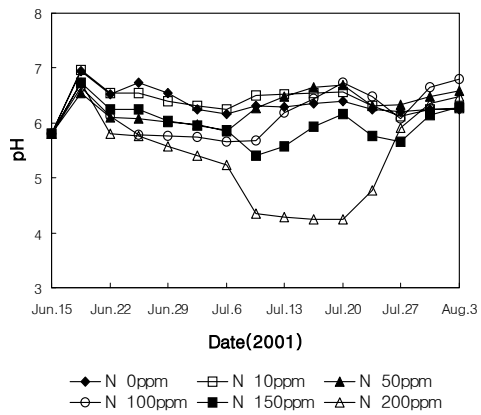


Fig. 3-18. Changes of pH in the nutrient solution based on the different concentrations in nitrogen, phosphorus, and potassium in summer hydroponics of single-stemmed rose 'Red Velvet'.

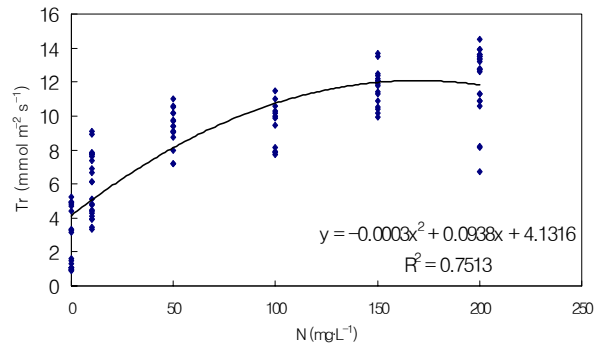
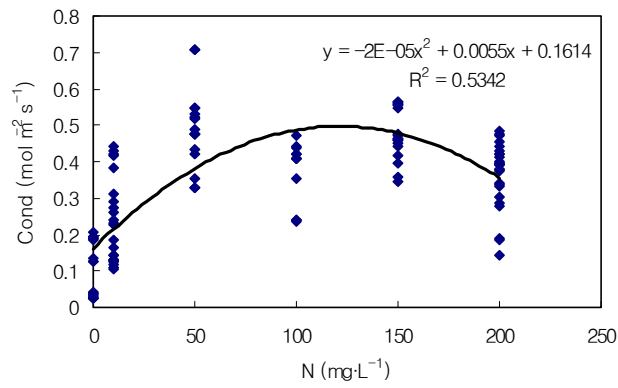
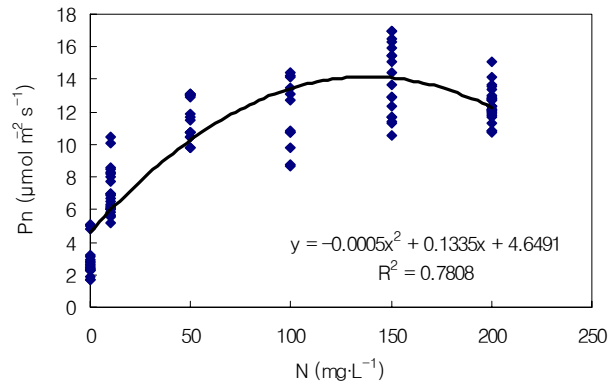


Fig. 3-19. Effects of nitrogen content on photosynthesis(Pn), conductance to H₂O(Cond), and transpiration rate(Tr) of leaves of single-stemmed rose at 50days after transplanting

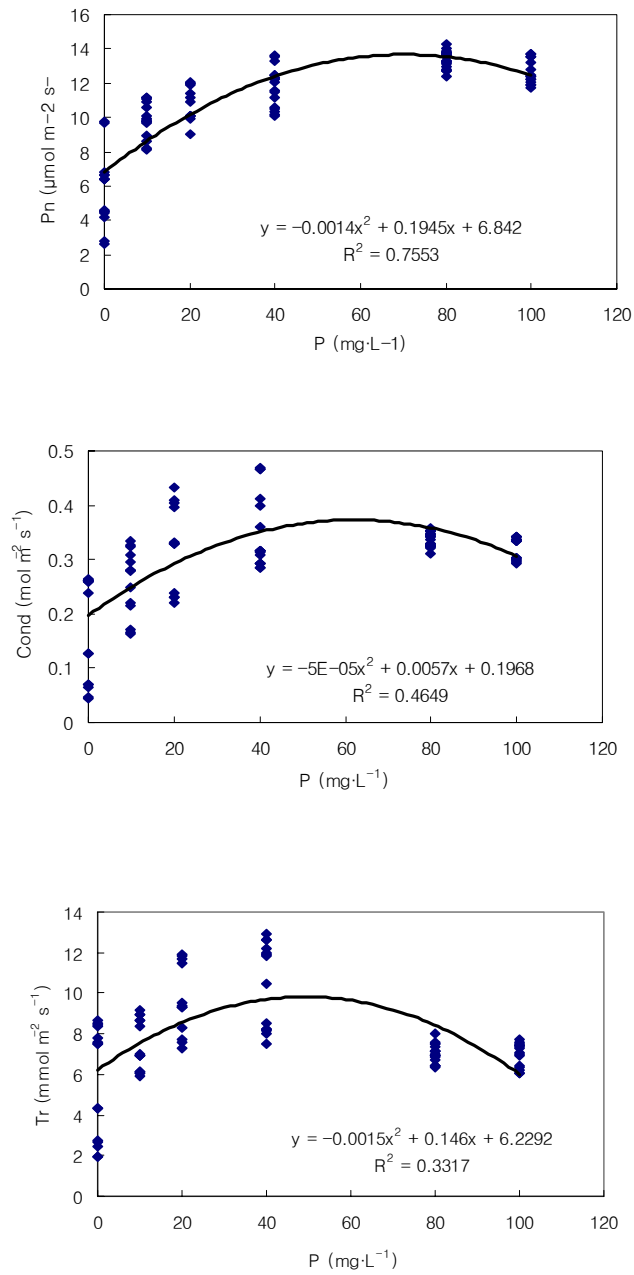


Fig. 3-20. Effects of phosphorus content on photosynthesis(Pn), conductance to H₂O(Cond), and transpiration rate(Tr) of leaves of single-stemmed rose at 50days after transplanting

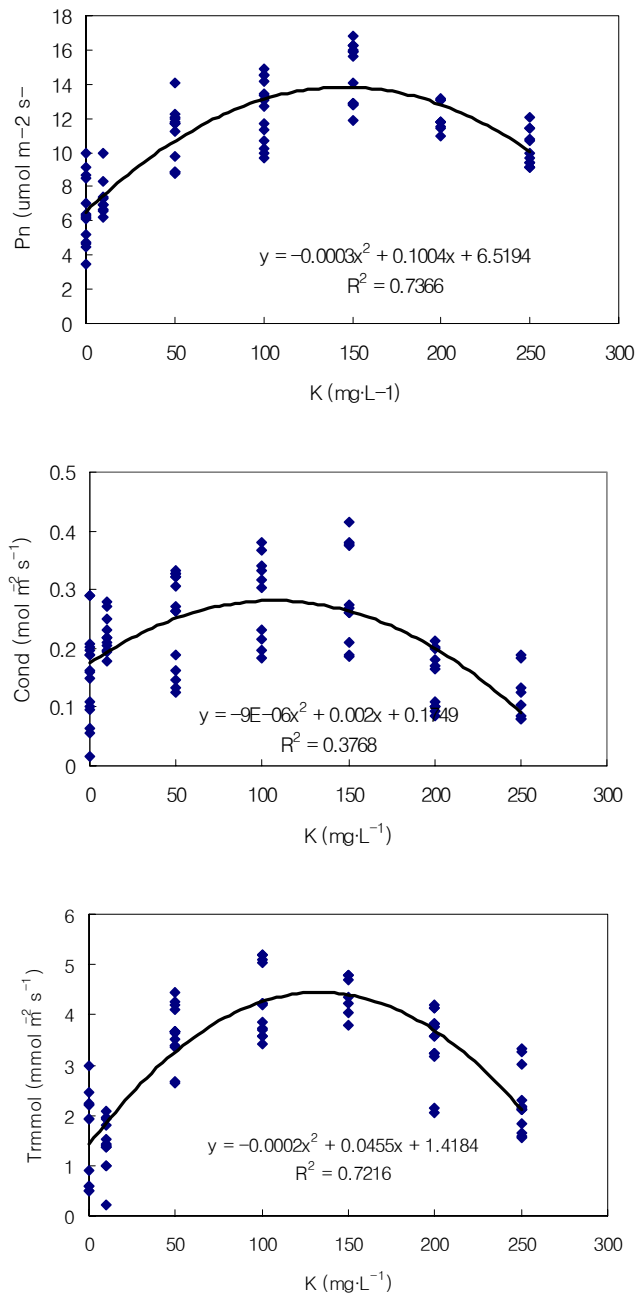


Fig. 3-21. Effects of potassium content on photosynthesis(Pn), conductance to H₂O(Cond), and transpiration rate(Tr) of leaves of single-stemmed rose at 50days after transplanting.

나) 동절기

절화장미 'Red Velvet'의 겨울철 재배시 이온농도에 따른 근권내 pH의 변화를 보면 Fig. 3-22와 같다. 여름철 재배와 마찬가지로 근권내 이온의 저농도와 고농도처리에서 다소 pH의 변화폭이 크게 나타났고, 적정수준에서는 변화폭이 상대적으로 적게 나타났다.

동절기의 근권내 최적 무기이온 수준설정을 위해 무기원소별 농도에 따른 장미의 생육과 생리적 반응을 조사하였다. 전반적으로 여름철 재배와 마찬가지로 각각 무기원소의 최저농도에서는 결핍증상과 함께 가장 낮은 생육을 보였으나 적정농도보다 높은 농도에서 생육은 크게 증가되지 않았다. N 처리시 근권내 농도가 증가할수록 생육량도 증가되었으나 100 ppm에서 200 ppm의 수준에서 근권 농도의 증가에 따른 생육의 증가는 크게 나타나지 않았다. 근권내 인의 양분공급에 따른 생육량은 저농도에 비해 고농도 처리에서 생육이 증가되었으나 40 ppm 이상의 농도수준에서 생육량의 증가는 크게 나타나지 않았다. K의 처리시 150 ppm에서 지상부 생체중, 절화장, 화폭, 화고, 경엽의 신장 등이 가장 높게 나타났으나 50 ppm에서 250 ppm범위의 근권농도에서 생육은 크게 차이가 나지 않았다. 근권내 저농도 또는 고농도의 N, P, K 처리시 생육 뿐 만 아니라 꽃의 품질이 저하되었음을 볼 수 있었다. 지하부의 생육은 무기이온의 농도에 따른 큰 차이는 없었으나 저농도에 비해 고농도에서 생육이 좋았음을 볼 수 있었다(Table 3-12, 3-13, 3-14).

근권내 무기양분 공급에 따른 광합성속도, 전도도, 및 증산량의 변화를 조사하였다 (Fig. 3-23, 3-24, 3-25). 광합성과 증산은 적정농도까지 증가하고 과잉농도에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 근권내 질소농도가 150ppm까지 증가됨에 따라 광합성속도, 전도도, 증산량이 크게 증가하였지만 150ppm 이상의 수준에서는 감소하는 경향이 뚜렷이 나타났다. 반면 엽록소 함량은 질소농도 증가에 따라 계속 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3-27.). 간이 엽록소 측정장치를 이용하여 무기원소의 농도별 엽록소 함량을 측정 한 결과 엽록소 함량은 질소농도의 증가에 따라 증가되는 경향을 보였으며, SCDS(specific color difference sensor)수치와 엽내 질소함량간에 정의상관을 보였다. 반면 근권내 인과 칼륨농도의 증가에 따른 엽록소 함량의 변화는 크게 나타나지 않았다. 근권내 무기원소 농도에 따른 개화지의 엽 내 안토시아닌의 함량은 농도수준과

상호관계가 있는 것으로 판단되었다. 플라보노이드 계통에 속하는 안토시아닌은 식물의 꽃, 잎, 줄기 등에 분포하며 유전적 지표로서 성숙 또는 stress를 나타내는 수용성 색소로 질소, 인, 칼륨의 결핍 또는 저농에 의해서 축진되어 결핍시 잎 등에 안토시아닌이 축적된다고 보고되어 있다(Hopkins, 1999). 본 실험에서 'Red Velvet' 품종의 근권농도에 따른 안토시아닌 함량은 질소와 칼륨의 저농도 처리구에서 높게 나타나 이전의 보고와 같은 결과를 얻었으나, 인의 결핍에 의한 엽 내 안토시아닌의 축적은 나타나지 않았다(Fig. 3-27.). 근권내 무기원소의 농도에 따른 수분이용효율(WUE)은 Fig. 3-26과 같다. 수분이용효율은 광합성 동화산물에 대한 수분 손실률을 나타내는데 무기원소별 각 처리구에서 생육과 광합성이 활발하였던 적정농도 수준에서 수분이용효율 또한 높았음을 볼 수 있다.

Table 3-13. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by nitrogen treated with six levels until for 50days after transplanting in the aeroponics.

N levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)		Stem length	Flower dia	Stem dia.	Flower stalk	Flower height	No. of flower	5-leaflet leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
	Shoot	Root								
0	8.40 c	2.75 b	23.5 b	7.47 b	0.48 b	10.14 b	3.77 b	18.0 d	8.0 b	- b
10	22.72 b	3.33 b	41.3 a	9.07 a	0.55 ab	12.72 a	4.83 a	29.5 c	8.5 ab	2.3 a
50	28.20 ab	6.30 ab	41.4 a	9.88 a	0.52 ab	14.21 a	7.93 b	42.3 b	9.5 a	2.3 a
100	28.22 ab	7.06 ab	41.7 a	9.23 a	0.54 ab	14.06 a	4.92 ab	44.0 ab	10.0 a	2.0 a
150	30.02 a	7.95 a	42.3 a	9.36 a	0.60 a	14.40 a	5.04 ab	44.0 ab	10.3 a	2.7 a
200	33.88 a	7.45 a	50.7 a	9.66 a	0.55 ab	13.72 a	5.06 a	47.0 a	9.3 a	3.0 a

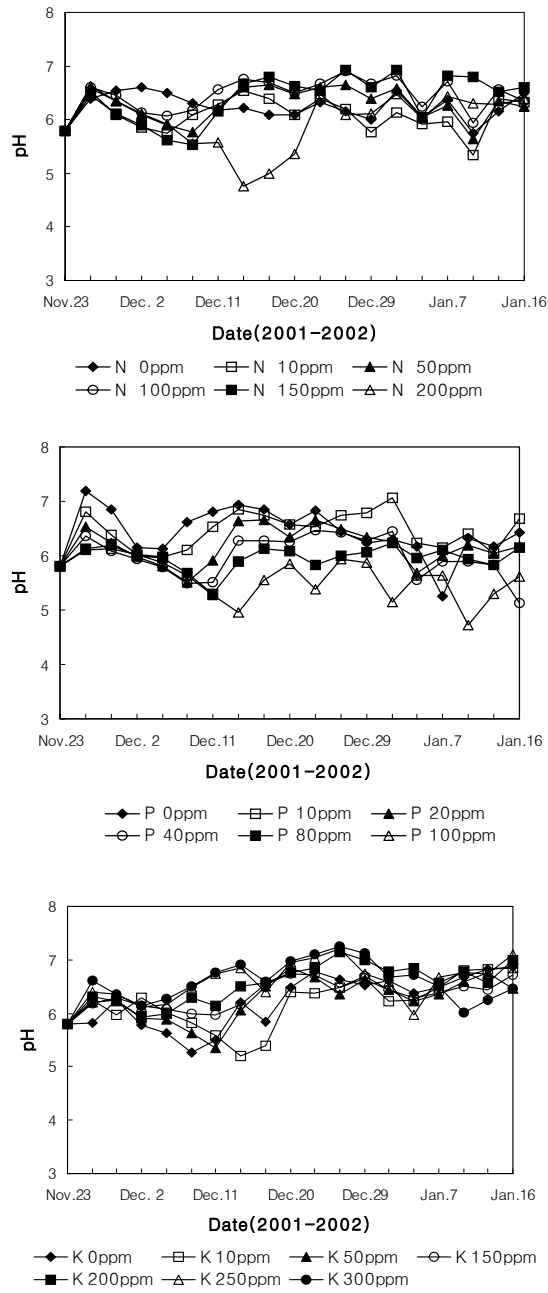


Fig. 3-22. Changes of pH in the nutrient solution based on the different concentrations in nitrogen, phosphorus, and potassium in winter hydroponics of single-stemmed rose 'Red Velvet'.

Table 3-14. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by phosphorus treated with six levels until for 50days after transplanting in the aeroponics.

P levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)		Stem length	Flower dia	Stem dia.	Flower stalk	Flower height	No. of flower	5-leaflet leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
	Shoot	Root								
0	14.73 d	4.27 b	20.78 b	9.43 b	0.46 b	11.40 c	5.12 b	25.3 b	8.0 b	1.8 b
10	34.84 c	8.63 ab	39.76 a	10.16 ab	0.53 ab	12.99 b	5.13 b	25.3 b	9.8 ab	2.3 ab
20	38.43 bc	10.45 ab	44.73 a	10.32 a	0.52 ab	14.39 a	5.29 a	37.0 a	9.8 ab	2.3 ab
40	43.69 a	10.11 ab	42.15 a	10.65 a	0.52 ab	14.73 a	5.21 a	40.0 a	9.5 ab	2.0 b
80	40.37 ab	11.17 a	41.15 a	10.42 a	0.55 ab	14.18 a	5.57 a	41.0 a	9.8 ab	3.0 a
100	44.16 a	12.84 a	44.90 a	10.67 a	0.59 a	13.77 ab	5.53 a	37.0 a	11.3 a	1.8 b

Table 3-15. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by potassium treated with six levels until for 50days after transplanting in the aeroponics.

K levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)		Stem length	Flower dia.	Stem dia.	Flower stalk	Flower height	No. of flower	5-leaf let leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
	Shoot	Root								
0	15.98 c	3.05 b	36.18 c	8.06 c	0.45 c	13.23 b	4.28 d	22.5 c	8.0 c	1.5 c
10	22.80 b	7.68 a	38.23 c	9.06 bc	0.48 c	15.10 a	4.62 cd	35.0 b	9.0 bc	2.0 abc
50	35.36 a	12.13 a	49.45 ab	9.96 ab	0.57 ab	14.62 a	5.11 ab	42.3 a	9.5 bc	2.5 ab
150	36.10 a	10.63 a	50.95 a	10.88 a	0.60 a	14.79 a	5.49 a	42.7 a	11.0 a	2.8 a
200	33.04 a	11.53 a	43.27 abc	9.90 ab	0.50 bc	14.66 a	4.84 bc	37.7 ab	9.5 bc	1.8 bc
250	33.29 a	10.27 a	42.25 abc	10.24 ab	0.51 bc	14.00 a	4.97 bc	37.7 ab	9.8 ab	2.3 abc
300	31.14 a	9.14 a	40.33 bc	10.10 ab	0.49 bc	14.67 a	4.89 bc	34.5 b	9.0 bc	2.7 ab

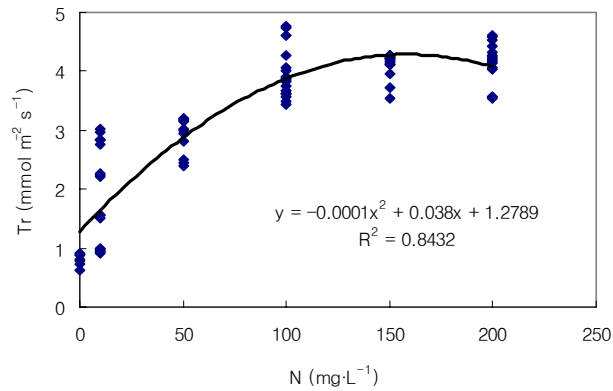
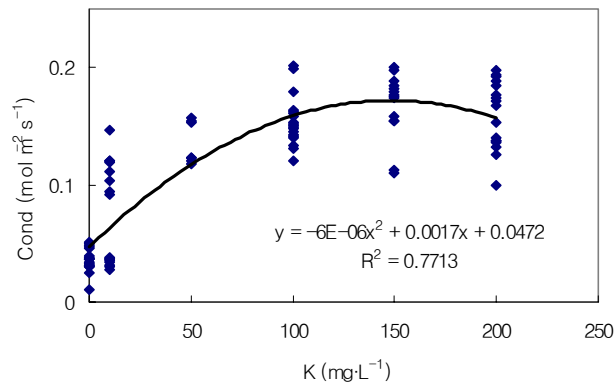
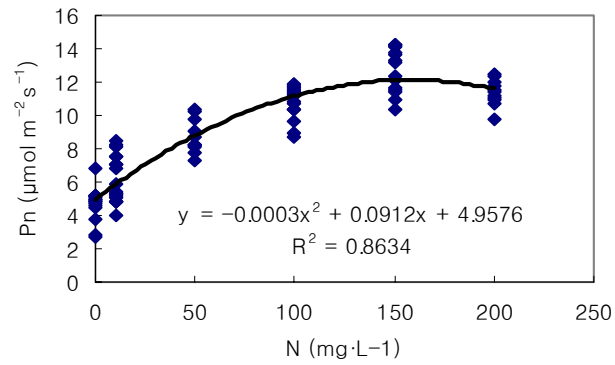


Fig. 3-23. Effects of nitrogen content on photosynthesis(Pn), conductance to H₂O(Cond), and transpiration rate(Tr) of leaves of single-stemmed rose at 50days after transplanting

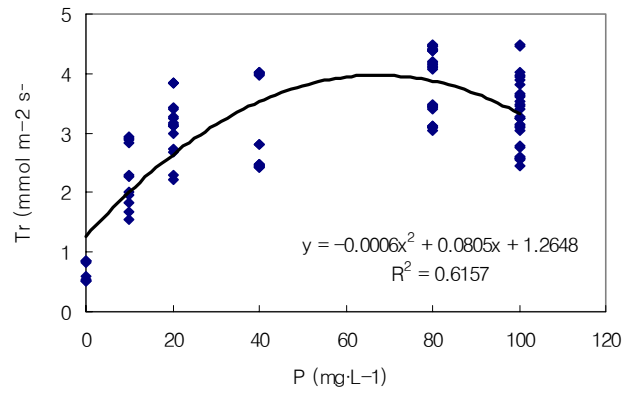
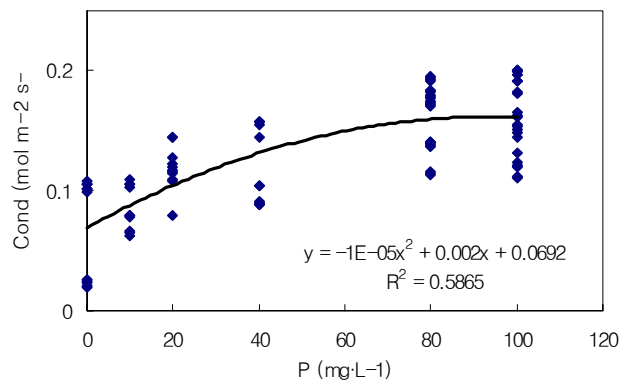
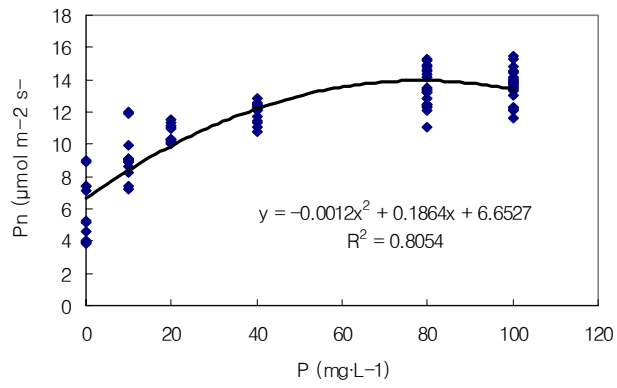


Fig.3-24. Effects of phosphorus content on photosynthesis(Pn), conductance to H₂O(Cond), and transpiration rate(Tr) of leaves of single-stemmed rose at 50days after transplanting

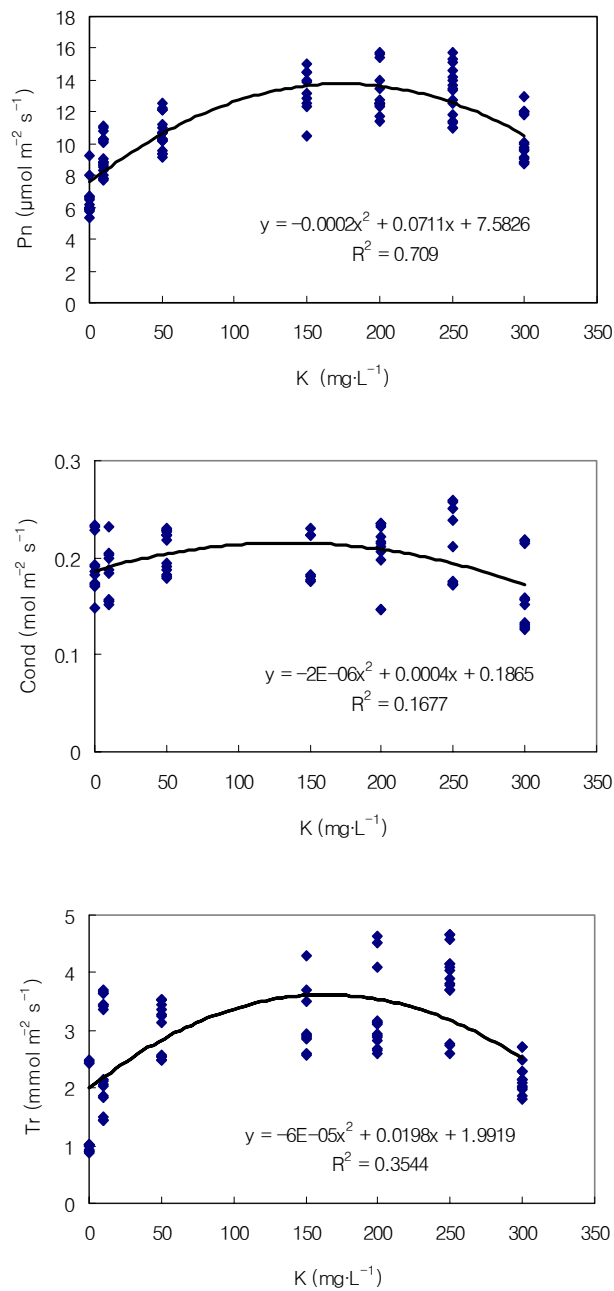


Fig. 3-25. Effects of potassium content on photosynthesis(Pn), conductance to H₂O(Cond), and transpiration rate(Tr) of leaves of single-stemmed rose at 50days after transplanting

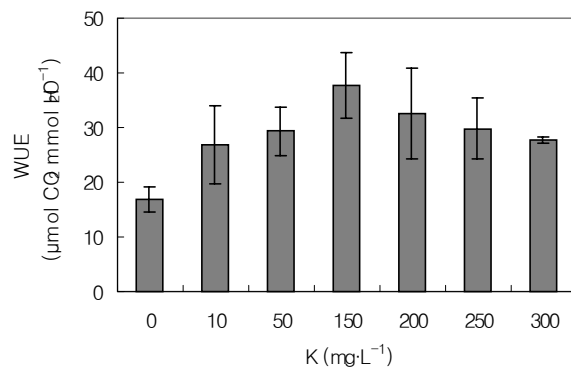
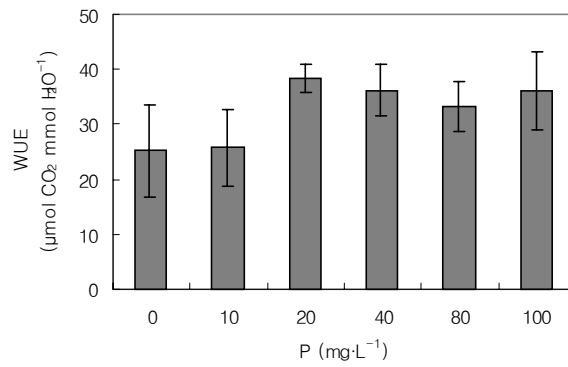
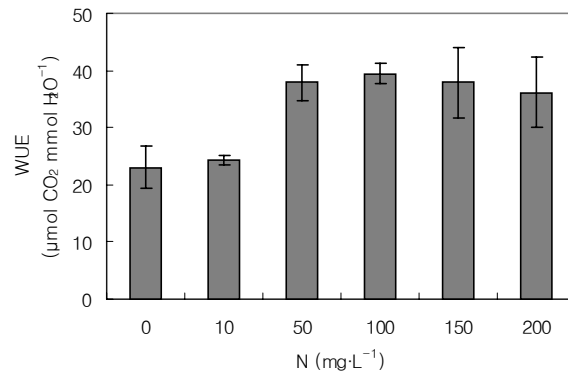


Fig. 3-26. Effects of nutrient solution based on the different concentrations in nitrogen, phosphorus, and potassium in winter hydroponics of single-stemmed rose 'Red Velvet'.

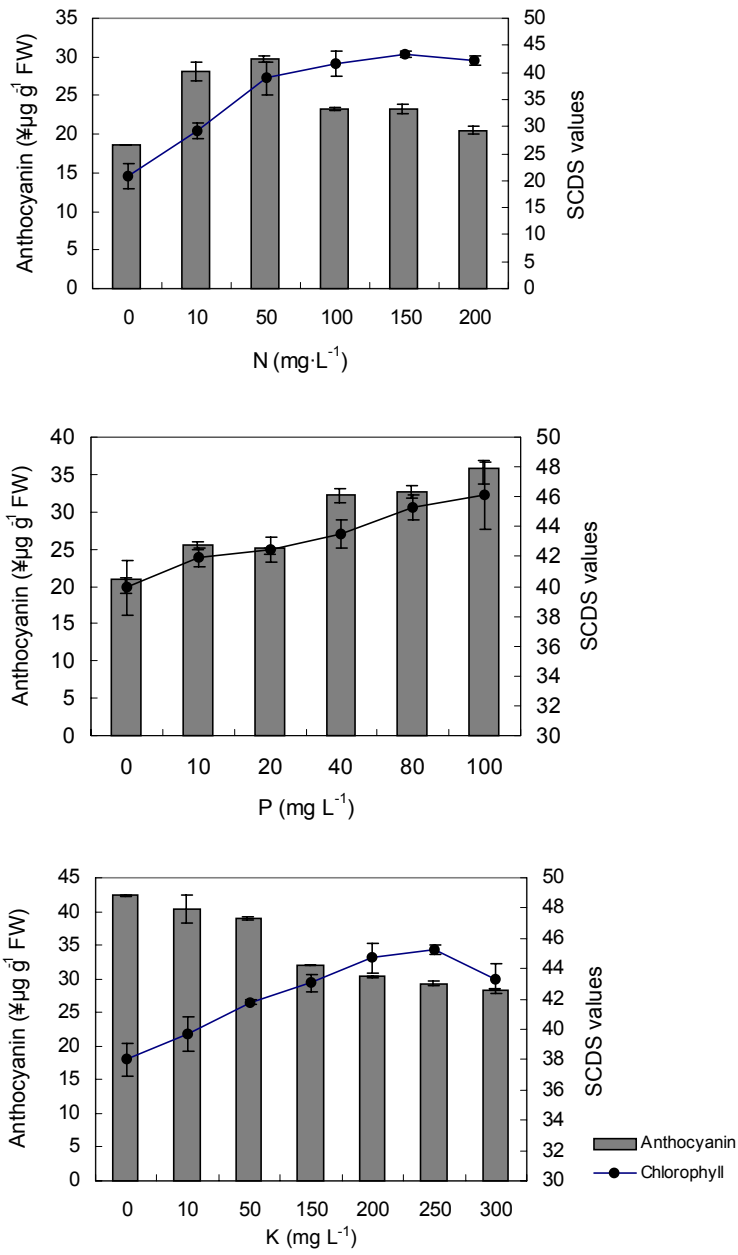


Fig. 3-27. Effects of different concentrations in nitrogen, phosphorus, and potassium on anthocyanin and chlorophyll in winter hydroponics of single-stemmed rose 'Red Velvet'.

2) 근권내 Ca, Mg의 최적 수준 설정

칼슘 수준을 0, 10, 40, 80, 120, 160, 200 ppm으로 조절하여 생체반응을 측정한 결과 광합성과 증산량은 80 ppm에서 120 ppm 수준에서 가장 높게 나타났으며, 160 ppm이상에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 근권내 마그네슘 농도를 0, 10, 20, 40, 80, 120, 160 ppm으로 조절하여 광합성속도를 측정한 결과, 20~80 ppm 수준에서 높게 나타났으며 100 ppm이상에서는 감소하는 경향을 나타내었으나 처리간 유의적인 차이는 크게 나타나지 않았다(Fig. 3-28, 3-29).

근권내 Ca과 Mg의 최적 무기이온 수준설정을 위해 장미의 생육과 생리적 반응을 조사하였다. 근권내 칼슘 수준에 따른 생육량을 조사한 결과, 160 ppm에서 지상부의 생체중, 절화장, 경경 등이 가장 높았으나 40 ppm 이상의 농도에서 생육량 증가의 변화폭은 크게 나타나지 않았다. 근권내 마그네슘 수준에 따른 생육은 다른 처리구에 비해 광합성속도가 높았던 20~80 ppm 범위에서 생육량 또한 높게 나타난 것을 볼 수 있었다(Table 3-16, 3-17).

이상의 결과를 하절기와 동절기의 계절적 요인에 따른 식물의 생육과 생리적 반응 및 양분흡수 특성을 고려할 때 single-stemmed rose 생산에 적합한 적정 근권내 이온 함량 수준을 정리하면 Table 3-18과 같다.

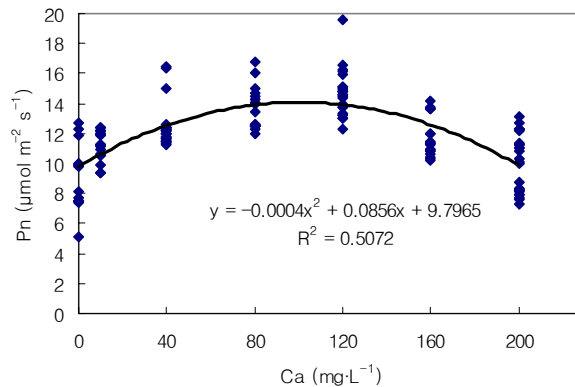


Fig. 3-28. Effect of calcium content on photosynthesis(Pn) of single-stemmed rose at 50days after transplanting.

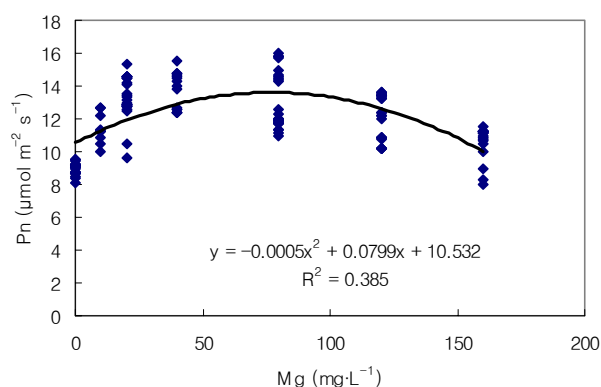


Fig.3-29. Effect of calcium content on photosynthesis(Pn) of single-stemmed rose at 50days after transplanting

Table 3-16. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by calcium with six levels until for 50 days after transplanting in the aeroponics.

Ca levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)	Stem length	Flower dia	Stem dia.	Flower stalk	Flower height	No. of flower	5-leaflet leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
	Shoot -----(cm)-----								
0	18.12 c	38.16 c	9.04 b	0.49 c	12.22 c	4.27 c	22.4 b	7.1 b	1.6
10	24.60 b	16.06 b	9.44 ab	0.52 bc	13.39 bc	4.29 bc	25.3 ab	9.3 a	1.7
40	26.83 b	49.54 ab	9.45 ab	0.52 bc	15.35 a	4.65 a	29.4 a	9.3 a	2.2
80	27.45 b	48.13 b	9.69 a	0.53 bc	14.81 ab	4.55 abc	29.5 a	9.5 a	1.8
120	27.28 b	47.47 b	9.43 ab	0.55 abc	14.94 ab	4.42 abc	29.4 a	9.5 a	1.7
160	31.95 a	53.09 a	10.00 a	0.61 a	15.14 ab	4.63 ab	29.7 a	10.0 a	1.8
200	27.23 b	50.10 ab	10.01 a	0.58 ab	15.20 ab	4.74 a	29.4 a	9.7 a	1.3

Table 3-17. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown by nitrogen treated with six levels until for 50days after transplanting in the aeroponics.

Mg levels (ppm)	Fresh weight (g/plant)	Stem length	Flower dia	Stem dia.	Flower stalk	Flower height	No. of flower	5-leaflet leaves (No.)	3-leaflet leaves (No.)
	Shoot -----(cm)-----								
0	23.83 c	52.66 ab	9.35	0.56	14.73 ab	4.57	25.2 bc	9.5	1.7
10	23.57 c	53.50 ab	9.23	0.56	14.32 ab	4.56	25.4 bc	9.8	1.8
20	27.55 abc	54.93 ab	9.73	0.59	14.75 ab	4.58	25.7 bc	9.8	1.5
40	28.33 ab	54.98 ab	9.55	0.58	15.62 a	4.88	26.2 abc	9.7	1.8
80	29.22 a	57.54 a	9.44	0.59	14.42 ab	4.74	27.4 ab	10.3	1.6
120	27.58 abc	52.73 ab	9.35	0.57	13.51 b	4.57	28.2 a	10.6	1.0
160	24.70 bc	49.34 b	9.47	0.54	13.00 b	4.71	24.8 c	9.43	1.6

Table 3-18. The optimum nutrient levels of macronutrients for single-stemmed rose in a plant factory.

	N	P	K	Ca	Mg
Optimum nutrient levels (ppm)	100-200	40-80	100-250	80-120	20-80

4. 지하부 환경의 최적 제어기술 개발

가. 재료 및 방법

1) 시험재료 및 묘관리

2002년 2월 25일 삽목하여 발근된 절화용 장미 'Red Velvet' 품종을 시험재료로 사용하였다. 삽수는 채화가 가능한 정도로 꽃이 핀 충실한 줄기를 대상으로 액아가 발아하지 않은 5소엽 마디 중 정아로부터 아래로 2~5마디를 위로 1cm, 아래로 3~4cm 되게 자른 다음, 30분 정도 깨끗한 수돗물에 담근 후 사용하였다. 조제된 삽수는 삽목 직전에 루톤을 처리한 후 충분히 관수하여 함수율이 60~80% 정도되는 압면 cube(7.5×7.5×6.5, 한국UR압면)와 입상압면을 채운 플라스틱 pot(직경 5cm)에 2~3cm 정도의 깊이로 삽목하고 삽목상에서 관리하였다. 이 때 발근 전까지는 time clock을 이용한 규칙적인 관수와 mist 살포를 통하여 cube의 건조와 삽수의 건조를 방지하였다. 삽목 직후에는 서울 시립대학교 순환식 장미배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, P 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2, S 2.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)(Kang, 2001)을 EC 0.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 공급하였으며 발근 후에는 EC 1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 공급하였다. 실험은 인공광 병용형 식물생산시스템인 벨로온실에서 수행하였다.

2) 배양액의 농도가 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

Red Velvet 품종을 2002년 2월 25일 삽목하여 발근된 묘를 2002년 4월 3일에 각 처리당 6주씩 10cm×10cm로 정식 하였다. 재배시스템은 담액수경(deep flow technique; DFT)방식이고 배양액은 서울시립대학교 순환식 장미 배양액(Kang, 2001)을 사용하였다. 배양액의 EC 는 EC meter(EC-93, Aalsmeer-Holland)을 사용하여 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조절하였고 pH는 pH meter(pH-93, Aalsmeer-Holland)를 사용하여 pH 5.8±0.02로 조절하였다. 배양액의 pH는 NaOH와 H_2SO_4 를 이용하여 조절하였다. 생육조사는 개화 후 절화시하였으며, 광합성(Li-6400, Li-COR, USA)과 증산량

(Li-1600, Li-COR, USA) 측정은 정식후 30일 후에 위에서부터 5번째 5소엽을 기준으로 측정하였다. 생육조사는 절화길이, 엽수, 경경, 지하부와 지상부의 생체중, 건물중, 화경, 화폭, 최대엽장, 최대엽폭 등을 조사하였다. 식물체는 생육조사 후 지상부와 지하부를 각각 건조기에 넣어 65℃에서 건조시킨 후 중량의 변화가 없을 때 건물중을 측정하였고 지상부와 지하부는 모두 마쇄하여 분석시료로 사용하였다. 식물체내 질소 함량과 무기이온 함량을 측정하기 위하여 시료 0.5g을 칭량하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 진한 H₂SO₄ 1ml와 50% HClO₄용액 10ml를 가한 후 310~410℃에서 3~4시간 분해하여 100ml 메스플라스크에 No. 42로 여과하여 질소는 질소자동증류기(Büchi 323, Büchi, Switzerland)로 증류하여 0.01N-H₂SO₄로 적정하여 전질소함량을 측정하였다. 인산은 vanadate법으로 470nm에서 비색계(UV 2100, Shimadzu, Japan)를 사용하여 분석하였으며, 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 원자흡광광도계(Perkin Elmer3100, USA)를 사용하여 정량한 후 건물중에 대한 백분율(%)로 환산하였다.

뿌리의 활력과 생육특성을 알아보기 위하여 근활력과 뿌리생육 특성을 조사하였다. 뿌리활력은 triphenyl-tetrazolium chloride(TTC)법을 이용하여 측정하였다. 30일간의 처리 후 새로 나온 뿌리를 2~3cm 길이로 잘라 증류수로 세척하여 물기를 제거한 다음 5℃ 냉암소에 보관하였다. 그 중 0.5g을 시험관에 넣고 TTC 혼합용액[1% TTC 용액 : 인산나트륨 완충액(pH 7) : D.W=1:4:5]을 10ml를 가했다. 뿌리가 혼합용액에 침지되도록 하여 용액중에 기포발생이 없을 때까지 충분히 탈기시킨 후 30℃의 암상태에서 2시간 반응시킨 후 2N-H₂SO₄ 2ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 뿌리를 꺼내 증류수로 잘 씻은 후 ethly acetate 3~5ml와 sea sand를 소량 넣어 유봉으로 마쇄하여 formazan를 추출하여 470nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{뿌리활력}(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}) = \frac{\text{생성된 for mazan}(mg)}{\text{뿌리무게}(DW) \times \text{반응시간}(h)}$$

뿌리생육의 특성은 주당 뿌리의 길이, 생체중 및 건물중, 그리고 형태적 특성 등을 조사하였다.

3) 배양액의 pH가 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

2002년 2월 25일 삽목하여 발근된 Red Velet 품종을 2002년 4월 3일 각 처리당 6주씩 10cm×10cm로 정식 하였다. 재배 시스템은 DFT(deep flow technique)이고 배양액은 서울시립대학교 순환식 장미 배양액(Kang, 2001)을 사용하였다. 배양액내 EC는 휴대용 EC meter(EC-93, Aalsmeer-Holland)로 $1.5\pm 0.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 를 유지하였고, pH는 pH meter(pH-93, Aalsmeer-Holland)를 사용하여 pH 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0으로 각각 조절하였다. pH조절은 NaOH와 H₂SO₄를 사용하였다. 배양액은 2일 간격으로 보정하였으며 생육기간동안 3번 채취하여 질소는 질소증류기, 인산은 비색계, 양이온은 원자흡광광도계를 이용하여 분석하였다. 생육조사와 광합성속도, 증산량을 측정하였고 식물체 분석과 배양액 분석은 앞의 EC실험과 동일하게 하였다.

4) 배양액의 용존산소함량이 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

Red Velvet 품종을 2002년 2월 25일 삽목하여 발근된 묘를 2002년 4월 3일에 각 처리당 6주씩 10cm×10cm로 정식 하였다. 재배시스템은 담액수경(deep flow technique; DFT)방식으로 처리는 DFT 무처리와 DO 15, 20mg · L⁻¹으로 하였다. 배양액은 서울시립대학교 순환식 장미 배양액(Kang, 2001)을 사용하였다. 배양액의 온도는 자동온도조절기로 20±3℃, EC는 EC meter(EC-93, Aalsmeer-Holland)를 사용하여 $1.5\pm 0.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조절하였고 pH는 pH 5.8±0.02로 이틀간격으로 조정하였다. 배양액의 pH는 NaOH와 H₂SO₄를 이용하여 조절하였다. 생육조사와 광합성속도, 증산량을 측정하였고 식물체분석과 배양액 분석은 앞의 pH실험과 동일하게 하였다.

5) 배양액의 온도가 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

Red Velvet 품종을 2001년 11월 25일 삽목하여 발근된 묘를 2002년 1월 21일에 정식 하였다. 재배시스템은 분무경방식으로 스티로폼[50(W)×64(L)×25(H)cm] 베드에서 수행하였다. 베드는 배액구쪽에 30ℓ 급배액 용기를 설치한 후 30W용량의 수증 전기

펌프를(UP 300, Hyupsin, Korea) 사용하여 배양액을 순환시켰고, 베드 안쪽 지하부로부터 20cm 떨어진 지점에 시간당 120ℓ 분무되는 미스트를 10cm간격으로 2개 설치하였다. 배양액은 서울시립대학교 순환식 장미 배양액(Kang, 2001)을 사용하였다. 배양액의 EC는 $1.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH는 5.8 ± 0.2 로 이틀간격으로 조정하였다. 배양액의 온도는 급배액 용기에 자동온도조절기를 부착하여 $10 \pm 2^\circ\text{C}$, $15 \pm 2^\circ\text{C}$, $20 \pm 2^\circ\text{C}$, $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 조절하였다. 생육 중간에 절화장의 변화를 측정하였고 개화시에 광합성속도와 증산량을 측정하였다. 절화장미의 생육과 품질은 절화 직후 절화장, 경경, 엽수, 최대엽장, 최대엽폭등을 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 배양액의 농도가 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

배양액 농도에 따른 장미의 광합성속도와 증산량은 처리간 차이는 없었으나 EC 1.0~2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준에서 광합성속도가 가장 높게 나타났고, 증산량은 전기전도도가 낮을수록 높은 경향을 보여 주었다. 한편 수분이용효율은 전기전도도가 1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 유의성이 높게 나타났고 1.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 가장 낮았다(Table 3-19). 광합성속도, 증산량, 수분이용효율 모두 배양액 농도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 EC 2.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이상의 고농도에서 모두 감소하는 경향을 보였는데, 이는 배양액의 농도가 높아질수록 수분흡수가 어려워 증산작용이 낮아지기 때문인 것으로 보이며 EC 1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 과 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 뿌리의 양수분 흡수가 원활히 이루어져 장미 생육에 영향을 미친 것으로 보인다.

Table 3-19. Effects of electrical conductivity levels on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique. (Measured at PAR 800~900 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, leaf temp $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. $67.69 \pm 0.05\%$, flow rate $500 \pm 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$)

EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	WUE ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 / \text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O}^{-1}$)
1.0	18.13 a ^z	3.55 a	37.46 c
1.5	18.72 a	3.41 a	53.82 a
2.0	18.30 a	3.13 a	47.34 b
2.5	16.81 a	3.25 a	46.44 b
3.5	17.78 a	2.99 a	43.00 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

배양액 농도별 장미 뿌리의 활력을 측정하고자 tetrazolium 방법을 이용하였다. Tetrazolium 방법은 Krebs 호흡회로의 주요 효소인 dehydrogenase 활성을 측정하여 뿌리의 활성을 평가하는 방법으로서, dehydrogenase에 의해 형성된 전자를 수용하는 화합물로서 tetrazolium salts가 이용된다. 이 tetrazolium salts는 전자가 환원되면 formazan을 형성하는데 이 formazan은 분홍색을 나타내기 때문에 그 농도를 이용하여 뿌리 활력을 측정하는 것이다. 본 시험에서는 tetrazolium salts로 triphenyl-tetrazolium chloride (TTC)를 사용하여 뿌리 내에 형성된 formazan을 용매인 ethyl acetate를 이용하여 추출한 다음, 그것을 흡광분석하여 재료 및 방법 1과 같이 뿌리의 활력을 계산하였다.

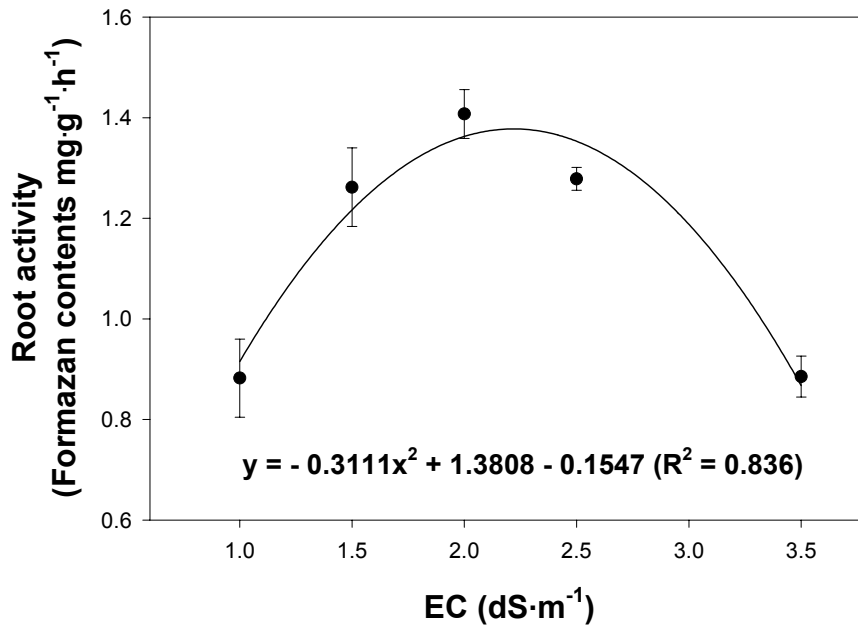


Fig. 3-30. Effect of electrical conductivity levels on root activity of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks. Vertical bars represent standard error.

그 결과 배양액 농도 처리에 따른 장미 뿌리의 활력은 EC 1.5 dS · m⁻¹와 2.0 d S · m⁻¹수준에서 높게 나타났으며 EC 1.0 dS · m⁻¹와 3.5 dS · m⁻¹에서 낮게 나타났다. 그러나 처리한 배양액 농도가 아래 사진(Fig. 3-31.)에서 처럼 뿌리의 형태적 변화나 생육저하 등에 큰 영향을 미치지 않아 처리간 뿌리의 활력이 대체로 높게 나타났다고 생각된다.



Fig. 3-31. Effect of electrical conductivity levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown at 35 days after transplanting in DFT.

배양액 농도에 따른 장미의 생육은 앞의 결과들과 마찬가지로 처리간 큰 차이를 나타내지는 않았지만 EC 1.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 과 3.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 를 제외한 EC 1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 2.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 사이에서 전반적으로 높게 나타났다(Table 3-20). 절화품질을 평가하는 가장 중요한 요인인 절화장도 EC 1.5~2.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 사이에서 가장 높게 나타났다. 일반적으로 다른 식물은 고농도에서 생장이 억제되는 것을 볼 수 있는데, 이것은 뿌리의 삼투 포텐셜이 높아져 양수분 흡수가 장애를 받기 때문으로 보인다. 본 실험에서도 EC 3.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 가장 낮은 생육을 보였는데, 전체적인 장미 품질은 EC 1.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와 3.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 낮았다.

Table 3-20. Effect of electrical conductivity levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

EC (dS · m ⁻¹)	Cut flower length (cm)	Cut flower fresh weight (g)	Cut flower dry weight (g)	Stem diameter (cm)	Max. leaf length (cm)	Max. leaf width (cm)	No. of leaves
1.0	48.6 b ^z	36.00 a	9.93 ab	0.56 b	15.4 a	12.9 b	10 b
1.5	53.4 ab	41.58 a	11.72 ab	0.65 a	15.2 a	13.5 ab	10 ab
2.0	53.2 ab	38.77 a	10.68 ab	0.59 ab	16.0 a	13.9 ab	11 ab
2.5	57.6 a	41.78 a	12.06 a	0.63 ab	16.6 a	15.2 a	9 a
3.5	47.1 b	35.40 a	9.44 b	0.62 ab	15.5 a	13.9 ab	9 ab

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-21. Effects of electrical conductivity levels on roots growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

EC (dS · m ⁻¹)	Root length (cm)	Root weight (g)
1.0	37.3 ab ^z	27.1 a
1.5	37.5 ab	25.1 a
2.0	33.3 b	26.2 a
2.5	38.5 ab	22.9 a
3.5	42.5 a	26.3 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

지하부의 생육은 배양액 농도에 따른 큰 차이는 없었으나(Table 3-21.) 저농도에 비해 고농도 배양액에서의 생육이 더 좋게 보였다(Fig. 3-31).

Sonneveld (1992)등은 장미수경재배에 있어 적합한 배양액의 EC는 1.5 dS · m⁻¹수준이라고 하였는데, 위의 결과들을 종합해 볼 때 절화장미의 생육과 품질은 저농도

($1.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$)와 고농도($3.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$)를 제외하고는 그 사이에서 배양액의 농도에 큰 영향을 받지 않는 것으로 보인다. 이상에서 지상부, 지하부를 모두 고려할 때 장미에 적합한 배양액 EC는 $1.5 \sim 2.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이며 비료 사용양면에서도 굳이 배양액을 고농도로 관리할 필요가 없다고 보며 배양액 EC 수준은 $1.5 \sim 2.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 범위라고 볼 수 있다.

2) 배양액의 pH가 장미의 생육 및 품질에 미치는 영향

배양액의 pH 조절에 따른 장미의 생리적 반응을 알아보기 위하여 개화직전에 장미의 광합성속도, 증산량 및 수분이용효율을 측정하였다(Table 3-22). 광합성속도와 증산량 모두 배양액의 pH 4.0~6.0 범위에서는 차이가 없었으나 뿌리에 심한 손상을 받은 pH 3.0에서 광합성속도와 증산량 및 수분이용효율이 낮게 나타났고 pH 7.0에서도 역시 이들 요인 모두가 낮은 것을 보였다. 수분이용효율이 pH 3.0에서 가장 낮게 나타났는데 이는 pH 3.0에서 뿌리에 심한 손상을 받아 양수분 흡수가 제대로 이루어지지 않았기 때문인 것으로 보이며 이로 인해 광합성속도와 증산량도 낮게 나타난 것으로 보인다. Sonneveld (1992)는 장미에 적합한 배양액의 pH를 5.0~6.0이라고 보고하였는데, 본 실험에서는 이보다 조금 넓은 pH 4.0~6.0 사이에서 생리적 활성이 높게 유지되는 것으로 보였다.

배양액 pH에 따른 근활력은 pH 4.0~6.0에서 높았고 특히 pH 5.0에서 가장 높았으며, pH 3.0에서 가장 낮았고 갈변이 심하게 일어난 pH 7.0에서도 낮게 나타났다.

位田(1982)은 뿌리 세포의 효소활성이 H^+ 의 농도에 영향을 받는다고 보고하였는데, pH가 높고 낮음에 따라 가시적인 장애를 나타내지는 않아도 생육에 영향을 미치며, pH가 낮아짐에 따라 옥신이나 사이토키닌의 활성이 낮아져 발근이나 뿌리신장이 나쁘다고 보고하였다. 그러나 다른 작물에 비해 장미의 경우는 pH 4.0~6.0 사이의 낮은 범위에서 뿌리신장과 지상부의 생육이 더 왕성하게 나타났다.

Table 3-22. Effects of pH levels on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique. (Measured at PAR 800~900 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, leaf temp $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. $67.69 \pm 0.05\%$, flow rate $500 \pm 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$)

pH	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	WUE ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O}^{-1}$)
3.0	14.55 b ^z	2.46 ab	46.62 b
4.0	17.65 a	2.63 ab	58.53 ab
5.0	18.40 a	3.30 a	68.58 a
6.0	17.55 a	3.18 ab	61.50 ab
7.0	15.95 ab	2.29 b	54.20 ab

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

완전히 개화한 상태에서 수확한 배양액내 pH 처리구의 절화품질은 Table 3-23과 같다. 지상부의 절화 품질면에서는 가장 중요한 요인인 절화장이 pH 5.0~7.0 범위에서 가장 길게 나타났다. 생체중과 건물중, 경경, 최대 엽장, 엽폭, 엽수에서도 유의적인 차이는 없었으나 pH 5.0 이상에서 대체로 높게 나타났다. 그러나 지하부의 생육상태를 보면 pH 3.0에서는 길이 생장이 제대로 이루어지지 않는 등 생육초기부터 심한 손상과 흑변이 관찰되었는데, 이는 극도로 낮은 배양액의 pH로 뿌리의 세포막이 붕괴된 것에 기인한다고 본다. 또한 pH 7.0에서는 뿌리의 길이나 전체 뿌리양이 다른 처리에 비해 짧고 적었으며 빨리 갈변되는 것이 관찰되었다(Fig. 3-32).

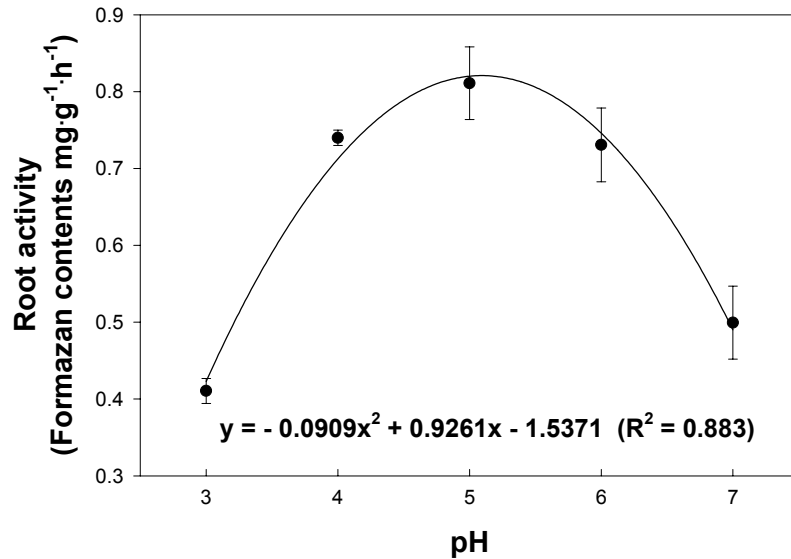


Fig. 3-32. Effect of pH of nutrient solution on root activity of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks. Vertical bars represent standard error.

Table 3-23. Effects of pH levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

pH	Cut flower length (cm)	Cut flower fresh weight (g)	Cut flower dry weight (g)	Stem diameter (cm)	Max. leaf length (cm)	Max. leaf width (cm)	No. of leaves
3.0	49.7 c ^z	33.11 a	8.79 b	0.53 a	15.3 a	14.7 ab	12.0 a
4.0	51.4 bc	35.39 a	11.71 a	0.58 a	15.5 a	13.1 bc	13.0 a
5.0	56.5 ab	38.22 a	11.35 ab	0.64 a	16.3 a	15.0 a	13.0 a
6.0	53.5 abc	39.11 a	11.38 ab	0.63 a	16.0 a	12.8 c	13.0 a
7.0	57.9 a	40.00 a	13.27 a	0.65 a	16.5 a	14.7 ab	13.0 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

근장은 pH 3.0에서 가장 짧고 pH 4.0~6.0에서 길게 나타났다. 근중은 pH 4.0과 5.0에서 높게 나타났다(Table 3-24). 특히 pH 3.0의 경우 뿌리는 생육초기부터 심한

흑변현상이 나타나면서 길이 생장이 거의 일어나지 않았다. 그러나 지상부의 생육이 다른 처리에 비해 그다지 나쁘지 않았는데 이는 다른 처리구에 비해 암면 안쪽으로 정상에 가까운 뿌리들이 발생, 분포하여 어느 정도의 양수분 흡수가 이루어진데 기인한 것으로 보인다.

Table 3-24. Effect of pH levels on roots growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

pH	Root length (cm)	Root weight (g)
3.0	8.0 d ^z	12.2 b
4.0	40.8 a	24.8 a
5.0	33.0 b	24.5 a
6.0	39.0 a	13.7 b
7.0	26.5 c	13.0 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.



Fig. 3-33. Effects of pH levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown at 35 days after transplanting in DFT.

3) 배양액의 용존산소함량이 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

배양액 내 용존산소함량을 증가시키지 않은 $11\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 용존산소 조절장치로 $15, 20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 까지 증가시켰을 때 장미의 생리반응은 Table 3-25와 같다. 배양액 내 용존산소 함량이 장미의 광합성속도에 미치는 영향은 처리간 차이가 나타나지는 않았지만 $15\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 용존산소에서 가장 높게 나타났고, 증산량도 같은 경향을 보였다. 증산량과 수분이용효율은 용존산소의 함량을 가장 높게 관리한 $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 오히려 더 낮게 나타났는데, 이는 용존산소의 농도를 높이기 위해 통기를 하면 양분의 흡수가 증가되어 생육이 왕성해지지만, 지나치게 많은 산소를 공급하면 때로는 생육이 지나쳐 지상부가 과번무하거나 오히려 생장이 둔화되며 뿌리의 형태적 변화가 초래되는 수가 있다고 보고한 並木(1981)의 결과와도 일치한다고 볼 수 있다. 수분이용효율도 배양액내 용존산소 함량을 $15\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 까지 증가시킨 처리구에서 가장 높았으며, $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}, 11\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 순으로 나타났다.

Table 3-25. Effects of dissolved O_2 conc. on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique. (Measured at PAR $800\sim 900 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp $22\pm 0.5^\circ\text{C}$, leaf temp $25\pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. $67.69\pm 0.05\%$, flow rate $500\pm 0.5\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$)

DO conc. ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	WUE ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 / \text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O}^{-1}$)
Cont.	16.10 a ^z	3.42 b	32.57 b
15	19.70 a	4.23 a	42.53 a
20	17.20 a	3.00 b	36.89 ab

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

근활력에서 배양액 내 용존산소 함량이 미치는 영향은 용존산소 함량을 증가시킨 처리구와 대조구 사이에 확실한 차이가 나타났다. 용존산소 함량을 증가시키지 않은 대조구에서 근활력이 가장 낮았고 $15\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 용존산소함량을 증가시킨 처리구에서 가장 높게 나타났다.

Jackson(1980)은 양액내 용존산소가 부족하면 유기산, 에틸렌가스 그리고 용존 이산화탄소의 축적이 일어나 뿌리의 신진대사활력이나 뿌리의 생육이 억제될 수 있다고 하였다. 이와는 반대로 $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 까지 용존산소 함량을 높인 처리구에서 근활력이 낮게 나타났는데, Chun 등(1994)은 과포화된 용존산소에서 상추뿌리가 암갈색으로 변색되었고 생육이 지연되었다고 보고하였다. 따라서 장미 수경재배에 적합한 배양액의 용존산소 함량은 15mgL^{-1} 이라고 생각된다. 그러나 배양액내 용존산소 함량이 작물의 생육에 미치는 영향은 작물간의 차이가 큰데 小田(1988)은 상추의 경우 $7.3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이 가장 적합한 용존산소의 농도라 하였고, 郭과 橘(1997)은 토마토의 경우 $2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 낮은용존산소 함량이 생육에 좋다고 하여 작물별로 보다 정밀한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

宇田(1996)은 일반적으로 배양액중에 용존산소량이 증가하면 작물의 생육량이 증가한다고 했는데, 본 실험에서는 배양액내 용존산소 함량의 처리간 큰 차이를 나타내지는 않았으나 비슷한 결과를 나타냈다. 가장 중요한 요인인 절화장의 경우 처리간의 차이는 보여주지 않았으나 $15\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 가장 길게 나타났고 용존산소 함량을 급격히 증가시킨 $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 특별히 길어지지 않는 않았다.

장미의 다른 생육 요인에 대한 용존산소의 영향은 적게 나타났다. 이것은 삼목 후 단시간에 이루어지는 생육과정 때문으로 보이며 대신 2차, 3차 절화를 한다면 다른 결과도 보이지 않을까 생각된다.

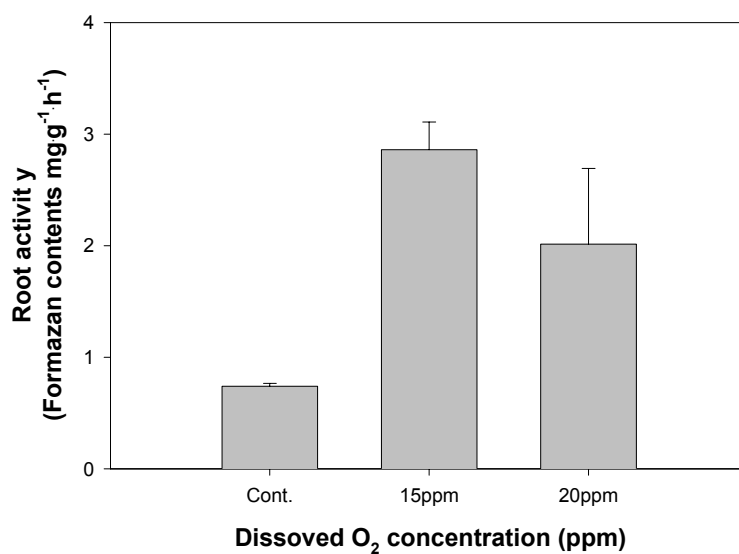


Fig. 3-34. Effect of dissolved O₂ conc. on root activity of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks. Vertical bars represent standard error.

Table 3-26. Effects of dissolved O₂ conc. on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

DO conc. (mg · L ⁻¹)	Cut flower length (cm)	Cut flower weight (g)	Stem diameter (cm)	Max. leaf length (cm)	Max. leaf width (cm)	No. of leaves
cont.	52.0 a ^z	37.56 a	0.66 a	16.9 a	14.0 a	10.3 a
15	53.2 a	41.28 a	0.65 a	16.8 a	15.8 a	9.3 a
20	51.9 a	41.40 a	0.69 a	17.0 a	15.4 a	8.7 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.



Fig. 3-35. Effects of dissolved O₂ conc. on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' at 35 days after transplanting.

4) 배양액의 온도가 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

온도에 따른 배양액의 전기전도도 변화를 살펴보면 배양액의 온도가 높을수록 증발량의 증가로 인하여 배양액 EC의 변화폭이 크게 나타났다. 즉, 근권온도가 25~30℃에서의 EC 변화폭이 큰 반면에 10~20℃에서는 EC 변화폭이 상대적으로 적게 나타났다. 근권온도에 따른 배양액의 pH는 EC에 비해 그 변화가 크지 않고 뚜렷한 경향은 없었으나 온도가 높을수록 배양액의 pH가 높은 경향을 보여주었다.

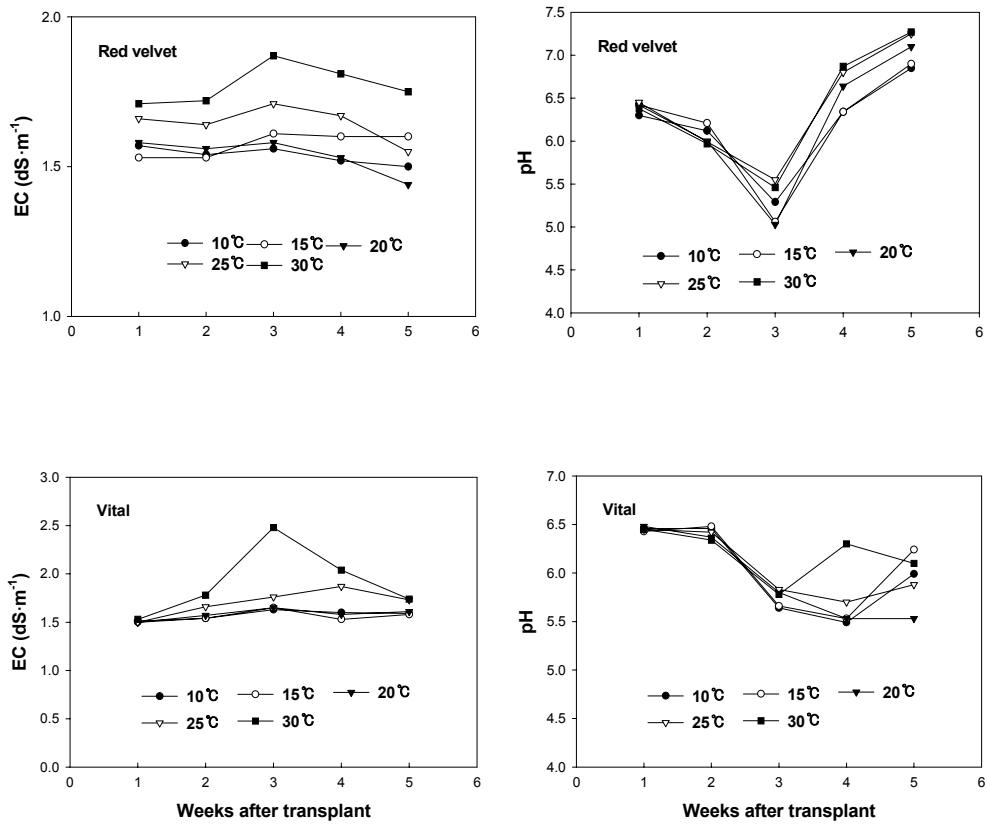


Fig. 3-36. Changes of pH and EC of nutrient solution in different root-zone temperature control.

Table 3-27. Effects of nutrient solution temperature on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of single-stemmed rose 'Red Velvet' and 'Vital' grown in deep flow technique. (Measured at PAR 800~900 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, leaf temp $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. $67.69 \pm 0.05\%$, flow rate $500 \pm 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$)

Temp. ($^\circ\text{C}$)	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	WUE ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{H}_2\text{O}^{-1}$)
Red Velvet			
10	7.87 a ^z	1.58 b	71.76 c
15	10.60 a	2.68 a	89.92 a
20	9.71 a	2.49 a	88.16 a
25	8.89 a	2.31 a	77.97 b
30	8.45 a	2.16 ab	74.50 bc
Vital			
10	10.06 a	2.77 a	55.87 b
15	8.27 ab	2.16 b	145.24 a
20	5.27 c	1.72 c	73.69 b
25	5.90 bc	1.41 d	55.28 b
30	-	-	-

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

'Red Velvet'의 경우 배양액 온도별 광합성속도와 증산량, 수분이용효율은 큰 차이는 없었으나 15~20 $^\circ\text{C}$ 에서 광합성속도, 증산량 및 수분이용효율이 가장 높게 나타났고 온도가 높아질수록 감소하는 경향을 보였다.

반면에 'Vital'은 'Red Velvet'에 비해 배양액의 온도가 15 $^\circ\text{C}$ 에서 광합성속도, 증산량 및 수분이용효율이 높았다. 고온일수록 광합성속도와 증산량이 급격히 감소하는 경향을 보였으며, 특히 고온에 대한 적응능력이 'Red Velvet'에 비해 상대적으로 낮은 것으로 보였다. 광합성속도는 광, CO₂, 습도, 온도 등 여러 가지 요인에 의해서 달라질 수 있다. Jiao 등(1991)은 장미의 광합성속도에 관여하는 정도를 다중회귀분석($R^2=0.86$)을 통하여 제시하였는데, 광이 70%, CO₂ 농도가 20%, 그리고 기온이 50% 정도 관여하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 근권 온도에 따른 생리적 반응이 영향을 받는다는 것을 보여 주었고, 특히 품종에 따른 반응 차이가 있음을 보여주었다.

Table 3-28. Effect of nutrient solution temperatures on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' and 'Vital' grown in aeroponics.

Root-zone temperature (°C)	Cut flower length (cm)	Cut flower weight (g)	Cut flower dry weight (g)	Stem diameter (cm)	Max. leaf length (cm)	Max. leaf width (cm)	No. of leaves
Red Velvet							
10	47.0 b ²	37.16 a	8.28 a	0.66 a	17.5 a	16.0 a	8 b
15	55.5 a	37.63 a	8.22 a	0.69 a	19.7 a	17.3 a	11 a
20	55.0 a	31.81 a	7.93 a	0.67 a	19.5 a	16.5 a	11 a
25	51.5 ab	35.24 a	8.13 a	0.63 a	19.7 a	17.4 a	9 ab
30	51.7 ab	36.39 a	8.05 a	0.69 a	18.6 a	17.0 a	11 a
Vital							
10	51.0 a	37.0 a	9.05 a	0.5 b	13.5 b	12.3 b	11 a
15	48.0 b	17.6 c	7.43 b	0.5 b	16.3 a	13.0 a	11 a
20	50.0 a	26.6 b	7.11 bc	0.6 a	13.3 b	10.6 c	11 a
25	47.8 b	20.85 c	8.91 c	0.5 b	13.0 b	13.0 a	9 b
30	-	-	-	-	-	-	-

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

장미의 생육 및 수량은 'Red Velvet'의 경우 근권부 온도가 15°C, 20°C일 때 가장 높았다. 30°C의 경우 다른 처리에 비해 지상부나 지하부 생육에서 별 차이가 나타나지 않았던 것은 지하부의 고온이 생육을 저해하더라도 지상부가 감응하는 온도가 장미의 생육에 적합한 온도범위에 있었기 때문에 지하부 고온의 영향이 그리 크지 않았던 것으로 보인다. 또한 뿌리의 발생에 있어서 사진자료가 첨부되지는 않았으나 입상암면 pot 안의 뿌리 분포를 비교했을 때 10, 15, 20, 25°C에서는 입상암면 pot 안쪽으로 발생한 뿌리가 거의 없었으나 30°C에서는 입상암면 pot 안에 발생한 뿌리의 양이 월등히 많았다. 즉 고온의 피해를 피하기 위해 뿌리가 pot 안에서 발생한 것으로 생각한다.

온도에 따른 뿌리의 형태적 특징을 살펴보면 배양액의 온도가 높아질수록 뿌리가 가늘고 길게 발달하였으며 세근의 발생도 많은 반면, 배양액의 온도가 낮은 경우 뿌리의 굵기가 굵고 짧으며 세근 발생이 잘 이루어지지 않았다. 따라서 'Red Velvet'

은 고온보다는 15~20℃ 사이의 온도 범위가 근권부와 지상부 생육, 절화품질에 적정 범위인 것으로 생각된다.

반면에 `Vital`은 `Red Velvet`보다 근권부 온도에 대해 민감한 반응을 보였다. 광합성속도와 증산량 모두 10~15℃에서 높게 나타났고 생육 또한 같은 경향을 나타냈다. 30℃의 경우 생육초기에는 뿌리의 갈변과 저조한 생육을 보이다가 생육중반부터 고사되기 시작하여 실험종료시에는 전체가 고사하였다. 또한 `Red Velvet`은 근권부 온도에 적응하는 범위가 넓은데 비해 `Vital`은 그 범위가 좁고 민감하다. 따라서 `Vital`은 고온보다는 저온으로 근권부를 관리하는 것이 좋는데 그 범위는 10~15℃정도가 적합하리라 생각한다.

5. 지상부 환경의 최적 제어기술개발

식물공장은 시설내 작물의 지상부 환경인 광(광도, 광질, 일장), 온도(주야간), 습도, CO₂와 근권부 환경인 배양액의 EC, pH, 용존산소, 무기성분의 조성, 조절 및 작업의 자동화를 통하여 공장생산과 동일하게 작물을 생산자의 계획에 따라 생산할 수 있는 시스템으로서 주년생산, 생산기간의 단축, 대량생산이라는 특징을 지니고 있다. 본 실험은 장미 식물공장에서 생산성의 극대화를 위한 경제적이고 효율적인 환경제어를 위해서 최적환경을 구명하고자 한다. 식물공장의 지상부 최적 환경 구명을 위해 광도, 온도, 습도와 CO₂, 기류속도 조건을 달리하여 single stemmed 장미의 생육특성을 비교하였다.

가. 재료 및 방법

1) 공시재료 및 시설

본 실험은 온도와 습도가 제어 가능한 생육상(Growth chamber)에서 수행되었다. 지상부 환경은 CO₂농도 400±50ppm, 온도는 주야간 27℃/17℃로 조절하였으며, PAR

를 $250 \pm 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 주간/야간의 일장을 16/8시간, 상대습도는 60~70%로 설정하였다. 광원으로는 고압나트륨등(Phillips, 400W), 메탈할라이드등과 형광등을 사용하였다. 공시재료는 대륜계통인 'Versillia'와 'Vital'을 단경삼목하여 생육상에서 재배하였다. 배양액은 서울시립대학교 Single-stemmed용 배양액으로 EC $1.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH 5.5~6.5로 조절하여 분무수경 재배하였다.

2) 온도 조건이 Single-stemmed 장미의 광합성 및 생육에 미치는 영향

재배품종은 'Vital' 품종으로 지상부 온도는 주간과 야간을 $21^\circ\text{C}/11^\circ\text{C}$, $24^\circ\text{C}/14^\circ\text{C}$, $27^\circ\text{C}/17^\circ\text{C}$ 로 조절하였다. 주야간 온도가 Single-stemmed 장미의 생육에 미치는 영향을 구명하고자 실험을 수행하였다. 처리 후 30일에 광합성, 증산률을 조사하였으며, 생육조사 후에 클로로필과 안토시아닌 함량을 분석하였다. 식물체의 생체 계측은 광합성(Li-6400, Li-COR), 증산량(Li-1600, Li-COR), 엽록소 함량(SPAD-502, Minolta)을 계측하였다.

3) 습도 조건이 Single-stemmed 장미의 광합성 및 생육에 미치는 영향

재배품종은 'Vital'과 'Versillia' 품종으로 생육상에서 습도를 20, 40, 60%로 처리하였다. 식물체의 생체 계측은 광합성(Li-6400, Li-COR), 증산량(Li-1600, Li-COR), 엽록소 함량(SPAD-502, Minolta)을 계측하였다.

4) PPFD와 CO₂ 조건에 따른 Single-stemmed 장미의 광합성 및 증산

장미식물공장에서 Single-stemmed 장미의 생육에 적합한 광도와 CO₂수준을 찾자 실험을 수행하였다. 공시품종은 'Vital'과 'Versillia'로 정단부에서 2번째의 완전 전개된 잎을 광합성 측정기(Li-6400, Li-COR)로 광도 $200\text{--}1200 \mu\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 온도 $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 이산화탄소 농도를 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 설정하여 측정하였다. 증산량은 porometer(Li-1600, Li-COR)로 측정하였다.

5) 기류속도가 single-stemmed 장미의 생육에 미치는 영향

기류속도가 장미의 생육에 미치는 영향에 대하여 알아보려고 실험을 수행하였다. 실험은 2003년 5월 11일 삼목한 절화용 장미 'Versillia' 품종을 시험재료로 사용하였다. 삽수는 채화가 가능한 정도로 꽃이 핀 충실한 줄기를 대상으로 액아가 발아하지 않은 5소엽 마디 중 정아로부터 아래로 2~5마디를 위로 1cm, 아래로 3~4cm 되게 자른 다음, 30분 정도 깨끗한 수돗물에 담근 후 사용하였다. 삽수를 2003년 5월 11일 암면cube에 삽목하였으며 발근된 묘에서 1차지를 유도 6월 26일 서울시립대학교 4연동 온실에 정식하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 배양액은 서울 시립대학교 순환식 장미배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, P 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2, S 2.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)를 사용하였으며 EC는 EC meter(EC-93, Aalsmeer-Holland)를 사용하여 $1.5 \pm 0.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조절하였고 pH는 5.5~6.5로 하였다. 배양액의 온도는 실험기간동안 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 를 유지하여 주었다. 재배시스템은 분무수경 방식을 사용하여 시간당 120ℓ 분무되는 미스트를 10cm간격으로 3개 설치하여 배양액을 공급하였다. 기류속도 측정은 Air velocity transducer (8475-300, TSI, USA)를 이용하여 일반온실의 일반 기류속도를 control구로 하고, $0.5 \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$, $1.0 \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 의 세 처리구를 설정하였으며 아침 08:00시부터 오후 18:00시까지 기류속도를 조절하여 실험을 수행하였다.

온실 내의 기류속도에 따른 장미 'Versillia'의 절화길이, 경경, 지하부와 지상부의 생체중, 건물중, 화고, 화폭, 최대엽장, 최대엽폭 등을 조사하였으며, 광합성(Li-6400, Li-COR, USA)과 증산량(Li-1600, Li-COR, USA) 측정은 상위에서 3엽체의 5소엽을 기준으로 측정하였다.

6) 장미식물공장에서 Single-stemmed 장미의 품종에 따른 엽록소 형광특성

엽록소 형광은 광합성의 광계 II 활성을 나타내는 지표로 연구에 많이 이용되고 있다. 본 실험은 장미 대륜계 'Versillia', 'Vital', 'Red velvet'과 'Little marble'의 품종별 광양자 수율(Yield)과 전자전달률(ETR)을 측정하여 품종별 엽록소 형광 특성을 조사하였다. 광계 II의 엽록소 형광 유도는 PAM fluorometer(PAM system, H. Walz)

를 이용하여 측정하였다. 광억제 유도 후 잎절편을 30분 동안 암적응 시켰다. 일정 형광 측정광은 PAM 101로 조사하였고, actinic light로는 KL 1500lamp에 Schott RG 630 필터를 사용하여 630nm 이상의 적색광을 사용하였다. 포화광으로는 KL 1500 lamp를 써서 광계Ⅱ의 일차 전자수용체인 QA 풀을 완전히 환원시킬 수 있는 $3700\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광량을 얻었으며, 광처리의 길이와 간격을 PAM 103으로 조절하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 온도 조건이 Single-stemmed 장미의 광합성 및 생육에 미치는 영향

본 실험을 통해 Single-stemmed 장미의 주야간 온도 환경에 따른 광합성, 증산과 생육특성을 조사하여, 최적의 온도 환경을 찾고자 하였다. Single-stemmed 장미의 광합성율은 $27^{\circ}\text{C}/17^{\circ}\text{C}$, $24^{\circ}\text{C}/14^{\circ}\text{C}$, $21^{\circ}\text{C}/11^{\circ}\text{C}$ 처리 순으로 높게 나타나 생육결과와 상관 관계를 나타냈다. 생육조사 결과 절화장, 경경과 화고, 화폭은 $27^{\circ}\text{C}/17^{\circ}\text{C}$, $24^{\circ}\text{C}/14^{\circ}\text{C}$, $21^{\circ}\text{C}/11^{\circ}\text{C}$ 순으로 주야간 온도가 높을수록 증가하였으나, $27^{\circ}\text{C}/17^{\circ}\text{C}$, $24^{\circ}\text{C}/14^{\circ}\text{C}$ 처리구는 통계적 유의성이 없었다. 그러나 절화장의 성장속도는 $27^{\circ}\text{C}/17^{\circ}\text{C}$ 가 가장 빠르게 나타났다. 개화소요일수는 $27^{\circ}\text{C}/17^{\circ}\text{C}$ 처리구가 29일, $24^{\circ}\text{C}/14^{\circ}\text{C}$ 처리구가 34일, $21^{\circ}\text{C}/11^{\circ}\text{C}$ 처리구는 29일로 나타나, 가장 짧고 $24^{\circ}\text{C}/14^{\circ}\text{C}$, $21^{\circ}\text{C}/11^{\circ}\text{C}$ 순으로 짧게 나타났다. 주야간 온도 관리를 $27^{\circ}\text{C}/17^{\circ}\text{C}$ 로 조절할 경우, 결과적인 성장에는 크게 차이가 없었으나, 온도 환경이 $21^{\circ}\text{C}/11^{\circ}\text{C}$ 일 때 보다 빠른 수확이 가능함을 알 수 있었다.

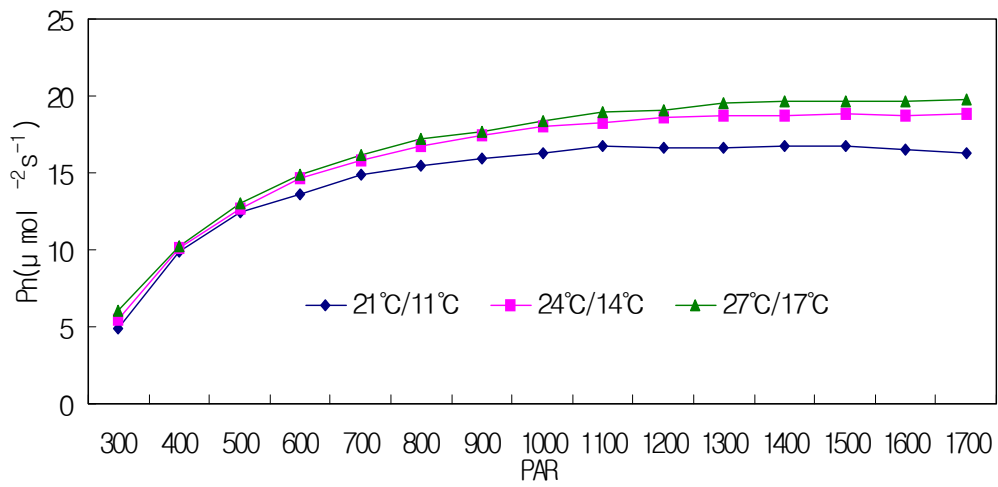


Fig. 3-37. Effects of PAR on the photosynthesis at different day and night temperature.

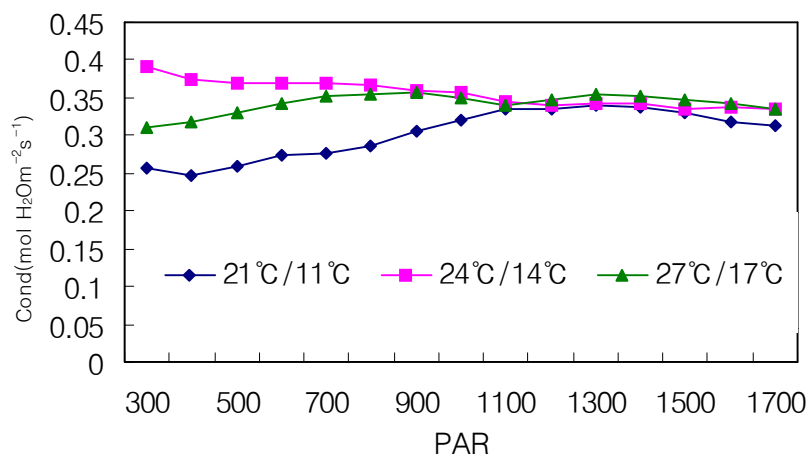


Fig. 3-38. Effects of PAR on the conductance at different day and night temperature

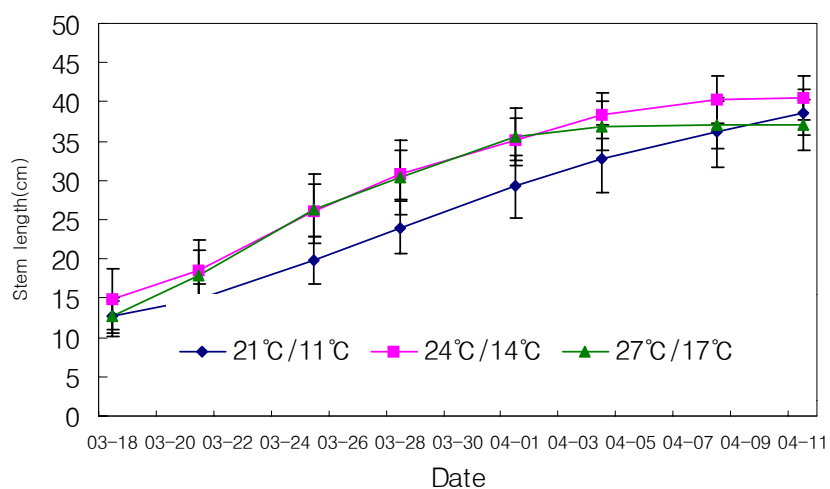


Fig. 3-39. Changes of stem length in single stemmed rose grown by three different day and night temperature. Vertical bars represent SD(n=6).

Table 3-29. Plant characteristics of single-stemmed rose 'Vital' grown by three different day and night temperature.

Temp (day/night)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Stem(cm)		5-leaflet leaves (No.)	Day to flowering
			Length	Dia.		
21/11°C	14.89 b	3.58 b	38.6 b	3.90 a	7 a	43 a
24/14°C	15.11 ab	3.62 ab	40.5 a	4.00 a	7.5 a	34 b
27/17°C	16.88 a	3.92 a	38.8 b	3.94 a	7 a	29 c

²Duncan's multiple range test, significant at the 5%

Table 3-30. Effects of different day and night temperature on the content of leaf of in the single-stemmed rose.

Temp. (day/night)	Total content of chlorophyll (g g ⁻¹ FW)	Anthocyanin (OD 530nm)
21/11°C	0.139 a ^z	1.492 c
24/14°C	0.139 a	1.745 b
27/17°C	0.139 a	2.139 a

^zDuncan's multiple range test, significant at the 5%

2) 상대습도 조건이 Single-stemmed 장미의 광합성 및 생육에 미치는 영향

식물공장에서는 최적의 생육환경을 구명하여, 작물의 생산성과 품질을 높일 수 있다. 본 실험을 통해 Single-stemmed 장미의 습도환경에 따른 광합성, 증산과 생육특성을 조사하여, 최적의 습도 환경을 찾고자 하였다. 실험결과 'Vital'은 습도 40, 60%, 'Versillia'는 습도 40%에서 초장과 경계의 생장이 높게 나타났다. 'Vital'의 증산량은 습도 60, 40, 20% 순서로 잎의 확산저항은 20, 40, 60% 순서로 높게 나타났다. 광합성의 광포화점은 습도 환경에 따라 영향을 받지 않았으며, 'Vital' 품종은 600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 수준이 포화점으로 나타났다. Single-stemmed 장미의 적정 습도 환경은 대륜 분홍계통인 'Versillia'는 40%, 대륜 적색계인 'Vital'은 40-60%로 품종 특성에 따라 적정 수준이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

Table 3-31. Effect of RH on photosynthesis(Pn), conductance to H₂O(Cond) of single-stemmed rose 'Vital' grown in aeroponics system (Measured at PAR 800-1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp. 22 \pm 0.5°C, CO₂ 500mg/L)

RH(%)	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Conductance to H ₂ O ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
20	14.8 a ^z	2.0 a
40	14.2 b	1.28 b
60	15.3 a	2.01 a

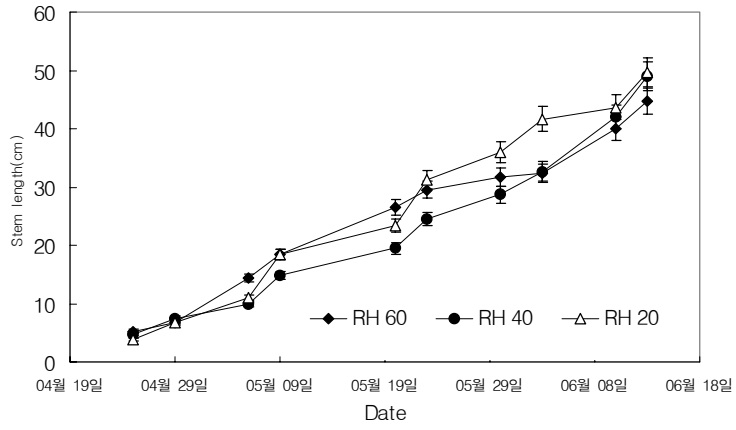


Fig. 3-40. Effect of relative humidity(RH) on the stem length of single-stemmed rose 'Versillia'.

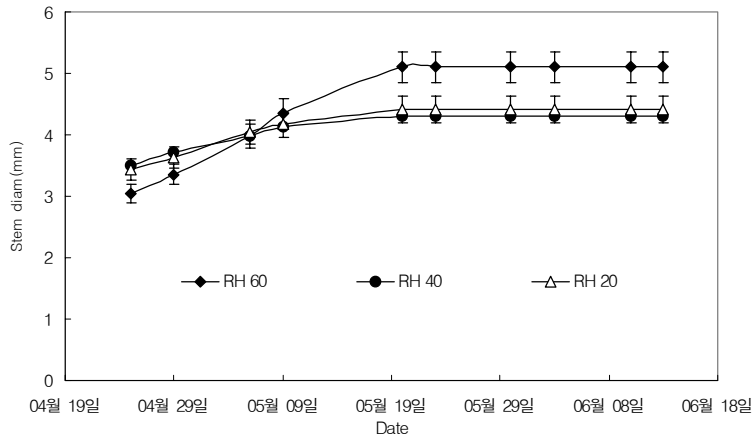


Fig. 3-41. Effect of relative humidity(RH) on the stem diameter of single-stemmed rose 'Versillia'.

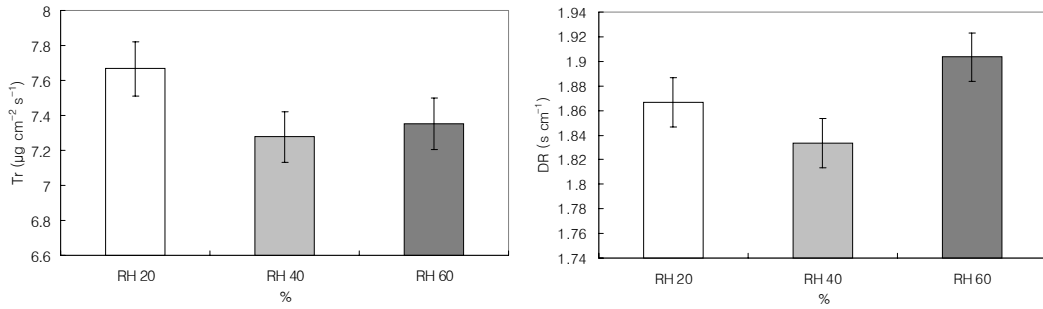


Fig. 3-42. Effect of relative humidity(RH) on transpiration rate(Tr) and diffusive resistance(DR) of single-stemmed rose 'Versillia' grown in aeroponics system (Measured at PAR $500\mu\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp. $27\pm 0.5^\circ\text{C}$)

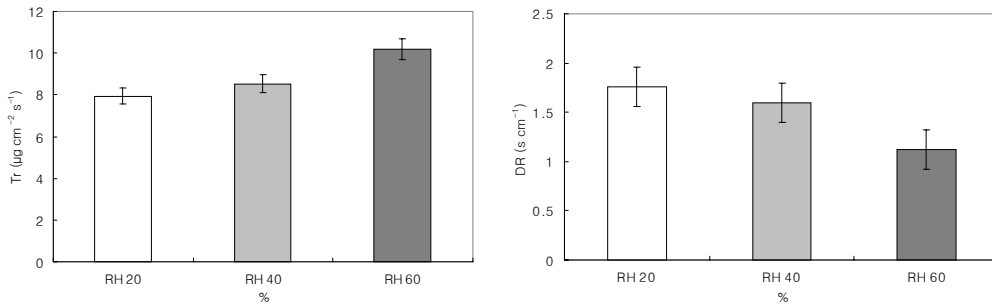


Fig. 3-43. Effect of relative humidity(RH) on transpiration rate(Tr) and diffusive resistance(DR) of single-stemmed rose 'Vital' grown in aeroponics system (Measured at PAR $500\mu\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp. $27\pm 0.5^\circ\text{C}$)

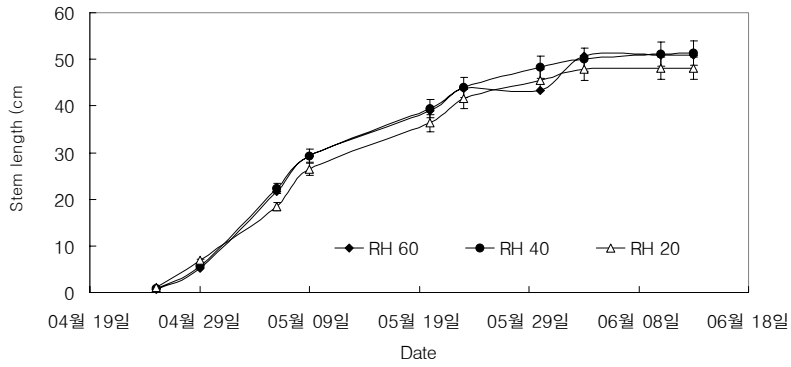


Fig. 3-44. Effect of relative humidity(RH) on the stem length of single-stemmed rose 'Vital'.

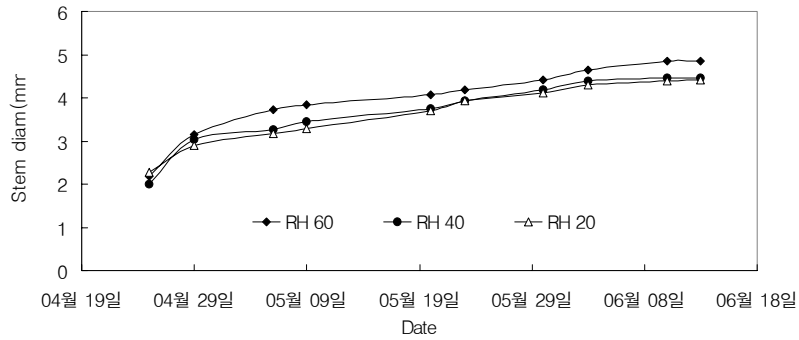


Fig. 3-45. Effect of relative humidity(RH) on the stem diameter of single-stemmed rose 'Vital'.

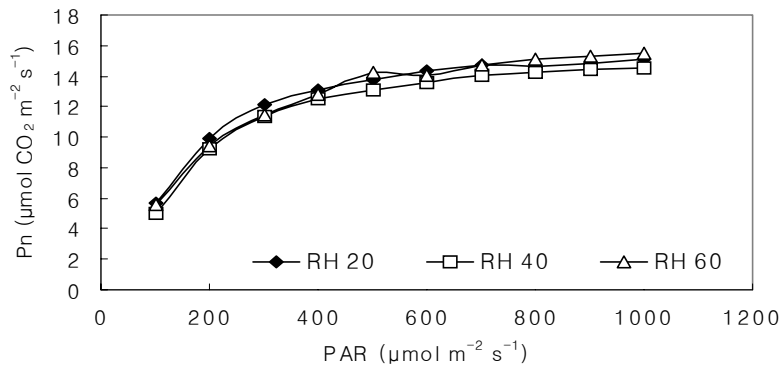


Fig. 3-46. Changes of photosynthetic rate according to different photosynthetic available radiation(PAR) and RH in single-stemmed rose 'Vital'

3) PPFD와 CO₂ 조건에 따른 Single-stemmed 장미의 광합성 및 증산

대륜계로 초장생장이 우수한 'Vital'과 'Versillia' 품종으로 PPFD와 CO₂ 조건에 따른 Single-stemmed 장미의 광합성 및 증산 등의 성장특성을 조사하였다. 각각 품종의 특성에 따른 광합성, 증산등의 성장 반응을 관찰할 수 있었다. 'Versillia'는 광포화점과 CO₂ 포화점이 'Vital' 보다 높았다. 'Versillia'의 CO₂ 포화점은 900±100μmol·L⁻¹로, PPFD 포화점은 600±100μmol m⁻² s⁻¹, 'Vital'의 CO₂ 포화점은 700±100μmol·L⁻¹로, PPFD 500±100μmol m⁻² s⁻¹수준이었다.. 엽 위치별 광합성 특성은 정단부에 위치한 잎의 광합성 능력이 높게 나타났으며, 정단부에서 6번째 이후의 잎의 광합성 능력이 떨어짐을 알 수 있었다. 두 품종간 비교에서 'Versillia'는 'Vital'에 비해 같은 광조건에서 광합성량이 높게 나타났으며, 증산량은 반대로 'Vital'이 높게 나타났다.

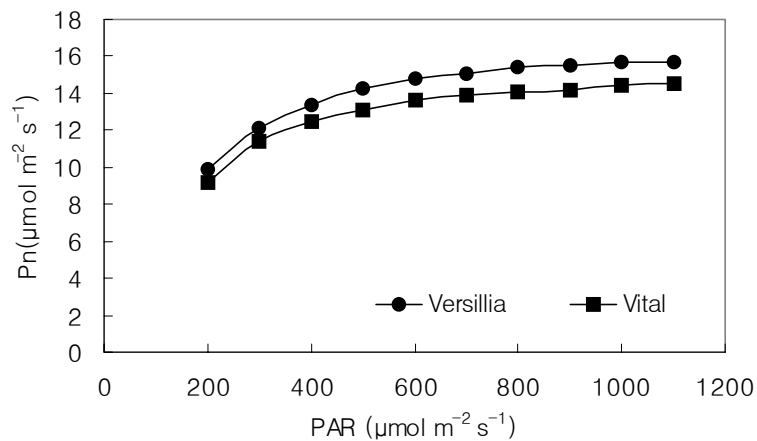


Fig. 3-47. Changes of photosynthetic rate(Pn) according to photosynthetic available radiation (PAR) in Single-stemmed rose 'Versillia' and 'Vital'.

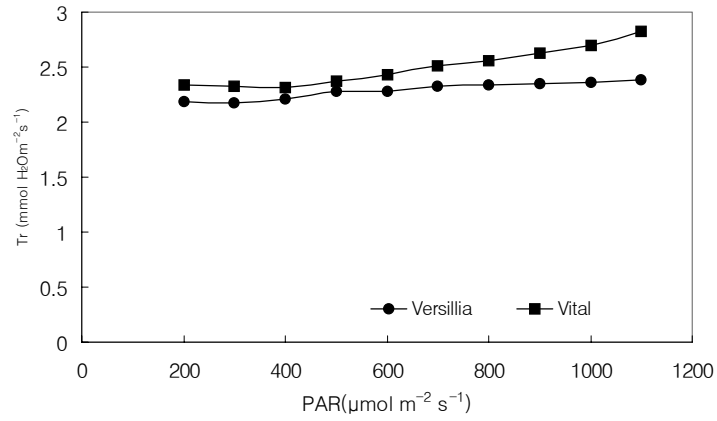


Fig. 3-48. Changes of transpiration(Tr) according to photosynthetic available radiation (PAR) in Single-stemmed rose 'Versillia' and 'Vital'.

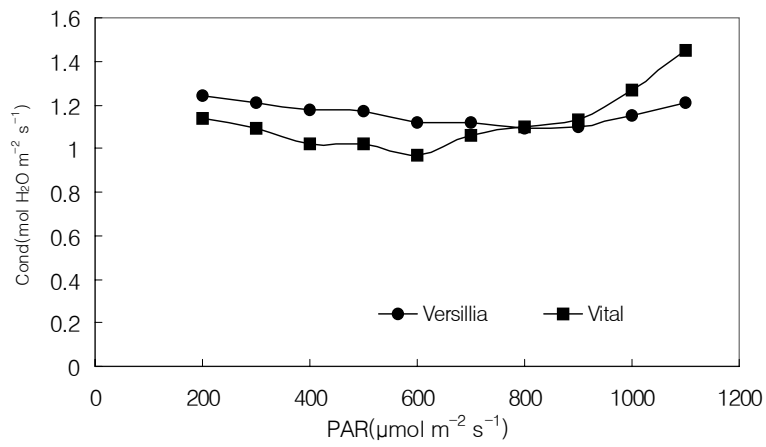


Fig. 3-49. Changes of conductance(Cond) according to photosynthetic available radiation (PAR) in Single-stemmed rose 'Versillia' and 'Vital'.

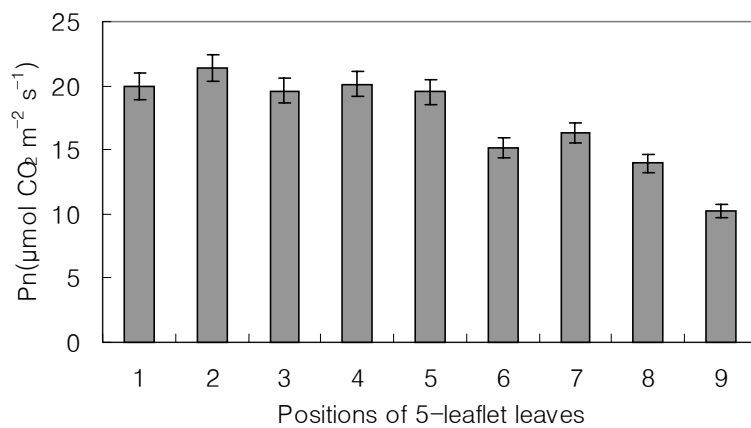


Fig. 3-50. Photosynthetic rate of single-stemmed rose 'Versillia' in relation to position of 5-leaflet leaves. (Measured at PAR 800-1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp. $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, CO_2 500mg/L)

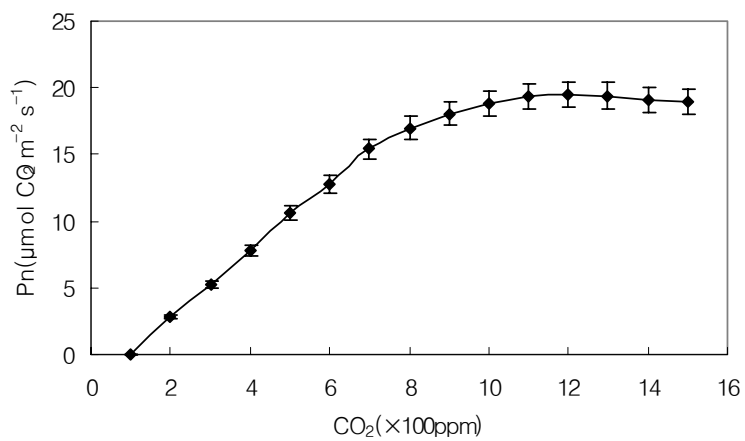


Fig. 3-51. Change of photosynthetic rate according to CO_2 concentration in single-stemmed rose 'Versillia'. (Measured at PAR 800-1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp. $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$)

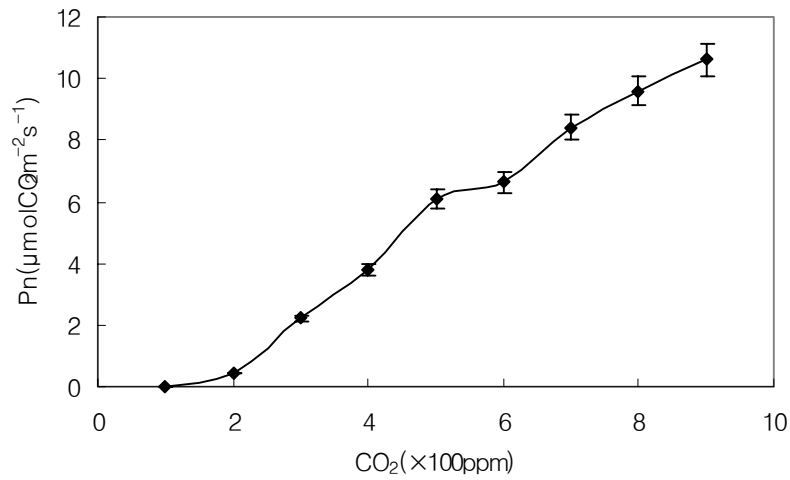


Fig. 3-52. Change of photosynthetic rate according to CO₂ concentration in single-stemmed rose 'Vital' (Measured at PAR 800-1000 μmol · cm⁻² · s⁻¹, air temp. 22±0.5°C)

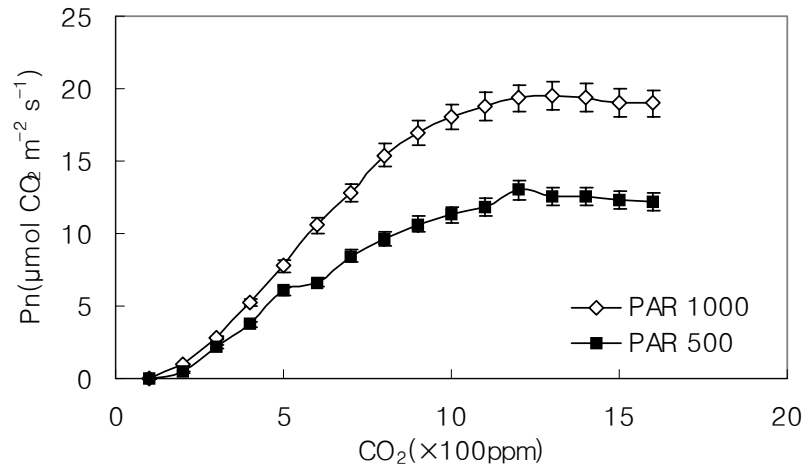


Fig. 3-53. Change of photosynthetic rate according to CO₂ concentration and PAR(1000, 500 μmol · m⁻² · s⁻¹) in single-stemmed rose 'Versillia'.

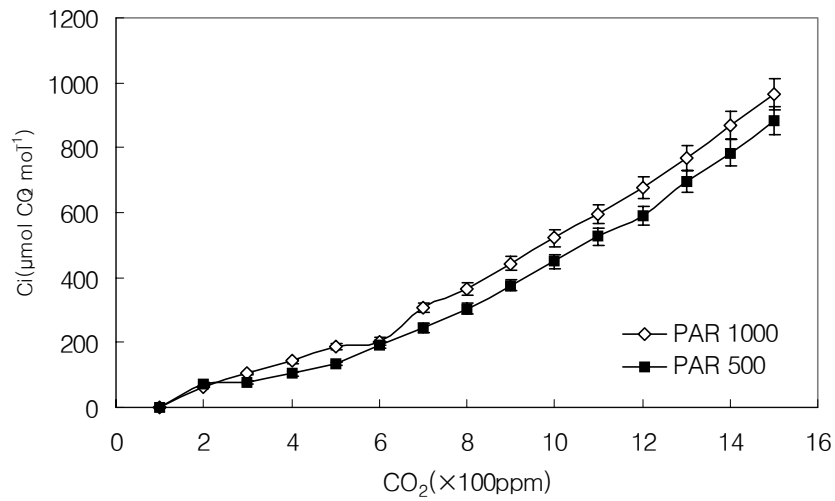


Fig. 3-54. Change of intercellular CO₂ concentration(Ci) according to CO₂ concentration and PAR(1000, 500μmol · m⁻² · s⁻¹) in single-stemmed rose 'Versillia'.

4) 기류속도가 single-stemmed 장미의 생육에 미치는 영향

자연상태에서 기류는 열 또는 물질의 수송을 촉진시켜 식물체 주변의 습도, 온도 등의 차이를 감소시키며 엽온의 급격한 상승 또는 감소를 방지한다. 한편, 식물주위의 기류속도 증가는 엽면 경계층에 의한 대기의 확산저항을 감소시켜 CO₂확산이 원활히 이루어져 식물의 광합성속도 및 증산속도가 증가한다고 알려져 있다. 이에 이러한 기류속도가 장미 품종 'Versillia'의 생육에 미치는 영향에 대하여 알아보하고자 실험을 수행한 결과는 다음과 같다. 기류속도에 대한 'Versillia'의 광합성 반응은 1.0m · sec⁻¹처리구에서 0.5m · sec⁻¹와 control 처리구에 비해서 높았다. 증산량과 확산저항을 측정한 결과 처리간에 유의적 차이는 나타나지는 않았으나 증산에 있어도 광합성에서 나타난 경향과 유사하게 기류속도가 높은 1.0m · sec⁻¹처리구에서 다소 높은 경향을 나타내었으며, 확산저항에 있어서는 반대로 기류속도가 높을수록 낮은 경향을 나타내었다. 엽내 클로로필 함량과 안토시아닌 함량을 알아보하고자 분석한 결과 기류속도가 높을수록

그 함량이 다소 높게 나타났다. 실험기간동안 배양액의 EC(electrical conductivity)와 pH를 측정한 결과 pH에 대하여 세 처리구에서 유사한 변화의 경향을 나타낸 반면 EC는 control 처리구에 비해 기류속도를 높여준 $1.0\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 처리구와 $0.5\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 에서 다소 높은 경향을 나타내었다. 기류속도에 대한 'Versillia'의 생체중과 건물중의 변화를 조사한 결과 유의적 차이는 나타나지 않았으나 비교적 control, $0.5\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$, $1.0\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 로 기류속도가 높아질수록 다소 높아지는 경향을 관찰 할 수 있었다. 초장, 경경, 근장, 엽장, 엽폭에 있어서 유의적 차이는 나타나지 않았다. 엽면적과 화고, 화폭, 꽃목의 길이와 두께에 있어서도 유의적 차이는 나타나지 않았으나 전반적으로 기류속도가 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 실험기간동안 기류속도에 의한 배양액의 소비량을 조사한 결과 소비량이 기류속도에 비례하여 증가하였으며 기류속도에 따른 relative humidity와 air temperature의 변화를 오전 08:00시부터 15:00시까지 조사한 결과 기류속도가 높을수록 습도와 온도가 낮아지는 경향을 나타내었다.

기류속도는 식물 군집내의 기온, 습도, CO_2 농도, 포차(Vapour pressure deficit)등의 미기상등에 영향을 미치며 이러한 기류속도를 조절하여 CO_2 확산의 향상 및 포차의 증가와 상대습도 조절 등을 통하여 광합성 및 증산을 증가시켜 식물의 생육을 향상시킬 수 있다. 기류속도 조절에 따른 장미 'Versillia'의 생육은 유의적 차이가 뚜렷하게 나타나지는 않았으나 기류속도를 control, $0.5\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$, $1.0\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 로 높여 줄수록 확산저항의 감소와 광합성 및 증산이 증가하는 경향을 보였다. 'Versillia'의 생체중, 건물중 및 엽면적 또한 광합성 측정 결과와 유사하게 기류속도를 control, $0.5\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$, $1.0\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 로 높여 줄수록 증가하는 경향을 나타내어 위 결과들을 종합하여 볼 때 기류속도 조절을 통하여 장미 'Versillia'의 생육을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

Table. 3-32. Effects of different air current speed on photosynthetic rate, transpiration and diffusive resistance of single-stemmed rose 'Versillia'.

Air current speed	Photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Transpiration ($\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Diffusive resistance (s cm^{-1})
Con	10.10 b ^z	10.8 a	1.5 a
0.5m/sec	9.87 b	10.7 a	1.2 a
1.0m/sec	11.11 a	12.2 a	1.1 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

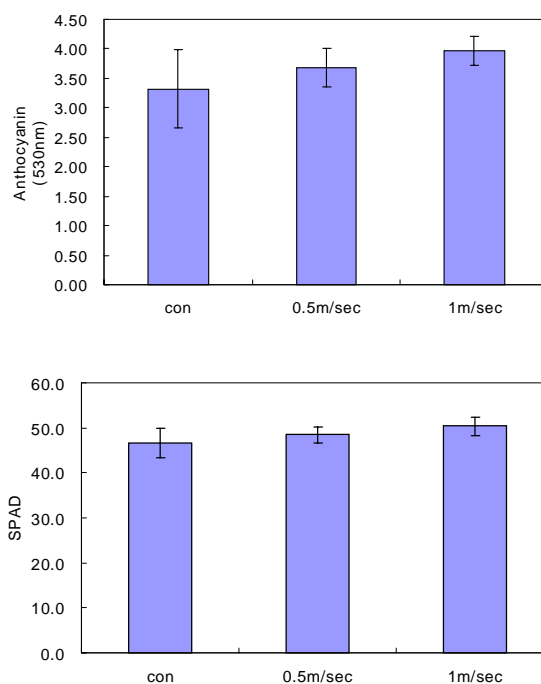


Fig. 3-55. Effects of different air current speed on the contents of anthocyanin and relative chlorophyll(SPAD) content of 'Versillia' at the fourth week after transplanting. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE.

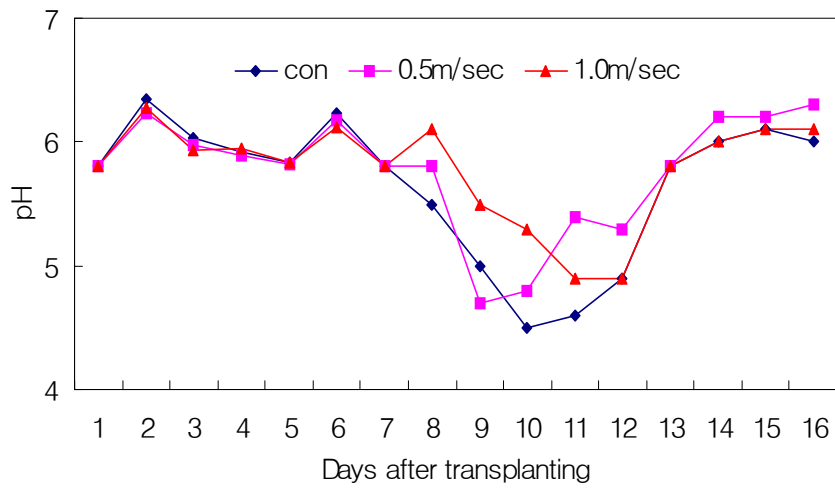
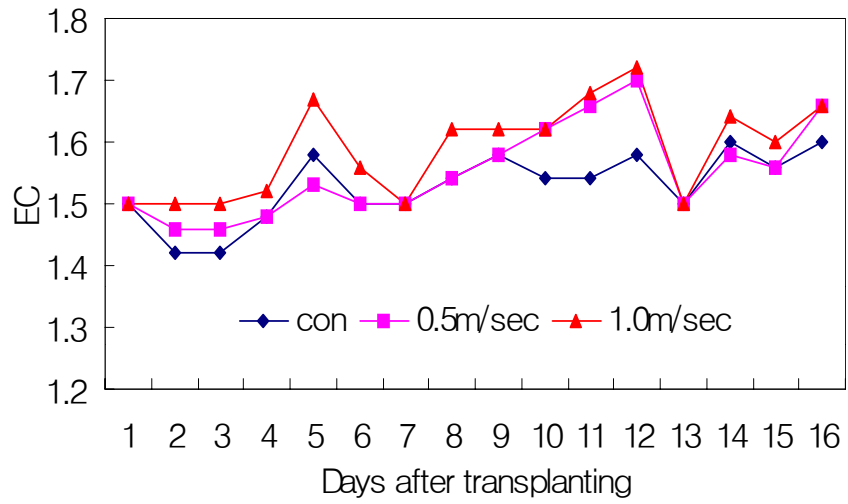


Fig. 3-56. Changes of pH and EC (electrical conductivity) in the nutrient solution by air current speed.

Table 3-33. Difference of the fresh weight and dry weight of leaf, stem, root, flower bud of 'Versillia' for different air current speed at the fourth week after transplanting.

Air current speed	Fresh weight (g/plant)				
	leaf	stem	root	flower bud	total
Con	5.9 a ^z	3.3 a	6.9 a	9.4 a	25.5 a
0.5m/sec	6.5 a	3.9 a	7.3 a	10.0 a	27.7 a
1.0m/sec	7.9 a	4.0 a	6.7 a	11.4 a	29.7 a

Air current speed	Dry weight (g/plant)				
	leaf	stem	root	flower bud	total
Con	1.7 a	0.9 a	0.5 a	1.3 a	4.3 a
0.5m/sec	1.8 a	1.0 a	0.5 a	1.5 a	4.8 a
1.0m/sec	2.7 a	1.0 a	0.5 a	1.5 a	5.7 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

Table 3-34. Difference of the Plant height, stem diameter, root length and leaf width of 'Versillia' for different air current speed at the fourth week after transplanting.

Air current speed	Plant height (cm)	Stem dia. (cm)	Root length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Con	39.3 a ^z	4.7 a	15.5 a	10.8 a	9.1 a
0.5m/sec	41.3 a	5.1 a	12.7 a	11.4 a	9.8 a
1.0m/sec	38.1 a	5.2 a	13.2 a	11.5 a	10.3 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

Table 3-35. Difference of the leaf area, flower bud diameter and dry height of leaf, stem, root, flower bud of 'Versillia' for different air current speed at the fourth week after transplanting.

Air current speed	Leaf area (cm ²)	Flower dia. (cm)	Flower height (cm)	Flower stalk length (cm)	Flower stalk diameter (cm)
Con	415.2 a ^z	6.4 a	3.6 a	7.3 a	5.6 a
0.5m/sec	458.4 a	7.7 a	3.4 a	7.9 a	7.1 a
1.0m/sec	528.3 a	9.1 a	3.5 a	8.8 a	6.4 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p=0.05$

Table 3-36. Effect of different air current speed on water consumption for three weeks after transplanting.

Air current speed	1 Week	2 Weeks	3 Weeks
Con	3.00L	2.20L	2.77L
0.5m/sec	3.63L	2.45L	2.65L
1.0m/sec	3.73L	2.90L	3.59L

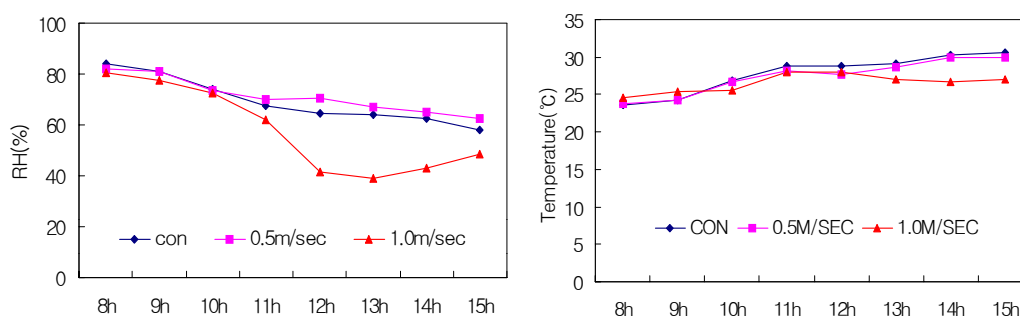


Fig. 3-57. Changes of relative humidity and air temperature from 08:00 to 15:00hr at sunny day by air current speed

5) 장미식물공장에서 Single-stemmed 장미의 품종에 따른 엽록소 형광특성

품종별 엽록소 형광측정기(PAM 2000, Walz)를 이용하여, 주 품종인 'Red velvet', 'Vital', 'Versillia' 'Little marble'을 공시작물로 하여 광화학적 에너지 전환에 유효한 양자수율(Yield)과 상대적인 전자 전달률(ETR)을 측정하였다. 전체적으로 Yield와 ETR은 시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 나타내었는데 품종간 명확한 차이를 보였다. 흡수한 광에너지는 안테나 엽록소로부터 형광으로 손실되는 비율이 높을 때, 광양자수율(Yield)이 낮아진다. 따라서 광양자수율 측정결과를 통해 'Red velvet', 'Versillia', 'Little marble'과 'Vital' 순으로 광합성 효율이 높음을 알 수 있다.

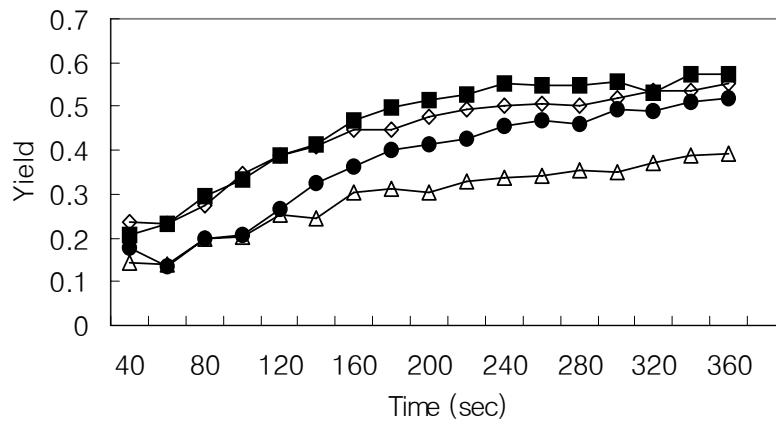


Fig. 3-58. Changes of yield in various kinds of rose for 360 seconds.

Red Velvet [◇], Versillia [■], Vital [△]. Little Marble [●]

Measured at $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ with a chlorophyll fluorometer (PAM 2000, Walz, Germany) on dark-adapted leaved. F_0 was measured by switching on the modulated light 0.6kHz; PPFD was less than $0.1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ at the leaf surface. F_m was measured at 20 kHz with a 1s pulse of $6000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ of light emission diode (LED).

$$\text{Yield} = (F_m' - F) / F_m'$$

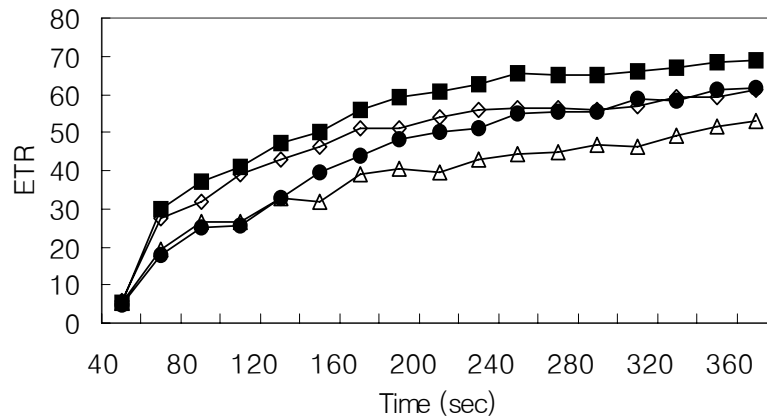


Fig. 3-59. Changes of electron transport rate (ETR) in various kinds of rose for 360 seconds.

Red Velvet [◇], Versillia [■], Vital [△], Little Marble [●]

Measured at $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ with a chlorophyll fluorometer (PAM 2000, Walz, Germany) on dark-adapted leaves. F_0 was measured by switching on the modulated light 0.6kHz; PPFD was less than $0.1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ at the leaf surface. F_m was measured at 20 kHz with a 1s pulse of $6000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ of light emission diode (LED).

$$\text{ETR} = \text{Yield} * \text{PAR} * 0.5 * \text{ETR factor}$$

6. 생육단계별 급액 제어기술 개발

가. 재료 및 방법

1) 적산일사량에 의한 급액제어

절화용 장미 'Red Velvet'을 시험재료로 하여 서울시립대학교 환경원예학과 4연동 온실에서 시험을 수행하였다. 2002년 5월 1일 삽목하여 발근된 묘를 2002년 6월 13일에 각 처리당 6주씩 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 로 정식하였다. 재배 시스템은 분무경 방식으로 스티로폼[$50(\text{W}) \times 64(\text{L}) \times 25(\text{H})\text{cm}$] 베드에서 수행하고 있다. 베드는 배액구 쪽에 60ℓ 양액통을 설치한 후 30W 수중전기펌프(UP 300, Hyupsin, Korea)를 이용해 순환식으로 하

였다. 베드 바닥에서부터 10cm 떨어진 지점에 분당 0.67 ℓ 분무되는 미스트를 7.5cm 간격으로 3개 설치하였다. 배양액 EC는 정식 후 3주까지는 1.0 dS · m⁻¹, 3주 후부터는 1.5 dS · m⁻¹로 조정하고, pH는 5.5±0.1로 3일 간격으로 조정하였다.

시험구는 Time clock에 의한 급액제어구와 적산일사량에 따른 급액제어구로 나누었다. 적산일사량에 따른 급액제어구는 0.42, 0.84 및 1.68 MJ · m⁻² 적산일사량구로 나누어 설치하였다. Time clock에 의한 급액제어구는 24시간 time clock를 이용하여 5시부터 21시까지는 15분 간격, 21시부터 5시까지는 1시간 간격으로 급액 증이고, 적산일사량에 의한 급액은 0.42, 0.84 및 1.68 MJ · m⁻² 각 처리당 급액 시간을 3 · 6 · 9분, 6 · 12 · 18분, 9 · 18 · 27분으로 설정하였다. 적산일사량에 따른 급액은 급액제어장치(MCI-8, HERON, UK)를 이용하였으며, 일사량계로는 pyranometer(LI-200SA, LI-COR, USA)를 이용하였다. 처리 5주 후 광합성속도(Li-6400, Li-COR, USA)을 측정하였다.

2) Timer에 의한 급액제어

수경재배시 양분과 수분의 공급은 생장을 조절하는 중요한 요인이다. 본 실험은 Single-stemmed 장미의 분무수경재배시 급액간격에 따른 생장 특성을 구명하고자 하였다. 시험품종으로는 대형계통인 'Versillia'를 이용하여 실험은 2차에 걸쳐 수행되었으며, 1차는 급액간격을 24시간급액, 15분/30분, 15분/1시간, 15분/2시간급액으로 설정하였다. 2차 실험은 1차 실험결과를 바탕으로 급액간격을 짧게 설정하여, 30초/15분, 1분/15분, 2분/15분로 급액하였다. 배양액은 서울시립대 sigle-stemmed 장미 순환식 배양액(NO₃-N 8.8, NH₄-N 0.67, PO₄-P 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2.0 me · L⁻¹)을 EC 1.5-2.0 dS · m⁻¹로 pH는 5.5-6.5 수준으로 조절하였다. 식물체의 생체 계측은 광합성(Li-6400, Li-COR), 증산량(Li-1600, Li-COR), 엽록소 함량(SPAD-502, Minolta)을 계측하였다

나. 결과 및 고찰

1) 적산일사량에 의한 급액제어

적산일사량에 따른 급액제어가 장미의 광합성에 미치는 영향은 Table 3-31과 같다. 0.42MJ·m⁻² 에서는 9분간 급액한 처리구에서 18.17 μmol·m⁻²·s⁻¹, 0.84MJ·m⁻² 에서는 12분간 급액한 처리구에서 15.38μmol·m⁻²·s⁻¹, 1.26MJ·m⁻² 에서는 9분간 급액한 처리구에서 14.32μmol·m⁻²·s⁻¹로 광합성이 가장 높게 나타났다. 반면에 Time clock에 의한 급액제어 처리구에서는 광합성이 13.34μmol·m⁻²·s⁻¹로 나타났다. 적산일사량 처리구별로 보면 급액간격이 짧고 1회당 급액량이 적은 0.84 MJ·m⁻² 처리구에서 급액간격이 길고 1회당 급액량이 많은 1.24MJ·m⁻² 처리구에 비해 광합성이 높게 나타났다.

Table 3-37. Effect of irrigation control method on photosynthetic rate of single-stemmed rose 'Red Velvet' at 5 weeks after transplanting.

Irrigation control method (MJ·m ⁻²)	time (min)	Photosynthetic rate (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
Time clock		13.34
0.42	3	13.63
	6	16.81
	9	18.17
0.84	6	13.83
	12	15.38
	18	8.95
1.26	9	14.32
	18	13.71
	27	10.19

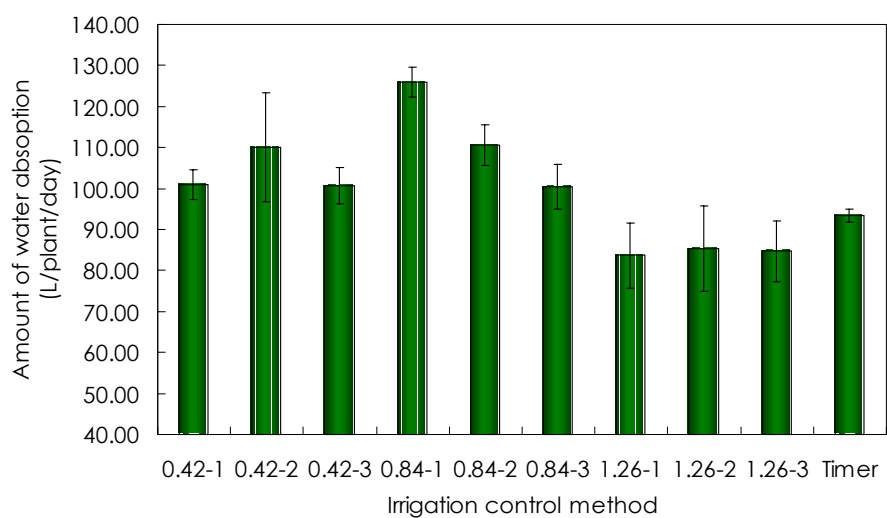


Fig. 3-60. Effects of irrigation control methods on amount of absorption of single-stemmed rose 'Red velvet'.

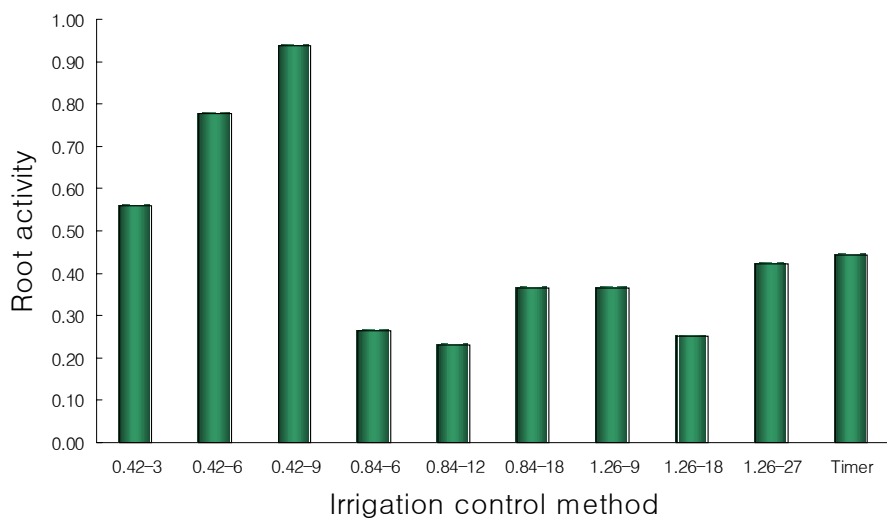


Fig. 3-61. Effects of irrigation control methods on activity of single-stemmed rose 'Red velvet' at 4 weeks after transplant.

Table. 3-38. Growth measurements of rose plants depending on irrigation control method at 6 weeks after transplant.

Irrigation control methods (MJ · m ⁻²)	Time (min)	Cut flower				Leaf	
		Length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Stem Diam. (cm)	No	Area (cm ²)
Time clock		59.3 bc	31.2 ab	9.0 ab	0.69 b	13.3 cde	876.8 ab
	3	55.0 c	33.5 a	7.2 de	0.54 bc	10.3 e	812.6 ab
0.42	6	61.0 ab	35.2 ab	7.8 cd	0.59 bcd	12.8 bcd	857.1 ab
	9	60.1 ab	34.0 abc	8.3 bcd	0.60 de	10.8 de	800.2 ab
	6	66.0 ab	34.0 a	9.8 a	0.73 a	17.3 a	939.6 a
0.84	12	66.8 a	32.9 abc	8.8 bc	0.64 ab	15.0 ab	883.3 ab
	18	63.6 ab	29.9 bc	7.9 cd	0.65 b	14.5 ab	768.5 bc
	9	59.1 c	33.4 ab	8.5 bcd	0.60 bc	11.7 cde	646.5 c
1.26	18	59.2 bc	28.2 c	7.2 de	0.64 bc	14.6 bc	828.2 ab
	27	56.6 c	27.6 abc	6.4 e	0.51 d	11.5 de	751.4 bc

2) Timer에 의한 급액제어

급액 간격에 따른 Single-stemmed 장미의 생육특성을 조사하였다. 실험결과 배양액내 EC와 pH변화는 급액간격이나 배양액 관리 농도 수준에 따라 변화폭이 달리 나타났다. 24시간 급액처리구에서 배양액의 pH와 EC변화폭이 가장 크게 나타났으며, 증산률이 높았다. 이러한 결과는 계속되는 급액으로 잎의 증산이 활발히 진행되고 양분 흡수의 변화도 가장 많았던 것으로 생각된다. 재배기간 동안의 배양액 pH와 EC 변화는 급액 간격이 짧을수록 변화폭이 크게 나타났다. 배양액 EC 2.0 dS · m⁻¹처리구는 EC 1.5 dS · m⁻¹처리구 보다 재배기간 동안의 배양액 pH 수준이 안정적으로 유지되었다. 급액간격이 좁을수록 생체중이나, 건물중 등의 생육이 높았으며, 광합성과 증산

량도 같은 경향을 나타내었다. 15분/시간 급액처리구에서 생육이 가장 높았으며, 전체적인 경향은 급액간격이 짧을수록 생육이 왕성하였다. 이 결과를 기초로 2차 실험은 15분 중 0.5분급액, 1분급액, 2분급액 설정하여 실험하였다. 실험결과 0.5분 급액처리구에서 광합성, 전도도 등의 높게 나타났으며, 증산량은 2분 급액 처리구에서 높아, 1차 실험과 일치하는 결과를 보였다. 따라서, Single-stemmed 장미의 급액 간격에 따른 생육특성을 고려할 때, 0.5분/15분 급액설정이 가장 효율적인 것으로 생각된다.

Table 3-39. Effect of irrigation interval on the growth of single-stemmed rose 'Versillia' grown in aeroponics.

Treatments	Stem length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Stem diameter (cm)	leaf length (cm)	leaf diameter (cm)	Flower diameter (cm)	Flower Height (cm)
EC 1.5 dS · m ⁻¹								
15min/30min	47.88 a ^z	28.2 a	7.8 a	4.5	12.9 abc	12.1 abc	6.5ab	5.00
15min/1hour	53.38 a	29.5 a	7.4 a	4.8	14.4 ab	13.7 a	5.3 b	4.50
15min/2hour	52.67 a	22.2 b	6.8 a	4.7	14.0 ab	11.5 abc	9.8 a	5.25
24hour/24hour	48.33 a	18.5 c	5.8 b	5.0	13.4 abc	10.0 abc	9.0 a	6.16
EC 2.0 dS · m ⁻¹								
15min/30min	53.36 a	27.5 ab	6.5 ab	4.3	12.7 abc	12.1 abc	6.7 ab	6.62
15min/1hour	52.56 a	34.0 a	8.6 a	4.8	14.9 a	13 ab	8.0 ab	5.25
15min/2hour	48.57 a	25.7 b	7.1 ab	4.6	12.0 bc	9.0 bc	8.0 ab	5.57
24hour/24hour	46.62 a	31.6 a	5.5 b	4.9	10.9 c	8.5 c	9.6 a	7.12

^zDuncan's multiple range test, significant at the 5%

Table 3-40. Effect of irrigation interval at single stemmed rose 'Versillia' on the transpiration rate and diffusion resistance.

Treatment	Transpiration rate ($\mu\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Diff. res. (s cm^{-1})
EC 1.5 dS $\cdot \text{m}^{-1}$		
15min/30min	25.4 ab ^z	0.68
15min/1hour	20.8 b	0.74
15min/2hour	26.3 a	0.71
24hour/24hour	28.9 a	0.57
EC 2.0 dS $\cdot \text{m}^{-1}$		
15min/30min	26.7 a	0.63
15min/1hour	26.8 a	0.65
15min/2hour	27.2 a	0.61
24hour/24hour	23.8 ab	0.76

^zDuncan's multiple range test, significant at the 5%

Table 3-41. Effect of irrigation interval at single stemmed rose 'Versillia' on Photosynthesis rate, conductance and SPAD value.

Treatment	Photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Conductance ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	SPAD value (Mean)
EC 1.5 dS $\cdot \text{m}^{-1}$			
15min/30min	25.4 ab ^z	0.68	50.4
15min/1hour	28.9 a	0.74	47.5
15min/2hour	20.8 b	0.71	47.9
24hour/24hour	26.3 a	0.57	46.2
EC 2.0 dS $\cdot \text{m}^{-1}$			
15min/30min	26.7 a	0.63	49.1
15min/1hour	26.8 a	0.65	49.1
15min/2hour	23.8 a	0.61	45.6
24hour/24hour	27.2 a	0.76	49.6

^zDuncan's multiple range test, significant at the 5%

Table 3-42. Effect of irrigation interval at single stemmed rose 'Versillia' on Photosynthesis rate, conductance and transpiration rate.

Treatment	Photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Conductance ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
30sec/15min	15.23 a ^z	0.24	2.02
1min/15min	12.15 a	0.24	2.06
2min/15min	10.12 b	0.26	2.305

^zDuncan's multiple range test, significant at the 5%

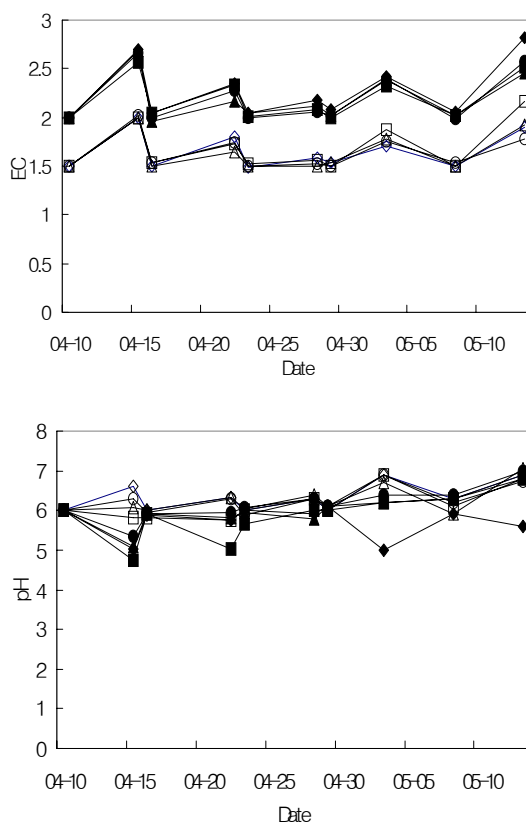


Fig. 3-62. Changes of pH and EC in the nutrient solution based on the different irrigation interval in aeroponics.

[EC 1.5dS · m⁻¹ : ◇ 24hour/24hour, △ 15min/2hour, ○ 15min/1hour, □ 15min/30min ;
EC 2.0dS · m⁻¹ : ◆ 24hour/24hour, ▲ 15min/2hour, ● 15min/1hour, ■ 15min/30min]

7. 순환식 배양액 내 최적 이온 제어기술 개발

가. 재료 및 방법

1) 최적 이온제어 기술 개발

Single-stemmed 장미 생산에 적합한 근권 내 무기이온 제어 실험을 위하여 서울시립대학교 환경원예학과 인공광 병용형 식물생산 온실에서 2003년 4월 28일부터 2003년 6월 3일까지 시험을 수행하였다. 공시작물은 'Versillia' 장미를 사용하였다. 유묘의 육묘를 위해 2003년 1월 14일 충분히 포수된 암면큐브(7.5×7.5×6.5cm, 한국UR암면)에 5소엽이 달린 삽수를 삽목하여 Ebb & Flow 시스템에서 관리하였다. 삽목 후 배양액 관리는 서울시립대 분무수경용 순환식 장미 배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67, $\text{PO}_4\text{-P}$ 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)(Kang, 2001)을 EC 1.2 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 공급하였다.

발근된 묘는 4월 28일에 재식간격을 10cm×10cm으로 하여 각 처리당 6주씩 3반복 난괴법으로 정식하였다. 처리구는 다량원소(N, P, K, Ca, Mg) 조절구(M), 다량원소와 미량원소 조절구(M&M), 배양액 첨가구(S), 분무경 EC 조절구(EC-A), 담액수경 EC 조절구(EC-D)의 5가지 방식으로 하여 배양액을 조절하였다. 배양액은 서울시립대 분무수경용 순환식 장미 배양액(Kang, 2001)을 사용하였고 재배시스템은 담액수경법을 이용한 EC-D 조절구를 제외하고는 분무수경 시스템(aeroponic system)을 사용하였다. 베드는 플라스틱 용기를 사용하였고 분무수경의 경우 용기에 배양액 35L를 채워 30W 용량의 수중펌프 (UP 300, Hyupsin, Korea)로 배양액을 순환시켰다. 순환된 배양액은 시간당 120L 분무되는 미스트로 식물의 뿌리에 분사되었다. 담액수경은 배양액에 기포발생기로 공기를 공급하였다. 모든 처리구의 초기 배양액 농도는 $1.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 하였다. 일주일 간격으로 배양액 분석 후 M 조절구는 다량원소를 목표 수치로 조절하였고 M&M 조절구는 다량원소와 미량원소를 목표 수치로 보정해주었다(Table 3-36). S 조절구는 7일간 식물이 흡수한 양액만큼 $1.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 농도의 배양액을 보충하였으며, EC 조절구는 분무경과 담액수경 시스템을 사용하여 EC를 $1.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준으로 유지해 주었다. 배양액의 pH는 5.8 ± 0.05 로 1N H_2SO_4 와 1N NaOH를 사용하여

보정하였다.

Table 3-43. Mineral elements target value in root environment of rose.

	Acceptable ranges (mg · L ⁻¹)				Target values
	A ^z	B	C	D	
EC (dS · m ⁻¹)	2.2	2.0	w:2.5-3.5 s:2.2-2.8	1.0-2.8	1.2-2.8
pH	-	5.5	4.5-6.5	5.0-6.0	4.5-6.5
NO ₃ -N	175	175	98-196	98-182	100-200
NH ₄ -N	<7.0	<1.4	7-28	0-7	0-14
P	27.9	27	25-20	20-40	30-50
K	234.0	195.5	136-273	156-235	100-250
Ca	200.0	200.0	160-240	160-240	80-120
Mg	48.6	60.5	36-72	36-72	20-80
Fe	1.398	1.398	2.5-5.0	1.5-3.0	1.5-3.0
Mn	0.165	0.165	0.25-0.6	0.3-0.7	0.2-0.6
Zn	0.229	0.229	0.15-0.3	0.1-0.25	0.2-0.6
Cu	0.064	0.064	0.05-0.2	0.05-0.1	0.03-0.1

^zA : Sonneveld와 Straver, 1992.

B : Kreij, Voogt와 Basa. 1999

C : 장미 순환식 배양액의 목표양분농도. 加藤. 1992

D : 장미 락울재배에 있어서 배지(매트) 내의 적정농도, 허용범위(순환식). 加藤. 1992

광합성율과 증산율 측정 (Li-6400, Li-COR, USA)은 정식 후 35일 째 위에서 3-4번 째 잎을 기준으로 측정하였다. 생육조사는 절화장, 경경, 생체중, 건물중, 엽수, 엽장, 엽폭, 화고, 화폭, 개화소요일수 등을 조사하였다. 배양액 내 질소 함량은 질소자동증류기로(Büchi 323, Büchi, Switzerland)로 증류하여 측정하였고 인산 함량은 vanadate

법으로 470nm에서 비색계(UV 2100, Shimadzu, Japan)를 사용하여 분석하였다. 양이온 분석은 원자흡광광도계(Perkin Elmer3100, USA)를 사용하였고, 음이온 함량은 이온크로마토그래피(Dx-120, Dionex, USA)방법을 사용하여 측정하였다.

각 처리별 뿌리의 활력을 비교하기 위해 triphenyl-tetrazolium chloride(TTC)법을 이용하여 근활력을 조사하였다. 정식 후 38일째에 뿌리 끝을 2~3cm 길이로 잘라 증류수로 세척하여 물기를 제거한 다음 5℃ 냉암소에 보관하였다. 그 중 0.5g을 잘라 시험관에 넣고 TTC 혼합용액[1% TTC 용액 : 인산나트륨 완충액(pH 7) : D.W=1 : 4 : 5] 10mL에 침지시켰다.. 침지시킨 시료를 30℃의 암상태에서 2시간 반응시킨 다음 2N-H₂SO₄ 2 mL를 가하였다. H₂SO₄ 용액으로 반응이 정지된 뿌리를 꺼내 증류수로 잘 씻은 후 ethly acetate 3~5mL와 sea sand를 소량 넣고 유봉으로 마쇄하여 formazan 용액을 추출하였다. 이렇게 추출한 용액의 흡광도를 470nm에서 측정하였다.

$$\text{뿌리활력}(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}) = \frac{\text{생성된 for mazan}(mg)}{\text{뿌리무게}(DW) \times \text{반응시간}(h)}$$

나. 결과 및 고찰

시험기간 동안 배양액의 pH, EC 변화는 Fig. 3-58과 같다. 배양액 내 무기이온을 조절해 준 M&M 처리구와 M 처리구는 정식 후 1주차에는 pH 5 이하로 급격히 감소하였으나 2주 후부터는 안정된 경향을 보였다. 이에 비해 EC 제어구와 배양액 첨가구는 정식 2주 후까지 pH가 4.5 이하로 떨어졌으며 특히 EC-D처리구는 pH 3.8까지 하강하였으나 3주차부터는 안정적인 상태로 유지되었다. 배양액 내 EC 변화를 보면 무기이온 조절구는 목표치인 EC 1.5~2.0 dS · m⁻¹ 범위 내에서 안정적인 변화폭을 나타내었으나 EC 1.5 dS · m⁻¹농도의 배양액을 첨가해준 S 조절구는 점차적으로 상승하여 수확기에는 EC 2.6 dS · m⁻¹까지 상승하였다.

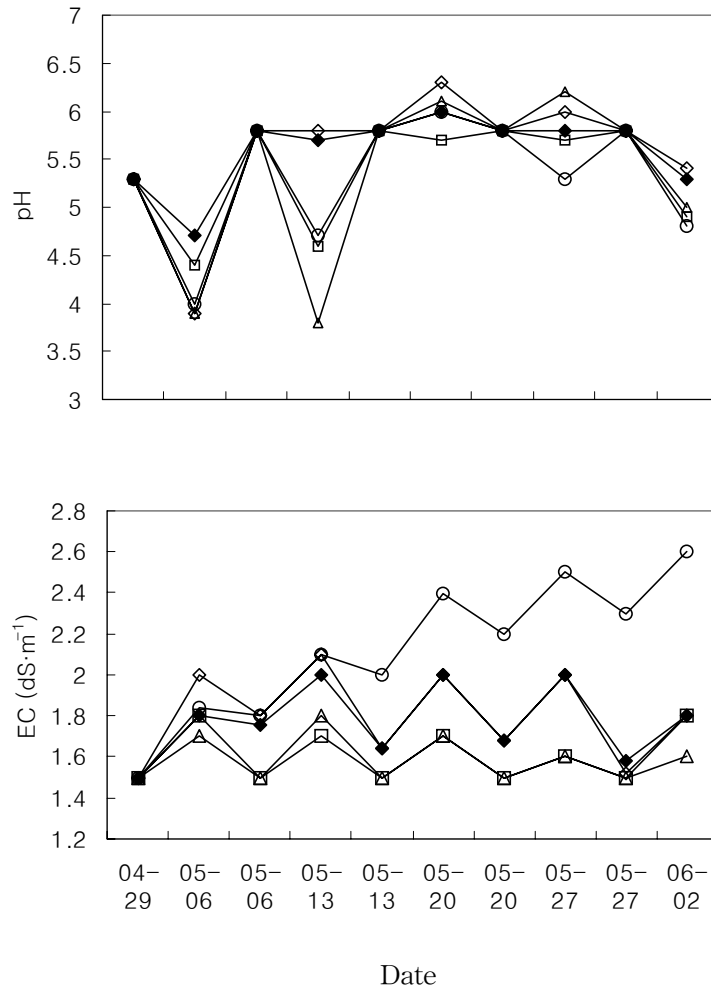


Fig. 3-63. Changes in EC and pH of the nutrient solution in different mineral nutrient control systems of single-stemmed rose 'Versillia'.

Macro and micro elements control system [◆], Macro elements control system [◇], Nutrient solutions supplement system [○], EC control in aeroponics system [□], EC control in DFT system [△]

재배 기간동안 일주일 간격으로 분석한 배양액 내 무기이온 함량의 변화는 Fig. 3-59-1, 3-59-2와 같다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 경우 무기이온 조절구는 1주차를 제외하고는 적정 범위인 $100\sim 200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 사이를 유지하였으나 배양액 첨가구는 정식 4주차에 급격히 상승했고 EC 조절구는 4주차에 $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 가까이 상승하는 경향을 보였다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도변화는 일정한 경향이 나타난 것은 아니었지만 정식 2주 후부터는 $5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하의 농도를 유지하였다. 배양액 내 P의 농도는 무기이온 조절구와 배양액 첨가구의 경우 적정 범위인 $30\sim 50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 사이에서 유지되었으나 EC 조절구는 생육 후반기로 갈수록 그 농도가 낮아진 것을 볼 수 있다. K는 배양액 첨가구를 제외한 모든 처리구에서 정식 2주차까지는 배양액 내 함량이 감소하다가 생육 후반에는 점차 상승하였다. 배양액 첨가구의 K 농도는 정식 2주 후부터 점차 상승하여 수확기에는 $370\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 까지 증가하였다. Ca의 경우 무기이온 제어구와 EC 제어구의 변화양상은 비슷하였고 그 수치도 적정 범위인 $80\sim 120\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 사이에서 변화하였다. 배양액 첨가구의 Ca 함량은 정식 2주 후부터 상승하여 수확기에는 그 수치가 $165\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이었다. 배양액 내 Fe 분석 결과 미량원소를 제어해 준 M&M 처리구가 생육 기간 내 가장 안정적인 변화양상을 보였다. 다량원소 제어구는 일정하게 농도유지를 해주지 않았기 때문에 생육후반으로 갈수록 배양액 내 Fe 농도가 상승하였다. 배양액 첨가구는 정식 2주차부터 Fe 함량이 높아졌고, EC 제어구는 시스템 간 큰차이를 보이지 않았다. 무기이온 제어구와 EC 제어구의 배양액 내 Mn 함량은 생육 후반으로 갈수록 감소하는 양상을 보였고 배양액 첨가구는 수확기에 Mn 농도가 $0.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 을 상회하였다. Zn의 농도변화 경향은 비슷하였는데 그 변화폭을 보면 무기이온제어구가 변화범위가 좁았고 배양액 첨가구의 변화정도가 가장 컸다. Cu의 배양액 내 농도변화를 보면 전체적으로 정식 2주차까지 상승한 후 수확기로 갈수록 감소하는 경향을 나타냈다. 그 중 무기이온 제어구의 변화 폭이 가장 안정적이었다.

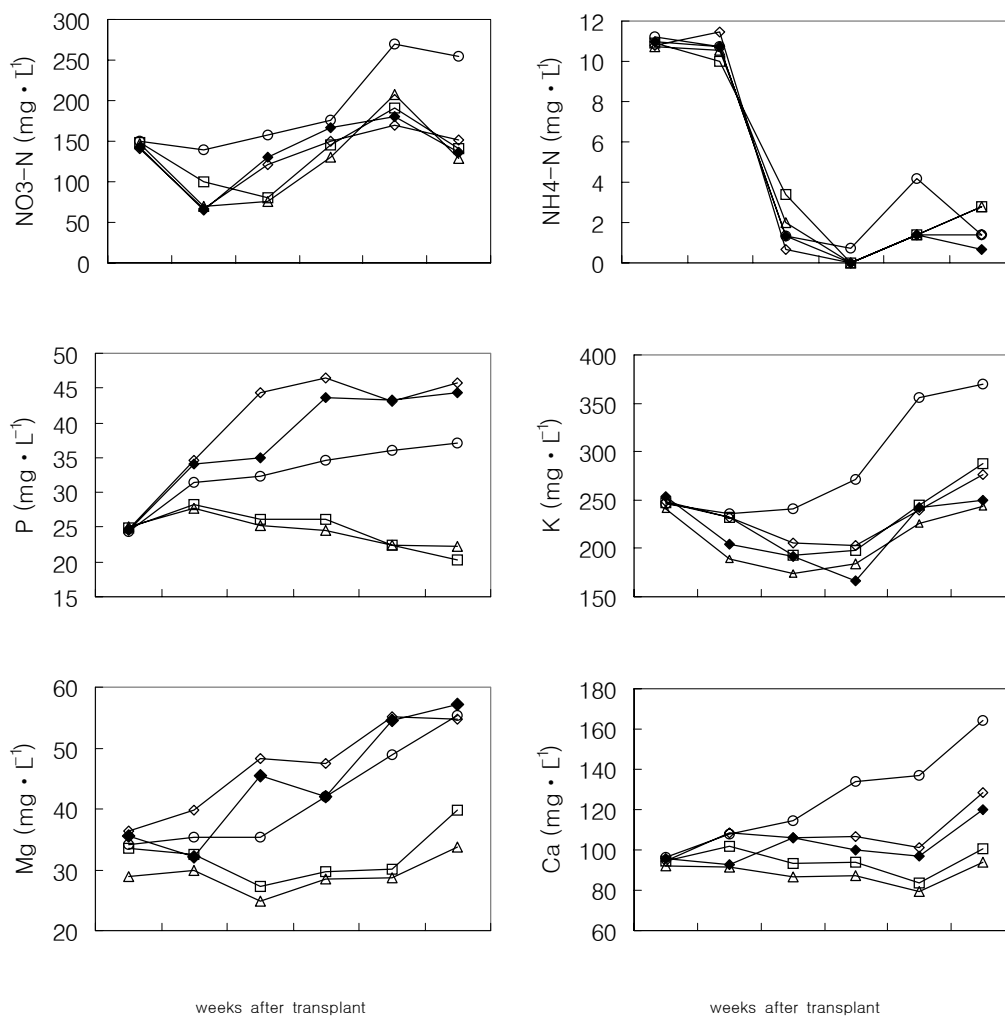


Fig. 3-64-1. Changes of macro elements concentrations in nutrient solution during 5 weeks after transplant.

Macro and micro elements control system [◆], Macro elements control system [◇], Nutrient solutions supplement system [○], EC control in aeroponics system [□], EC control in DFT system [△]

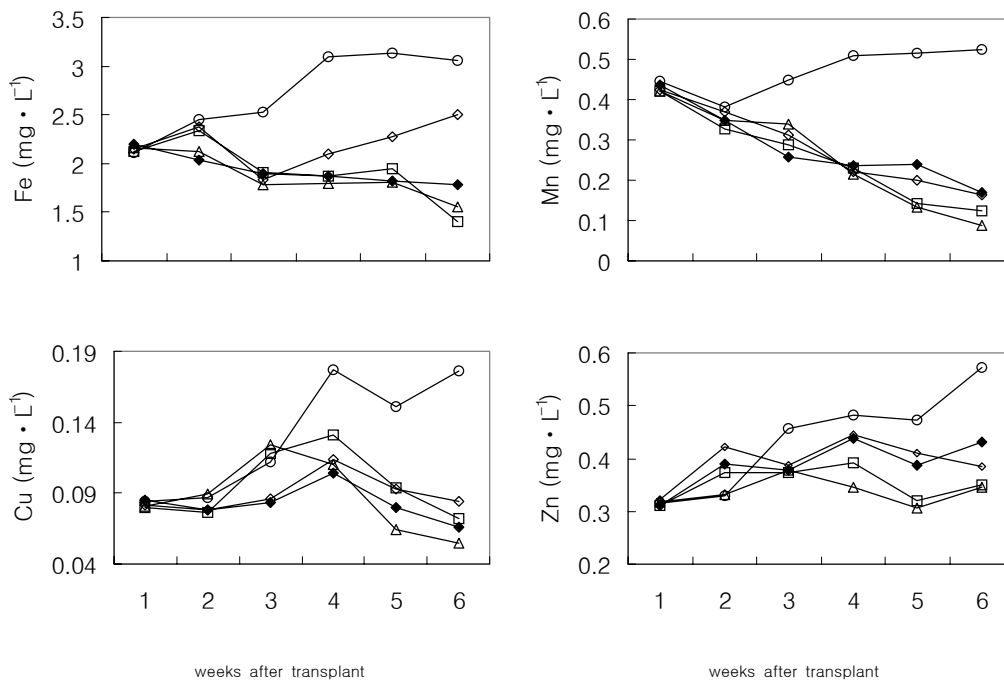


Fig. 3-64-2. Changes of micro elements concentrations in nutrient solution during 5 weeks after transplant.

Macro and micro elements control system [◆], Macro elements control system [◇], Nutrient solutions supplement system [○], EC control in aeroponics system [□], EC control in DFT system [△]

정식 후 35일째 광합성률과 기공전도도를 측정된 결과 무기이온 제어구에서 높은 양상을 보였다(Table 3-42). 증산률은 무기이온제어구와 담액수경 EC 제어구에서 높은 경향을 나타냈다. 수분이용효율은 다량·미량제어구를 제외하고는 통계적인 유의성이 없었다.

Table 3-44. Effect of mineral nutrient control on photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate and WUE of single-stemmed rose 'Versillia' at 35th day after transplant.

Treatment ^z	Photosynthetic rate ^y ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	WUE ^x ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 / \text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O}$)
M&M	17.33 b ^w	0.850 a	4.97 a	20.37 a
M	18.57 a	0.790 ab	4.38 ab	17.70 b
S	16.23 c	0.619 b	4.19 b	16.06 b
EC-A	14.77 d	0.592 b	3.78 b	15.93 b
EC-D	14.50 d	0.643 b	4.38 ab	17.20 b

^zM&M: macro and micro elements control system.

M: macro elements control system.

S: nutrient solutions supplement system.

EC-A: EC control in aeroponics system.

EC-D: EC control in DFT system

^yMeasured at PAR 800~810 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp. 22±0.5°C, leaf temp.

20±0.5°C, R.H. 60±0.5%, flow rate 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$, CO₂ 400±0.3ppm

^xWUE: water use efficiency.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

수확 후 생육조사결과 절화장은 무기이온 제어구가 가장 높았고 배양액 첨가구, EC 제어구 순이었으며, 경경과 화폭은 처리간 유의적 차이가 없었다. 생체중, 건물중, 엽면적, 엽수 등 전체적인 생육은 무기이온 제어구와 배양액 첨가구가 우수하였다.

Table 3-45. Effect of mineral nutrient control on growth of single-stemmed rose 'Versillia'.

Treatment ^z	Cut flower				No.	Leaf			Flower	
	Length (cm)	Stem diam. (cm)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)		Length (cm)	Width (cm)	Area (cm ²)	Height (cm)	Diam. (cm)
M&M	63.0 a	0.57	43.5 a	9.56 ab	14.7 ab	12.2 bc	11.1 a	679.5 a	10.1 a	5.0
M	62.8 a	0.57	38.1 ab	8.64 b	13.7 bc	12.8 ab	10.7 a	602.8 b	10.8 a	5.2
S	59.7 b	0.56	38.5 ab	10.45 ab	15.0 a	13.2 a	10.9 a	683.9 a	10.5 a	4.7
EC-A	52.3 c	0.53	33.1 b	7.01 c	13.3 c	11.6 bc	10.6 a	511.4 c	8.2 b	5.2
EC-D	51.0 c	0.52	35.0 b	8.64 bc	13.0 c	11.0 cd	9.5 b	522.6 c	9.6 ab	5.4

^zSee Table 3-37.

정식 38일 후 근활력을 측정한 결과 무기이온 제어구가 가장 높았고 배양액 첨가구의 활력이 가장 낮았다.

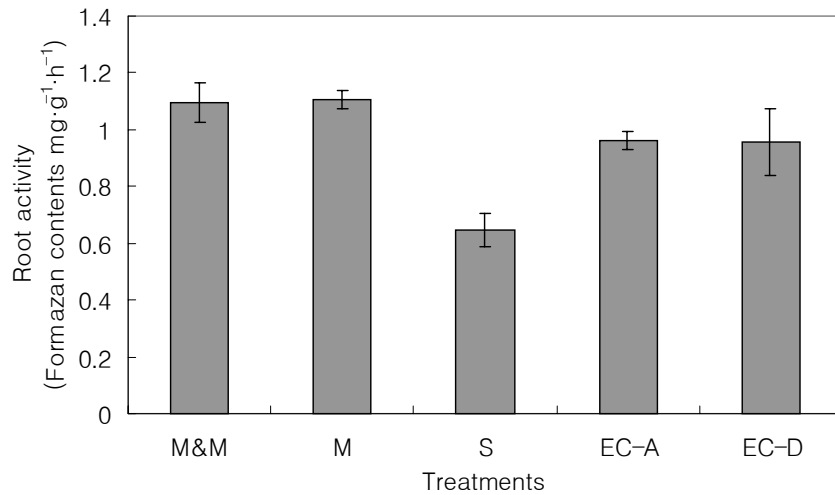


Fig. 3-65. Effect of mineral nutrient control on root activity of single-stemmed rose 'Versillia' at 38th days after transplant.

M&M: macro and micro elements control system.

M: macro elements control system.

S: nutrient solutions supplement system.

EC-A: EC control in aeroponics system.

EC-D: EC control in DFT system

Single-stemmed 장미 'Versillia' 정식 후 공급된 비료량은 Table 3-36과 같다. 배양액 첨가구에 공급해준 비료량이 가장 많았고, 무기이온 제어구, EC 조절구 순이었다.

Table 3-46. Amounts of supplied fertilizers on mineral elements control from Apr. 28 to May 27.

Treatment ^z	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	KNO ₃	NH ₄ H ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	K ₂ SO ₄	MgNO ₃	MgSO ₄ · 7H ₂ O	Total
	(g/plant)							
M&M	1.65	0.73 (29)	0.29	0.17	0.29	0.80	0.66	4.59 (68)
M	1.69	1.06	0.28	0.22	0.07	0.80	0.66	4.78 (71)
S	2.47	2.53	0.40	-	-	-	1.29	6.69 (100)
EC-A	1.30	1.33	0.21	-	-	-	0.68	3.52 (52)
EC-D	1.18	1.20	0.19	-	-	-	0.61	3.19 (48)

^zSee Table 3-37.

3) 적요

장미 순환식 수경재배시 배양액을 지속적으로 사용하게 되므로 이온간의 불균형이 나타나고 근권내 영양환경이 악화될 수 있다. 특히 식물이 대량으로 생산되는 식물공장 시스템에서는 이러한 무기이온간의 불균형이 빠르게 나타나므로 배양액 내 적절한 무기이온의 관리가 필요하다. 근권내 최적 무기이온 수준설정을 위해 무기원소별 농도에 따른 장미의 생육과 생리적 반응을 조사한 결과 각각 무기이온의 최저농도에서 결핍증상과 함께 가장 낮은 생육을 보였고 농도가 증가할수록 생육, 수량, 광합성 속도와 증산 등이 높게 나타나는 경향을 보였지만 고농도 수준에서는 절화품질이 저하되었다. 근권 내 무기원소의 농도에 따른 수분이용효율(WUE)은 광합성 동화산물에

대한 수분 손실률을 나타내는데 무기원소별 각 처리구에서 생육과 광합성이 활발하였던 적정 농도수준에서 수분이용효율 또한 높았음을 볼 수 있었다. 이를 바탕으로 설정된 적정 무기이온 수준을 기초로 하여 배양액 내 무기이온을 제어하였을 때 EC 제어구보다 절화의 생육, 근활력, 광합성률, 증산률과 수분이용효율 등이 높게 나타났다. 생육기간 동안의 pH, EC 변화도 무기이온조절구가 다른 처리구에 비하여 전반적으로 안정적이었다. 따라서 식물공장을 통한 절화장미 대량생산 시 배양액 내 무기이온제어를 통한 관리방식으로 폐액의 양을 최소로 하고 근권 내 영양 환경을 최적화시킬 수 있어 고품질의 절화생산이 가능하다고 할 수 있다.

8. 장기 공장생산 시스템내 환경제어 체계화

가. 재료 및 방법

생산시스템의 생산환경에 따른 single-stemmed 장미 'Red Velvet'과 'Versillia'의 생육 변화를 알아보고자 식물의 생육에 필요한 적정 환경의 제어가 이루어지는 식물공장생산시스템인 완전제어형식물공장 생산시스템, 인공광병용형식물공장 생산시스템과 환경의 제어가 어렵고 일반 자연환경에 의해 생육환경의 변화가 크게 일어나는 일반온실에서 실험을 수행 생육을 비교하였으며 각각의 생육항목을 조사하였다. 5매엽이 달린 'Red Velvet'과 'Versillia' 품종의 삽수를 암면cube에 삽목하였으며 발근된 묘에서 2차지를 유도 첫 번째 5매엽 위에서 절단하여 각 생산시스템에 정식하여 실험을 수행하였다. 재배환경으로 서울시립대 대형 컨테이너{12(L)×2(W)×3m(H)}에 설치된 완전제어형식물공장 생산시스템에서는 광원을 고압나트륨등과 metal halide등을 혼합하여 광도 $400\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 일장은 05:00hr부터 21:00hr까지 주간 16시간과 야간 8시간, 주간온도/야간온도 $24\pm 1^\circ\text{C}/18\pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $60\pm 10\%$, CO_2 농도 $900\pm 100\text{ppm}$, 배양액 농도 $1.5\pm 0.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 배양액 pH 5.5-6.5로 관리하였다. 인공광 병용형 식물공장은 매시간 외부 일사, 외부 강우 등을 관측한 자료가 복합환경 제어 장치로 정보를 보내면 모든 환경제어장치를 조합시켜서 장미 재배를 위해 설정한 환경조건에 따라 각 제어부가 작동하는 실용적인 식물공장 형태로 인공광원은 고압나트륨등을 설치하

였다. 설치 환경은 $1000\text{--}1500\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPFD, 보광은 기상조건이 흐린날, 05:00hr부터 0:900, 19:00hr부터 21:00까지 실시하여 일장을 주간/야간 16hr/8hr로 하였다. $50\pm 10\%$ RH, CO_2 350~420ppm 주야간 온도는 $25\pm 3^\circ\text{C}/20\pm 2^\circ\text{C}$ 로 관리하고 배양액 조건은 완전제어형 식물공장과 동일하게 조절하여 수행하였다. 태양광이용형 생산시스템의 환경은 $1000\text{--}1500\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPFD, 일장은 자연일장을 주었다. $40\pm 10\%$ RH, CO_2 350~420ppm 주야간 온도는 $27\pm 3^\circ\text{C}/20\pm 3^\circ\text{C}$ 로 관리하고 배양액 조건은 완전제어형 식물공장과 동일하게 조절하여 수행하였다.

나. 결과 및 고찰

1) single-stemmed 장미 'Red Velvet'

그 결과 초장은 완전제어형식물공장 생산시스템에서 가장 길었으며 다음으로 인공광병용형식물공장 생산시스템, 일반온실 순서로 나타났다. 근장, 경경의 변화에 있어서도 초장과 유사한 결과가 나타났다. 엽장과 엽폭은 생육기간동안 두 식물공장생산시스템에서 높게 유지되었으며 수확당시 엽면적은 두 식물공장생산시스템에서 일반온실에서 보다 높았으며 두 식물공장생산시스템간에 있어서는 완전제어형식물공장 생산시스템에서 높았다. 꽃봉오리, 잎, 줄기, 뿌리의 생체중과 건물중은 두 식물공장 생산시스템에서 일반온실에 비해 높았으며 특히 완전제어형 식물공장에서 다른 두 생산시스템에 비하여 높은 결과를 나타내어 식물의 생육이 더 빨리 촉진되었음을 알 수 있었다. 화고와 화폭은 두 식물공장생산시스템에서 일반온실에 비해 높았으며 특히 완전제어형식물공장 생산시스템에서 높은 결과를 나타냈다. 꽃목의 길이와 두께에 있어서는 생산시스템간의 차이가 분명하였는데 완전제어형식물공장 생산시스템, 인공광병용형식물공장 생산시스템, 일반온실순서로 나타났다. 클로로필과 안토시아닌 함량은 완전제어형식물공장 생산시스템에서 다른 두 생산시스템에 비하여 높은 함량을 나타냈다. 일반적으로 식물은 고광도 조건에서 클로로필 a/b의 비율이 높게 유지되는 반면 낮은 광도의 조건에서는 높게 유지된다고 알려져 있는데 클로로필의 함량중 Chlorophyll a와 Chlorophyll b 간의 비율이 모든 생산시스템에서 3:1의 안정적인 비

을 보였으며 안토시아닌은 일차대사산물인 당을 이용하여 생성되는 2차 대사산물인 색소로서 청색광에 의해 형성이 촉진되어진다. 이것을 참고하여 보았을 때 외부와 모든 환경이 단절되어 인공적으로 환경이 조절 제공되어지는 완전제어형식물공장형 생산시스템에서 장미는 생육에 필요한 적절한 광환경 속에서 생육이 이루어졌음을 확인할 수 있었으며 생육환경이 더 효율적이었음을 알 수 있었다. 식물의 생육에 필요한 대사산물을 만들기 위한 광합성작용의 활성을 알아보기 위해 맑은 날 보광을 실시하는 아침시간과 보광을 하지 않는 시간대 그리고 흐린날 각각 광합성속도를 조사한 결과 맑은 날과 흐린 날 모두 완전제어형식물공장 생산시스템, 인공광병용형식물공장 생산시스템, 일반온실순서로 높게 나타났는데 외부의 환경의 변화와는 상관없이 인공광에 의해 일정한 광환경이 계속 공급되는 완전제어형식물공장 생산시스템에서는 측정시기에 관계없이 전반적으로 큰 기복 없이 일정한 수준의 광합성속도를 나타냈으며 기상조건이 불량한 시기에 인공광을 이용하여 부족한 광을 보상하여 줄 수 있는 인공광병용형식물공장 생산시스템에서는 측정시기에 따라 다소의 차이는 있지만 비교적 일정량 이상의 광합성활성을 나타냈다. 수분이용효율 역시 광합성속도와 같은 경향을 보였으며 두 식물공장생산시스템에서 수분의 이용이 효율적으로 이루어짐을 알 수 있었다. 일반온실의 경우에는 측정시간대에 따라 광합성작용의 활성의 변화가 크게 일어남을 알 수 있었다. 위 결과와 같이 두 식물공장생산시스템에서는 식물의 생육에 필요한 대사산물을 생산하는 광합성작용에 필요한 조건들 중 광 환경을 인공광원을 이용하여 일장의 조절 및 광강도 조절, 보광처리 등을 이용하여 조성하여 줌으로써 계속해서 광합성속도를 높게 유지하여 생육을 촉진할 수 있음을 알 수 있었다. 식물체내의 양분 함량의 정도를 알아보기 위해 잎의 무기물함량을 조산한 결과에서는 모든 생산시스템에서 적정범위 내의 양분함량을 함유하여 적정한 수준의 양분을 흡수하고 있음을 알 수 있었다.

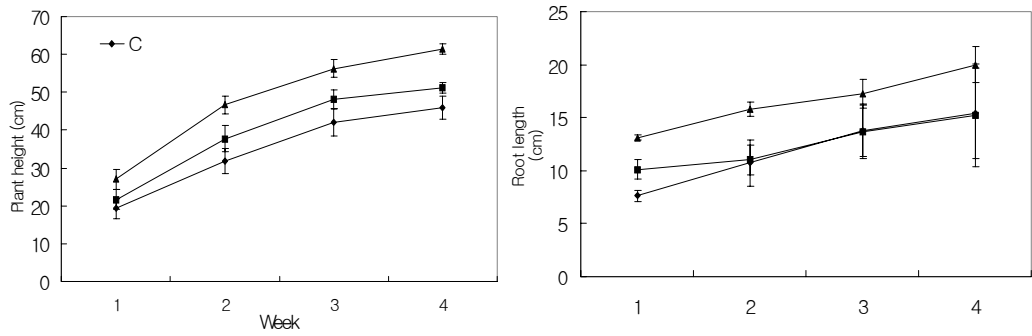


Fig. 3-66. Differences of plant height, root length and stem diameter of 'Red Velvet' for three different plant production systems after transplanting. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

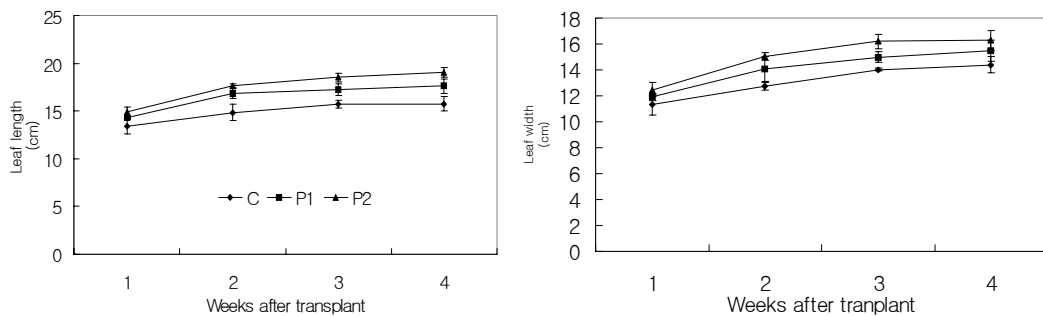


Fig. 3-67. Difference of Leaf length and leaf width of 'Red Velvet' for three different plant production systems after transplanting. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

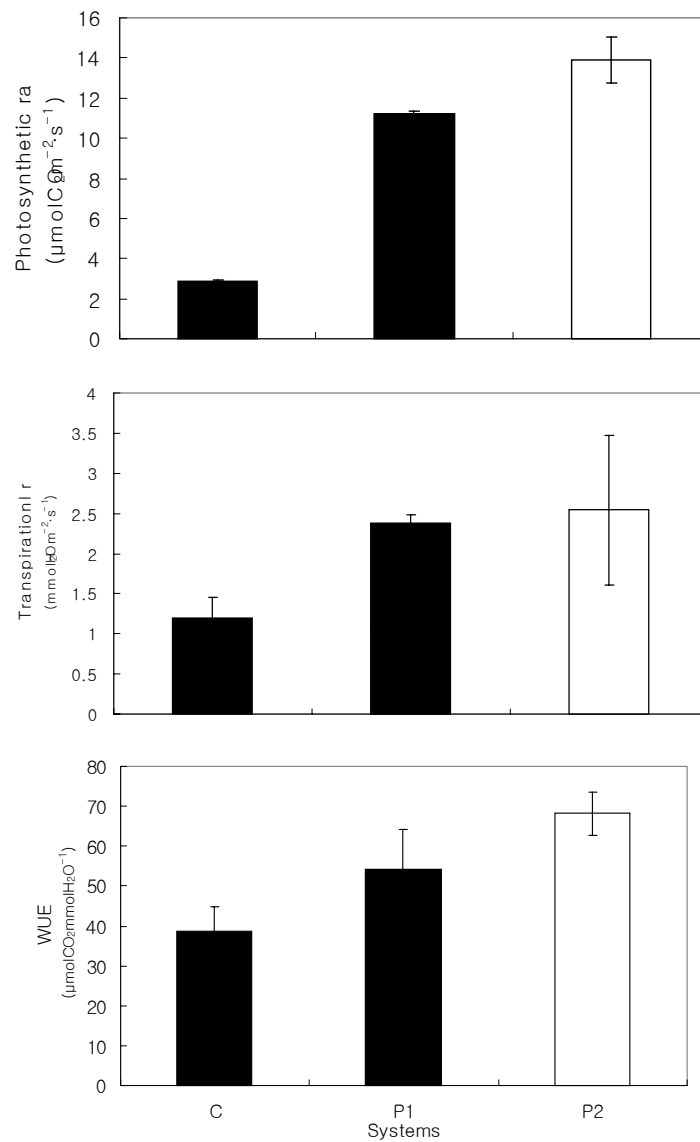


Fig. 3-68. Difference of Photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of 'Red Velvet' for three different plant production systems at 07:00hr. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE, Each observation was measured at the time of supplementary lighting (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

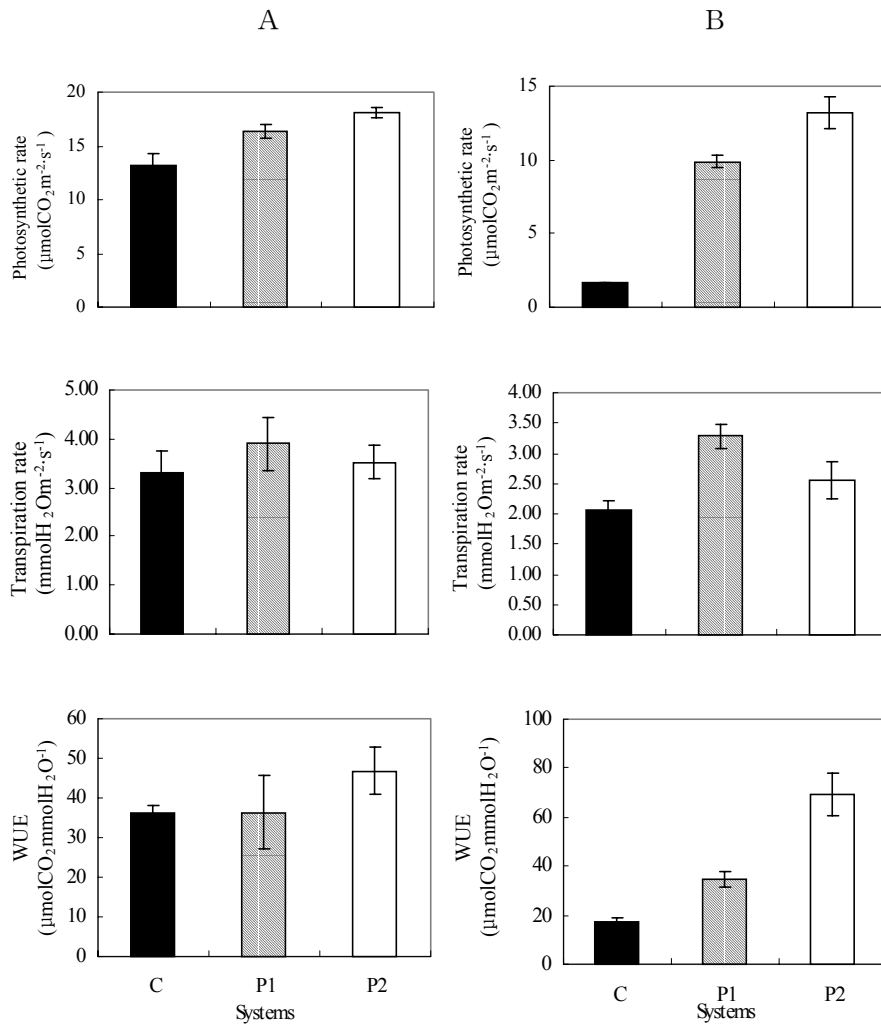


Fig. 3-69. Differences of Photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of 'Red Velvet' for three different plant production systems under two weather conditions, cloudy day : A, fine day : B. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

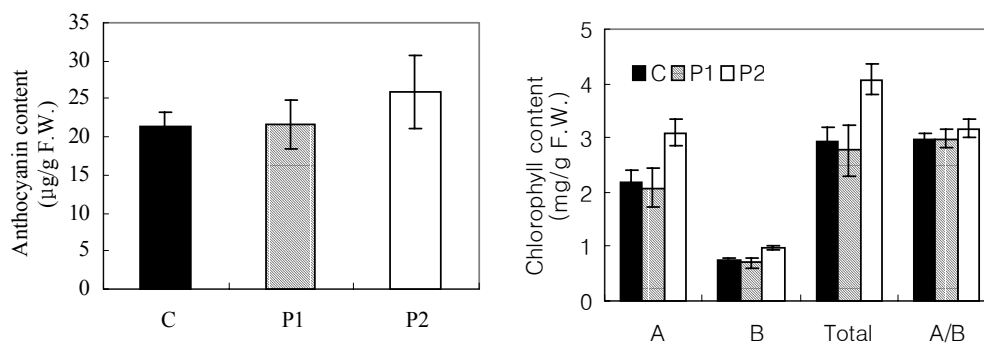


Fig. 3-70. Effects of plant production systems on the contents of anthocyanin and chlorophyll of 'Red Velvet' at the fourth week after transplanting. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

Table 3-47. Difference of the fresh weight and dry weight of leaf, stem, root, flower bud of 'Red Velvet' for different plant production systems at the fourth week after transplanting.

System	Fresh weight (g/plant)				
	leaf	stem	root	flower bud	total
C ^z	12.50 b ^w	5.30 b	3.61 b	10.53 a	31.94 b
P1 ^y	18.23 a	10.64 a	3.63 b	11.57 a	44.07 a
P2 ^x	20.82 a	12.60 a	7.53 a	13.80 a	54.75 a
System	Dry weight (g/plant)				
C	3.91 b	1.82 b	0.31 ab	2.20 b	8.25 b
P1	6.01 a	3.81 a	0.23 b	2.48 a	12.53 a
P2	5.89 a	4.31 a	0.69 a	2.54 a	13.44 a

^zGlasshouse

^yPlant factory with natural and artificial lighting

^xClosed plant factory with artificial lighting

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-48. Difference of the leaf area, flower bud diameter and dry height of leaf, stem, root, flower bud of 'Red Velvet' for different plant production systems at the fourth week after transplanting.

System	Leaf area (cm ²)	Flower bud diameter (g/plant)	Flower bud height (cm)	Flower stalk length (cm)	Flower stalk diameter (cm)
C ^z	681.56 c ^w	10.68 c	8.76 b4	8.76 b	0.36 b
P1 ^y	872.50 b	11.46 b	9.90 b	9.90 ab	0.37 ab
P2 ^x	1155.68 a	12.50 a	5.5017 a	11.93 a	0.40 a

^{z,y,x,w}See Table 1-32

Table 3-49. Nutrient content of 'Red Velvet' leaves as influenced by three production systems at the fourth week after transplanting.

System	Leaf (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
C ^z	3.35 a ^w	0.55 a	2.17 ab	2.09 a	0.22 b
P1 ^y	2.87 a	0.40 b	1.73 b	2.10 a	0.25 a
P2 ^x	3.20 a	0.54 a	2.17 a	1.51 b	0.19 b

^{z,y,x,w}See Table 1-32

2) single-stemmed 장미 'Versillia'

식물공장 생산시스템의 생산환경에 따른 장미 'Versillia'의 생육 변화를 알아보려고 실험을 수행하였다. 서로 다른 생산시스템별 'Versillia'의 광합성반응 변화를 알아보기 위해 맑은날 오전과 자연일기의 변화에 의해 광합성 활성에 필요한 광이 부족한 시기에 보광을 통해 부족한 광량을 보충하여 주는 시기에 광합성을 측정하여 결과는 다음과 같다. 맑은날 오전 광합성활성을 측정하였다. 완전제어형 생산시스템, 인공광병용형 생산시스템에서 태양광이용형 생산시스템 보다 광합성이 높게 측정되었으며, 일기의 변화에 의해 불량한 광 환경 발생으로 보광을 해주는 시기에 광합성을 측정하여 결과 완전제어형 생산시스템, 인공광병용형 생산시스템, 태양광이용형 생산시스템 순서로

광합성이 높게 측정되었다. 증산량은 환경의 제어가 이루어지는 생산시스템인 완전제어형 생산시스템과 인공광병용형 생산시스템에서 높게 측정되었다. 증산량 또한 광합성의 변화와 유사한 경향을 나타내었는데 두 측정시기 모두 환경조절이 가능한 생산시스템인 완전제어형 생산시스템과 인공광병용형 생산시스템에서 높았다. 각 생산시스템에 정식 2주후 생육의 변화를 측정한 결과 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽수 및 relative chlorophyll content 모두 완전제어형 생산시스템, 인공광병용형 생산시스템, 태양광이용형 생산시스템 순으로 높게 나타났다.

이것은 고온기에 있어서 생산 환경의 조절이 장미 'Versillia'의 생육에 미치는 영향에 대하여 잘 나타내주는 결과이다. 전반에 걸쳐 높은 생육을 나타낸 완전제어형 생산시스템의 경우 하절기의 고온과 장마기간 등 일기변화에 의한 광 부족 등의 부적절한 자연환경변화에 영향을 받지 않고 적정 생육온도, CO₂ 및 생육에 필요한 광 환경등을 공급하여 줌으로 'Versillia'의 생육을 촉진 시킬 수 있었으며, 인공광병용형 생산시스템은 보광시스템을 통하여 하루 중 광이 부족한 시기인 아침과 저녁시간대에 보광을 통한 일장의 조절과 날씨가 흐린 기간에 발생하는 광 부족을 보광을 통하여 개선하여 줌으로써 태양광이용형 생산시스템에 비해 장미 'Versillia'의 생육을 더욱 촉진 시킬 수 있음을 알 수 있었다.



Fig. 3-71. Difference of growth rate of 'Versillia' for three different plant production systems at 17th days after transplanting(C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

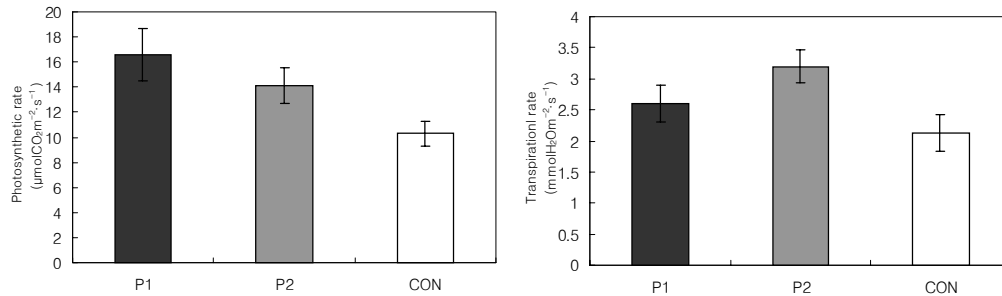


Fig. 3-72. Difference of Photosynthetic rate and transpiration rate of 'Versillia' for three different plant production systems at the time of supplementary lighting. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE, (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

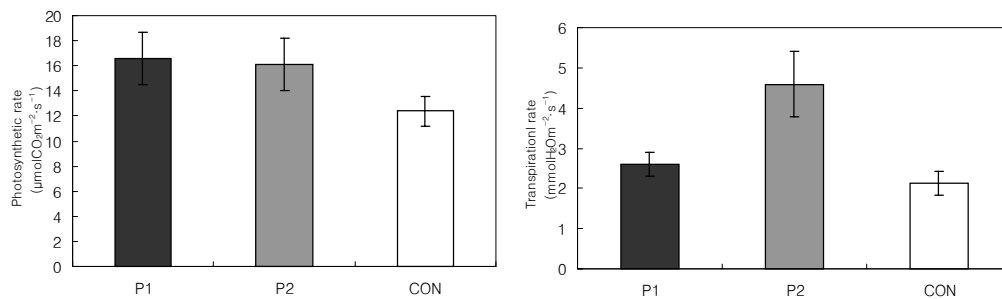


Fig. 3-73. Difference of Photosynthetic rate and transpiration rate of 'Versillia' for three different plant production systems at sunny day. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE, (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

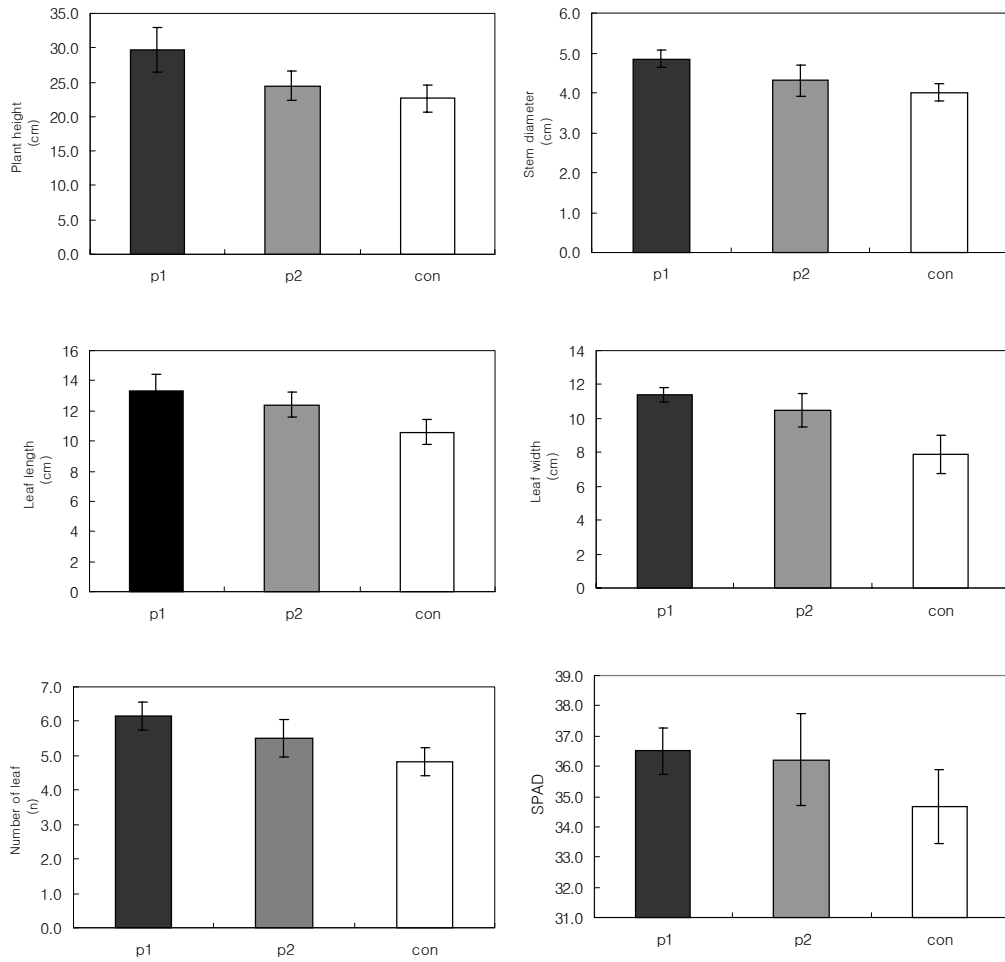


Fig. 3-74. Differences of plant height, stem diameter, leaf length, leaf width, number of leaf and relative chlorophyll (SPAD) contents of 'Versillia' for three different plant production systems at 17th days after transplanting. Each symbol represents the mean of five observations \pm SE (C: Glasshouse, P1: Plant factory with natural and artificial lighting, P2: Closed plant factory with artificial lighting).

9. 적요

동계절화 생산성 향상을 위한 **광원**으로 고압나트륨등과 메탈할라이드등(HPS+MH)을 보광하였을 때, 절화장이 높고, 생육이 전반적으로 우수하였다. 광도는 $300\mu\text{mol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 이상에서 생육 및 품질이 향상되었다. 광도가 $300\mu\text{mol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 일장을 16시간으로 조절하였을 때, 절화장과 생육이 높았다. 장미공장의 **single-stemmed 장미 배양액 개발** 결과 . Ebb&Flow 시스템에 적합한 조성은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.9, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.73 P 2, K 4.8, Ca 4.1, Mg 1.7 me/L, 분무수경 시스템은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 8.8, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.67 P 2, K 4.8, Ca 4, Mg 2 me/L 조성이었다.

Single-stemmed 장미의 최적 지하부 환경 구명 실험결과, 근권 환경은 배양액 내 EC는 재배환경에 따라 차이를 보이나, 1.0-3.5dS/m 범위에서 생산성이 안정적이었다. 그러나, 품질과 경제성을 고려할 때, 1.0-1.8dS/m로 조절하는 것이 적합한 것으로 생각된다. 광합성률과 증산률 생육 등이 높게 나타난 EC 1.0-1.5dS/m 범위가 single-stemmed 장미의 적정 범위로 나타났다. 배양액 pH는 pH 3.0과 7.0을 제외한 pH 5.0-6.0에서 광합성률과 증산률이 높게 나타나, 장미의 경우 배양액의 pH를 다른 작물에 비해 약산성으로 관리하는 것이 장미의 생육이나 무기이온 흡수에 있어 효과적인 것으로 나타났다. 배양액의 온도에 따른 'Red velvet'의 광합성률, 증산량, 생육 및 수량인 15-20℃에서 높게 나타나 적정 배양액 온도임을 알 수 있었다. 반면에 'Vital'은 10-15℃에서 생육이 가장 왕성하고 30℃에서는 생육이 떨어져, 품종간 온도 적응성의 차이를 나타내었다. 배양액내 용존산소 함량에 대한 장미의 생장은 15, 20, 11mg/L순으로 높게 나타나 근권내 용존산소 처리의 효과를 보였다. 그러나, 20mg/L는 15mg/L에 비해 광합성률, 증산률, 생육이 낮게 나타나 지나친 용존산소 함량은 오히려 생육을 저해하였다.

장미식물공장에서 지상부 최적 환경 구명을 위해 광도, 온도, 습도, CO_2 와 기류속도 조건을 달리하여 single-stemmed 장미의 생장을 비교하였다. 품종에 따라, 환경적 최적 요인의 차이가 있었으나, 평균적으로 주야간 온도는 24-28℃ 야간 14-18℃, 상대습도 60%이상, PPFD $600\pm 100\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 $800\pm 100\mu\text{mol} \cdot \ell^{-1}$ 과 기류속도 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 이 적정 환경조건임을 알 수 있었다. 품종별 광합성 능력은 엽록소 형광측정기

를 이용한 양자수율(Yield)과 상대적 전자 전달률 측정결과(ETR) 'Red velvet', 'Versillia', 'Little marble'과 'Vital'순으로 광합성 효율이 높음을 알 수 있다.

식물공장에서 single-stemmed 장미의 배양액 급액 제어 조건을 밝히기 위해서 24시간 기준과 15분 기준의 급액실험과 적산일사량에 따른 급액제어 실험을 수행하였다. Time clock 제어시 24시간 기준처리구의 15분/시간, 15분 기준 급액처리구의 30초/15분 처리구에서 처리에서 생체중이나, 건물중 등의 생육이 높았다. 적산일사량에 의한 급액제어 실험결과 Time clock 제어 보다 적산일사량 $0.42\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 에서 9분간 급액처리와 $0.84\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 에서 12분간 급액처리에서 single-stemmed 장미의 광합성과 생육이 높았다.

근권내 최적 무기이온 수준설정을 위한 무기원소별 농도에 따른 장미의 생육과 생리적 반응을 조사하여, 근권 적정 무기이온 수준을 N 100-150, P 20-40, K 100-150, Ca 80-120, Mg 20-80mg · L⁻¹로 설정하였다. 이를 바탕으로 설정된 적정 무기이온 수준을 기초로 하여 배양액 내 무기이온을 제어하였을 때 EC 제어구보다 절화의 생육, 근활력, 광합성률, 증산률과 수분이용효율 등이 높게 나타났다. 생육기간 동안의 pH, EC 변화도 무기이온조절구가 다른 처리구에 비하여 전반적으로 안정적이었다. 따라서 식물공장을 통한 절화장미 대량생산 시 배양액 내 무기이온제어를 통한 관리방식으로 폐액의 양을 최소로 하고 근권 내 영양 환경을 최적화시킬 수 있어 고품질의 절화생산이 가능하다고 할 수 있다.

장미공장 생산시스템의 종류에 따른 single-stemmed 장미의 성장반응을 밝히고자 완전제어형, 인공광병용형, 관행유리온실에서 재배하였다. 초장, 경경, 근장 등의 생장은 완전제어형, 인공광병용형, 일반온실 순서로 높게 나타났다. 엽장과 엽폭은 생육기간동안 식물공장생산시스템에서 높게 유지되었으며 수확시 엽면적은 관행의 유리온실보다 높았다. 꽃목의 길이와 두께에 있어서는 생산시스템 간의 차이가 분명하였는데 완전제어형, 인공광병용형, 관행유리온실순으로 우수하게 나타났다. 관행의 유리온실은 환경제어가 이루어지기 어려워 생육이 부진하였으며, 완전제어형과 인공광병용형 식물공장에서 재배하였을 때 장미의 초장, 경경, 근장, 엽장 엽폭, 엽면적, 화고, 화폭, 꽃목길이, 꽃목의 두께 등이 증가하였으며, 엽중, 경중, 근중의 생체중과 건물중에 있어서도 두 식물공장생산시스템에서 높은 결과를 나타내었다.

제 4절 장미 공장생산시스템형 고도 생산기술 개발

1. 공장생산용 묘 생산기술 체계화

가. 재료 및 방법

본 연구는 절화 장미 'Rote Rose'와 'Teresa' 품종을 대상으로 하여 2000년 8월부터 2001년 7월까지 농촌진흥청 원예연구소 시험포장 내에 있는 시험용 PC온실(6×10m²)과 phytotron(6 cells, 2×2m²)에서 수행하였다. <시험 1>과 <시험 2>로 구분하여 수행하였으며, <시험 1>은 장미 공장생산시스템에 적합한 SNC 조건을 구명하고, <시험 2>는 SNC의 생육단계별 적정 재식밀도를 구명하고자 실시하였다.



Fig. 4-1. 'Rote Rose' (left) and 'Teresa' (right) used as experimental cultivars in this study.

1) SNC의 잠재생산성 검정

처리 배치는 세세구 배치법을 이용하였으며, 먼저 주구로는 SNC의 모주를 생육단계별로 각각 화퇴의 꽃잎이 착색되기 이전단계, 착색단계, 그리고 꽃받침이 2개 이상 열리는 개화단계로 구분하여 처리하였고, 세구로는 각각의 생육단계별 모주를 꽃받침

에서부터 두 번째 5소엽 마디를 기준으로 기부방향으로 여섯 번째 마디까지 구분하여 각 마디별로 삼목처리하였으며, 세세구로는 각각의 마디를 소엽수가 2매, 4매, 5매가 되도록 정리하여 엽면적별 3수준으로 처리하였다. 삼목묘 각 개체를 반복으로 하여 각 처리수준별 10반복하였으며, 이때 재식간격은 $7.5 \times 7.5 \text{cm}^2$ 이었다. 처리별로 발근 및 신초발아율과 소요일수, 개화 및 블라인드율, 개화소요일수, 개화신초의 생육특성을 조사하였다.



Fig. 4-2. Different leaflet treatment (left) and experimental matrix (right).

2) SNC 생육단계별 적정 재식밀도 모델링

<시험 1>에서 얻는 결과를 토대로 균일한 조건을 구비하고자 개화단계인 모주의 꽃받침으로부터 아래로 4, 5번째 5소엽마디를 채취하였으며 이때 5소엽 모두 남겨두었다. 삼목후 신초가 1cm 미만 발아하였을 때를 기준으로 1주일 간격으로 SNC의 초장, 초폭, 엽면적, 신초부위별 생체중과 건물중을 조사하였다. 삼목시 재식간격은 $7.5 \times 15 \text{cm}^2$ 로 하였다. 한편, 삼목 후 신초가 1회 개화한 'Teresa'를 대상으로 5소엽을 3매 남기고 절단한 한 다음, 재식간격을 $7.5 \times 7.5 \text{cm}^2$ 와 $7.5 \times 15 \text{cm}^2$ 로 처리하여 2차 개화시 밀식정도에 따른 특성을 조사하였다.

삼목용 배지로는 암면 cube($7.5 \times 7.5 \times 6 \text{cm}$, Grodan)를 이용하였다. 삼목묘에 대한 양

수분관리는 삼목상(2×2m)에 ebb & flow 방식을 설치하여 삼목개시 후 발근 전까지는 물을 1일 6~8회 급액하였고, 발근 이후에는 장미 전용 배양액(EC 1.0dS · m⁻¹, pH 5.8, 愛知顯 農業總試)을 time clock을 이용하여 1일 10~12회 급액하였으며, 매일 오전 중으로 배양액의 EC와 pH를 보정하였으며, 2주일간격으로 교체하였다. 삼목상의 주·야간 온도환경은 주간23~ 27℃, 야간 17±1.5℃로 관리하였으며, 삼목 이후 발근 시점까지는 증발냉각기를 이용하여 주간 상대 습도를 80%이상으로 유지하였다. 한편, 'Teresa'를 이용한 밀식정도실험은 주간에는 기온 25±1℃, 상대습도 40±5%, 야간에는 기온 18±1℃, 상대습도 70%로 조절되는 phytotron의 자연광실에서 실시되었다.

나. 결과 및 고찰

1) SNC의 잠재생산성 검토

(1) 모수 생육단계별 SNC의 발근 및 신초발아 특성

삼수채취시 모수로 이용하는 신초의 성숙정도에 따른 SNC의 발근 및 발아특성을 조사하였다. 그 결과 삼수용 신초의 생육단계가 뒤로 갈수록 발근 및 신초 발아율은 다소 높아지고 발근 및 신초 발아소요일수는 다소 줄어드는 경향을 보였으나 통계적으로 유의성을 보이지는 않았다(Table 4-1). 품종별로 살펴보면 롯데로즈의 경우 발근 및 신초 발아 특성이 유사하여 삼목 후 34일 경 동시에 발근과 신초 발아가 이루어지며, 발근 및 신초 발아율 모두 98%로 양호하였다. 한편, 테레사의 경우 발근율이 신초 발아율보다 높은 반면 신초 발아가 발근보다 10일 이상 빨리 일어났다. 품종간에는 대형계인 롯데로즈가 테레사에 비해 전체적으로 늦어지는 경향을 보였다.

그러나 전체적으로 신초의 생육단계별 발근 및 신초발아율이 95%이상으로 매우 높고 소요일수도 품종간 차이는 있으나 처리가 큰 차이를 보이지 않아 삼목묘의 묘소질에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Table 4-1. Effect of growth stage of shoots for cutting on rooting and shooting characteristics of single-node cuttings of roses 'Rote Rose' and 'Teresa'

Cultivars	Growth stage of shoots for cutting ^z	Rooting		Shooting	
		Percent (%)	Days from cutting	Percent (%)	Days from cutting
'Rote Rose'	1	98.3	34.2	97.2	36.0
	2	98.9	34.0	97.8	34.2
	3	100.0	33.8	98.9	34.0
	Mean	98.9	34.0	98.2	34.7
'Teresa'	1	98.3	27.1	94.4	19.1
	2	95.6	27.0	95.0	18.4
	3	97.2	26.7	95.6	16.8
	Mean	97.0	27.0	95.0	18.1
Significance					
'Rote Rose'		NS ^y	NS	NS	NS
'Teresa'		NS	NS	NS	NS

^z 1: non-coloring of floral buds; 2: coloring of floral buds; 3: flowering by petal and calyx open

^y Probability of significant F values, NS: non-significant

(2) 채취마디에 따른 SNC의 발근 및 신초발아 특성

앞에서 설명한 모수 자체의 발육정도와는 달리 모수별 각 마디에 따른 SNC의 발근 및 신초발아 특성을 조사하였다. 삼수로는 신초의 화기를 기준으로 하여 두 번째 5소엽 마디부터 순서대로 여섯 마디를 이용하였다. 이 때 첫 번째 5소엽 마디의 경우 주가 개화되기 이전부터 액아가 발아되고, 아래쪽 마디의 경우 엽생장이 정상적으로 이루어지지 않아 처리에서 제외하였다. 또한 처리범위의 마디에 대해서도 액아가 발아

한 경우에는 모두 제외시켰다.

그 결과 신초 마디에 따른 발근 및 신초발아 특성은 롯데로즈보다는 테레사에 뚜렷하였는데(Table 4-2), 삼수채취마디가 줄기 기부쪽으로 갈수록 발근 및 발아소요일수가 현저히 증가하는 반면 발근율과 신초 발아율은 현저히 증가하였다. 특히 테레사에서 반응이 뚜렷하게 나타났다(Table 4-2).

롯데로즈의 경우 발근 및 신초 발아율은 신초 마디에 관계없이 98%로 거의 일정하였으며 발근과 신초발아도 거의 동시에 이루어지는 경향을 보였다. 하지만 신초 발아소요일수는 신초 마디가 기부방향으로 낮아질수록 현저히 증가하여 상대적으로 생육이 늦어지는 것을 알 수 있었다. 한편 테레사는 신초 마디별 발근 및 신초발아 특성이 매우 현저하였으며 신초 마디가 기부방향으로 낮아질수록 발근 및 신초형성이 늦어졌다.

결과적으로 삼수용 신초의 각 마디별 발근 및 신초발아력은 신초의 기부방향으로 내려갈수록 감소하였는데, 이것은 신초의 각 마디의 엽과 줄기, 그리고 세포의 생리적 활성차이 때문으로 생각된다. 즉 삼목용 신초는 발아하여 개화까지 도달하는데는 최소 45~55일 이상 소요되는데 발아 후 신초 기부부터 조직이 형성되기 때문에 기부쪽의 잎과 줄기, 그리고 액아는 최 상부의 잎과 줄기, 그리고 액아에 비해 길게는 30일 이전에 형성되었다고 볼 수 있다. 따라서 마디가 기부방향으로 낮아질수록 조직의 생리적 활성이 낮아짐에 따라 발근과 발아가 늦어지는 것으로 판단된다.

Table 4-2. Effect of cutting position of shoots on rooting and shooting

Cultivars	Cutting position ^z	Rooting		Shooting	
		Percent (%)	Days from cutting	Percent (%)	Days from cutting
'Rote Rose'	1	98.8	33.9	97.8	27.8
	2	98.8	34.1	100.0	34.4
	3	98.8	34.5	96.7	36.0
	4	97.8	33.9	98.9	36.3
	5	100.0	34.0	97.8	37.4
	6	98.9	33.5	98.0	36.2
	Mean	98.9	34.0	98.2	34.9
'Teresa'	1	100.0	24.7	100.0	11.0
	2	100.0	24.8	98.9	14.4
	3	96.7	26.6	95.6	16.5
	4	96.7	27.4	94.4	19.5
	5	94.4	28.7	95.6	23.1
	6	94.4	30.1	85.6	23.9
	Mean	97.0	27.0	95.0	18.1
Significance					
'Rote Rose'		NS ^y	NS	NS	***
'Teresa'		*	***	*	***

^z Numbered from the second node with 5 leaflets under the base part of petals.

^y Probability of significant F values: NS, *, **, *** : non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively

(3) 삽수의 엽면적에 따른 SNC의 발근 및 신초발아 특성

삽수의 엽면적은 5소엽을 기준으로 각각 하부 소엽 2매와 4매를 남기는 것과 소엽 5매 전체를 남기는 3 수준으로 처리하였다. 'Rote Rose'의 경우 소엽을 각각 2, 4, 5매 남겨두었을 때 엽면적이 각각 11.3±3.2cm², 37.2±8.9cm², 59.6±13.8cm²이었고, 'Teresa'의 경우는 각각 9.5±2.3cm², 29.4±6.4cm², 45.3±9.0cm²이었다.

처리 결과 삽수의 엽면적이 많을수록 SNC의 발근 및 신초 발아율이 높아지고, 동시에 소요일수도 단축되었다(Table 4-3). 특히 5소엽을 모두 남겨둔 처리에서는 발근

율이 100%로 나타났다. 이러한 결과는 품종별로도 유사한 경향을 보여주었다. 한편, 소엽수를 많이 남겨놓을 경우 습도관리가 어려워 발근 이전에 낙엽되는 예가 많았으나 본 시험에서는 습도를 정밀관리하였기 때문에 낙엽율이 거의 없었다.

이상에서 SNC의 발근 및 신초발아에 대한 생리적 활성과 관련하여 모수의 발육차이 영향은 비교적 적었으며, 채취마디에 있어서는 품종간에 다소 차이는 있으나 늦게 형성된 마디일수록 생리적 활성이 우수하였고, 이때 엽면적이 많을수록 생리적 활성이 현저한 것으로 나타났다. 이들 내용을 종합해 보면 Table 4와 같다.

삼수용 신초의 생육단계에 따른 효과가 없었던 것은 생육단계 처리간 발육차이가 적었으며, 이미 화뢰가 충분히 발육된 상태에서 구분하였기 때문에 생리활성 차이는 크지 않았을 것으로 판단된다. 특히 화뢰의 꽃잎 상태를 제외하고는 잎과 줄기의 형태적 차이는 거의 없었다. 한편 생육단계와는 달리 삼목 부위, 즉 신초 마디와 삼수의 엽면적은 발근 및 신초발아에 큰 영향을 미쳤으며 경향도 일정하였다.

또한 생육단계와 삼수부위 및 엽면적 간의 상호작용은 주로 후자 요인들에 의해 영향을 받으며 이는 삼수부위와 엽면적간의 유의성이 다른 요인들간에서 보다 높은 것을 통해 알 수 있다. 결과적으로 발근 및 신초발아에 있어서는 삼수의 엽면적, 신초의 마디 순으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.



Fig. 4-3. Shooting(left) and rooting(right).

Table 4-3. Effect of leaf area of cuttings on rooting and shooting characteristics

Cultivars of single-node cuttings ^z	Leaf area on cutting ^z		Rooting		Shooting	
	(No. of Leaves)	Percent (%)	Days from cutting	Percent (%)	Days from cutting	
'Rote Rose'	2	97.8	34.4	98.9	36.7	
	4	99.4	33.4	98.0	35.8	
	5	100.0	32.9	98.2	35.0	
	Mean	99.1	34.8	98.4	35.8	
'Teresa'	2	96.7	27.6	95.0	18.7	
	4	98.3	26.8	96.7	17.7	
	5	100.0	25.7	96.7	17.4	
	Mean	98.3	26.7	96.1	17.9	
Significance						
'Rote Rose'		NS ^y	***	NS	***	
'Teresa'		NS	*	NS	**	

^z 'Rote Rose' 2:11.3±3.2cm², 4:37.2±8.9cm², 5:59.6±13.8cm²; 'Teresa' 2:9.5±2.3cm², 4:29.4±6.4cm², 5:45.3±9.0cm²

^y Probability of significant F values: NS, *, **, *** : non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively

Table 4-4. Inter-significance of growth stage, position, and leaf area of cuttings on days to rooting and shooting of single-node cuttings of roses 'Rote Rose' and 'Teresa'

Significance(Prob>F)	Days to rooting		Days to shooting	
	'Rote Rose'	'Teresa'	'Rote Rose'	'Teresa'
Growth stage(GS)	0.5248 ^z	0.0139	0.0887	0.4436
Cutting position(CP)	0.0001	0.0001	0.1227	0.0001
Leaf area(LA)	0.0003	0.0052	0.0001	0.0115
GS×CP	0.0001	0.0001	0.0711	0.0001
GS×LA	0.0012	0.0009	0.0001	0.0305
CP×LA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
GS×CP×LA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

^z Probability of significant F values:

0.05 < p, 0.01 ≤ p ≤ 0.05, p ≤ 0.01 non-significant, significant, highly significant

(4) 삼수 채취 부위 및 엽면적에 따른 개화생육 특성

삼목시 신초의 마디와 삼수의 엽면적에 따른 blinding율과 개화율을 조사하였다. Blinding 현상은 동화산물의 부족 및 분배 불균형, 또는 일사량 및 온도 환경의 불량으로 신초의 성장점이 성장을 멈추거나(휴면아) 심하면 고사되는 일종의 생리적 장애로서 수량과 직접적인 관계가 있으며, 특히 SNC 자체를 절화모주로 이용하는 식물공장시스템에서는 blinding 발생이 생산성에 치명적인 요인이 될 것으로 판단된다. 본 시험에서도 각 처리요인별 blinding 현상이 현저하였으며 특히 엽면적이 주된 제한요인인 것으로 나타났다. 삼목처리후 100일 경과시 blinding과 개화율을 조사하였다. 롯데로즈의 경우 삼수의 엽면적에 따른 blinding 발생은 엽면적이 11.3cm²(소엽수 2매)일 때 78.3%, 엽면적이 37.2cm²(소엽수 4매)와 59.6cm²(소엽수 5매)일 때는 각각 31.3%와 13.8%로 엽면적이 증가함에 따라 현저히 줄어들었다. 테레사는 롯데로즈에 비해 blinding을 발생이 다소 높았으나 유사한 경향을 나타냈다(Fig. 4-4). 또한 각 엽면적별로 신초의 마디가 기부쪽으로 내려갈수록 blinding 현상이 감소하는 경향을 보였다. 개화율은 blinding 발생과는 역의 상관을 가져 엽면적이 크고 삼수 채취 마디가 줄기 기부로 내려갈수록 높아졌으며, 품종간 유사한 경향을 나타냈다(Fig. 4-5).

한편, 삼수 채취부위와 삼목시 엽면적에 따른 개화속도, 개화시 신초길이, 마디수 및 꽃잎수는 Table 4-5와 같다. 개화소요일수는 SNC의 엽면적이 클수록 역시 단축되었으며 마디에 따른 경향도 다소 있었으나, 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 절화품질에 큰 영향을 미치는 꽃잎수와 마디수는 채취부위가 줄기 기부쪽으로 갈수록 증가하였고, 이때 엽면적이 많을수록 우수해지는 결과를 보였다. 또한 개화가 빨랐던 상부마디에서는 개화시 도복현상이 나타나기도 하여 1번화 생산을 목적으로 할 시에는 다소 문제가 되는 것을 확인할 수 있었다.

롯데로즈 품종을 대상으로 전체 개화한 주를 대상으로 절화길이가 45cm이상인 절화 비율을 조사하였다. 그 결과 삼수의 엽면적이 높일수록 그리고 삼수용 신초의 마디가 기부로 갈수록 현저히 증가하여 소엽 5매를 모두 유지할 경우 절화장이 45cm이상인 주가 전체의 75%를 차지하였다(Table 4-5). 한편 테레사의 경우 롯데로즈와 경향은 유사하였으나 개화주의 평균초장이 30cm내외로 SNC를 이용하여 SSR를 생산하

는 본 시스템에는 실질적으로 적용하기는 곤란할 것으로 판단된다(Table 4-5).

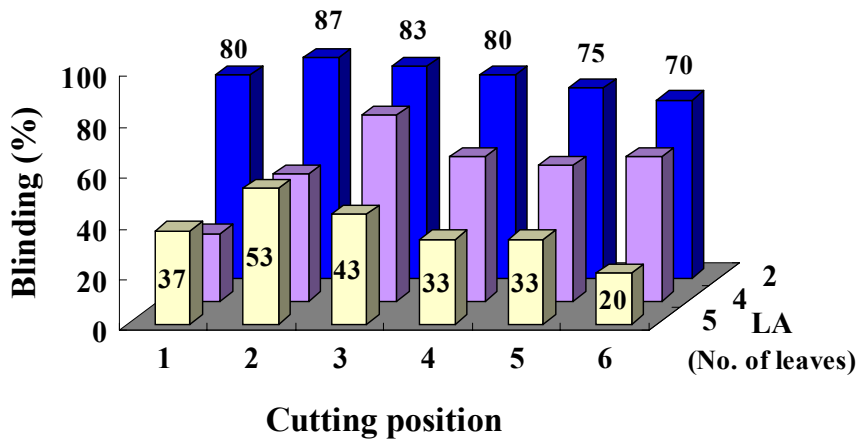
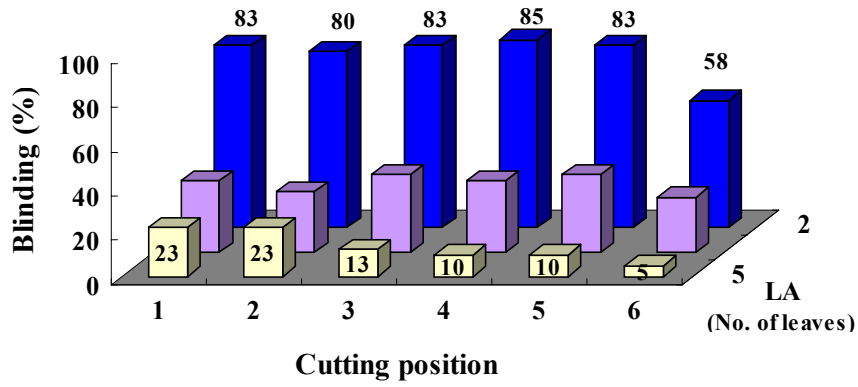


Fig. 4-4. Effect of cutting position and leaf area on blinding rate of SNC of roses 'Rote Rose' (left) and 'Teresa' (right). Blinding shoots: Total plants - flowering plants, leaf area of 'Rote Rose': 2leaflets: $11.3 \pm 3.2 \text{cm}^2$, 4leaflets: $37.2 \pm 8.9 \text{cm}^2$, 5leaflets: $59.6 \pm 13.8 \text{cm}^2$, 'Teresa': 2leaflets: $9.5 \pm 2.3 \text{cm}^2$, 4leaflets: $29.4 \pm 6.4 \text{cm}^2$, 5leaflets: $45.3 \pm 9.0 \text{cm}^2$

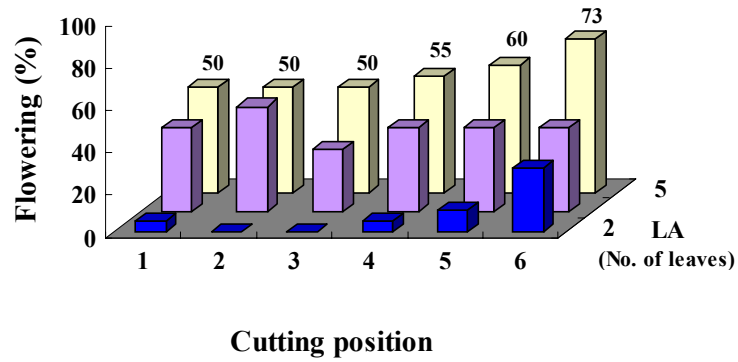
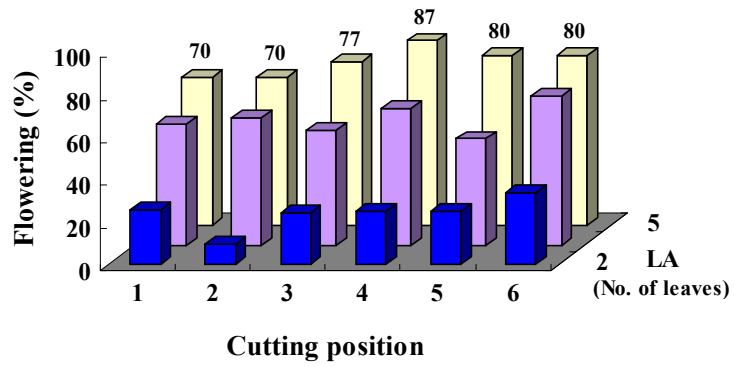


Fig. 4-5. Effect of cutting position and leaf area on flowering rate of SNC of roses 'Rote Rose' (left) and 'Teresa' (right). LA: see in Fig. 1.

Table 4-5. Effects of cutting position and leaf area on flowering responses of SNC of cut roses 'Rote Rose' and 'Teresa'.

Cultivars	Cutting position ^z	LA (No. of leaflets ^y)	Days to flowering (Days)	Length of Flowering shoots(cm)	No. of nodes	No. of petals
'Rote Rose'	1	2	96	34.9	10.4	23.5
		4	93	37.6	10.2	24.3
		5	90	31.5	9.7	21.8
	2	2	97	30.5	10.2	16.0
		4	89	36.2	9.5	32.8
		5	92	40.5	10.7	28.8
	3	2	95	27.1	9.4	21.8
		4	94	40.5	12.2	28.4
		5	94	44.4	11.6	34.6
	4	2	88	29.3	7.5	19.3
		4	98	42.0	12.3	30.5
		5	93	44.4	11.0	32.6
	5	2	95	22.2	8.7	17.5
		4	95	39.4	11.4	29.5
		5	96	47.8	12.3	33.8
	6	2	93	39.6	9.7	23.5
		4	94	43.6	11.2	28.4
		5	95	46.3	11.7	33.8
'Teresa'	1	2	83	42.7	12.3	24.5
		4	98	34.6	10.3	29.0
		5	93	42.9	12.9	27.4
	2	2	87	53.7	13.8	-
		4	99	50.2	10.6	26.3
		5	83	47.9	13.9	25.4
	3	2	87	54.4	14.5	-
		4	80	46.5	12.5	29.4
		5	89	41.9	11.7	28.9
	4	2		40.4	11.0	18.0
		4	88	35.3	9.7	27.8
		5	88	39.6	10.5	25.1
	5	2	84	44.9	12.5	20.0
		4	76	35.7	10.4	24.1
		5	85	36.4	9.1	24.2
	6	2	78	36.0	10.8	18.4
		4	79	37.9	10.7	25.3
		5	94	34.4	9.7	24.1
Significance						
Cutting position(CP)	'Rote Rose'		NS	*	NS	*
	'Teresa'		NS	*	*	*
Leaf area(LA)	'Rote Rose'		NS	**	*	**
	'Teresa'		NS	**	NS	*
CP×LA	'Rote Rose'		NS	*	*	*
	'Teresa'		NS	*	*	*

^z, ^y, and ^z See table 2, 3, and 3, respectively.

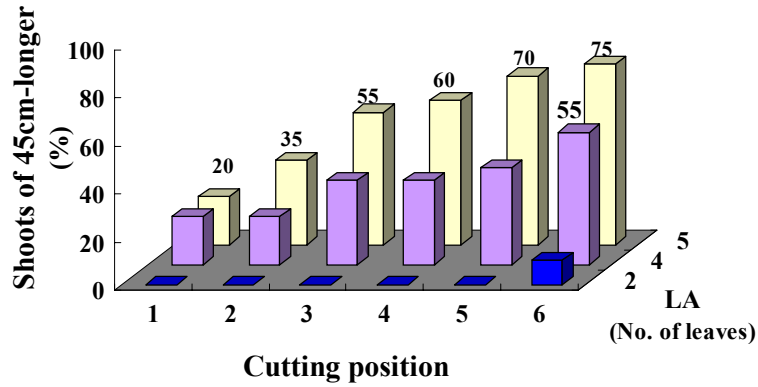


Fig. 4-6. Effect of position and leaf area of cuttings on the rate of 45cm-longer shoot in total flowering stems of single-node cuttings of roses 'Rote Rose'. Leaf area: see in Fig. 4-1.

(5) 개화율 및 초장에 대한 삼수채취부위와 엽면적간의 관계

본 시험을 수행함에 있어 시험비용 및 공간을 절약하기 위해 세세구 배치방법을 도입하였기 때문에, 결과치에 대해서 주구, 세구, 세세구 처리간 상호작용도 함께 포함되고 있음을 언급하고 싶다. 특히 삼수 채취마디별로 같은 소엽수를 남겨두었다 할지라도 엽면적의 차이가 현저하였기 때문에 실제 엽면적과 채취 마디간의 효과를 분명히 구분하기란 쉽지가 않았다. 따라서 특정 범위 내에서 엽면적 및 채취 마디별로 초장과 개화에 미치는 영향을 상호 독립적으로 분석하였다. 그 결과는 Fig 4-4, 5, 6과 같다.

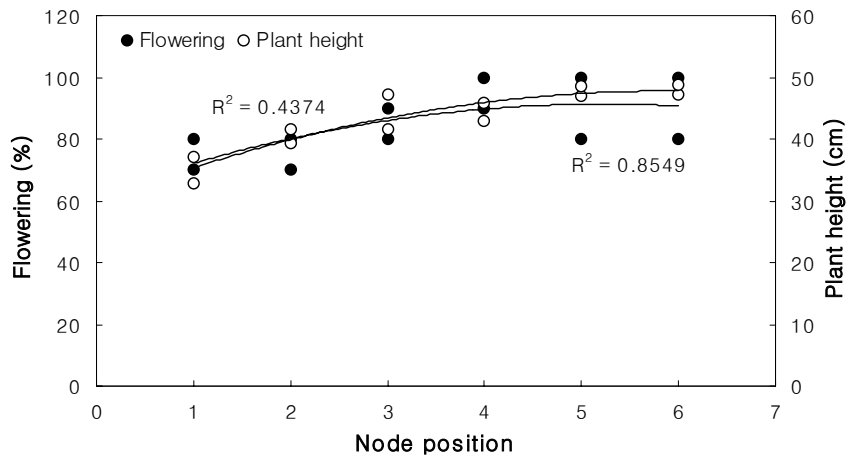


Fig. 4-7. Effect of each cutting node position on flowering and shoot height of SNC 'Rote Rose' in the condition of 5 leaflets.

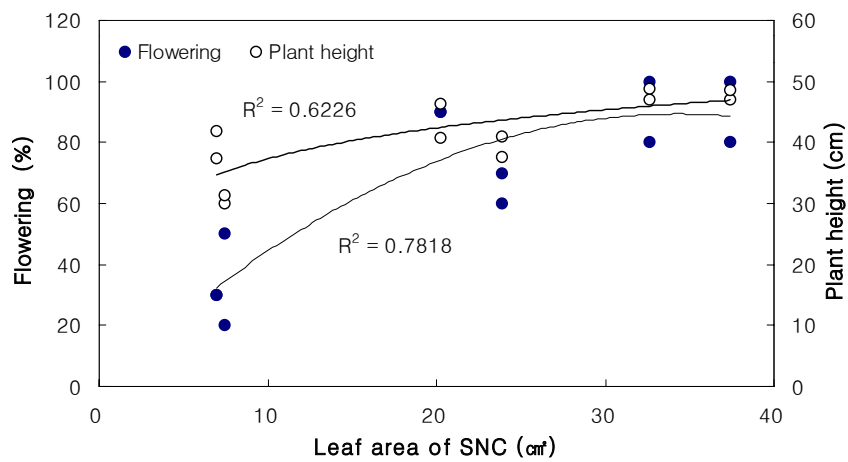


Fig. 4-8. Effect of leaf area of cuttings on flowering and shoot height of SNC 'Rote Rose' in the 6th cutting node position.

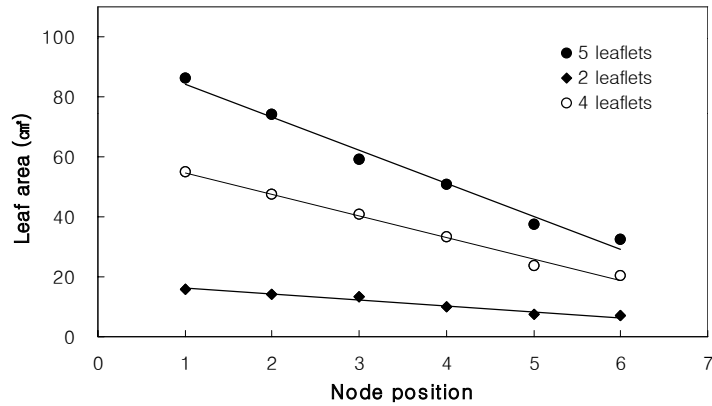


Fig. 4-9. Changes of leaf area at each leaflet treatment (2, 4, and 5 leaflets) of cuttings by different cutting node position in cut rose 'Rote Rose'.

2. 묘 생산단계별 적정 재식 밀도 확립

가. 일별 SNC 성장변화 특성

<시험 1>에서 얻는 결과를 토대로 균일한 조건을 구비하고자 개화단계인 모주의 꽃받침으로부터 아래로 4, 5번째 5소엽마디를 채취하였으며 이때 소엽 5매를 모두 남겨두고 삽목실험하였다. 삽목 후 신초가 1cm정도 발아했을 때를 기준으로 1주일 간격으로 SNC의 초장, 초폭, 엽면적, 신초 생체중과 건물중을 조사하였다. 삽목시 재식간격은 7.5×15cm²로 하였다.

본 실험에서는 신초의 생장은 신초발아 후 4주를 기점으로 현저히 촉진되었으며, 초장은 4주부터 6주까지 현저하게 증가하였다. 한편, 초폭은 꾸준히 증가하였으며 4주 이후부터 증가폭이 늘어나는 경향을 보였다(Fig. 4-7). 또한 엽면적 역시 같은 경향을 나타냈으며, 신초길이당 엽면적 증가를 나타내는 SLA값은 초기에 높게 나타나다가 줄기신장이 급격해 진 4주를 전후하여 현저히 감소하는 경향을 보였다(Fig. 4-8).

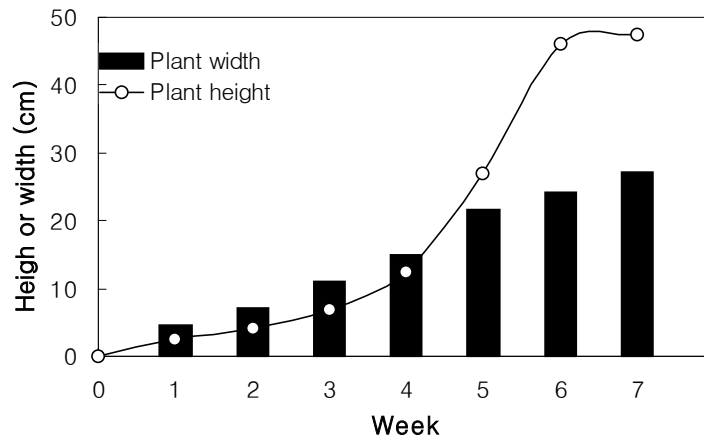


Fig. 4-10. Weekly changes of shoot height and width of single-stemmed rose grown from SNC 'Rote Rose'.

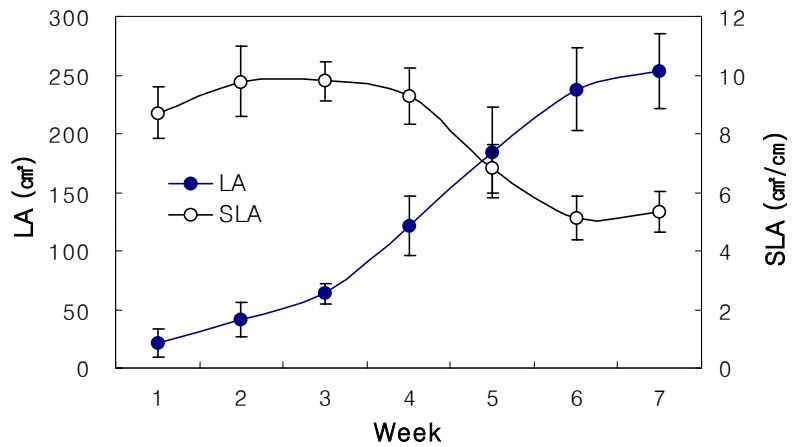


Fig. 4-11. Weekly changes of shoot leaf area and special leaf area of single-stemmed rose grown from SNC 'Rote Rose'.

이와 같이 신초발아 이후 4주 경과시 줄기신장 및 엽면적의 증가가 현저한 것은 그림 9와 10을 통해 설명할 수 있을 것으로 판단된다. 신초발아 이후 줄기 및 잎의 건물중은 완만한 증가보이며 5주 경에 다소 증가하지만 6주 이후에는 큰 증가를 보이지 않고 있다. 반면, 화아는 4주째에 출아를 시작하여 개화까지 건물중이 뚜렷하게 나타난다. 특히 화아출현 이전까지는 줄기와 잎의 건물 분배비율이 20 : 80으로 지속되

었으나, 화아가 출아한 이후에는 줄기로의 건물축적비율은 20%전후로 일정하게 유지된 반면 잎의 건물축적 비율이 현저히 감소하였고, 대신에 줄어든 비율만큼 화아로의 축적이 이루어졌다. 80%이상 개화한 7주째에는 잎과 화아의 건물비가 40 : 40으로 거의 같아지는 것을 알 수 있다(Fig. 4-10).

이것은 발육 이전까지는 잎의 전개가 꾸준히 지속되지만, 화아 발육 이후에는 더 이상의 엽 전개가 이루어지지 않고 기존 엽의 확대만 이루어지기 때문이다. 그림 11에서도 역시 주로 엽수 전개는 4주 이전에 이루어지며 5주 이후에는 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다.

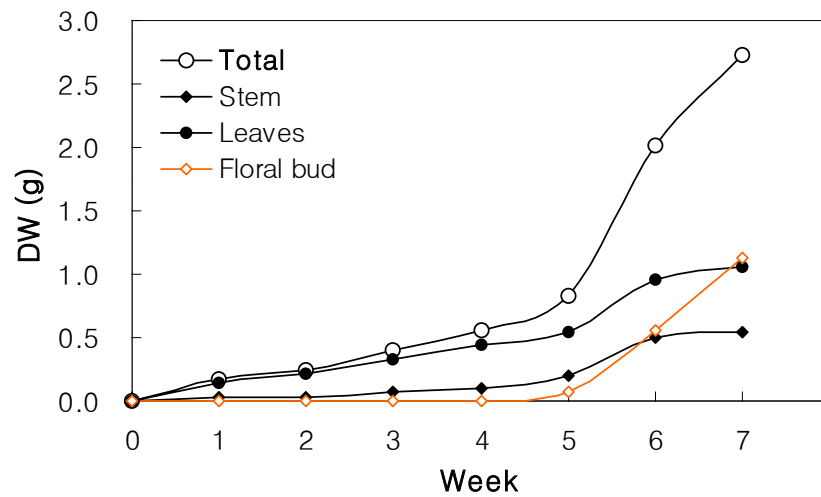


Fig. 4-12. Weekly changes of dry mass distribution among stem, leaves, and floral buds in single-stemmed rose grown from SNC 'Rote Rose'.

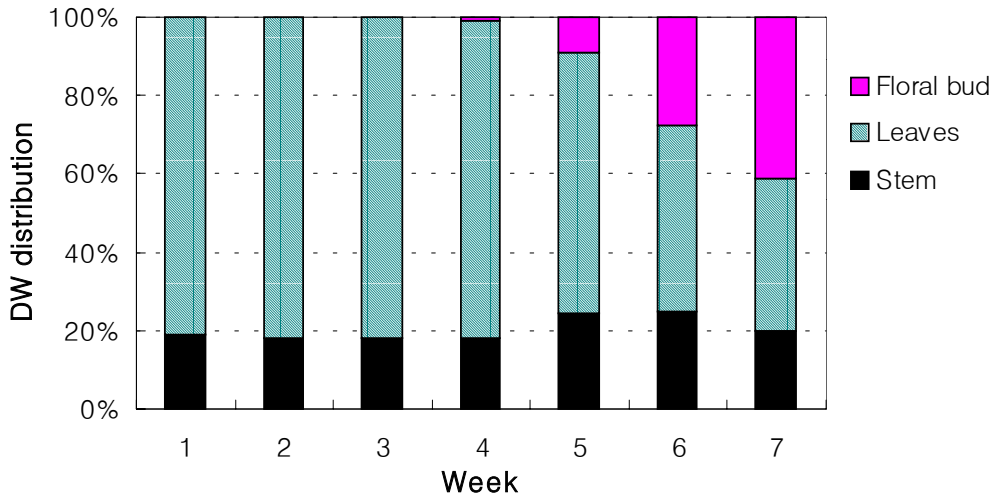


Fig. 4-13. Weekly distribution (%) of dry mass for stem, leaves, and floral buds in single-stemmed rose grown from SNC 'Rote Rose'.

처리시 재식간격(7.5×15cm)을 기준으로 엽면적 지수를 조사하였다. 그 결과 4주경 과시, 즉 화아가 출현하는 시기를 전후로 엽면적지수가 1이상이 되었으며 최대 2에 도달하였다(Fig. 4-12). 하지만, 이번 <시험 2>에서는 <시험 1>에서와 같은 개화신초의 도복증상이 현저히 감소하였다. 따라서 앞서 살펴본 성장단계별 초폭의 증가와 엽면적지수, 초장 등을 검토해 볼 때 신초발아 후 화아 출아기까지는 삼목초기의 재식간격(7.×7.5cm)을 유지하고 이후 단계에서는 재식간격을 7.5×15cm로 늘리는 것이 절화생산에 유리할 것으로 판단되었다.

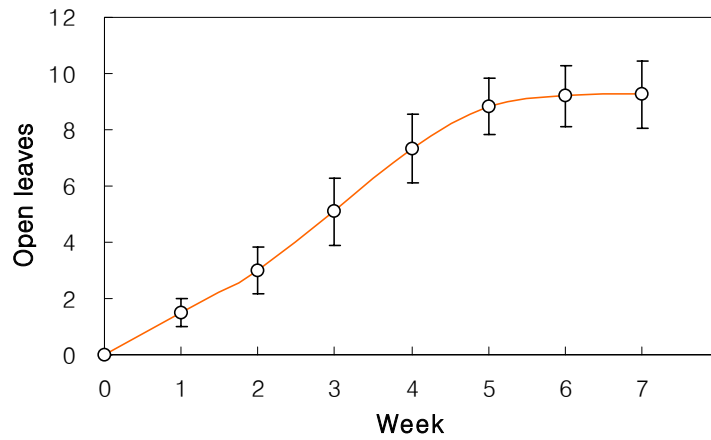


Fig. 4-14. Weekly changes of open leaves in single-stemmed rose grown from SNC 'Rote Rose'.

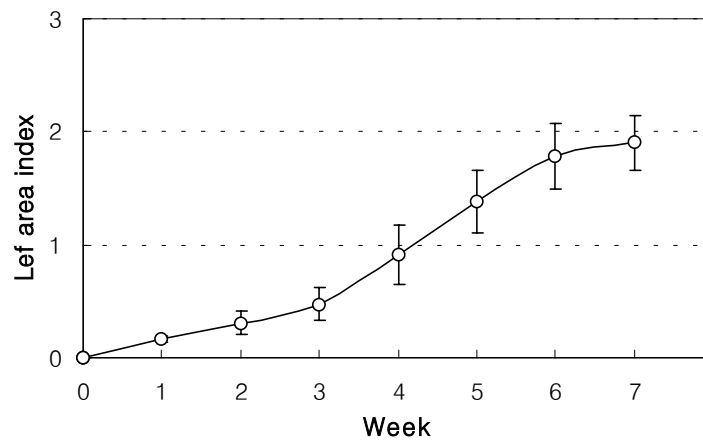


Fig. 4-15. Weekly changes of leaf area index in single-stemmed rose grown from SNC 'Rote Rose'.

나. 2차 개화시 재식간격별 SNC 개화 반응

한편, 삽목 후 1회 개화한 'Teresa'를 대상으로 5소엽을 3매 남기고 절단한 한 다음, 재식간격을 7.5×7.5cm²와 7.5×15cm²로 처리하여 2차 개화시 밀식정도에 따른 개화반응을 조사하였다. 그 결과 개화속도 및 미개화율(자료생략)에는 큰 차이를 보이지 않

은 반면, 절화품질과 관련되는 초장, 마디수, 꽃잎수는 재식간격이 증가함에 따라 각각 5%, 18.7%, 10.4% 향상되었으며, 특히 생체중과 건물중은 각각 17.9%, 32.6%가 향상되었다. 이와 같이 생체중 및 건물중은 줄기의 경도와 밀접한 관계가 있으며, 도복으로 인한 수량감소에 영향을 미칠 것을 생각된다(Table 4-6).

Table. 4-6. Comparison of flowering responses of SNC 'Teresa' with 3, 5-leaflets in different plant densities after first harvest.

Plant density (cm ²)	Days to flowering	Plant height (cm)	Diameter of stem (mm)	No. of nodes	No. of petals	F.W. of shoots (g)	D.W. of shoots (g)
7.5×15(A)	54±3.3	55.8±5.9	4.0±0.7	10.8±1.4	23.3±1.6	22.4±3.7	5.7±0.7
7.5×7.5(B)	56±4.7	53.1±6.7	4.0±0.8	9.1±1.4	21.1±1.9	19.0±4.9	4.3±0.9
Increase(A/B, %)	-3.6	5.2	0.7	18.7	10.4	17.9	32.6



Fig. 4-16. The 2nd flowering of SNC 'Teresa'.

3. 재질화기술 확립을 위한 채화절위별 재생력 평가

가. 재료 및 방법

본 연구는 2001년 8월부터 2002년 7월까지 농촌진흥청 원예연구소 시험포장 내에 있는 환경제어가 이루어지는 시험용 PC온실(6×10m²)에서 수행하였다.

시험품종으로는 대형계통인 롯데로즈('Rote Rose')와 비탈('Vital') 그리고 중형계통인 테레사('Teresa')를 이용하였다. 각 품종별로 1개의 5매엽이 달린 삽수(시험용 삽목묘)를 조제하여 압면 block(7.5×7.5×6cm, grodan)에 삽목한 후 Ebb & Flow 방식으로 배양액이 공급되는 bench 위에 올려놓았다(Fig. 1). 삽목후 발근 전까지는 원수만을 공급하였고 발근 후에는 서울시립대 장미순환식배양액 처방을 이용하여 생육상태에 따라 EC 0.8~1.5 dS · m⁻¹, pH 5.8의 배양액을 일일 3~18회 공급하였다.

재질화를 위한 개화 신초의 채화절위 시험은 삽목묘로부터 최초로 발생하는 신초가 개화하였을 때 기부로부터 5매엽수를 1, 2, 3, 4, 5개로 각각 남겨두고 절단한 후 2차로 발생하는 신초의 성장량을 조사하는 것으로, 롯데로즈와 테레사 품종은 1, 2, 3, 4, 5개의 5매엽수를 남겨 각각을 비교하였으며, 비탈 품종에서는 5매엽수를 1, 2, 3개만 남겨 비교하였다. 채화절위 처리후 2차로 발생한 신초가 성장하여 꽃받침이 2개 열릴 때를 기준으로 개화조사를 실시하였다. 시험구는 삽목발근하여 신초가 정상적으로 자란 주를 기준으로 처리별로 34주를 두었고, 온실내 Ebb & Flow 베드에서 완전 임의로 배치하였다. 처리 당시 품종별 각 처리구의 채화절위(5매엽수)에 따른 주당 엽면적은 Table 4-7과 같다.

Table 4-7. Changes of leaf area in mother plants 'Rote Rose', 'Teresa', and 'Vital' with different number of 5-leaflet leaves from the first flowering shoot.

Varieties	Treatment (No. of 5-leaflet leaves)	Leaf area (mm ² /plant)	Relative ratio (%)
'Rote Rose'	1	3,262±1,678	100
	2	7,009±1,424	215
	3	12,076±1,920	370
	4	18,010±758	552
	5	25,440±538	780
'Teresa'	1	3,185±1,089	100
	2	6,934±1,259	218
	3	10,880±1,524	342
	4	14,826±1,540	466
	5	18,772±1,326	589
'Vital'	1	2,190±604	100
	2	5,677±502	259
	3	9,644±887	440

나. 결과 및 고찰

1) 품종별 채화절위에 따른 2차 신초의 개화소요일수

품종별 채화절위에 따른 개화소요일수를 조사하였다(Fig. 4-17). 채화절위는 5매엽수로 조절하였고 품종별로 재절화를 위해 남겨둔 5매엽수에 대한 엽면적이 34에서와 같이 차이를 보여 품종별 채화절위에 따른 개화소요일수 비교는 엽면적을 기준으로 하였다. 롯데로즈 품종의 경우 5매엽수가 1개(엽면적 33cm²)인 삼목묘는 개화되는데 58.3일이 소요되어 개화소요일수가 가장 길었으며, 5매엽수가 2, 3개인 삼목묘(엽면적 70cm², 121cm²)는 개화까지 각각 51.4일, 49.9일이 소요되었고, 5매엽수가 4, 5(엽면적

181cm², 254cm²)개인 삽목묘는 48.0일로 더 이상 단축효과가 나타나지 않았다. 테레사와 비탈 품종에서도 재절화시 잔여 엽수를 많이 남겨둠에 따라 개화소요일수가 단축되었는데, 테레사 품종은 다른 두 품종들과 비교하여 엽수에 따른 개화소요일수 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 전체적으로 보면 엽수 증가에 따른 개화소요일수 단축은 엽수가 1매에서 2매로 증가될 때 가장 크게 나타났으며, 3매까지도 어느정도 이루어졌으나, 3매 이상에서는 큰 효과가 없음을 알 수 있다. 한편 비탈 품종은 5매엽수가 2개에서 3개로 엽면적이 2배이상 증가하였음에도 불구하고 개화소요일수의 단축효과는 보이지 않아 이 품종의 경우 개화소요일수 단축을 위해서는 2매의 5매엽을 남기는 것만으로도 충분한 것으로 나타났다. 결국 재절화시 개화소요일수 단축면에서는 잔여 엽면적이 80~120cm² 정도이거나 5매엽기준 2~3매를 남기는 것만으로도 충분하였다.

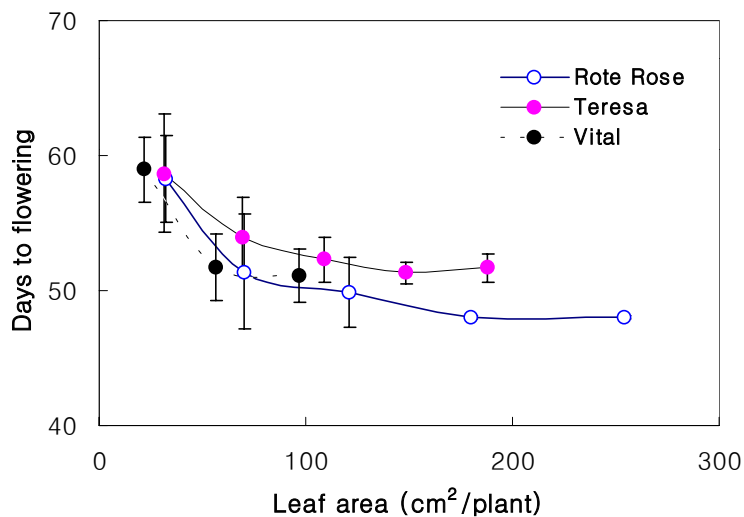


Fig. 4-17. Effect of leaf area of mother plants on the number of days to flowering of the second shoot after harvesting of the first shoot in single-node cuttings. Vertical bars represent SD (n=24). The relationship between the number of five-leaflet leaves and the leaf area in mother plants is shown in Table 1.

2) 품종별 채화절위에 따른 2차 신초의 절화 성장량

2차 신초의 절화 생육은 개화소요일수와 마찬가지로 채화절위, 즉 잔여 5매엽수에 따라 크게 달라지는 것을 알 수 있었다(Table 4-8). 재절화시 가장 중요한 절화장의 경우 롯데로즈와 테레사 품종에서는 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으며, 평균길이 각각 44cm², 37cm²로 식물공장용으로는 부적합한 것으로 나타났다. 한편, 비탈 품종은 처리간에 큰 차이를 보였으며 개화소요일수가 현저히 단축된 2매엽부터 절화장도 현저히 증가하여 평균 59cm²로 나타났다. 절화품질을 나타내는 절화의 생체중과 건물중의 경우 많은 잔여 엽수가 많을수록 증가하였는데, 롯데로즈 품종은 4매이상에서, 테레사 품종은 3매이상에서, 그리고 비탈 품종은 2매이상에서 뚜렷한 증가를 보였다. Fig. 4-18은 비탈 품종의 처리당시 및 개화시기의 사진으로 개화시에 처리(왼쪽부터 두 열씩 엽수가 1, 2, 3개)효과가 명확히 나타나고 있다. 처리당시 엽수가 많았던 처리구에서는 개화시기도 빠르고 줄기 길이도 긴 것을 알 수 있다.

한편 절화품질에 있어서 중요한 요소인 꽃잎수도 테레사 품종을 제외한 나머지 두 품종에서는 처리간 유의성을 보였는데, 특히 비탈 품종의 경우 2매 이상 처리에서 정상적인 꽃잎수를 나타냈다. 한편 절화당시 엽면적은 엽수처리간 큰 차이를 보였는데, 5매엽수가 5개인 삼목묘에서 2차로 발생한 신초의 절화 당시 엽면적은 5매엽수가 1개인 삼목묘의 엽면적보다 무려 48.6%나 넓었으며, 전체적으로 보면 5매엽수가 많을수록 신초의 엽면적이 증가되는 경향을 보였다.

Table 4-8. Growth responses of second shoots from mother plants with different number of five-leaflet leaves after harvesting of the first shoot. n=24.

Varieties	No. of 5-leaflet leaves	Shoot length (cm)	No. of petals	Leaf area (cm ² /shoot)	Fresh weight (g/shoot)	Dry weight (g/shoot)
Rote Rose	1	44.0	29.6 a ^z	340.6 c	21.6 c	5.7
	2	42.1	27.8 ab	361.5 c	22.0 c	5.6
	3	42.0	26.6 abc	404.2 bc	22.9 bc	6.8
	4	44.3	24.5 c	465.7 ab	27.0 b	6.9
	5	45.6	25.8 bc	506.3 a	33.6 a	9.0
Teresa	1	36.6	25.9 a	264.6 a	15.7 c	4.2
	2	36.4	26.1 a	258.2 a	17.0 bc	4.4
	3	39.8	26.7 a	294.9 a	20.5 a	5.5
	4	39.7	24.6 a	285.8 a	21.0 a	5.7
	5	36.2	25.0 a	275.1 a	20.5 a	5.6
Vital	1	54.8	25.2 b	441.7 b	20.3 b	5.6
	2	58.7	27.9 a	492.7 ab	23.5 ab	6.0
	3	58.8	27.9 a	536.6 a	25.6 a	6.7

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.



Fig. 4-18. Bud break (left) and flowering (right) of second shoots in mother plants with different number of five-leaflet leaves of 1 to 3 after harvesting of the first shoot. The number of five-leaflet leaves was regulated as each 1, 2, and 3 per each two rows of rock-wool blocks from the left in both pictures.

절화부위(꽃, 줄기, 잎)별 생체중과 건물중에 있어서도 5매엽수가 많을수록 증가하는 경향을 보였다. 롯데로즈의 경우 5매엽수가 1개인 삽목묘와 2개인 삽목묘의 경우는 엽면적에서와 같이 절화부위별 생체중과 건물중에 있어서도 차이를 보이지 않은 반면, 5매엽수가 4, 5개인 삽목묘에서는 뚜렷한 생육증가를 보여주었는데, 5매엽수가 1개인 삽목묘에 비하여 꽃 생체중은 각각 20.8%, 42.5%, 잎 생체중은 각각 39.7%, 80.8% 증가되었으며, 꽃 건물중은 각각 12.7%, 31.5%, 잎 생체중은 36.8%, 86.4% 증가되었다. 테레사 품종의 경우 5매엽수가 3개 이상인 삽목묘에 있어서의 꽃과 잎 생체중은 5매엽수가 1개인 삽목묘에 비하여 각각 34.8~44.9%, 23.8~31.7% 증가되었으며, 꽃과 잎 건물중의 경우도 각각 34.1~39.5%, 28.2~31.6% 증가되었다. 전반적으로 테레사 품종의 경우는 5매엽수가 1~2개인 삽목묘와 5매엽수가 3~5개인 삽목묘로 양분되어 뚜렷한 개화생육 차이를 보였다. 비탈 품종에서는 5매엽수가 1~3개인 삽목묘 간에 뚜렷한 차이를 보이는 것이 특징이었다. 이러한 특징은 잔여엽수에 따른 초기 광합성량의 차이로 판단할 수 있으며 품종간 다소 차이는 있으나 엽면적을 기준으로 할 경우 거의 같은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 이것은 잔여 5매엽수에 30일까지 따른 테레사 품종의 신초 신장율을 통해 확인할 수 있다(Fig. 4-19). 신장율은 전체적으로 초기에는 점차 증가하여 처리후 30일경 최대를 나타낸 다음 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 한편, 신장율은 최대를 나타낸 30일 이전 초기단계에서 처리간 차이를 극명하게 볼 수 있는데, 5매엽수가 1개인 삽목묘에서 신초신장율이 가장 낮게 나타났고, 3매이상에서는 큰 변화없이 1, 2개에 비해 높게 나타났다.

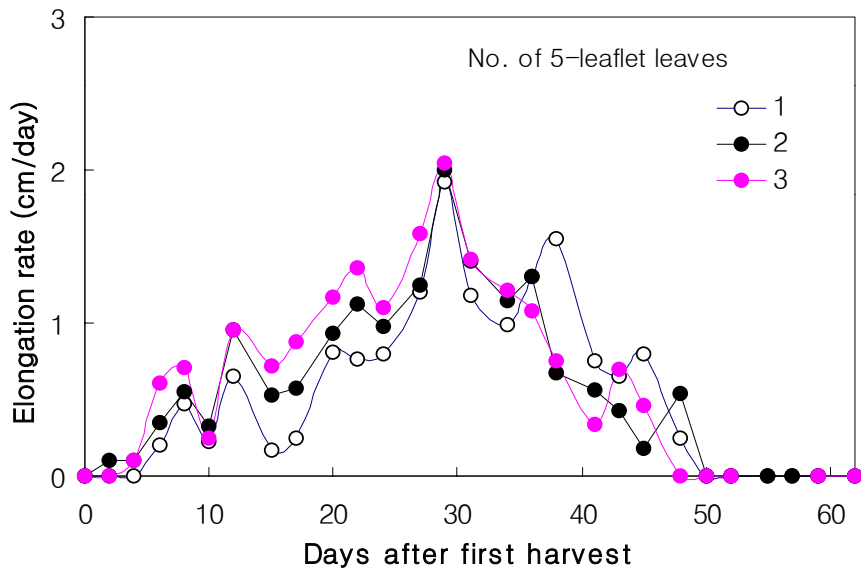


Fig. 4-19. Elongation rate of second shoots from mother plants 'Teresa' with different number of five-leaflet leaves after harvesting of the first shoot. n=24.

3) 품종별 재화절위에 따른 엽 이용 효율

품종별 재절화를 위한 5매엽수 처리시 엽면적을 기준으로 절화장 및 절화중에 대한 엽 이용효율을 조사하였다. 그 결과 세 품종 모두에서 일별 단위 엽면적(cm^2)당 줄기 신장량은 처리 엽수가 적을수록 높게 나타났다. 롯데로즈와 테레사 품종들의 줄기신장에 대한 엽이용효율은 거의 비슷하였고, 5매엽을 1개 남겨 두었을 때 줄기신장에 대한 엽이용효율은 20mm로 3개 이상을 남겨두었을 때의 평균 8mm에 비해 두 배 이상을 나타냈다. 또한 두 품종 모두 5매엽이 3개 이상인 처리간에는 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 4-20). 한편, 비탈품종의 줄기 신장에 대한 엽이용효율은 다른 두 품종에서 보다 두배이상 높아 5매엽수가 1개일 때 43mm였으며, 5매엽수가 3개일 때 14mm로 감소하는 등 잔엽 엽수가 적을수록 줄기신장에 대한 엽이용효율이 현저히 증가하였다.

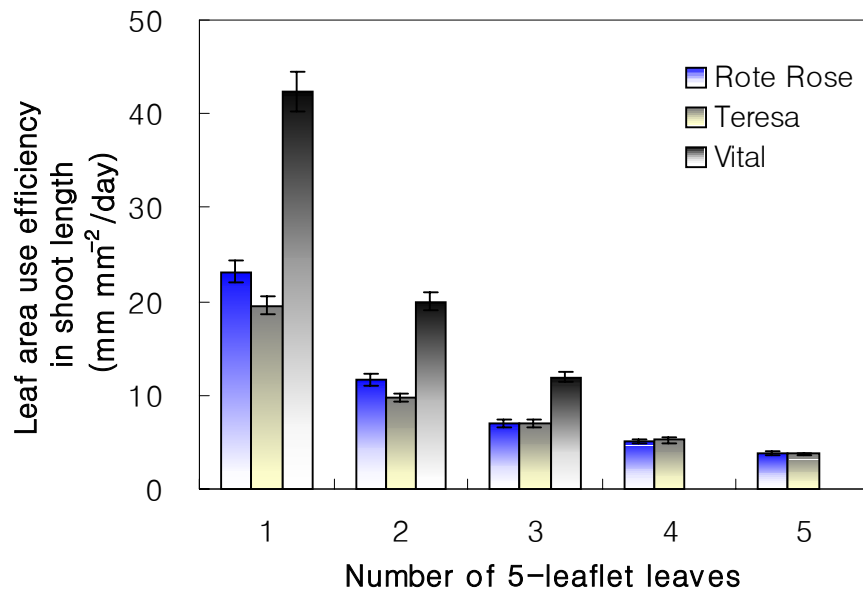


Fig. 4-20. Leaf area use efficiency in second shoot elongation of mother plants to the number of five-leaflet leaves after harvesting of the first shoot. Vertical bars represent the standard error of 5% SD (n=24).

또한 절화 생체중에 대한 엽 이용효율을 살펴보았다(Fig. 4-21). 그 결과 처리간 변화는 줄기 신장에서와 같은 경향을 나타내어 잔여 엽수가 적을수록 효율이 높았다. 품종별로는 역시 비탈품종이 5매엽 1개처리에서 16mg으로 가장 높았고, 다음으로 롯데로즈(12mg), 테레사(8mg)순으로 나타났으며, 역시 세품종 모두 잔여 5매엽수가 3개 이상에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

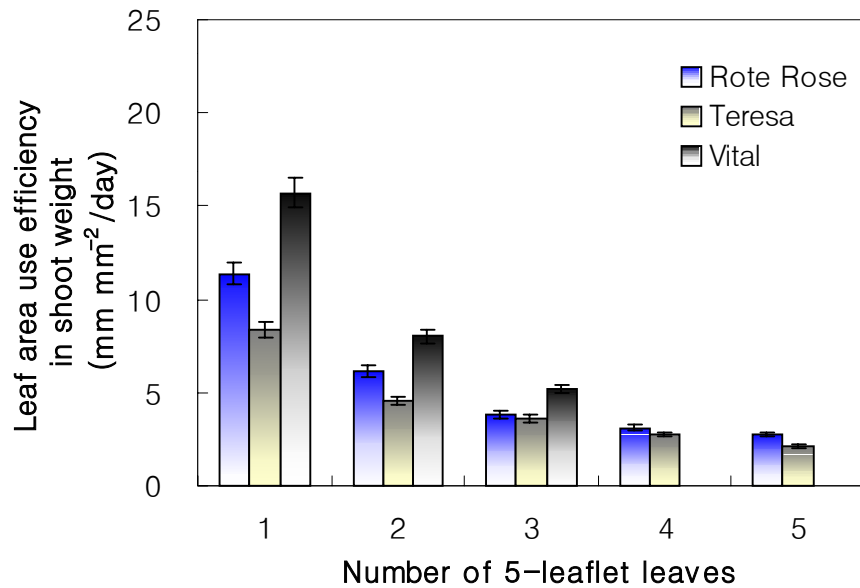


Fig. 4-21. Leaf area use efficiency in second shoot fresh weight of mother plants to the number of five-leaflet leaves after harvesting of the first shoot. Vertical bars represent the standard error of 5% SD (n=24).

이상과 같이 채화절위별 2차 신초의 재생력을 평가한 결과, 재절화를 위해서 롯데 로즈와 테레사와 같은 품종에서는 3매이상의 5매엽을 남기는 것이 재절화를 위해 유리하며, 비탈과 같이 생육이 우수하고 줄기신장이 잘 이루어지는 품종은 2개의 5매엽만을 남기는 것으로도 충분할 것으로 판단되었다.

4. 공장생산시스템에서의 수확 횟수 구명

가. 재료 및 방법

시험품종으로는 채화절위별 재생력 평가시험에서 다른 품종에 비해 우수한 성장량을 보인 대형계통인 비탈을 이용하였다. 삼목방법은 앞 실험에서와 같이 1개의 5매엽

이 달린 삽수(시험용 삽목묘)를 조제하여 2001년 12월 3일에 암면 cube(7.5×7.5×6cm, grodan)에 삽목한 후 Ebb & Flow 방식으로 배양액이 공급되는 bench 위에 올려놓았다(Fig. 4-22). 삽목후 발근 전까지는 원수만을 공급하였고 발근 후부터 신초생장 중인 현재까지 서울시립대 장미순환식배양액 처방을 이용하여 EC 0.8~1.5 dS · m⁻¹, pH 5.8의 배양액을 일일 3~6회 공급하였다. 야간온도는 삽목후 신초발아 전까지는 20℃, 신초발아 이후에는 18℃ 내외로 유지되도록 하였다.

수확은 4회까지 실시하였고, 2회이상 수확하는 경우에는 채화절위를 신초 기부로부터 2개의 5매엽을 남기는 것으로 고정하였다. 수확횟수별 절화생장량 및 절화수량을 조사하였는데, 1회 수확 처리의 경우는 삽목묘에서 새로운(1차) 신초가 발생된 후 이 신초의 정단부에 있는 꽃봉오리가 착색되면 신초 기부를 절단하여 절화생장량을 조사하였다. 2회 수확 처리의 경우는 삽목묘에서 1차 신초가 발생된 후 이 신초의 정단부에 있는 꽃봉오리가 착색되면 신초 기부로부터 두 번째에 달려있는 5매엽 위 5cm 부분을 절단하고 절단된 신초는 절화생장량을 조사(1회 수확)하며, 또 두 개의 5매엽에서 각각 2차 신초가 발생되어 꽃봉오리가 착색되면 신초 기부를 절단하여 절화생장량을 조사(2회 수확)하였다. 3회 수확 처리의 경우는 1회 수확까지는 2회 수확 처리와 동일하게 실시하지만, 그 후 두 개의 5매엽에서 각각 2차 신초가 발생되어 꽃봉오리가 착색되면 신초 기부로부터 두 번째에 달려있는 5매엽 위 5cm 부분을 절단하고 절단된 신초는 절화생장량을 조사(2회 수확)하며, 또 두 개의 5매엽에서 각각 3차 신초가 발생되어 꽃봉오리가 착색되면 신초 기부를 절단하여 절화생장량을 조사(3회 수확)하였다. 마지막으로, 4회 수확 처리의 경우는 2회 수확까지는 3회 수확 처리와 동일하게 실시하지만, 두 개의 5매엽에서 각각 2차 신초가 발생되어 꽃봉오리가 착색되면 신초 기부로부터 두 번째에 달려있는 5매엽 위 1cm 부분을 절단하고 절단된 신초는 절화생장량을 조사(3회 수확)하며, 또 두 개의 5매엽에서 각각 4차 신초가 발생되어 꽃봉오리가 착색되면 신초 기부를 절단하여 절화생장량을 조사(4회 수확)하였다. 모든 처리에서 절화생장량을 조사할 때 신초 기부에 발생한 맹아지(blinding shoot)는 모두 제거하고, 또 기부에서 발생되었다 하더라도 절화지인 경우는 수확하여 절화생장량을 조사하였다.



Fig. 4-22. Growth responses of the first shoot of single-node cuttings (*Rosa hybrida* L. 'Vital') in the experiment for optimum harvest position to recycle single-node cuttings (right) and for the economical times of harvest in single-node cuttings (left).

나. 결과 및 고찰

1) 수확횟수별 삽목묘의 개화속도

앞의 채화절위별 재생력 평가시험을 통해서 다른 품종들에 비해 비탈품종이 공장생산용으로 보다 적합한 특성을 가지고 있었으며, 재절화를 위해서는 적어도 2매 이상의 5매엽을 남겨두는 것이 절화 생산에 유리한 것으로 나타났다. 따라서 삽목묘의 경제적인 수확횟수 구명 시험에서는 비탈 한 품종만을 가지고 삽목 후 순서대로 1~4회 까지 수확을 실시하였다. 이 때 1회 수확하는 경우 신초의 기부를 절단하여 조사를 하였고, 2회 수확의 경우 1회때는 신초의 기부에 5매엽 2매를 남기고 수확하였기 때문에 1회 수확만 하는 신초에 비해 절화시 길이가 감소하였다. 이것은 3~4 수확에서도 동일하게 적용되었다.

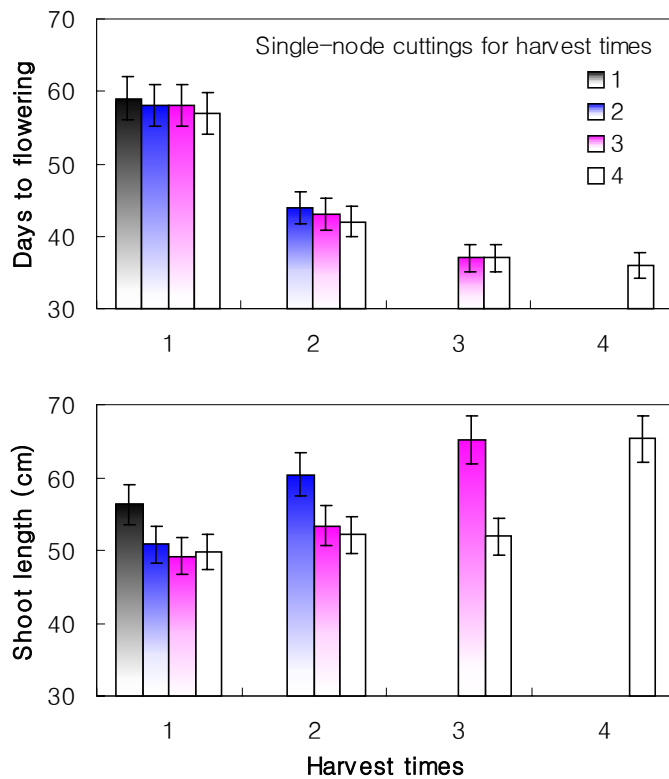


Fig. 4-23. Comparison of the number of days to flowering (upper) and cut flower length (lower) of first, second, third, and fourth shoots from mother plants (*Rosa hybrida* L. 'Vital') propagated by single-node cutting (SNC). Vertical bars represent the standard error of 5% (n=34).

수확횟수에 따른 개화소요일수와 절화 길이는 Fig. 4-23과 같다. 먼저 개화소요일수의 경우 절화 횟수가 많아질수록 현저히 감소되었다. 식물공장생산시스템에서 삼목실을 별도로 두어 관리할 경우 삼수가 발근 혹은 발아되었을 때 정식 하므로 본 시험에서 역시 삼목부터 개화소요일수를 조사할 때 발아일을 기준으로 하였다. 그 결과 삼목후 1차 신초가 발아, 개화하는 기간은 58일 전후로 매우 높았으며 그 이후 2회, 3회, 4회까지 개화소요일수는 각각 평균 44일, 37일, 36일로 현저히 감소하였다. 수확횟수별 절화 길이의 경우 개화소요일수와는 반대의 결과를 얻을 수 있었다. 즉 수확횟

수가 많아질수록 절화 길이는 길어졌다. 특히 수확횟수가 남은 삼목묘의 경우 절화 길이가 50cm를 갓 넘은 반면 그 횟수가 마지막인 경우에는 평균 56cm, 60cm, 65cm, 65cm로 횟수가 증가될수록 증가하였으나, 3회 이후에는 65cm로 별다른 증가가 없었다.

2) 수확횟수별 절화 성장량변화

수확횟수별 절화의 성장량을 조사하였다(Table 4-9). 절화 길이는 앞서 언급한 바와 같이 연속해서 여러 차례 수확을 할 경우 마지막 수확 시기를 제외하고는 평균 50cm 정도의 비교적 짧은 절화를 얻는 단점이 나타났고, 1~4회 수확까지 평균 절화 길이는 55cm로 나타냈다. 꽃잎수는 수확횟수에 상관없이 24개로 다소 적게 나타났으나, 편차가 비교적 높게 나타났다. 2~4회까지 각각 연속 수확 예정인 삼목묘에서 각 횟수별 엽면적은 신초의 기부까지 절단하는 마지막 횟수를 제외하고는 횟수간 큰 차이를 보이지 않았다. 오히려 수확 횟수의 평균 엽면적은 1회 수확시 556cm², 2회 수확시 515cm², 3회 수확시 485cm², 4회 수확시 478cm²로 일정하게 감소하는 특징을 보이고 있다. 수확횟수별 절화의 생체중과 건물중 역시 엽면적과 같은 경향을 나타내고 있으므로, 삼목묘를 연속해서 여러 차례 수확하는 경우 절화의 생체중, 엽면적 등 절화의 품질은 다소 감소하고 있음을 알 수 있다.

앞서 수확횟수별 개화소요일수 및 각 횟수별 절화 길이, 무게, 엽면적과 같은 품질요소를 조사하였다. 그 결과 한 삼목묘를 연속해서 여러차례 수확할 경우 절화길이 및 무게와 같은 절화품질은 다소 감소하지만 절화생산속도가 빨라지는 장점을 보여주었다. 따라서 여기에서는 수확횟수에 따른 절화생산성을 일년을 기준으로 하여 상대적인 평가를 시도하였다. 특히 수확소요일수 및 횟수별 주당 절화 생산량을 기준으로 한 연간 수확횟수와 주당 생산량은 수확횟수 처리간 상대적 비교가 가능하였다(Table 4-10).

삼목묘의 연속 수확횟수별 각각의 연간 수확가능 횟수는 삼목묘를 1회 수확 후 재사용을 하지 않을 경우 년 평균 6.2회 수확이 가능하였으며, 2회까지 수확을 할 경우에는 연간 6.3회, 3회까지 사용할 경우에는 연간 6.8회, 4회까지 사용할 경우에는 7.2회 수확이 가능하여 삼목묘의 수확횟수가 많을수록 연간 수확가능 횟수도 증가하는 것으로 나타났다.

Table 4-9. Growth responses of flowering shoots of single-node cutting rose plants 'Vital' in relation to the harvest times. The number of five-leaflet leaves in a mother plant maintained 2 leaves per stem on harvesting. The values are mean±standard error(n=34).

Varieties	Continuous harvest times	Harvest orders	Length of flowering shoot (cm)	No. of petals	Leaf area (cm ² /shoot)	Fresh weight (g/shoot)	Dry weight (g/shoot)	
Vital	1	1	56.3±7.1	24.8±5.5	556±144	21.6±4.6	5.6±1.9	
		2	50.8±7.6	24.7±3.5	499±142	20.2±4.6	5.1±2.0	
	2	1	60.4±8.8	24.5±3.3	530±141	25.3±5.4	5.6±1.6	
		2						
		Mean	55.6	24.6	515	22.3	5.4	
	3	1	1	49.2±6.5	24.3±3.3	488±127	19.4±3.9	4.6±1.6
			2	53.4±8.5	24.0±4.3	452±136	22.2±5.6	4.0±2.3
			3	65.2±5.4	23.6±4.3	516± 78	22.0±4.6	5.7±1.4
		2	1					
			Mean	55.9	24.0	485	21.2	4.8
	4	1	1	49.8±7.4	24.3±3.8	493±151	19.5±4.9	5.0±2.0
			2	52.1±9.1	24.0±4.1	459±152	22.2±5.6	4.2±2.6
			3	51.9±4.1	24.2±2.1	444± 83	18.4±3.3	5.1±1.1
			4	65.2±5.4	23.6±4.3	516± 82	22.0±4.6	5.7±1.4
		2	Mean	54.8	24.0	478	20.5	5.0

3) 수확횟수별 연간 생산성 평가

Table 4-10. Expected year-round production potential of casual flowers from single-node cutting rose plants 'Vital' according to recycling of single-node cuttings. n=34.

Varieties	Continuous Harvest times	Harvest orders	No. of flowers (per plant)	Days to final harvest	Feasible harvest times (per year)	Expected year-round cut flowers (per plant)	
Vital	1	1	1.00	59	6.2	6.2	
	2	1	1.00	58			
		2	1.53	57(13) ^z			
			Total	2.53	115	6.3	8.0
	3	1	1	1.00	58		
		2	2	1.52	59(16)		
			3	2.00	43(6)		
				Total	4.52	160	6.8
	4	1	1	1.00	57		
		2	2	1.53	58(12)		
			3	1.94	44(7)		
		4	4	1.94	43(6)		
					Total	6.41	202

^zNumber of days to bud break after former harvest.

수확횟수별 주당 생산량을 조사하였다. 먼저 수확횟수별 주당 수량은 수확횟수가 1회에서 4회까지 증가할수록 1.0에서 6.41로 많아졌으며, 삽목묘를 연속해서 4회 수확할 경우 1~4회까지 각각 주당 1.0, 1.53, 1.94, 1.94본의 절화를 생산하였다. 이 때 3회 수확 이후에는 증가되지 않는 것이 흥미로웠다. 따라서 수확횟수별 연간 수확가능한 주당 절화량은 삽목묘를 1회 수확후 재사용을 하지 않을 경우 6.2본, 2회 사용할 경우

8.0본, 3회까지 재사용할 경우 10.3본, 4회까지 재사용할 경우 11.5본으로 나타나서 4회까지 재사용할 경우 1회 사용 후 재사용하지 않는 경우보다 거의 두배 정도 생산량이 증가되는 것을 알 수 있다. 따라서 재사용 횟수를 많이 할수록 생산량의 증대효과는 당연한 결과라고 판단된다. 하지만 절화길이나 무게와 같이 절화 품질 면에서 수확횟수 증가에 따른 약간의 감소가 예상된다. 또한 재절화시 채화절위가 조금씩(5cm 정도) 상승하게 되는데 4회 수확시에는 지체부로부터 20cm 높이에서 수확이 이루어져서 실제 절화생산시 신초의 초세관리가 문제가 될 것으로 예상되었고, 본 실험에서도 3, 4회 수확시에는 신초가 도복되는 현상이 발생하여 초세관리의 어려움이 나타나기도 하였다. 이상의 실험 결과에서 식물공장용 삼목묘의 경제적인 수확횟수는 연간 생산량과 절화 품질을 고려할 때 3~4회가 적합한 것으로 판단되지만, 식물공장 생산시스템의 생산방식 및 환경조절 정도에 따라서 다소 영향을 받을 것으로 판단된다.

5. 생산성 극대화 종합 재배기술 체계 확립

장미에 대한 국제적 기호도가 화색의 다양화와 크기의 소형화 방향으로 빠르게 진행되어 감에 따라 현재의 장기재배방식은 그에 대한 대응이 느려 효율성이 점점 낮아지고 있다. 이에 미국, 네덜란드, 벨기에 등의 화훼재배 선진국에서는 기존의 장기재배방식에 대한 새로운 재배방식의 하나로 단경삼목(SNC, single-node cuttings)을 이용한 식물공장형 고도생산재배방식의 개발을 추진하고 있는데, 이러한 재배방식은 기존의 장기재배방식보다 출하가능한 절화를 수확하는데 필요한 절화수확소요일수가 짧기 때문에 단기간에 규격화된 절화를 저렴한 가격으로 대량생산할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

본 연구에서도 장미 공장생산시스템에 적합한 고도생산기술을 개발하고자 시험을 수행하였는데, 1차년도에는 모수의 생육단계, 삼목 채취마디, 삼수의 엽면적에 따른 단경삼목의 발근 및 신초 발아, 그리고 신초 개화특성을 조사하여 단경삼목의 잠재생산성을 검증하였고, 또 일별 단경삼목 성장변화 특성 및 2차 개화시 재식간격별 단경삼목 개화반응을 조사하여 단경삼목의 생육단계별 적정 재식밀도를 구명하였다.

2차년도에는 재절화기술 확립을 위한 채화절위별 재생력 평가와 공장시스템에서의

경제적인 수확횟수를 구명하였다. 3차년도에는 장미 공장생산묘의 절화 품질 향상을 위한 지상부 및 지하부환경을 토대로한 잠재생산성을 평가하였고, 이를 토대로 장미 공장생산묘의 최적 재배모델을 제시하고자 하였다.

가. 재료 및 방법

본 연구는 2002년 8월부터 2003년 7월까지 농촌진흥청 원예연구소 시험포장 내에 있는 인공기상조절실(2×1.8×2.4m)과 시험용 PC온실(6×10m²)에서 수행하였다.

1) 장미 공장생산묘 절화품질 향상 연구

시험품종으로는 대형계통인 비탈('Vital')을 이용하였고, 1개의 5매엽이 달린 삽수(시험용 삽목묘)를 조제하여 암면 block(7.5×7.5×6cm, grodan)에 삽목한 후 ebb and flow 방식으로 배양액이 공급되는 bench 위에서 삽목, 발근시킨 후 제작한 간이 recycling system(1×0.3×0.2m)에 각각 8개의 발근묘를 정식한 다음 광, 온도, 탄산가스 등이 조절되는 인공기상조절실(2×1.8×2.4m)로 옮겨 시험을 수행하였다(Fig. 4-24).

본 시험은 주구로 광강도 2수준, 세구로 일장 2수준, 세세구로 양액 무기이온농도(EC) 2수준으로 설계되었다. 4개의 인공기상실중 2개를 강광도구로 배치하고 각 광도 수준에서 2개의 기상실은 각각 일장 16시간과 12시간으로 구분하였다. 이때 기온관리는 주간 23±1℃, 야간 18±1℃로 유지되었으며 탄산가스는 모두 400±20ppm으로 유지되었다(Fig. 4-25).

각 광처리구내 3개의 recycling system(1×0.3×0.2m)을 배치하고 배양액 농도처리를 달리하였다. 배양액은 화란순환식(PPO, 1S : EC 0.7)처방을 기본으로 하여 각각 1S, 3S로 처리하였으며 각각의 전기전도도(EC, dS/m)는 0.7, 2.1로 유지되었다. 정식 후 1주일 간격으로 새로운 배양액으로 교체하였으며, 교체시 양액흡수량 및 EC, pH 변화를 조사하였다.



Fig. 4-24. Cuttings by single stem and growing of single stem roses at recycling systems.



Fig. 4-25 Growing of single stem roses in growth cabinets.

2) 장미 공장생산묘 최적 재배모델 개발

시험품종으로는 대형계통인 비탈을 이용하였고 삽목방법은 앞 실험에서와 같은 방법으로 실시하였다. 삽목후 발근 전까지는 원수만을 공급하였고 발근 후부터 신초생장기에는 화란순환식(PPO, 1S : EC 0.7) 처방을 이용하여 생육단계별로 EC 0.8~1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH 5.8의 배양액을 공급하였다. 야간온도는 삽목후 신초발아 전까지는 20℃, 신초발아 이후에는 18℃ 내외로 유지되도록 하였다(Fig. 4-26).

본 시험은 재배시스템과 재식간격을 달리하여 시험을 수행하였으며, 재배시스템은 DFT방식과 간이 ebb&flow방식으로 구분하였으며 각각 재식간격을 7.5×15cm와 15×15cm로 구분하여 비교하였다. 절화생육조사는 기존시험과 동일하게 수행하였다. 그림 3에서와 같이 제작시스템을 이용하여 시스템별 배양액공급방식을 달리하였다(상단, 좌측). 재배방법은 지난 1, 2년차 시험에서 우수한 결과를 보인 조건을 토대로 작성하였고 하나의 시스템내 재식간격처리구를 두어 재배방식에 대한 시험오차를 최소화하고자 하였다(Fig. 4-27).



Fig. 4-27. 시스템내 재식간격처리 실험 전경

나. 결과 및 고찰

1) 장미 공장생산묘 절화품질 향상 연구

가) 처리별 광환경 특성

본 시험은 주구로 광강도 2수준, 세구로 일장 2수준, 세세구로 양액 무기이온농도 (EC) 2수준으로 설계되었다. 4개의 인공기상실은 각각 순서대로 저광+16시간일장(GC 1), 저광 12시간일장(GC 2), 고풍+16시간일장(GC 3), 고풍+12시간일장(GC 4)으로 설정하였다. 이때 주구 및 세구인 각 인공기상실의 광환경은 일일누적일사량의 경우 GC 1은 $3.294\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, $2.471\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, $4.464\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, $3.483\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 나타나 각각 GC 3을 기준으로 GC 4는 75%, GC 1은 71%, GC 2는 53%의 광조건이 유지되었다(Fig. 4-27).

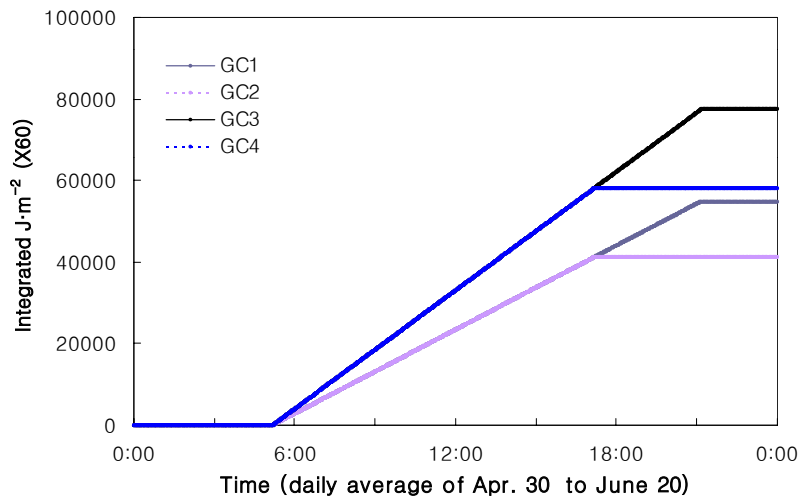


Fig. 4-27. Daily integrated irradiation in 4 treated growth cabinets.

나) 광강도, 일장, 배양액 무기이온농도에 따른 배양액 농도변화 특성

1주일 간격으로 배양액을 교체하며 배양액의 EC변화를 측정된 결과, 광강도, 일장, EC수준 모두 변화에 영향을 미쳤다(Fig. 4-27). 광강도가 낮은 조건에서는 일장이 길수록 변화폭이 크게 나타났고, 특히 저농도인 EC 0.7수준에서는 거의 변화가 없는 반면 EC 2.1 수준에서 다소 높아졌다. 한편 광강도가 높은 조건에서는 일장에 대한 영향은 크게 나타나지 않았으며 농도간의 차이만 보여주었다. 한편 생육시기별로 살펴보면, 정식후 28일 이후부터 급격히 변화하여 EC 2.1수준에서는 1주일동안 급격하게 상승하는 것을 알 수 있으나 저농도인 EC 0.7수준에서는 큰 변화를 보이지 않고 안정적으로 유지되는 것으로 나타났다. 이것은 신초의 성장량이 급격히 증가하면서 양수분흡수량이 늘어났기 때문으로 판단되며 특히 광강도가 높았던 조건은 실제 누적광량으로 살펴볼 때 일장처리에도 불구하고 광강도가 높은 처리구에서 높게 나타났으며 이것이 생육과 밀접한 관계가 있는 것으로 볼 때 광강도, 일장, 농도간 차이발생은 성장량을 함께 비교분석함으로써 해석이 가능할 것으로 판단되었다. 산도의 변화는 일반적으로 EC가 상승함에 따라 산도는 감소하여 EC반응과 반대경향을 나타냈다.

다) 광강도, 일장, 배양액 무기이온농도에 따른 양액흡수 효율

1주일 간격으로 배양액을 교체하며 배양액의 흡수량을 조사한 결과, 전체적으로 증가하는 경향을 같았지만, 광강도와 농도에 따라 다소 차이를 보이고 있다(Fig. 4-28). 저광도에서 보면 일장이 길수록 양액흡수량이 많았고 또한 EC가 높은 수준에서 많은 것으로 나타났다. 특히 일장이 짧고 저농도인 처리의 경우 현저하게 흡수량이 감소하였다. 한편, 고광도에서도 역시 일장이 길수록, EC수준이 높을수록 흡수량이 현저히 증가하였다. 특이한 것은 저광도에서보면 정식후 20~26일을 기점으로 EC 수준별 양액흡수량의 역전현상이 나타나며, 고광도에서는 22~30일사이에 이러한 현상이 나타났다. 이는 생육초기에는 낮은 EC수준이 생육에 제한요인으로 작용하지 않는 반면 생육 중기 이후부터는 제한요인으로 작용하고 있음을 알 수 있으며 특히 저농도에 비해 고농도에서 흡수량이 현저한 것이 이를 뒷받침해주고 있다.

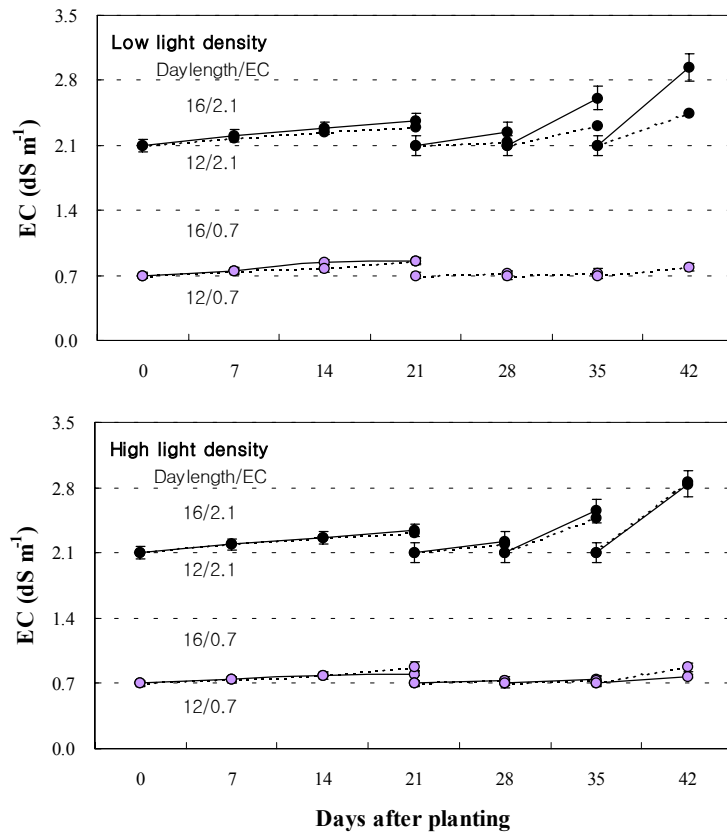


Fig. 4-27. Changes of electrical conductivity of recycling nutrient solution for roses at different levels of EC and light length under two light intensity. Vertical bars indicate standard error.

한편 본 실험은 각 처리별로 광환경을 달리하였으므로 생육시기별 주당 배양액 흡수량에 대하여 기준광량을 기준으로 다시 분석하였다. 이것은 기준광량에 대하여 처리별로 주당 배양액 흡수량에 대한 효율을 분석하고자 실시하였다. 그 결과 먼저 광조건을 배제하고 EC 수준만을 비교한 결과가 Fig. 4-29와 같다. 앞서 Fig. 4-28에서의 결과와 마찬가지로 생육단계별로 배양액흡수량은 증가하였으나, 35일 이후 다소 감소하는 경향을 나타냈으며 오히려 EC 수준이 낮은조건에서 단위 광량에 대한 양액 흡수 효율은 높게 나타났다.

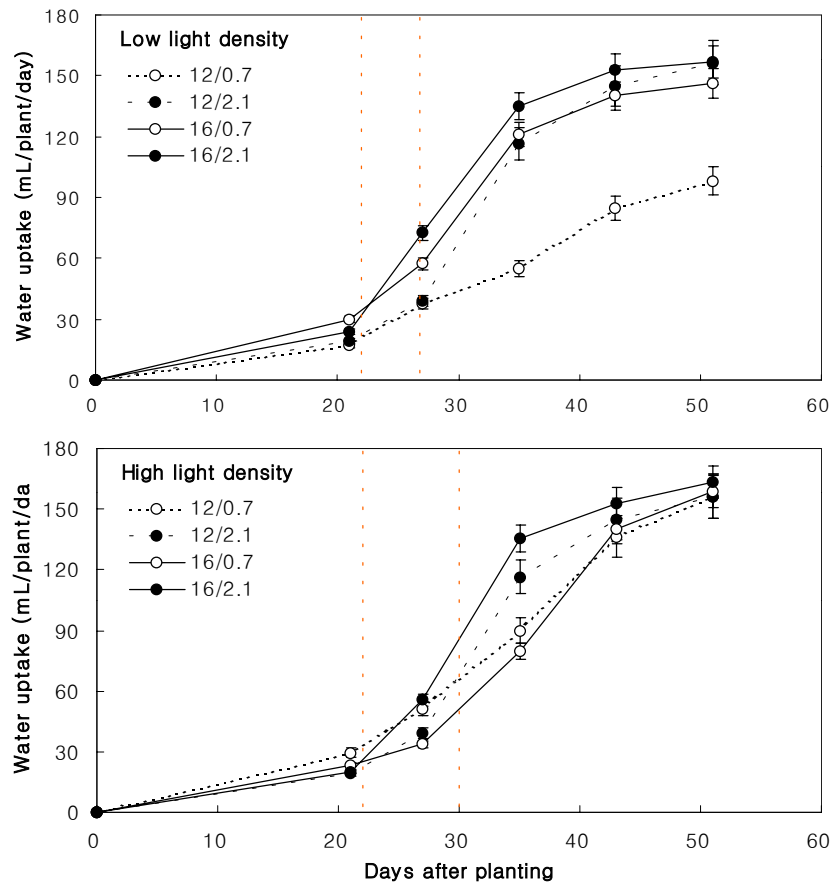


Fig. 4-28. Changes of water uptake at different levels of EC and light length under two light intensity. Vertical bars indicate standard error.

EC 0.7수준이 EC 2.1수준에 비해 평균 6~8% 높았다. 이는 저농도에서 근권부의 삼투압과 관련하여 뿌리의 흡수 스트레스가 상대적으로 낮기 때문인 것으로 판단된다. 이것은 장미 전 생육기간동안 동일한 반응으로 나타나고 있다. 한편, 생육 후기에 배양액흡수량이 감소하는 것은 화아가 형성된 이후에 더 이상의 잎의 재분화가 이루어지지 않으며 오히려 잎과 뿌리의 노화가 촉진되기 때문인 것으로 생각된다(Fig. 4-31).

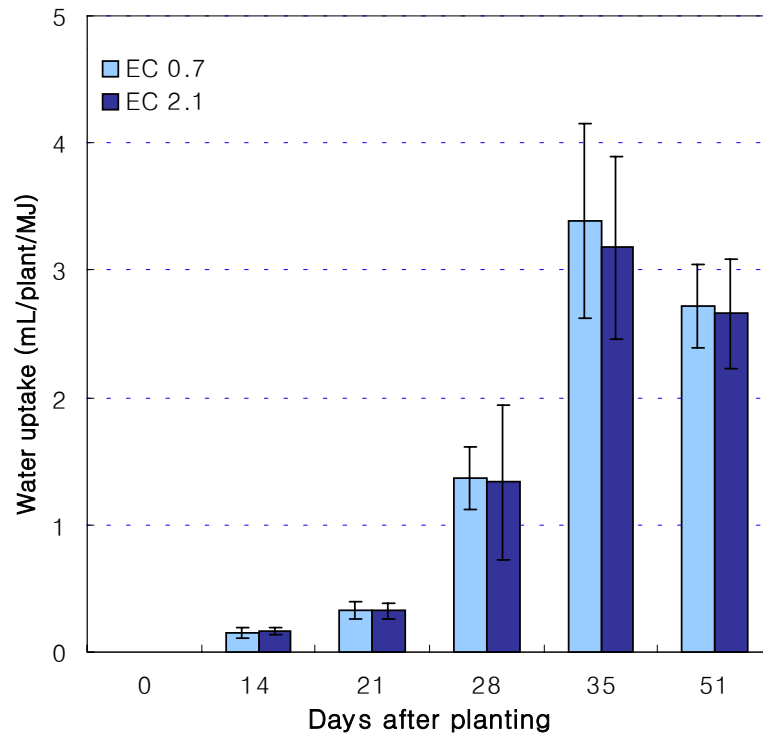


Fig. 4-29. Water uptake efficiency of a single stem rose at different levels of EC according to a unit integrated light (MJ) by plant growth stage. Vertical bars indicate standard error.

EC 수준과 달리 일장에 따른 즉 광량에 따른 배양액흡수효율을 분석하였다(Fig. 4-30). 그 결과 배양액흡수효율은 EC 수준과는 현저한 차이를 보였으며 특히 광환경이 우수할수록 현저한 증가를 보였다. 16시간 일장처리구가 12시간 일장처리구에 비해 배양액흡수효율이 3~5배이상 높았으며 여전히 생육단계에 따라 크게 변화하는 양상을 나타냈다. 이것은 전술한 바와 같이 신초의 생리적활성과 관련되는 것으로 판단되며 무엇보다도 배양액흡수효율과 관련하여 광환경의 중요성이 파악되었다.

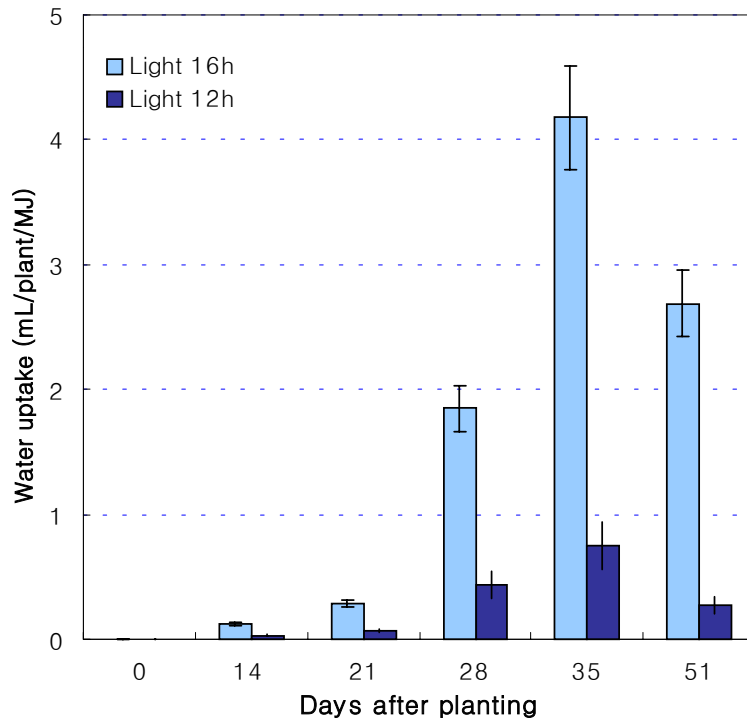


Fig. 4-30. Water uptake efficiency of a single stem rose at different levels of light length according to a unit integrated light (MJ) by plant growth stage. Vertical bars indicate standard error.

라) 광강도, 일장, 배양액 무기이온농도에 따른 신초생육 및 개화 특성

Fig. 4-31는 생육단계별 뿌리의 성장상태를 나타낸 것이다. 생육초기부터 신초 발육이 왕성한 생육중기까지는 뿌리상태가 매우 양호하지만 생육후기에는 대부분 활력을 잃는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞서 배양액흡수효율이 생육 최성기 이후 현저히 감소하는 원인임을 알 수 있다.



Fig. 4-31. Changes of root features of a single stem rose by growth stage (From left: 21, 35, and 51 after planting).

Table 4-11. Cut flower qualities from a single stem rose effected by light intensity, light length, and electrical conductivity of nutrient solution (planting of April 30 to harvesting of July 21).

Lighting intensity	Lighting length (h)	EC (dS/m)	Days to blooming	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)	No. of Leaves	Leaf area (cm ²)	Dry weight (g)
Low	16	0.7	49.4	53.09	4.89	38.58	10.57	555.37	9.13
	16	2.1	49.6	57.53	5.25	52.62	10.14	718.71	11.49
	12	0.7	54.2	57.30	4.64	34.77	11.20	614.84	7.79
	12	2.1	54.3	61.83	4.96	42.34	9.75	719.10	8.51
High	16	0.7	48.6	48.50	4.79	43.22	9.40	509.36	9.21
	16	2.1	45.8	54.44	4.54	55.07	9.25	567.69	11.17
	12	0.7	47.0	59.00	4.88	45.05	11.00	676.96	9.93
	12	2.1	49.6	65.14	5.01	52.01	9.86	792.10	10.48
<i>Significance</i>									
<i>Light intensity(A)</i>			ns ^z	ns	ns	*	ns	*	*
<i>Light length(B)</i>			*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Nutrient solution(C)</i>			ns	*	ns	*	ns	*	*
<i>(A)×(B)</i>			*	ns	ns	*	ns	*	*
<i>(B)×(C)</i>			ns	*	ns	*	ns	*	*
<i>(A)×(C)</i>			ns	*	ns	*	ns	*	*
<i>(A)×(B)×(C)</i>			*	*	ns	*	ns	*	*

^zNon-significant, mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

따라서 이때 양액관리 및 지상부 환경관리에 대한 새로운 아이디어가 필요하며 식물공장생산시스템에서 개화신초를 절화한 후 이와같은 뿌리의 활성이 급격히 감소할 가능성이 있으므로 이에 대한 대안마련이 필요할 것으로 판단된다.

11은 처리별 신초생육 및 개화특성을 나타낸 것이다. 개화소요일수는 저광도, 낮은 일장, 저농도 처리구에서 현저히 증가하며 이처리구는 다른 처리구에 비해 절화품질 역시 매우 열등한 것으로 나타났다. 한편 신초장, 생체중, 건물중, 엽면적등 절화품질 요소들은 광환경에 의해 크게 좌우되었는데, Fig. 4-32에서와 같이 엽록소함량에 있어

서도 광강도 수준에 따라 현저한 차이를 볼 수 있다. 또한 일장에 대해서도 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 특이한 점은 EC 수준의 영향이 매우 크게 나타났다는 점으로 앞으로 식물공장시스템에서 단경삼목묘를 이용하여 절화를 생산할 때에는 광, 온도, 습도와 같은 기상환경외에도 근권부 무기이온농도 환경에 대한 고려도 매우 중요할 것으로 생각된다.

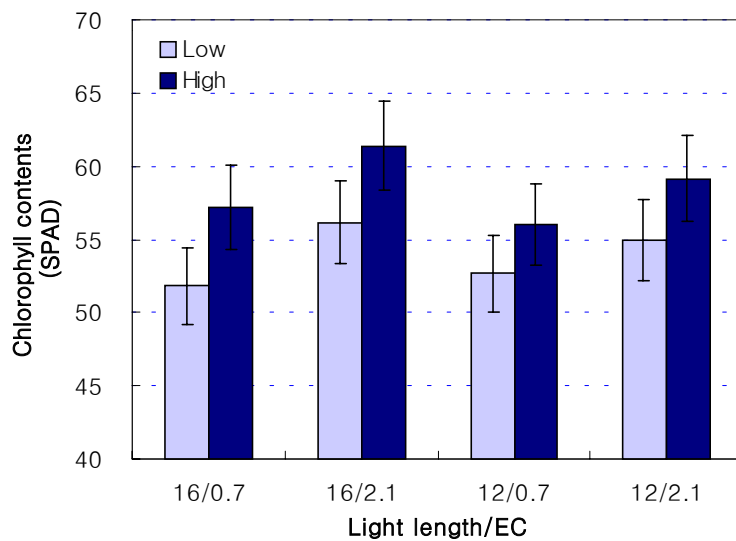


Fig. 4-32. SPAD values of 5-leaflets of single stem rose effected by different light intensity related to light length and EC levels. Vertical bars indicate standard errors.

처리별 물질분배를 살펴보았다. 생체중과 건물중을 이용하여 꽃, 줄기, 잎, 뿌리로의 분배특성을 살펴보았다. 건물의 경우 잎으로 약 40~45%, 꽃으로 20~25%, 줄기로 25%, 뿌리로 10%의 분배율을 나타냈다. 처리별로 보면 광조건 및 EC가 낮은 경우 꽃으로의 분배가 약 5% 감소하는 반면 오히려 잎으로의 분배가 증가되었으며 이때 줄기나 뿌리로의 분배비율 변화는 없었다. 따라서 광환경과 함께 EC 조건은 꽃의 품질에 중요한 제한 인자로 판단되었다. 한편 생체중 대비 건물비율은 꽃의 경우 19.4%, 잎의 경우 29.4%, 줄기는 34.7%, 뿌리의 경우 8.4%로 처리간 차이를 보이지 않았다 (Fig. 4-33).

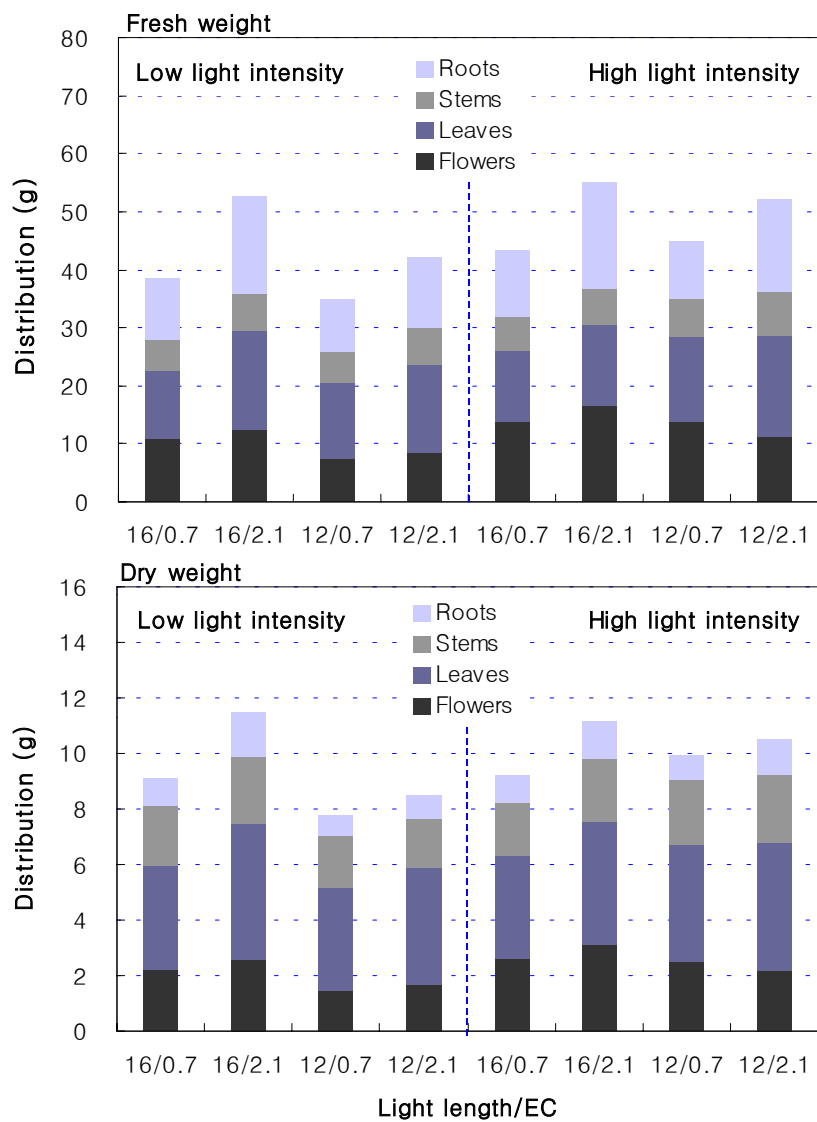


Fig. 4-33. Distribution of fresh and dry mass of a single stem rose effected by different light intensity related to light length and EC levels.

마) EC 수준에 따른 단경삼목묘의 광이용효율(Radiation use efficiency)

본 실험을 통해서 광환경의 중요성과 더불어 절화품질에 대한 EC 수준의 중요성을 파악할 수 있었다. 처리별 일일 단위일사량당 건물축적률을 통해 EC 수준별 단경삼목묘의 광이용효율 인자를 분석하였다. 그 결과 EC 2.1의 경우 광이용효율은 0.521로 나타났으며, EC 0.7의 경우 0.446으로 EC 수준이 상대적으로 높은 처리에서 광이용효율이 높게 나타났으며 이는 절화생산면이나 양액흡수특성과 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 광이용효율을 이용한 EC의 영향을 보여주며 특히 추후 potential growth 분석에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

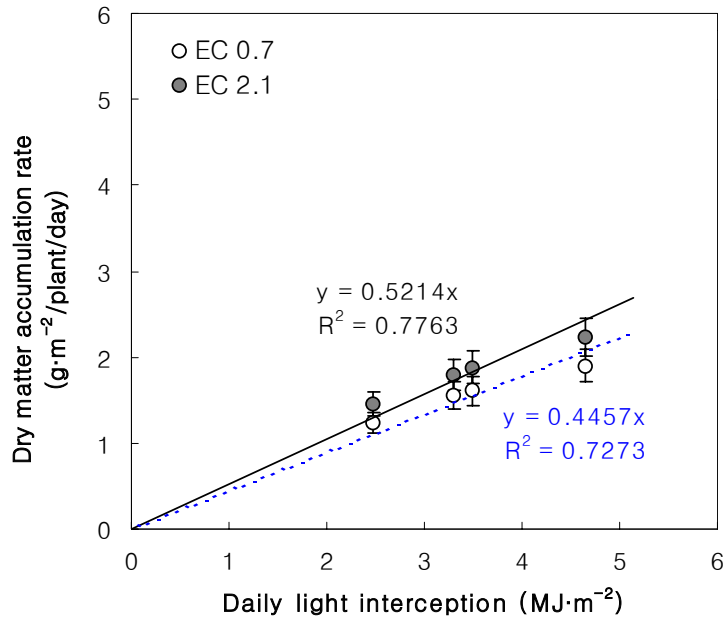


Fig. 4-34. Radiation use efficiency of single stem roses effected by different EC levels. Vertical bars indicate standard errors.

2) 장미 공장생산묘 최적 재배모델 개발

주구로 간이 재배시스템인 DFT(deep flow technique)방식과 ebb&flow방식과 세구로 재식간격을 각각 7.5×15cm와 15×15cm로 처리하여 비탈품종의 절화생육 및 수량, 구분하여 달리하여 시험을 수행하였다. 배양액관리는 정식후 교체없이 매일 pH와 EC만을 각각 5.8과 1.5로 관리 유지하였다. 그림 13은 ebb&flow방식에서 개화한 전경으로 주당 개화수는 1.3~2.2개로 정식간격에 영향을 받는 것으로 나타났으며 전체적으로 절화품질이 우수한 것을 알 수 있다.



Fig. 4-35. Blooming of single stem roses at ebb&flow irrigation system with different plant density.

재배방식별 개화생육 특성을 살펴보면 크게 DFT방식보다는 ebb&flow방식이 유리하였고, 재식간격에 있어서는 오히려 수량을 포함한 절화품질이 재식간격이 15×15cm로 넓은 것이 양호하였다. 1년차시험에서 화기출현을 기점으로 생육초기에는 7.5×7.5cm, 생육후기에는 7.5×15cm를 적정 재식간격으로 보고하였으나, 당시 품종에 비해 비탈품종은 생육이 빠르고 초장이 길어 오히려 좀더 넓은 간격에서 유리했던 것으로 판단된다. 따라서 추후 적정 재식간격은 품종특성에 따라 다르게 적용할 필요가 있을 것으로 생각된다.

절화수량의 경우 재배방식에 있어서 DFT방식보다는 ebb&flow방식에서 상대적으로 많았으며 재식간격이 넓을수록 증가하여 DFT방식의 경우 54%, ebb&flow방식에서는 46%가 증가하였다. 재식간격과 재식주수를 고려할 때 7.5×15cm가 15×15cm보다 2배의 재식주수를 가지기 때문에 산술적으로 유리할 수도 있을 것으로 판단된다. 하지만, 절화장, 절화중, 특히 건물중을 비교해보면 단경 삽목묘를 이용하므로 쉽게 도장 및 도복되는 식물공장생산시스템방식을 고려해볼 때 오히려 재식간격을 넓게하는 것이 유리한 것으로 판단되었다. 절화품질의 경우 재식간격효과는 DFT방식보다는 ebb&flow방식에서 현저하였는데, 절화장의 경우 전자에서는 큰 차이가 없었던 반면, 후자에서는 7%의 높은 증가를 보였고 절화중에서는 15%, 건물중에서는 17%의 증가를 보였다. 이상에서와 같이 DFT방식보다는 ebb&flow방식에서 전체적으로 촉진효과가 나타난 것은 DFT방식의 경우 담액관리에 따른 근권부 용존산소 공급과 근권온도 환경관리가 다소 어려웠던 반면 ebb&flow방식에서는 상대적으로 많은 용존산소공급으로 뿌리활력이 증가하여 같은 근권환경하에서도 지상부 생육이 좋았던 것으로 판단된다.

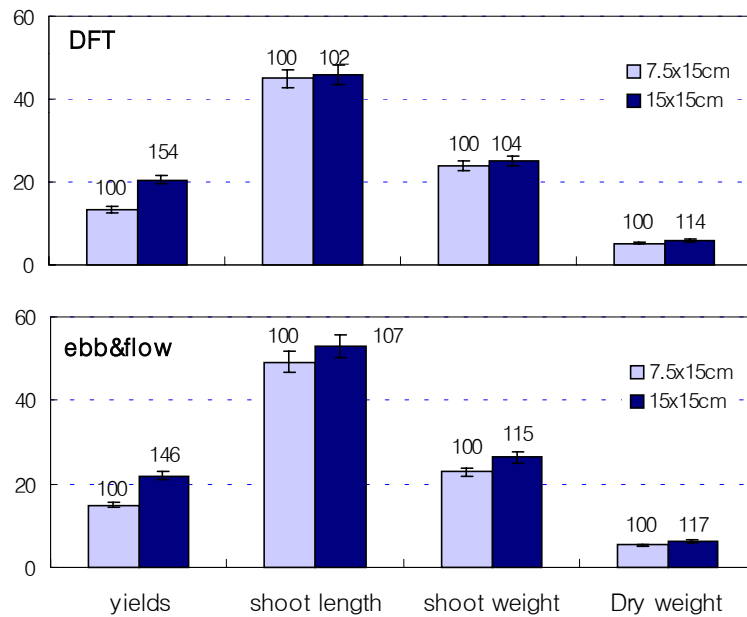


Fig. 4-36. Comparison of DFT and ebb&flow irrigation system to cut flower qualities and yields of number of shoots of single stem roses at different plant density. Vertical bars indicate standard errors.

장미 단경삽목묘로부터의 절화품질을 향상시키기 위해 광강도와 일장, 배양액 농도를 달리하여 시험한 결과, 누적광량이 많을수록 절화품질 및 개화소요일수가 현저히 늘어났으며 이러한 촉진효과는 배양액농도에 의해 배가되었다. 배양액 흡수량은 생육 단계별로 증가하였으면 정식후 20~30일까지는 저농도(EC 0.7)에서 생육에 이상이 없었던 반면 이후에는 제한요인이 되었다. 단위일사량당 양액흡수효율은 오히려 EC 수준이 낮을수록 광량이 높을수록 높게 나타났다. EC 수준별 광이용효율은 EC 0.7에서는 0.446인 반면 EC 2.1에서는 0.521로 향상되었다. 한편 재배방식의 경우 DFT방식 보다는 ebb&flow방식이 절화생산에 유리하였고, 비탈품종의 경우 재식간격을 15×15cm 로 한 것이 7.5×15cm가 보다 유리하였다.

6. 적요

장미 식물공장생산시스템에 적합한 삼수조건을 알아보고자 삼수채취시기, 채취부위, 삼수엽면적에 대한 발근 및 발아, 개화특성을 조사하였다. 그 중 엽면적이 발근, 발아, 조기개화 및 화아품질에도 직접적인 영향을 미쳤다. 엽면적과 더불어 삼수 채취부위가 많은 영향을 미쳤는데, 주로 기부쪽에서 개화율과 절화품질이 우수하였다. 엽면적과 채취부위를 고려한 적정 삼수채취방법은 화기에서 기부방향으로 4~6번째 마디에 5매엽 있을 소엽제거 없이 그대로 두는 것으로 나타났다.

삽목 후 신초생육을 고려할 때 재식간격은 엽면적지수가 1 이상이 되는 정식후 4주(28일) 전후를 기점으로 이전에는 7.5×7.5cm로 이후에는 7.5×15cm가 적당하였다.

삽목묘의 재사용을 목적으로 1차 신초개화시 적정 체화절위는 5매엽을 3매 남기는 것으로 나타났으며 품종에 따라서는 2개의 5매엽만으로도 충분하였다. **삽목묘의 경제적인 수확횟수**는 연간 생산량과 절화 품질을 고려할 때 3~4회 사용하는 것이 경제적으로 분석되었으며 이것은 생산시스템의 생산방식과 환경조건에 대한 잠재생산력의 평가를 필요로 하였다.

삽목묘로부터의 절화에 대한 품질을 향상시키기고자 광강도와 일장, 배양액 농도에 따른 시험을 수행하였다. 그결과 광강도 및 일장간의 차이보다는 전체적으로 투입된 광에너지가 신초 개화생육과 품질에 큰 영향을 미쳤으며, 이와 같은 촉진효과는 배양

액의 무기이온농도를 상대적으로 높여줌으로써 배가되었다. 따라서 높은 광투입과 EC $2.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 고농도 무기이온 공급은 양액흡수 효율 및 생장을 현저히 증가시켰다. 특히 EC 수준별 광이용효율이 저농도(EC $0.7\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)에서는 0.446인 반면 고농도(EC $2.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)에서 0.521로 향상되었다. 재배방식의 경우 DFT방식보다는 ebb&flow방식이 절화생산에 유리하였고, 비탈품종의 경우 재식간격을 $15 \times 15\text{cm}$ 로 한 것이 $7.5 \times 15\text{cm}$ 가 보다 유리하였다.

제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연구 개발 목표의 달성도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	목 표 달성도
1 차 년 도 (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발된 연구결과가 국내 시설원예 산업에 얼마정도 기술적인 파급효과를 얻었는가? ○ 장미 공장생산시스템의 모델이 뛰어난 성능을 갖고 있는가? ○ 식물공장에 적합한 품종 선발이 충분히 이루어졌는가? ○ 완전 폐쇄형 식물공장의 배양액 및 관리 기술 개발이 우수한가? ○ 공장생산시스템에 적합한 묘생산 기술과 관련 연구가 우수한가? 	크 다 있 다 충 분 우 수 우 수
2 차 년 도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설원예 산업에 대한 파급효과는 큰가? ○ 공장생산시스템의 설계는 우수한가? ○ 공장시스템에 적합한 품종선발은 잘 이루어 졌는가? ○ 순환식 양액재배에서의 이온제어 기술개발은 충분히 이루어 졌는가? ○ 장미 생산성 극대화가 기술연구가 충분히 이루어 졌는가? ○ 공장생산성시스템의 환경 제어 연구가 이루어 졌는가? 	크 다 우 수 충 분 충 분 충 분 충 분
3 차 년 도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장미 공장생산시스템의 활용도와 산업화 가능성이 큰가? ○ 공장생산 전용 품종 선발 및 육성소재는 충분히 검토되었는가? ○ 공장생산시스템 환경제어 기술체계는 충분한가? ○ 장미 생산성 극대화기술이 이루어졌는가? 	크 다 충 분 충 분 이루어짐

제 2절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 측면

- 장미 식물공장에 적합한 품종선발
- 세계 첨단 폐쇄형 배양액 관리 기술 개발
- 장미 재배 농가의 환경제어 기술 및 배양액의 관리 기술 향상
- 21세기형 장미 고도생산 시스템 개발로 국제 경쟁력에서 유리한 고지 확보
- 한국형 장미 식물공장 모델 개발로 첨단 기술 집약형 원예 산업의 조기 달성
- 장미 공장 생산시스템 설계와 시공기술 축적으로 플랜트 수출 잠재력 확보
- 입지 조건을 탈퇴한 장미의 안정계획, 균일 및 대량 생산 체계 실현
- 다른 절화류 생산 기술의 획기적인 발전에 기여

2. 경제·산업적 측면

- 단위 면적당 생산성 극대화로 가격 경쟁력 확보 및 수출 산업화
- 장미 공장 생산시스템의 수입 대체 및 수출 상품화
- 규격화된 장미의 안전 대량 생산 체계 확립으로 casual flower의 수출 산업화
- 장미 일괄 생산 체계 개발로 관련 hardware와 software 산업의 비약적 발전
- 부가가치 높은 장미 공장 생산 시스템 개발
 - 생산성의 획기적 증대
 $400\sim 420\text{본}/3.3\text{m}^2 \rightarrow 1,500\sim 3,000\text{본}/3.3\text{m}^2$
 - 년중 계획 생산
 $5\sim 6\text{회}/\text{년} \rightarrow 9\sim 10\text{회}/\text{년}$
 - 노동 생산성 극대화
 $7,000\text{원}/\text{hr} \rightarrow 40,000\sim 50,000\text{원}/\text{hr}$
 - 상품 수량 증대
 $70\sim 75\% \rightarrow 90\sim 95\%$ 규격화된 상품 생산
 - 규격화의 안정적 공급으로 장미 수요 창출 및 수급 조절에 기여
 - 완전 폐쇄형 양액재배 시스템 활용의 환경 친화적 장미 생산 체계 구축
 - 생산성과 품질 향상을 위한 환경 제어 기술의 확립

제 5장 연구개발결과의 활용계획

- GR에 대비한 새로운 생산시스템으로 활용
- 농가, 연구단체 및 관련 시설원에 산업에서 결과 활용 및 파급 효과
- 재배 농가에 공장적 생산 방식과 시스템의 단계적 도입 계획 지원
- 국내 관련 기업체로의 기술 이전을 통한 민간기업 식물공장 연구 유도
- 고부가가치의 균일한 절화 생산에 적용 가능
- 한국형 식물공장 생산 시스템의 해외보급 또는 수출
- 원예 작물의 공장적 생산 방식과 생산 시스템의 연구개발 활성화 유도
- 연구 결과를 국제학회 및 국내학회 발표를 통한 학문 발전에 기여
- 연구개발된 최적 환경제어기술과 배양액 관리시스템의 교육 및 연구시설로의 활용
- 미래에 전개되는 우주농업 연구의 기초자료 제공
- 개발된 장미 공장 생산시스템 모델의 산업화(특히, 실용신안)
- 장미 공장 생산 기술의 농가 및 산업체계에서 활용할 수 있도록 기술 이전
- 장미 공장 생산시스템, 배양액 자동 제어 체계를 모두 체계화하여 외국으로 플랜트 수출 산업화

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 기존 시설원에 산업에서 장미의 생산성 향상에 필요한 생산기술이 한계점에 도달하고 있음.
- 현재 장미생산이 노동집약적인 체계이므로 이를 기술집약적인 공장생산체계로 전환이 필요하나 관련기술과 시스템이 아직 취약한 상태임
- 국내에서 엽채류에 대한 공장생산시스템과 양액관리 자동화 체계가 확립되어가고 있으나 생산체계가 다른 장미 등에서는 사용할 수 없고 이에 대한 연구도 시도되지 않고 있음
- 농업노동력 부족과 노동기피에 대처할 수 있는 생력화된 장미 공장생산체계 도입이 필요한 상황임.
- 국내 장미 생산체계는 일본과 서구의 자본, 기술집약형을 목표로 발전시키고 있으나 기술의 모방상태를 벗어나지 못하고 있음.
- 장미 소비의 다양화, 기능화, 고급화에 따른 소비자의 기호에 맞는 다양한 장미를 안정적 계획생산기술의 필요성이 증대되고 있음.
- 장미 생산성이 선진국에 비해서 낮음.
한국 400-420본/3.3m², 화란 750-800본/m²
- 장미 생산기술은 국내가 토양재배 70%, 수경재배 30%이나 화란은 수경재배 90%, 이며 장미 식물공장에 대한 시스템과 생산기술연구가 이루어지고 있음.
- 장미생산환경이 적합하지 않아 국내 생산성과 품질이 낮다.
한국 · 태양광의존형 재배시스템
 - 에너지 절약형 환경제어 체계
(CO₂ 시용, 습도 및 적온관리가 이루어지지 않고 있음)
- 화란 · 인공광 + 태양광 병용형 생산시스템
 - 작물 생산성과 품질을 고려한 최적 환경제어시스템임.
(CO₂ 시용, 적온관리, 보광, 적습관리, 기류속도유지 등)
- 외국 (화란 : IMMAC, PBG)에서는 화훼작물의 공장생산시스템 연구가 활발하게 이루어지고 있음.



미래온실



미래온실



천창



피복재 PC



천창을 이용한 환기



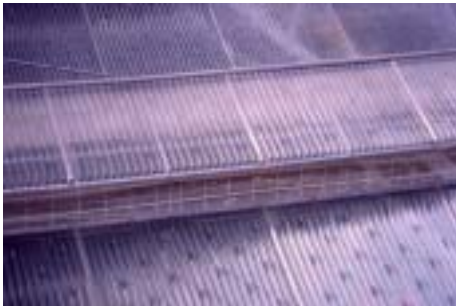
방충창



자동화 온실



온실천정



PC 온실



미래온실 지붕모양 (지그재그)



환기 + 방충



환기 + 방충



온실환경제어실



온실환경제어기



온실급액제어



온실환경제어와 원수탱크



배양액시스템



온실 내 환경측정



냉난방



난방과 CO₂ 공급



CO₂ controller



작업기



급액



급액 제어기



급액제어기



급액제어



Moving bench



Moving bench



Moving bench



Moving bench



Focus



The fairy



Smooth prima



Fairy queen



Huypinkba



'Harwanna' Jacqueline du prc

◎ Single-stemmed rose 생산 (화란)



장미 육묘



장미 육묘

◎ Harrow 연구소 (캐나다)



배양액 탱크



보광시설



Fan & pad



Fan & pad

◎ 캐나다 비닐하우스 (화란 벤로 온실 + 프랑스 리첼식 비닐하우스)

- 축고 4.0~5.0m, 폭 9.6m, 길이 50~100m
- 환경제어 : 벤로온실 수준
- 생산시스템 : 벤로온실 수준
- 온실외부 : 보온 2중 필름(공기 공급) - 5~10년 이용
온실내부 : 1~2층 커튼
온실난방 : 온수난방
온실환기 : 지붕 30~50% 환기 (리첼식 환기방식)
CO₂ 공급 : 액화 CO₂ 가스
환경 및 수경재배시스템 : 루머스 시스템 (캐나다)
- 시설단가 : 벤로 온실의 1/2 가격
- 시설 이용효율 : 벤로 온실과 같은 수준 (95~100%)



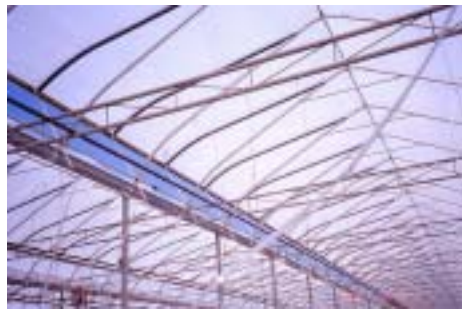
온실 전경



양지붕형 온실



벤로형 비닐하우스



천장 모습



토마토 온실재배



온실 재배모습



파프리카 온실 내부



파프리카 온실 내부



오이재배



환기장치



난방기



난방기



배양액 공급 시스템



배양액 소독기



UV 소독기



액화 CO₂ 저장소

◎ 미래의 원예작물 생산기술 (생물환경조절학회 2003.4.26)

- 식물공장

◦ 현황

- 식물공장 환경관리 기술 미확립
- 식물공장 설계시공 기술 미흡
- 식물공장 운영 기술이 없음
- 21C 실용화 가능한 첨단기술로 보고되어 있음(미국 워싱턴 대학)
- 유럽에서는 “Swedeponic” 시스템의 태양광 병용형 식물공장이 50개 이상 가동 중
- 미국과 캐나다에서 1970~80년대에 식물공장 연구 실용화
- 일본은 소규모의 연구용 식물공장 세우고 첨단 기술들이 부과됨
- 엽채류 15~20회/년 생산, 장미 3000본/평 생산가능

◦ 대책

- 식물공장 설계, 시공 관련 연구(농업화학기계연구소, 서울대)
- 식물공장 재배환경 최적화(서울시립대)
- 대학교, 원예연구소, 기계화연구소 중심으로 중요 연구과제 분담

- 식물공장 주요기술

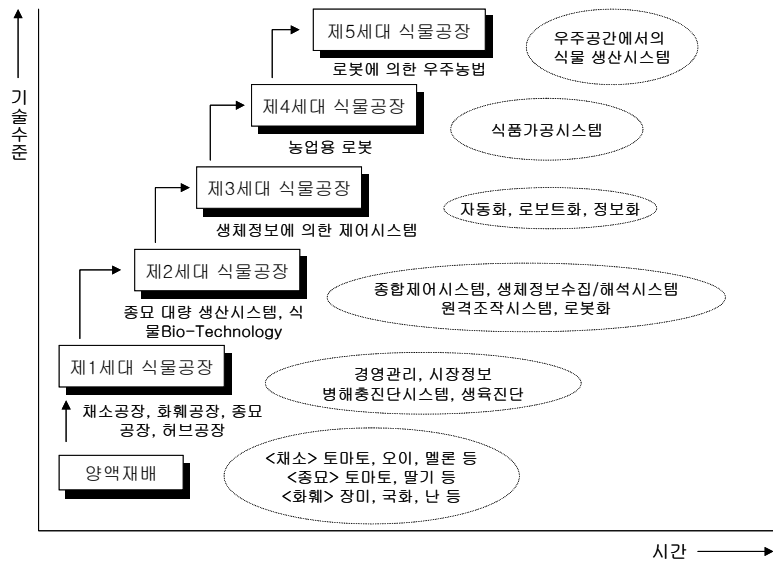
- 수경재배 기술
- PC 환경제어 기술
- 자동화 기술
- 에너지 공급 시스템 기술

- 식물공장 시스템 종류

- 완전제어형 식물공장
- 태양광 병용형 식물공장
- 태양광 이용형 식물공장

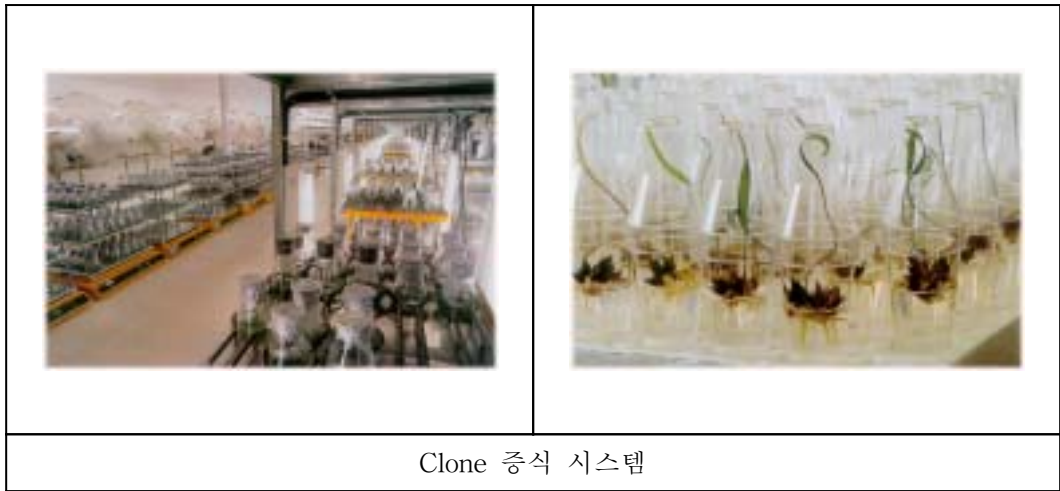


- 식물공장의 발전과정

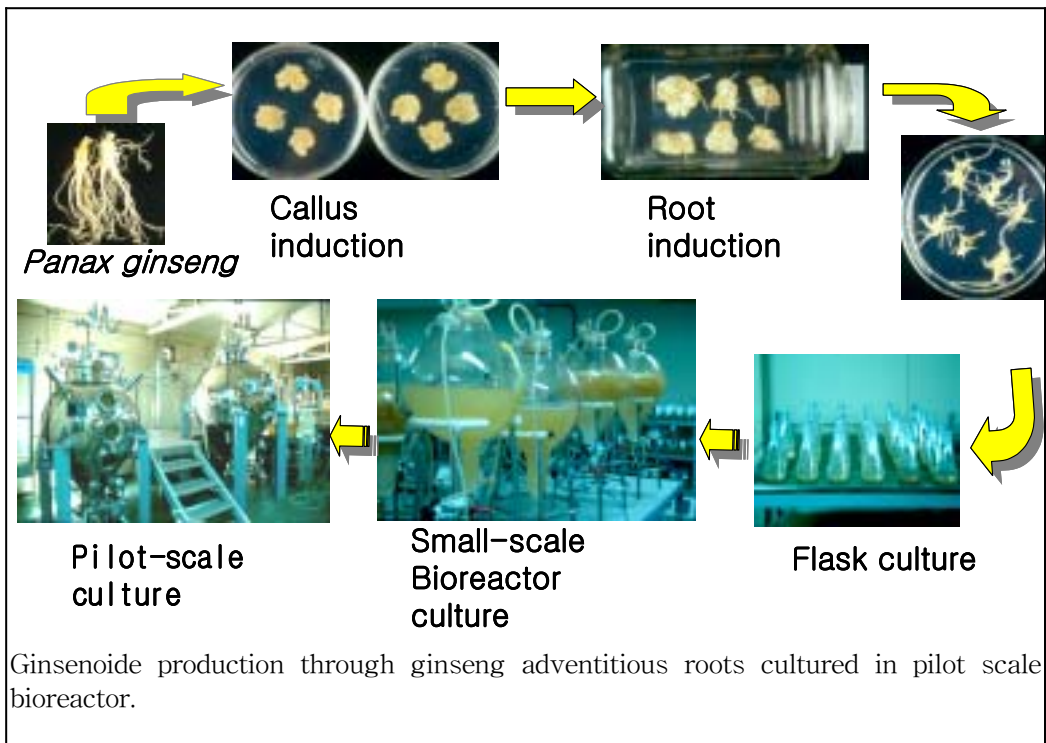


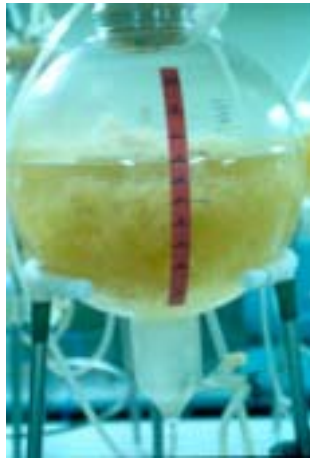
- 식물공장의 분류

	식물공장	Clone 증식시스템	세포대량배양시스템
대상	식물체	조직	세포
방법	수경재배	조직배양	세포배양
용도	작물생산	묘생산	유용물질추출
환경제어 (지상부)	광, 온습도, CO ₂	광, 온습도, CO ₂	온도, 영양분, pH, DO,
환경제어 (지하부)	무기영양, EC, pH, DO, 수량, 수온	영양분 (당, 무기영양, 비타민, 호르몬)	교반속도

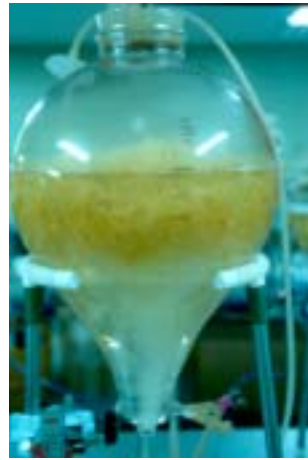


- 세포대량배양 시스템





20L Bulb type bioreactor



20L Corn type bioreactor



20L Bioreactor culture



Balloon type bioreactor(500, 1000L)



Drum type bioreactor(500, 1000L)

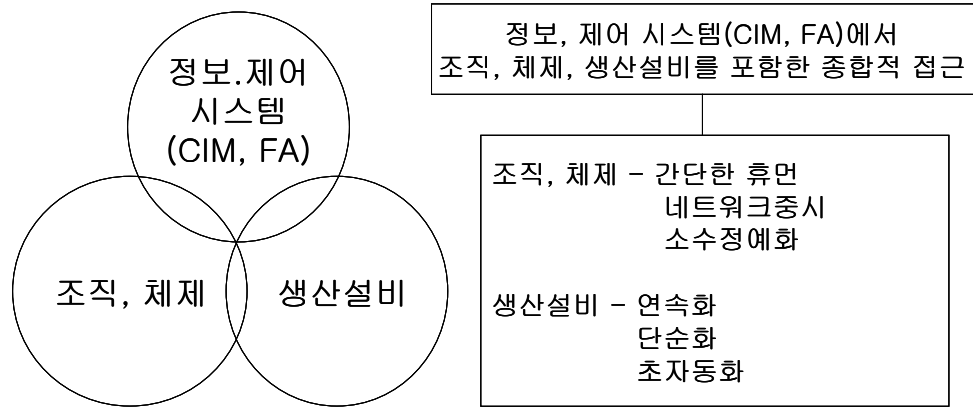


20L Bioreactor culture



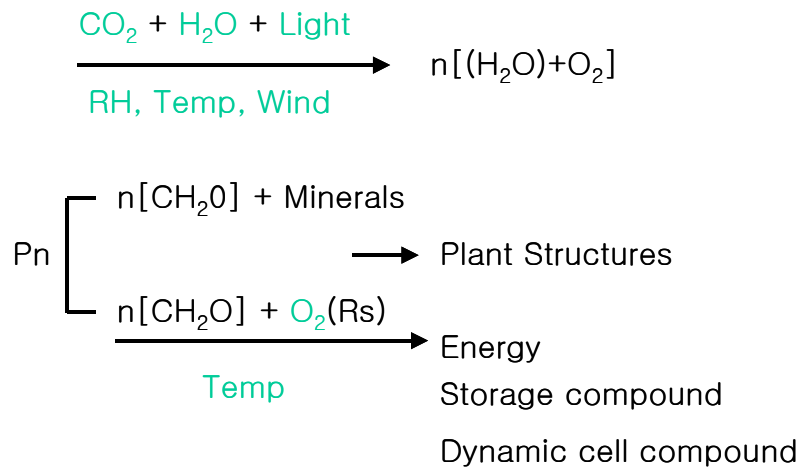
Harvest of ginseng adventitious roots from pilot scale.

- 식량대량배양에 의한 유용물질생산공정

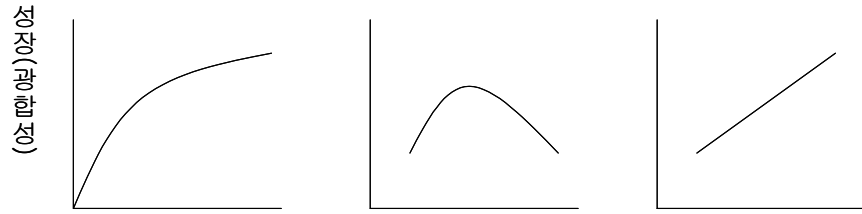


- 폐쇄형 생산 시스템에서의 환경제어

Photosynthesis(Pn) & Respiration(Rs)



- 환경요인과 작물생장



(a) 포화형

광강도
CO₂농도
용존산소량

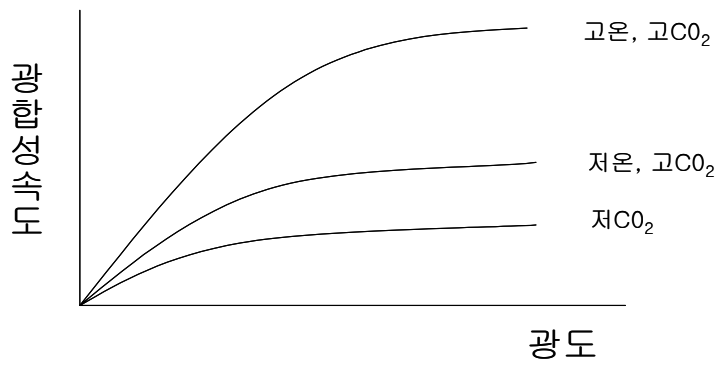
(b) 최적형

온도, 습도, 풍속, EC pH, 아온, 유속

(c) 증대형

일장

- 환경요인의 복합효과



제 7장 참고문헌

- Adams, P. 1989. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Hort.* 323:289-305.
- Adolph, J.L. 1974. Effects of growing medium, fertility and container-size on the rooting and subsequent growth of *Rhododendron indicum*. 'Formosa' and 'Photinia grabra' cuttings. *Plant Propagator*. 23(3):4-13.
- Anderson, R.G. 1990. Use of pot plant mechanization techniques to produce short stemmed cut flower for supermarket bouquets. *Acta Hort.* 272:319-326.
- Asao T., Y. Ohba, K. Ohta and T. Hosoki. 1999. Effects of activated charcoal and dissolved oxygen levels in the hydroponic solution on the growth and yield of cucumber plant. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68:1194-1196.
- Aston, M.J. and D.W. Lawer. 1979. The relationship between transpiration, root water uptake and leaf water potential. *J. of Exp. Bot.* 30:169-181.
- Belding, R.D. and E. Young. 1989. Shoot and root temperature effects on xylem cytokinin levels during budbreak in young apple trees. *HortScience* 24(1):115-117.
- Beminger, E. 1994. Development rate of young greenhouse rose plant (*Rosa hybrida*) rooted from cutting in relation to temperature and irradiance. *Scientia Hort.* 58:235-251.
- Berg, G.A. Van den. 1996. Rose factory, fiction or future? *Acta Hort.* 424:405-411.
- Bertram, L. 1991. Vegetative propagation of *Hibiscus rosa-sinensis* L. in relation to nutrient concentration of the propagation medium. *Scientia Horticulturae* 48:131-139.
- Bloemhard, C.M.J. and J. Van Moolenbroek. 1995. Management of mineral elements of roses grown in closed rockwool systems. *Acta Hort.* 401.
- Böhme, M. 1995. Effects of closed systems in substrate culture for vegetable production in greenhouse. *Acta Hort.* 396.

- Boodley, J.W. and R. Sheldrake, Jr. 1972. Cornell Peat-Lite mixes for commercial plant growing. N.Y. State Coll. Agric. Cornell Univ. Inf. Bull. 43.
- Bowen, G.D. 1991. Soil temperature, root growth, and plant function. p. 309-330. In: Y. Waise, A. Eshel, and U. Kafkafi (eds.). Plant roots. Maracel Dekker, New York.
- Bredmose, N. 1993. Chronology of three physiological development phases of single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.) plants in response to increment in light quantum integral. *Scientia Hort.* 69:107-115.
- Bredmose, N. 1993. Effects of year-round supplementary lighting on shoot development, flowering and quality of two glasshouse rose cultivar. *Scientia Horticulturae.* 54:69-85.
- Bredmose, N. 1998. Growth, flowering, and postharvest performance of single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.) plants in response to light quantum integral and plant population density. *J. Amer. Soc. Sci.* 123(4):569-576.
- Bredmose, N. and J. Hansen. 1995. Regeneration, growth and flowering of cut rose cultivars as affected by propagation material and method. *Scientia Hort.* 64:103-111.
- Bredmose, N. and J. Hansen. 1996a. Topophysis affects the potential of axillary bud growth, fresh biomass accumulation and specific fresh weight in single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.). *Ann. Bot.* 78:215-222.
- Bredmose, N. and J. Hansen. 1996b. Potential of growth and flowering in single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.) plants as affected by topophysis. *Acta Hort.* 440:99-104.
- Brown, W.W. and D.P. Ormrod. 1980. Soil temperature effects on greenhouse roses in relation to air temperature and nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 150(1):57-59.
- Brun, R. and A. Settembrino. 1996. Production and quality of Rose hybrida cv. Sonia in rockwool at three levels of electrical conductivity combined with two

- levels of relative humidity. *Acta Horticulturae*. 424:115-117.
- Bunt, A.C. 1983. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Hort.* 150:143-153.
- Byrne, T.G., R.P. Doss and A.T.Y. Tse. 1978. Flower and shoot development in the greenhouse roses, 'Cara Mia' and 'Town Crier', under several temperature-photoperiodic regimes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(4):500-502.
- Cabrera, R.I., R.Y. Evans and J.L. Paul. 1995. Nitrogen partitioning in rose plants over a flowering cycle. *Scientia Horticulturae* 63:67-76.
- Cabrera, R.I., R.Y. Evans and J. L. Paul. 1996a. Leaching losses of N from container-grown roses. *Scientia Horticulturae* 53:333-345.
- Cabrera, R.I., R.Y. Evans and J.L. Paul. 1996b. The uptake of nitrate and ammonium by greenhouse roses. *Acta Hort.* 424.
- Caponetto, R., L. Fortuna, G. Nunnari, L. Occhipinti and M.G. Xibilia. 2000. Soft computing for greenhouse climate control. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 8(6):1063-6706.
- Chao, K., R.S. Gates and R.G. Anderson. 1998a. Knowledge-based control systems for single-stemmed rose production - Part I: Systems analysis and design. *Transactions of the ASAE* 41(4):1153-1161. (Abstr.)
- Chao, K., R.S. Gates and R.G. Anderson. 1998b. Knowledge-based control systems for single-stemmed rose production - Part II: Implementation and field evaluation. *Transactions of the ASAE* 41(4):1163-1172. (Abstr.)
- Cho, Y.R., D.W. Han, Y.B. Lee, 1998. Effect of Artificial light sources on the growth of lettuce in plant factory. *J. Bio. Fac. Env.* 7(1):35-42.
- Choi, E.Y. Development of optimal nutrient solution for tomato substrate culture in a closed system. M.S. Diss., The University of Seoul, Kor.
- Choi, K.J., K.P. Han and G.C. Chung. 1994. effect of dissolved oxygen concentration in the nutrient solution on the ion concentration in xylem sap and

- photosynthesis in cucumber. J. Kor. Soc. Horti. Sci. Horti. Abs. 12:38-39.
- Choi, K.Y. 1999. Environmental factors in a plant factory affecting tipburn incidence of the lettuce. Ph. D. Diss., The University of Seoul, Seoul.
- Christensen, M.H. 1985. Water condensation on leaves. Acta Hort. 174:303-308.
- Chung, S.K., W.H. Kim, M.H. Park. and Y.J. Park. 1997. Effects of winter root-zone warming on the productivity and quality of cut rose (*Rosa hybrida* L.) in rockwool culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(6):766-770.
- Craker, L.E., and M. Seibert. 1982. Light energy requirement for controlled environment growth of lettuce and radish. Trans. ASAE. 25:214-216.
- Cumbus, I.P. and P.H. Nye. 1982. Root zone temperature effects on growth and nitrate absorption in rape (*brassica napus* cv. Emerald). J. Exp. Bot. 33:1138-1146.
- Davidson, H. and R. Mecklenburg. 1981. Nursery management administration and culture. pp. 220-246. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Davis T.D. and John R. Potter. 1981. Current photosynthate as a limiting factor in adventitious root formation on leafy pea cutting J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(3):278-282.
- Davis T.D. and John R. Potter. 1987. Physiological Response of rhododendron cuttings to different light levels during rooting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(2):256-259.
- Diatloff, E. 1994. pH-what does it really mean? Practical Hydroponics and Greenhouses, 7/8:17-20.
- Dieleman, J.A., F.W.A. Vertappen, and D. Kuiper. 1998. Root temperature effects on growth and bud break of Rosa Hybrida in relation to cytokinin concentrations in xylem sap. Scientia Horticulturae 76:183-192.
- Gabriëls, R. and Verdonck, O. 1991. Physical and chemical characterization of plant substrates : towards a European Standardization. Acta Hort. 294:249-259.
- Gabriëls, R., Walter Van Keirsbulck and Henri Engels. 1993. A rapid method for

- the determination of physical properties of growing media. *Acta Hort.* 342:243-247
- Gato, T.H. 1994. The management of nutrient solution for the cut flower. No Bun Kyo. p. 137-147.
- Gislerød, H.R., V. Revhaug. and H. Mikkelsen. 1994. Effect of light and electric conductivity of the growing medium on growth and yield of roses pruned in summer. *424:123-127.*
- Gosselin, A. and M.J. Trudel. 1986. Root-zone temperature effect on pepper J. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(2):220-224.
- Goto, E. and T. Takakura. 1988. The effect of artificial light on the growth of lettuce. *Acta Hort.* 230:313-318.
- Goto, E., K. Kurata, M. Hayashi and S. Sase. 1996. Plant production in closed ecosystem. Kluwer academic publishers. Dordrecht. pp. 1-102 and 279-304.
- Graves, C.J. 1983. The nutrient film technique. *Hort. Rev.* 5:2-44.
- Gregory, P.J. 1983. Response to Temperature in a stand of pearl millet(*Pennisetum thyoides* S. & H.). VIII. Root development. *J. Ext Bot.* 37:379-388.
- Guo, S.R. and S. Tachibana. 1997. Effect of dissolved O₂ levels in a nutrient solution on the growth and mineral nutrient of tomato and cucumber seedlings. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 66:331-337.
- Guo, S.R., K. Nada and S. Tachibana. 1999. Differences between tomato(*Lycopersicon esculentum* Mill.) and cucumber(*Cucumis sativus* L.) in ethanol, lactate and malate metabolisms and cell sap pH of roots under hypoxia. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68:152-159.
- Han, E.J. 1998. The establishment of the microponic system in a plant factory by controlling optimum environment and acclimatization method for the mass-production of in vitro-production chrysanthemum plantlets. Ph.D. Diss., The University of Seoul, Seoul.
- Han, Y.Y., J.H. Woo, Y.G. Sim, K.B. Choi. and B.S. Choi. 1997. Effects of

- non-irrigation and pruning methods during summer dormancy on yield and quality of cut rose. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(5):527-532.
- Hayasi, M., H.C. Lee, and T. Kozai. 1993. Photoautotrophic micropropagation of rose plantlets under CO₂ enriched conditions. J. SHITA. 4(2):107-110.
- Ho, L.C. and P. Adams. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. Acta Horticulturae. 396:33-44.
- Hoagland, D.R. 1917. The effect of hydrogen and hydroxyl ion concentration on the growth of barley seedlings. Division of Agricultural Chemistry, California Agricultural Experiment Station.
- Hong, S.H. 1995. Automatic control of growth environment for plant factory. Ph.D. Diss., Seoul National University. Suwon, Korea.
- Ikeda, A., Y. Tanimura, and K. Esaki. 1992. Development of plant factory using fluorescent lamps-reduction of lighting power consumption by close illumination. J. SHITA 3(2):111-123.
- Ioslovich, I and P. Gutman. 2000. Optimal control of crop spacing in a plant factory. Automatica 36:1665-1668.
- Jalaudden, H. and P. Labosky. 1985. Chemical constituents of five northeastern barks. Wood Fiber Sci. 17(2):274-280.
- Jang, B.C., Y.P. Hong, J.N. Im and J.C. Chun. 1994. Effect of root aeration on inorganic nutrient uptake and growth in hydroponically growth lettuce(*Lactuca sativa*. L). RDA. J. Agri. Sci. 36:393-398.
- Jang, D.C. 1998. Mineral absorption characteristics and development of nutrient solution suitable for potato hydroponics. M.S. Diss., The University of Seoul, Kor.
- 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.
- Jeuffroy, M.H. and M. Sebillotte. 1996. The end of flowering in pea: influence of plant nitrogen nutrition. European Journal of Agronomy 6:15-24.

- Jin, Y.H. 2001. Determination of optimum substrate and hydroponic system for Pre-and Post- transplanting in a rose factory. The Univ. of Seoul. Korea.
- John, J.M. and V.J. Bunce. 1970. Use of slow-release fertilizer in a propagating medium. *Plant Propagator* 16(2):10-20.
- Jung, H.B. 1995. Effect of root-zone temperature and ratios $\text{NO}_3\text{-N}$ to $\text{NH}_4\text{-N}$ in the nutrient solution on the growth and yield of hydroponically grown pepper plant. *J. Bio. Fac. Env.* 4(2):152-158.
- 郭世榮 and 橋昌司. 1997. トマトおよびキュウリ幼植物の生長と無機栄養に及ぼす培養液の溶存酸素濃度の影響. *園學雜.* 66(2):331-337.
- Kang, M.J. 2001. Development of optimum nutrient solution for single-stemmed rose in a plant factory. The Univ. of Seoul. Korea.
- Kim, K.Y. 1993. Determination and property of substrates for raising seedling. *Research of Protected Horticulture.* pp. 50-59.
- Kim, G.J., J.H. Kim, I.S. Woo. and J.H. Bae. 2001. Effect of root zone temperature on the yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in hydroponics. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(1):48-52.
- Kim, S.Y. 1998. Development of optimum nutrient solution for closed system in substrate culture of rose 'Red sandra'. M.S. Diss., The University of Seoul, Kor.
- Kim, W.S. Dormancy induction and root-zone heating control in winter hydroponic production of roses for energy saving. The Univ. of Seoul. Korea.
- Kubota, C., K. Fujiwara, Y. Kitaya, and T. Kozai. 1997. Recent advances in environment control in micropropagation p. 153-169. In E. Goto. et. al. (ed.). *Plant production in close ecosystems.* Kluwer. Academic Publishers, The Netherlands.
- Kubota, C. and C. Chun. 2000. Transplant production in the 21st century. Kluwer academic publishers, Dordrecht. p. 28-37
- Kuiper, D., H.S. Reenen and S.A. Ribot. 1996. Characterisation of flower bud opening in roses; a comparison of Madelon and Sonia roses. *Postharvest Biology*

- and Technology. 9:75-86.
- Lee, C.E. 2002. Growth response of leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) in different plant factory system. The Univ. of Seoul. Korea.
- Lee, J.S. 1994. Studies on the medium development using domestic organic raw materials for pot flower production. I. Method studies for softening of domestic raw materials. pp. 3-136. Research of Study form The Univ. of Seoul. Korea.
- 이정식. 1994. 화훼용 수입 배양토의 이용 현황과 문제점. 시설원예연구. 7(2):41-50.
- 이용범, 최은영. 1998. 양액재배용 배지의 종류와 특성. 최신양액재배. pp. 26-47.
- 이용범, 진용호. 2000. 양액재배용 배지의 종류와 특성. 최신양액재배. pp. 34-50.
- Lee, Y.B., B.Y. Lee and Y.S. Kim. 2000. Development of optimum management system of nutrient solution for plant growth in a plant factory. Kor. Mini. Agr. and For. p. 1-577
- Lunt, O.R. and B. Clark. 1959. Bark and wood fragments. Forest Products J. April 39-42.
- Luxmoore, R.J. and L.H. Stolzy. 1969. Root porosity and growth response of rice and maize to oxygen supply. Argon. H. 61:202-204.
- Marcelis-van Acker, C.A.M. 1993. Morphological study of the formation and development of basal shoots in roses. Scientia Horticulturae. 54:143-152.
- Marcelis-van Acker, C.A.M. 1994. Ontogeny of axillary buds and shoots in roses: Leaf initiation and pith development. Scientia Horticulturae 57:111-122.
- Mathita, H. 1974. About cuttings. Seibundoshinkousya, Tokyo.
- Matkin, O.A. and P.A. Chandler. 1957. The U.C. type soil mixes. In U.S. system for producing healthy container-grown plants, Sec. 5, Agric. Exp. Sta., Univ. Calif. Manual 23.
- Metrólho, J., C.A.C.M. Couto and C.M.J.A. Serôdio. 1999. Can based actuation system for greenhouse control. ISIE'99 - Bled, Slovenia.
- Ming, D.W. and D.L. Henninger. 1989. Lunar base agriculture: soils for plant growth. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America,

- Inc. and Soil Science Society of America, Inc. P. 155-172.
- Mortensen, L.M. and T. Fjeld. 1995. High air humidity reduces the quality of cut roses. *Acta Hort.* 405:148-155.
- Moss, G.I. 1983. Root zone warming of greenhouse tomatoes nutrient film as a mean of reducing heating requirements. *Journal of Horticultural Science* 58:103-109.
- Moss, G. and R. Dalgleish. 1984. Increasing returns from roses with root-zone warming. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(6):893-898.
- 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법. pp. 24-123. 농촌진흥청, 수원.
- 농촌진흥청. 1999. 식물공장생산시스템; 연구동향분석과 금후연구방향. p. 11- 26, 농촌진흥청, 수원.
- Nielsen, B. and K.R. Starkey. 1999. Influence of production factors on postharvest life of potted roses. *Postharvest Biology and Technology* 16:157-167.
- Nonami Hiroshi, Koji Kiyama and Yasushi Hashimoto. 1991. Nutrient solution management for growth regulation for plant seedling cultivated in plant growth factories. *SHITA* 3(1):1-6.
- 농림부. 2000. '99년 화훼재배현황. pp. 5-190. 농림부, 과천.
- 농수산성유통정보부. 1997. 원예통계. pp. 208. 농림수산성통계정보부, 일본.
- 농수산물유통공사. 1998. '98 화훼전문가 초청 수출상품화 교육. pp.177. 농수산물유통공사, 한국.
- Okano, T., T. Hoshi, and H. Terazoe. 1988. Development of hydroponic system and adaptation of microcomputers for a commercial size vegetable factory. *Acta Hort.* 230:343-378.
- 竝木隆和. 1981. 水耕栽培法に關する諸問題[3]-溶存酸素, 溫度, 養液管理など. *農業および園藝* 56:1512-1216.
- 宇田川雄二. 1996. 植物工場のハテク技術. 日本植物工場學會. *Shita report* No.11. p.43-51.
- Papadopoulos, A. P. and H. Tiessen. 1987. Root and air temperature effects on the

- elemental composition of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(6):988-993.
- Park, K.W., Y.J. Shin, and Y.B. Lee, 1992. Studies on the modeling of controlled environment in leaf vegetable crop. II Effect of various light sources on the growth. *J. Bio. Fac. Env.* 1(2):135-141.
- Park, K.W. and Y.S. Kim, 1998. *Hydroponics in Horticulture*. pp. 273-297. Academic Press, Seoul.
- Park, M.H. 1999. Determination of optimum aerial environment for leaf lettuce in a plant factory. MS. The Univ. of Seoul. Seoul.
- Park, S.K. and K.Y. Kim, 1993. *Hydroponic in Horticulture*. pp. 224-231. Oh-Sung press. Seoul.
- Penningsfeld, F. 1971. Symposium on peat in horticulture. *Technical Communication* 18:1-25.
- Rural Development Administration. 1999. The production system of plant factory: Analysis of developing research and direction of research in the future(1999-4). Rural Development Administration. Suwon. p. 11-26.
- Sang, C.K. 2000. Developing of several practical methods for the improvement of quality and reduction of production cost in cut chrysanthemum. pp. 1-146. Research Report from Catholic Univ. of Dae-Gu, Korea.
- Schaupmeyer, C.A 1984. Response of commercial rose crop to root-zone warming. *Acta Hort.* 148:825-826.
- Schwarz, M. 1995. *Soilless Culture Management*. Springer-Verlag. p. 7-32.
- Shanks, J.B. and A. Laurie. 1949a. A progress report of some rose root studies. *J. amer. Soc. Hort. Sci.* 53:473-488.
- Shanks, J.B. and A. Laurie. 1949b. Rose root studies: some effects of soil temperature. *J. amer. Soc. Hort. Sci.* 54:495-499.
- Shibata, T., K. Iwao, and T. Takano. 1993. Development of an automatic plant growth management system by image processing. *Environ. Control in Biol.* 31(1):29-36.

- Shim, M.S., S.H. Kim. and K.S. Kim. 2001. Effects of various compositions of nutrient solution on the growth and absorption characteristics of *Dianthus caryophyllus* in closed system. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42(6):631-639.
- Shim, K.K, J.S. Lee, and Y.H. Ahn. 1985. Studies on the factors influencing rooting of Korean Azalea (*Rhododendron yedoense* var. *poukkhtanense*) propagaed in a closed moist room. J. Kor. Soc. Hort. sci. 26:163-168.
- Shim. M.Y. 1999. Effect of root environmental control on the growth and quality of lettuce in hydroponics. The Univ. of Seoul. Korea.
- Soffer, H. and D.W. Burger. 1988. Effect of dissolved oxygen concentration in aero-hydroponics on the formation and growth of adventitious roots. Crop Sci. 34:1538-1544.
- Sonneveld, C. 1981. Items for application of macro-elements in soilless culture. Acta Hort. 126:187-195.
- Sonneveld, C. 1993. An overview of nutrient in hydroponics. Australian hydroponic conference. p. 21-36.
- Sonneveld, C. and N. Straver. 1992. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen geteeld in water of substraten (Nutrient solution of vegetables and flowers grown in water of substrate). Voedingsoplossingen glastuinbouw. No. 8. p. 15.
- Stoltz, L.P. and R.G. Dutton. 1988. Rooting of single node cutting of roses. Acta hort. 227:230-235.
- Takatsuji, M. 1993. Analysis of a growth model for a plant factory. J. SHITA. 4(2):118-122.
- Tani, A. 1997. Studies of trace gases, especially ethylene in plant cultivation facilities in controlled ecological life support systems. J. SHITA. 35(4):293.
- Tantau, H.J. 1993. Optimal control for plant production in greenhousees. 139-152. In Y. Hashimoto, Y. et al. (ed.). The Computerized GreenHohse. Academic press. San Diego.

- Tibbitts, T.W., D.C. Morgan, and I.J. Warrington. 1983. Growth of lettuce spinach, mustard, and wheat plants under four combination of high-pressure sodium, metal halide, and tungsten halogen lamps at equal PPFD. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:622-630.
- Torre, S. and R. Moe. 1998. Temperature, DIF and photoperiod effects on the rhythm and rate of stem elongation in *Campanula isophylla* Moretti. *Scientia Hort.* 72:123-133.
- Tsujita, M.J. and R.G. Dutton. 1983. Root zone temperature on greenhouse roses in relation to supplementary lighting at reduced air temperature. *HortScience* 18(6):874-876.
- Urban, L. and I. Langelez. 1992. Effect of high pressure mist on leaf water potential, leaf diffusive conductance, CO₂ fixation and production of 'Sonia' rose plants grown in rockwool. *Scientia Hort.* 50:229-244.
- Vries, D.P. de, A.W. Verwer, and L.A.M. Dubosis. 1997. Strivetten, revolutionaire teeltmethod voor rozen? *Vakblad voor de Bloemisterij* 32(25):52-53, 55.
- Weel, P.A. Van, Giacomelli, G.A. and Ting, K.C., 1991. Design procedure for integrated greenhouse production system, with special emphasis on internal transport systems. *Acta Hort.* 295:177-184.
- Weel, P.A. Van, 1996. Rose factory design. *Acta Hort.* 440:298-303.
- Woodson, W.R. and J.W. Boodley. 1982. Effects of nitrogen form and potassium concentration on growth, flowering, and nitrogen utilization of greenhouse roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2):275-278.
- Yamazaki. 1982. The whole book for hydroponics. Hakyoo sha, Japan. Tokyo. p.p.34-55.
- Yamazaki, K.Y. 1984. Hydroponics. Haku Yu Sha. p. 28-49.
- 野菜・茶業試験場. 1998. 野菜・花き・茶業対策の概要. pp.75-119. 日本.
- Zeroni, M. and J. Gale. 1982. The effect of root temperature on the development, growth and yield of 'Sonia' roses. *Scientia Horticulturae* 18:177-184.

- Zeroni, M. and J. Gale. 1987. The effect of root temperature on rose plants in relation to air temperature. *Plant and Soil* 104:93-98.
- Zieslin, N., E. Khayat. and Y. Mor. 1987. The response of rose plants to different night temperature regimes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(1): 86-89.
- Zieslin, N. 1996. influence of climatic and socio economical factors on mode of cultivation and research of rose plants. *Acta Hort.* 424:21-22.
- Ziska, L.H. 1998. The influence of root zone temperature on photosynthetic acclimation to elevated carbon dioxide concentration. *Annals of Botany* 81:717-721.

부 록

Appendix 1. 장미 식물공장 시스템 프로그램

1. Program Initialize

```
void CSAEKI_ROSEView::OnInitialUpdate()
{
    CRect ConRect;
    GetDlgItem(IDC_CONVEYER_VIEW)->GetWindowRect(&ConRect);
    ScreenToClient(&ConRect);

    // DB folder, file exist Check...
    if(!File_Check())
    {
        AfxMessageBox("데이터베이스에 접근 할 수 없습니다!");
        exit(0);
    }
    if(!Init_DIO(0))
    {
        AfxMessageBox("DIO No.1 Init Error!");
        exit(0);
    }
    if(!Init_DIO(1))
    {
        AfxMessageBox("DIO No.2 Init Error!");
        exit(0);
    }

    if(!Load_DIOTable())
    {
        AfxMessageBox("DIO Table Error!");
        exit(0);
    }

    if(!Init_Data())
    {
        AfxMessageBox("데이터베이스에 접근 할 수 없습니다!");
        exit(0);
    }
    SetLog("시스템이 시작되었습니다.");
}
```



```

if(m_Demo_Set > 0)
{
    m_DemoButton.EnableWindow(true);
    m_DemoButton.SetWindowText("Demo Start");
}
else
{
    m_DemoButton.EnableWindow(false);
    m_DemoButton.SetWindowText("Demo");
}

m_DemoButton.SetCheck(0);
m_ConveyerCombo.SetCurSel(0);
Init_List();
Cal_Irrigation();
::AfxBeginThread(DI_Sampling, (LPVOID)this,
                THREAD_PRIORITY_TIME_CRITICAL);
m_ConView = new CConView;
m_ConView->Create(NULL, "", WS_CHILD | WS_VISIBLE, ConRect, this, 0xff00);
::AfxBeginThread(ConView_Drawing, (LPVOID)this,
                THREAD_PRIORITY_NORMAL);
m_ConView->SetTimer(1, 300, 0);

CString temp;
temp.Format("이전 Tray 상태를 복원하시겠습니까?");
if(AfxMessageBox(temp, MB_ICONWARNING | MB_YESNO) == IDYES)
Init_TrayState();
else Save_TrayState();

SetTimer(3, 100, 0); // Position Reset...

// View Setting.....
if(m_AutoStart)
{
    m_CurMode.SetWindowText("자동 운전");
    SetTimer(20, 1000, 0);
    SetTimer(25, 1000, 0);
}

```

```

}
else
    m_CurMode.SetWindowText("수동 운전");

if(m_Conveyer1.Order == 0) GetDlgItem(IDC_CON1_STATE)->SetWindowText("");
else GetDlgItem(IDC_CON1_STATE)->SetWindowText("사용중");
if(m_Conveyer2.Order == 0) GetDlgItem(IDC_CON2_STATE)->SetWindowText("");
else GetDlgItem(IDC_CON2_STATE)->SetWindowText("사용중");
if(m_Conveyer3.Order == 0) GetDlgItem(IDC_CON3_STATE)->SetWindowText("");
else GetDlgItem(IDC_CON3_STATE)->SetWindowText("사용중");

if(m_Conveyer1.Order != 0)
{
    temp.Format("%d", m_Conveyer1.Order);
    GetDlgItem(IDC_CON1_SEQ)->SetWindowText(temp);
}
if(m_Conveyer2.Order != 0)
{
    temp.Format("%d", m_Conveyer2.Order);
    GetDlgItem(IDC_CON2_SEQ)->SetWindowText(temp);
}
if(m_Conveyer3.Order != 0)
{
    temp.Format("%d", m_Conveyer3.Order);
    GetDlgItem(IDC_CON3_SEQ)->SetWindowText(temp);
}
if(m_Group1.method == 0)
    GetDlgItem(IDC_CON1_IRR)->SetWindowText("Time");
else
    GetDlgItem(IDC_CON1_IRR)->SetWindowText("Interval");
if(m_Group2.method == 0)
    GetDlgItem(IDC_CON2_IRR)->SetWindowText("Time");
else
    GetDlgItem(IDC_CON2_IRR)->SetWindowText("Interval");
if(m_Group3.method == 0)
    GetDlgItem(IDC_CON3_IRR)->SetWindowText("Time");
else
    GetDlgItem(IDC_CON3_IRR)->SetWindowText("Interval");

SetTimer(2, 500, 0); // Alter View...
SetTimer(90, 1000, 0); // Irrigation timer...

```

```
//      Time Table Test Only.....  
m_TimeTable.MoveWindow(0,0,0,0);  
}
```

2. IO Card Initialize

```
bool CSAEKL_ROSEView::Init_DIO(int no)
{
    char szErrMsg[255];
    WORD wFlag;

    wFlag = axInitialize("axdrv.ini");
    if(wFlag)
    {
        axGetErrMsg(wFlag, (LPSTR)szErrMsg);
        AfxMessageBox(szErrMsg);
        return false;
    }

    WORD wDev;
    DOPARM DOParm;

    //      All off
    wDev = no;
    DOParm.wChan = 0x00;
    DOParm.wData = 0x00;
    DOParm.wMask = 0xff;

    wFlag = axDigitalOutput(wDev, (LPDOPARM)&DOParm);

    return true;
}
```

3. 사용자 인증

```
void CSAEKI_ROSEView::Login()
{
    Dlg_Login Dlg;
    if (Dlg.DoModal() == IDOK)
    {
        CString id, pass;
        id      = Dlg.m_ID;
        pass    = Dlg.m_PASS;

        if ((SYS_USER == id) && (SYS_PASSWD == pass))
        {
            m_current_user = id;
            m_current_auth = SYSTEM;
            CString log;
            log.Format("%s 님이 로그인 하였습니다.", m_current_user);
            SetLog(log);
            return;
        }

        int i, cnt;
        cnt = m_User_Array.GetSize();
        for (i=0; i<cnt;i++)
        {
            if (m_User_Array.GetAt(i).ID == id)
            {
                if (m_User_Array.GetAt(i).PASS == pass)
                {
                    m_current_user = id;
                    m_current_auth =
                        m_User_Array.GetAt(i).AUTH;
                    CString log;
                    log.Format
                        ("%s 님이 로그인 하였습니다.", m_current_user);
                    SetLog(log);
                }
            }
        }
    }
}
```

```
        return;
    }
    else
    {
        AfxMessageBox("비밀번호가 틀립니다!");
        CleanUser();
        return ;
    }
}
}
AfxMessageBox("사용자가 확인 되지 않았습니다!");
CleanUser();
}
```

4. Log File Management & Print

```
void CSAEKL_ROSEView::OnLog()
{

    if(m_IsRun) return;
    CArray <Log, Log> LogArray;

    DB_UserLog DB;
    DB.Get_LogData(&LogArray);

    Dlg_LogView Dlg;

    Dlg.Init(&LogArray, &m_User_Array);
    if(Dlg.DoModal() == IDOK)
    {
        if(Dlg.m_Preview == 1)
        {
            Log_Preview(Dlg.m_PStart, Dlg.m_PEnd);
        }
        else if(Dlg.m_Preview == 2)
        {
            Log_Print(Dlg.m_PStart, Dlg.m_PEnd);
        }
        else if(Dlg.m_DelCheck)
        {
            DB_UserLog DB;
            DB.DeleteData(LogArray.GetAt(Dlg.m_start-1).No,
                          LogArray.GetAt(Dlg.m_end-1).No);

            CString log;
            log.Format
            ("%s 님이 로그기록을 수정하였습니다.", Dlg.m_CurrentUser);
            SetLog(log);
        }
    }
}
```

```

void CSAEKI_ROSEView::Log_Preview(CString Start, CString End)
{
    m_PrintLog.RemoveAll();

    m_log_start = Start;
    m_log_end = End;
    DB_UserLog DB;
    DB.Get_SelectData(m_log_start, m_log_end, &m_PrintLog);

    m_total_count = m_PrintLog.GetSize();
    m_total_page = (m_total_count/30)+1;

    CFormView::OnFilePrintPreview();
}

```

```

void CSAEKI_ROSEView::Log_Print(CString Start, CString End)
{
    m_PrintLog.RemoveAll();
    m_log_start = Start;
    m_log_end = End;
    DB_UserLog DB;
    DB.Get_SelectData(m_log_start, m_log_end, &m_PrintLog);

    m_total_count = m_PrintLog.GetSize();
    m_total_page = (m_total_count/30)+1;

    CFormView::OnFilePrint();
}

```


5. Digital Output Doing

```
bool CSAEKL_ROSEView::Write_DigitalOut(DIO *Dio, bool flag)
{
    DOPARM DOParm;
    WORD wFlag;
    char szErrMsg[255];

    DOParm.wChan = Dio->wChan;
    if(flag)
        DOParm.wData =
            m_curDIO.DOMask[Dio->wDev][Dio->wChan] | Dio->wPort;
    else
        DOParm.wData =
            m_curDIO.DOMask[Dio->wDev][Dio->wChan] & ~Dio->wPort;
    DOParm.wMask = 0xff;

    static DIO LoadingF      = DO_LOADING_FORWARD;
    static DIO LoadingB      = DO_LOADING_BACKWARD;
    static DIO UnLoadingF    = DO_UNLOADING_FORWARD;
    static DIO UnLoadingB    = DO_UNLOADING_BACKWARD;

    if(Dio->wChan == LoadingF.wChan &&
        Dio->wDev == LoadingF.wDev &&
        Dio->wPort == LoadingF.wPort) m_Origin_Loading = false;
    else if(Dio->wChan == LoadingB.wChan &&
        Dio->wDev == LoadingB.wDev &&
        Dio->wPort == LoadingB.wPort) m_Origin_Loading = false;
    if(Dio->wChan == UnLoadingF.wChan &&
        Dio->wDev == UnLoadingF.wDev &&
        Dio->wPort == UnLoadingF.wPort) m_Origin_UnLoading = false;
    else if(Dio->wChan == UnLoadingB.wChan &&
        Dio->wDev == UnLoadingB.wDev &&
        Dio->wPort == UnLoadingB.wPort) m_Origin_UnLoading = false;

    wFlag = axDigitalOutput(Dio->wDev, (LPDOPARM)&DOParm);
    if(wFlag)
    {
```

```
        axGetErrMsg(wFlag, (LPSTR)szErrMsg);
        AfxMessageBox(szErrMsg);
        return false;
    }
    else
    {
        m_curDIO.DOMask[Dio->wDev][Dio->wChan] =
                                                    DOParam.wData;
        return true;
    }
}
```

6. Signal wating

```
bool CSAEKL_ROSEView::Wait_Signal(DIO *Dio, bool state)
{
    int read = 0x00;
    int tempRead[2][2];

    bool flag = false;

    if(state)
    {
        tempRead[0][0] = m_curDIO.DIRead[0][0];
        tempRead[0][1] = m_curDIO.DIRead[0][1];
        tempRead[1][0] = m_curDIO.DIRead[1][0];
        tempRead[1][1] = m_curDIO.DIRead[1][1];
        read = tempRead[Dio->wDev][Dio->wChan];
        if((read & Dio->wPort) == Dio->wPort)
        {
            return true;
        }
        // Emergency Status Check.....
        // Loading Start Limit
        read =
tempRead[DI_LOADING_S_LIMIT.wDev][DI_LOADING_S_LIMIT.wChan];
        if((read & DI_LOADING_S_LIMIT.wPort)
            == DI_LOADING_S_LIMIT.wPort)
        {
            Set_Error(41);
            flag= false;
        }
        // Loading End Limit
        read =
tempRead[DI_LOADING_E_LIMIT.wDev][DI_LOADING_E_LIMIT.wChan];
        if((read & DI_LOADING_E_LIMIT.wPort) ==
            DI_LOADING_E_LIMIT.wPort)
        {
            Set_Error(42);
            flag= false;
        }
    }
}
```

```

    }
    //      UnLoading Start Limit
    read    =
tempRead[DI_UNLOADING_S_LIMIT.wDev][DI_UNLOADING_S_LIMIT.wChan];
    if((read & DI_UNLOADING_S_LIMIT.wPort) ==
        DI_UNLOADING_S_LIMIT.wPort)
    {
        Set_Error(43);
        flag= false;
    }
    //      UnLoading End Limit
    read    =
tempRead[DI_UNLOADING_E_LIMIT.wDev][DI_UNLOADING_E_LIMIT.wChan];
    if((read & DI_UNLOADING_E_LIMIT.wPort) ==
        DI_UNLOADING_E_LIMIT.wPort)
    {
        Set_Error(44);
        flag= false;
    }
    //      External Emergency Alarm
    read    = tempRead[DI_EXT_ALARM.wDev][DI_EXT_ALARM.wChan];
    if((read & DI_EXT_ALARM.wPort) == DI_EXT_ALARM.wPort)
    {
        Set_Error(40);
        flag= false;
    }
}
else
{
    tempRead[0][0] = m_curDIO.DIRead[0][0];
    tempRead[0][1] = m_curDIO.DIRead[0][1];
    tempRead[1][0] = m_curDIO.DIRead[1][0];
    tempRead[1][1] = m_curDIO.DIRead[1][1];
    read = tempRead[Dio->wDev][Dio->wChan];
    if((~read & Dio->wPort) == Dio->wPort)
    {
        flag = true;
    }
    //      Emergency Status Check.....

```

```

//      Loading Start Limit
read    =
tempRead[DI_LOADING_S_LIMIT.wDev][DI_LOADING_S_LIMIT.wChan];
if((read & DI_LOADING_S_LIMIT.wPort) ==
    DI_LOADING_S_LIMIT.wPort)
{
    Set_Error(41);
    flag= false;
}
//      Loading End Limit
read    =
tempRead[DI_LOADING_E_LIMIT.wDev][DI_LOADING_E_LIMIT.wChan];
if((read & DI_LOADING_E_LIMIT.wPort) ==
    DI_LOADING_E_LIMIT.wPort)
{
    Set_Error(42);
    flag= false;
}
//      UnLoading Start Limit
read    =
tempRead[DI_UNLOADING_S_LIMIT.wDev][DI_UNLOADING_S_LIMIT.wChan];
if((read & DI_UNLOADING_S_LIMIT.wPort) ==
    DI_UNLOADING_S_LIMIT.wPort)
{
    Set_Error(43);
    flag= false;
}
//      UnLoading End Limit
read    =
tempRead[DI_UNLOADING_E_LIMIT.wDev][DI_UNLOADING_E_LIMIT.wChan];
if((read & DI_UNLOADING_E_LIMIT.wPort) ==
    DI_UNLOADING_E_LIMIT.wPort)
{
    Set_Error(44);
    flag= false;
}
//      External Emergency Alarm
read    = tempRead[DI_EXT_ALARM.wDev][DI_EXT_ALARM.wChan];
if((read & DI_EXT_ALARM.wPort) == DI_EXT_ALARM.wPort)

```

```
        {
            Set_Error(40);
            flag= false;
        }
    }
    return flag;
}
```

7. Digital Input Reading

```
void CSAEKL_ROSEView::DI_Read()
{
    WORD wDev;
    DIPARM DIParam;
    WORD wFlag;
    char szErrMsg[255];
    int i, j;

    for(i = 0; i < 2; i++)                // Device
    {
        for(j = 0; j < 2; j++)            // Channdel
        {
            wDev = i;
            DIParam.wChan = j;
            DIParam.wData = 0xFF;

            wFlag = axDigitalInput(wDev, &DIParam);

            if(wFlag) // Can't Reading from I/O Card...
            {
                axGetErrMsg(wFlag, (LPSTR)szErrMsg);
                AfxMessageBox(szErrMsg);
                return ;
            }
            m_curDIO.DIRead[i][j] = DIParam.wData;
        }
    }
}
```

8. Tray Schedule cal.

```
void Dlg_Cal_Progress::Cal_Tray()
{
    int i, j, iLen, iTLen;
    int index = 0;
    int iNew;
    bool flag = false;

    // Conveyer 1 Calculate.....
    if(m_pView->m_Demo_Set != 1 && m_pView->m_Conveyer1.Order > 0)
    {
        iLen = m_pView->m_tempConSchedule[0].GetSize();
        for(i = 0; i < iLen; i++)
        {
            ConReserve.No = 1;
            ConReserve.Order = m_pView->m_Conveyer1.Order;
            ConReserve.SerialNo = index;
            ConReserve.TrayReserveTime =
                m_pView->m_tempConSchedule[0].GetAt(i);
            m_pView->m_TrayReserve.Add(ConReserve);
            index++;
        }
    }
    // Conveyer 2 Calculate.....
    if(m_pView->m_Demo_Set != 2 && m_pView->m_Conveyer2.Order > 0)
    {
        iLen = m_pView->m_tempConSchedule[1].GetSize();
        for(i = 0; i < iLen; i++)
        {
            iNew = atoi(m_pView->m_tempConSchedule[1].GetAt(i));
            iTLen = m_pView->m_TrayReserve.GetSize();
            flag = false;
            for(j = 0; j < iTLen; j++)
            {
                if(iNew <
                    atoi(m_pView->m_TrayReserve.GetAt(j).TrayReserveTime))
                {
```



```

        ConReserve.No = 2;
        ConReserve.Order =
            m_pView->m_Conveyer2.Order;
        ConReserve.SerialNo = index;
        ConReserve.TrayReserveTime =
            m_pView->m_tempConSchedule[1].GetAt(i);
        m_pView->
            m_TrayReserve.InsertAt(j, ConReserve);
        index++;
        flag = true;
        break;
    }
    else if(iNew ==
atoi(m_pView->m_TrayReserve.GetAt(j).TrayReserveTime))
    {
        if(m_pView->m_Conveyer2.Order <
            m_pView->m_Conveyer1.Order)
        {
            ConReserve.No = 2;
            ConReserve.Order =
                m_pView->m_Conveyer2.Order;
            ConReserve.SerialNo = index;
            ConReserve.TrayReserveTime=
                m_pView->m_tempConSchedule[1].GetAt(i);
            m_pView->
                m_TrayReserve.InsertAt(j, ConReserve);
            index++;
            flag = true;
            break;
        }
    }
}
if(!flag)
{
    ConReserve.No = 2;
    ConReserve.Order = m_pView->m_Conveyer2.Order;
    ConReserve.SerialNo = index;
    ConReserve.TrayReserveTime =
        m_pView->m_tempConSchedule[1].GetAt(i);
}

```

```

        m_pView->m_TrayReserve.Add(ConReserve);
        index++;
    }
}
// Conveyer 3 Calculate.....
if(m_pView->m_Demo_Set != 3 && m_pView->m_Conveyer3.Order > 0)
{
    iLen = m_pView->m_tempConSchedule[2].GetSize();
    for(i = 0; i < iLen; i++)
    {
        iNew = atoi(m_pView->m_tempConSchedule[2].GetAt(i));
        iTLen = m_pView->m_TrayReserve.GetSize();
        flag = false;
        for(j = 0; j < iTLen; j++)
        {
            if(iNew <
            atoi(m_pView->m_TrayReserve.GetAt(j).TrayReserveTime))
            {
                ConReserve.No = 3;
                ConReserve.Order =
                    m_pView->m_Conveyer3.Order;
                ConReserve.SerialNo = index;
                ConReserve.TrayReserveTime =
                    m_pView->m_tempConSchedule[2].GetAt(i);
                m_pView->
                m_TrayReserve.InsertAt(j, ConReserve);
                index++;
                flag = true;
                break;
            }
            else if(iNew ==
            atoi(m_pView->m_TrayReserve.GetAt(j).TrayReserveTime))
            {
                if(m_pView->m_Conveyer2.Order <
                m_pView->m_TrayReserve.GetAt(j).Order)
                {
                    ConReserve.No = 3;

```

```

        ConReserve.Order =
        mView->m_Conveyer3.Order;
        ConReserve.SerialNo = index;
        ConReserve.TrayReserveTime =
        mView->m_tempConSchedule[2].GetAt(i);
        mView->
        m_TrayReserve.InsertAt(j, ConReserve);
        index++;
        flag = true;
        break;
    }
}
}
if(!flag)
{
    ConReserve.No = 3;
    ConReserve.Order = mView->m_Conveyer3.Order;
    ConReserve.SerialNo = index;
    ConReserve.TrayReserveTime =
        mView->m_tempConSchedule[2].GetAt(i);
    mView->m_TrayReserve.Add(ConReserve);
    index++;
}
}
}
}

```

9. Irrigation Schedule Cal.

```
void Dlg_Cal_Progress::Cal_Irrigation()
{
    int i, len;
    int time;
    int termHour, termMin;
    CString temp, temp1, temp2;
    int t1Hour, t1Min;

    //      Group 1.....
    if(m_pView->m_Conveyer1.Order > 0)
    {
        if(m_pView->m_Group1.method == 0) //      Time...
        {
            len = m_pView->m_Group1.TimeArray.GetSize();
            for(i = 0; i < len; i++)
            {
                time =
                atoi(m_pView->m_Group1.TimeArray.GetAt(i).Left(2))*60 +
                atoi(m_pView->m_Group1.TimeArray.GetAt(i).Right(2));
                m_pView->m_Time1.Add(time);
                Set_Progress();
            }
        }
        else
        //      Interval...
        {
            if(atoi(m_pView->m_Group1.IntervalArray.GetAt(2)) !=0)
            {
                for(i = 0; i < 7; i = i+3) // 3 different Interval Time...
                {
                    time =
                    atoi(m_pView->m_Group1.IntervalArray.GetAt(i).Left(2))*60 +
                    atoi(m_pView->m_Group1.IntervalArray.GetAt(i).Right(2));
                    m_pView->m_Time1.Add(time);
                    termHour =
                    atoi(m_pView->m_Group1.IntervalArray.GetAt(i+2)) / 60;
```

```

        termMin =
atoi(m_pView->m_Group1.IntervalArray.GetAt(i+2)) % 60;
        temp1 =
m_pView->m_Group1.IntervalArray.GetAt(i);
        temp2 =
m_pView->m_Group1.IntervalArray.GetAt(i+1);
        while(1)
        {
            t1Min = atoi(temp1.Right(2)) + termMin;
            if(t1Min >= 60)
            {
                t1Hour =
atoi(temp1.Left(2)) + termHour + t1Min/60;
                t1Min = t1Min % 60;
            }
            else t1Hour =
atoi(temp1.Left(2)) + termHour;
            temp1.Format("%02d%02d", t1Hour, t1Min);
            if(atoi(temp1) > atoi(temp2)) break;
            else
            {
                time = t1Hour*60 + t1Min;
                m_pView->m_Time1.Add(time);
                Set_Progress();
            }
        }
        if(temp2 == "2359") break;
    }
}
}
//      Group 2.....
if(m_pView->m_Conveyer2.Order > 0)
{
    if(m_pView->m_Group2.method == 0) //      Time...
    {
        len = m_pView->m_Group2.TimeArray.GetSize();
        for(i = 0; i < len; i++)
        {

```

```

        time =
        atoi(m_pView->m_Group2.TimeArray.GetAt(i).Left(2))*60
        atoi(m_pView->m_Group2.TimeArray.GetAt(i).Right(2));
        m_pView->m_Time2.Add(time);
    }
}
else
// Interval...
{
    if(atoi(m_pView->m_Group2.IntervalArray.GetAt(2)) != 0)
// Group2 Interval Table Create...
    {

        for(i = 0; i < 7; i = i+3)// 3 different Interval Time...
        {

            time =
            atoi(m_pView->m_Group2.IntervalArray.GetAt(i).Left(2))*60 +
            atoi(m_pView->m_Group2.IntervalArray.GetAt(i).Right(2));
            m_pView->m_Time2.Add(time);
            termHour =
            atoi(m_pView->m_Group2.IntervalArray.GetAt(i+2)) / 60;
            termMin =
            atoi(m_pView->m_Group2.IntervalArray.GetAt(i+2)) % 60;
            temp1 =
            m_pView->m_Group2.IntervalArray.GetAt(i);
            temp2 =
            m_pView->m_Group2.IntervalArray.GetAt(i+1);
            while(1)
            {
                t1Min = atoi(temp1.Right(2)) + termMin;
                if(t1Min >= 60)
                {
                    t1Hour = atoi(temp1.Left(2)) +
                    termHour + t1Min/60;
                    t1Min = t1Min % 60;
                }
                else t1Hour = atoi(temp1.Left(2)) + termHour;
                temp1.Format("%02d%02d", t1Hour, t1Min);
                if(atoi(temp1) > atoi(temp2)) break;
            }
        }
    }
}

```

```

else
{
    time = t1Hour*60 + t1Min;
    m_pView->m_Time2.Add(time);
    Set_Progress();
}
}
if(temp2 == "2359") break;
}
}
}
//      Group 3.....
if(m_pView->m_Conveyer3.Order > 0)
{
    if(m_pView->m_Group3.method == 0) //      Time...
    {
        len = m_pView->m_Group3.TimeArray.GetSize();
        CString aaaa;
        for(i = 0; i < len; i++)
        {
            time =
            atoi(m_pView->m_Group3.TimeArray.GetAt(i).Left(2))*60 +
            atoi(m_pView->m_Group3.TimeArray.GetAt(i).Right(2));
            m_pView->m_Time3.Add(time);
        }
    }
    else
//      Interval...
    {
        if(atoi(m_pView->m_Group3.IntervalArray.GetAt(2)) != 0)
//      Group3 Interval Table Create...
        {
            for(i = 0; i < 7; i = i+3) // 3 different Interval Time...
            {
                time =
                atoi(m_pView->m_Group3.IntervalArray.GetAt(i).Left(2))*60 +
                atoi(m_pView->m_Group3.IntervalArray.GetAt(i).Right(2));
                m_pView->m_Time3.Add(time);
            }
        }
    }
}

```


10. Manual Dialog

```
void Dlg_Manual::OnLButtonDown(UINT nFlags, CPoint point)
{
    CRect rect;
    static int kind = 0;

    // Loading Origin...
    if(m>Loading_Origin_Rect.PtInRect(point))
    {
        if((m>Loading_Motor != 1) || (m>UnLoading_Motor != 1) || (m>MRun != 0))
        {
            AfxMessageBox
                ("작동중인 Switch들을 Off시킨후 다시 시도하세요!");
            return;
        }
        rect = Divide_Rect(&m>Loading_Origin_Rect, 0);
        if(rect.PtInRect(point))
        {
            switch(m>Loading_Origin)
            {
            case 0:
                break;
            case 1:
                if(m>FRun && kind == 1)
                {
                    // Loading Origin OFF...
                    m>Loading_Origin_Stop = true;
                    m>FRun = false;
                    kind = 0;
                    m>Loading_Origin = 0;
                    m>Loading_Origin_OFF.
                }
                MoveWindow(m>Loading_Origin_Rect.left, m>Loading_Origin_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                m>Loading_Origin_ON.
                MoveWindow(m>Loading_Origin_Rect.left, m>Loading_Origin_Rect.top, 0, 0);
            }
            break;
        }
    }
}
```

```

    }
    else
    {
        switch(m>Loading_Origin)
        {
        case 0:
            if(!m_FRun && kind == 0)
            {
                //      Loading Origin ON...
                m>Loading_Origin_Stop = false;
                SetTimer(1, 50, 0);
                m_FRun = true;
                kind = 1;
                m>Loading_Origin = 1;

                m>Loading_Origin_ON.MoveWindow(m>Loading_Origin_Rect.left, m>Loading_Origin_Rect.top,
                BUTTON, BUTTON);

                m>Loading_Origin_OFF.MoveWindow(m>Loading_Origin_Rect.left, m>Loading_Origin_Rect.top,
                0, 0);
            }
            break;
        case 1:
            break;
        }
    }
}
//      UnLoading Origin...
else if(m_UnLoading_Origin_Rect.PtInRect(point))
{
    if((m>Loading_Motor != 1) || (m_UnLoading_Motor != 1) || (m_MRun != 0))
    {
        AfxMessageBox
            ("작동중인 Switch들을 Off시킨후 다시 시도하세요!");
        return;
    }

    rect = Divide_Rect(&m_UnLoading_Origin_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))

```

```

{
    switch(m_UnLoading_Origin)
    {
    case 0:
        break;
    case 1:
        if(m_FRun && kind == 2)
        {
            //      UnLoading Origin OFF...
            m_UnLoading_Origin_Stop = true;
            m_UnLoading_Origin = 0;
            m_FRun = false;
            kind = 0;

            m_UnLoading_Origin_OFF.
            MoveWindow(m_UnLoading_Origin_Rect.left,
            m_UnLoading_Origin_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
            m_UnLoading_Origin_ON.
            MoveWindow(m_UnLoading_Origin_Rect.left,
            m_UnLoading_Origin_Rect.top, 0, 0);
        }
        break;
    }
}
else
{
    switch(m_UnLoading_Origin)
    {
    case 0:
        if(!m_FRun && kind == 0)
        {
            //      UnLoading Origin ON...
            m_UnLoading_Origin_Stop = false;
            SetTimer(2, 50, 0);
            m_FRun = true;
            kind = 2;
            m_UnLoading_Origin = 1;

            m_UnLoading_Origin_ON.

```

```

        MoveWindow(m_UnLoading_Origin_Rect.left,
        m_UnLoading_Origin_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
        m_UnLoading_Origin_OFF.
        MoveWindow(m_UnLoading_Origin_Rect.left,
                    m_UnLoading_Origin_Rect.top, 0, 0);
    }
    break;
case 1:
    break;
}
}

//      Function Conveyer 1...
else if(m_FConveyer1_Rect.PtInRect(point))
{
    if((m_Loading_Motor != 1) || (m_UnLoading_Motor != 1) || (m_MRun != 0))
    {
        AfxMessageBox
            ("작동중인 Switch들을 Off시킨후 다시 시도하세요!");
        return;
    }

    rect = Divide_Rect(&m_FConveyer1_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_FConveyer1)
        {
        case 0:
            break;
        case 1:
            //      Conveyer 1 Tray Input Start...
            if(!m_FRun && kind == 0)
            {
                if(m_pView->m_Origin_Loading)
                {
                    m_Conveyer1_Input_Stop = false;
                    SetTimer(3, 50, 0);
                    m_FRun = true;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        kind = 3;
        m_FConveyer1 = 0;
        m_FConveyer1_IN.
        MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left,
m_FConveyer1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
        m_FConveyer1_OFF.
        MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left,
            m_FConveyer1_Rect.top, 0, 0);
    }
    else
    {
        AfxMessageBox
            ("Loading 원점 위치가 아닙니다!");
    }
}
break;
case 2:
//        Conveyer 1 Tray Output Stop...
if(m_FRun && kind == 4)
{
    m_Conveyer1_Output_Stop = true;
    m_FConveyer1 = 1;
    m_FRun = false;
    kind = 0;
    m_FConveyer1_OFF.
    MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left,
m_FConveyer1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
    m_FConveyer1_OUT
.MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left,
            m_FConveyer1_Rect.top, 0, 0);
}
break;
}
}
else
{
    switch(m_FConveyer1)
    {
    case 0:

```

```

//      Conveyer 1 Tray Input Stop...
if(m_FRun && kind == 3)
{
    m_Conveyer1_Input_Stop = true;
    m_FConveyer1 = 1;
    m_FRun = false;
    kind = 0;
    m_FConveyer1_OFF.
MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left,
m_FConveyer1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_FConveyer1_IN.
    MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left,
                m_FConveyer1_Rect.top, 0, 0);
}
break;
case 1:
//      Conveyer 1 Tray Output Start...
if(!m_FRun && kind == 0)
{
    if(m_pView->m_Origin_UnLoading)
    {
        m_Conveyer1_Output_Stop = false;
        SetTimer(4, 50, 0);
        m_FRun = true;
        kind = 4;
        m_FConveyer1 = 2;
        m_FConveyer1_OUT.
MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left, m_FConveyer1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_FConveyer1_OFF.MoveWindow(m_FConveyer1_Rect.left, m_FConveyer1_Rect.top, 0, 0);
    }
    else
    {
        AfxMessageBox
        ("UnLoading 원점 위치가 아닙니다!");
    }
}
break;
case 2:
break;

```

```

        }
    }
}
//      Function Conveyer 2...
else if(m_FConveyer2_Rect.PtInRect(point))
{
    if((m_Loading_Motor != 1) || (m_UnLoading_Motor != 1) || (m_MRun != 0))
    {
        AfxMessageBox
            ("작동중인 Switch들을 Off시킨후 다시 시도하세요!");
        return;
    }

    rect = Divide_Rect(&m_FConveyer2_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_FConveyer2)
        {
        case 0:
            break;
        case 1:
            //      Conveyer 2 Tray Input Start...
            if(!m_FRun && kind == 0)
            {
                if(m_pView->m_Origin_Loading)
                {
                    m_Conveyer2_Input_Stop = false;
                    SetTimer(5, 50, 0);
                    m_FRun = true;
                    kind = 5;
                    m_FConveyer2 = 0;
                    m_FConveyer2_IN.
                }
            }
            MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
            m_FConveyer2_OFF.MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, 0, 0);
        }
        else
        {
            AfxMessageBox
                ("Loading 원점 위치가 아닙니다!");
        }
    }
}

```

```

        }
    }
    break;
case 2:
    //      Conveyer 2 Tray Output Stop...
    if(m_FRun && kind == 6)
    {
        m_Conveyer2_Output_Stop = true;
        m_FConveyer2 = 1;
        m_FRun = false;
        kind = 0;
        m_FConveyer2_OFF.
MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_FConveyer2_OUT.MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, 0, 0);
    }
}
else
{
    switch(m_FConveyer2)
    {
    case 0:
        //      Conveyer 2 Tray Input Stop...
        if(m_FRun && kind == 5)
        {
            m_Conveyer2_Input_Stop = true;
            m_FConveyer2 = 1;
            m_FRun = false;
            kind = 0;
            m_FConveyer2_OFF.
MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_FConveyer2_IN.MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, 0, 0);
        }
        break;
    case 1:
        //      Conveyer 2 Tray Output Start...
        if(!m_FRun && kind == 0)
        {
            if(m_pView->m_Origin_UnLoading)

```



```

        {
            m_Conveyer2_Output_Stop = false;
            SetTimer(6, 50, 0);
            m_FRun = true;
            kind = 6;
            m_FConveyer2 = 2;
            m_FConveyer2_OUT.
MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_FConveyer2_OFF.MoveWindow(m_FConveyer2_Rect.left, m_FConveyer2_Rect.top, 0, 0);
        }
        else
        {
            AfxMessageBox
            ("UnLoading 원점 위치가 아닙니다!");
        }
    }
    break;
case 2:
    break;
}
}
}
//      Function Conveyer 3...
else if(m_FConveyer3_Rect.PtInRect(point))
{
    if((m>Loading_Motor != 1) || (m_UnLoading_Motor != 1) || (m_MRun != 0))
    {
        AfxMessageBox
            ("작동중인 Switch들을 Off시킨후 다시 시도하세요!");
        return;
    }
    rect = Divide_Rect(&m_FConveyer3_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_FConveyer3)
        {
            case 0:
                break;
            case 1:

```

```

//      Conveyer 3 Tray Input Start...
if(!m_FRun && kind == 0)
{
    if(m_pView->m_Origin>Loading)
    {
        m_Conveyer3_Input_Stop = false;
        SetTimer(7, 50, 0);
        m_FRun = true;
        kind = 7;
        m_FConveyer3 = 0;
        m_FConveyer3_IN.
MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, BUTTTON, BUTTTON);
m_FConveyer3_OFF.MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, 0, 0);
    }
    else
    {
        AfxMessageBox
        ("Loading 원점 위치가 아닙니다!");
    }
}
break;
case 2:
//      Conveyer 3 Tray Output Stop...
if(m_FRun && kind == 8)
{
    m_Conveyer3_Output_Stop = true;
    m_FConveyer3 = 1;
    m_FRun = false;
    kind = 0;
    m_FConveyer3_OFF.
MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, BUTTTON, BUTTTON);
m_FConveyer3_OUT.MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, 0, 0);
}
break;
}
else
{
    switch(m_FConveyer3)

```

```

{
case 0:
//      Conveyer 3 Tray Input Stop...
if(m_FRun && kind == 7)
{
    m_Conveyer3_Input_Stop = true;
    m_FConveyer3 = 1;
    m_FRun = false;
    kind = 0;
    m_FConveyer3_OFF
.MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_FConveyer3_IN.MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, 0, 0);
}
break;
case 1:
//      Conveyer 3 Tray Output Start...
if(!m_FRun && kind == 0)
{
    if(m_pView->m_Origin_UnLoading)
    {
        m_Conveyer3_Output_Stop = false;
        SetTimer(8, 50, 0);
        m_FRun = true;
        kind = 8;
        m_FConveyer3 = 2;
        m_FConveyer3_OUT.
MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_FConveyer3_OFF.MoveWindow(m_FConveyer3_Rect.left, m_FConveyer3_Rect.top, 0, 0);
    }
    else
    {
        AfxMessageBox
("UnLoading 원점 위치가 아닙니다!");
    }
}
break;
case 2:
break;
}

```

```

        }
    }
    else if(!m_FRun && kind == 0)
    {
        //      Loading Motor...
        if(m>Loading_Motor_Rect.PtInRect(point))
        {
            rect = Divide_Rect(&m>Loading_Motor_Rect, 0);
            if(rect.PtInRect(point))
            {
                switch(m>Loading_Motor)
                {
                    case 0:
                        break;
                    case 1:
                        //      Loading_Backwarding Start...
                        if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_LOADING_VER_TOP_POS, true))
                        {
                            if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_LOADING_HO_BOTTOM_POS, true))
                            {
                                m>Loading_Motor = 0;
                                m_pView->Write_DigitalOut
                                    (&m_pView->DO_LOADING_BACKWARD, true);
                                m>Loading_BW.MoveWindow
                                    (m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                                m>Loading_CT.MoveWindow(m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, 0, 0);
                            }
                            else
                            {
                                AfxMessageBox
                                    ("Loading Hor.Cylinder Check...");
                                return;
                            }
                        }
                    else
                    {
                        AfxMessageBox
                            ("Loading Ver.Cylinder Check...");
                        return;
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
        break;
    case 2:
        m>Loading_Motor = 1;
        //      Loading Forwarding Stop...
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_LOADING_FORWARD, false);
m>Loading_CT.MoveWindow
        (m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m>Loading_FW.MoveWindow(m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, 0, 0);
        break;
    }
}
else
{
    switch(m>Loading_Motor)
    {
    case 0:
        m>Loading_Motor = 1;
        //      Loading Backwarding Stop...
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_LOADING_BACKWARD, false);
m>Loading_CT.MoveWindow
        (m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);

m>Loading_BW.MoveWindow(m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, 0, 0);
        break;
    case 1:
        //      Loading Forwarding Start...
        if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_LOADING_VER_TOP_POS, true))
        {
if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_LOADING_HO_BOTTOM_POS, true))
            {
                m>Loading_Motor = 2;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_LOADING_FORWARD, true);
m>Loading_FW.MoveWindow
                (m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m>Loading_CT.MoveWindow(m>Loading_Motor_Rect.left, m>Loading_Motor_Rect.top, 0, 0);
            }
        }
    }
}

```

```

        AfxMessageBox
        ("Loading Hor.Cylinder Check...");
        return;
    }
}
else
{
    AfxMessageBox
    ("Loading Ver.Cylinder Check...");
    return;
}
break;
case 2:
    break;
}
}

//      Loading Hor Cylinder...
else if(m>Loading_Hor_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m>Loading_Hor_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m>Loading_Hor)
        {
            case 0:
                break;
            case 1:
                //      Loading Hor Cylinder Pull...
                if(m>Loading_Motor == 1)
                {
                    m>Loading_Hor = 0;
                    m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_LOADING_HO_CY, false);
                    m>Loading_HD.MoveWindow
                    (m>Loading_Hor_Rect.left, m>Loading_Hor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                    m>Loading_HU.MoveWindow(m>Loading_Hor_Rect.left, m>Loading_Hor_Rect.top, 0, 0);
                }
            else

```

```

        {
            AfxMessageBox
("Loading장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
            return;
        }
        break;
    }
}
else
{
    switch(m>Loading_Hor)
    {
        case 0:
            // Loading Hor Cylinder Push...
            if(m>Loading_Motor == 1)
            {
                m>Loading_Hor = 1;
                m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_LOADING_HO_CY, true);

                m>Loading_HU.MoveWindow
(m>Loading_Hor_Rect.left, m>Loading_Hor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                m>Loading_HD.MoveWindow
(m>Loading_Hor_Rect.left, m>Loading_Hor_Rect.top, 0, 0);
            }
            else
            {
                AfxMessageBox
("Loading장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
                return;
            }
            break;
        case 1:
            break;
    }
}

// Loading Ver Cylinder...

```

```

else if(m>Loading_Ver_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m>Loading_Ver_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m>Loading_Ver)
        {
        case 0:
            break;
        case 1:
            //      Loading_Ver_Cylinder Pull...
            if(m>Loading_Motor == 1)
            {
                m>Loading_Ver = 0;
                m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_LOADING_VER_CY, false);
                m>Loading_VD.MoveWindow
                (m>Loading_Ver_Rect.left, m>Loading_Ver_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                m>Loading_VU.MoveWindow(m>Loading_Ver_Rect.left, m>Loading_Ver_Rect.top, 0, 0);
            }
            else
            {
                AfxMessageBox
                ("Loading장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
                return;
            }
            break;
        }
    }
    else
    {
        switch(m>Loading_Ver)
        {
        case 0:
            //      Loading_Ver_Cylinder Push...
            if(m>Loading_Motor == 1)
            {
                m>Loading_Ver = 1;
                m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_LOADING_VER_CY, true);
                m>Loading_VU.MoveWindow

```



```

(m_Loading_Ver_Rect.left, m_Loading_Ver_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_Loading_VD.MoveWindow
    (m_Loading_Ver_Rect.left, m_Loading_Ver_Rect.top, 0, 0);
    }
    else
    {
        AfxMessageBox
        ("Loading장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
        return;
    }
    break;
case 1:
    break;
}
}

// UnLoading Motor...
else if(m_UnLoading_Motor_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_UnLoading_Motor_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_UnLoading_Motor)
        {
            case 0:
                break;
            case 1:
                // UnLoading_Backwarding Start...
                if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_UNLOADING_VER_TOP_POS, true))
                {
                    if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_UNLOADING_HO_BOTTOM_POS, true))
                    {
                        m_UnLoading_Motor = 0;
                        m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_BACKWARD, true);

                        m_UnLoading_BW.MoveWindow
                            (m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                        m_UnLoading_CT.MoveWindow

```

```

(m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, 0, 0);
    }
    else
    {
        AfxMessageBox
        ("UnLoading Hor.Cylinder Check...");
        return;
    }
}
else
{
    AfxMessageBox
    ("UnLoading Ver.Cylinder Check...");
    return;
}
break;
case 2:
    m_UnLoading_Motor = 1;
    //      UnLoading Forwarding Stop...
    m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_FORWARD, false);
    m_UnLoading_CT.MoveWindow
(m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
    m_UnLoading_FW.MoveWindow
        (m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, 0, 0);
        break;
    }
}
else
{
    switch(m_UnLoading_Motor)
    {
    case 0:
        m_UnLoading_Motor = 1;
        //      UnLoading Backwarding Stop...
        m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_BACKWARD, false);
        m_UnLoading_CT.MoveWindow
(m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
        m_UnLoading_BW.MoveWindow
            (m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, 0, 0);

```

```

        break;
    case 1:
        //      UnLoading Forwarding Start...
        if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_UNLOADING_VER_TOP_POS, true))
        {

if(m_pView->Wait_Signal(&m_pView->DI_UNLOADING_HO_BOTTOM_POS, true))
        {
                m_UnLoading_Motor = 2;
        m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_FORWARD, true);
        m_UnLoading_FW.MoveWindow
(m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_UnLoading_CT.MoveWindow
        (m_UnLoading_Motor_Rect.left, m_UnLoading_Motor_Rect.top, 0, 0);
                }
                else
                {
                    AfxMessageBox("UnLoading Hor.Cylinder Check...");
                    return;
                }
        }
        else
        {
            AfxMessageBox("UnLoading Ver.Cylinder Check...");
            return;
        }
        break;
    case 2:
        break;
    }
}

//      UnLoading Hor Cylinder...
else if(m_UnLoading_Hor_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_UnLoading_Hor_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {

```

```

switch(m_UnLoading_Hor)
{
case 0:
    break;
case 1:
    if(m_UnLoading_Motor == 1)
    {
        // UnLoading Hor Cylinder Pull...
        m_UnLoading_Hor = 0;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_HO_CY, false);
m_UnLoading_HD.MoveWindow
(m_UnLoading_Hor_Rect.left, m_UnLoading_Hor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);

m_UnLoading_HU.MoveWindow
(m_UnLoading_Hor_Rect.left, m_UnLoading_Hor_Rect.top, 0, 0);
    }
    else
    {
        AfxMessageBox("UnLoading 장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
        return;
    }
    break;
}
}
else
{
switch(m_UnLoading_Hor)
{
case 0:
    if(m_UnLoading_Motor == 1)
    {
        // UnLoading Hor Cylinder Push...
        m_UnLoading_Hor = 1;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_HO_CY, true);
m_UnLoading_HU.MoveWindow
(m_UnLoading_Hor_Rect.left, m_UnLoading_Hor_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_UnLoading_HD.MoveWindow
(m_UnLoading_Hor_Rect.left, m_UnLoading_Hor_Rect.top, 0, 0);
    }
}
}
}
}

```

```

else
{
    AfxMessageBox
("UnLoading장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
    return;
}
break;
case 1:
break;
}
}

//      UnLoading Ver Cylinder...
else if(m_UnLoading_Ver_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_UnLoading_Ver_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_UnLoading_Ver)
        {
            case 0:
                break;
            case 1:
                if(m_UnLoading_Motor == 1)
                {
                    //      UnLoading Ver Cylinder Pull...
                    m_UnLoading_Ver = 0;
                    m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_VER_CY, false);
                    m_UnLoading_VD.MoveWindow
                    (m_UnLoading_Ver_Rect.left, m_UnLoading_Ver_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                    m_UnLoading_VU.MoveWindow
                    (m_UnLoading_Ver_Rect.left, m_UnLoading_Ver_Rect.top, 0, 0);
                }
                else
                {
                    AfxMessageBox
("UnLoading장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
                    return;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
        break;
    }
}
else
{
    switch(m_UnLoading_Ver)
    {
    case 0:
        if(m_UnLoading_Motor == 1)
        {
            //      UnLoading Ver Cylinder Push...
            m_UnLoading_Ver = 1;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_UNLOADING_VER_CY, true);
m_UnLoading_VU.MoveWindow
(m_UnLoading_Ver_Rect.left, m_UnLoading_Ver_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_UnLoading_VD.MoveWindow
(m_UnLoading_Ver_Rect.left, m_UnLoading_Ver_Rect.top, 0, 0);
        }
        else
        {
            AfxMessageBox
            ("UnLoading장치 이동중에는 작동시킬 수 없습니다!");
            return;
        }
        break;
    case 1:
        break;
    }
}
}
//      Conveyer 1...
else if(m_Conveyer1_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_Conveyer1_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_Conveyer1)
        {

```

```

        case 0:
            break;
        case 1:
            //      Conveyer1 OFF...
            m_Conveyer1 = 0;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_CONVEYER1, false);
m_Conveyer1_OFF.MoveWindow
(m_Conveyer1_Rect.left, m_Conveyer1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_Conveyer1_ON.MoveWindow
(m_Conveyer1_Rect.left, m_Conveyer1_Rect.top, 0, 0);
            break;
        }
    }
else
{
    switch(m_Conveyer1)
    {
        case 0:
            //      Conveyer1 ON...
            m_Conveyer1 = 1;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_CONVEYER1, true);
m_Conveyer1_ON.MoveWindow
(m_Conveyer1_Rect.left, m_Conveyer1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_Conveyer1_OFF.MoveWindow(m_Conveyer1_Rect.left, m_Conveyer1_Rect.top, 0, 0);
            break;
        case 1:
            break;
    }
}
//      Conveyer 2...
else if(m_Conveyer2_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_Conveyer2_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_Conveyer2)
        {
            case 0:

```

```

        break;
    case 1:
        //      Conveyer2 OFF...
        m_Conveyer2 = 0;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_CONVEYER2, false);
m_Conveyer2_OFF.MoveWindow
(m_Conveyer2_Rect.left, m_Conveyer2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_Conveyer2_ON.MoveWindow
(m_Conveyer2_Rect.left, m_Conveyer2_Rect.top, 0, 0);
        break;
    }
}
else
{
    switch(m_Conveyer2)
    {
    case 0:
        //      Conveyer 2 ON...
        m_Conveyer2 = 1;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_CONVEYER2, true);
m_Conveyer2_ON.MoveWindow
(m_Conveyer2_Rect.left, m_Conveyer2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_Conveyer2_OFF.MoveWindow
(m_Conveyer2_Rect.left, m_Conveyer2_Rect.top, 0, 0);
        break;
    case 1:
        break;
    }
}
//      Conveyer 3...
else if(m_Conveyer3_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_Conveyer3_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_Conveyer3)
        {
        case 0:

```



```

        break;
    case 1:
        //      Conveyer3 OFF...
        m_Conveyer3 = 0;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_CONVEYER3, false);

        m_Conveyer3_OFF.MoveWindow
(m_Conveyer3_Rect.left, m_Conveyer3_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
        m_Conveyer3_ON.MoveWindow
(m_Conveyer3_Rect.left, m_Conveyer3_Rect.top, 0, 0);
        break;
    }
}
else
{
    switch(m_Conveyer3)
    {
    case 0:
        //      Conveyer3 ON...
        m_Conveyer3 = 1;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_CONVEYER3, true);
m_Conveyer3_ON.MoveWindow
(m_Conveyer3_Rect.left, m_Conveyer3_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_Conveyer3_OFF.MoveWindow
(m_Conveyer3_Rect.left, m_Conveyer3_Rect.top, 0, 0);
        break;
    case 1:
        break;
    }
}
}
//      Irrigation 1...
else if(m_Irrigation1_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_Irrigation1_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_Irrigation1)
        {

```

```

        case 0:
            break;
        case 1:
            //      Irrigation1 OFF...
            m_Irrigation1 = 0;
            m_pView->Write_DigitalOut
            (&m_pView->DO_IRRIGATION1, false);
            m_Irrigation1_OFF.MoveWindow
(m_Irrigation1_Rect.left, m_Irrigation1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
            m_Irrigation1_ON.MoveWindow
            (m_Irrigation1_Rect.left, m_Irrigation1_Rect.top, 0, 0);
            break;
        }
    }
    else
    {
        switch(m_Irrigation1)
        {
            case 0:
                //      Irrigation1 ON...
                m_Irrigation1 = 1;
                m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_IRRIGATION1, true);
                m_Irrigation1_ON.MoveWindow
(m_Irrigation1_Rect.left, m_Irrigation1_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
                m_Irrigation1_OFF.MoveWindow
                (m_Irrigation1_Rect.left, m_Irrigation1_Rect.top, 0, 0);
                break;
            case 1:
                break;
        }
    }
}
//      Irrigation 2...
else if(m_Irrigation2_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_Irrigation2_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_Irrigation2)

```

```

        {
        case 0:
            break;
        case 1:
            //      Irrigation 2 OFF...
            m_Irrigation2 = 0;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_IRRIGATION2, false);
m_Irrigation2_OFF.MoveWindow
(m_Irrigation2_Rect.left, m_Irrigation2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
m_Irrigation2_ON.MoveWindow
(m_Irrigation2_Rect.left, m_Irrigation2_Rect.top, 0, 0);
            break;
        }
    }
    else
    {
        switch(m_Irrigation2)
        {
        case 0:
            //      Irrigation 2 ON...
            m_Irrigation2 = 1;
m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_IRRIGATION2, true);
            m_Irrigation2_ON.MoveWindow
(m_Irrigation2_Rect.left, m_Irrigation2_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
            m_Irrigation2_OFF.MoveWindow
(m_Irrigation2_Rect.left, m_Irrigation2_Rect.top, 0, 0);
            break;
        case 1:
            break;
        }
    }
}
//      Irrigation 3...
else if(m_Irrigation3_Rect.PtInRect(point))
{
    rect = Divide_Rect(&m_Irrigation3_Rect, 0);
    if(rect.PtInRect(point))
    {
        switch(m_Irrigation3)
        {
        case 0:

```

```

        break;
    case 1:
        //      Irrigation3 OFF...
        m_Irrigation3 = 0;
        m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_IRRIGATION3, false);
        m_Irrigation3_OFF.MoveWindow
        (m_Irrigation3_Rect.left, m_Irrigation3_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
        m_Irrigation3_ON.MoveWindow
        (m_Irrigation3_Rect.left, m_Irrigation3_Rect.top, 0, 0);
        break;
    }
}
else
{
    switch(m_Irrigation3)
    {
    case 0:
        //      Irrigation 3 ON...
        m_Irrigation3 = 1;
        m_pView->Write_DigitalOut(&m_pView->DO_IRRIGATION3, true);
        m_Irrigation3_ON.MoveWindow
        (m_Irrigation3_Rect.left, m_Irrigation3_Rect.top, BUTTON, BUTTON);
        m_Irrigation3_OFF.MoveWindow
        (m_Irrigation3_Rect.left, m_Irrigation3_Rect.top, 0, 0);
        break;
    case 1:
        break;
    }
}
m_MRun = m>Loading_Hor | m>Loading_Ver | m>UnLoading_Hor |
        m>UnLoading_Ver | Conveyer1 | m>Conveyer2 | m>Conveyer3
        m>Irrigation1 | m>Irrigation2 | m>Irrigation3;
}
else
{
    AfxMessageBox("작동중입니다.\r\nSwitch를 중지 후 다시 시도하세요!");
    return;
}
}

```

11. Digital Input Signal Scan.

```
UINT DL_Sampling(LPVOID pParam)
{
    //      Tray Loading, Loading Moveing, Tray Down.....
    WORD wDev;
    DIPARM DIParam;
    WORD wFlag;
    char szErrMsg[255];
    char i, j;
    while(1)
    {
        if(view->m_DIO_Thread) break;
        else
        {
            for(i = 0; i < 2; i++)          //      Device
            {
                for(j = 0; j < 2; j++)      //      Channdel
                {
                    wDev = i;
                    DIParam.wChan = j;
                    DIParam.wData = 0xFF;
                    wFlag = axDigitalInput(wDev, &DIParam);
                    if(wFlag)
                    {
                        axGetErrMsg(wFlag, (LPSTR)szErrMsg);
                        AfxMessageBox(szErrMsg);
                        return 0;
                    }
                    view->m_curDIO.DIRead[i][j] = DIParam.wData;
                }
            }
            Sleep(10);
        }
    }
    return 0;
}
```